

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİSPERS BOYAMA REÇETELERİNİN
İŞLEM KOŞULLARINA OLAN
RENK HASSASİYETLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mahmut Ersin PAYDAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA 2006
T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİSPERS BOYAMA REÇETELERİNİN
İŞLEM KOŞULLARINA OLAN
RENK HASSASİYETLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mahmut Ersin PAYDAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA 2006

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİSPERS BOYARMADDE REÇETELERİNİN
İŞLEM KOŞULLARINA OLAN
RENK HASSASİYETLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mahmut Ersin PAYDAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

Bu Tez Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç.Dr.Behçet BECERİR
(Danışman)

.....

.....

ÖZET

Bu çalışmada, poliester kumaşların dispers boyarmaddeler ile boyanmasında değişen işlem koşullarının renk hassasiyeti ve yıkama haslıkları üzerine etkileri araştırılmıştır.

Deneysel çalışma iki kısımdan meydana gelmiştir. İlk çalışmada üç değişik enerji seviyesindeki dispers boyalar ile boyama deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerde poliester boyama parametrelerinden boyama sıcaklığı, boyama süresi ve flotte oranında değişiklikler yapılarak, üç farklı konsantrasyonda renk farklılıkları ölçülmüştür. Bu ölçümler yapılırken boya üreticisi firma tarafından tavsiye edilen proses ile yapılmış boyamalar standart olarak kabul edilmiştir. Elde edilen sonuçlar matematiksel bir formülasyon ile renk hassasiyetine dönüştürülmüş, bu sonuçlar tablolar ve grafikler şeklinde gösterilmiştir.

İkinci çalışmada ise piyasada çok sık kullanılan siyah dispers bir boya ile deneysel çalışma yapılmış ve bu kumaşların yıkama haslıkları incelenmiştir. Bu deneylerde poliester boyama parametrelerinden, boyama sıcaklığı, boyama süresi ve boya konsantrasyonu değiştirilerek boyama deneyleri yapılmıştır. Boyama işlemi sonunda kumaşların yıkama haslıkları ölçülmüş, sonuçlar tablolar ve grafikler halinde gösterilmiştir.

Elde edilen sonuçlarla, poliesterin optimum boyama şartlarından bir veya daha fazlasının değişmesiyle, renk hassasiyetinin, ne şekilde etkilendiği incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Poliester boyama, poliester boyama parametreleri, dispers boya, renk hassasiyeti, poliester renk hassasiyeti, yıkama haslığı, poliester yıkama haslığı.

ABSTRACT

The investigation of color sensitivity of disperse dyestuff recipes to the process conditions.

In this study, the effects of changing process conditions to the color sensitivity and to wash fastness properties of the polyester fabrics were investigated by using different disperse dyes.

The experimental study was carried out in two parts. In the first part, dyeing experiments were carried out by using three different energy level disperse dyes. In this part, dyeing temperature, dyeing time and liquor ratio were changed. The color values were measured. The dyeing process recommended by the dyestuff manufacturer was used as the starting point while calculating the color differences. The results were transformed to color sensitivity using mathematical formulation. The results were shown in tables and graphics.

In the second part, dyeing experiments were carried out by using a black disperse dyestuff and the washing fastness of the dyed fabrics were investigated. The dyeing experiments were made by changing the parameters like temperature, time and concentration. After dyeing the washing fastness of the fabrics were measured and the results were given as tables and graphics.

Color sensitivity has been investigated by changing the dyeing parameters of disperse dyeing of polyester fabrics.

Key Words: Polyester dyeing, polyester dyeing parameters, disperse dye, color sensitivity, polyester color sensitivity, washing fastness, polyester washing fastness.

İÇİNDEKİLER

SAYFA NO

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1.GİRİŞ	1
2.KAYNAK ARAŞTIRMASI	2
2.1. Poliester Lifleri	3
2.1.1. Poliesterin Tanımı	3
2.1.2. Poliesterin Kısa Tarihçesi ve Gelişimi	3
2.1.3. Poliesterin Genel Lif Özellikleri	3
2.1.4. Poliester Lifinde Görülen Bağlar	5
2.1.5. Poliester Lifinin İnce Yapısı	6
2.2. Dispers Boyarmaddeler	7
2.2.1. Dispers Boyaların Kimyasal Yapısı	13
2.2.1.1. Azo Dispers Boyalar	13
2.2.1.2. Antrakinon Gruplu Dispers Boyalar	15
2.2.1.3. Nitrodifenilamin Gruplu Dispers Boyalar	16
2.2.1.4. Diğer Kimyasal Gruplar	16
2.3. Poliester Liflerinin Boyanması	16
2.3.1. Boyama Sıcaklığı	17
2.3.2. Adsorpsiyon	18
2.3.3. Dispers Boyaların Poliester Liflerine Sorpsiyonu ve Difüzyonu	20
2.3.3.1. Boya Sorpsiyonu	20
2.3.3.2. Dispers Boyaların Difüzyonu	21

2.4. Reflektans Spektrofotometreleri	24
2.4.1. Reflektans Spektrofotometrelerini Oluşturan Başlıca Parçalar	25
2.4.1.1. Işık Kaynakları	25
2.4.1.2. Monokromatörler	29
2.4.1.3. Kısıtlı spektrofotometreler	29
2.4.1.4. Dedektörler	30
2.5. Bazı Renk Terimleri ve Açıklamaları	30
3.MATERYAL ve YÖNTEM	
3.1. Materyal	40
3.1.1. Çalışmada Kullanılan Poliester Kumaş	40
3.1.2. Çalışmada Kullanılan Dispers Boyarmaddeler	40
3.1.3. Çalışmada Kullanılan Kimyasal Maddeler	41
3.1.4. Çalışmada Kullanılan Aletler ve Cihazlar	41
3.1.4.1. Gaston County Futura Tipi Numune Boyama Makinesi	41
3.1.4.2. Monforts Montex 5000 Ramöz Makinası	42
3.1.4.3. Datacolor Ahiba Spectradye Numune Boyama Makinesi	42
3.1.4.4. Datacolor Spektraflash 600 Reflektans Spektrofotometresi	42
3.1.4.5. Mettler Toledo Hassas Terazi	42
3.1.4.6. Mettler Toledo Elektronik Pipet	42
3.1.4.7. Mettler Toledo Dijital pH-Metre	43
3.1.4.8. James H. Heal & Co. Ltd.Gyrowash Yıkama Haslığı Test Cihazı	43
3.2. Yöntem	43
3.2.1. Kumaşın Ön Terbiyesi	43
3.2.1.1. Haşıl Sökme ve Ön Yıkama	43
3.2.1.2. Kurutma ve Isıl Fiksaj	44
3.2.2. Boyama Deneyleri	44
3.2.2.1. Değiştirilen Parametrelere Bağlı Olarak	

Numunelerin Renk Değişiminin İncelendiği Boyama Deneyleri	45
3.2.2.2. Değiştirilen Parametrelere Bağlı Olarak Numunelerin Yıkama Haslıklarının İncelendiği Boyama Deneyleri	46
3.2.3. Boyanan Kumaşların Redüktif Yıkama İşlemi	48
3.2.4. Yıkama Haslığı Testleri	48
3.2.5. Kumaşların Renk Ölçümlerinin Yapılması	49
3.2.6. Boyamaların Değiştirilen Parametrelere Bağlı Olarak Renk Hassasiyetlerinin Hesaplanması	49
3.2.7. Deneysel Çalışmanın İstatistiksel Çalışmasının Yapılması	49
4.SONUÇLAR	
4.1. Renk Hassasiyetinin İncelendiği Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları	50
4.1.1. Renk Hassasiyeti Sonuçları	54
4.1.2. Renk Hassasiyeti ile İlgili Deneylerin Varyans Analizi Sonuçları	58
4.2. Yıkama Haslıklarındaki Değişimin İncelendiği Boyama Deneyleri Sonuçları	63
5.TARTIŞMA	65
KAYNAKLAR	69
EKLER	70
EK-1.Renk Hassasiyetinin İncelendiği Boyama Deneyleri Sonuçlarının Grafikselleştirilmesi	70
EK-2.Varyans Analizi Sonuçları	75
EK-3. Yıkama Haslıklarının İncelendiği Deneylerin Sonuçlarının Grafikselleştirilmesi	89
TEŞEKKÜR	93
ÖZGEÇMİŞ	94

SİMGELER DİZİNİ

Q	Lifteki Sınır Oranı
K_{∞}	Paylaşım Katsayısı
C_f	Boyarmaddenin Lifteki Doygunluk Çözünürlüğü [mmol/g]
C_b	Boyarmaddenin Boyama Çözeltisi İçerisindeki Doygunluk Çözünürlüğü [mmol/L]
E_{∞}	Denge Durumunda Boyarmadde Tüketimi
$\Delta\mu^{\circ}$	Boyarmaddenin Standart Afinitesi
R	Gaz Sabiti [J/Kmol]
D_S	Tabaka İçindeki Difüzyon Katsayısı [m^2/s]
C	Boyama Konsantrasyonu [mol/L]
δ_D	Difüzyonel Sınır Tabakası Kalınlığı
F	Birim Kesit Alanında Transfer Hızı
D_f	Materyaldeki Difüzyon Katsayısı [m^2/s]
$\delta C/\delta X$	Konsantrasyon Gradyenti
h	Planck Sabiti (J.s)
$[C]_f$	Lif Yüzeyindeki Boya Konsantrasyonu [mmol/g]
$[C]_s$	Çözelti İçindeki Boya Konsantrasyonu [mmol/L]
K	Paylaşım Katsayısı
D_T	Belirli Bir Sıcaklıkta Gözlenen Difüzyon Katsayısı [m^2/s]
D_0	Sabit
E	Aktivasyon Enerjisi
CIE	Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
UV	Ultraviöle
IR	Infrared
SED	Spektral Enerji Dağılımı
S_i	Değiştirilen Parametreye Bağlı Olarak Hesaplanan Renk Hassasiyeti
DE	Spektrofotometreden Hesaplanan Renk Farkı Değeri
D_i	Orijinal Parametreye Göre Değiştirilen Parametrenin Yüzde Oranı

ŞEKİLLER DİZİNİ	<u>SAYFA NO</u>
Şekil 2.1. Poliester Lifinin Kimyasal Formülü	5
Şekil 2.2. Poliester Lifindeki Bağlar	5
Şekil 2.3. Poliester Liflerinin Mikroskopik Görünümleri	7
Şekil 2.4. Dispers Azo Boyalarının Genel Yapısı	14
Şekil 2.5. Antrakinon Dispers Boyaların Temel Yapısı	15
Şekil 2.6. Üç Farklı Temperaturde Poliester Lifinde Dispers Red 11'in Denge Adsorpsiyon İzotermi	18
Şekil 2.7. Konsantrasyonun Adsorpsiyona Etkisi	19
Şekil 2.8. Nernst İzotermi	21
Şekil 2.9. Yüksek Basınçlı Ksenon Ark Lambasının Filtrelendikten Sonraki Spektral Enerji Dağılımının (SED) D65 Aydınlatıcısı ile Karşılaştırılması	27
Şekil 2.10. CIE Standart Aydınlatıcılarının Spektral Enerji Dağılımları	28
Şekil 2.11. Girişim Filtresi (a) Yapı (b) Tipik Transmisyon Eğrisi	30
Şekil 3.1. Standart Boyama Metodu	45

ÇİZELGELER DİZİNİ	<u>SAYFA NO</u>
Çizelge 2.1. Poliester Boyamanın Mekanizması	17
Çizelge 3.1. Çalışmada Kullanılan Boyarmaddelerin Özellikleri	40
Çizelge 3.2. Renk Değişimi İncelenirken Standart Olarak Kabul Edilen Birinci Boyama Deneyleri	45
Çizelge 3.3. Renk Değişimi İncelenirken Yapılan Deneylerdeki Proses Parametrelerinin Değişimi	46
Çizelge 3.4. Yıkama Haslıkları İncelenirken Standart Olarak Kabul Edilen Birinci Boyama Deneyleri	47
Çizelge 3.5. Yıkama Haslığı İncelenirken Yapılan Deneylerdeki Proses Parametrelerinin Değişimi	47
Çizelge 4.1. Standart (Birinci) Boyama Deneyleri Renk Sonuçları	50
Çizelge 4.2. İkinci Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları	50
Çizelge 4.3. Üçüncü Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları	51
Çizelge 4.4. Dördüncü Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları	51
Çizelge 4.5. Beşinci Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları	52
Çizelge 4.6. Altıncı Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları	52
Çizelge 4.7. Yedinci Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları	53
Çizelge 4.8. Sekizinci Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları	53
Çizelge 4.9. İkinci Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri	54
Çizelge 4.10. Üçüncü Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri	54
Çizelge 4.11. Dördüncü Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri	55
Çizelge 4.12. Beşinci Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri	55
Çizelge 4.13. Altıncı Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri	56

Çizelge 4.14. Yedinci Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri	56
Çizelge 4.15. Sekizinci Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri	57
Çizelge 4.16. Foron Blue RD-E Boyarmaddesinin %0.5'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu	58
Çizelge 4.17. Foron Blue RD-E Boyarmaddesinin %2'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu	58
Çizelge 4.18. Foron Blue RD-E Boyarmaddesinin %4'lük Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu	59
Çizelge 4.19. Foron Blue RD-S Boyarmaddesinin %0.5'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu	59
Çizelge 4.20. Foron Blue RD-S Boyarmaddesinin %2'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu	60
Çizelge 4.21. Foron Blue RD-S Boyarmaddesinin %4'lük Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu	60
Çizelge 4.22. Foron Blue SW-F Boyarmaddesinin %0.5'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu	61
Çizelge 4.23. Foron Blue SW-F Boyarmaddesinin %2'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu	61
Çizelge 4.24. Foron Blue SW-F Boyarmaddesinin %4'lük Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu	62
Çizelge 4.25. Boyama Parametrelerinin Değiştirildiği Boyama Deneyleri Sonucundaki Yıkama Haslığı Değerleri	63
Çizelge 4.26. Boyama Zamanının Değiştirildiği Birinci, İkinci, Üçüncü ve Dördüncü Boyama Deneyleri Sonucundaki Yıkama Haslığı Gri Skala Değerleri	63

1.GİRİŞ

Dünyanın önde gelen sektörlerinden biri olan tekstil sektörü, ülkemizin de kısa zamanda en büyük sektörü halini almıştır. Tekstil sektörü ülkemizdeki milyonlarca insanın geçim kaynağı olan ve ihracatımızın önemli bir kısmını oluşturan ülkemizin lokomotif sektörü konumundadır.

Dünya sanayisinin son yıllarda içine girdiği hızlı değişim süreci, ülkemizin en büyük sanayi sektörü olan tekstil sektörünü de etkilemiştir. Özellikle uzak doğuda üretilen kumaşların cazip fiyatları, yerli üreticinin yeni önlemler almasına neden olmuştur. Dış ülkeler ile rekabette, pazar payını düşürmemek için alınan önlemlerin başında üretim maliyetlerini düşürmek ve bunun yanında kaliteyi arttırmak gelmektedir. Ülkemizdeki hammadde, enerji ve işçilik maliyetleri, rekabet ettiğimiz ülkelerden daha yüksek olduğu için, her ülke tarafından üretilebilen ürünlerin ülkemizdeki maliyetleri daha yüksek olmakta, dolayısı ile tekstil piyasasında alıcı bulma şansları da giderek azalmaktadır. Pazar payımızı arttırmanın tek yolu ülkemizdeki araştırma-geliştirme çalışmalarına önem vermek ve yüksek kaliteli ürünleri üretebilmektir.

Dünya sentetik lif üretiminde en büyük paya sahip olan poliester liflerinde de teknolojik gelişmeler sürekli devam etmekte ve poliesterden üretilen mamüllerin özellikleri gün geçtikçe artmaktadır. Poliester ürünlerin gerek lif üretimindeki teknolojik gelişmeler, gerekse dokuma aşamasındaki yenilikler, bu ürünün ön terbiye, boya ve bitim işlemlerinde de yeniliğe gerek duyulmasına neden olmuştur.

Renk kavramı, özellikle ülkemizin tekstil sektörünün en büyük pazar payını oluşturan Avrupa ülkelerinde son yıllarda önemini iyice arttırmıştır. Modanın önemli bir etken olduğu tekstil pazarında, bir tekstil ürününün teknolojik özellikleri ne kadar iyi olursa olsun sadece renginin moda uygun olmamasından dolayı kendine alıcı bulamayabilir. Bu nedenle ürettiğimiz ürünün kalitesi ne kadar yüksek olursa olsun, bu ürünü dünya pazarına sürerken o günün modasına uygun bir renge boyamamız gerekmektedir.

Poliester ürünlerin dispers boyalar ile boyanma işlemi ise görünüşte diğer boyama çeşitlerine göre daha kolay görünse de çok hassas bir işlemdir. Poliester ürünlerin yüksek sıcaklıkta (HT) boyama şartları, aynı üründe birden çok tekrarlandığında hem ürünün kalitesini düşürmekte hem de üretim maliyetlerini

arttırmaktadır. Özellikle elastan karışımı poliester kumaşların boyanmasında ilk seferde doğru boyama yapılması çok önemlidir. Yüksek kaliteli poliester kumaşları ancak kaliteli bir boyama işleminden sonra üretilebilirler. Ürünün kumaş özellikleri ne kadar iyi olursa olsun hatalı bir boyama işlemi ile bu özellikler gölgede kalabilir.

Poliester lif üretimi ve buna bağlı gelişmeler ile paralel olarak poliester lifini boyayabilen dispers boyarmaddeler ile ilgili çalışmalar da gün geçtikçe devam etmektedir. Günümüzde üretilen dispers boyarmaddeleri moleküler büyüklüklerine göre şöyle sıralayabiliriz:

1-) Küçük molekül büyüklüğüne sahip, düşük enerji seviyesine sahip dispers boyarmaddeler.

2-) Orta molekül büyüklüğüne sahip, orta enerji seviyesine sahip dispers boyarmaddeler.

3-) Büyük molekül büyüklüğüne sahip, yüksek enerji seviyesine sahip dispers boyarmaddeler.

Poliester lifini dispers boyalar ile boyamak için geliştirilmiş standart bir HT boyama işleminden söz edilebilir. Ancak bu standart işlem koşullarının her tür dispers boyarmadde ile aynı sonucu verebilmesi tartışma konusudur. Üç enerji düzeyindeki dispers boyarmaddenin de kendine özgü renk ve haslık özellikleri vardır. Doğru üretim yapabilmek için dispers boyama reçetesi, işlem koşulları ve renk hassasiyeti konularının birbiri ile ilişkilendirilerek incelenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada poliester kumaşların değişik dispers boyarmadde reçeteleri ve değişik işlem koşullarında boyanmasında renk hassasiyetinin ne şekilde etkilendiği kumaşların boyanma işlemi sonrasında da yıkama haslığı özellikleri araştırılmıştır. Sonuçta poliester kumaşların dispers boyarmaddeler ile boyanmasında renk hassasiyetinin, kullanılan boyama reçetesi ve işlem şartları ile ilişkilendirilmesi hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Poliester Lifleri

2.1.1. Poliesterin Tanımı

DIN 60001, Part 3, Edition 10.88'e göre poliester lifleri lineer makromoleküllerden oluşturulmuşlardır. Bu moleküller ağırlıkça en az %85 oranında –diol ve tereftalik asidin bir esterini içerirler. ISO Norm 1043 ve BISFA poliesterin PES kısaltması ile adlandırılmasını kararlaştırmışlardır (Anonim 1994).

2.1.2. Poliesterin Kısa Tarihçesi ve Gelişimi

Alifatik dikarbonat asitlerin glikollerle reaksiyonu ile lineer ve iplik oluşturulabilen poliesterlerin üretimi W.H.Carothers'in yüksek polimerler üzerine (Özellikle polikondenzasyon reaksiyonları üzerinde) başladığı çalışmanın bir parçası olarak 1928'de araştırılmıştır. Carothers çalışmalarını poliamidler üzerinde yoğunlaştırmasına rağmen 1931'de Carothers ve J.W. Hill tarafından yapılan ilk sentetik lif sebasik asit ve etilen glikolden yapılan poliester ipliği olmuştur. Bu poliesterin erime noktası düşük ve kullanımları tekstile uygun olmamıştır.

1939'da P.Schlach ve H.Ludewig çalışmalarında tereftalik asidi kullanmışlardır. Aynı tarihlerde J.R.Whinfield ve T.Dickson tereftalik asit ve etilen glikolden Terylene'i üretmişlerdir. Du-Pont 1950'de Fiber Y. ve 1953'te de Dacron'u üretmiştir. Bundan sonra farklı özelliklerde ikinci ve üçüncü kuşak poliesterler üretilmiştir (Anonim 1994).

2.1.3. Poliesterin Genel Lif Özellikleri

Fiziksel Özellikler:

Yoğunluk: 1.38-1.50 g/cm³

Erime Noktası 252-256°C

Yumuşama Noktası: 230-250°C

Camlaşma Sıcaklığı (İzotropik malzeme için): Yaklaşık 68°C

Spesifik Isı: 20°C'de 1.35 J°Cg⁻¹ (0.32 cal°Cg⁻¹)

150°C'de 1.75 J°Cg⁻¹ (0.42 cal°Cg⁻¹)

200°C'de 3.15 J°Cg⁻¹ (0.75 cal°Cg⁻¹)

Teknolojik Özellikler:

Çekme Mukavemeti: Kontinü filament 3.5-4.5 g/dtex (4-5 g/den)

Kesikli lif 2.7-3.5 g/dtex (3-4 g/den)

Yüksek tenasite 5.4-7.2 g/dtex (6-8 g/den)

Islanma Sonucu Mukavemet Kaybı: %0

Düğüm Mukavemeti: Çekme mukavemetinin %70'i

Kıvrım mukavemeti: %80-90

Uzama: Normal Filament %20-30

Yüksek tenasite %10-13

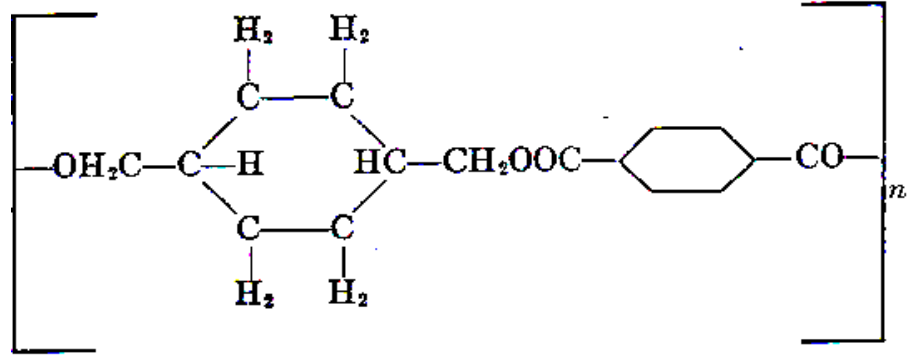
Normal kesikli lif %30-40

Düşük pilling %30-55

Normal Koşullar Altında: Nem Absorbsiyonu (1 bar 0°C) %0.4

Ütüleme Sıcaklığı 150-170 °C

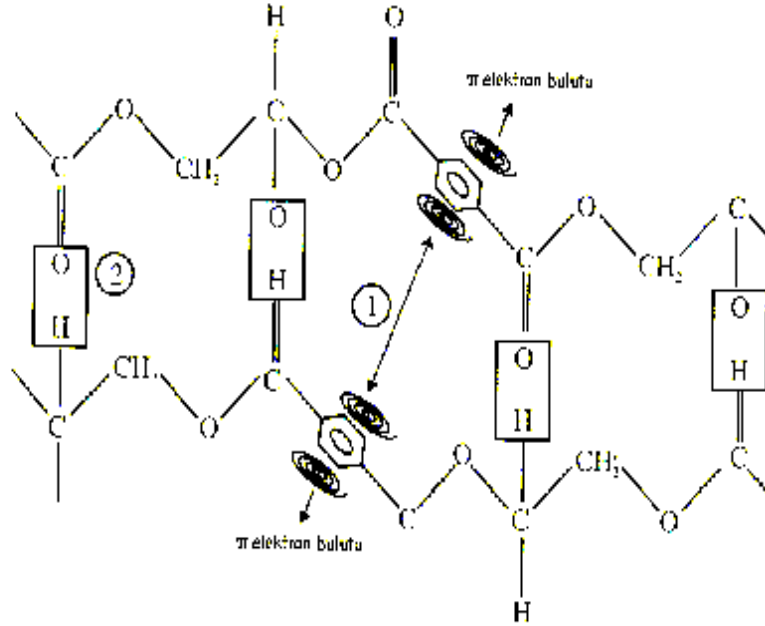
Maksimum Fikse Sıcaklığı 230°C (Anonim 1994)



Şekil 2.1. Poliester Lifinin Kimyasal Formülü (Joseph 1966)

2.1.4. Poliester Lifinde Görülen Bağlar

Yarı aromatik asit ile alifatik alkol monomerlerinden oluşan poliesterlerde aromatik halkalar nedeniyle makromoleküller arasında yoğun dispersiyon çekim kuvvetleri söz konusu olduğundan bunların erime noktaları çok daha yüksek olmakta ve makromolekül zincirindeki aromatik halka sayısı arttıkça daha da yükselmektedir. Dolayısıyla tam aromatik poliesterlerin erime noktaları da en yüksek olmaktadır.



Şekil 2.2. Poliester Lifindeki bağlar (Hockenberger 2004)

Yapılarında benzen halkaları içeren makromoleküllerden oluşan polimer maddelerin alifatik makromoleküllü polimer maddelere nazaran oldukça yüksek erime

noktalarına sahip olmalarının nedeni benzen halkaları arasındaki dispersiyon çekim kuvvetlerinin daha yoğun ve benzen halkalarının konformatif hareketliliğinin de daha kısıtlı olmasıyla ilgilidir. Komşu makromoleküllerin benzen halkaları arasında meydana gelebileceği düşünülen karşılıklı n-n elektronları ilişkileri ise önemli bir rol oynamaktadır (Hockenberger 2004).

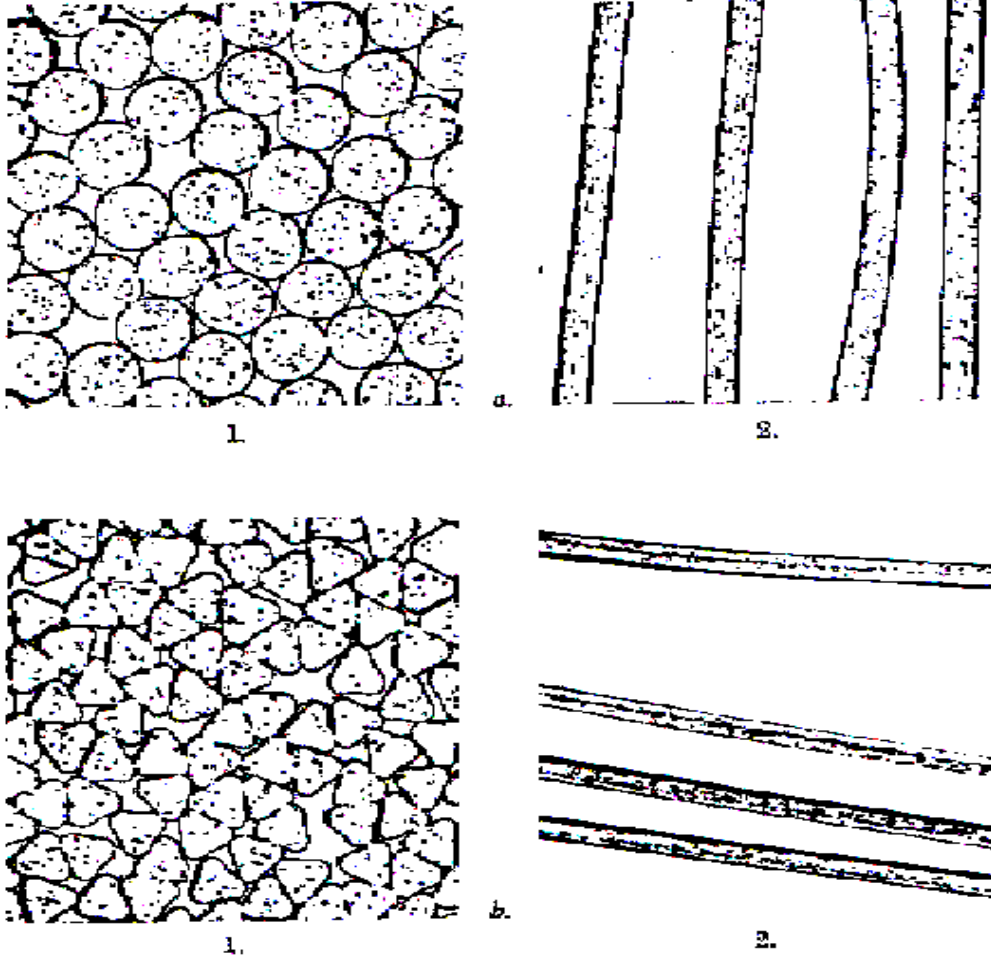
2.1.5. Poliester Lifinin İnce Yapısı

Poliester liflerinde kristalin bölgelerde yalnızca trans-trans konformasyonu mevcut iken, amorf bölgelerde trans-trans konformasyonunun yanında diğer konformasyonların da mevcut olduğu görülmektedir.

Trans-trans konformasyonunda karbonil gruplarının oluşturdukları dipollerin zıt yönlerde uzanmış olduklarından birbirlerini doyurmakta ve böylece daha düşük enerji düzeyi, daha stabil bir molekül yapısı ve daha yüksek erime noktası sonuçlarını doğurmaktadır.

Günümüzde poliester lifleri, amorf bölgeleri makromoleküllerin farklı yönelme durumuna bağlı olarak anisotrop kristalin olmayan bölgeler ve isotrop kristalin olmayan bölgeler olarak ikiye ayrılarak incelenmektedir.

Poliester liflerinde termofiksaj sırasında matristeki kristalitlerin eriyip yeniden oluşması olayı ancak 125-130°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda söz konusu olmaktadır. Zira daha düşük sıcaklıklarda poliesterin kristalizasyon hızı çok düşüktür. Termofiksaj işlemleri sırasında kristalitlerin yeniden oluşması ve/veya fibrillere katılması olayları 130-230°C arasındaki sıcaklıklarda yapılan termofiksaj işlemlerinde en belirgin şekilde etkili olmaktadır (Hockenberger 2004).



Şekil 2.3. Poliester Liflerinin Mikroskopik Görünümleri. a.Standart Poliester, 1-Kesit Görünümü, 2-Boyuna Görünüm; b. Trilobal Poliester, Dacron T-62, 1-Kesit Görünümü, 2-Boyuna Görünüm (Joseph 1966).

2.2. Dispers Boyarmaddeler

Dispers boyalar poliester liflerinin boyanmasında kullanılan en önemli boyarmadde sınıfıdır ve pek çok uygulama alanında geniş renk aralığında iyi boyama ve haslık özellikleri verirler. Bu boyalar poliester lifleri tarafından, afiniteye sahip oldukları diğer liflere oranla daha yavaş absorblanırlar fakat poliester liflerine afiniteleri iyidir. Boyama hızı boyama sıcaklığı 130°C'ye kadar çıkılarak artırılır.

Poliester mamullerin boyanması için kullanılacak olan dispers boyarmaddelerin seçiminde pek çok kriter söz konusudur. Yapılan boya seçimi en çok tercih edilen boyama prosesi şartlarına bağlıdır. Bu şartlar da, kullanılacak materyal ve mevcut

makinalar tarafından belirlenir. Boya seçimi materyalin son kullanım yerinde gerekli olan haslıkları veren boyamayı yapacak şekilde olmalıdır. Proses şartları, yardımcı maddeler ve boyalar birbirleri ile uyum göstermelidir.

Dispers boyalar non-iyonik, küçük parçacıklı, sulu dispersiyonlar olarak oda sıcaklığında suda çözünmeyen ve hidrofobik liflere substantiviteye sahip olan boyalardır. Bu boyalar az miktarda çözünmüş boya içeren küçük tanecikli sulu dispersiyonlar halinde uygulanırlar. Dispers boya çözeltileri boyanın monomoleküler formda olması ile karakterize edilir. Bu boyalar su içinde ideal olmayan çözeltiler olarak çözünürler ve aktivasyon katsayıları çok yüksektir.

Boyaların çözünürlüğündeki artış kritik misel konsantrasyonundan yüksek dispersiyon ajanı konsantrasyonunda elde edilir. Boyanın çözünürlüğü boyanın formülasyonu ve kimyasal yapısı tarafından belirlenir. Dispersiyon ajanı boyayı, boya banyosu içinde stabilize eder. Küçük dispers olmuş boyaların partikül büyüklüğü 1 µm civarındadır. Dispersiyon ajanlara boya parçacıklarının çevresinde bir koruyucu film oluştururlar ve aglomerasyonu önlerler. Bundan ayrı olarak bir elektrik iticilik stabilizasyonuna yardım eder. Anyon adsorbsiyonuna bağlı olarak dispers olmuş boya parçacıkları normal olarak zayıf bir elektrik yüke sahiptir. Banyoya ilave edilen dispersiyon ajanının tipi kullanılan boyanın içindeki ajana benzer olmalıdır ve bu dispersiyon ajanı bütün boyalar üzerinde bir koruyucu-kolloid etkisi oluşturmalıdır (Becerir 2000).

Dispers boyalar sentezlerinin son aşamasında reaksiyon karışımından alınırlar. Bu sırada büyük partiküllü ve çoğunlukla kristalin haldedirler. İyi boyama özelliklerinin elde edilmesi ve iyi renk veriminin sağlanması için boya, küçük parçacıklı, uniform ve stabil bir süspansiyon olarak life uygulanmalıdır. Bu yüzden ortamda mevcut bulunan tüm boya partiküllerinin boyutları küçültülmeli ve boyama sırasında parçacıkları süspansiyon halde tutacak sıcaklık, su sertliği ve diğer yardımcıların varlığından etkilenmeyen bir dispersiyon ajanı boya bünyesine ilave edilmelidir. Boyaya ilave edilen dispersiyon ajanı boyanın daha küçük parçacıklar haline gelmesini kolaylaştırır, boyanın bu halde kalmasını sağlar ve boya banyosu içinde boyanın dispersiyonuna yardımcı olur.

Sulu ortamda dispers boyalar çok küçük tanecikli sulu dispersiyonlar formunda uygulanırlar. Boyanın lif içine transferi boyanın çok seyreltik sulu çözeltisi içinden olur ve meydana gelen azalma süspansiyon haldeki parçacıkların çözünmesiyle tekrar doldurulur. Bu yüzden partikül büyüklüğü, kristal yapı ve dispersiyon stabilitesi çok önemli faktörlerdir. İdeal olarak bir ticari dispers boya suya katıldığında çok çabuk dispers olmalı ve çok küçük ve uniform partikül büyüklüğünde stabil bir dispersiyon vermelidir. Ayrıca bu dispersiyon boyama işlemi boyunca uygulanan en yüksek sıcaklığa kadar stabil kalmalı ve bu durumu banyoya ilave edilen diğer kimyasallar varlığında da devam ettirmelidir. Bazı belirli şartlar altında, >100°C sıcaklıkta, bazı belirli yüzey aktif ajanların varlığında boya parçacıklarının agregasyonu oluşabilir ve bu durum ilerleyebilir. Bunun sonucunda agregatlar lif yüzeyine yapışarak sürtme ve yaş haslığı düşürebilirler. Doğru yüzey aktif madde seçimi agregasyonun önlenmesine yardımcı olur ve boyaların lif yüzeyine yapışarak lokal bir boyama yapılmasını engeller.

Boyanın boya banyosu içindeki durumu absorpsiyon izoterminin linearitesini etkiler. Yüzey aktif maddelerin eklenmesi paylaşım katsayısını düşürür ve dispersiyon ajanlarının ilavesi denge boya alımını ve boyama hızını etkiler. Pratikte fazla miktarda yüzey aktif madde eklenmesi sakıncalı olabilir çünkü çözünürlük giderek artıyor olsa bile, fazla yüzey aktif madde bazı boyaların kristallenmesine veya agregasyon ürünleri oluşmasına neden olur. Bu kristal ve agregasyon ürünleri normal boyama süresi içinde lif tarafından absorblanamazlar. Bunun sonucunda boyanmış materyallerin sürtme haslığı azalır.

Dispers boyaların parçacık büyüklüğü azaldıkça (molekül ağırlığı 250-300) boya alımı ve parçacıkların toplam yüzey alanı artar, boyalar daha çabuk çözünür ve boyama hızı artar. Molekül boyutu büyüdükçe boyaların boyama kabiliyetleri zorlaşır, düşük boyama hızları ve zayıf migrasyon özellikleri verirler. Daha büyük moleküllü dispers boyaların çoğu alifatik hidroksi, asetilamino ve metilsülfonil gibi hidrofilik gruplara sahiptir. Dispers boyalar bazı polar gruplar (substituent) dışında (-OH, CH₂CH₂OH, -NO₂) yüklü gruplar taşımazlar. Yapı olarak aralarında çok az fark olan boyaların farklı lifler üzerindeki adsorpsiyonları birbirinden farklı olabilir.

Dispers boyaların polaritesi boyanın boyayabilme özelliğini etkiler. Boyanın hidrofobik dengesi boya absorpsiyonu üzerinde etkilidir. Dispers boyalar hidrofilik hale geldikçe bunların life olan afiniteleri düşme eğilimindedir.

Boyama sırasında birbiri ile etkileşime girmeyen boyalar için; boya banyosu veya lif içinde diğer bir boyanın bulunması birinci boyanın aktivitesini etkilememektedir. İzomorf boya çiftleri durumunda, bu boyaların boya banyosu içinde karışık kristaller veya lif içinde veya banyo içinde kompleks yapılar oluşturma olasılığı vardır. Sulu fazda oluşan herhangi bir etkileşim boya alımını azaltabilir ve boyama sırasında boya banyosu içinde boyalar karışık kristaller oluşturabilir. Sulu çözeltiler içinde boyamada boyanın suda çözünürlüğü doygunluk seviyeleri üzerinde belirleyici bir faktördür.

Her bir boyanın boyama hızı, banyo formülasyonu içindeki konsantrasyonuna bağlıdır. Dispers boyaların başlangıç konsantrasyonları farklı ise boya alımı uniform olmaz. Sürenin bir fonksiyonu olarak lif üzerinde bulunan boya miktarı hem başlangıç boya konsantrasyonuna hem de etkin banyo akışına bağlıdır. Boya konsantrasyonu arttıkça veya akış hızı azaldıkça, boya banyosunun denge çekimine ulaşmak için daha fazla süre gerekir. Eğer bir boyanın konsantrasyonu diğerlerine göre daha düşük ise diğer boyalara göre daha hızlı boyama yapacaktır. Boyama şartları en yavaş boyayan boyanın etkin dengeye gelmesine izin vermelidir. Üç boyalı bir formülasyonda her bir boyanın tek tek lineer çekimini oluşturacak tek bir sıcaklık süre eğrisi elde etmek mümkün değildir. Bireysel dispers boyalar karışım olarak boyamada genellikle birbirleriyle etkileşime girmezler ve birbirlerinin boyama etkinliklerini etkilemezler fakat bugün elde olan verilere göre dispers boyalar her zaman tam lineer boyama yapamamaktadır (Becerir 2000).

Dispers boyamanın düzgünlüğü boyanın iki farklı özelliği tarafından yönetilir:

1. Çekim davranışı
2. Migrasyon kapasitesi

Lif üzerine çok yavaş giden bir boya ısıtma fazında lifi düzgün olarak boyar. Lif üzerine hızla giden boyalar ısıtma fazında düzgün olmayan boyama yapmaya yatkındır. Life hızlı giden boya boyama sıcaklığında iyi migrasyon özelliğine sahipse ısıtma fazındaki düzgünsüzlük ortadan kalkar. Genel olarak bir boyanın migrasyon

kapasitesi bu boyanın yüksek sıcaklıkta bir işlem sırasında tekstil substratı içindeki boya konsantrasyonundaki varyasyonu düzgünleştirme kapasitesidir. Düzgünleştirme kapasitesi poliester lifinin tipine bağlıdır ve artan sıcaklık ve süre ile yükselir. Boya dispersiyonlarının stabilitesi şu faktörlere bağlıdır (Becerir 2000):

1. Çözelti içindeki boya konsantrasyonu
2. Boyama sıcaklığı
3. Boyama süresi
4. İlave edilen yüzey aktif maddeler
5. Carrier, bitim işlemi maddesi, spin-finish'ler
6. Elektrolit miktarı
7. pH
8. Çözelti çevrimi
9. Tekstil materyalinin geçirgenliği

Boyaların kristalizasyonunu artıran nedenler şunlardır (Becerir 2000):

1. Boya kristallerinin çok yüksek saflığı
2. Parçacık büyüklüklerinin çok değişik olması
3. Boyanın çözünürlüğünü artıran maddeler
4. Çözeltinin periyodik olarak ısıtılması ve soğutulması

Boyaların aglomerasyon ve agregasyonunu teşvik eden faktörler şunlardır (Becerir 2000):

1. Dispersiyon ajanlarının stabilize etkisini bozan faktörler
2. Elektrostatik iticiliği azaltan faktörler
3. Boya parçacıklarının kolozyonu olasılığı
4. Boya parçacıklarının kinetik enerjisini artıran faktörler

Boya konsantrasyonu ve boyama sıcaklığı arttıkça ve boyama süresi uzadıkça aglomerasyon ve agregasyon olasılığı artar.

Dispers boyaların enerji seviyesine göre sınıflandırılması boyaların kritik boyama sıcaklıkları, migrasyon, yükleme ve difüzyon hızlarına göre yapılır.

Küçük moleküllü dispers boyaların polaritesi düşüktür, kötü ısı ve süblimasyon dayanımları vardır. Bunların boyama hızları yüksektir ve düzgünlük özellikleri iyidir. Daha büyük moleküllü dispers boyalar iyonik olmamakla beraber biraz polardır, iyi ısı

ve süblimasyon haslıklarına sahiptirler. Bunların boyama hızları daha küçük ve düzgünlükleri daha kötüdür.

Yüksek difüzyon değerlerine sahip dispers boyalar düşük enerji tüketimi ile life hızlı nüfuz ederler ve düşük boyama sıcaklıklarında bile optimum renk koyuluğu verirler. Düşük difüzyon değerlerine sahip boyalar (Bunlar genellikle büyük molekülü boyalardır) optimum renk koyuluğunu yüksek sıcaklıkta ve daha fazla enerji tüketimi ile verirler.

Bir dispers boya için gerçek bir boyama profili yoktur ve adsorbsiyon davranışı pek çok faktör tarafından belirlenir. Bu faktörlerden en önemlileri boya konsantrasyonu, sıcaklık gradyenti, lif tipi ve yardımcı kimyasallardır.

Boyama prosesinin yüksek sıcaklık fazında boyaların migrasyon düzgünsüzlüğe olan eğilimleri çok önemli hale gelir. Düzenli olmayan çözelti sirkülasyonu veya çok hızlı ısıtma hızı nedeniyle, eğer boyalar düzgün olmayan şekilde adsorblanmışlarsa bu sorun çok önemli olabilir. Yüksek sıcaklık fazında dispers boyaların uniform uygulanmış olması kısa boyama süreleri takdirinde çok önemlidir.

Uniform dispers boyama elde edebilmek için boyaların migrasyon özellikleri yakın olmalıdır. Düşük enerjili boyaların migrasyon özellikleri daha iyidir. Özellikle boyanın su içinde çözünürlüğü olmak üzere diğer faktörler de migrasyon özelliklerini etkiler. Ayrıca boyaların migrasyon özellikleri farklı çekim oranları veya ön işlem sıcaklıkları nedeniyle poliester kumaşlarda olabilecek boya dalgalanmalarını örtme kabiliyetini de etkiler. Migrasyon özellikleri dispers boyalar adsorbsiyon fazında düzgün uygulanmadıkları taktirde anahtar faktör haline gelirken, difüzyon fazındaki anahtar parametre boyanın difüzyon hızıdır. Poliester boyamada yüksek sıcaklık fazında harcanan süreyi azaltmak için difüzyon indekslerine bakılarak yüksek difüzyon hızlarına sahip boyalar seçilmelidir.

Dispers boyaların seçiminde göz önünde bulundurulması gereken kriterler şunlardır (Becerir 2000):

1. Çekim kritik aralığına göre gruplandırma
2. Difüzyon hızı

3. Düzgünlük kabiliyeti
4. Egalize ajanlarına karşı olan hassasiyeti
5. Dalgalanma efekti kapatma indeksi

Poliester materyaller için en önemli haslık özellikleri ışık ve ısı işlemlere karşı olan haslıktır. Yüksek ısı haslığı olan boyaların yıkama haslığı da genellikle iyidir fakat bunun tersi doğru değildir. Isı uygulaması sonucunda dispers boyalar lif yüzeyine doğru ilerler ve eğer yüzeyde hidrofobik bitim kimyasalı varsa, lif dışına çıkıp bu kimyasal film tabakası içinde çözünebilirler. Bunun oluşması veya lif yüzeyinde fazla miktarda boya kalması yaş haslığı, yıkama haslığı, süblimasyon ve kuru temizleme haslığını düşürür ve rengin donuklaşmasına yol açar. Düşük enerji ve çoğu orta enerji dispers boyada bu durumla karşılaşmaktadır.

2.2.1. Dispers Boyaların Kimyasal Yapısı

Dispers boyaların kimyasal yapıları şu şekildedir.

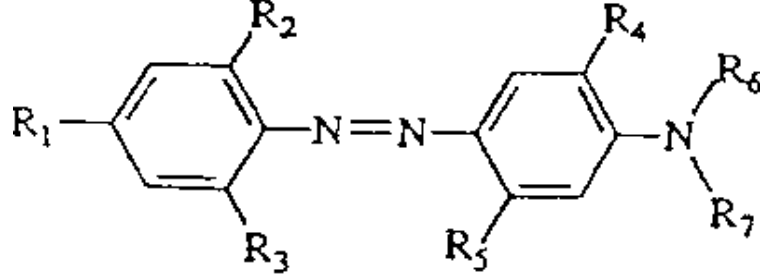
1. Azo grubu içerenler
2. Nitrodifenilamin grubu içerenler
3. Antrakinon grubu içerenler
4. Diğer kimyasal gruplar (benzodifuranon, coumarin, metkin, naftalimid, vb.)

2.2.1.1. Azo Dispers Boyalar

Dispers boyaların yaklaşık %50'si düşük molekül ağırlıklı monoazo boyalardır. Bunlar, boya banyosu içinde çözünen iyonik gruplar içermezler, tamamen non-iyoniktirler ve kısmi bir polarlığa sahiptirler. Bu grubun içinde bazı disazo boyaları da mevcuttur.

Dispers azo boyaların çoğu aminoazobenzen türevleridir ve özellikle sarı, oranj ve kırmızı renkleri verirler. Çok az sayıda violet ve mavi rengi veren azo yapıları da bulunmaktadır. Zaman içinde dispers boya üretiminde monoazo dispers boya üretiminin artış nedeni bu boyalar ile elde edilen renklerin batokromik olarak artmasıdır.

Dispers azo boyalar Şekil 2.4'deki gibi yapı esaslı olmakla beraber hem benzen halkasında spesifik bileşenler hem de heterokromatik disazo bileşikleri kullanarak farklılaştırılmaktadır.



Şekil 2.4. Dispers Azo Boyalarının Genel Yapısı (Becerir 2000)

R₁-R₇ bileşenlerinin kimyasal yapısı dispers boyanın, fiyat, üretim kolaylığı, renk haslığı ve boyama özellikleri gibi karakteristiklerini belirler.

Dispers monoazo boyalarında orijinal olarak diazo bileşiği olan molekülün bir kısmı azo grubun sol tarafında uzatılmış durumdadır ve elektron alan grupları (R₁-R₇) içerir. Coupling bileşen olan ve molekülün sağ tarafına uzatılmış olan kısım elektron veren grupları içerir. Azo grubun sol tarafında bulunan gruplar elektron alma ve sağ tarafında bulunanlar da elektron verme eğiliminde olduklarından molekülün renk açısı sarı, oranj, kırmızı, violet, mavi, yeşil ve hatta siyah verecek şekilde batokromik olarak değişir.

1960-70 yıllarında piyasaya sunulan monoazo dispers boyalar tinktoryal kuvvetleri ve yaş haslıklarının antrakinon dispers boyalara göre daha iyi olmasına rağmen yüksek sıcaklıkta boyamada daha kolay indirgenmeleri nedeniyle özellikle kombinasyon boyamalarda kötü yeniden üretilebilirlik özellikleri vermişler ve yüksek ısı ve yaş haslıkları nedeniyle sürekli boyama proseslerinde kullanım alanı bulmuş ve başlangıçta parça boyamada sınırlı oranda başarı sağlayabilmişlerdir.

2.2.1.2. Antrakinon Gruplu Dispers Boyalar

Antrakinon dispers boyalar öncelikle selüloz asetatın boyanması için geliştirildi. 1950-60 yıllarında poliester lif üretiminin büyük artış göstermesi sonucunda poliesteri boyayabilen yeni dispers boyaların araştırma çalışmaları sonucunda poliesteri

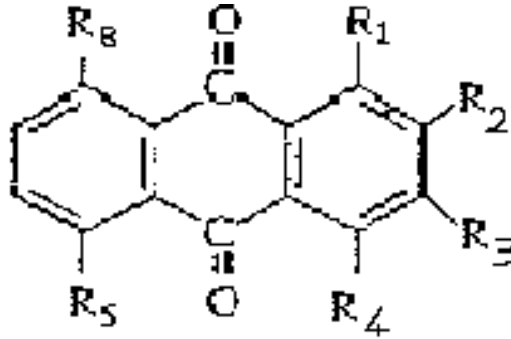
boyayabilen antrakinon esaslı dispers boyalar sentezlendi. Bu devre içinde geliştirilen antrakinon dispers boyaların bazı belirgin özellikleri şöyledir:

1. Parlak renkler (özellikle maviler ve kırmızılar)
2. Çok iyi ışık haslığı
3. İyi örtme özellikleri
4. İyi yeniden üretilebilirlik

Geçen süre içinde antrakinon boyaların ortaya çıkan sakıncaları şunlardır:

1. Tinktoryal olarak zayıf
2. Kötü yaş haslıklar
3. Pahalı
4. Üretimde çevre problemleri

Antrakinon gruplu dispers boyalar özellikle mavimsi kırmızılar, violetler, maviler ve mavimsi yeşillerdir. Bu boyalar cc-aminoantrakinon türevleridir ve temel yapı Şekil 2.5 'de gösterilmektedir.



Şekil 2.5. Antrakinon Dispers Boyaların Temel Yapısı (Becerir 2000)

Renk-açısı R_1 , R_4 , R_5 ve R_8 ile kontrol edilir: R_2 ve R_3 'ün renk açısı üzerindeki etkisi az fakat boyama ve haslık özellikleri üzerindeki etkisi fazladır.

Antrakinon serilerinde renk açısı değişimi azo serilerinde olduğu gibidir. Elektron alan gruplar kromoforun antrakinon karbonil grupları $>C=O$, elektron veren gruplar da 1,4,5,8 (R_1 , R_4 , R_5 , R_8) pozisyonundaki substituentlerdir.

Antrakinon dispers boyalar halen kullanılmakla beraber sentezleri için yeni yöntemler geliştirilmiş ve yeni dispers boyalar konusundaki çalışmalar yeni boya gruplarının araştırılması yönünde olmuştur.

2.2.1.3. Nitrodifenilamin Gruplu Dispers Boyalar

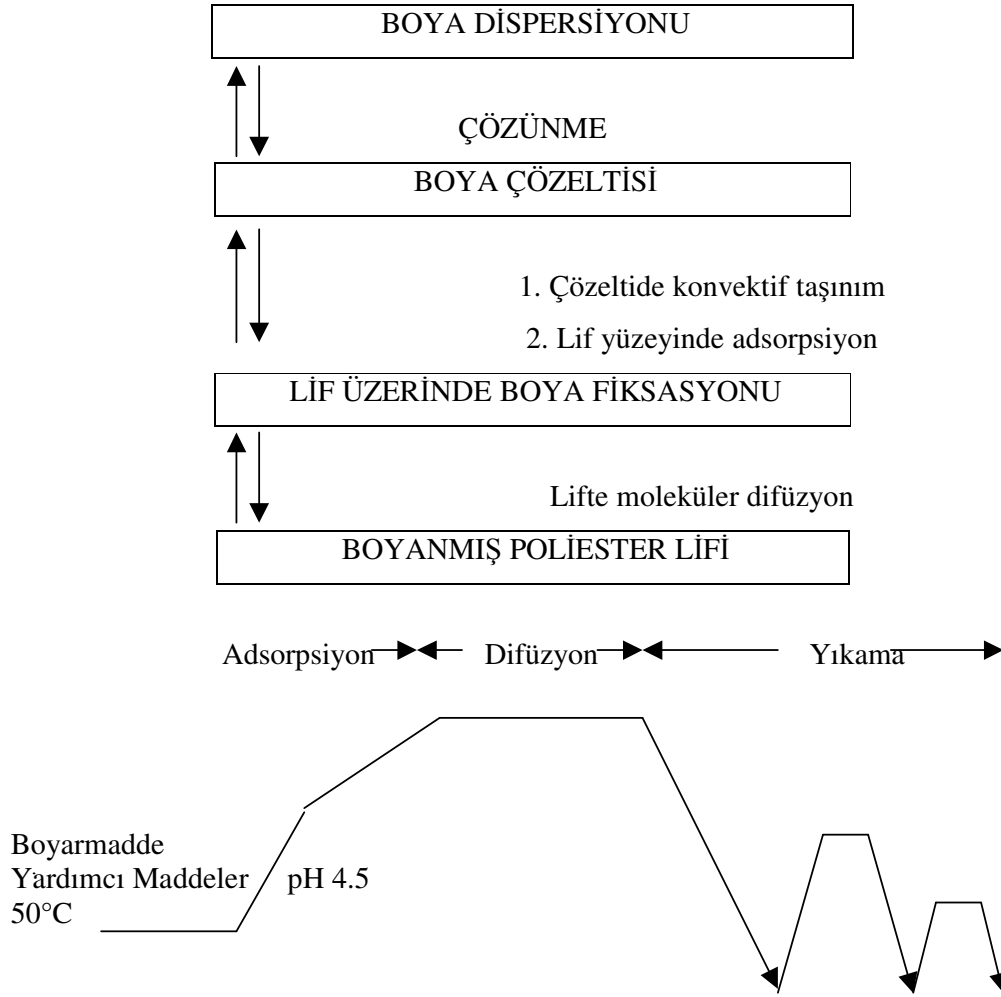
Bunlar sarı ve oranj-sarı boyaların küçük bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu gruplu boyalar poliester liflerinde iyi ışık haslığı verirler. Boya molekülüne polar gruplar eklenerek veya boyanın molekül boyutu arttırılarak süblimasyon haslıkları iyileştirilebilir.

2.2.1.4. Diğer Kimyasal Gruplar

Bu grup içinde özellikle benzodifuranon yapı esas alınarak yeni dispers boyarmaddelerin sentezlenmesi üzerinde çalışılmaktadır. (Becerir 2000)

2.3. Poliester Liflerinin Boyanması

Poliester kumaşlar günümüzde HT tipi, yüksek sirkülasyon özelliğine sahip boyama makinalarında ve çoğunlukla 130°C'de boyanmaktadır. Çözeltide, aşağıdaki Çizelge 2.1'de ifade edildiği gibi, polimer içine yavaş difüzyonun sonucu olarak, poliester tarafından boyarmaddenin adsorpsiyonu, lif yüzeyine boyarmaddenin konvektif transferi yoluyla olmaktadır. Atmosferik koşullar altında, lif içine doğru boyarmaddenin daha hızlı difüzyonu, poliester geçiş sıcaklığının üzerinde, sıcaklığın artması ile birlikte organik keriyerler kullanılmadıkça, dispers boyarmaddelerin çoğu yavaşça difüze olmaktadır. Poliester tarafından alınan boyarmadde konsantrasyonu Saturasyon Değer olarak ifade edilmektedir.



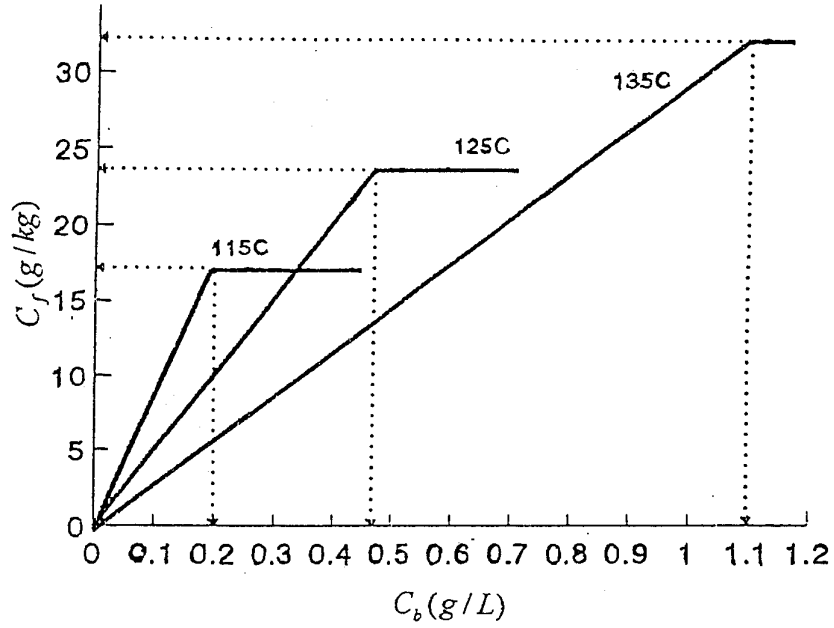
Çizelge 2.1. Poliester boyamanın mekanizması (Cunnigham 1996).

2.3.1. Boyama Sıcaklığı

Boyama sıcaklığı arttıkça, boyarmaddenin hem boyama çözeltisindeki doymuluk çözünürlüğü (C_b), hem de lifteki doymuluk çözünürlüğü (C_f) artmaktadır. Bununla birlikte boyarmaddenin boyama banyosundaki çözünürlüğü, liftekenden fazla olma durumunda, K_∞ (paylaşım katsayısı) da azalmaktadır (Gregor ve Etters 1979).

Bu paylaşım katsayısı da Şekil 2.6'da her bir sıcaklık için belirli bir çizgi boyunca gösterilmekte ve şu şekilde ifade edilmektedir:

$$K_\infty = C_f / C_b \quad (2.1)$$



Şekil 2.6. Üç Farklı Sıcaklıkta Polister Lifinde Dispers Red 11'in Denge Adsorpsiyon İzotermi (Etters, 1994).

Lifteki sınır oranı (Q) ve dengedeki tüketimi ifade eden (E_{∞}) göz önüne alındığında 2.1 no'lu denklem şu şekilde yazılabilmektedir (Gregor ve Etters 1979).

$$E_{\infty} = K_{\infty} / (K_{\infty} + Q) \quad (2.2)$$

Bu eşitlik ile temperaturdeki artışın, dengedeki tüketimi azaltacağı net bir şekilde anlaşılabilir. Bu da, yukarıdaki Şekil 2.6 'da gösterilmektedir.

Bu azalma, tüm boyama sistemlerinde kullanılan dispers boyarmaddelerle yapılan boyama sisteminin temel doğasından kaynaklanmaktadır.

Başka bir ifadeyle, ısıtma boyunca sıcaklık arttığı gibi, hem ($C_{b,m}$) çözünürlük, hem de adsorbe edilen boya miktarı (C_f) üssel olarak artmaktadır. Bununla birlikte sıcaklık artışı ile (C_f) değeri, ($C_{b,m}$) değerinden çok daha büyük olacağından; C_b/C_f oranı giderek azalmakta ve düzgünleşme de elverişsiz hale gelmektedir.

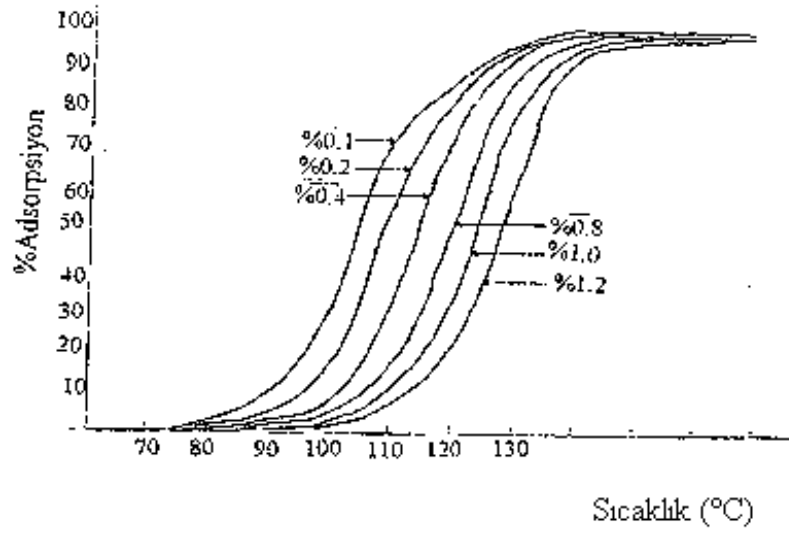
2.3.2. Adsorpsiyon

Adsorpsiyon temel olarak boyarmadde moleküllerinin lif üzerinde düzenli dağılımına denir. Adsorpsiyon boyunca, hidrofobik karakterde olan polister liflerinde makromoleküller arası bağlar gevşetilerek, boyarmadde moleküllerinin girebileceği

amorf bölgeler meydana getirilmektedir. Boya konsantrasyonu, sıcaklık ve difüzyon adsorpsiyonu etkiler.

1. Boya Konsantrasyonu:

Adsorpsiyon değişik konsantrasyonlardaki boyamalarda, konsantrasyon arttıkça zorlaşır. Zamanın ve sıcaklığın etkisi ile boyama sıcaklığında tüm konsantrasyonlarda % adsorpsiyon birbirine yakındır.



Şekil 2.7. Konsantrasyonun adsorpsiyona etkisi (Cunnigham 1994).

2. Sıcaklık:

Sıcaklığın dispers boyaların, çözelti ile hidrofobik lifler arasında dağıtımını üzerinde temperaturün etkisini açıklamak için, dispers boyaların PET lifler üzerindeki adsorpsiyonu, dolayısıyla paylaşım katsayısı (K) sabit tutulmalıdır.

T °K temperaturünde boyanın standart afinitesi ($\Delta\mu^\circ$) aşağıdaki 2.3 eşitliği ile verilmektedir (Burkinshaw 1994).

$$\Delta\mu^\circ = RT \ln K \quad (2.3)$$

K = Paylaşım Katsayısı

R= Gaz sabiti

T= Mutlak Sıcaklık

3. Difüzyon:

Difüzyon hızı boyarmaddenin büyüklüğü ile ilgilidir. Molekül büyüdükçe, difüzyon yavaşlayarak, zorlaşmaktadır. Bunun yanında boyarmadde molekülleriyle lifler arasındaki intermoleküler kuvvetlerde de rol oynamaktadır. Bu kuvvetler dipol, indüksiyon, dispersiyon kuvvetleri, H-köprüleri gibi kuvvetlerdir.

Difüzyon olayının gerçekleşebilmesi için, bir difüzyonel sınır tabakasının oluşması gerekmektedir. Bu da, materyal yüzeyinde difüzyon konsantrasyonunun %99'a kadar ulaşabildiği bölge olarak tanımlanmaktadır.

Difüzyon katsayısı, bir boyarmaddenin moleküler değeri ile yakından ilgili olmaktadır. Boyarmaddelerin enerji seviyeleri ile boyarmaddelerin benzer nüansları ve kimyasal yapıları karşılaştırıldığında; büyük moleküllü yüksek enerji seviyeli boyarmaddelerin, en düşük difüzyon katsayılarına sahip oldukları görülmektedir.

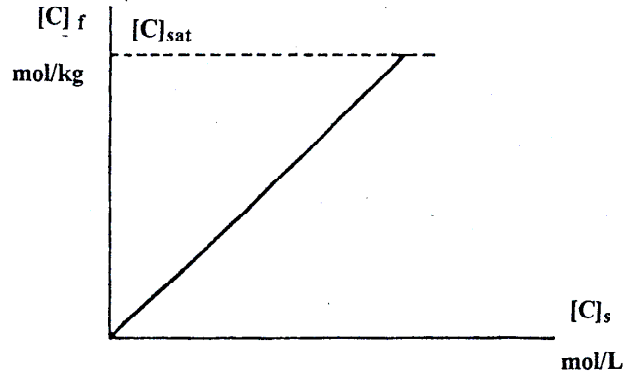
2.3.3. Dispers Boyaların Poliester Liflerine Sorpsiyonu ve Difüzyonu

2.3.3.1. Boya Sorpsiyonu

Poliester liflerinin boyanmasında denge durumuna erişildiğinde absorblanan boya miktarı sadece kullanılan çözelti-materyal oranına bağlı değil, aynı zamanda da lifin doygunluk kapasitesine bağlıdır. Eğer lif belirli bir miktar boyayı alabiliyorsa, başlangıç boya miktarını arttırmak, boyanın afinitesi sabit kalıyor olsa bile, boya çekim oranını azaltacaktır.

Bir boya banyosu içinde boya konsantrasyonunun azalması denge sıcaklığında boyanın life olan afinitesine ve boyama çözeltisi içindeki lif miktarına bağlıdır. Bir dispers boyanın paylaşım oranı (veya dağılım katsayısı) lif içindeki g/kg boya konsantrasyonunun boyama çözeltisi içinde kalan boya miktarına g/L oranı ile verilir.

Poliester liflerinin dispers boyarmaddelerle boyanması Nernst izotermine göre gerçekleşir. Nernst izotermi Şekil 2.8 'de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Nernst İzotermi (Becerir 2000)

Nernst izotermi formülasyon olarak şöyle verilir.

$$[C]_f = K[C]_s \quad (2.12)$$

$[C]_f$ = Lif yüzeyindeki boya konsantrasyonu

$[C]_s$ = Çözelti içindeki boya konsantrasyonu

K = Paylaşım katsayısı

Dispers boyaların poliester lifleri üzerinde adsorbsiyonu zayıf polar, dispersiyon ve hidrojen bağı kuvvetleri ile olur. Dispers boyaların çözünürlüğü ve adsorbsiyonu arasındaki ilişki boya molekülü ve içindeki polar ve π -bağı gruplarının sayısı ve yapısına bağlıdır.

Nernst izotermine göre boyanın lifler ve banyo arasındaki dağılımı boyanın iki farklı çözücü arasında, bunlardan bir tanesi (boya banyosu) doygun hale gelene kadar paylaşımıdır (Becerir 2000).

2.3.3.2. Dispers Boyaların Difüzyonu

Difüzyon, boya moleküllerinin lifin kristal olmayan bölgelerine nüfuziyet kolaylığının bir fonksiyonudur. Poliester liflerinde boyanın difüzyonu kristalin olmayan bölgelerdeki oryantasyonun derecesine bağlıdır.

Difüzyon prosesini etkileyen parametrelerden bir kısmı şöyle özetlenebilir:

- 1-Boya ve polimer substratı içindeki iyonize olabilen grupların yapısı ve konsantrasyonundaki değişiklikler,
- 2-Her iki fazda bulunan her türlü etken arasındaki etkileşimler,
- 3-Substratın fiziksel yapısındaki değişiklikler ve amorf bölgedeki değişikliklerle birlikte gerilimlerin oluşması ve serbest kalması,
- 4-Ana fazlarda ve sınır tabakalarında, çözücünün yapısındaki ve moleküler oryantasyonundaki değişiklikler.

Boyama prosesinin başlangıcında boya, substrat arasında üniform olmayan şekilde dağılır. Bu durumda iken boya konsantrasyonu lif yüzeyinde maksimum ve lif içinde sıfırdır. Yüksek konsantrasyondan alçak konsantrasyona doğru boya transferi olacak şekilde bir konsantrasyon gradyanı oluşur. Bu olay Fick yasası ile verilir ve ifade edilir:

$$F = - D [\delta C / \delta X] \quad (2.13)$$

F: Birim kesit alanında transfer hızı (g veya mol)

C: Difüzyon yapan maddenin konsantrasyonu

X: Kesite dik doğrultuda ölçülen ortam koordinatı

D: Difüzyon katsayısı (uzunluk²/süre, m²/s.)

$\delta C / \delta X$: Konsantrasyon gradyenti

Fick'in hipotezine göre bir difüzantın bir birim kesit alanından transfer hızı bu alana normal doğrultu üzerindeki konsantrasyon gradyanı ile orantılıdır. Denklemdaki eksinin anlamı difüzyonun artan konsantrasyona ters yönde oluşmasıdır.

Fick yasası konsantrasyon gradyeninin sabit kabul edildiği bir ortamda transfer hızını vermektedir ve tüm yönlere doğru bütün noktadaki difüzyon özelliklerinin aynı olduğu izotropik bir ortam ifade etmektedir. Fakat lifler gibi anizotropik olan ortamlarda, difüzyon özellikleri ölçüldükleri doğrultulara bağımlıdır. Ayrıca gerçek sistemlerde, D difüzyon katsayısı difüzantın lif içindeki konsantrasyonuna bağlıdır.

Liflerde difüzyon, konsantrasyonu sabit tutulan yüzeye dik doğrultuda gerçekleşmez ve yüzeydeki konsantrasyon sürekli sabit değildir.

1-Difüzyon Aktivasyon Enerjileri:

Difüzyon aktivasyon enerjisi tespit edilerek sıcaklığın difüzyon hızı üzerindeki etkisi belirlenebilir. Difüzyon yüksek konsantrasyona sahip bölgelerden düşük konsantrasyona sahip bölgelere tesadüfi bir hareket olduğundan sıcaklık yükselişi ile artar ve bir molekülün bir bölgede veya kapiler yüzeylerde bulunma süresi azalır. Kantitatif olarak bu ilişki difüzyon aktivasyon enerjisi ile ifade edilir.

$$D_T = D_0 e(\exp (-E/RT)) \quad (2.14)$$

D_T = Belirli bir sıcaklıkta gözlenen difüzyon katsayısı

D_0 = Sabit

E = Aktivasyon enerjisi

Aktivasyon enerjisi difüzyon katsayısının sıcaklık ile değişimi hakkında fikir verir. Aktivasyon enerjisi yüksek olduğunda sıcaklık arttıkça difüzyon katsayısı da büyük miktarda artar. Aktivasyon enerjisinin yüksek olması durumunda düzgün boyama elde edebilmek için sıcaklık yükselişinin de yavaş olması gerekir. Poliester liflerinin dispers boyarmaddelerle boyanmasında aktivasyon enerjisi 30.000 kalori civarındadır. Diğer bir ifade ile 250 kJ/mol (60 kcal/mol) değeri elde edilmektedir. Gerçek değer kullanılan boyaya ve boyanmadan önce lifin yapısının maruz kaldığı işlemlere ve uğradığı fiziksel değişikliklere bağlıdır.

2.14 ifadesinin iki defa doğal logaritması alındığında;

$$E = -2.303 R (d(\log D_T)/d (1/T)) \quad (2.15)$$

olarak elde edilir.

2-Difüzyon Katsayısı:

Difüzyon katsayısı bir molekülün verilen bir ortam içinde hareket çabukluğunun bir ölçüsüdür. Difüzyon katsayısının sayıca değeri arttıkça bir molekülün ortam içindeki hareket hızı da yükselir. Verilen bir sıcaklıkta bir molekülün hava ortamı içindeki

difüzyon katsayısı su ortamı içindekinden ve su ortamı içindeki de lif içindeki difüzyon katsayısında çok daha yüksektir.

Boyaların lifler içindeki difüzyon katsayılarının ($\cong 10^{-10} - 10^{-12} \text{ cm}^2/\text{s}$) sulu çözeltiler içindeki difüzyon katsayılarından ($10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$) çok düşük olmasının iki olası nedeni boya ve polimer zinciri arasındaki kuvvetli adsorbsiyon kuvvetlerinin etkisiyle boyanın büyük kısmının hareketsiz hale gelmesi ve polimer matriksi tarafından boyanın hareketine karşı gösterilen dirençtir. Ayrıca boyarmadde molekülünün büyüklüğü de bir etkindir.

Gutmann ve Metzger (1991) difüzyon katsayısının poliester liflerinin iç yapısı ile değişimini araştırdığı çalışmada, difüzyon katsayısının boyanan materyalin iç yapısına ve iç yapısındaki değişime doğrudan bağlı olduğunu bir dizi deneysel çalışma ile göstermiştir.

Artan eğirme hızları ile üretilmiş olan poliester liflerinin boya alım hızları, liflerdeki kristalinite ve yoğunluk artışı ile birlikte azalmaktadır. Bununla birlikte boya alımı, düşük hızlarda eğrilmiş ve sonra çekilmiş liflerin boya alımından daha fazladır (Becerir 2000).

2.4. Reflektans Spektrofotometreleri

Bir reflektans spektrofotometresi ile opak bir substratın rengini ölçmek için 400-700 nm arasında bu substratın reflektans/dalgaboyu eğrisi ölçülür. Farklı aydınlatıcı ve gözlem şartları altında eğrinin değişimi cihaz ile beraber kullanılan renk yazılımı ile bulunabilir. Substratların reflektans ölçümlerinde karşılaşılan temel sorunlardan bir tanesi opak yüzeylerin renklerinin bakış yönüne göre farklılık göstermesidir.

Eğer ölçüm yapılan opak cismin yüzeyi pürüzsüz ise, yüzeyden hem düzgün ışık yansımaları, hem de dağınık ışık yansımaları olacaktır. Düzgün yansıyan ışık dalgaboyundan bağımsız iken, dağınık yansıyan ışık opak substratın (kumaşın) absorpsiyon ve ışığı saçma karakteristiklerine ve substrat içindeki mevcut renklendiricilerin parçacık büyüklüğü ve dağılımına bağlıdır. Genel olarak hem düzgün, hem de dağınık ışık hem aydınlatma, hem de gözlem şartlarıyla değişiklik gösterir. Tekstil materyallerinin yüzey özellikleri başlıca olarak, life (doğal veya man-

made) lifin matlığına, ipliğin bükümüne ve kumaş yapısı ve örgüsüne bağlıdır. Kumaşlar parlak saten kumaşlardan örme yünlü kumaşlara kadar pek çok farklı yüzey özellikleri gösterirler. Kumaşların yüzey özelliklerinin etkisini en aza indirmek ve tekrar edilebilir ölçümler elde edebilmek için 1978'de CIE tarafından dört standart ölçüm geometrisi belirlenmiştir.

2.4.1. Reflektans Spektrofotometrelerini Oluşturan Başlıca Parçalar

2.4.1.1. Işık Kaynakları

Dünyamıza gelen güneş ışığı dünya atmosferindeki tabakalardan geçerken absorpsiyon ve saçılma sonucunda ana kompozisyonunu kaybetmekte ve dünyanın yüzeyine bir bölümü ulaşmaktadır. Dünya yüzeyine ulaşan güneş ışığı dünya atmosferinin yapısı ve fiziksel şartları (ozon tabakası, su buharı vb.) yanında dünya üzerine geldiği noktanın deniz seviyesinden yüksekliği, mevsim, yerel hava şartları ve günün saatine bağlı olarak da değişiklik göstermektedir.

Bu haliyle güneş ışığı renk ölçümü için kullanıma uygun değildir. Renk biliminde kullanılmak üzere yapay standart ışık kaynakları ve bunlara bağlı olarak da CIE (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) tarafından standart aydınlatıcılar tanımlanmış ve kullanılmaktadır.

Yapay ışık temel iki yol ile üretilir. Bunlardan birincisi maddeyi ısıtarak bu maddenin atom veya moleküllerini uyarmak ve bunun sonucunda bu maddeden görünür radyasyon çıkmasını sağlamaktır. Bu şekilde belirli bir dalga boyu aralığında tüm dalgaboylarını ihtiva eden sürekli bir radyasyon spektrumu elde edilir, ikinci olarak yapay ışık üretme yolu elektrik alanı içinde bir maddenin buharını elektron bombardımanına tutmaktır. Bu şekilde çizgisel spektrallar elde edilir ve oluşan spektrum içinde farklı dalga boylarında bireysel ışık ışınları bulunur.

Metallerin ısıtılması ile elde edilen yapay ışığın dalga boyu metalin sıcaklığı arttırıldıkça azalır ve metal cisimlerden elde edilen radyasyonun enerji dağılımı ve bunun sonucunda ortama verilen ışığın rengi metal cismin sıcaklığı ile kontrol edilir.

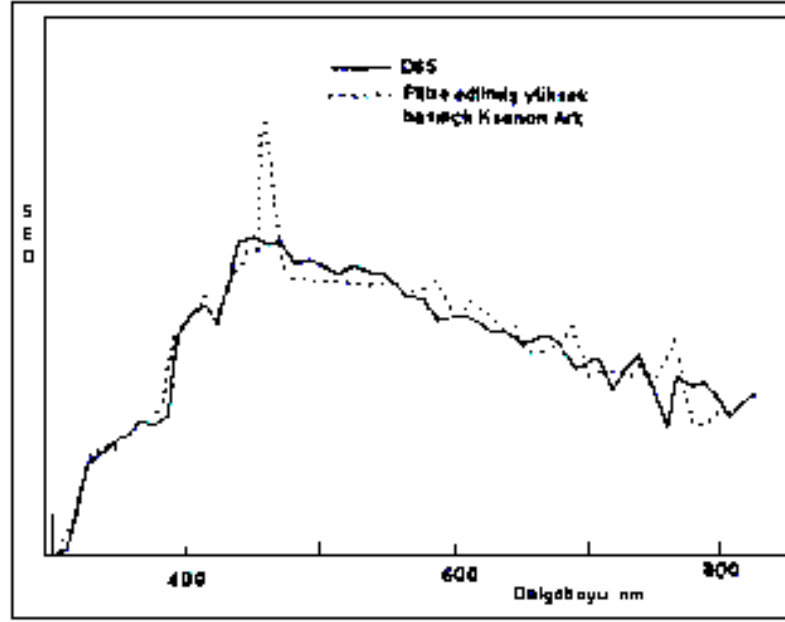
Kullanılan lambalara ait bazı örnekler aşağıda verilmiştir:

Tungsten filaman lamba: Tungsten tel üzerinden bir elektrik akımı geçirilerek ısıtılır ve radyasyon bu şekilde elde edilir. Tungsten telden ortama yayılan radyasyon büyük ölçüde tele uygulanan gerilim ile kontrol edilir. Pratik olarak görünür ışığın büyük kısmını elde edebilmek için tele uygulanan gerilim de yüksek olmalıdır, fakat yüksek gerilim uygulanması lambanın ömrünü kısaltmaktadır.

Tungsten halojen lamba: Lamba içine yerleştirilen bir miktar iyot veya brom lamba duvarına yapışan tungsten miktarını azaltmaktadır. Bunun sonucunda lambanın şeklinde yapılan değişiklik ile telin sıcaklığı artırılır ve ultraviyole (UV) bölgede daha fazla radyasyon elde edilir.

Gerilimli gaz tüpleri: Bu lambalarda lamba içindeki buharın atomları bir elektrik devresinin elektronları tarafından bombardıman edilir. Uyarılan atomlar kendi orijinal hallerine dönerken lamba içindeki buharın karakteristiğine bağlı olarak çizgi spektrumu halinde ortama dar radyasyon bantları yayarlar. Bu lambalara iki örnek cıva ve sodyum lambalarıdır.

Ksenon ark lambası: Bu lambaların spektral enerji dağılımı, uygun şekilde filtrelendiğinde ortalama gün ışığına benzediği için yüksek basınçlı ksenon ark lambası son yıllarda büyük önem kazanmıştır. Bu lamba görünür bölgede sürekli bir spektruma sahip olmasının yanı sıra UV ve infrared (IR) bölgede de radyasyona sahip olduğundan geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Yüksek basınçlı ksenon ark lambasının filtrelendikten sonraki spektral enerji dağılımı ortalama gün ışığını veren D65 aydınlatıcısı ile karşılaştırılmalı olarak Şekil 2.9.'da verilmiştir.



Şekil 2.9. Yüksek Basınçlı Ksenon Ark Lambasının Filtreledikten Sonraki Spektral Enerji Dağılımının (SED) D65 Aydınlatıcısı ile Karşılaştırılması (Becerir 1998)

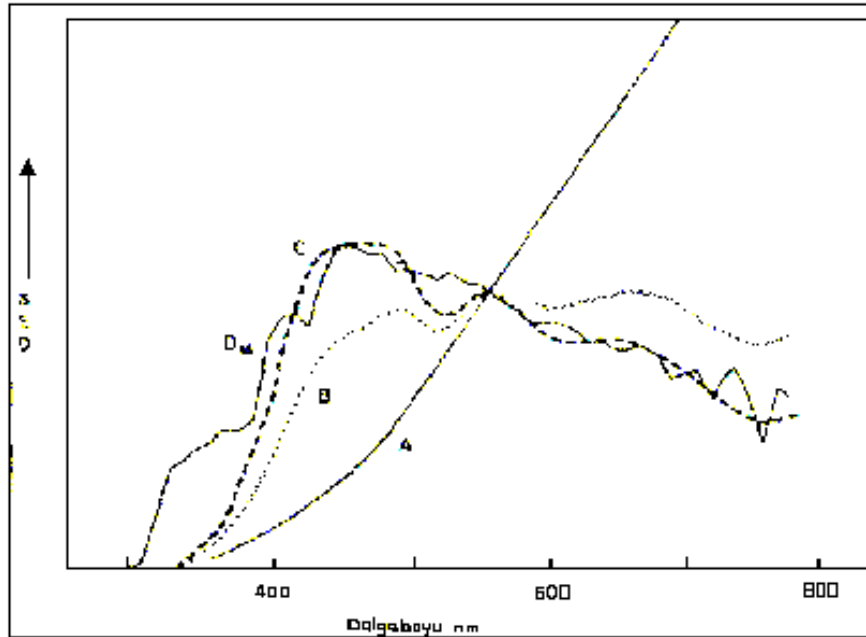
CIE standart ışık kaynakları ve aydınlatıcıları: Dünya üzerine gelen güneş ışığı mevsime, günün saatine, hava şartlarına ve coğrafik özelliklere bağlı olarak değiştiğinden ve yapay ışık kaynaklarından elde edilen ışık da lamba ömrü, boyutları, uygulanan gerilim gibi faktörlere bağlı olduğundan, rengin her şart için aynı ve tekrarlanabilir ölçümünü yapabilmek için CIE tarafından ışık kaynakları ve bunlardan elde edilen aydınlatıcıların özellikleri tanımlanmıştır. CIE iki temel yapay ışık kaynağı olan gün ışığı ve tungsten lambaların spektral karakteristiklerinden yola çıkarak standart aydınlatıcılar tanımlanmıştır.

Lambalar ışığı üreten fiziksel kaynaklar olup, aydınlatıcılar ise lambaların ürettiği ışığın özelliklerine bağlı olarak karakteristik spektral enerji dağılımlarına sahiptirler. Bu yüzden renk ölçümünde bir ışık kaynağından pek çok aydınlatıcının spektral enerji dağılımı elde edilebilir. Aydınlatıcıların spektral bir enerji dağılımları teorik olarak hesaplanmıştır ve her ışık kaynağı her aydınlatıcıyı veremeyebilir. İyi bir ışık kaynağının temel özelliklerinden birisi renk ölçümü için gerekli aydınlatıcıları verebilmesidir.

CIE A aydınlatıcısı içi gaz doldurulmuş bir tungsten filaman lambanın ışığını verecek şekilde ifade edilmiştir. CIE B aydınlatıcısı öğleden sonraki ortalama gün ışığını, CIE C aydınlatıcısı da ortalama gün ışığını vermektedir.

Standart ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla CIE, aydınlatıcılara ait spektral enerji dağılım eğrilerini yayınlamış fakat bu aydınlatıcıların eldesi için fiziksel ışık kaynakları önermemiştir.

A, B, C aydınlatıcılarından sonra D65 aydınlatıcısı CIE tarafından tanımlanmış ve ortalama gün ışığını doğruya en yakın şekilde ifade eden D65 günümüzde reflektans ölçümlerinde kullanılan en önemli aydınlatıcı olmuştur. CIE standart aydınlatıcılarının (A, B, C, D65) spektral enerji dağılımları Şekil 2.10'de verilmiştir.



Şekil 2.10. CIE Standart Aydınlatıcılarının Spektral Enerji Dağılımları (Becerir 1998)

D65'ten sonra ortalama gün ışığının bazı özel durumlarını ifade eden D55 ve D75 aydınlatıcıları tanımlanmıştır.

Diğer ışık kaynaklarından olan ark ve spark kaynaklarının radyasyon spektraları çoğunlukla radyasyon çizgileri serileri içerdiği için renk ölçümünde kullanıma uygun değildir. Fakat gün ışığına benzer sürekli enerji / dalgaboyuna sahip ksenon arkları görünür ve yakın UV'de ölçüm yapan bazı transmittans spektrofotometrelerinde kullanılmaktadır.

Spektrofotometrelerde kullanılan en yeni ışık kaynakları Ksenon Flash (ani parıldama) tüpleridir. Bunlar saniyenin birkaç binde birinde ani parıldama ile radyasyon üretirler ve ısınma özellikleri az olduğu için kısa sürede büyük kullanım alanı bulmuşlardır.

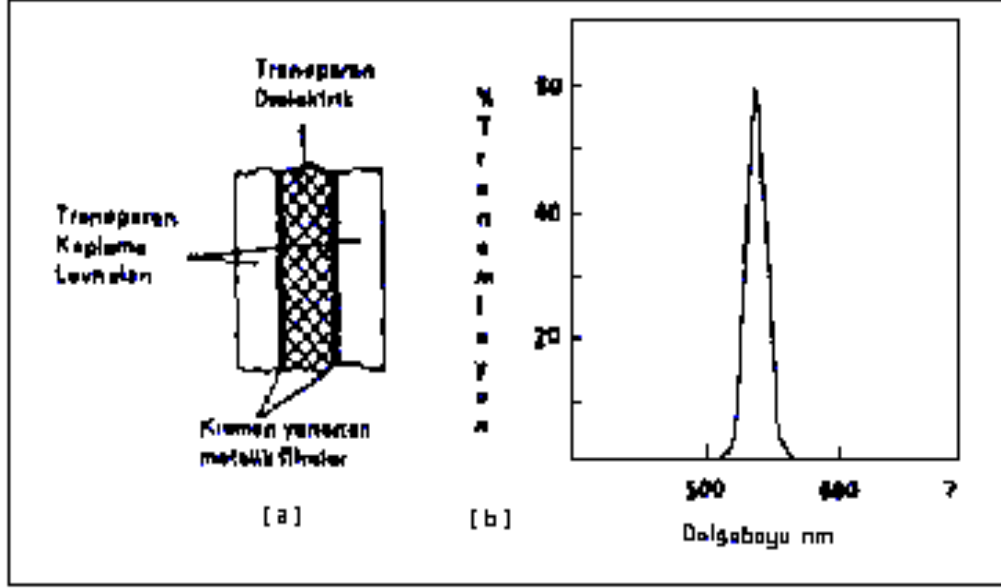
2.4.1.2. Monokromatörler

Monokromatörler ışık kaynağı tarafından üretilen heterokromatik (pek çok dalgaboyunda ışığı ihtiva eden radyasyon) radyasyon ölçüm ortamına girmeden önce, bu radyasyon içinden monokromatik dalgaboyunu seçen optik elemanlardır. Monokromatörler içindeki bu seçim monokromatörün dispersiyon elemanı tarafından yapılır. Günümüzde kullanılan dispersiyon elemanları ızgara (grating) tipindeki optik elemanlardır. Izgaraların dispersiyon güçleri dalgaboyundan bağımsızdır. Bazı özel metallere veya camdan yapılan, bu izgaraların üzerinde özel profilli çok sayıda oluk mevcuttur. Bu olukların üzerine düşen heterokromatik radyasyon, içindeki dalgaboyları sıraya dizilmiş olarak yüzeyden geri yansır ve bu düzgün sıralı heterokromatik radyasyon içindeki ölçüm için gerekli monokromatik radyasyon seçilir. Farklı amaçlar için kullanılan pek çok ızgara dizaynları mevcuttur.

2.4.1.3. Kısıtlı spektrofotometreler

Monokromatik ışık elde etmek için monokromatörler haricinde kullanılmak üzere girişim filtreleri geliştirilmiştir. Bu filtreleri kullanan cihazlara da kısıtlı spektrofotometreler denmektedir. Monokromatörle karşılaşılan pek çok sorun bu filtrelerin kullanımı ile ortadan kalkmıştır. Bu filtrelerin çalışma prensibi şöyledir: Dalgaboyu sırasına dizili halde filtreye gelen ışık demeti içinden istenmeyen dalgaboyları ışık demeti filtre içinden geçerken ayrılır ve filtre içinde tutulur. Ölçümde kullanılacak dalgaboyu filtrenin diğer çıkış yerinden ölçüm ortamına gönderilir. Bu filtreler bu özellikleri nedeniyle en çok reflektans

spektrofotometrelerinde kullanılmaktadır. Bu filtrelere ait bir örnek Şekil 2.11'de gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Girişim Filtresi (a) Yapı (b) Tipik Transmisyon Eğrisi (Becerir 1998)

2.4.1.4. Dedektörler

Günümüzde kullanılan modern dedektörler fotoemiyon veya fotoiletken elemanların kullanımına dayanan vakum fototüpleridir. Bunların içinde radyasyon etkisi altında elektron yayan bir madde ile kaplı bir fotokatot vardır ve ölçüm bu esasa göre yapılır. Bu vakum fototüplerinin duyarlılık aralığı fotokatodun üzerindeki kaplamaya bağlıdır. Yeni ışık kaynaklarının kullanımı sonucunda dedektörler için de alternatif dizaynlar yapılmaktadır. (Becerir 1998)

2.5. Bazı Renk Terimleri ve Açıklamaları

Görünüm: Cisimlerin ve materyallerin büyüklük, biçim, renk, tekstür, parlaklık, geçirgenlik, opaklık gibi görsel niteliklerle verildiği doğal durumdur.

Elektromanyetik Spektrum: Uzayda yol alan elektrik ve manyetik alanlarda titreşen, bir dalgaboyuna ve frekansa sahip elektromanyetik dalgaların tümüne denir. Farklı dalgaboylarının özellikleri de farklıdır. 380-720 nm dalgaboyundaki görünür ışık haricinde spektrumun tamamı insan gözü için görülemez ve bazı kısımları da

hissedilemezdir. Görünür spektrumun dışında görülemeyen diğer dalgalar gamma ve x-ışınlarından mikrodalga ve radyo dalgalarına kadar uzanır. Rengi oluşturan olgu görünür bölgedeki dalgalıların cisim ve insan gözü ile olan etkileşimleridir.

Radyant Enerji: Boşlukta 3×10^8 m/sn hızla yol alan ve elektromanyetik spektrumu içeren enerji formudur. Radyant enerji dalgalı veya frekans ile ifade edilir.

Nanometre: 10^{-9} m'dir. Görünür bölgedeki dalgalıları çoğunlukla bu birim ile verilir.

Spektrum: Radyant enerji bileşenlerinin dalgalı, dalga sayısı veya frekansa göre sıralı düzenlenmesidir.

Işık: İnsan gözünün retinasının görsel hisler ve hücreler yardımıyla algılayabildiği elektromanyetik radyasyondur. Spektrumun bu bölümü yaklaşık 380-720 nm arası kapsar. Ultraviyole bölgesi insan tarafından görülemez.

Renk: Renk psikofizyolojik bir duyumdur ve cisimlerin görünümünün bir ifadesidir. Rengin olabilmesi için bir cisim, bir gözlemci ve bir ışık kaynağı gereklidir.

Renklendirici (Colorant): Renkleri yaratmak için kullanılan boya, pigment vb. gibi materyallerdir.

Boya: Suda çözünen renklendirici maddedir. Pigment de renklendirici bir madde olmasına rağmen suda çözünmez.

Renk Ölçümü: Bir numune tarafından belli koşullar altında yayılan, geçirilen veya yansıtılan ışığın fiziksel ölçümü ve buradan elde edilen sonuçların standart hale getirilmiş kolorimetrik terimlere matematiksel olarak dönüştürülmesidir. Bu terimler farklı renklerin görsel değerlendirilmesine karşılık gelir.

Renk Düzenleme Sistemleri: Renklerin üç boyutlu düzenlenebilmesini sağlamak için kullanılan sistemlerdir. Üç temel sınıflandırma sistemi kullanılır: (1) Görünüme Dayalı Sistem: Renk açısı, doygunluk ve ışıklılığa göre psikolojik temelli bir sistemdir (Munsell sistemi); (2) Düzenli additif renk karışımı temelli sistem (CIE ve Ostwald sistemleri); (3) Düzenli sübtraktif renk karışımı temelli sistem (Plochere renk sistemi - mürekkepler için).

CIE: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun Fransızca isminin baş harflerinin kısaltmasıdır. Uluslararası bir organizasyon olan CIE. aydınlatma, renk ve renk ölçümü konusuyla ilgili en önde gelen kuruluştur.

Yapay Günüşığı: Günüşığın rengini ve spektral dağılımını çeşitli uygulamalar sonucunda taklit eden ışık kaynaklarının ürettiği ışıktır.

Absorblama ve Absorbsiyon: Elektromanyetik dalgaların enerjisinin madde ile olan etkileşim sonucunda başka formlara dönüşmesi veya harcanmasıdır. Gelen radyasyonun doğrusal yöndeki transmitansının azalması o yönde absorblanan enerji ile Beer-Lambert kanununa göre ifade edilir.

Transparan (Geçirgen): Işığı dağıtmadan ve saçmadan içinden geçiren materyale verilen addır. Transparan materyallerde ışığın transmitansı ve absorbanı meydana gelir. Materyalin özelliğine göre bir kısım radyant enerji materyal içinde absorblanırken kalan kısım da materyalin diğer ucundan dışarı çıkar. Bu ilişki Beer-Lambert yasası ile hesaplanır.

Opak: Üzerine gelen ışığı diğer tarafa geçirmeyen materyallere verilen addır. Materyali üzerine düşen ışık enerjisinin bir kısmı yüzeyde ve içinde absorblanırken bir kısmı da ortama geri yansır. Ortama geri yansıyan bu ışık yüzey tarafından absorblanan enerjiyi içermez ve gözlemci tarafından renk olarak algılanır.

Optik Dansite (Optik Yoğunluk): Bir materyalin ışığı absorblama kabiliyetidir. Renk koyulaştıkça yoğunluk (dansite) artar. Özellikle mürekkepler olmak üzere sıvı durumdaki materyaller için kullanılır.

Additif Primerler: Bunlar kırmızı, yeşil ve mavi ışıklardır. Bu üç additif primer %100 şiddette bir araya geldiğinde beyaz ışık oluşur. Farklı ve değişken şiddetlerde bir araya geldiğinde ise farklı renkleri içeren bir renk gamutu meydana gelir. %100 şiddette herhangi iki primerin birleşmesi sübtraktif bir primeri oluşturur.

Sübtraktif Primerler: Herhangi iki additif primerin %100 şiddette karışımından oluşur. Magenta, sarı ve cyan (siyan) sübtraktif primerlerdir. %100 Kırmızı + %100 yeşil = sarı, %100 kırmızı + %100 mavi = magenta, %100 yeşil + %100 mavi = cyan

Cyan: Baskıdaki proses mürekkeplerinden biridir. Saf bir cyan "kırmızısız" bir renktir. Kırmızı renkteki bütün dalgaboylarını absorblar ve bütün mavi ve yeşil dalgaboylarını yansıtır.

Magenta: Baskıdaki proses mürekkeplerinden biridir. Saf bir magenta "sarısız" bir renktir. Sarı renkteki bütün dalgaboylarını absorblar ve bütün kırmızı ve mavi dalgaboylarını yansıtır.

Sarı: Baskıdaki proses mürekkeplerinden biridir. Saf bir sarı "mavisiz" bir renktir. Mavi renkteki bütün dalgaboylarını absorblar ve bütün kırmızı ve yeşil dalgaboylarını yansıtır.

Reflektans (Yansıma): Yansıyan radyant fluksun şiddetinin gelen radyant fluks şiddetine oranıdır. Genel kullanımda yansıyan radyant enerji oranı referans standarda göre tarif edilir.

Toplam Reflektans (Yansıma): Yüzeyden bütün açılarda yansıyan radyant fluksun toplamıdır ve hem düzgün hem de saçılarak (dağılarak) yansımayı içerir.

Düzgün (Kuramsal) Yansıma: Bir radyant enerji demetinin gelen açıya eşit fakat ters doğrultuda yansımasıdır (Ayna benzeri yansıma). Parlak (cılalı) materyaller üzerinden olan düzgün yansımanın miktarı açıya ve yüzey üzerinde iki ortam arasındaki kırıcı indekslerin farkına bağlı olarak değişir ve Fresnel Yasası ile bulunabilir.

Saçılarak Yansıma (Saçılma veya Dağınık Yansıma): Farklı bir kırıcı indekse ulaşan (yani yüzey üzerine düşen) radyant enerji parçacıklarının dağılması ve yeniden yönlenmesidir. Saçılma bir ara yüzeyde, yüzey üzerinde veya parçacık içeren bir ortam içinde olabilir.

Tam Beyaz: Teorik olarak görünür dalgaboyundaki bütün ışık enerjisini tamamen yansıtan materyal tam beyazdır. Pratikte ise bilinen bir spektral veriye sahip katı beyaz yüzey olup reflektans ölçümlerinde "referans beyaz" olarak kullanılır. Bir spektrofotometrenin kalibrasyonu yapılırken kullanılan beyaz seramik plaka tam beyaz referans olarak kullanılır.

Mükemmel Yansıtan Yüzey: Teorik olarak tam beyaz tanımına giren bu yüzey yapılan reflektans ölçümlerinde referans olarak kullanılan yüzey ve bu yüzeye ait değerlerdir. Okunan reflektans değeri bu yüzeye göre okunur.

Siyah: İdeal olarak gelen ışığın tamamen absorpsiyonu ve hiçbir yansımanın olmamasıdır. Pratikte ise görsel ve bağıl olarak bu ideal duruma yakın renkler siyahtır. Bu renklerin doygunlukları ve luminansları çok düşük seviyededir.

Beyaz: İdeal olarak gelen ışığın herhangi bir absorpsiyon olmadan geri yansıtılmasıdır. İdeal beyaz yüzey mükemmel yansıtan yüzeydir ve pratikte böyle bir yüzey mevcut değildir. Kalibrasyon seramikleri ideal beyaza yakın referans beyazı olarak kullanılırlar.

Parlaklık: Akromatik skalada rengin siyahtan beyaza doğru değerlendirilmesi olup ışıklılık veya lüminus reflektans olarak da adlandırılır. Bu terim doygunluk (saturasyon) terimi ile karıştırıldığı için kullanımında ve ifadesinde dikkatli olunmalıdır.

Analog Renkler: Renk çemberinde birbirine yakın olan renklerdir. Örnek olarak maviler ve morlar analogdur.

Renk Çemberi: Görünür spektrumun devamlı renklerinin bir çember içinde düzenlenmesidir. Bu çemberde komplementer renkler (kırmızı ve yeşil gibi) birbirlerinin karşısında yer alır.

Nitelik: Renklerin ifade edildiği olgulardır. Renkler çoğunlukla renk açısı (ton), doygunluk (saturasyon) veya kroma ve ışıklılık nitelikleri ile verilirler.

CIE Tristimulus Değerleri: CIE sisteminde üç renkli bir additif karışım ile bir rengi ifade edebilmek için gerekli olan bileşenler X,Y,Z tristimulus değerleridir. Bu değerlerin hesaplanmasında kullanılan aydınlatıcı ve gözlem açısı mutlaka değeri ile beraber verilmelidir. Elde edilen değerler integrasyon metoduna ve reflektans veya transmitansın ölçümünde kullanılan cihazın dizaynı ile numunenin yapısı arasındaki ilişkiye bağlıdır. Tristimulus değerleri bir numunenin karakteristik mutlak değerleri değildir ve bunları elde etme metoduna bağlı değerlerdir.

X Tristimulus Değeri: CIE tristimulus değerlerinin kırmızı primeridir.

Y Tristimulus Değeri: CIE tristimulus değerlerinin yeşil primeridir ve lüminus reflektans veya transmitansa eşittir.

Z Tristimulus Değeri: CIE tristimulus değerlerinin mavi primeridir.

Kromatisite: Renk değerlendirmesinin aydınlatma konusu içermeyen kısmıdır. Kromatisite iki boyutludur ve iki boyutlu düzlemde dalgaboyu ile ilişkili koordinatlar tarafından gösterilir.

Kromatisite Koordinatları: Üç tristimulus değerinden, X, Y, Z her birinin bu üç değer toplamına oranıdır ve sırasıyla x, y ve z olarak gösterilir. (ör: $x = X / [X+Y+Z]$). Bu koordinatlar bazen trikromatik katsayılar olarak da adlandırılır.

CIE Kromatisite Diyagramı: Kromatisite koordinatlarının iki boyutlu grafiği olup en fazla x'in apsis, y'nin de ordinat olduğu grafik kullanılır. Bu grafik 380-770 nm arasındaki monokromatik ışığın kromatisite koordinatlarını verir.

Renk Uzayı: Mükün bütün renkleri içeren üç boyutlu uzaydır. Boyutlar farklı geometrilere tanımlanabilir. Farklı renk ve renk farkı formülasyonları aynı uzayı kullanabilir (Ör: CIELAB, CMC (2:1) ve Hunter).

Uniform Renk Uzayı: Tüm renk çiftlerinin eşit farklılıkta olduğu ve birbirlerinden yaklaşık eşit uzaklıklarda buldukları üç boyutlu uzaydır.

CIE 1976 L* a* b* Renk Uzayı: Adams-Nickerson küp kök formülünü kullanan uniform bir renk uzayı olup 1976 yılında CIE tarafından renk ve küçük renk farklılıklarının ölçümü için önerilmiştir. L*, a* ve b* değerleri üç boyutlu silindirik koordinat sistemi içinde birbirlerine dik açılarda yerleştirmiştir. Uzay içindeki eşit uzunluklar yaklaşık eşit renk farklılıklarını verir. Bu uzay yüzeyinden yansıma yapan cisimler için uygundur.

Işıklılık: Beyaz cisimlerin gri cisimlerden ve açık renkli cisimlerin koyu renkli cisimlerden ayrılmasını sağlayan histir.

L*: CIELAB ve bazı diğer renk uzaylarında beyaz-siyah eksenini ve bu eksen üzerindeki koordinatı ifade eden değerdir. L* ekseninin yarısından yukarıya doğru (50-100) beyaza, aşağıya doğru da (50-0) siyaha gidilir. ΔL^* (veya ΔL^*) numune renk ile standart referans renk arasındaki ışıklılık farkını belirtir.

a*: CIELAB ve bazı diğer renk uzaylarında kırmızı-yeşil eksenini ve bu eksen üzerindeki koordinatı ifade eden değerdir. Artı yönde kırmızı rengi, eksi yönde de yeşil rengi ifade eder. a+ yöne gidildikçe kırmızılık a- yöne gidildikçe yeşillik artar. Δa^* (veya Δa^*) numune renk ile standart referans renk arasındaki renk farkını belirtir.

b*: CIELAB ve bazı diğer renk uzaylarında sarı-mavi eksenini ve bu eksen üzerindeki koordinatı ifade eden değerdir. Artı yönde sarı rengi, eksi yönde de mavi rengi ifade eder. +b yönüne gidildikçe sarılık -b yönüne gidildikçe de mavilik artar.

Δb^* : numune renk ile standart referans renk arasındaki renk farkını belirtir.

Kroma (Saturasyon veya doygunluk): Bir renk boyutu olan kroma (C) belirli bir renk açısının (ton) şiddetini veya doygunluğunu (saturasyon) ifade eder ve bir kromatik rengin aynı değere sahip gri (nötral) bir renkten olan uzaklığı olarak tanımlanır.

C*: Kromanın sayısal ifadesidir, a*-b* renk düzleminde $a^*=0$ ve $b^*=0$ noktasından rengin a* ve b* değerlerinin birleştiği noktaya olan uzaklıktır ve $C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$ ile hesaplanır.

Renk Açısı (Ton) (Hue): Renk sınıflandırma sisteminin ilk elemanı renk açısı (H) dır ve renkleri birbirlerinden ayırt eden niteliklerdir. Munsell beş temel (kırmızı, sarı, yeşil, mavi, mor) ve beş de ara (sarı-kırmızı, yeşil-sarı, mavi-yeşil, mor-mavi ve kırmızı-mor) renk açısı tanımlamıştır. Bu on renk açısı sıfır başlangıç noktası kırmızıdan başlayacak şekilde bir çember içinde eşit aralıklarda yerleştirilerek 100 görsel basamağa ayrılmıştır. Bu çember içindeki komşu tonlar karıştırılarak bir tondan diğerine sürekli geçiş elde edilebilir. Bu renk açıları çemberi çevresindeki renkleri kromatik renkler olarak isimlendirilir. Renkler renk açıları ile anlam kazanırlar. Beyaz, siyah ve grinin renk açıları yoktur. CIELAB renk uzayında renk açısı a^* eksen parçasından itibaren ölçülür. Buna göre kırmızı, sarı, yeşil ve mavi renkleri geçilerek açı 360 dereceye yine kırmızıda tamamlanır.

Kromatik Nitelikler: Işığın spektral dağılımı ile ilişkili olan bu nitelikler renk açısı (H) ve doygunluk (saturasyon) dur.

Kromatik Renkler: Bir renk açısına sahip olan renklerdir.

Akromatik renkler: Bir renk açısına sahip olmayan renklerdir. Siyah ve beyaz akromatik renklerdir.

Gri Renk: CIELAB renk uzayında L^* , a^* ve b^* eksenleri $L^*=50$, $a^*=0$ ve $b^*=0$ değerlerinde ve uç eksenli silindirik koordinat hacminde birleşirler. Birleştikleri bu nokta gri rengi ifade eder.

Renk Sıcaklığı: Isıtılan bir cisimden (Planckian Radiator) yayılan ışığın renginin veren sıcaklıktır. Bu ölçüm mutlak sıcaklık (K) ta yapılır. 2400 K kırmızı, 9300 K mavi iken 6504 K beyaz ışık verir. CIE standart aydınlatıcıları, renk sıcaklıkları ve bunların dalgaboyuna göre enerji dağılımlarını esas alırlar.

Spektral Güç Dağılım Eğrisi: Radyant enerjinin dalgaboyunun fonksiyonu olarak şiddetidir ve bağıl güç terimleri ile verilir.

Işık Kaynağı: İnsan gözünün hassas olduğu ışık veya radyant enerjiyi yayan cisimdir. Bir ışık kaynağının emisyonu görünür bölgedeki her dalgaboyunda yaydığı bağıl enerji miktarı ile tarif edilebilir. Bu yüzden bir kaynak bir aydınlatıcı olarak tanımlanırken renk sıcaklığı terimiyle verilir.

Aydınlatıcı: Gerçek veya kuramsal bir ışık kaynağının bağıl spektral enerji dağılımının matematik ifadesidir. Yani bir kaynağın emisyon spektrumu içinde kaynak tarafından yayılan her dalgaboyundaki bağıl enerjidir.

CIE Standart Aydınlatıcıları: Spektral verilen CIE tarafından belirlenmiş olan farklı ışık kaynaklarıdır. Bir rengi tarif etmek için tristimulus değerleri kullanılırken ölçümün alındığı aydınlatıcı da mutlaka verilmelidir. Bu standart aydınlatıcılar gerçek ışık kaynakları yerine kullanılır. Bu aydınlatıcıların enerjileri, dalgaboyuna bağlı olarak işaretlenen spektral enerji dağılımları ile karakterize edilir.

CIE Güneş ışığı Aydınlatıcıları: Doğal güneş ışığının ölçümlerine dayanan bir seri aydınlatıcı spektral güç dağılımı eğrileridir ve CIE tarafından 1965'te önerilmiştir. Değerleri 300-830 nm dalgaboyları arasında tanımlanmıştır. Eşleştirilmiş renk sıcaklıkları terimleri ile tanımlanırlar. D harfinin altında indis olarak veya yanında verilen sayı renk sıcaklığını ifade eder. Bunları en önemlisi D65 (6504 K) olup C aydınlatıcısına en yakın renk sıcaklığına sahiptir. D65'ten daha mavi olan D75 ve daha sarı olan D55'de kullanılmaktadır. D aydınlatıcıları, 300-380 nm arasındaki uv kısımda floresan boya ve pigmentlerin renklerini doğru tanımlayabilmek açısından önem taşırlar.

Gözlemci: Gözüne gelen stimulusu alan ve bundan bir duyum çıkaran insandır. Stimulus bir görsel ifade olup bunun oluşturduğu duyum görünümü verir.

CIE Standart Gözlemci: Bir gözlemci bakış açısı için kuramsal gözlemci olarak tanımlanır ve ortalama gözlemcinin spektral cevap karakteristikleridir. 2°'lik bakış açısı değerleri 1931'de 10°'lik bakış açısı değerleri de 1964'te önerilmiştir. Bu açılar için mevcut grafikler renk eşleştirme fonksiyonlarını verirler. Renk ölçüm sonuçları verilirken aydınlatıcı ile beraber standart gözlemci bakış açısı da verilmelidir. Günümüzde çoğunlukla 10° kullanılmaktadır.

Renk Eşleştirme Fonksiyonları: Her bir dalgaboyu ışığı eşleştirmek için gereken üç additif primerin bağıl miktarlarıdır. Bu terim genel olarak CIE standart gözlemci renk eşleştirme fonksiyonları olarak bilinir. Aydınlatıcılar için bu fonksiyon değerleri farklılık gösterir.

Delta (D): Farkı belirtmek için kullanılan gösterimdir.

Renk Farkı: Belli koşullar altında iki renk arasındaki farkın büyüklüğü ve karakteridir.

Delta E*: Bir renk farkı denklemi ile hesaplanan toplam renk farkını gösterir.

CMC: İngiltere'de SDC bünyesindeki renk ölçüm komitesinin kısaltılmış adıdır. Bu komite çalışmaları sonucunda ortaya daha mantıklı ve elipsoid esaslı bir renk farkı

formülasyonu ortaya çıkmıştır (CMC (2:1)). Renk farkı değerleri CIELAB renk uzayında dikkörtgen koordinatlar içinde hesaplanırken CMC renk farkı, bu değerleri aynı uzay içinde elipsoid koordinatlar içinde hesaplamaktadır.

Metamerizma: Bir aydınlatma altında aynı görünen bir çift rengin başka bir aydınlatma altında farklı iki renk olarak gözlemci tarafından algılanmasıdır. Reflektansları gerçekte farklı olan iki renk, bir aydınlatıcı altında o aydınlatıcının spektral enerji dağılımına bağlı olarak aynı gibi gözükebilirken spektral enerji dağılımı farklı başka bir aydınlatıcı altında farklı gözükecektir. İki aydınlatıcı altında değişiklik gösteren olgu renklerin gerçek reflektans eğrileri değil bu eğriler ile aydınlatıcıların farklı enerji dağılımlarının farklı sonuçlar doğurmasıdır. Bu terim renk devamlılığı ile karıştırılmamalıdır.

Renk Devamlılığı: Işık kaynağının spektral dağılımı veya aydınlatma ve/veya gözlem açıları değiştiğinde tek bir rengin kendi görünümündeki ani değişim renk devamlılığının bir ölçüsüdür.

Kolorist: Belli bir materyalde boyaların vereceği davranış söz konusu olduğunda renk eşleştirme (kolorant formülasyonu) konusunda, tecrübeli ve bilgi sahibi olan kimsedir.

Tristimulus Kolorimetre: Yansıyan ışığı kırmızı, yeşil ve mavi ana bölgelerinde filtre ederek insan gözüne benzer şekilde rengi değerlendiren optik ölçüm cihazıdır.

Spektrofotometre: Spektral transmittans, spektral reflektans veya bağıl spektral yayılımı ölçmek için kullanılan fotometrik cihazdır. Spektrofotometreler sürekli bir spektral eğri elde edebilmek amacıyla dispersiyon optik elemanları içerirler.

Spektrofotometrik Eğri: Bir spektrofotometre ile ölçülen eğridir. Yatay eksene dalgaboyu veya frekans, dikey eksene de bağıl reflektans veya transmittans (veya absorbans) yerleştirilerek elde edilen grafikdir.

Düzgün Yansıyan Bileşeni İçeren Ölçüm (SCI): Yüzeiden olan toplam reflektans ölçülür. Bu ölçüm hem düzgün hem de saçılan reflektansı içerir.

Ölçüm Geometrisi: Tristimulus kolorimetrelerde veya reflektans spektrofotometrelerde kumaş yüzeylerinden renk ölçümü yapmak için tanımlanan standart aydınlatma ve gözlem koşullarıdır. İfadeler Aydınlatma/Gözlem açıları olarak alındığında 45/0 ve 0/45 kolorimetrelerde 0/d ve d/0'da spektrofotometrelerde kullanılır.

Kubelka-Munk Teorisi: 1931 yılında ortaya atılmış olan bu teori ve bundan türetilen formülasyon, boyalı mamullerin ışık absorblama ve saçma özellikleri ile yüzeyin reflektansı ve kullanılan boyarmaddenin konsantrasyonu arasında bir ilişkiyi tanımlar. Teori düşük konsantrasyonlar için düzgün ve lineer sonuçlar verir. Boya konsantrasyonu arttıkça linearite de kaybolur. Formülasyon en etkin olarak boyarmaddenin maksimum absorpsiyon dalgaboyunda kullanılır.

Gri Skala: Siyahtan başlayarak açılan griler şeklinde beyaza ulaşan akromatik bir cetveldir. Bu çeşit bir cetvel içindeki seriler ışıklılığı temel alan geometrik gelişim esasına göre birbirlerinden farklı griler de oluşturulabilirler. Bu çeşit cetveller birbirine benzer iki renk arasındaki bağıl renk farklılık miktarını tarif etmek için kullanılırlar (Becerir 2002).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışmada Kullanılan Poliester Kumaş

Yapılan çalışmada Berke Tekstil A.Ş.'den temin edilen %100 poliester kumaş kullanılmıştır. Değişik örgülerde yapılan ön çalışmalarda boyama performansı en yüksek olan kumaş seçilmiştir. Kumaşın özellikleri aşağıdaki gibidir:

Dokuma Örgüsü: 5'li Çözümlü Yönlü Saten.

Çözgü İpi: Poliester 70 Denye Ham Parlak.

Atkı İpi: Poliester 100 Denye 144 Filament Mikrolif.

Çözgü Sıklığı: 79 tel/cm.

Atkı Sıklığı: 36 tel/cm.

3.1.2. Çalışmada Kullanılan Dispers Boyarmaddeler

Bu çalışmada siyah boyarmadde olarak Foron Black RD-RM, mavi boyarmaddeler olarak da, düşük enerji seviyeli Foron Blue RD-E, orta enerji seviyeli Foron Blue RD-S, yüksek enerji seviyeli ise Foron Blue S-WF kullanılmıştır. Adı geçen boyarmaddeler Berke Tekstil A.Ş. ve Clariant (Türkiye)'nin Bursa Temsilciliğinden temin edilmiştir. Bu boyarmaddelerin genel özellikleri Çizelge 3.1'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada Kullanılan Boyarmaddelerin Özellikleri

Üretici Firma	Boyarmadde Adı	Kimyasal Yapısı	Enerji Seviyesi	Maksimum Absorbans Dalgaboyu
Clariant	Foron Blue RD-E	Azo	Düşük	610
	Foron Blue RD-S	Azo	Orta	620
	Foron Blue S-WF	Azo	Yüksek	620
	Foron Black RD-RM	Azo	Orta	590

3.1.3. Çalışmada Kullanılan Kimyasal Maddeler

Bu çalışmada poliester kumaşın ön terbiyesinde, boyanmasında, redüktif yıkamasında ve haslık testinin yapılma aşamasında kullanılan kimyasallar sırasıyla şöyledir:

1. Rucogen FWS (Rudolf Duraner): Poliester kumaşın ön terbiyesinde kullanılan ıslatıcı özellikli non-iyonik yoğun ön yıkama maddesi.
2. Soda (Laykem): Ticari amaçlı sodyum karbonat (Na_2CO_3).
3. Imacol C-2G (Clariant): Tüm lif cinslerine uygun polimer esaslı non-iyonik kırık önleyici.
4. Lyogen DFT (Clariant): Poliester boyamada kullanılan anyonik özellikte egalize maddesi.
5. Lyocol OU (Clariant): Poliester boyamada kullanılan non-iyonik disperse edici madde.
6. Tequest TK-200 (Tekimsan): Toplam sertlik ve demir bağlama efekti yüksek anyonik özellikte iyon tutucu madde.
7. Polasit TMB (Tekimsan): Poliester, poliamid gibi sentetik mamüllerin boyanmasında kullanılan non-iyonik özellikte asit tamponlayıcı madde.
8. Asetik Asit (Laykem): Ticari saflıkta %80'lik.
9. ECE Referans Deterjanı (Teknik Kimya): Yıkama Haslığı Testinde kullanılan, ISO 105-BS 1006 standardına uygun deterjan.

Kullanılan bütün kimyasal maddeler ticari saflıkta olup tümü Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesinden temin edilmiştir.

3.1.4. Çalışmada Kullanılan Aletler ve Cihazlar

3.1.4.1. Gaston County Futura Tipi Numune Boyama Makinesi

Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesinde bulunan 30 kg kapasiteli numune tipi boyama makinesinde deneylerde kullanılan poliester kumaşın ön terbiye işlemleri yapılmıştır.

3.1.4.2. Monforts Montex 5000 Ramöz Makinası

Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesinde bulunan 8 kamaralı ramöz makinasında deneylerde kullanılan poliester kumaşın kurutması ve ısıfiksajı yapılmıştır.

3.1.4.3. Datacolor Ahiba Spectradye Numune Boyama Makinesi

Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesi Laboratuvarında bulunan 24 tüp kapasiteli infared ısıtmalı laboratuvar tipi numune boyama makinasında boyama deneyleri yapılmıştır.

3.1.4.4. Datacolor Spektraflash 600 Reflektans Spektrofotometresi

Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesi Laboratuvarında bulunan Datacolor SF600 reflektans spektrofotometresi ile boyanmış olan kumaş numunelerinin renk ölçümleri yapılmıştır.

3.1.4.5. Mettler Toledo Hassas Terazi

Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesi Laboratuvarında bulunan Mettler Toledo marka hassas elektronik terazi (0.0000 g) ile boyama deneyleri için kullanılan kumaşların ve boyarmaddelerin ağırlık tartımları yapılmıştır.

3.1.4.6. Mettler Toledo Elektronik Pipet

Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesi Laboratuvarında bulunan Mettler Toledo marka elektronik pipet ile numune boyamaların boya ve kimyasal pipetleme işlemleri yapıldı.

3.1.4.7. Mettler Toledo Dijital pH-Metre

Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesi Laboratuvarında bulunan Mettler Toledo marka dijital pH-Metre ile numune boyamaların ve bunların indirgen yıkamalarının pH ayarları yapılmıştır.

3.1.4.8. James H. Heal & Co. Ltd. Gyrowash Yıkama Haslığı Test Cihazı

Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesi Laboratuvarında bulunan Gyrowash yıkama haslığı test cihazı ile boyanmış olan kumaş numunelerinin redüktif yıkamaları ile yıkama haslığı testlerinin yıkama kısmı yapılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Kumaşın Ön Terbiyesi

3.2.1.1. Haşıl Sökme ve Ön Yıkama

Poliester kumaşın, aşağıda verilen reçete ile Gaston County Futura tipi numune boyama makinasında haşıl sökme işlemi yapılmıştır. Haşıl sökme işleminden sonra kumaş üzerinde haşılın kalıp kalmadığına AATCC Test Method 94-1992 metoduna göre tekrar bakılmış ve haşılın kalmadığı görülmüştür.

Haşıl Sökme Reçetesi:

0.5 g/l Imacol C-2G

0.25 g/l Soda

2 g/l Rucogen FWS

90°C'de 30 dakika

Haşıl sökme işleminden sonra kumaş önce asetik asit ile nötralize sonra sıcak durulama işlemlerinden geçirilmiştir. Kumaş üzerindeki pH 7-7.5 aralığında kumaş boyama makinesinden çıkarılmıştır.

3.2.1.2. Kurutma ve Isıl Fiksaj

Boyama makinesinden çıkan kumaş Monforts Montex 5000 ramöz makinasından 185°C’de ve 25 m/dak hızla kurutulup, ısıl fiksajı tamamlanmıştır. Bu ayarlar ile kumaş ortalama 1 dakika boyunca makinenin içinde kalmıştır.

3.2.2. Boyama Deneyleri

Numune boyamalar Datacolor Ahiba tipi numune boya makinasında yapılmıştır. Boyama reçetesi olarak, kullanılan boyaların üretici firması tarafından önerilen reçete seçilmiştir. Bu reçetede kullanılan boya yardımcı kimyasallarının oranları, üretici firma tarafından önerilen miktarlardır. Kullanılan reçete aşağıdaki gibidir:

%X Dispers Boyarmadde
0.5 g/l Imacol C-2G
0.8 g/l Lyogen DFT
0.3 g/l Lyocol OU
1 g/l Tequest TK-200
1 g/l Polasit TMB (pH 4.5)

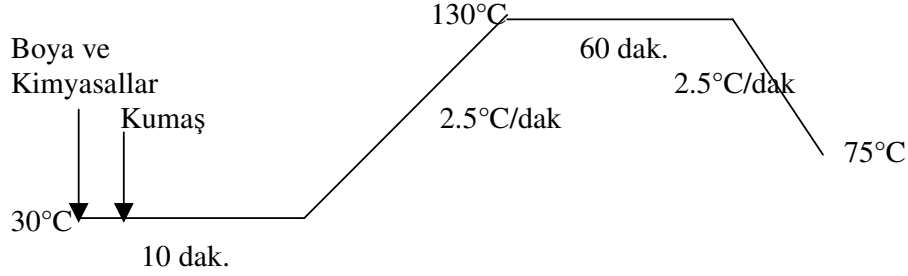
Boyama deneyleri hazırlanırken her bir kumaş, kullanılacak boyama tüpüne uygun olarak 5.000±0.005 g olarak tartılıp kesilmiştir.

Kullanılan boyarmaddelerin seçilecek konsantrasyonlarına göre 1/10 ve 1/100’lük stok çözeltileri hazırlanıp, kullanılacak olan miktar bu stok çözelti içerisinden otomatik pipet ile alınmıştır.

Kullanılan boya yardımcı kimyasalları tek tek 1/10’luk stok çözelti halinde hazırlanmış ve stok çözelti içerisinden otomatik pipet ile alınmıştır. Boya çözeltileri, kullanılan boya makinesinin boyama tüpü kapasitesine uygun olarak 10:1 ve 11:1 flotteye yumuşak su (1 Alman Sertliği) ile tamamlanmıştır.

Kullanılan boyama metodu olarak yine üretici firmanın tavsiye ettiği metod seçilmiştir. Yapılan çalışmanın şekline göre sıcaklık, zaman ve flotte oranı

parametrelerinin değiştirilmesi ile standart metod modifiye edilmiştir. Kullanılan standart metod Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Her boyama iki kere tekrar edilmiştir.



Şekil 3.1. Standart Boyama Metodu

3.2.2.1. Değiştirilen Parametrelere Bağlı Olarak Numunelerin Renk Değişiminin İncelendiği Boyama Deneyleri

Deneysel çalışmanın bu ilk kısmında düşük, orta ve yüksek enerji seviyelerine göre üç adet dispers mavi boyarmadde kullanılmıştır. Birinci boyama deneyi olarak standart sıcaklık, süre ve flotte oranında boyamalar yapılmıştır. İlk deney diğer deneylerle kıyaslanırken Standart olarak kabul edilmiştir. Birinci boyama deneyleri izelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Renk Değişimi İncelenirken Standart Olarak Kabul Edilen Birinci Boyama Deneyleri

Proses	Boyarmadde	Flotte	% Konsantrasyon
130°C 60'	FORON	1:10	0,5
	BLUE RD-E		2
	(Düşük Enerji)		4
	FORON	1:10	0,5
	BLUE RD-S		2
	(Orta Enerji)		4
	FORON	1:10	0,5
	BLUE SW-F		2
	(Yüksek Enerji)		4

Birinci boyama deneylerini takip eden deneylerde proses parametreleri Çizelge 3.3.' de görüldüğü gibi değiştirilmiştir.

Çizelge 3.3. Renk Değişimi İncelenirken Yapılan Deneylerdeki Proses Parametrelerinin Değişimi

Boyama Deneyleri	Boyama Sıcaklığı (°C)	Boyama Süresi (Dakika)	Flotte Oranı
1	130	60	1:10
2	130	60	1:11
3	130	54	1:10
4	130	54	1:11
5	117	60	1:10
6	117	60	1:11
7	117	54	1:10
8	117	54	1:11

Tüm kumaşlar boyandıktan sonra kumaşlar yumuşak su ile durulanmış ve redüktif yıkama aşamasına geçilmiştir.

3.2.2.2. Değiştirilen Parametrelere Bağlı Olarak Numunelerin Yıkama Haslıklarının İncelendiği Boyama Deneyleri

Deneysel çalışmanın ikinci kısmında piyasada sık olarak kullanılan orta enerjili siyah dispers boya, Foron Black RD-RM kullanılmıştır. Standart boyama prosesi olarak Şekil 3.1'deki proses kullanılmıştır. 130°C'de 60 dakikada yapılan boyamalar diğer deneyler ile kıyaslamada standart olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 3.4. Yıkama Haslıkları İncelenirken Standart Olarak Kabul Edilen Birinci Boyama Deneyleri.

Proses	Boyarmadde	Flotte	% Konsantrasyon
130°C 60'	FORON BLACK RD-RM (Orta Enerji)	1:10	0.1
			0.5
			1
			2
			3
			4
			5
			6

Birinci boyama deneylerini takip eden deneylerde proses parametreleri Çizelge 3.5.' de görüldüğü gibi değiştirilmiştir.

Çizelge 3.5. Yıkama Haslığı İncelenirken Yapılan Deneylerdeki Proses Parametrelerinin Değişimi

Boyama Deneyleri	Boyama Sıcaklığı (°C)	Boyama Süresi (Dakika)	Flotte Oranı
1	130	60	1:10
2	130	54	1:10
3	130	48	1:10
4	130	42	1:10
5	117	60	1:10
6	104	60	1:10
7	91	60	1:10
8	117	54	1:10
9	117	48	1:10
10	117	42	1:10
11	104	54	1:10
12	104	48	1:10
13	104	42	1:10
14	91	54	1:10
15	91	48	1:10
16	91	42	1:10

Tüm kumaşların boyama deneyleri tamamlandıktan sonra kumaşlar yumuşak su ile durulanmış ve redüktif yıkama aşamasına geçilmiştir.

3.2.3. Boyanan Kumaşların Redüktif Yıkama İşlemi

Boyanmış kumaş numunelerine, Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesi Laboratuvarında bulunan, Gyrowash Yıkama Haslığı Test Cihazında, aşağıda belirtilen reçete ile redüktif yıkama işlemi yapılmıştır.

Redüktif Yıkama Reçetesi:

3 g/l Rucorit Ral
X g/l Asetik Asit (pH 4.5)
80°C 20 dakika.

Tüm kimyasallar 5 L'lik stok çözelti içerisinde hazırlanıp, her kumaş için 150 ml stok çözelti kullanılmıştır. Redüktif yıkama sonu kumaşlar tekrar yumuşak su ile durulanıp kendi hallerinde kurutulmuştur.

3.2.4. Yıkama Haslığı Testleri

Yıkama Haslığı Testleri ISO 105-BS 1006 test metoduna göre yapılmıştır. Test edilecek kumaş numunesi 4x10 cm olarak hazırlanmıştır. Haslık testi sonucunda spektrofotometrede ölçülecek olan kumaşların birinci renk ölçümleri yapılmıştır. Standart sabun 1 L'ye 5 g olacak şekilde çözülmüştür. Numune kumaş büyüklüğündeki multifibre refakat kumaşı ile numune beyaz iplikle dikilmiştir. Orijinal kumaş ve multifibre refakat kumaşın, toplam ağırlıklarının 50 katı sabunlu çözelti ile 40°C'de 30 dakika Gyrowash yıkama haslığı test makinasında yıkama haslığı testi yapılmıştır. Daha sonra kumaş ılık durulama ile kendi halinde kurutulmaya bırakılmıştır.

3.2.5. Kumaşların Renk Ölçümlerinin Yapılması

Boyanan kumaşların renk ölçümleri Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesi Laboratuvarında bulunan Datacolor Spectraflash 600 reflektans spektrofotometresi ile AATCC Test Method 153-1985'e göre yapılmıştır. Renk koordinatları Color Tools v2.2 programı ile D65 aydınlatıcısı altında 360-700 nm ışık aralığında hesaplanmıştır. Her kumaş numunesinin ön yüzünün, dört ayrı bölgesinden reflektans ölçümü yapılmış ve bu ölçümlerin ortalaması program tarafından hesaplanmıştır.

3.2.6. Boyamaların Değiştirilen Parametrelere Bağlı Olarak Renk Hassasiyetlerinin Hesaplanması

Renk farkları spektrofotometreden hesaplanan deneylerin değiştirilen parametrelere bağlı olarak renk hassasiyetleri 3.1 bağıntısına göre hesaplanmıştır.

$$S_i = DE / D_i \quad (3.1)$$

Burada:

S_i : Değiştirilen parametreye bağlı olarak hesaplanan renk hassasiyeti.

DE: Spektrofotometreden hesaplanan renk farkı değeri.

D_i : Orijinal parametreye göre değiştirilen parametrenin yüzde oranı (Chen 1999).

3.2.7. Deneysel Çalışmanın İstatistiksel Çalışmasının Yapılması

Deneysel çalışma sonucunda hesaplanan değerlerin varyans analizleri, Costat v3.03 istatistik programı kullanılarak yapılmıştır. İstatistiksel model ekler kısmında belirtilmiştir.

4.SONUÇLAR

4.1. Renk Hassasiyetinin İncelendiği Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları

Renk farkı sonuçları hesaplanırken birinci boyama deneylerindeki değerler standart olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 4.1. Standart (Birinci) Boyama Deneyleri Renk Sonuçları

Proses	Boyarmadde	Flotte Oranı	Boyarmadde Konsantrasyonu	DE	L*	C*	K/S
130°C 60'	FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	1:10	% 0.5		46.65	42.91	5.50
			% 2		28.03	46.19	15.10
			% 4		22.99	34.09	15.80
	FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	1:10	% 0.5		51.94	34.35	4.30
			% 2		34.01	37.78	12.90
			% 4		25.87	31.35	15.60
	FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	1:10	% 0.5		48.05	38.66	6.50
			% 2		30.18	39.43	15.20
			% 4		28.57	36.90	15.20

Çizelge 4.2. İkinci Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları

Proses	Boyarmadde	Banyo Oranı	Boyarmadde Konsantrasyonu	DE	L*	C*	K/S
130°C 60'	FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	1:11	% 0.5	1.42	44.45	44.26	6.50
			% 2	0.55	27.43	45.56	15.20
			% 4	0.25	22.73	34.42	16.40
	FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	1:11	% 0.5	0.36	52.63	34.19	4.10
			% 2	0.46	33.48	37.81	13.20
			% 4	0.47	25.54	30.51	15.80
	FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	1:11	% 0.5	1.01	49.69	37.76	5.70
			% 2	0.22	30.52	39.46	14.70
			% 4	0.37	29.00	37.03	14.90

İkinci boyama deneyleri sonucunda, düşük ve yüksek enerji seviyesine sahip boyarmaddelerin düşük konsantrasyonlu boyamalarının, diğer boyamalara göre, değişen boyama şartlarında daha fazla renk değişikliğine uğradığı görülmüştür.

Çizelge 4.3. Üçüncü Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları

Proses	Boyarmadde	Banyo Oranı	Boyarmadde Konsantrasyonu	DE	L*	C*	K/S
130°C 54'	FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	1:10	% 0.5	1.03	44.96	43.89	6.30
			% 2	0.20	27.96	45.76	14.80
			% 4	0.42	23.12	34.94	15.90
	FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	1:10	% 0.5	1.12	54.07	33.61	3.70
			% 2	0.18	33.72	37.64	13.20
			% 4	0.53	26.35	32.19	15.30
	FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	1:10	% 0.5	0.66	49.22	38.49	6.10
			% 2	0.71	31.10	40.08	14.60
			% 4	3.34	25.55	32.82	15.40

Üçüncü boyama deneyleri sonucunda, düşük ve orta enerji seviyesine sahip boyarmaddeler ile boyanmış deneylerin düşük konsantrasyonlarında, yüksek enerji seviyeli boyarmadde ile boyanmış deneyin ise yüksek konsantrasyonunda renk değişiminin daha fazla olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.4. Dördüncü Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları

Proses	Boyarmadde	Banyo Oranı	Boyarmadde Konsantrasyonu	DE	L*	C*	K/S
130°C 54'	FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	1:11	% 0.5	0.75	45.50	43.78	6.10
			% 2	0.14	28.21	45.99	14.80
			% 4	0.69	23.27	35.49	15.80
	FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	1:11	% 0.5	0.88	53.55	33.77	3.80
			% 2	0.93	32.86	37.38	13.40
			% 4	0.61	26.32	32.44	15.40
	FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	1:11	% 0.5	0.84	49.42	38.02	5.80
			% 2	0.28	30.49	39.68	15.20
			% 4	0.23	28.64	37.17	14.90

Dördüncü boyama deneyleri sonucunda, düşük enerjili boyarmaddenin düşük ve yüksek konsantrasyonunda, orta enerjili boyarmaddenin tüm konsantrasyonlarında, yüksek enerjili boyarmaddenin ise sadece düşük konsantrasyonunda renk değişimi gözlenmiştir.

Çizelge 4.5. Beşinci Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları

Proses	Boyarmadde	Banyo Oranı	Boyarmadde Konsantrasyonu	DE	L*	C*	K/S
117°C 60'	FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	1:10	% 0.5	0.98	47.89	41.51	5.00
			% 2	0.95	29.07	46.15	14.50
			% 4	2.62	24.24	39.22	16.00
	FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	1:10	% 0.5	1.52	54.79	32.98	3.40
			% 2	3.00	38.10	37.49	10.00
			% 4	5.55	31.55	35.27	13.10
	FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	1:10	% 0.5	1.47	50.61	37.55	5.30
			% 2	10.62	42.73	38.54	8.50
			% 4	7.42	36.63	38.31	11.70

Beşinci boyama deneyleri sonucunda tüm deneylerde yüksek renk farkı gözlenmiştir. Düşük enerjili boyarmaddenin yüksek konsantrasyonunda, diğer konsantrasyonlara göre daha fazla değişim olmuştur. Orta enerjili boyarmaddede ise konsantrasyon arttıkça, renk farkı artmıştır. Yüksek enerjili boyarmaddede en fazla renk değişimi orta konsantrasyonda, daha sonra yüksek ve en az da düşük konsantrasyonda olmuştur.

Çizelge 4.6. Altıncı Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları

Proses	Boyarmadde	Banyo Oranı	Boyarmadde Konsantrasyonu	DE	L*	C*	K/S
117°C 60'	FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	1:11	% 0.5	1.28	44.66	44.02	6.40
			% 2	1.00	29.09	46.19	14.70
			% 4	3.82	25.39	40.72	15.90
	FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	1:11	% 0.5	1.73	55.22	32.60	3.30
			% 2	2.98	38.10	37.33	9.90
			% 4	2.79	28.46	34.91	15.00
	FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	1:11	% 0.5	1.29	50.31	37.60	5.40
			% 2	5.18	36.08	40.15	12.30
			% 4	14.14	45.21	35.48	6.70

Altıncı boyama deneyleri sonucunda, tüm deneylerde yine yüksek renk farklılıkları gözlenmiştir. Düşük enerjili boyarmadde ile yapılan deneylerde en fazla renk farkı yüksek konsantrasyonda görülmüştür. Orta enerji seviyeli boyarmadde ile yapılan deneylerde, orta ve yüksek konsantrasyonlardaki renk değişiminin düşük konsantrasyona göre daha fazla olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.7. Yedinci Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları

Proses	Boyarmadde	Banyo Oranı	Boyarmadde Konsantrasyonu	DE	L*	C*	K/S
117°C 54'	FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	1:10	% 0.5	1.12	48.10	41.30	4.80
			% 2	1.19	29.87	46.17	14.20
			% 4	2.99	24.73	39.38	16.10
	FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	1:10	% 0.5	1.49	54.67	32.99	3.40
			% 2	1.62	36.22	38.29	11.60
			% 4	5.60	31.43	35.02	13.40
	FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	1:10	% 0.5	1.44	50.57	37.57	5.30
			% 2	10.34	42.31	38.59	8.80
			% 4	10.30	39.67	36.59	9.80

Yedinci boyama deneyleri sonucunda, düşük enerji seviyeli boyarmadde ile yapılmış deneylerdeki renk değişiminin yüksek konsantrasyonda daha fazla olduğu görülmüştür. Orta enerji seviyeli boyamalarda ise renk farkının, konsantrasyona bağlı olarak arttığı görülmüştür. Yüksek enerji seviyesine sahip boyarmadde ile yapılmış deneylerde ise renk farkının, orta ve yüksek enerji seviyeli boyarmadde ile yapılmış deneylerde, düşük enerji seviyeli boyarmadde ile yapılmış deneylere göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.8. Sekizinci Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları

Proses	Boyarmadde	Banyo Oranı	Boyarmadde Konsantrasyonu	DE	L*	C*	K/S
117°C 54'	FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	1:11	% 0.5	0.82	47.62	41.76	5.10
			% 2	1.54	29.73	46.35	14.20
			% 4	2.73	24.41	39.20	16.20
	FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	1:11	% 0.5	1.48	54.82	33.02	3.30
			% 2	2.22	37.05	38.10	11.00
			% 4	2.42	27.99	34.66	15.20
	FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	1:11	% 0.5	0.25	48.57	38.74	6.30
			% 2	11.46	43.64	37.68	7.90
			% 4	14.82	46.10	34.89	6.30

Sekizinci boyama deneyleri sonucunda her üç enerji seviyesindeki boyarmaddelerle yapılmış deneylerde boyarmadde konsantrasyonu arttıkça deneyler arasındaki renk farkı da artmıştır. Yalnız bu artışın en yüksek olduğu boyarmadde tipi yüksek enerji seviyesine sahip boyarmadde olarak görülmüştür.

4.1.1. Renk Hassasiyeti Sonuçları

Renk hassasiyeti sonuçları hesaplanırken birinci boyama deneyleri standart olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 4.9. İkinci Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri

Boyarmadde	Boyarmadde Konsantrasyonu	S _T	S _t	S _r
FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	% 0.5	-	-	14.2
	% 2	-	-	5.5
	% 4	-	-	2.5
FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	% 0.5	-	-	3.6
	% 2	-	-	4.6
	% 4	-	-	4.7
FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	% 0.5	-	-	10.1
	% 2	-	-	2.2
	% 4	-	-	3.7

İkinci boyama deneyleri sonucunda renk hassasiyetinin, düşük enerji seviyeli boyarmadde ile yapılan deneylerin düşük konsantrasyonlu boyamasında diğer boyamalara göre daha fazla olduğu görülmüştür. Orta enerji seviyesine sahip boyarmadde ile yapılan deneylerde hassasiyet konsantrasyonla beraber artmıştır. Yüksek enerji seviyesine sahip boyarmadde ile yapılan deneylerde en yüksek hassasiyet ise düşük konsantrasyonda gözlenmiştir.

Çizelge 4.10. Üçüncü Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri

Boyarmadde	Boyarmadde Konsantrasyonu	S _T	S _t	S _r
FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	% 0.5	-	10.3	-
	% 2	-	2.0	-
	% 4	-	4.2	-
FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	% 0.5	-	11.2	-
	% 2	-	1.8	-
	% 4	-	5.3	-
FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	% 0.5	-	6.6	-
	% 2	-	7.1	-
	% 4	-	33.4	-

Üçüncü boyama deneyleri sonucunda hesaplanan renk hassasiyetlerine göre, düşük enerji seviyesine sahip boyarmadde ile yapılmış deneylerin düşük konsantrasyonlu olanının, renk hassasiyetinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Orta

enerji düzeyine sahip boyarmadde ile yapılmış deneylerde ise orta konsantrasyonda en düşük, yüksek konsantrasyonda daha yüksek ve düşük konsantrasyonda en yüksek renk hassasiyeti hesaplanmıştır. Yüksek enerji seviyesine sahip boyarmaddeler ile yapılan deneylerde ise en yüksek hassasiyet, yüksek konsantrasyonda hesaplanmıştır.

Çizelge 4.11. Dördüncü Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri

Boyarmadde	Boyarmadde Konsantrasyonu	S_T	S_t+S_r
FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	% 0.5	-	7.5
	% 2	-	1.4
	% 4	-	6.9
FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	% 0.5	-	8.8
	% 2	-	9.3
	% 4	-	6.1
FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	% 0.5	-	8.4
	% 2	-	2.8
	% 4	-	2.3

Dördüncü boyama deneyleri sonucunda hesaplanan renk hassasiyetlerine göre, düşük enerji seviyesine sahip boyarmaddeler ile yapılmış deneylerde orta konsantrasyona sahip boyamalar, yüksek ve düşük konsantrasyona sahip boyamalara göre daha düşük renk hassasiyetine sahip olduğu görülmüştür. Orta enerji seviyesine sahip boyarmadde ile yapılan deneylerde renk hassasiyeti birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Yüksek enerji seviyesine sahip boyarmaddeler ile yapılan deneylerde düşük konsantrasyonlu boyamanın renk hassasiyeti çok daha fazla çıkmıştır.

Çizelge 4.12. Beşinci Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri

Boyarmadde	Boyarmadde Konsantrasyonu	S_T	S_t	S_r
FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	% 0.5	9.8	-	-
	% 2	9.5	-	-
	% 4	26.2	-	-
FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	% 0.5	15.2	-	-
	% 2	30.0	-	-
	% 4	55.5	-	-
FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	% 0.5	14.7	-	-
	% 2	106.2	-	-
	% 4	74.2	-	-

Beşinci boyama deneyleri sonucunda hesaplanan renk hassasiyetlerine göre, düşük enerjili boyarmadde ile yapılan deneylerin yüksek konsantrasyonlu olanında en yüksek renk hassasiyeti hesaplanmıştır. Orta enerji düzeyine sahip boyarmaddeyle yapılan deneylerde, boyama hassasiyeti konsantrasyon arttıkça yükselmiştir. Yüksek enerjiye sahip boyarmadde ile yapılan deneylerde en büyük renk hassasiyeti orta konsantrasyonda hesaplanmıştır.

Çizelge 4.13. Altıncı Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri

Boyarmadde	Boyarmadde Konsantrasyonu	S_T+S_r	S_t
FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	% 0.5	12.8	-
	% 2	10.0	-
	% 4	38.2	-
FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	% 0.5	17.3	-
	% 2	29.8	-
	% 4	27.9	-
FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	% 0.5	12.9	-
	% 2	51.8	-
	% 4	141.4	-

Altıncı boyama deneyleri sonucunda hesaplanan renk hassasiyetlerine göre, düşük enerji düzeyine sahip boyarmadde ile yapılan deneylerde en yüksek hassasiyet yüksek konsantrasyonlu boyamada hesaplanmıştır. Orta enerji düzeyindeki boyarmadde ile yapılan çalışmalarda orta ve yüksek konsantrasyonda daha yüksek boya hassasiyeti olduğu görülmüştür. Yüksek enerji seviyesindeki boyarmadde ile boyamalarda ise boya hassasiyeti, boya konsantrasyonu arttıkça yükselmiştir.

Çizelge 4.14. Yedinci Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri

Boyarmadde	Boyarmadde Konsantrasyonu	S_T+S_t	S_r
FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	% 0.5	11.2	-
	% 2	11.9	-
	% 4	29.9	-
FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	% 0.5	14.9	-
	% 2	16.2	-
	% 4	56.0	-
FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	% 0.5	14.4	-
	% 2	103.4	-
	% 4	103.0	-

Yedinci boyama deneyleri sonucunda hesaplanan renk hassasiyetlerinde, düşük ve orta enerji seviyesindeki boyarmaddeler ile yapılan deneylerde, yüksek konsantrasyondaki deneylerin renk hassasiyeti, diğerlerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Yüksek enerji düzeyine sahip boyarmadde ile yapılan çalışmada ise, orta ve yüksek konsantrasyonlardaki boyamaların renk hassasiyeti, düşük konsantrasyondaki boyamaya göre daha yüksek hesaplanmıştır.

Çizelge 4.15. Sekizinci Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri

Boyarmadde	Boyarmadde Konsantrasyonu	$S_T+S_i+S_r$
FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	% 0.5	8.2
	% 2	15.4
	% 4	27.3
FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	% 0.5	14.8
	% 2	22.2
	% 4	24.2
FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	% 0.5	02.5
	% 2	114.6
	% 4	148.2

Sekizinci boyama deneyleri sonucunda hesaplanan renk hassasiyeti değerlerine göre, düşük, orta ve yüksek enerji düzeyine sahip boyarmaddeler ile yapılan boyamaların renk hassasiyetleri, konsantrasyon arttıkça yükselmiştir.

4.1.2. Renk Hassasiyeti ile İlgili Deneylerin Varyans Analizi Sonuçları

Çizelge 4.16. Foron Blue RD-E Boyarmaddesinin %0.5'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu

Boyarmadde Adı	İncelenen Değer	Varyans Kaynağı	Sonuç
Foron Blue RD-E	L*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkisiz
	C*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkisiz
	K/S	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili

Çizelge 4.17. Foron Blue RD-E Boyarmaddesinin %2'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu

Boyarmadde Adı	İncelenen Değer	Varyans Kaynağı	Sonuç
Foron Blue RD-E	L*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	C*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	K/S	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkisiz
		Süre x Sıcaklık	Etkisiz
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkisiz

Çizelge 4.18. Foron Blue RD-E Boyarmaddesinin %4'lük Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu

Boyarmadde Adı	İncelenen Değer	Varyans Kaynağı	Sonuç
Foron Blue RD-E	L*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	C*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkisiz
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkisiz
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkisiz
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	K/S	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkisiz
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili

Çizelge 4.19. Foron Blue RD-S Boyarmaddesinin %0.5'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu

Boyarmadde Adı	İncelenen Değer	Varyans Kaynağı	Sonuç
Foron Blue RD-S	L*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkisiz
	C*	Flotte Oranı	Etkisiz
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkisiz
	K/S	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkisiz
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili

Çizelge 4.20. Foron Blue RD-S Boyarmaddesinin %2'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylelerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu

Boyarmadde Adı	İncelenen Değer	Varyans Kaynağı	Sonuç
Foron Blue RD-S	L*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	C*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkisiz
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	K/S	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili

Çizelge 4.21. Foron Blue RD-S Boyarmaddesinin %4'lük Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylelerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu

Boyarmadde Adı	İncelenen Değer	Varyans Kaynağı	Sonuç
Foron Blue RD-S	L*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkisiz
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	C*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkisiz
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	K/S	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkisiz

Çizelge 4.22. Foron Blue SW-F Boyarmaddesinin %0.5'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu

Boyarmadde Adı	İncelenen Değer	Varyans Kaynağı	Sonuç
Foron Blue SW-F	L*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	C*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	K/S	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili

Çizelge 4.23. Foron Blue SW-F Boyarmaddesinin %2'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu

Boyarmadde Adı	İncelenen Değer	Varyans Kaynağı	Sonuç
Foron Blue SW-F	L*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	C*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	K/S	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili

Çizelge 4.24. Foron Blue SW-F Boyarmaddesinin %4'lük Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu

Boyarmadde Adı	İncelenen Değer	Varyans Kaynağı	Sonuç
Foron Blue SW-F	L*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	C*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	K/S	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili

Foron Blue RD-E, RD-S ve SW-F boyarmaddelerinin %0.5, %2 ve %4'lük boyama konsantrasyonları ile yapılan boyama deneyleri sonucunda renk parametreleri ile varyans kaynağı ilişkileri incelendiğinde varyans kaynaklarının sonuçlar üzerinde etkisi olduğu görülmüştür. Ancak Foron Blue RD-E boyarmaddesinin %4'lük yani yüksek konsantrasyonu ile yapılan boyamalarda, C* ve K/S parametrelerinde süre varyans kaynağının etkisiz olduğu görülmektedir. Bunun nedeni düşük enerjili boyarmaddenin yüksek konsantrasyonu ile yapılan boyamanın doyumluğunun süreye bağlı olarak artmaması olabilir. Yine Foron Blue RD-S boyarmaddesinin %0.5'lik konsantrasyonu ile yapılan boyamalarda, C* parametresinde flotte oranı varyans kaynağının etkisiz olduğu görülmüştür. Bunun da nedeni orta enerjili boyarmaddenin düşük konsantrasyonda boyanmasında, flottenin belirtilen oranda artırılması ile boyarmaddenin lif yüzeyindeki adsorbsiyonunun değişmediği olabilir.

4.2. Yıkama Haslıklarındaki Değişimin İncelendiği Boyama Deneyleri Sonuçları

Yıkama haslıkları incelenirken her bir deneyden iki tekrar yapılmış, bu iki deneyin sonuçlarının ortalaması değerlendirmeye alınmıştır.

Çizelge 4.25. Boyama Parametrelerinin Değiştirildiği Boyama Deneyleri Sonucundaki Yıkama Haslığı Değerleri

Bm. kons. Proses	% 0.1	% 0.5	% 1	% 2	% 3	% 4	% 5	% 6
1. 130°C/60'	4.40	4.76	4.56	4.58	4.45	4.30	4.56	4.46
2. 130°C/54'	4.43	4.69	4.79	4.67	4.71	4.58	4.73	4.62
3. 130°C/48'	4.66	4.76	4.75	4.92	4.89	4.93	4.68	4.87
4. 130°C/42'	4.86	4.75	4.83	4.72	4.90	4.77	4.69	4.80
5. 117°C/60'	4.09	4.13	4.29	4.36	4.17	4.09	3.83	3.92
6. 104°C/60'	4.01	4.05	4.21	4.06	4.02	4.04	4.05	4.22
7. 91°C/60'	3.82	3.97	3.85	3.71	3.38	3.61	3.38	3.46
8. 117°C/54'	4.47	4.52	4.69	4.61	4.68	4.58	4.43	4.38
9. 117°C/48'	4.63	4.62	4.65	4.82	4.71	4.77	4.66	4.60
10. 117°C/42'	4.77	4.83	4.69	4.61	4.86	4.73	4.55	4.54
11. 104°C/54'	4.40	4.39	4.38	4.36	4.28	4.24	4.18	4.16
12. 104°C/48'	4.58	4.68	4.60	4.67	4.62	4.73	4.63	4.77
13. 104°C/42'	4.80	4.79	4.62	4.29	4.71	4.47	4.37	4.60
14. 91°C/54'	4.15	4.06	3.82	3.58	3.46	3.45	3.40	3.57
15. 91°C/48'	4.17	4.24	4.47	4.58	4.51	4.67	4.55	4.70
16. 91°C/42'	4.16	4.37	4.47	4.14	4.11	4.39	4.14	4.44

Çizelge 4.26. Boyama Zamanının Değiştirildiği Birinci, İkinci, Üçüncü ve Dördüncü Boyama Deneyleri Sonucundaki Yıkama Haslığı Gri Skala Değerleri

Bm. Kons. Proses	% 0.1	% 0.5	% 1	% 2	% 3	% 4	% 5	% 6
1. 130°C/60'	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
2. 130°C/54'	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
3. 130°C/48'	4/5	5	4/5	5	5	5	4/5	5
4. 130°C/42'	5	4/5	5	4/5	5	5	4/5	5
5. 117°C/60'	4	4	4/5	4/5	4	4	3/4	4
6. 104°C/60'	4	4	4	4	4	4	4	4
7. 91°C/60'	3/4	4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
8. 117°C/54'	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
9. 117°C/48'	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5	4/5
10. 117°C/42'	5	5	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4/5
11. 104°C/54'	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4
12. 104°C/48'	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5
13. 104°C/42'	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
14. 91°C/54'	4	4	4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
15. 91°C/48'	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
16. 91°C/42'	4	4/5	4/5	4	4	4/5	4	4/5

Boyama parametrelerinin değiştirildiği deneylerin sonunda yapılan haslık testlerinde, yıkama haslıklarının, 130°C'deki boyamalarda boyama zamanının değişimine bağlı olarak çok fazla değişmediği görülmüştür. 130°C'de boyanan kumaş numunelerinin yıkama haslıkları, boyama süresinin artması ile beraber biraz düşmüştür. Boyama süresini sabit tutup, boyama sıcaklığını değiştirdiğimiz zaman ise haslıklarda belirgin bir değişim meydana gelmiştir. Yüksek boyama sıcaklıklarında boyanan kumaşlara göre, düşük boyama sıcaklığında boyanan kumaşların haslıkları daha düşük çıkmıştır. Düşük boyama sıcaklıklarında boyanan kumaşların yıkama haslıkları, boyama zamanının azalması ile daha yüksek çıkmıştır. Bu sonuçlar EK-3'te grafik olarak gösterilmiştir.

5. TARTIŞMA

Renk hassasiyetinin incelenmesi için yapılan deneylerde, seçilen poliester kumaşın %4'lük boya konsantrasyonun, L*, C* ve K/S değerlerinden doygunluk noktasına yaklaştığı ve Nernst İzotermi'nin yatay kabul ettiğimiz bölgesinde bulunduğu kabul edilebilir. Çünkü L*, C* ve K/S değerleri %4'lük boyama deneylerinde %2'lik boyama deneylerindeki yakını değerler çıkmaktadır.

Boyama deneylerinde düşük enerji seviyesine sahip Foron Blue RD-E boyarmaddesinin, standart boyama şartlarından flottenin artmasıyla, renk hassasiyetindeki değişimin düşük konsantrasyonlu boyamada fazla, orta ve yüksek konsantrasyonlu boyamalarda ise daha düşük olduğu görülmüştür. Bu sonuç, düşük enerji seviyesine sahip boyarmaddenin, düşük konsantrasyondaki adsorbsiyonun, yüksek flotteden etkilendiğini göstermektedir. Boyama süresinin azaltılması ile bu boyarmaddenin sadece düşük konsantrasyondaki boyamanın renk hassasiyeti artmıştır. Buna göre orta ve yüksek konsantrasyonla yapılan deneylerde boyama tamamlanmış iken düşük konsantrasyondaki boyamada ise bu boyamanın henüz bitmediği söyleyebilir. Düşük enerji seviyesindeki boyarmadde ile yapılan deneylerde sıcaklığın azaltılmasıyla renk hassasiyeti tüm konsantrasyonlarda belirgin bir şekilde artmıştır. Bu artışın en fazla yüksek konsantrasyonlu boyamada olması ise aynı konsantrasyondaki boyarmaddenin yüksek sıcaklıkta, düşük sıcaklığa göre difüzyonunun daha iyi olduğunu gösterir.

Orta enerji düzeyine sahip olan Foron Blue RD-S boyarmaddesi ile yapılan deneylerde, flotte oranının artması ile, renk hassasiyetinin pek fazla değişmediği görülmektedir. Bu sonuç orta enerji düzeyine sahip boyarmaddenin tüm konsantrasyonundaki adsorbsiyonun iyi olduğunu gösterir. Yapılan deneylerde boyama süresinin azaltılması ile elde edilen sonuçlar düşük enerji seviyeli boyanın sonucuna benzer niteliktedir. Orta enerji seviyesine sahip boyarmaddenin düşük konsantrasyonundaki boyamaların tamamlanabilmesi için daha fazla süreye ihtiyaç duyulabilir. Boyama deneylerinde boyama sıcaklığının azaltılması ile yapılan boyamalarda yine tüm konsantrasyondaki boyamaların renk hassasiyetinin ciddi şekilde arttığı görülmektedir. Bu artış düşük enerjili boyarmaddenin renk hassasiyetindeki artıştan daha yüksektir. Renk hassasiyetindeki bu artışın boya

konsantrasyonundaki artış ile beraber daha da fazla olduğu görülmektedir. Bu sebeple düşük enerjiye sahip boyarmaddenin difüzyonunun, orta enerjiye sahip boyarmaddeye göre daha iyi olduğu söylenebilir.

Yüksek enerji düzeyine sahip Foron Blue SW-F boyarmaddesi ile yapılan deneylerde, flottenin arttırılması ile düşük konsantrasyonda yapılan boyamalarda renk hassasiyeti daha çok artmıştır. Bu sonuç düşük enerji seviyesindeki boyarmadde ile yapılan deneylerdeki sonuca benzemektedir. Bu sonuçlara göre, pratikte boyama yaparken, boyama reçetesindeki boya oranının düşük seviyede olacağı boyamalarda, flotte oranının renk hassasiyetine olan etkisi düşünülerek, orta enerji düzeyine sahip boyarmadde seçilmesi gerekir. Yüksek enerji seviyesindeki boyarmadde ile yapılan deneylerde boyama süresinin kısaltılması ile elde edilen sonuçlarda, yüksek konsantrasyonlu boyamada renk hassasiyetinin çok fazla arttığı görülmektedir. Bunun nedeni standart boyama zamanından daha kısa bir sürede boyanan numunenin boyamasını daha tamamlayamadığı yani boyarmaddenin bir kısmının hala boya çözeltisi içinde bulunmasıdır. Boyama süresinin kısaltılması ile yapılan çalışmalar yardımıyla, pratik çalışma yapılırken açık renklerin düşük ve orta enerji seviyeli boyarmaddeler ile boyanmasında ve koyu renklerin yüksek enerji seviyeli boyarmadde ile boyanmasında, boyama süresine dikkat etmek gerekir. Yüksek enerji seviyesindeki boyarmadde ile yapılan boyamalarda boyama sıcaklığının azaltıldığı çalışmalarda genel olarak kumaş üzerinde boyama düzgünsüzlüğü tespit edilmiştir. Boyamadaki düzgünsüzlük deneyler tekrarlınsa dahi giderilemediğinden bu çalışmalarda spektrofotometreden çok yerden okutma ile alınmış değerlerin bile güvenilirliği yoktur. Boyamanın düzgünsüz olduğu bir durumda renk hassasiyetinden söz edilemez. İşlem koşullarından boyama sıcaklığını değiştirdiğimiz deneylerin sonucunda, işletme koşullarında hangi tip dispers boyarmadde kullanırsak kullanalım, güvenli bir renk hassasiyeti sağlayacak boyamayı standart (önerilen) boyama sıcaklığında yapmamız gerekir.

Yapılan çalışmalarda işlem koşullarından flotte oranının, boyama sıcaklığının ve boyama süresinin ikili ve üçlü olarak değiştirildiği boyama deneylerinde renk hassasiyetinin tek işlem koşulunun değiştirildiği boyamaların sonucuna göre daha yüksek boya hassasiyeti değerleri verdiği görülmektedir. İşlem koşullarından ikisinin

veya üçünün değiştirilmesi, renk hassasiyetini bu koşullardan tekinin değiştirilmesinden daha fazla etkilediği söylenebilir.

Yapılan boyama deneylerinin sonuçlarının, istatistiksel olarak değerlendirilmesi sonucunda ise varyans kaynaklarının ile incelenen değerler üzerinde etkili olduğu görölmüştür.

Dispers boyaların fiyatlarının enerji seviyesi yükseldikçe arttığı düşünölrse en iyi haslık değerini veren fakat renk hassasiyetinin işlem parametrelerinden daha fazla etkilendiği yüksek enerjili boyarmadde ile boyama, hem daha riskli hem de daha maliyetlidir. Yine de yüksek haslık istenen poliester kumaşları yüksek enerjili boyarmaddelerle boyamak daha avantajlıdır. Çünkü işletme şartlarında düşük ve orta enerjili boyarmaddeler ile boyanan kumaşları istenilen haslık değerine ulaştırmak için birden fazla ard yıkama yapmak gerekebilir. Bu da maliyetleri olumsuz yönde etkiler. Özellikle poliester/elastan karışımlı kumaşların koyu ve siyah renklerinde mükemmel haslık değerleri sadece yüksek enerjili boyarmaddeler ile sağlanabilir.

işlem koşullarının değiştirilmesi ile yıkama haslıklarının değişiminin incelendiği deneylerin sonucunda, en iyi haslık değerleri yüksek sıcaklıkta ve kısa boyama süresinde görölmektedir. Boyama sıcaklığındaki azalma ile yıkama haslıklarının kötüleşmesinin sebebi, düşük sıcaklıkta dispers boyarmaddenin lif içersine difüzyonunun zayıflaması ve boyarmadde moleküllerinin lif yüzeyine daha yakın yerlerde fikse olması ile açıklanabilir. Boyama süresinin azalması ile beraber yıkama haslıklarının daha iyi çıktığı görölmektedir. Lif içersine difüzlenen boyarmadde miktarı, Nernst izotermine göre boyama zamanının artması ile artacağından, lif yüzeyindeki difüzlenmiş boyarmadde yoğunluğu da artacaktır. Lif yüzeyinde artan boyarmadde miktarının yıkama haslığı üzerine olumsuz etkisinden dolayı bu haslıkların düşük çıkması normaldir. Bu deneyin pratik çalışmada kullanılması halinde, dispers bir boya ile boyanmiş poliester kumaşın boyama esnasındaki işlem koşullarının yanında kumaşın apresindeki işlem koşulları da önemlidir. Kumaşın apre aşamasında maruz kaldığı yüksek ısı lif üzerinde dispers boyarmaddenin termomigrasyonuna yol açar ve haslıklar kaçınılmaz olarak bozular. Aynı aşamada kumaşa apre malzemesi olarak verilen mikro silikonlar da life nüfuz ederken boyarmadde moleküllerini lif yüzeyine doğru iter ve haslıklar bozular. Yapılacak apre

işlemlerinin kumaşın her yerinde homojen olduğunu kabul ederek bu çalışmadaki sonuçlara paralellik göstereceği kabul edilebilir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, poliester kumaşların dispers boyalar ile boyanmasında istenilen renk hassasiyetine göre, seçilecek reçete (boyarmadde tipi) ve boyamanın işlem koşulları önceden tahmin edilmesi konusunda yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

ANONİM 1994 syf.4

BECERİR, B. 1998. 'Renk Ölçüm Cihazlarının Temel Özellikleri.' Tekstil Terbiye ve Teknik Dergisi, Eylül 1998, Bursa syf.58-63

BECERİR, B. 2000. 'Poliester Mikrolif Materyallerin Boyanmasında Yöntem Belirlenmesi Eğilimlerinin İncelenmesi.' Doktora Tez, Fen Bilimleri Enstitüsü, syf.42

BECERİR, B. 2002. 'Bazı Renk Terimleri ve Açıklamaları.' Tekstil Teknoloji Dergisi, Bursa syf.92

BURKINSHAW, S.M. 1994 'Chemical Properties of Synthetic Fibre Dyeing.' University of Leeds, syf.29

CHEN, P.B.ve ARK. 'Determination of Colour Sensitivity of Dye Mixtures for Disperse Dyes.' JSDC Vol.115 December 1999 syf.379

CUNNIGHAM, A. D. 1996. 'Identifying Critical Machinery and Dye Parameters for Successful Rapid Dyeing of Poliester.' Textile Chemist and Colourists, Vol. 28(2). syf.25

ETTERS, J. N. 1994. 'Sorption of Disperse Dye by PES Fibers: Boundary Layer Transitional Kinetics.' Textile Research Journal, 64(7). syf.407

HOCKENBERGER, A. 2004. 'Tekstil Fiziği'. ALFA Yayınevi, BURSA syf.43,74

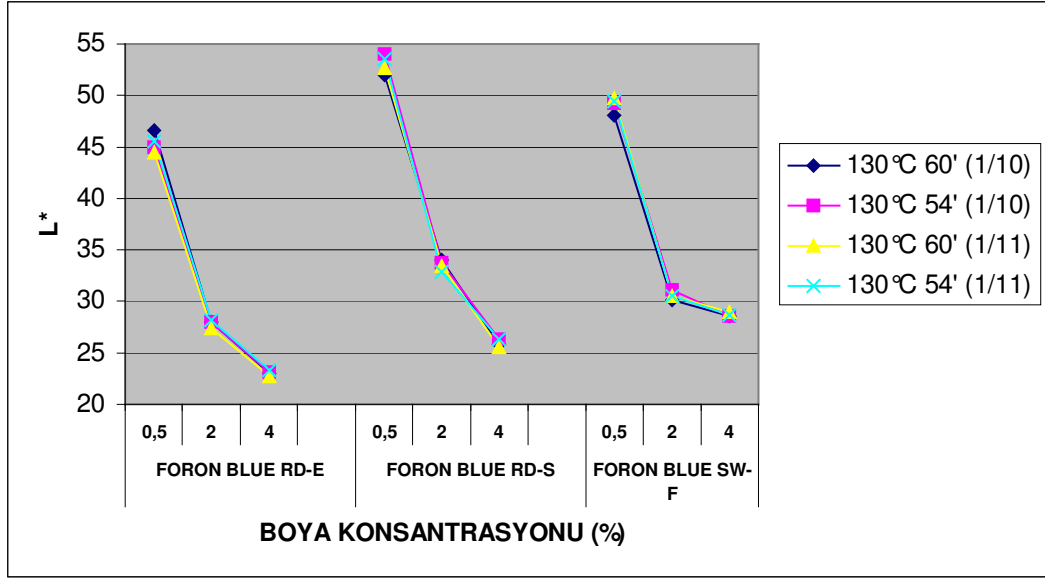
JOHNSON, A. 1989. 'The Theory of Coloration of Textiles.' Society of Dyers and Colourists. syf.387

JOSEPH L. M. 1966. 'Introductory Textile Science'. Holt, Rinehart and Winston, Inc, London syf.148

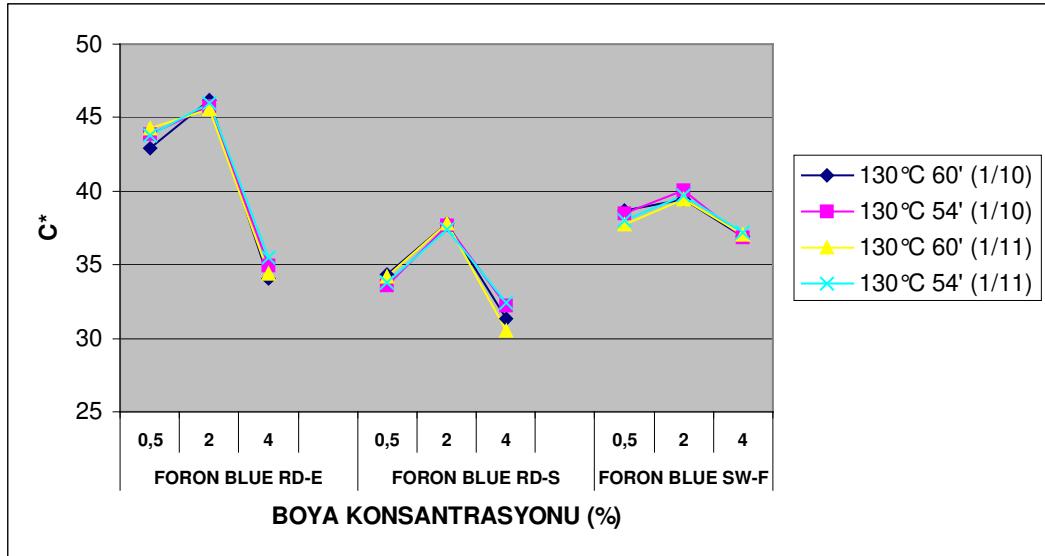
MC GREGOR, R. ve ETTERS, J.N. 1979.'Transitional Kinetics In Disperse Dyeing.' Textile Chemist and Colorists, syf.202

EKLER

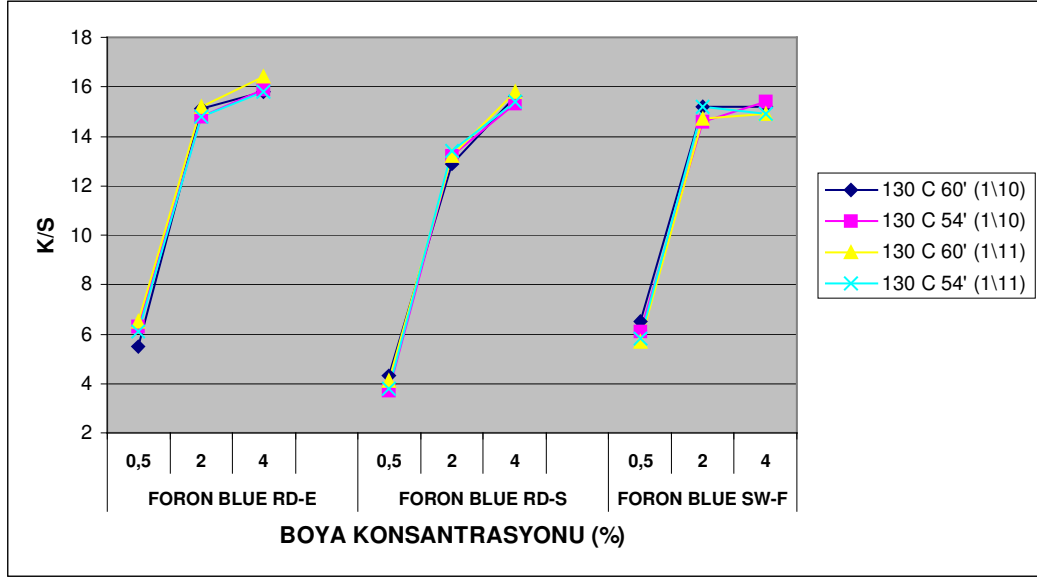
EK-1.RENK HASSASİYETİNİN İNCELENDİĞİ BOYAMA DENEYLERİ SONUÇLARININ GRAFİKSEL GÖSTERİMİ



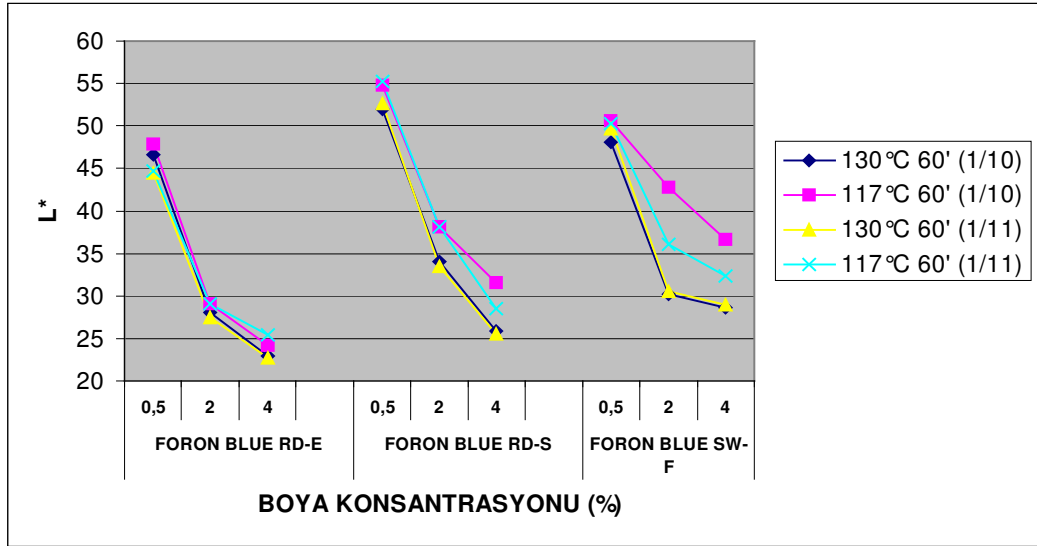
Şekil.1 130°C Boyama Deneylelerinde Boyama Zamanının ve Flottenin Değişmesiyle Elde Edilen L* Grafiği



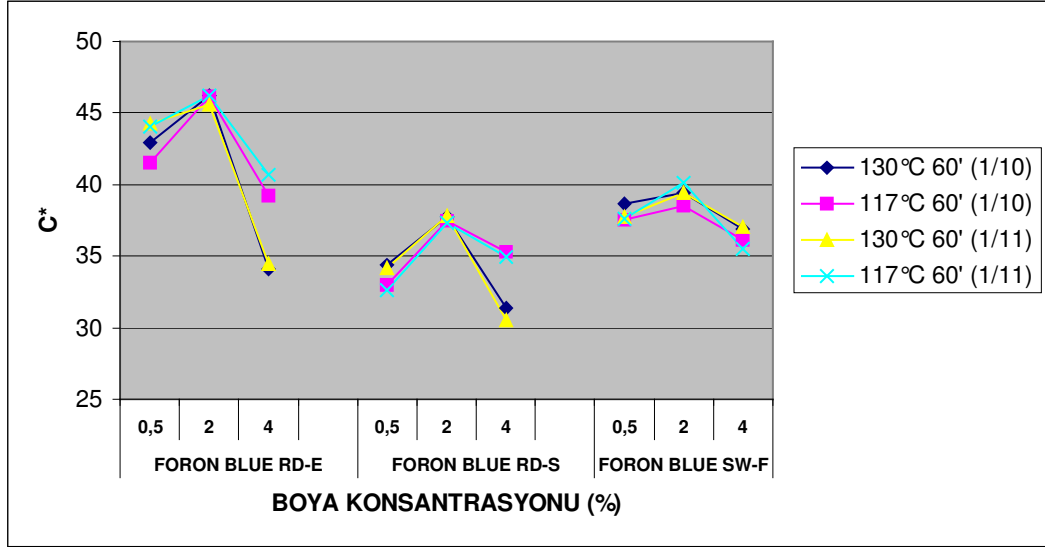
Şekil.2 130°C Boyama Deneylelerinde Boyama Zamanının ve Flottenin Değişmesiyle Elde Edilen C* Grafiği



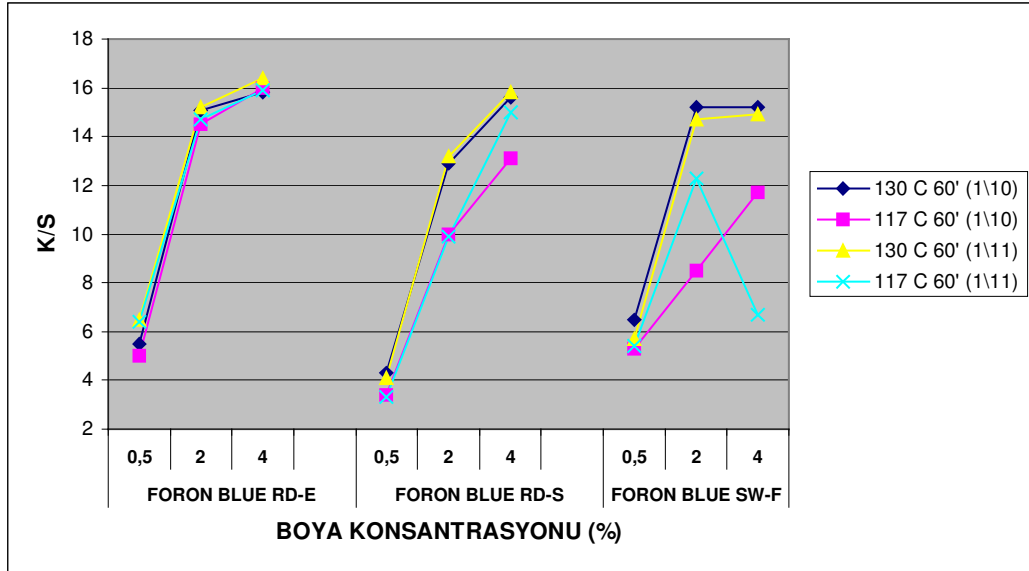
Şekil.3 130°C Boyama Deneylerinde Boyama Zamanının ve Flottenin Değişmesiyle Elde Edilen K/S Grafiği



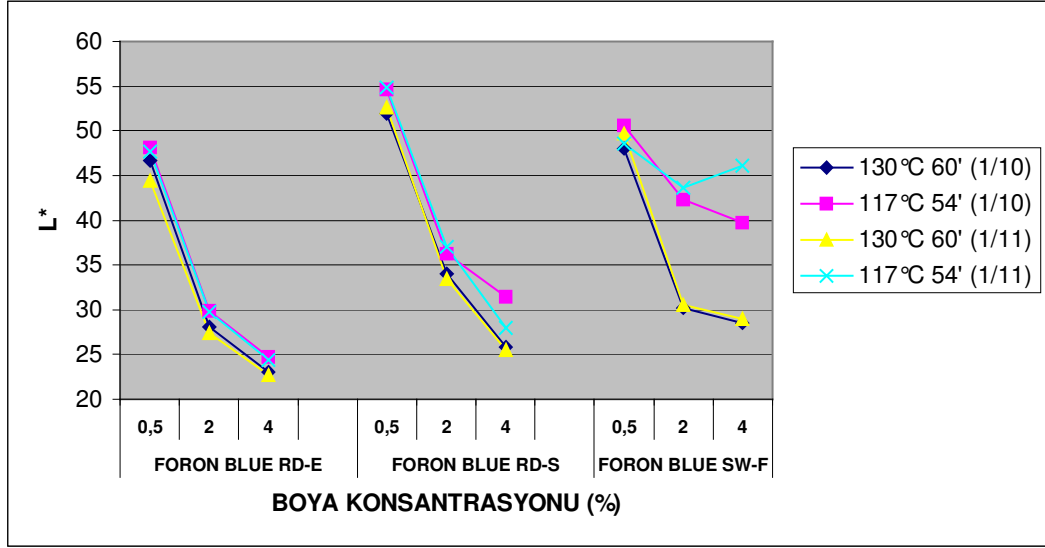
Şekil.4 60 Dakika Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığının ve Flottenin Değişmesiyle Elde Edilen L* Grafiği



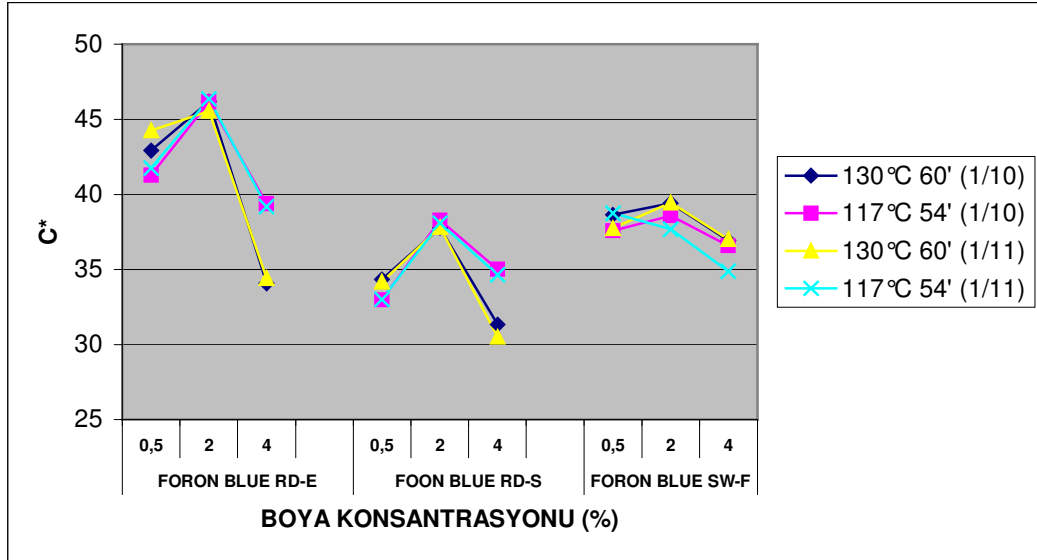
Şekil.5 60 Dakika Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığının ve Flottenin Değişmesiyle Elde Edilen C* Grafiği



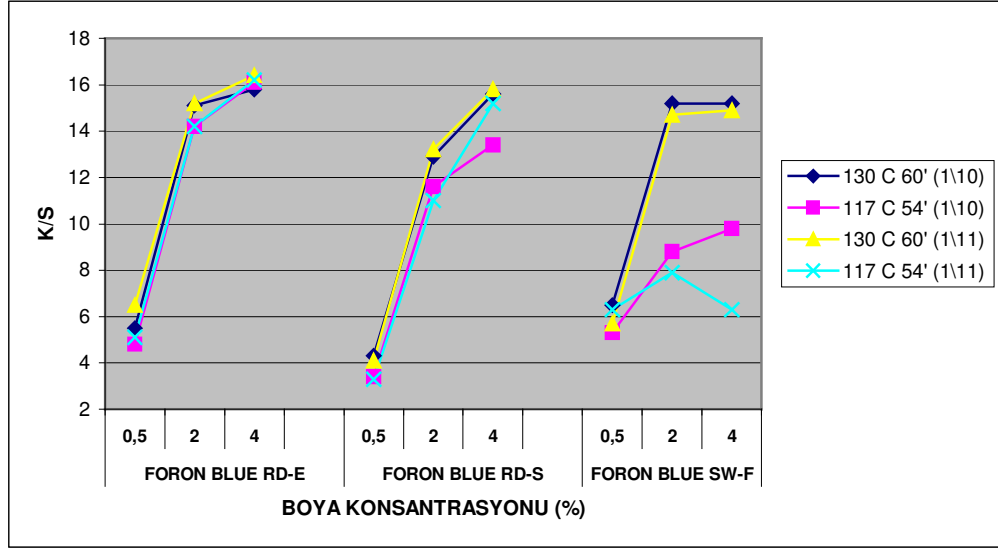
Şekil.6 60 Dakika Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığının ve Flottenin Değişmesiyle Elde Edilen K/S Grafiği



Şekil.7 Boyama Deneplerinde Boyama Zamanının, Boyama Süresinin ve Flottenin Değişmesiyle Elde Edilen L* Grafiği



Şekil.8 Boyama Deneplerinde Boyama Zamanının, Boyama Süresinin ve Flottenin Değişmesiyle Elde Edilen C* Grafiği



Şekil.9 Boyama Deneylerinde Boyama Zamanının, Boyama Süresinin ve Flottenin Değişmesiyle Elde Edilen K/S Grafiği

EK-2.VARYANS ANALİZİ SONUÇLARI

(RENK HASSASİYETİNİN ÖLÇÜLDÜĞÜ BOYAMA DENEYLERİ)

3 Faktörlü Sınırlamasız Varyans Analizi Modeli:

$$Y_{ijkp} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + \varepsilon_{p(ijk)}$$

(df: serbestlik derecesi, SS: kareler toplamı, MS: beklenen varyans, F_s : F istatistik, P: sonuç)

Çizelge 1. Düşük Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %0.5 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının L* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F_s	P
Flotte	1	7.2092	7.2092	8738.4545	***
Zaman	1	1.6002	1.6002	1939.6666	***
Sıcaklık	1	11.2560	11.2560	13643.6666	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	7.5350	7.5350	9133.3636	***
Flotte x Sıcaklık	1	1.0506	1.0506	1273.4848	***
Zaman x Sıcaklık	1	3.6290	3.6290	4398.8181	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.0025	0.0025	0.0303	
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0066	0.0083		ns
Toplam	15	32.2868			

Çizelge 2. Düşük Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %0.5 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının C* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F_s	P
Flotte	1	4.9062	4.9062	457.4568	***
Zaman	1	1.1990	1.1990	111.7972	***
Sıcaklık	1	10.4625	10.4625	975.7785	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	3.4782	3.4782	324.3100	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.5700	0.5700	53.1491	***
Zaman x Sıcaklık	1	1.8906	1.8906	176.2820	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.0342	0.0342	3.1911	ns
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0858	0.0107		
Toplam	15	22.6293			

Çizelge 3. Düşük Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %0.5 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının K/S Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	1.5625	1.5625	1644.7368	***
Zaman	1	0.3025	0.3025	318.4210	***
Sıcaklık	1	2.4025	2.4025	2528.9473	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	1.3225	1.3225	1392.1052	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.2025	0.2025	213.1578	***
Zaman x Sıcaklık	1	0.9025	0.9025	950	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.0025	0.0025	2.6316	ns
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0076	0.0095		
Toplam	15	6.7051			

Çizelge 4. Düşük Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %2 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının L* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0552	0.0552	66.9393	***
Zaman	1	1.1556	1.1556	1400.7575	***
Sıcaklık	1	9.3942	9.3942	11386.9393	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.1190	0.1190	144.2727	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.0132	0.0132	16.0303	**
Zaman x Sıcaklık	1	0.1332	0.1332	161.4848	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.2550	0.2550	309.1212	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0066	0.0083		
Toplam	15	11.1321			

Çizelge 5. Düşük Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %2 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının C* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0081	0.0081	9.8181	*
Zaman	1	0.0081	0.0081	9.8181	*
Sıcaklık	1	0.4624	0.4624	560.4848	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.25	0.25	303.0303	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.0961	0.0961	116.4848	***
Zaman x Sıcaklık	1	0.0081	0.0081	9.1818	*
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.1296	0.1296	157.0909	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0066	0.0083		
Toplam	15	0.969			

Çizelge 6. Düşük Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %2 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının K/S Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0225	0.0225	27.2727	***
Zaman	1	0.5625	0.5625	681.8181	***
Sıcaklık	1	1.3225	1.3225	1603.0303	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.0225	0.0225	27.2727	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.0025	0.0025	3.0303	ns
Zaman x Sıcaklık	1	0.0025	0.0025	3.0303	ns
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.0025	0.0025	3.0303	ns
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0066	0.0083		
Toplam	15	1.9441			

Çizelge 7. Düşük Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %4 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının L* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.1296	0.1296	126.4390	***
Zaman	1	0.0081	0.0081	0.0081	*
Sıcaklık	1	11.0889	11.0889	11.0889	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.2809	0.2809	0.2809	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.2209	0.2209	0.2209	***
Zaman x Sıcaklık	1	0.3364	0.3364	0.3364	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.8836	0.8836	0.8836	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0082	0.0010		
Toplam	15	12.9566			

Çizelge 8. Düşük Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %4 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının C* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.7267	0.7267	10.2351	*
Zaman	1	0.0010	0.0010	0.0148	ns
Sıcaklık	1	90.9639	90.9639	1281.0690	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.2328	0.2328	3.2787	ns
Flotte x Sıcaklık	1	0.2232	0.2232	3.1441	ns
Zaman x Sıcaklık	1	1.9252	1.9252	27.1125	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	1.4460	1.4460	20.3644	**
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.5681	0.0710		
Toplam	15	96.0867			

Çizelge 9. Düşük Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %4 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının K/S Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0625	0.0625	60.9756	***
Zaman	1	0.0025	0.0025	2.4390	ns
Sıcaklık	1	0.0225	0.0225	21.9512	**
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.0625	0.0625	60.9756	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.0625	0.0625	60.9756	***
Zaman x Sıcaklık	1	0.2025	0.2025	197.5609	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.2025	0.2025	197.5609	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0082	0.0010		
Toplam	15	0.6257			

Çizelge 10. Orta Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %0.5 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının L* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0156	0.0156	18.9393	**
Zaman	1	3.1152	3.1152	3776.0303	***
Sıcaklık	1	17.2640	17.2640	20926.0909	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	1.5500	1.5500	1878.8181	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.0870	0.0870	105.4848	***
Zaman x Sıcaklık	1	1.6512	1.6512	2001.4848	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.0012	0.0012	1.4848	ns
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0066	0.0083		
Toplam	15	23.6910			

Çizelge 11. Orta Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %0.5 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının C* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0156	0.0156	3.2383	ns
Zaman	1	0.0992	0.0992	20.5647	**
Sıcaklık	1	4.9062	4.9062	1016.8341	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.1722	0.1722	35.6943	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.0506	0.0506	10.4922	*
Zaman x Sıcaklık	1	0.555	0.555	115.0310	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.0003	0.0003	0.0052	ns
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0386	0.0048		
Toplam	15	5.8375			

Çizelge 12. Orta Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %0.5 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının K/S Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0225	0.0225	27.2727	***
Zaman	1	0.2025	0.2025	245.4545	***
Sıcaklık	1	1.5625	1.5625	1893.9393	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.0225	0.0225	27.2727	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.0025	0.0025	3.0303	ns
Zaman x Sıcaklık	1	0.2025	0.2025	245.4545	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.0225	0.0225	27.2727	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0066	0.0083		
Toplam	15	2.0441			

Çizelge 13. Orta Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %2 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının L* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0784	0.0784	95.0303	***
Zaman	1	3.6864	3.6864	4468.3636	***
Sıcaklık	1	59.29	59.29	71866.6666	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.0625	0.0625	75.7575	***
Flotte x Sıcaklık	1	1.2321	1.2321	1493.4545	***
Zaman x Sıcaklık	1	1.0201	1.0201	1236.4848	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.3364	0.3364	407.7575	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0066	0.0083		
Toplam	15	65.7125			

Çizelge 14. Orta Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %2 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının C* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0770	0.0770	62.5431	***
Zaman	1	0.2626	0.2626	213.3248	***
Sıcaklık	1	0.0826	0.0826	67.1319	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.02975	0.02975	24.1675	**
Flotte x Sıcaklık	1	0.0022	0.0022	1.8324	ns
Zaman x Sıcaklık	1	1.1718	1.1718	951.7208	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.0138	0.0138	11.2131	*
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0098	0.0012		
Toplam	15	1.6497			

Çizelge 15. Orta Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %2 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının K/S Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0105	0.0105	13.0310	**
Zaman	1	2.5680	2.5680	3185.1240	***
Sıcaklık	1	25.9845	25.9845	32228.8449	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.0915	0.0915	113.4961	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.3630	0.3630	450.2403	***
Zaman x Sıcaklık	1	1.2155	1.2155	1507.6046	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.0410	0.0410	50.8604	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0064	0.0086		
Toplam	15	30.2804			

Çizelge 16. Orta Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %4 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının L* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	11.8680	11.8680	10789.1136	***
Zaman	1	0.1122	0.1122	102.0227	***
Sıcaklık	1	58.9056	58.9056	53550.5681	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.0006	0.0006	0.5681	ns
Flotte x Sıcaklık	1	9.5172	9.5172	8652.0227	***
Zaman x Sıcaklık	1	0.8556	0.8556	777.8409	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.1056	0.1056	96.0227	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0088	0.0011		
Toplam	15	81.3737			

Çizelge 17. Orta Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %4 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının C* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.4290	0.4290	390.0227	***
Zaman	1	1.2882	1.2882	1171.1136	***
Sıcaklık	1	44.6892	44.6892	40626.5681	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.2970	0.2970	270.0227	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.0042	0.0042	3.8409	ns
Zaman x Sıcaklık	1	2.6732	2.6732	2430.2045	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.2970	0.2970	270.0227	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0088	0.0011		
Toplam	15	49.6867			

Çizelge 18. Orta Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %4 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının K/S Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	4	4	3636.3636	***
Zaman	1	0.01	0.01	9.0909	*
Sıcaklık	1	7.29	7.29	6627.2727	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.01	0.01	9.0909	*
Flotte x Sıcaklık	1	2.89	2.89	2627.2727	***
Zaman x Sıcaklık	1	0.36	0.36	327.2727	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	-0.0004	-0.0004	-0.0004	ns
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0088	0.0011		
Toplam	15	14.5688			

Çizelge 19. Yüksek Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %0.5 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylelerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının L* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0529	0.0529	64.1212	***
Zaman	1	0.1936	0.1936	234.6666	***
Sıcaklık	1	3.3856	3.3856	4103.7575	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	2.4649	2.4649	2987.7575	***
Flotte x Sıcaklık	1	4.2849	4.2849	5193.8181	***
Zaman x Sıcaklık	1	1.7956	1.7956	2176.4848	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.0169	0.0169	20.4848	**
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0066	0.0008		
Toplam	15	12.201			

Çizelge 20. Yüksek Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %0.5 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylelerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının C* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0056	0.0056	6.8181	*
Zaman	1	0.3906	0.3906	473.4848	***
Sıcaklık	1	0.5402	0.5402	654.8181	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.6006	0.6006	728.0303	***
Flotte x Sıcaklık	1	1.6770	1.6770	2032.7575	***
Zaman x Sıcaklık	1	0.2862	0.2862	346.9393	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.1190	0.1190	144.2727	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0066	0.0008		
Toplam	15	3.6259			

Çizelge 21. Yüksek Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %0.5 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının K/S Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0	0	0	ns
Zaman	1	0.09	0.09	109.0909	***
Sıcaklık	1	0.81	0.81	981.8181	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.49	0.49	593.9393	***
Flotte x Sıcaklık	1	1.21	1.21	1466.6666	***
Zaman x Sıcaklık	1	0.36	0.36	436.3636	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.04	0.04	48.4848	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0066			
Toplam	15	3.0066			

Çizelge 22. Yüksek Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %2 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının L* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	7.8120	7.8120	8223.1842	***
Zaman	1	16.1202	16.1202	16968.6579	***
Sıcaklık	1	450.9252	450.9252	474658.1319	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	12.3552	12.3552	13005.50001	***
Flotte x Sıcaklık	1	6.3756	6.3756	6711.1842	***
Zaman x Sıcaklık	1	9.7656	9.7656	10279.6052	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	19.9362	19.9362	20985.50001	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0076	0.0009		
Toplam	15	523.2977			

Çizelge 23. Yüksek Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %2 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylelerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının C* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.02640	0.02640	25.6060	***
Zaman	1	0.5967	0.5967	578.6727	***
Sıcaklık	1	3.4132	3.4132	3309.8242	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	2.1830	2.1830	2116.8545	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.2889	0.2889	280.1515	***
Zaman x Sıcaklık	1	2.7142	2.7142	2632.0060	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	1.0868	1.0868	1053.8727	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0083	0.0010		
Toplam	15	10.3176			

Çizelge 24. Yüksek Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %2 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylelerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının K/S Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	2.25	2.25	2368.4210	***
Zaman	1	4.41	4.41	4642.1052	***
Sıcaklık	1	123.21	123.21	129694.7368	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	3.24	3.24	3410.5263	***
Flotte x Sıcaklık	1	1.96	1.96	2063.1578	***
Zaman x Sıcaklık	1	4	4	4210.5263	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	8.41	8.41	8852.6315	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0076	0.0009		
Toplam	15	147.4876			

Çizelge 25. Yüksek Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %4 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylelerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının L* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	18.2115	18.2115	24904.6923	***
Zaman	1	22.3020	22.3020	30498.4700	***
Sıcaklık	1	525.4410	525.4410	718551.8037	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	22.4913	22.4913	30757.3419	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.5513	0.5513	753.9230	***
Zaman x Sıcaklık	1	1.8157	1.8157	2483.0854	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	54.8710	54.8710	75037.3419	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0058	0.0007		
Toplam	15	645.6898			

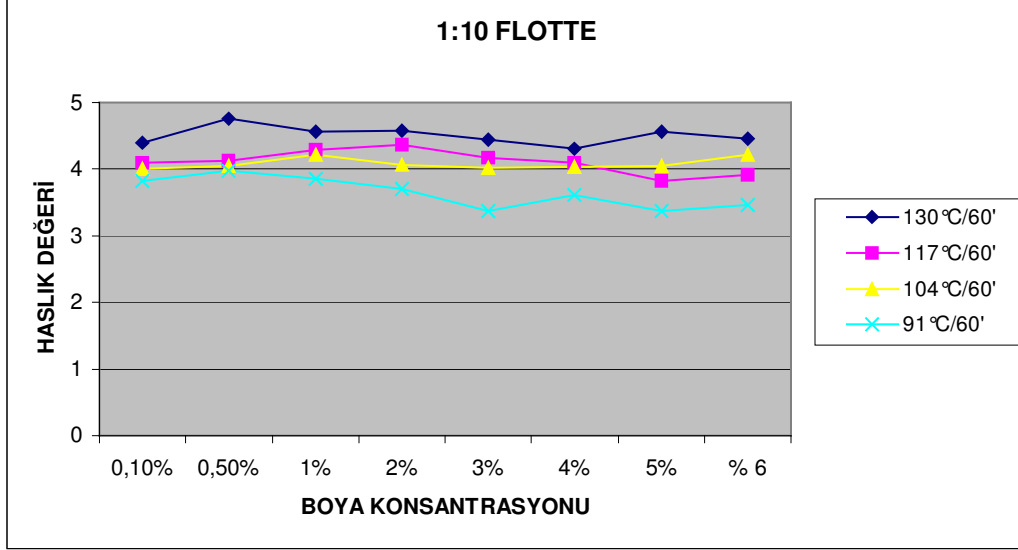
Çizelge 26. Yüksek Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %4 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylelerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının C* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0005	0.0005	0.6538	ns
Zaman	1	9.7531	9.7531	12055.7836	***
Sıcaklık	1	0.4583	0.4583	566.5377	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	7.1663	7.1663	8858.2558	***
Flotte x Sıcaklık	1	20.2770	20.2770	25064.2880	***
Zaman x Sıcaklık	1	0.6674	0.6674	0.6675	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	2.3808	2.3808	2.3808	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0064			
Toplam	15	40.7101			

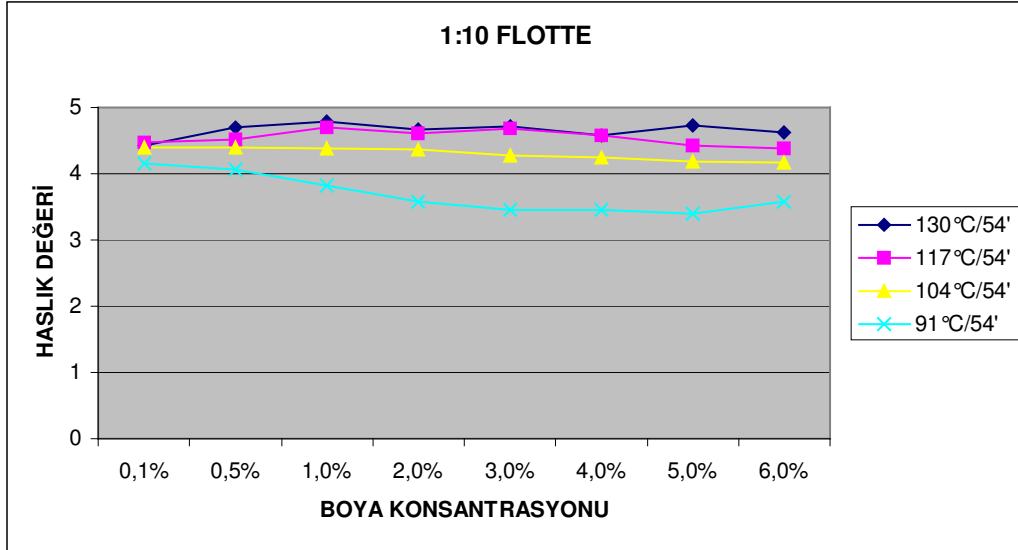
Çizelge 27. Yüksek Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %4 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının K/S Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	21.6225	21.6225	26209.0909	***
Zaman	1	1.1025	1.1025	1336.3636	***
Sıcaklık	1	167.7025	167.7025	203275.7575	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.4225	0.4225	512.1212	***
Flotte x Sıcaklık	1	14.8225	14.8225	17966.6666	***
Zaman x Sıcaklık	1	1.5625	1.5625	1893.9393	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.7225	0.7225	875.7575	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0066	0.0008		
Toplam	15	207.9641			

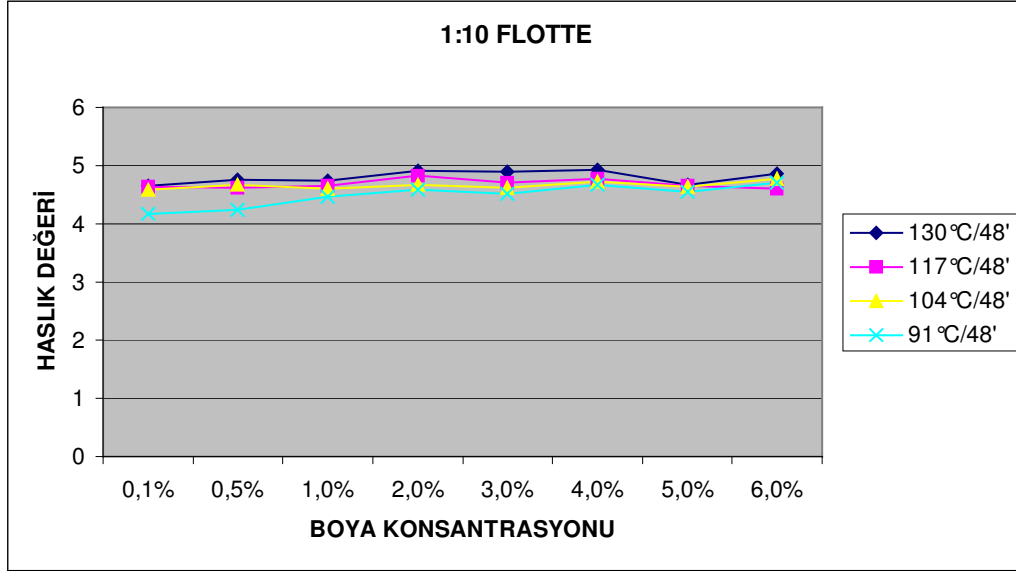
EK-3.YIKAMA HASLIKLARININ İNCELENDİĞİ DENEYLERİN SONUÇLARININ GRAFİKSEL GÖSTERİMİ



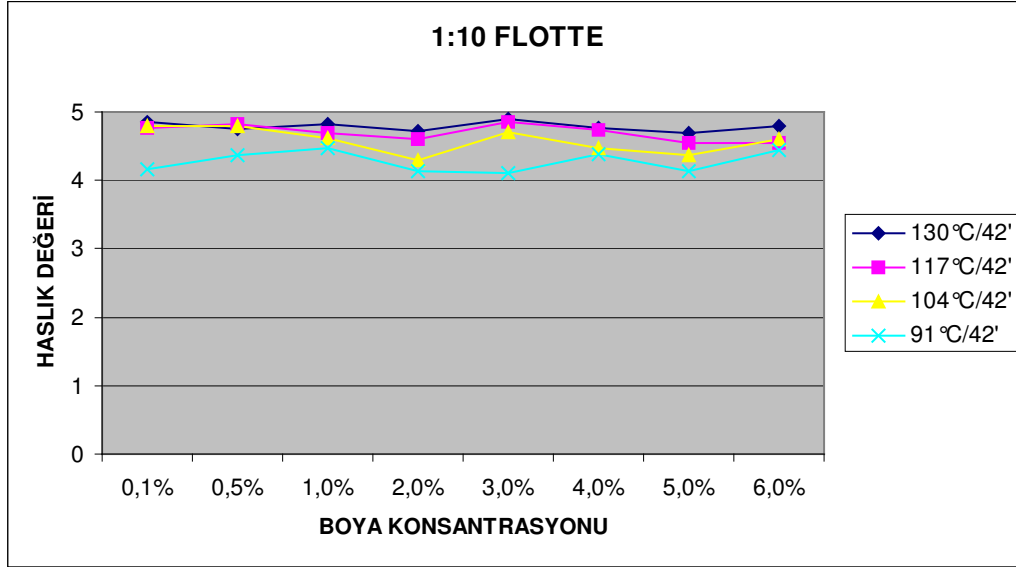
Şekil 10. 60 Dakika Sabit Boyama Süresinde, Boyama Sıcaklığının Değişimi ile Yapılmış Deneylerin Yıkama Haslığı Sonuçları



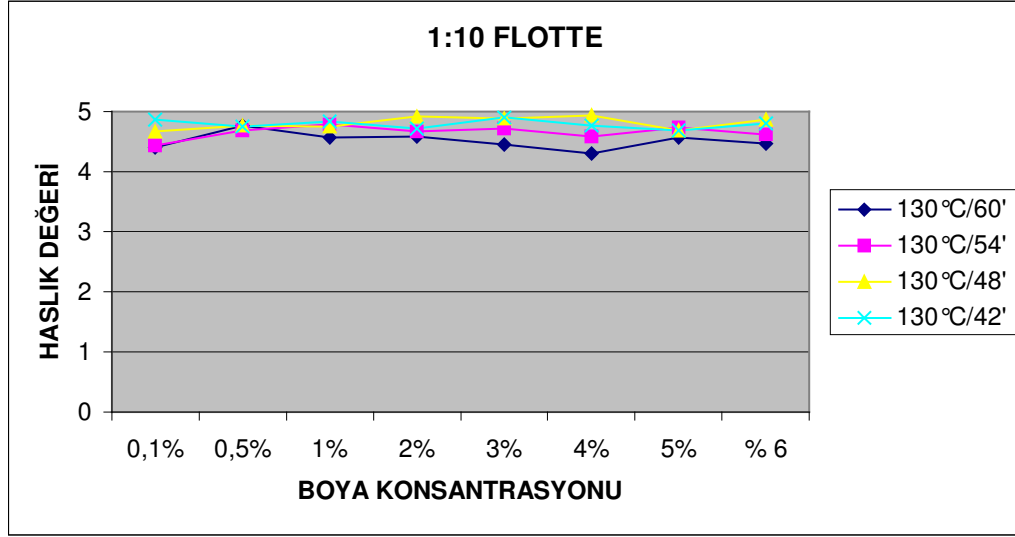
Şekil 11. 54 Dakika Sabit Boyama Süresinde, Boyama Sıcaklığının Değişimi ile Yapılmış Deneylerin Yıkama Haslığı Sonuçları



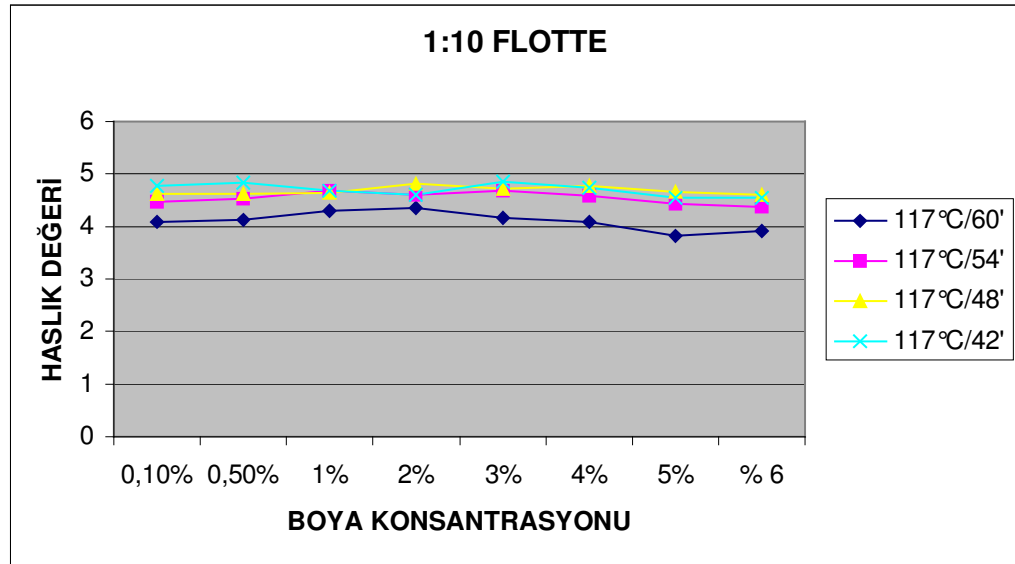
Şekil 12. 48 Dakika Sabit Boyama Süresinde, Boyama Sıcaklığının Değişimi ile Yapılmış Deneylerin Yıkama Haslığı Sonuçları



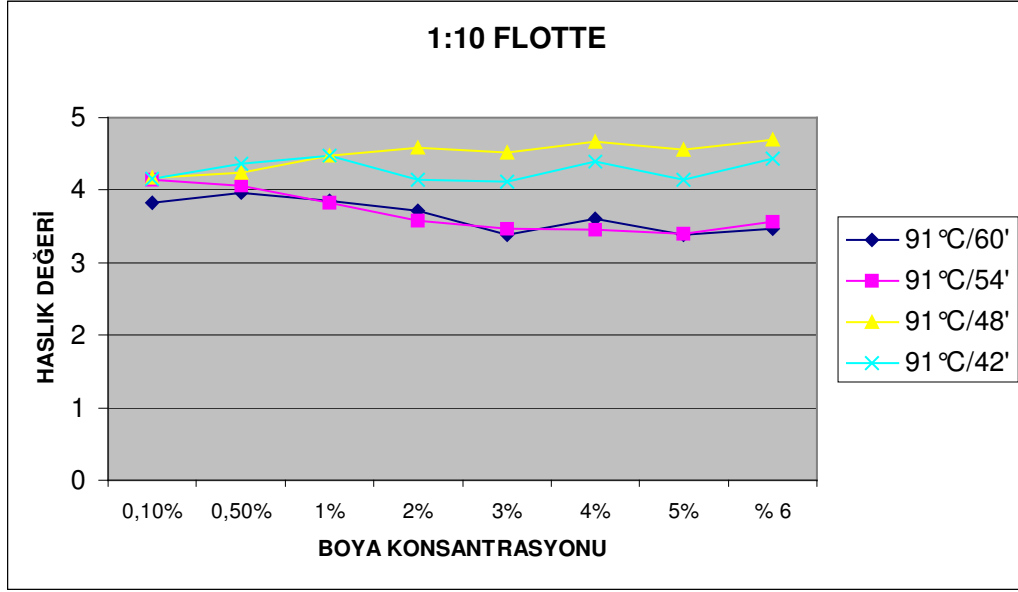
Şekil 13. 42 Dakika Sabit Boyama Süresinde, Boyama Sıcaklığının Değişimi ile Yapılmış Deneylerin Yıkama Haslığı Sonuçları



Şekil 14. 130°C Sabit Boyama Sıcaklığında, Boyama Süresinin Değişimi ile Yapılmış Deneylerin Yıkama Haslığı Sonuçları



Şekil 15. 104°C Sabit Boyama Sıcaklığında, Boyama Süresinin Değişimi ile Yapılmış Deneylerin Yıkama Haslığı Sonuçları



Şekil 16. 91°C Sabit Boyama Sıcaklığında, Boyama Süresinin Değişimi ile Yapılmış Deneylerin Yıkama Haslığı Sonuçları

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİSPERS BOYAMA REÇETELERİNİN
İŞLEM KOŞULLARINA OLAN
RENK HASSASİYETLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mahmut Ersin PAYDAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA 2006
T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİSPERS BOYAMA REÇETELERİNİN
İŞLEM KOŞULLARINA OLAN
RENK HASSASİYETLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mahmut Ersin PAYDAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA 2006

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİSPERS BOYARMADDE REÇETELERİNİN
İŞLEM KOŞULLARINA OLAN
RENK HASSASİYETLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mahmut Ersin PAYDAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

Bu Tez Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç.Dr.Behçet BECERİR
(Danışman)

.....

.....

ÖZET

Bu çalışmada, poliester kumaşların dispers boyarmaddeler ile boyanmasında değişen işlem koşullarının renk hassasiyeti ve yıkama haslıkları üzerine etkileri araştırılmıştır.

Deneysel çalışma iki kısımdan meydana gelmiştir. İlk çalışmada üç değişik enerji seviyesindeki dispers boyalar ile boyama deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerde poliester boyama parametrelerinden boyama sıcaklığı, boyama süresi ve flote oranında değişiklikler yapılarak, üç farklı konsantrasyonda renk farklılıkları ölçülmüştür. Bu ölçümler yapılırken boya üreticisi firma tarafından tavsiye edilen proses ile yapılmış boyamalar standart olarak kabul edilmiştir. Elde edilen sonuçlar matematiksel bir formülasyon ile renk hassasiyetine dönüştürülmüş, bu sonuçlar tablolar ve grafikler şeklinde gösterilmiştir.

İkinci çalışmada ise piyasada çok sık kullanılan siyah dispers bir boya ile deneysel çalışma yapılmış ve bu kumaşların yıkama haslıkları incelenmiştir. Bu deneylerde poliester boyama parametrelerinden, boyama sıcaklığı, boyama süresi ve boya konsantrasyonu değiştirilerek boyama deneyleri yapılmıştır. Boyama işlemi sonunda kumaşların yıkama haslıkları ölçülmüş, sonuçlar tablolar ve grafikler halinde gösterilmiştir.

Elde edilen sonuçlarla, poliesterin optimum boyama şartlarından bir veya daha fazlasının değişmesiyle, renk hassasiyetinin, ne şekilde etkilendiği incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Poliester boyama, poliester boyama parametreleri, dispers boya, renk hassasiyeti, poliester renk hassasiyeti, yıkama haslığı, poliester yıkama haslığı.

ABSTRACT

The investigation of color sensitivity of disperse dyestuff recipes to the process conditions.

In this study, the effects of changing process conditions to the color sensitivity and to wash fastness properties of the polyester fabrics were investigated by using different disperse dyes.

The experimental study was carried out in two parts. In the first part, dyeing experiments were carried out by using three different energy level disperse dyes. In this part, dyeing temperature, dying time and liquor ratio were changed. The color values were measured. The dyeing process recommended by the dyestuff manufacturer was used as the starting point while calculating the color differences. The results were transformed to color sensitivity using mathematical formulation. The results were shown in tables and graphics.

In the second part, dyeing experiments were carried out by using a black disperse dyestuff and the washing fastness of the dyed fabrics were investigated. The dyeing experiments were made by changing the parameters like temperature, time and concentration. After dyeing the washing fastness of the fabrics were measured and the results were given as tables and graphics.

Color sensitivity has been investigated by changing the dyeing parameters of disperse dyeing of polyester fabrics.

Key Words: Polyester dyeing, polyester dyeing parameters, disperse dye, color sensitivity, polyester color sensitivity, washing fastness, polyester washing fastness.

İÇİNDEKİLER

SAYFA NO

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1.GİRİŞ	1
2.KAYNAK ARAŞTIRMASI	2
2.1. Poliester Lifleri	3
2.1.1. Poliesterin Tanımı	3
2.1.2. Poliesterin Kısa Tarihçesi ve Gelişimi	3
2.1.3. Poliesterin Genel Lif Özellileri	3
2.1.4. Poliester Lifinde Görülen Bağlar	5
2.1.5. Poliester Lifinin İnce Yapısı	6
2.2. Dispers Boyarmaddeler	7
2.2.1. Dispers Boyaların Kimyasal Yapısı	13
2.2.1.1. Azo Dispers Boyalar	13
2.2.1.2. Antrakinon Gruplu Dispers Boyalar	15
2.2.1.3. Nitrodifenilamin Gruplu Dispers Boyalar	16
2.2.1.4. Diğer Kimyasal Gruplar	16
2.3. Poliester Liflerinin Boyanması	16
2.3.1. Boyama Sıcaklığı	17
2.3.2. Adsorpsiyon	18
2.3.3. Dispers Boyaların Poliester Liflerine Sorpsiyonu ve Difüzyonu	20
2.3.3.1. Boya Sorpsiyonu	20
2.3.3.2. Dispers Boyaların Difüzyonu	21

2.4. Reflektans Spektrofotometreleri	24
2.4.1. Reflektans Spektrofotometrelerini Oluşturan Başlıca Parçalar	25
2.4.1.1. Işık Kaynakları	25
2.4.1.2. Monokromatörler	29
2.4.1.3. Kısıtlı spektrofotometreler	29
2.4.1.4. Dedektörler	30
2.5. Bazı Renk Terimleri ve Açıklamaları	30
3.MATERYAL ve YÖNTEM	
3.1. Materyal	40
3.1.1. Çalışmada Kullanılan Poliester Kumaş	40
3.1.2. Çalışmada Kullanılan Dispers Boyarmaddeler	40
3.1.3. Çalışmada Kullanılan Kimyasal Maddeler	41
3.1.4. Çalışmada Kullanılan Aletler ve Cihazlar	41
3.1.4.1. Gaston County Futura Tipi Numune Boyama Makinesi	41
3.1.4.2. Monforts Montex 5000 Ramöz Makinası	42
3.1.4.3. Datacolor Ahiba Spectradye Numune Boyama Makinesi	42
3.1.4.4. Datacolor Spektraflash 600 Reflektans Spektrofotometresi	42
3.1.4.5. Mettler Toledo Hassas Terazi	42
3.1.4.6. Mettler Toledo Elektronik Pipet	42
3.1.4.7. Mettler Toledo Dijital pH-Metre	43
3.1.4.8. James H. Heal & Co. Ltd.Gyrowash Yıkama Haslığı Test Cihazı	43
3.2. Yöntem	43
3.2.1. Kumaşın Ön Terbiyesi	43
3.2.1.1. Haşıl Sökme ve Ön Yıkama	43
3.2.1.2. Kurutma ve Isıl Fiksaj	44
3.2.2. Boyama Deneyleri	44
3.2.2.1. Değiştirilen Parametrelere Bağlı Olarak	

Numunelerin Renk Değişiminin İncelendiği Boyama Deneyleri	45
3.2.2.2. Değiştirilen Parametrelere Bağlı Olarak Numunelerin Yıkama Haslıklarının İncelendiği Boyama Deneyleri	46
3.2.3. Boyanan Kumaşların Redüktif Yıkama İşlemi	48
3.2.4. Yıkama Haslığı Testleri	48
3.2.5. Kumaşların Renk Ölçümlerinin Yapılması	49
3.2.6. Boyamaların Değiştirilen Parametrelere Bağlı Olarak Renk Hassasiyetlerinin Hesaplanması	49
3.2.7. Deneysel Çalışmanın İstatistiksel Çalışmasının Yapılması	49
4.SONUÇLAR	
4.1. Renk Hassasiyetinin İncelendiği Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları	50
4.1.1. Renk Hassasiyeti Sonuçları	54
4.1.2. Renk Hassasiyeti ile İlgili Deneylerin Varyans Analizi Sonuçları	58
4.2. Yıkama Haslıklarındaki Değişimin İncelendiği Boyama Deneyleri Sonuçları	63
5.TARTIŞMA	65
KAYNAKLAR	69
EKLER	70
EK-1.Renk Hassasiyetinin İncelendiği Boyama Deneyleri Sonuçlarının Grafikselleştirilmesi	70
EK-2.Varyans Analizi Sonuçları	75
EK-3. Yıkama Haslıklarının İncelendiği Deneylerin Sonuçlarının Grafikselleştirilmesi	89
TEŞEKKÜR	93
ÖZGEÇMİŞ	94

SİMGELER DİZİNİ

Q	Lifteki Sınır Oranı
K_{∞}	Paylaşım Katsayısı
C_f	Boyarmaddenin Lifteki Doygunluk Çözünürlüğü [mmol/g]
C_b	Boyarmaddenin Boyama Çözeltisi İçerisindeki Doygunluk Çözünürlüğü [mmol/L]
E_{∞}	Denge Durumunda Boyarmadde Tüketimi
$\Delta\mu^{\circ}$	Boyarmaddenin Standart Afinitesi
R	Gaz Sabiti [J/Kmol]
D_S	Tabaka İçindeki Difüzyon Katsayısı [m^2/s]
C	Boyama Konsantrasyonu [mol/L]
δ_D	Difüzyonel Sınır Tabakası Kalınlığı
F	Birim Kesit Alanında Transfer Hızı
D_f	Materyaldeki Difüzyon Katsayısı [m^2/s]
$\delta C/\delta X$	Konsantrasyon Gradyenti
h	Planck Sabiti (J.s)
$[C]_f$	Lif Yüzeyindeki Boya Konsantrasyonu [mmol/g]
$[C]_s$	Çözelti İçindeki Boya Konsantrasyonu [mmol/L]
K	Paylaşım Katsayısı
D_T	Belirli Bir Sıcaklıkta Gözlenen Difüzyon Katsayısı [m^2/s]
D_0	Sabit
E	Aktivasyon Enerjisi
CIE	Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
UV	Ultraviöle
IR	Infrared
SED	Spektral Enerji Dağılımı
S_i	Değiştirilen Parametreye Bağlı Olarak Hesaplanan Renk Hassasiyeti
DE	Spektrofotometreden Hesaplanan Renk Farkı Değeri
D_i	Orijinal Parametreye Göre Değiştirilen Parametrenin Yüzde Oranı

ŞEKİLLER DİZİNİ	<u>SAYFA NO</u>
Şekil 2.1. Poliester Lifinin Kimyasal Formülü	5
Şekil 2.2. Poliester Lifindeki Bağlar	5
Şekil 2.3. Poliester Liflerinin Mikroskopik Görünümleri	7
Şekil 2.4. Dispers Azo Boyalarının Genel Yapısı	14
Şekil 2.5. Antrakinon Dispers Boyaların Temel Yapısı	15
Şekil 2.6. Üç Farklı Temperaturde Poliester Lifinde Dispers Red 11'in Denge Adsorpsiyon İzotermi	18
Şekil 2.7. Konsantrasyonun Adsorpsiyona Etkisi	19
Şekil 2.8. Nernst İzotermi	21
Şekil 2.9. Yüksek Basınçlı Ksenon Ark Lambasının Filtrelendikten Sonraki Spektral Enerji Dağılımının (SED) D65 Aydınlatıcısı ile Karşılaştırılması	27
Şekil 2.10. CIE Standart Aydınlatıcılarının Spektral Enerji Dağılımları	28
Şekil 2.11. Girişim Filtresi (a) Yapı (b) Tipik Transmisyon Eğrisi	30
Şekil 3.1. Standart Boyama Metodu	45

ÇİZELGELER DİZİNİ	<u>SAYFA NO</u>
Çizelge 2.1. Poliester Boyamanın Mekanizması	17
Çizelge 3.1. Çalışmada Kullanılan Boyarmaddelerin Özellikleri	40
Çizelge 3.2. Renk Değişimi İncelenirken Standart Olarak Kabul Edilen Birinci Boyama Deneyleri	45
Çizelge 3.3. Renk Değişimi İncelenirken Yapılan Deneylerdeki Proses Parametrelerinin Değişimi	46
Çizelge 3.4. Yıkama Haslıkları İncelenirken Standart Olarak Kabul Edilen Birinci Boyama Deneyleri	47
Çizelge 3.5. Yıkama Haslığı İncelenirken Yapılan Deneylerdeki Proses Parametrelerinin Değişimi	47
Çizelge 4.1. Standart (Birinci) Boyama Deneyleri Renk Sonuçları	50
Çizelge 4.2. İkinci Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları	50
Çizelge 4.3. Üçüncü Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları	51
Çizelge 4.4. Dördüncü Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları	51
Çizelge 4.5. Beşinci Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları	52
Çizelge 4.6. Altıncı Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları	52
Çizelge 4.7. Yedinci Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları	53
Çizelge 4.8. Sekizinci Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları	53
Çizelge 4.9. İkinci Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri	54
Çizelge 4.10. Üçüncü Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri	54
Çizelge 4.11. Dördüncü Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri	55
Çizelge 4.12. Beşinci Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri	55
Çizelge 4.13. Altıncı Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri	56

Çizelge 4.14. Yedinci Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri	56
Çizelge 4.15. Sekizinci Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri	57
Çizelge 4.16. Foron Blue RD-E Boyarmaddesinin %0.5'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu	58
Çizelge 4.17. Foron Blue RD-E Boyarmaddesinin %2'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu	58
Çizelge 4.18. Foron Blue RD-E Boyarmaddesinin %4'lük Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu	59
Çizelge 4.19. Foron Blue RD-S Boyarmaddesinin %0.5'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu	59
Çizelge 4.20. Foron Blue RD-S Boyarmaddesinin %2'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu	60
Çizelge 4.21. Foron Blue RD-S Boyarmaddesinin %4'lük Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu	60
Çizelge 4.22. Foron Blue SW-F Boyarmaddesinin %0.5'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu	61
Çizelge 4.23. Foron Blue SW-F Boyarmaddesinin %2'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu	61
Çizelge 4.24. Foron Blue SW-F Boyarmaddesinin %4'lük Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu	62
Çizelge 4.25. Boyama Parametrelerinin Değiştirildiği Boyama Deneyleri Sonucundaki Yıkama Haslığı Değerleri	63
Çizelge 4.26. Boyama Zamanının Değiştirildiği Birinci, İkinci, Üçüncü ve Dördüncü Boyama Deneyleri Sonucundaki Yıkama Haslığı Gri Skala Değerleri	63

1.GİRİŞ

Dünyanın önde gelen sektörlerinden biri olan tekstil sektörü, ülkemizin de kısa zamanda en büyük sektörü halini almıştır. Tekstil sektörü ülkemizdeki milyonlarca insanın geçim kaynağı olan ve ihracatımızın önemli bir kısmını oluşturan ülkemizin lokomotif sektörü konumundadır.

Dünya sanayisinin son yıllarda içine girdiği hızlı değişim süreci, ülkemizin en büyük sanayi sektörü olan tekstil sektörünü de etkilemiştir. Özellikle uzak doğuda üretilen kumaşların cazip fiyatları, yerli üreticinin yeni önlemler almasına neden olmuştur. Dış ülkeler ile rekabette, pazar payını düşürmemek için alınan önlemlerin başında üretim maliyetlerini düşürmek ve bunun yanında kaliteyi arttırmak gelmektedir. Ülkemizdeki hammadde, enerji ve işçilik maliyetleri, rekabet ettiğimiz ülkelere göre daha yüksek olduğu için, her ülke tarafından üretilen ürünlerin ülkemizdeki maliyetleri daha yüksek olmakta, dolayısı ile tekstil piyasasında alıcı bulma şansları da giderek azalmaktadır. Pazar payımızı arttırmanın tek yolu ülkemizdeki araştırma-geliştirme çalışmalarına önem vermek ve yüksek kaliteli ürünleri üretebilmektir.

Dünya sentetik lif üretiminde en büyük paya sahip olan poliestere liflerinde de teknolojik gelişmeler sürekli devam etmekte ve poliesterden üretilen mamüllerin özellikleri gün geçtikçe artmaktadır. Polyester ürünlerin gerek lif üretimindeki teknolojik gelişmeler, gerekse dokuma aşamasındaki yenilikler, bu ürünün ön terbiye, boya ve bitim işlemlerinde de yeniliğe gerek duyulmasına neden olmuştur.

Renk kavramı, özellikle ülkemizin tekstil sektörünün en büyük pazar payını oluşturan Avrupa ülkelerinde son yıllarda önemini iyice arttırmıştır. Modanın önemli bir etken olduğu tekstil pazarında, bir tekstil ürününün teknolojik özellikleri ne kadar iyi olursa olsun sadece renginin moda için uygun olmamasından dolayı kendine alıcı bulamayabilir. Bu nedenle ürettiğimiz ürünün kalitesi ne kadar yüksek olursa olsun, bu ürünü dünya pazarına sürerken o günün modasına uygun bir renge boyamamız gerekmektedir.

Poliester ürünlerin dispers boyalar ile boyanma işlemi ise görünüşte diğer boyama çeşitlerine göre daha kolay görünse de çok hassas bir işlemdir. Polyester ürünlerin yüksek sıcaklıkta (HT) boyama şartları, aynı üründe birden çok tekrarlandığında hem ürünün kalitesini düşürmekte hem de üretim maliyetlerini

arttırmaktadır. Özellikle elastan karışımı poliester kumaşların boyanmasında ilk seferde doğru boyama yapılması çok önemlidir. Yüksek kaliteli poliester kumaşları ancak kaliteli bir boyama işleminden sonra üretilebilirler. Ürünün kumaş özellikleri ne kadar iyi olursa olsun hatalı bir boyama işlemi ile bu özellikler gölgede kalabilir.

Poliester lif üretimi ve buna bağlı gelişmeler ile paralel olarak poliester lifini boyayabilen dispers boyarmaddeler ile ilgili çalışmalar da gün geçtikçe devam etmektedir. Günümüzde üretilen dispers boyarmaddeleri moleküler büyüklüklerine göre şöyle sıralayabiliriz:

1-) Küçük molekül büyüklüğüne sahip, düşük enerji seviyesine sahip dispers boyarmaddeler.

2-) Orta molekül büyüklüğüne sahip, orta enerji seviyesine sahip dispers boyarmaddeler.

3-) Büyük molekül büyüklüğüne sahip, yüksek enerji seviyesine sahip dispers boyarmaddeler.

Poliester lifini dispers boyalar ile boyamak için geliştirilmiş standart bir HT boyama işleminden söz edilebilir. Ancak bu standart işlem koşullarının her tür dispers boyarmadde ile aynı sonucu verebilmesi tartışma konusudur. Üç enerji düzeyindeki dispers boyarmaddenin de kendine özgü renk ve haslık özellikleri vardır. Doğru üretim yapabilmek için dispers boyama reçetesi, işlem koşulları ve renk hassasiyeti konularının birbiri ile ilişkilendirilerek incelenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada poliester kumaşların değişik dispers boyarmadde reçeteleri ve değişik işlem koşullarında boyanmasında renk hassasiyetinin ne şekilde etkilendiği kumaşların boyanma işlemi sonrasında da yıkama haslığı özellikleri araştırılmıştır. Sonuçta poliester kumaşların dispers boyarmaddeler ile boyanmasında renk hassasiyetinin, kullanılan boyama reçetesi ve işlem şartları ile ilişkilendirilmesi hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Poliester Lifleri

2.1.1. Poliesterin Tanımı

DIN 60001, Part 3, Edition 10.88'e göre poliester lifleri lineer makromoleküllerden oluşturulmuşlardır. Bu moleküller ağırlıkça en az %85 oranında –diol ve tereftalik asidin bir esterini içerirler. ISO Norm 1043 ve BISFA poliesterin PES kısaltması ile adlandırılmasını kararlaştırmışlardır (Anonim 1994).

2.1.2. Poliesterin Kısa Tarihçesi ve Gelişimi

Alifatik dikarbonat asitlerin glikollerle reaksiyonu ile lineer ve iplik oluşturulabilen poliesterlerin üretimi W.H.Carothers'in yüksek polimerler üzerine (Özellikle polikondenzasyon reaksiyonları üzerinde) başladığı çalışmanın bir parçası olarak 1928'de araştırılmıştır. Carothers çalışmalarını poliamidler üzerinde yoğunlaştırmasına rağmen 1931'de Carothers ve J.W. Hill tarafından yapılan ilk sentetik lif sebasik asit ve etilen glikolden yapılan poliester ipliği olmuştur. Bu poliesterin erime noktası düşük ve kullanımları tekstile uygun olmamıştır.

1939'da P.Schlach ve H.Ludewig çalışmalarında tereftalik asidi kullanmışlardır. Aynı tarihlerde J.R.Whinfield ve T.Dickson tereftalik asit ve etilen glikolden Terylene'i üretmişlerdir. Du-Pont 1950'de Fiber Y. ve 1953'te de Dacron'u üretmiştir. Bundan sonra farklı özelliklerde ikinci ve üçüncü kuşak poliesterler üretilmiştir (Anonim 1994).

2.1.3. Poliesterin Genel Lif Özellikleri

Fiziksel Özellikler:

Yoğunluk: 1.38-1.50 g/cm³

Erime Noktası 252-256°C

Yumuşama Noktası: 230-250°C

Camlaşma Sıcaklığı (İzotropik malzeme için): Yaklaşık 68°C

Spesifik Isı: 20°C'de 1.35 J°Cg⁻¹ (0.32 cal°Cg⁻¹)

150°C'de 1.75 J°Cg⁻¹ (0.42 cal°Cg⁻¹)

200°C'de 3.15 J°Cg⁻¹ (0.75 cal°Cg⁻¹)

Teknolojik Özellikler:

Çekme Mukavemeti: Kontinü filament 3.5-4.5 g/dtex (4-5 g/den)

Kesikli lif 2.7-3.5 g/dtex (3-4 g/den)

Yüksek tenasite 5.4-7.2 g/dtex (6-8 g/den)

Islanma Sonucu Mukavemet Kaybı: %0

Düğüm Mukavemeti: Çekme mukavemetinin %70'i

Kıvrım mukavemeti: %80-90

Uzama: Normal Filament %20-30

Yüksek tenasite %10-13

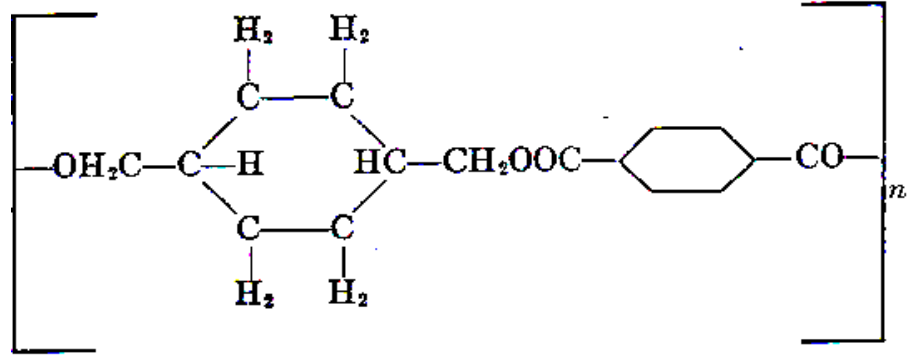
Normal kesikli lif %30-40

Düşük pilling %30-55

Normal Koşullar Altında: Nem Absorbsiyonu (1 bar 0°C) %0.4

Ütüleme Sıcaklığı 150-170 °C

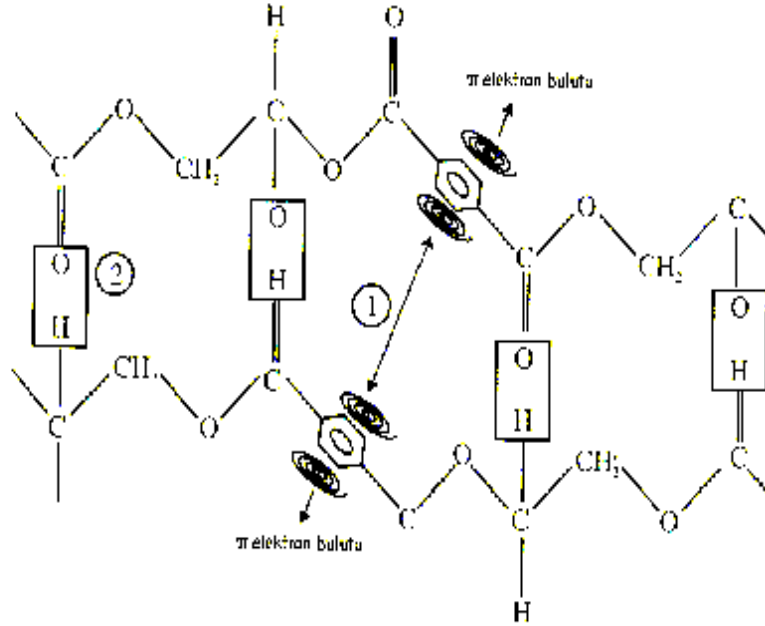
Maksimum Fikse Sıcaklığı 230°C (Anonim 1994)



Şekil 2.1. Poliester Lifinin Kimyasal Formülü (Joseph 1966)

2.1.4. Poliester Lifinde Görülen Bağlar

Yarı aromatik asit ile alifatik alkol monomerlerinden oluşan poliesterlerde aromatik halkalar nedeniyle makromoleküller arasında yoğun dispersiyon çekim kuvvetleri söz konusu olduğundan bunların erime noktaları çok daha yüksek olmakta ve makromolekül zincirindeki aromatik halka sayısı arttıkça daha da yükselmektedir. Dolayısıyla tam aromatik poliesterlerin erime noktaları da en yüksek olmaktadır.



Şekil 2.2. Poliester Lifindeki bağlar (Hockenberger 2004)

Yapılarında benzen halkaları içeren makromoleküllerden oluşan polimer maddelerin alifatik makromoleküllü polimer maddelere nazaran oldukça yüksek erime

noktalarına sahip olmalarının nedeni benzen halkaları arasındaki dispersiyon çekim kuvvetlerinin daha yoğun ve benzen halkalarının konformatif hareketliliğinin de daha kısıtlı olmasıyla ilgilidir. Komşu makromoleküllerin benzen halkaları arasında meydana gelebileceği düşünülen karşılıklı n-n elektronları ilişkileri ise önemli bir rol oynamaktadır (Hockenberger 2004).

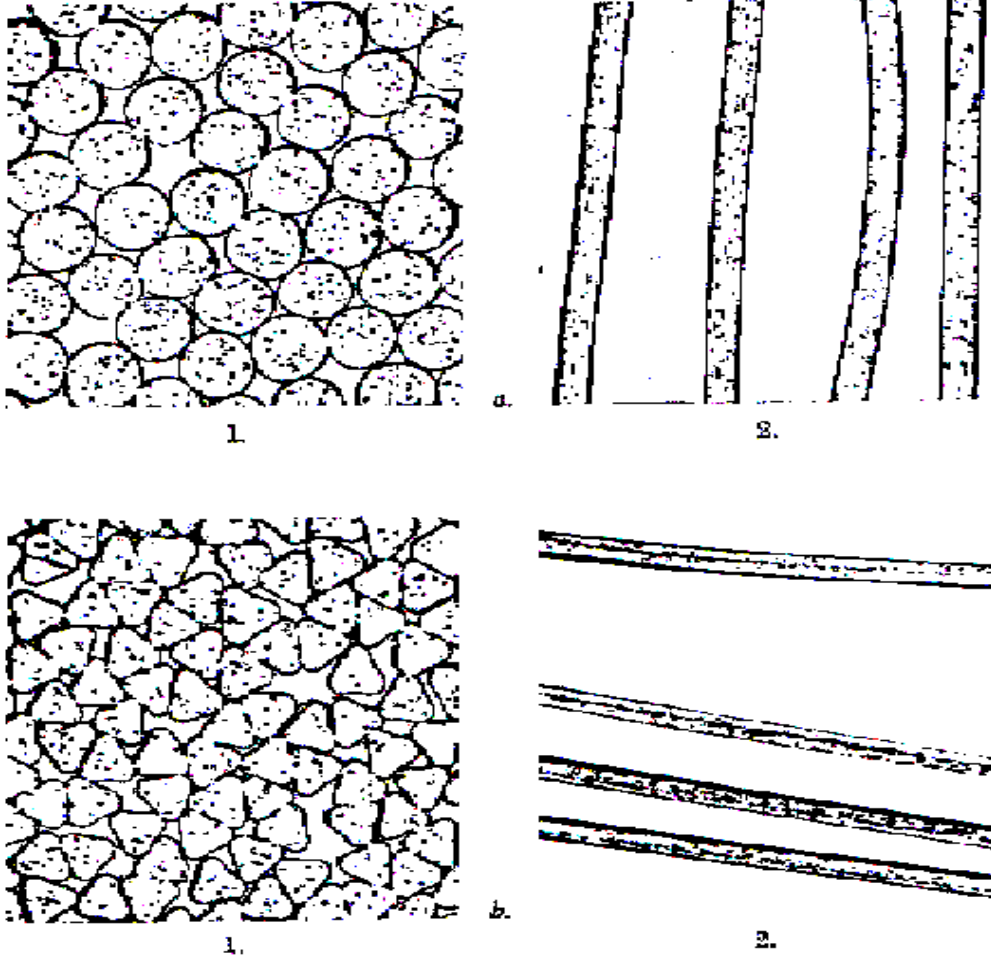
2.1.5. Poliester Lifinin İnce Yapısı

Poliester liflerinde kristalin bölgelerde yalnızca trans-trans konformasyonu mevcut iken, amorf bölgelerde trans-trans konformasyonunun yanında diğer konformasyonların da mevcut olduğu görülmektedir.

Trans-trans konformasyonunda karbonil gruplarının oluşturdukları dipollerin zıt yönlerde uzanmış olduklarından birbirlerini doyurmakta ve böylece daha düşük enerji düzeyi, daha stabil bir molekül yapısı ve daha yüksek erime noktası sonuçlarını doğurmaktadır.

Günümüzde poliester lifleri, amorf bölgeleri makromoleküllerin farklı yönelme durumuna bağlı olarak anisotrop kristalin olmayan bölgeler ve isotrop kristalin olmayan bölgeler olarak ikiye ayrılarak incelenmektedir.

Poliester liflerinde termofiksaj sırasında matristeki kristalitlerin eriyip yeniden oluşması olayı ancak 125-130°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda söz konusu olmaktadır. Zira daha düşük sıcaklıklarda poliesterin kristalizasyon hızı çok düşüktür. Termofiksaj işlemleri sırasında kristalitlerin yeniden oluşması ve/veya fibrillere katılması olayları 130-230°C arasındaki sıcaklıklarda yapılan termofiksaj işlemlerinde en belirgin şekilde etkili olmaktadır (Hockenberger 2004).



Şekil 2.3. Poliester Liflerinin Mikroskopik Görünümleri. a.Standart Poliester, 1-Kesit Görünümü, 2-Boyuna Görünüm; b. Trilobal Poliester, Dacron T-62, 1-Kesit Görünümü, 2-Boyuna Görünüm (Joseph 1966).

2.2. Dispers Boyarmaddeler

Dispers boyalar poliester liflerinin boyanmasında kullanılan en önemli boyarmadde sınıfıdır ve pek çok uygulama alanında geniş renk aralığında iyi boyama ve haslık özellikleri verirler. Bu boyalar poliester lifleri tarafından, afiniteye sahip oldukları diğer liflere oranla daha yavaş absorblanırlar fakat poliester liflerine afiniteleri iyidir. Boyama hızı boyama sıcaklığı 130°C'ye kadar çıkılarak artırılır.

Poliester mamullerin boyanması için kullanılacak olan dispers boyarmaddelerin seçiminde pek çok kriter söz konusudur. Yapılan boya seçimi en çok tercih edilen boyama prosesi şartlarına bağlıdır. Bu şartlar da, kullanılacak materyal ve mevcut

makinalar tarafından belirlenir. Boya seçimi materyalin son kullanım yerinde gerekli olan haslıkları veren boyamayı yapacak şekilde olmalıdır. Proses şartları, yardımcı maddeler ve boyalar birbirleri ile uyum göstermelidir.

Dispers boyalar non-iyonik, küçük parçacıklı, sulu dispersiyonlar olarak oda sıcaklığında suda çözünmeyen ve hidrofobik liflere substantiviteye sahip olan boyalardır. Bu boyalar az miktarda çözünmüş boya içeren küçük tanecikli sulu dispersiyonlar halinde uygulanırlar. Dispers boya çözeltileri boyanın monomoleküler formda olması ile karakterize edilir. Bu boyalar su içinde ideal olmayan çözeltiler olarak çözünürler ve aktivasyon katsayıları çok yüksektir.

Boyaların çözünürlüğündeki artış kritik misel konsantrasyonundan yüksek dispersiyon ajanı konsantrasyonunda elde edilir. Boyanın çözünürlüğü boyanın formülasyonu ve kimyasal yapısı tarafından belirlenir. Dispersiyon ajanı boyayı, boya banyosu içinde stabilize eder. Küçük dispers olmuş boyaların partikül büyüklüğü 1 µm civarındadır. Dispersiyon ajanlara boya parçacıklarının çevresinde bir koruyucu film oluştururlar ve aglomerasyonu önlerler. Bundan ayrı olarak bir elektrik iticilik stabilizasyonuna yardım eder. Anyon adsorbsiyonuna bağlı olarak dispers olmuş boya parçacıkları normal olarak zayıf bir elektrik yüke sahiptir. Banyoya ilave edilen dispersiyon ajanının tipi kullanılan boyanın içindeki ajana benzer olmalıdır ve bu dispersiyon ajanı bütün boyalar üzerinde bir koruyucu-kolloid etkisi oluşturmalıdır (Becerir 2000).

Dispers boyalar sentezlerinin son aşamasında reaksiyon karışımından alınırlar. Bu sırada büyük partiküllü ve çoğunlukla kristalin haldedirler. İyi boyama özelliklerinin elde edilmesi ve iyi renk veriminin sağlanması için boya, küçük parçacıklı, uniform ve stabil bir süspansiyon olarak life uygulanmalıdır. Bu yüzden ortamda mevcut bulunan tüm boya partiküllerinin boyutları küçültülmeli ve boyama sırasında parçacıkları süspansiyon halde tutacak sıcaklık, su sertliği ve diğer yardımcıların varlığından etkilenmeyen bir dispersiyon ajanı boya bünyesine ilave edilmelidir. Boyaya ilave edilen dispersiyon ajanı boyanın daha küçük parçacıklar haline gelmesini kolaylaştırır, boyanın bu halde kalmasını sağlar ve boya banyosu içinde boyanın dispersiyonuna yardımcı olur.

Sulu ortamda dispers boyalar çok küçük tanecikli sulu dispersiyonlar formunda uygulanırlar. Boyanın lif içine transferi boyanın çok seyreltik sulu çözeltisi içinden olur ve meydana gelen azalma süspansiyon haldeki parçacıkların çözünmesiyle tekrar doldurulur. Bu yüzden partikül büyüklüğü, kristal yapı ve dispersiyon stabilitesi çok önemli faktörlerdir. İdeal olarak bir ticari dispers boya suya katıldığında çok çabuk dispers olmalı ve çok küçük ve uniform partikül büyüklüğünde stabil bir dispersiyon vermelidir. Ayrıca bu dispersiyon boyama işlemi boyunca uygulanan en yüksek sıcaklığa kadar stabil kalmalı ve bu durumu banyoya ilave edilen diğer kimyasallar varlığında da devam ettirmelidir. Bazı belirli şartlar altında, >100°C sıcaklıkta, bazı belirli yüzey aktif ajanların varlığında boya parçacıklarının agregasyonu oluşabilir ve bu durum ilerleyebilir. Bunun sonucunda agregatlar lif yüzeyine yapışarak sürtme ve yaş haslığı düşürebilirler. Doğru yüzey aktif madde seçimi agregasyonun önlenmesine yardımcı olur ve boyaların lif yüzeyine yapışarak lokal bir boyama yapılmasını engeller.

Boyanın boya banyosu içindeki durumu absorpsiyon izoterminin linearitesini etkiler. Yüzey aktif maddelerin eklenmesi paylaşım katsayısını düşürür ve dispersiyon ajanlarının ilavesi denge boya alımını ve boyama hızını etkiler. Pratikte fazla miktarda yüzey aktif madde eklenmesi sakıncalı olabilir çünkü çözünürlük giderek artıyor olsa bile, fazla yüzey aktif madde bazı boyaların kristallenmesine veya agregasyon ürünleri oluşmasına neden olur. Bu kristal ve agregasyon ürünleri normal boyama süresi içinde lif tarafından absorblanamazlar. Bunun sonucunda boyanmış materyallerin sürtme haslığı azalır.

Dispers boyaların parçacık büyüklüğü azaldıkça (molekül ağırlığı 250-300) boya alımı ve parçacıkların toplam yüzey alanı artar, boyalar daha çabuk çözünür ve boyama hızı artar. Molekül boyutu büyüdükçe boyaların boyama kabiliyetleri zorlaşır, düşük boyama hızları ve zayıf migrasyon özellikleri verirler. Daha büyük moleküllü dispers boyaların çoğu alifatik hidroksi, asetilamino ve metilsülfonil gibi hidrofilik gruplara sahiptir. Dispers boyalar bazı polar gruplar (substituent) dışında (-OH, CH₂CH₂OH, -NO₂) yüklü gruplar taşımazlar. Yapı olarak aralarında çok az fark olan boyaların farklı lifler üzerindeki adsorpsiyonları birbirinden farklı olabilir.

Dispers boyaların polaritesi boyanın boyayabilme özelliğini etkiler. Boyanın hidrofobik dengesi boya absorpsiyonu üzerinde etkilidir. Dispers boyalar hidrofilik hale geldikçe bunların life olan afiniteleri düşme eğilimindedir.

Boyama sırasında birbiri ile etkileşime girmeyen boyalar için; boya banyosu veya lif içinde diğer bir boyanın bulunması birinci boyanın aktivitesini etkilememektedir. İzomorf boya çiftleri durumunda, bu boyaların boya banyosu içinde karışık kristaller veya lif içinde veya banyo içinde kompleks yapılar oluşturma olasılığı vardır. Sulu fazda oluşan herhangi bir etkileşim boya alımını azaltabilir ve boyama sırasında boya banyosu içinde boyalar karışık kristaller oluşturabilir. Sulu çözeltiler içinde boyamada boyanın suda çözünürlüğü doygunluk seviyeleri üzerinde belirleyici bir faktördür.

Her bir boyanın boyama hızı, banyo formülasyonu içindeki konsantrasyonuna bağlıdır. Dispers boyaların başlangıç konsantrasyonları farklı ise boya alımı uniform olmaz. Sürenin bir fonksiyonu olarak lif üzerinde bulunan boya miktarı hem başlangıç boya konsantrasyonuna hem de etkin banyo akışına bağlıdır. Boya konsantrasyonu arttıkça veya akış hızı azaldıkça, boya banyosunun denge çekimine ulaşmak için daha fazla süre gerekir. Eğer bir boyanın konsantrasyonu diğerlerine göre daha düşük ise diğer boyalara göre daha hızlı boyama yapacaktır. Boyama şartları en yavaş boyayan boyanın etkin dengeye gelmesine izin vermelidir. Üç boyalı bir formülasyonda her bir boyanın tek tek lineer çekimini oluşturacak tek bir sıcaklık süre eğrisi elde etmek mümkün değildir. Bireysel dispers boyalar karışım olarak boyamada genellikle birbirleriyle etkileşime girmezler ve birbirlerinin boyama etkinliklerini etkilemezler fakat bugün elde olan verilere göre dispers boyalar her zaman tam lineer boyama yapamamaktadır (Becerir 2000).

Dispers boyamanın düzgünlüğü boyanın iki farklı özelliği tarafından yönetilir:

1. Çekim davranışı
2. Migrasyon kapasitesi

Lif üzerine çok yavaş giden bir boya ısıtma fazında lifi düzgün olarak boyar. Lif üzerine hızla giden boyalar ısıtma fazında düzgün olmayan boyama yapmaya yatkındır. Life hızlı giden boya boyama sıcaklığında iyi migrasyon özelliğine sahipse ısıtma fazındaki düzgünsüzlük ortadan kalkar. Genel olarak bir boyanın migrasyon

kapasitesi bu boyanın yüksek sıcaklıkta bir işlem sırasında tekstil substratı içindeki boya konsantrasyonundaki varyasyonu düzgünleştirme kapasitesidir. Düzgünleştirme kapasitesi poliester lifinin tipine bağlıdır ve artan sıcaklık ve süre ile yükselir. Boya dispersiyonlarının stabilitesi şu faktörlere bağlıdır (Becerir 2000):

1. Çözelti içindeki boya konsantrasyonu
2. Boyama sıcaklığı
3. Boyama süresi
4. İlave edilen yüzey aktif maddeler
5. Carrier, bitim işlemi maddesi, spin-finish'ler
6. Elektrolit miktarı
7. pH
8. Çözelti çevrimi
9. Tekstil materyalinin geçirgenliği

Boyaların kristalizasyonunu artıran nedenler şunlardır (Becerir 2000):

1. Boya kristallerinin çok yüksek saflığı
2. Parçacık büyüklüklerinin çok değişik olması
3. Boyanın çözünürlüğünü artıran maddeler
4. Çözeltinin periyodik olarak ısıtılması ve soğutulması

Boyaların aglomerasyon ve agregasyonunu teşvik eden faktörler şunlardır (Becerir 2000):

1. Dispersiyon ajanlarının stabilize etkisini bozan faktörler
2. Elektrostatik iticiliği azaltan faktörler
3. Boya parçacıklarının kolozyonu olasılığı
4. Boya parçacıklarının kinetik enerjisini artıran faktörler

Boya konsantrasyonu ve boyama sıcaklığı arttıkça ve boyama süresi uzadıkça aglomerasyon ve agregasyon olasılığı artar.

Dispers boyaların enerji seviyesine göre sınıflandırılması boyaların kritik boyama sıcaklıkları, migrasyon, yükleme ve difüzyon hızlarına göre yapılır.

Küçük molekülü dispers boyaların polaritesi düşüktür, kötü ısı ve süblimasyon dayanımları vardır. Bunların boyama hızları yüksektir ve düzgünlük özellikleri iyidir. Daha büyük molekülü dispers boyalar iyonik olmamakla beraber biraz polardır, iyi ısı

ve süblimasyon haslıklarına sahiptirler. Bunların boyama hızları daha küçük ve düzgünlükleri daha kötüdür.

Yüksek difüzyon değerlerine sahip dispers boyalar düşük enerji tüketimi ile life hızlı nüfuz ederler ve düşük boyama sıcaklıklarında bile optimum renk koyuluğu verirler. Düşük difüzyon değerlerine sahip boyalar (Bunlar genellikle büyük molekülü boyalardır) optimum renk koyuluğunu yüksek sıcaklıkta ve daha fazla enerji tüketimi ile verirler.

Bir dispers boya için gerçek bir boyama profili yoktur ve adsorbsiyon davranışı pek çok faktör tarafından belirlenir. Bu faktörlerden en önemlileri boya konsantrasyonu, sıcaklık gradyenti, lif tipi ve yardımcı kimyasallardır.

Boyama prosesinin yüksek sıcaklık fazında boyaların migrasyon düzgünsüzlüğe olan eğilimleri çok önemli hale gelir. Düzenli olmayan çözelti sirkülasyonu veya çok hızlı ısıtma hızı nedeniyle, eğer boyalar düzgün olmayan şekilde adsorblanmışlarsa bu sorun çok önemli olabilir. Yüksek sıcaklık fazında dispers boyaların uniform uygulanmış olması kısa boyama süreleri takdirinde çok önemlidir.

Uniform dispers boyama elde edebilmek için boyaların migrasyon özellikleri yakın olmalıdır. Düşük enerjili boyaların migrasyon özellikleri daha iyidir. Özellikle boyanın su içinde çözünürlüğü olmak üzere diğer faktörler de migrasyon özelliklerini etkiler. Ayrıca boyaların migrasyon özellikleri farklı çekim oranları veya ön işlem sıcaklıkları nedeniyle poliester kumaşlarda olabilecek boya dalgalanmalarını örtme kabiliyetini de etkiler. Migrasyon özellikleri dispers boyalar adsorbsiyon fazında düzgün uygulanmadıkları taktirde anahtar faktör haline gelirken, difüzyon fazındaki anahtar parametre boyanın difüzyon hızıdır. Poliester boyamada yüksek sıcaklık fazında harcanan süreyi azaltmak için difüzyon indekslerine bakılarak yüksek difüzyon hızlarına sahip boyalar seçilmelidir.

Dispers boyaların seçiminde göz önünde bulundurulması gereken kriterler şunlardır (Becerir 2000):

1. Çekim kritik aralığına göre gruplandırma
2. Difüzyon hızı

3. Düzgünlük kabiliyeti
4. Egalize ajanlarına karşı olan hassasiyeti
5. Dalgalanma efekti kapatma indeksi

Poliester materyaller için en önemli haslık özellikleri ışık ve ısı işlemlere karşı olan haslıktır. Yüksek ısı haslığı olan boyaların yıkama haslığı da genellikle iyidir fakat bunun tersi doğru değildir. Isı uygulaması sonucunda dispers boyalar lif yüzeyine doğru ilerler ve eğer yüzeyde hidrofobik bitim kimyasalı varsa, lif dışına çıkıp bu kimyasal film tabakası içinde çözünebilirler. Bunun oluşması veya lif yüzeyinde fazla miktarda boya kalması yaş haslığı, yıkama haslığı, süblimasyon ve kuru temizleme haslığını düşürür ve rengin donuklaşmasına yol açar. Düşük enerji ve çoğu orta enerji dispers boyada bu durumla karşılaşmaktadır.

2.2.1. Dispers Boyaların Kimyasal Yapısı

Dispers boyaların kimyasal yapıları şu şekildedir.

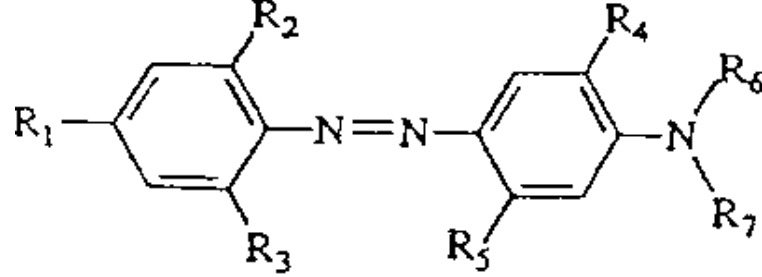
1. Azo grubu içerenler
2. Nitrodifenilamin grubu içerenler
3. Antrakinon grubu içerenler
4. Diğer kimyasal gruplar (benzodifuranon, coumarin, metkin, naftalimid, vb.)

2.2.1.1. Azo Dispers Boyalar

Dispers boyaların yaklaşık %50'si düşük molekül ağırlıklı monoazo boyalardır. Bunlar, boya banyosu içinde çözünen iyonik gruplar içermezler, tamamen non-iyoniktirler ve kısmi bir polarlığa sahiptirler. Bu grubun içinde bazı disazo boyaları da mevcuttur.

Dispers azo boyaların çoğu aminoazobenzen türevleridir ve özellikle sarı, oranj ve kırmızı renkleri verirler. Çok az sayıda violet ve mavi rengi veren azo yapıları da bulunmaktadır. Zaman içinde dispers boya üretiminde monoazo dispers boya üretiminin artış nedeni bu boyalar ile elde edilen renklerin batokromik olarak artmasıdır.

Dispers azo boyalar Şekil 2.4'deki gibi yapı esaslı olmakla beraber hem benzen halkasında spesifik bileşenler hem de heterokromatik disazo bileşikleri kullanarak farklılaştırılmaktadır.



Şekil 2.4. Dispers Azo Boyalarının Genel Yapısı (Becerir 2000)

R₁-R₇ bileşenlerinin kimyasal yapısı dispers boyanın, fiyat, üretim kolaylığı, renk haslığı ve boyama özellikleri gibi karakteristiklerini belirler.

Dispers monoazo boyalarında orijinal olarak diazo bileşiği olan molekülün bir kısmı azo grubun sol tarafında uzatılmış durumdadır ve elektron alan grupları (R₁-R₇) içerir. Coupling bileşen olan ve molekülün sağ tarafına uzatılmış olan kısım elektron veren grupları içerir. Azo grubun sol tarafında bulunan gruplar elektron alma ve sağ tarafında bulunanlar da elektron verme eğiliminde olduklarından molekülün renk açısı sarı, oranj, kırmızı, violet, mavi, yeşil ve hatta siyah verecek şekilde batokromik olarak değişir.

1960-70 yıllarında piyasaya sunulan monoazo dispers boyalar tinktoryal kuvvetleri ve yaş haslıklarının antrakinon dispers boyalara göre daha iyi olmasına rağmen yüksek sıcaklıkta boyamada daha kolay indirgenmeleri nedeniyle özellikle kombinasyon boyamalarda kötü yeniden üretilebilirlik özellikleri vermişler ve yüksek ısı ve yaş haslıkları nedeniyle sürekli boyama proseslerinde kullanım alanı bulmuş ve başlangıçta parça boyamada sınırlı oranda başarı sağlayabilmişlerdir.

2.2.1.2. Antrakinon Gruplu Dispers Boyalar

Antrakinon dispers boyalar öncelikle selüloz asetatın boyanması için geliştirildi. 1950-60 yıllarında poliester lif üretiminin büyük artış göstermesi sonucunda poliesteri boyayabilen yeni dispers boyaların araştırma çalışmaları sonucunda poliesteri

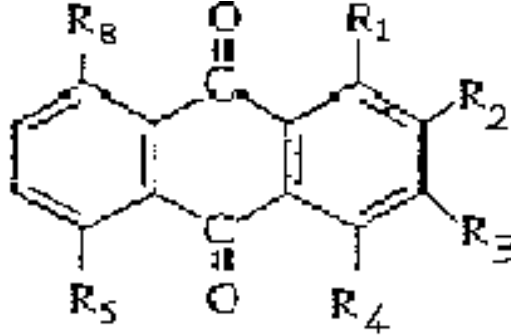
boyayabilen antrakinon esaslı dispers boyalar sentezlendi. Bu devre içinde geliştirilen antrakinon dispers boyaların bazı belirgin özellikleri şöyledir:

1. Parlak renkler (özellikle maviler ve kırmızılar)
2. Çok iyi ışık haslığı
3. İyi örtme özellikleri
4. İyi yeniden üretilebilirlik

Geçen süre içinde antrakinon boyaların ortaya çıkan sakıncaları şunlardır:

1. Tinktoryal olarak zayıf
2. Kötü yaş haslıklar
3. Pahalı
4. Üretimde çevre problemleri

Antrakinon gruplu dispers boyalar özellikle mavimsi kırmızılar, violetler, maviler ve mavimsi yeşillerdir. Bu boyalar cc-aminoantrakinon türevleridir ve temel yapı Şekil 2.5 'de gösterilmektedir.



Şekil 2.5. Antrakinon Dispers Boyaların Temel Yapısı (Becerir 2000)

Renk-açısı R_1 , R_4 , R_5 ve R_8 ile kontrol edilir: R_2 ve R_3 'ün renk açısı üzerindeki etkisi az fakat boyama ve haslık özellikleri üzerindeki etkisi fazladır.

Antrakinon serilerinde renk açısı değişimi azo serilerinde olduğu gibidir. Elektron alan gruplar kromoforun antrakinon karbonil grupları $>C=O$, elektron veren gruplar da 1,4,5,8 (R_1 , R_4 , R_5 , R_8) pozisyonundaki substituentlerdir.

Antrakinon dispers boyalar halen kullanılmakla beraber sentezleri için yeni yöntemler geliştirilmiş ve yeni dispers boyalar konusundaki çalışmalar yeni boya gruplarının araştırılması yönünde olmuştur.

2.2.1.3. Nitrodifenilamin Gruplu Dispers Boyalar

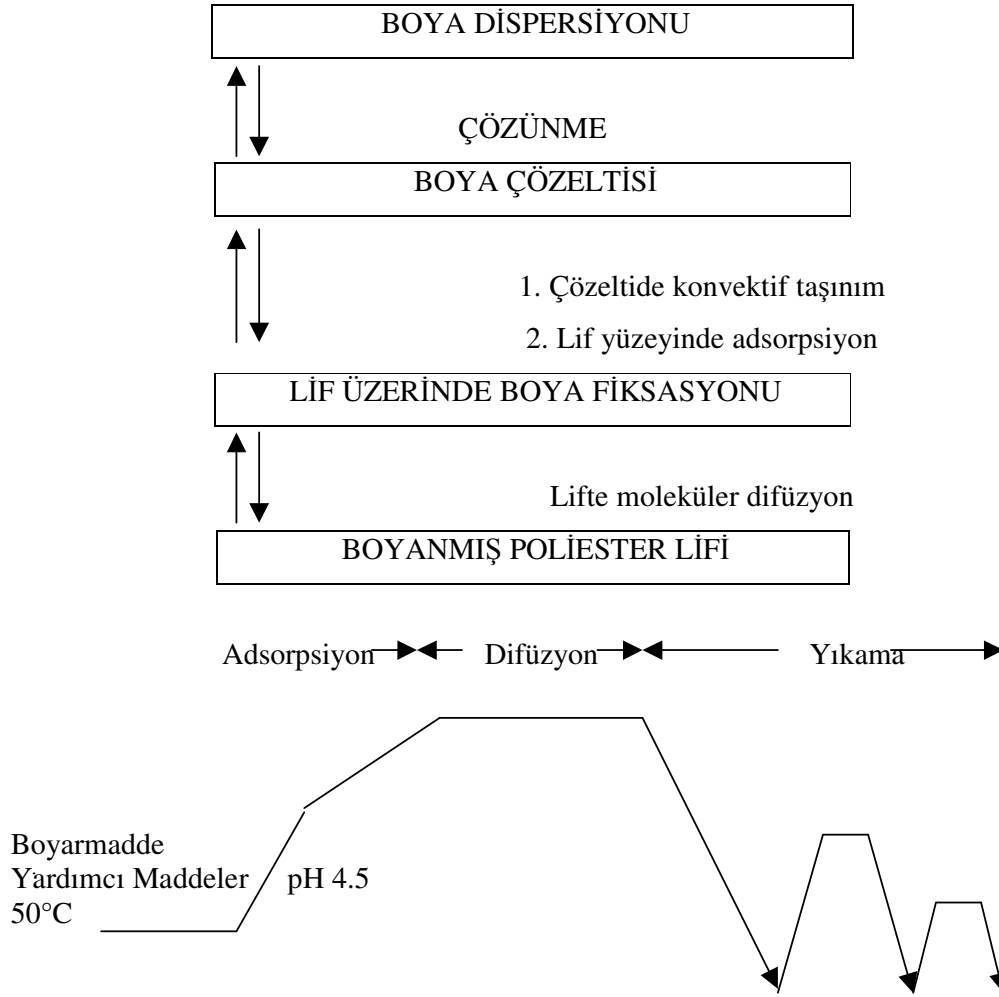
Bunlar sarı ve oranj-sarı boyaların küçük bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu gruplu boyalar poliester liflerinde iyi ışık haslığı verirler. Boya molekülüne polar gruplar eklenerek veya boyanın molekül boyutu arttırılarak süblimasyon haslıkları iyileştirilebilir.

2.2.1.4. Diğer Kimyasal Gruplar

Bu grup içinde özellikle benzodifuranon yapı esas alınarak yeni dispers boyarmaddelerin sentezlenmesi üzerinde çalışılmaktadır. (Becerir 2000)

2.3. Poliester Liflerinin Boyanması

Poliester kumaşlar günümüzde HT tipi, yüksek sirkülasyon özelliğine sahip boyama makinalarında ve çoğunlukla 130°C'de boyanmaktadır. Çözeltide, aşağıdaki Çizelge 2.1'de ifade edildiği gibi, polimer içine yavaş difüzyonun sonucu olarak, poliester tarafından boyarmaddenin adsorpsiyonu, lif yüzeyine boyarmaddenin konvektif transferi yoluyla olmaktadır. Atmosferik koşullar altında, lif içine doğru boyarmaddenin daha hızlı difüzyonu, poliester geçiş sıcaklığının üzerinde, sıcaklığın artması ile birlikte organik keriyerler kullanılmadıkça, dispers boyarmaddelerin çoğu yavaşça difüze olmaktadır. Poliester tarafından alınan boyarmadde konsantrasyonu Saturasyon Değer olarak ifade edilmektedir.



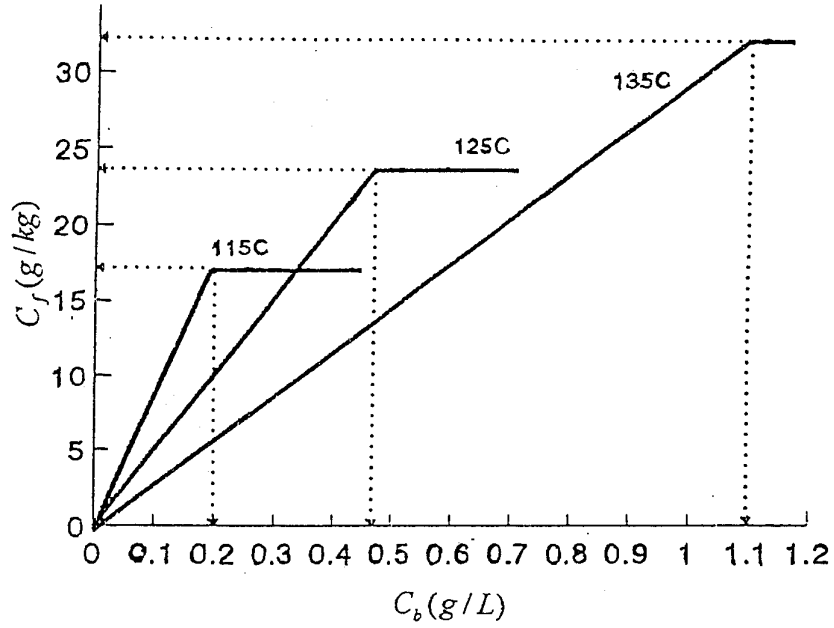
Çizelge 2.1. Poliester boyamanın mekanizması (Cunnigham 1996).

2.3.1. Boyama Sıcaklığı

Boyama sıcaklığı arttıkça, boyarmaddenin hem boyama çözeltisindeki doymuluk çözünürlüğü (C_b), hem de lifteki doymuluk çözünürlüğü (C_f) artmaktadır. Bununla birlikte boyarmaddenin boyama banyosundaki çözünürlüğü, liftekinden fazla olma durumunda, K_∞ (paylaşım katsayısı) da azalmaktadır (Gregor ve Etters 1979).

Bu paylaşım katsayısı da Şekil 2.6'da her bir sıcaklık için belirli bir çizgi boyunca gösterilmekte ve şu şekilde ifade edilmektedir:

$$K_\infty = C_f / C_b \quad (2.1)$$



Şekil 2.6. Üç Farklı Sıcaklıkta Polister Lifinde Dispers Red 11'in Denge Adsorpsiyon İzotermi (Etters, 1994).

Lifteki sınır oranı (Q) ve dengedeki tüketimi ifade eden (E_{∞}) göz önüne alındığında 2.1 no'lu denklem şu şekilde yazılabilmektedir (Gregor ve Etters 1979).

$$E_{\infty} = K_{\infty} / (K_{\infty} + Q) \quad (2.2)$$

Bu eşitlik ile temperaturdeki artışın, dengedeki tüketimi azaltacağı net bir şekilde anlaşılabilir. Bu da, yukarıdaki Şekil 2.6 'da gösterilmektedir.

Bu azalma, tüm boyama sistemlerinde kullanılan dispers boyarmaddelerle yapılan boyama sisteminin temel doğasından kaynaklanmaktadır.

Başka bir ifadeyle, ısıtma boyunca sıcaklık arttığı gibi, hem ($C_{b,m}$) çözünürlük, hem de adsorbe edilen boya miktarı (C_f) üssel olarak artmaktadır. Bununla birlikte sıcaklık artışı ile (C_f) değeri, ($C_{b,m}$) değerinden çok daha büyük olacağından; C_b/C_f oranı giderek azalmakta ve düzgünleşme de elverişsiz hale gelmektedir.

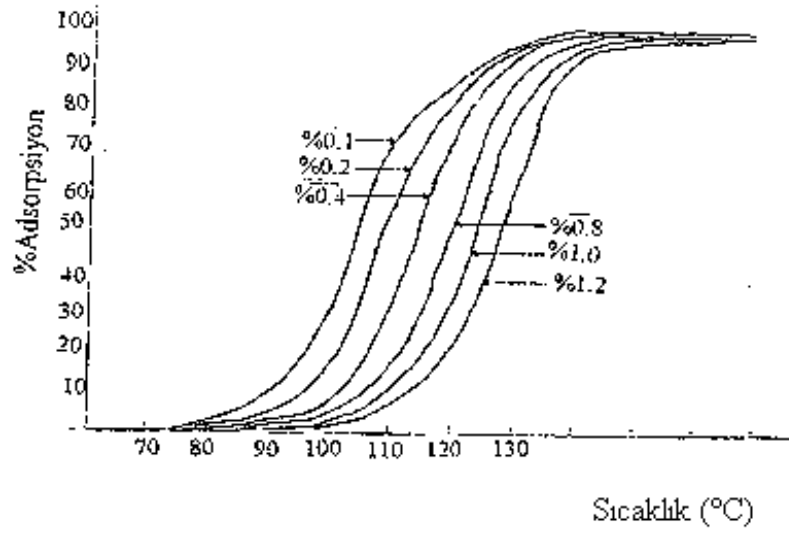
2.3.2. Adsorpsiyon

Adsorpsiyon temel olarak boyarmadde moleküllerinin lif üzerinde düzenli dağılımına denir. Adsorpsiyon boyunca, hidrofobik karakterde olan polister liflerinde makromoleküller arası bağlar gevşetilerek, boyarmadde moleküllerinin girebileceği

amorf bölgeler meydana getirilmektedir. Boya konsantrasyonu, sıcaklık ve difüzyon adsorpsiyonu etkiler.

1. Boya Konsantrasyonu:

Adsorpsiyon değişik konsantrasyonlardaki boyamalarda, konsantrasyon arttıkça zorlaşır. Zamanın ve sıcaklığın etkisi ile boyama sıcaklığında tüm konsantrasyonlarda % adsorpsiyon birbirine yakındır.



Şekil 2.7. Konsantrasyonun adsorpsiyona etkisi (Cunnigham 1994).

2. Sıcaklık:

Sıcaklığın dispers boyaların, çözelti ile hidrofobik lifler arasında dağıtımını üzerinde temperaturün etkisini açıklamak için, dispers boyaların PET lifler üzerindeki adsorpsiyonu, dolayısıyla paylaşım katsayısı (K) sabit tutulmalıdır.

T °K temperaturünde boyanın standart afinitesi ($\Delta\mu^\circ$) aşağıdaki 2.3 eşitliği ile verilmektedir (Burkinshaw 1994).

$$\Delta\mu^\circ = RT \ln K \quad (2.3)$$

K = Paylaşım Katsayısı

R= Gaz sabiti

T= Mutlak Sıcaklık

3. Difüzyon:

Difüzyon hızı boyarmaddenin büyüklüğü ile ilgilidir. Molekül büyüdükçe, difüzyon yavaşlayarak, zorlaşmaktadır. Bunun yanında boyarmadde molekülleriyle lifler arasındaki intermoleküler kuvvetlerde de rol oynamaktadır. Bu kuvvetler dipol, indüksiyon, dispersiyon kuvvetleri, H-köprüleri gibi kuvvetlerdir.

Difüzyon olayının gerçekleşebilmesi için, bir difüzyonel sınır tabakasının oluşması gerekmektedir. Bu da, materyal yüzeyinde difüzyon konsantrasyonunun %99'a kadar ulaşabildiği bölge olarak tanımlanmaktadır.

Difüzyon katsayısı, bir boyarmaddenin moleküler değeri ile yakından ilgili olmaktadır. Boyarmaddelerin enerji seviyeleri ile boyarmaddelerin benzer nüansları ve kimyasal yapıları karşılaştırıldığında; büyük moleküllü yüksek enerji seviyeli boyarmaddelerin, en düşük difüzyon katsayılarına sahip oldukları görülmektedir.

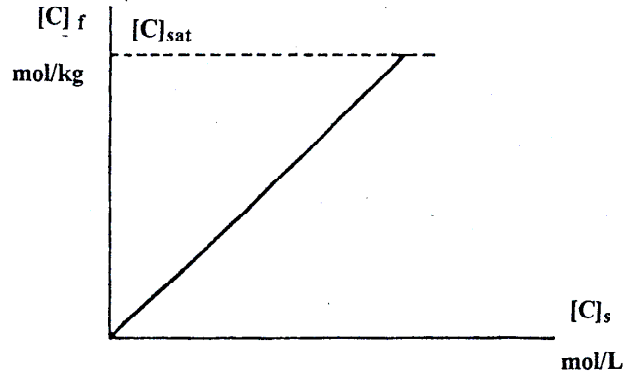
2.3.3. Dispers Boyaların Poliester Liflerine Sorpsiyonu ve Difüzyonu

2.3.3.1. Boya Sorpsiyonu

Poliester liflerinin boyanmasında denge durumuna erişildiğinde absorblanan boya miktarı sadece kullanılan çözelti-materyal oranına bağlı değil, aynı zamanda da lifin doygunluk kapasitesine bağlıdır. Eğer lif belirli bir miktar boyayı alabiliyorsa, başlangıç boya miktarını arttırmak, boyanın afinitesi sabit kalıyor olsa bile, boya çekim oranını azaltacaktır.

Bir boya banyosu içinde boya konsantrasyonunun azalması denge sıcaklığında boyanın life olan afinitesine ve boyama çözeltisi içindeki lif miktarına bağlıdır. Bir dispers boyanın paylaşım oranı (veya dağılım katsayısı) lif içindeki g/kg boya konsantrasyonunun boyama çözeltisi içinde kalan boya miktarına g/L oranı ile verilir.

Poliester liflerinin dispers boyarmaddelerle boyanması Nernst izotermine göre gerçekleşir. Nernst izotermi Şekil 2.8 'de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Nernst İzotermi (Becerir 2000)

Nernst izotermi formülasyon olarak şöyle verilir.

$$[C]_f = K[C]_s \quad (2.12)$$

$[C]_f$ = Lif yüzeyindeki boya konsantrasyonu

$[C]_s$ = Çözelti içindeki boya konsantrasyonu

K = Paylaşım katsayısı

Dispers boyaların poliester lifleri üzerinde adsorbsiyonu zayıf polar, dispersiyon ve hidrojen bağı kuvvetleri ile olur. Dispers boyaların çözünürlüğü ve adsorbsiyonu arasındaki ilişki boya molekülü ve içindeki polar ve π -bağı gruplarının sayısı ve yapısına bağlıdır.

Nernst izotermine göre boyanın lifler ve banyo arasındaki dağılımı boyanın iki farklı çözücü arasında, bunlardan bir tanesi (boya banyosu) doygun hale gelene kadar paylaşımıdır (Becerir 2000).

2.3.3.2. Dispers Boyaların Difüzyonu

Difüzyon, boya moleküllerinin lifin kristal olmayan bölgelerine nüfuziyet kolaylığının bir fonksiyonudur. Poliester liflerinde boyanın difüzyonu kristalin olmayan bölgelerdeki oryantasyonun derecesine bağlıdır.

Difüzyon prosesini etkileyen parametrelerden bir kısmı şöyle özetlenebilir:

- 1-Boya ve polimer substratı içindeki iyonize olabilen grupların yapısı ve konsantrasyonundaki değişiklikler,
- 2-Her iki fazda bulunan her türlü etken arasındaki etkileşimler,
- 3-Substratın fiziksel yapısındaki değişiklikler ve amorf bölgedeki değişikliklerle birlikte gerilimlerin oluşması ve serbest kalması,
- 4-Ana fazlarda ve sınır tabakalarında, çözücünün yapısındaki ve moleküler oryantasyonundaki değişiklikler.

Boyama prosesinin başlangıcında boya, substrat arasında üniform olmayan şekilde dağılır. Bu durumda iken boya konsantrasyonu lif yüzeyinde maksimum ve lif içinde sıfırdır. Yüksek konsantrasyondan alçak konsantrasyona doğru boya transferi olacak şekilde bir konsantrasyon gradyanı oluşur. Bu olay Fick yasası ile verilir ve ifade edilir:

$$F = - D \left[\frac{\delta C}{\delta X} \right] \quad (2.13)$$

F: Birim kesit alanında transfer hızı (g veya mol)

C: Difüzyon yapan maddenin konsantrasyonu

X: Kesite dik doğrultuda ölçülen ortam koordinatı

D: Difüzyon katsayısı (uzunluk²/süre, m²/s.)

$\delta C/\delta X$: Konsantrasyon gradyenti

Fick'in hipotezine göre bir difüzantın bir birim kesit alanından transfer hızı bu alana normal doğrultu üzerindeki konsantrasyon gradyanı ile orantılıdır. Denklemdaki eksinin anlamı difüzyonun artan konsantrasyona ters yönde oluşmasıdır.

Fick yasası konsantrasyon gradyeninin sabit kabul edildiği bir ortamda transfer hızını vermektedir ve tüm yönlere doğru bütün noktadaki difüzyon özelliklerinin aynı olduğu izotropik bir ortam ifade etmektedir. Fakat lifler gibi anizotropik olan ortamlarda, difüzyon özellikleri ölçüldükleri doğrultulara bağımlıdır. Ayrıca gerçek sistemlerde, D difüzyon katsayısı difuzatın lif içindeki konsantrasyonuna bağlıdır.

Liflerde difüzyon, konsantrasyonu sabit tutulan yüzeye dik doğrultuda gerçekleşmez ve yüzeydeki konsantrasyon sürekli sabit değildir.

1-Difüzyon Aktivasyon Enerjileri:

Difüzyon aktivasyon enerjisi tespit edilerek sıcaklığın difüzyon hızı üzerindeki etkisi belirlenebilir. Difüzyon yüksek konsantrasyona sahip bölgelerden düşük konsantrasyona sahip bölgelere tesadüfi bir hareket olduğundan sıcaklık yükselişi ile artar ve bir molekülün bir bölgede veya kapiler yüzeylerde bulunma süresi azalır. Kantitatif olarak bu ilişki difüzyon aktivasyon enerjisi ile ifade edilir.

$$D_T = D_0 e(\exp (-E/RT)) \quad (2.14)$$

D_T = Belirli bir sıcaklıkta gözlenen difüzyon katsayısı

D_0 = Sabit

E = Aktivasyon enerjisi

Aktivasyon enerjisi difüzyon katsayısının sıcaklık ile değişimi hakkında fikir verir. Aktivasyon enerjisi yüksek olduğunda sıcaklık arttıkça difüzyon katsayısı da büyük miktarda artar. Aktivasyon enerjisinin yüksek olması durumunda düzgün boyama elde edebilmek için sıcaklık yükselişinin de yavaş olması gerekir. Poliester liflerinin dispers boyarmaddelerle boyanmasında aktivasyon enerjisi 30.000 kalori civarındadır. Diğer bir ifade ile 250 kJ/mol (60 kcal/mol) değeri elde edilmektedir. Gerçek değer kullanılan boyaya ve boyanmadan önce lifin yapısının maruz kaldığı işlemlere ve uğradığı fiziksel değişikliklere bağlıdır.

2.14 ifadesinin iki defa doğal logaritması alındığında;

$$E = -2.303 R (d(\log D_T)/d (1/T)) \quad (2.15)$$

olarak elde edilir.

2-Difüzyon Katsayısı:

Difüzyon katsayısı bir molekülün verilen bir ortam içinde hareket çabukluğunun bir ölçüsüdür. Difüzyon katsayısının sayıca değeri arttıkça bir molekülün ortam içindeki hareket hızı da yükselir. Verilen bir sıcaklıkta bir molekülün hava ortamı içindeki

difüzyon katsayısı su ortamı içindekinden ve su ortamı içindeki de lif içindeki difüzyon katsayısında çok daha yüksektir.

Boyaların lifler içindeki difüzyon katsayılarının ($\cong 10^{-10} - 10^{-12} \text{ cm}^2/\text{s}$) sulu çözeltiler içindeki difüzyon katsayılarından ($10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$) çok düşük olmasının iki olası nedeni boya ve polimer zinciri arasındaki kuvvetli adsorbsiyon kuvvetlerinin etkisiyle boyanın büyük kısmının hareketsiz hale gelmesi ve polimer matriksi tarafından boyanın hareketine karşı gösterilen dirençtir. Ayrıca boyarmadde molekülünün büyüklüğü de bir etkindir.

Gutmann ve Metzger (1991) difüzyon katsayısının poliester liflerinin iç yapısı ile değişimini araştırdığı çalışmada, difüzyon katsayısının boyanan materyalin iç yapısına ve iç yapısındaki değişime doğrudan bağlı olduğunu bir dizi deneysel çalışma ile göstermiştir.

Artan eğirme hızları ile üretilmiş olan poliester liflerinin boya alım hızları, liflerdeki kristalinite ve yoğunluk artışı ile birlikte azalmaktadır. Bununla birlikte boya alımı, düşük hızlarda eğrilmiş ve sonra çekilmiş liflerin boya alımından daha fazladır (Becerir 2000).

2.4. Reflektans Spektrofotometreleri

Bir reflektans spektrofotometresi ile opak bir substratın rengini ölçmek için 400-700 nm arasında bu substratın reflektans/dalgaboyu eğrisi ölçülür. Farklı aydınlatıcı ve gözlem şartları altında eğrinin değişimi cihaz ile beraber kullanılan renk yazılımı ile bulunabilir. Substratların reflektans ölçümlerinde karşılaşılan temel sorunlardan bir tanesi opak yüzeylerin renklerinin bakış yönüne göre farklılık göstermesidir.

Eğer ölçüm yapılan opak cismin yüzeyi pürüzsüz ise, yüzeyden hem düzgün ışık yansımaları, hem de dağınık ışık yansımaları olacaktır. Düzgün yansıyan ışık dalgaboyundan bağımsız iken, dağınık yansıyan ışık opak substratın (kumaşın) absorpsiyon ve ışığı saçma karakteristiklerine ve substrat içindeki mevcut renklendiricilerin parçacık büyüklüğü ve dağılımına bağlıdır. Genel olarak hem düzgün, hem de dağınık ışık hem aydınlatma, hem de gözlem şartlarıyla değişiklik gösterir. Tekstil materyallerinin yüzey özellikleri başlıca olarak, life (doğal veya man-

made) lifin matlığına, ipliğin bükümüne ve kumaş yapısı ve örgüsüne bağlıdır. Kumaşlar parlak saten kumaşlardan örme yünlü kumaşlara kadar pek çok farklı yüzey özellikleri gösterirler. Kumaşların yüzey özelliklerinin etkisini en aza indirmek ve tekrar edilebilir ölçümler elde edebilmek için 1978'de CIE tarafından dört standart ölçüm geometrisi belirlenmiştir.

2.4.1. Reflektans Spektrofotometrelerini Oluşturan Başlıca Parçalar

2.4.1.1. Işık Kaynakları

Dünyamıza gelen güneş ışığı dünya atmosferindeki tabakalardan geçerken absorpsiyon ve saçılma sonucunda ana kompozisyonunu kaybetmekte ve dünyanın yüzeyine bir bölümü ulaşmaktadır. Dünya yüzeyine ulaşan güneş ışığı dünya atmosferinin yapısı ve fiziksel şartları (ozon tabakası, su buharı vb.) yanında dünya üzerine geldiği noktanın deniz seviyesinden yüksekliği, mevsim, yerel hava şartları ve günün saatine bağlı olarak da değişiklik göstermektedir.

Bu haliyle güneş ışığı renk ölçümü için kullanıma uygun değildir. Renk biliminde kullanılmak üzere yapay standart ışık kaynakları ve bunlara bağlı olarak da CIE (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) tarafından standart aydınlatıcılar tanımlanmış ve kullanılmaktadır.

Yapay ışık temel iki yol ile üretilir. Bunlardan birincisi maddeyi ısıtarak bu maddenin atom veya moleküllerini uyarmak ve bunun sonucunda bu maddeden görünür radyasyon çıkmasını sağlamaktır. Bu şekilde belirli bir dalga boyu aralığında tüm dalgaboylarını ihtiva eden sürekli bir radyasyon spektrumu elde edilir, ikinci olarak yapay ışık üretme yolu elektrik alanı içinde bir maddenin buharını elektron bombardımanına tutmaktır. Bu şekilde çizgisel spektraller elde edilir ve oluşan spektrum içinde farklı dalga boylarında bireysel ışık ışınları bulunur.

Metallerin ısıtılması ile elde edilen yapay ışığın dalga boyu metalin sıcaklığı arttırıldıkça azalır ve metal cisimlerden elde edilen radyasyonun enerji dağılımı ve bunun sonucunda ortama verilen ışığın rengi metal cismin sıcaklığı ile kontrol edilir.

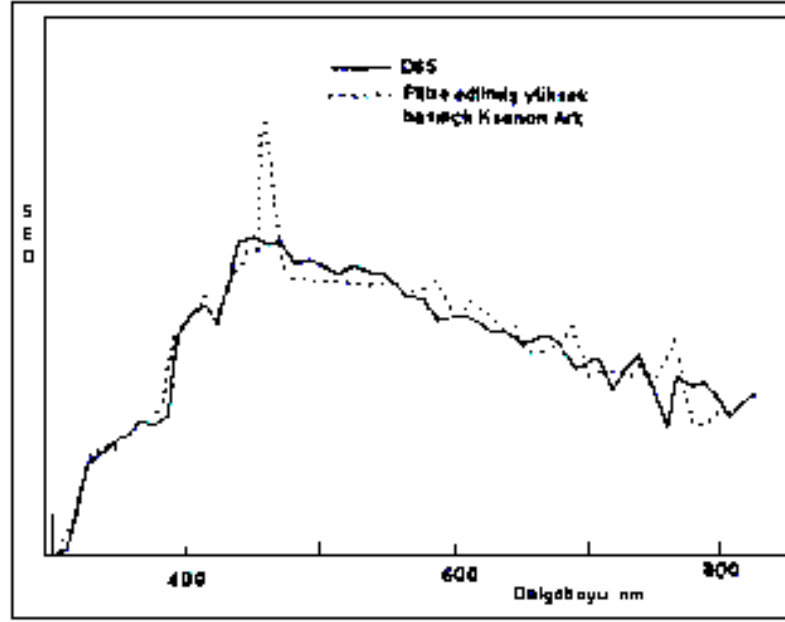
Kullanılan lambalara ait bazı örnekler aşağıda verilmiştir:

Tungsten filaman lamba: Tungsten tel üzerinden bir elektrik akımı geçirilerek ısıtılır ve radyasyon bu şekilde elde edilir. Tungsten telden ortama yayılan radyasyon büyük ölçüde tele uygulanan gerilim ile kontrol edilir. Pratik olarak görünür ışığın büyük kısmını elde edebilmek için tele uygulanan gerilim de yüksek olmalıdır, fakat yüksek gerilim uygulanması lambanın ömrünü kısaltmaktadır.

Tungsten halojen lamba: Lamba içine yerleştirilen bir miktar iyot veya brom lamba duvarına yapışan tungsten miktarını azaltmaktadır. Bunun sonucunda lambanın şeklinde yapılan değişiklik ile telin sıcaklığı artırılır ve ultraviyole (UV) bölgede daha fazla radyasyon elde edilir.

Gerilimli gaz tüpleri: Bu lambalarda lamba içindeki buharın atomları bir elektrik devresinin elektronları tarafından bombardıman edilir. Uyarılan atomlar kendi orijinal hallerine dönerken lamba içindeki buharın karakteristiğine bağlı olarak çizgi spektrumu halinde ortama dar radyasyon bantları yayarlar. Bu lambalara iki örnek cıva ve sodyum lambalarıdır.

Ksenon ark lambası: Bu lambaların spektral enerji dağılımı, uygun şekilde filtrelendiğinde ortalama gün ışığına benzediği için yüksek basınçlı ksenon ark lambası son yıllarda büyük önem kazanmıştır. Bu lamba görünür bölgede sürekli bir spektruma sahip olmasının yanı sıra UV ve infrared (IR) bölgede de radyasyona sahip olduğundan geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Yüksek basınçlı ksenon ark lambasının filtrelendikten sonraki spektral enerji dağılımı ortalama gün ışığını veren D65 aydınlatıcısı ile karşılaştırılmalı olarak şekil 2.9.'da verilmiştir.



Şekil 2.9. Yüksek Basınçlı Ksenon Ark Lambasının Filtreledikten Sonraki Spektral Enerji Dağılımının (SED) D65 Aydınlatıcısı ile Karşılaştırılması (Becerir 1998)

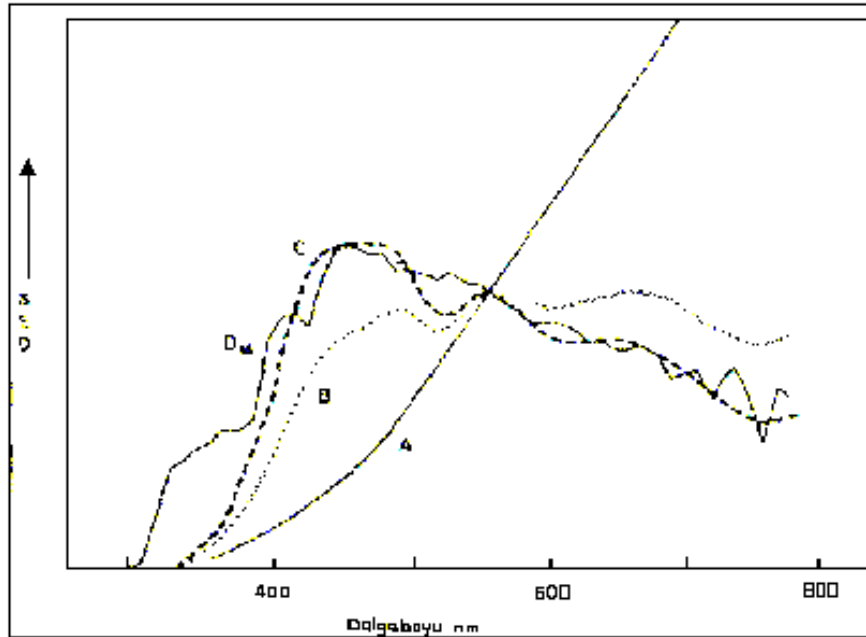
CIE standart ışık kaynakları ve aydınlatıcıları: Dünya üzerine gelen güneş ışığı mevsime, günün saatine, hava şartlarına ve coğrafik özelliklere bağlı olarak değiştiğinden ve yapay ışık kaynaklarından elde edilen ışık da lamba ömrü, boyutları, uygulanan gerilim gibi faktörlere bağlı olduğundan, rengin her şart için aynı ve tekrarlanabilir ölçümünü yapabilmek için CIE tarafından ışık kaynakları ve bunlardan elde edilen aydınlatıcıların özellikleri tanımlanmıştır. CIE iki temel yapay ışık kaynağı olan gün ışığı ve tungsten lambaların spektral karakteristiklerinden yola çıkarak standart aydınlatıcılar tanımlanmıştır.

Lambalar ışığı üreten fiziksel kaynaklar olup, aydınlatıcılar ise lambaların ürettiği ışığın özelliklerine bağlı olarak karakteristik spektral enerji dağılımlarına sahiptirler. Bu yüzden renk ölçümünde bir ışık kaynağından pek çok aydınlatıcının spektral enerji dağılımı elde edilebilir. Aydınlatıcıların spektral bir enerji dağılımları teorik olarak hesaplanmıştır ve her ışık kaynağı her aydınlatıcıyı veremeyebilir. İyi bir ışık kaynağının temel özelliklerinden birisi renk ölçümü için gerekli aydınlatıcıları verebilmesidir.

CIE A aydınlatıcısı içi gaz doldurulmuş bir tungsten filaman lambanın ışığını verecek şekilde ifade edilmiştir. CIE B aydınlatıcısı öğleden sonraki ortalama gün ışığını, CIE C aydınlatıcısı da ortalama gün ışığını vermektedir.

Standart ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla CIE, aydınlatıcılara ait spektral enerji dağılım eğrilerini yayınlamış fakat bu aydınlatıcıların eldesi için fiziksel ışık kaynakları önermemiştir.

A, B, C aydınlatıcılarından sonra D65 aydınlatıcısı CIE tarafından tanımlanmış ve ortalama gün ışığını doğruya en yakın şekilde ifade eden D65 günümüzde reflektans ölçümlerinde kullanılan en önemli aydınlatıcı olmuştur. CIE standart aydınlatıcılarının (A, B, C, D65) spektral enerji dağılımları Şekil 2.10'de verilmiştir.



Şekil 2.10. CIE Standart Aydınlatıcılarının Spektral Enerji Dağılımları (Becerir 1998)

D65'ten sonra ortalama gün ışığının bazı özel durumlarını ifade eden D55 ve D75 aydınlatıcıları tanımlanmıştır.

Diğer ışık kaynaklarından olan ark ve spark kaynaklarının radyasyon spektraları çoğunlukla radyasyon çizgileri serileri içerdiği için renk ölçümünde kullanıma uygun değildir. Fakat gün ışığına benzer sürekli enerji / dalgaboyuna sahip ksenon arkları görünür ve yakın UV'de ölçüm yapan bazı transmittans spektrofotometrelerinde kullanılmaktadır.

Spektrofotometrelerde kullanılan en yeni ışık kaynakları Ksenon Flash (ani parıldama) tüpleridir. Bunlar saniyenin birkaç binde birinde ani parıldama ile radyasyon üretirler ve ısınma özellikleri az olduğu için kısa sürede büyük kullanım alanı bulmuşlardır.

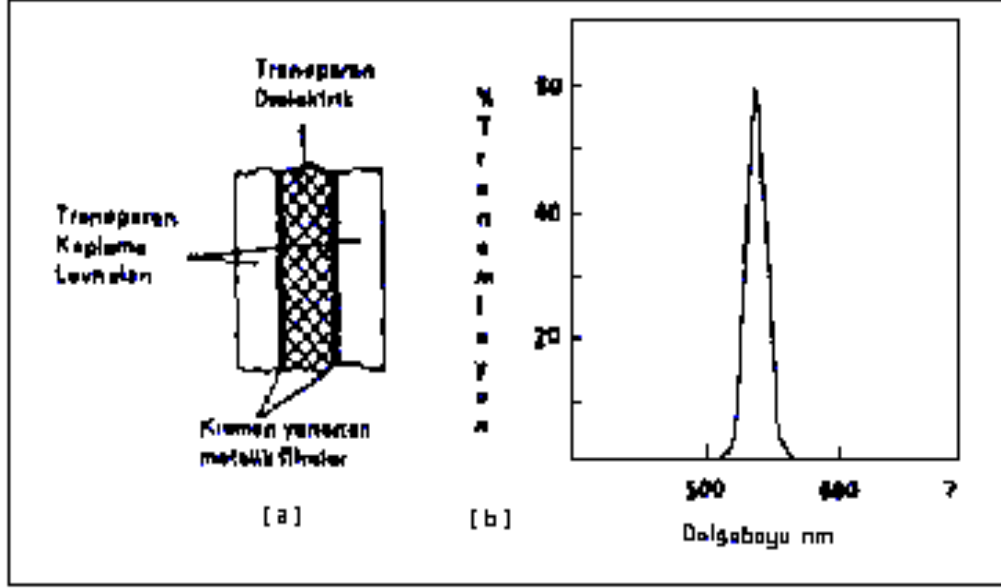
2.4.1.2. Monokromatörler

Monokromatörler ışık kaynağı tarafından üretilen heterokromatik (pek çok dalgaboyunda ışığı ihtiva eden radyasyon) radyasyon ölçüm ortamına girmeden önce, bu radyasyon içinden monokromatik dalgaboyunu seçen optik elemanlardır. Monokromatörler içindeki bu seçim monokromatörün dispersiyon elemanı tarafından yapılır. Günümüzde kullanılan dispersiyon elemanları ızgara (grating) tipindeki optik elemanlardır. Izgaraların dispersiyon güçleri dalgaboyundan bağımsızdır. Bazı özel metallere veya camdan yapılan, bu izgaraların üzerinde özel profilli çok sayıda oluk mevcuttur. Bu olukların üzerine düşen heterokromatik radyasyon, içindeki dalgaboyları sıraya dizilmiş olarak yüzeyden geri yansır ve bu düzgün sıralı heterokromatik radyasyon içindeki ölçüm için gerekli monokromatik radyasyon seçilir. Farklı amaçlar için kullanılan pek çok ızgara dizaynları mevcuttur.

2.4.1.3. Kısıtlı spektrofotometreler

Monokromatik ışık elde etmek için monokromatörler haricinde kullanılmak üzere girişim filtreleri geliştirilmiştir. Bu filtreleri kullanan cihazlara da kısıtlı spektrofotometreler denmektedir. Monokromatörle karşılaşılan pek çok sorun bu filtrelerin kullanımı ile ortadan kalkmıştır. Bu filtrelerin çalışma prensibi şöyledir: Dalgaboyu sırasına dizili halde filtreye gelen ışık demeti içinden istenmeyen dalgaboyları ışık demeti filtre içinden geçerken ayrılır ve filtre içinde tutulur. Ölçümde kullanılacak dalgaboyu filtrenin diğer çıkış yerinden ölçüm ortamına gönderilir. Bu filtreler bu özellikleri nedeniyle en çok reflektans

spektrofotometrelerinde kullanılmaktadır. Bu filtrelere ait bir örnek Şekil 2.11'de gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Girişim Filtresi (a) Yapı (b) Tipik Transmisyon Eğrisi (Becerir 1998)

2.4.1.4. Dedektörler

Günümüzde kullanılan modern dedektörler fotoemiyon veya fotoiletken elemanların kullanımına dayanan vakum fototüpleridir. Bunların içinde radyasyon etkisi altında elektron yayan bir madde ile kaplı bir fotokatot vardır ve ölçüm bu esasa göre yapılır. Bu vakum fototüplerinin duyarlılık aralığı fotokatodun üzerindeki kaplamaya bağlıdır. Yeni ışık kaynaklarının kullanımı sonucunda dedektörler için de alternatif dizaynlar yapılmaktadır. (Becerir 1998)

2.5. Bazı Renk Terimleri ve Açıklamaları

Görünüm: Cisimlerin ve materyallerin büyüklük, biçim, renk, tekstür, parlaklık, geçirgenlik, opaklık gibi görsel niteliklerle verildiği doğal durumdur.

Elektromanyetik Spektrum: Uzayda yol alan elektrik ve manyetik alanlarda titreşen, bir dalga boyuna ve frekansa sahip elektromanyetik dalgaların tümüne denir. Farklı dalga boylarının özellikleri de farklıdır. 380-720 nm dalga boyundaki görünür ışık haricinde spektrumun tamamı insan gözü için görülemez ve bazı kısımları da

hissedilemezdir. Görünür spektrumun dışında görülemeyen diğer dalgalar gamma ve x-ışınlarından mikrodalga ve radyo dalgalarına kadar uzanır. Rengi oluşturan olgu görünür bölgedeki dalgalıların cisim ve insan gözü ile olan etkileşimleridir.

Radyant Enerji: Boşlukta 3×10^8 m/sn hızla yol alan ve elektromanyetik spektrumu içeren enerji formudur. Radyant enerji dalgalı veya frekans ile ifade edilir.

Nanometre: 10^{-9} m'dir. Görünür bölgedeki dalgalıları çoğunlukla bu birim ile verilir.

Spektrum: Radyant enerji bileşenlerinin dalgalı, dalga sayısı veya frekansa göre sıralı düzenlenmesidir.

Işık: İnsan gözünün retinasının görsel hisler ve hücreler yardımıyla algılayabildiği elektromanyetik radyasyondur. Spektrumun bu bölümü yaklaşık 380-720 nm arası kapsar. Ultraviyole bölgesi insan tarafından görülemez.

Renk: Renk psikofizyolojik bir duyumdur ve cisimlerin görünümünün bir ifadesidir. Rengin olabilmesi için bir cisim, bir gözlemci ve bir ışık kaynağı gereklidir.

Renklendirici (Colorant): Renkleri yaratmak için kullanılan boya, pigment vb. gibi materyallerdir.

Boya: Suda çözünen renklendirici maddedir. Pigment de renklendirici bir madde olmasına rağmen suda çözünmez.

Renk Ölçümü: Bir numune tarafından belli koşullar altında yayılan, geçirilen veya yansıtılan ışığın fiziksel ölçümü ve buradan elde edilen sonuçların standart hale getirilmiş kolorimetrik terimlere matematiksel olarak dönüştürülmesidir. Bu terimler farklı renklerin görsel değerlendirilmesine karşılık gelir.

Renk Düzenleme Sistemleri: Renklerin üç boyutlu düzenlenebilmesini sağlamak için kullanılan sistemlerdir. Üç temel sınıflandırma sistemi kullanılır: (1) Görünüme Dayalı Sistem: Renk açısı, doygunluk ve ışıklılığa göre psikolojik temelli bir sistemdir (Munsell sistemi); (2) Düzenli additif renk karışımı temelli sistem (CIE ve Ostwald sistemleri); (3) Düzenli sübtraktif renk karışımı temelli sistem (Plochere renk sistemi - mürekkepler için).

CIE: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun Fransızca isminin baş harflerinin kısaltmasıdır. Uluslararası bir organizasyon olan CIE. aydınlatma, renk ve renk ölçümü konusıyla ilgili en önde gelen kuruluştur.

Yapay Günüşığı: Günüşığın rengini ve spektral dağılımını çeşitli uygulamalar sonucunda taklit eden ışık kaynaklarının ürettiği ışıktır.

Absorblama ve Absorbsiyon: Elektromanyetik dalgaların enerjisinin madde ile olan etkileşim sonucunda başka formlara dönüşmesi veya harcanmasıdır. Gelen radyasyonun doğrusal yöndeki transmitansının azalması o yönde absorblanan enerji ile Beer-Lambert kanununa göre ifade edilir.

Transparan (Geçirgen): Işığı dağıtmadan ve saçmadan içinden geçiren materyale verilen addır. Transparan materyallerde ışığın transmitansı ve absorbanı meydana gelir. Materyalin özelliğine göre bir kısım radyant enerji materyal içinde absorblanırken kalan kısım da materyalin diğer ucundan dışarı çıkar. Bu ilişki Beer-Lambert yasası ile hesaplanır.

Opak: Üzerine gelen ışığı diğer tarafa geçirmeyen materyallere verilen addır. Materyali üzerine düşen ışık enerjisinin bir kısmı yüzeyde ve içinde absorblanırken bir kısmı da ortama geri yansır. Ortama geri yansıyan bu ışık yüzey tarafından absorblanan enerjiyi içermez ve gözlemci tarafından renk olarak algılanır.

Optik Dansite (Optik Yoğunluk): Bir materyalin ışığı absorblama kabiliyetidir. Renk koyulaştıkça yoğunluk (dansite) artar. Özellikle mürekkepler olmak üzere sıvı durumdaki materyaller için kullanılır.

Additif Primerler: Bunlar kırmızı, yeşil ve mavi ışıklardır. Bu üç additif primer %100 şiddette bir araya geldiğinde beyaz ışık oluşur. Farklı ve değişken şiddetlerde bir araya geldiğinde ise farklı renkleri içeren bir renk gamutu meydana gelir. %100 şiddette herhangi iki primerin birleşmesi sübtraktif bir primeri oluşturur.

Sübtraktif Primerler: Herhangi iki additif primerin %100 şiddette karışımından oluşur. Magenta, sarı ve cyan (siyan) sübtraktif primerlerdir. %100 Kırmızı + %100 yeşil = sarı, %100 kırmızı + %100 mavi = magenta, %100 yeşil + %100 mavi = cyan

Cyan: Baskıdaki proses mürekkeplerinden biridir. Saf bir cyan "kırmızısız" bir renktir. Kırmızı renkteki bütün dalgaboylarını absorblar ve bütün mavi ve yeşil dalgaboylarını yansıtır.

Magenta: Baskıdaki proses mürekkeplerinden biridir. Saf bir magenta "sarısız" bir renktir. Sarı renkteki bütün dalgaboylarını absorblar ve bütün kırmızı ve mavi dalgaboylarını yansıtır.

Sarı: Baskıdaki proses mürekkeplerinden biridir. Saf bir sarı "mavisiz" bir renktir. Mavi renkteki bütün dalgaboylarını absorblar ve bütün kırmızı ve yeşil dalgaboylarını yansıtır.

Reflektans (Yansıma): Yansıyan radyant fluksun şiddetinin gelen radyant fluks şiddetine oranıdır. Genel kullanımda yansıyan radyant enerji oranı referans standarda göre tarif edilir.

Toplam Reflektans (Yansıma): Yüzeyden bütün açılarda yansıyan radyant fluksun toplamıdır ve hem düzgün hem de saçılarak (dağılarak) yansımayı içerir.

Düzgün (Kuramsal) Yansıma: Bir radyant enerji demetinin gelen açıya eşit fakat ters doğrultuda yansımasıdır (Ayna benzeri yansıma). Parlak (cılalı) materyaller üzerinden olan düzgün yansımanın miktarı açıya ve yüzey üzerinde iki ortam arasındaki kırıcı indekslerin farkına bağlı olarak değişir ve Fresnel Yasası ile bulunabilir.

Saçılarak Yansıma (Saçılma veya Dağınık Yansıma): Farklı bir kırıcı indekse ulaşan (yani yüzey üzerine düşen) radyant enerji parçacıklarının dağılması ve yeniden yönlenmesidir. Saçılma bir ara yüzeyde, yüzey üzerinde veya parçacık içeren bir ortam içinde olabilir.

Tam Beyaz: Teorik olarak görünür dalgaboyundaki bütün ışık enerjisini tamamen yansıtan materyal tam beyazdır. Pratikte ise bilinen bir spektral veriye sahip katı beyaz yüzey olup reflektans ölçümlerinde "referans beyaz" olarak kullanılır. Bir spektrofotometrenin kalibrasyonu yapılırken kullanılan beyaz seramik plaka tam beyaz referans olarak kullanılır.

Mükemmel Yansıtan Yüzey: Teorik olarak tam beyaz tanımına giren bu yüzey yapılan reflektans ölçümlerinde referans olarak kullanılan yüzey ve bu yüzeye ait değerlerdir. Okunan reflektans değeri bu yüzeye göre okunur.

Siyah: İdeal olarak gelen ışığın tamamen absorpsiyonu ve hiçbir yansımanın olmamasıdır. Pratikte ise görsel ve bağıl olarak bu ideal duruma yakın renkler siyahtır. Bu renklerin doygunlukları ve luminansları çok düşük seviyededir.

Beyaz: İdeal olarak gelen ışığın herhangi bir absorpsiyon olmadan geri yansıtılmasıdır. İdeal beyaz yüzey mükemmel yansıtan yüzeydir ve pratikte böyle bir yüzey mevcut değildir. Kalibrasyon seramikleri ideal beyaza yakın referans beyazı olarak kullanılırlar.

Parlaklık: Akromatik skalada rengin siyahtan beyaza doğru değerlendirilmesi olup ışıklılık veya lüminus reflektans olarak da adlandırılır. Bu terim doygunluk (saturasyon) terimi ile karıştırıldığı için kullanımında ve ifadesinde dikkatli olunmalıdır.

Analog Renkler: Renk çemberinde birbirine yakın olan renklerdir. Örnek olarak maviler ve morlar analogdur.

Renk Çemberi: Görünür spektrumun devamlı renklerinin bir çember içinde düzenlenmesidir. Bu çemberde komplementer renkler (kırmızı ve yeşil gibi) birbirlerinin karşısında yer alır.

Nitelik: Renklerin ifade edildiği olgulardır. Renkler çoğunlukla renk açısı (ton), doygunluk (saturasyon) veya kroma ve ışıklılık nitelikleri ile verilirler.

CIE Tristimulus Değerleri: CIE sisteminde üç renkli bir additif karışım ile bir rengi ifade edebilmek için gerekli olan bileşenler X,Y,Z tristimulus değerleridir. Bu değerlerin hesaplanmasında kullanılan aydınlatıcı ve gözlem açısı mutlaka değeri ile beraber verilmelidir. Elde edilen değerler integrasyon metoduna ve reflektans veya transmitansın ölçümünde kullanılan cihazın dizaynı ile numunenin yapısı arasındaki ilişkiye bağlıdır. Tristimulus değerleri bir numunenin karakteristik mutlak değerleri değildir ve bunları elde etme metoduna bağlı değerlerdir.

X Tristimulus Değeri: CIE tristimulus değerlerinin kırmızı primeridir.

Y Tristimulus Değeri: CIE tristimulus değerlerinin yeşil primeridir ve lüminus reflektans veya transmitansa eşittir.

Z Tristimulus Değeri: CIE tristimulus değerlerinin mavi primeridir.

Kromatisite: Renk değerlendirmesinin aydınlatma konusu içermeyen kısmıdır. Kromatisite iki boyutludur ve iki boyutlu düzlemde dalgaboyu ile ilişkili koordinatlar tarafından gösterilir.

Kromatisite Koordinatları: Üç tristimulus değerinden, X, Y, Z her birinin bu üç değer toplamına oranıdır ve sırasıyla x, y ve z olarak gösterilir. (ör: $x = X / [X+Y+Z]$). Bu koordinatlar bazen trikromatik katsayılar olarak da adlandırılır.

CIE Kromatisite Diyagramı: Kromatisite koordinatlarının iki boyutlu grafiği olup en fazla x'in apsisi, y'nin de ordinat olduğu grafik kullanılır. Bu grafik 380-770 nm arasındaki monokromatik ışığın kromatisite koordinatlarını verir.

Renk Uzayı: Mümkün bütün renkleri içeren  boyutlu uzaydır. Boyutlar farklı geometrilere tanımlanabilir. Farklı renk ve renk farkı formülasyonları aynı uzayı kullanabilir (r: CIELAB, CMC (2:1) ve Hunter).

Uniform Renk Uzayı: Tüm renk çiftlerinin eşit farklılıkta olduğu ve birbirlerinden yaklaşık eşit uzaklıklarda buldukları  boyutlu uzaydır.

CIE 1976 L* a* b* Renk Uzayı: Adams-Nickerson kp kök formülünü kullanan uniform bir renk uzayı olup 1976 yılında CIE tarafından renk ve küçük renk farklılıklarının ölçümü için önerilmiştir. L*, a* ve b* değerleri  boyulu silindirik koordinat sistemi içinde birbirlerine dik aıllarda yerletirmitir. Uzay içindeki eşit uzunluklar yaklaşık eşit renk farklılıklarını verir. Bu uzay yüzeyinden yansıma yapan cisimler için uygundur.

İıklılık: Beyaz cisimlerin gri cisimlerden ve açık renkli cisimlerin koyu renkli cisimlerden ayrılmasını sağlayan histir.

L*: CIELAB ve bazı diğer renk uzaylarında beyaz-siyah eksenini ve bu eksen üzerindeki koordinatı ifade eden değerdir. L* ekseninin yarısından yukarıya doğru (50-100) beyaza, aşağıya doğru da (50-0) siyaha gidilir. ΔL^* (veya ΔL^*) numune renk ile standart referans renk arasındaki iıklılık farkını belirtir.

a*: CIELAB ve bazı diğer renk uzaylarında kırmızı-yeşil eksenini ve bu eksen üzerindeki koordinatı ifade eden değerdir. Artı yönde kırmızı rengi, eksi yönde de yeşil rengi ifade eder. a+ yöne gidildikçe kırmızılık a- yöne gidildikçe yeşillik artar. Δa^* (veya Δa^*) numune renk ile standart referans renk arasındaki renk farkını belirtir.

b*: CIELAB ve bazı diğer renk uzaylarında sarı-mavi eksenini ve bu eksen üzerindeki koordinatı ifade eden değerdir. Artı yönde sarı rengi, eksi yönde de mavi rengi ifade eder. +b yönüne gidildikçe sarılık -b yönüne gidildikçe de mavilik artar.

Δb^* : numune renk ile standart referans renk arasındaki renk farkını belirtir.

Kroma (Saturasyon veya doygunluk): Bir renk boyutu olan kroma (C) belirli bir renk açısının (ton) iddetini veya doygunluğunu (saturasyon) ifade eder ve bir kromatik rengin aynı değere sahip gri (nötral) bir renkten olan uzaklığı olarak tanımlanır.

C*: Kromanın sayısal ifadesidir, a*-b* renk düzleminde $a^*=0$ ve $b^*=0$ noktasından rengin a* ve b* değerlerinin birleştiği noktaya olan uzaklıktır ve $C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$ ile hesaplanır.

Renk Açısı (Ton) (Hue): Renk sınıflandırma sisteminin ilk elemanı renk açısı (H) dır ve renkleri birbirlerinden ayırt eden niteliklerdir. Munsell beş temel (kırmızı, sarı, yeşil, mavi, mor) ve beş de ara (sarı-kırmızı, yeşil-sarı, mavi-yeşil, mor-mavi ve kırmızı-mor) renk açısı tanımlamıştır. Bu on renk açısı sıfır başlangıç noktası kırmızıdan başlayacak şekilde bir çember içinde eşit aralıklarda yerleştirilerek 100 görsel basamağa ayrılmıştır. Bu çember içindeki komşu tonlar karıştırılarak bir tondan diğerine sürekli geçiş elde edilebilir. Bu renk açıları çemberi çevresindeki renkleri kromatik renkler olarak isimlendirilir. Renkler renk açıları ile anlam kazanırlar. Beyaz, siyah ve grinin renk açıları yoktur. CIELAB renk uzayında renk açısı a^* eksen parçasından itibaren ölçülür. Buna göre kırmızı, sarı, yeşil ve mavi renkleri geçilerek açı 360 dereceye yine kırmızıda tamamlanır.

Kromatik Nitelikler: Işığın spektral dağılımı ile ilişkili olan bu nitelikler renk açısı (H) ve doygunluk (saturasyon) dur.

Kromatik Renkler: Bir renk açısına sahip olan renklerdir.

Akromatik renkler: Bir renk açısına sahip olmayan renklerdir. Siyah ve beyaz akromatik renklerdir.

Gri Renk: CIELAB renk uzayında L^* , a^* ve b^* eksenleri $L^*=50$, $a^*=0$ ve $b^*=0$ değerlerinde ve uç eksenli silindirik koordinat hacminde birleşirler. Birleştikleri bu nokta gri rengi ifade eder.

Renk Sıcaklığı: Isıtılan bir cisimden (Planckian Radiator) yayılan ışığın renginin veren sıcaklıktır. Bu ölçüm mutlak sıcaklık (K) ta yapılır. 2400 K kırmızı, 9300 K mavi iken 6504 K beyaz ışık verir. CIE standart aydınlatıcıları, renk sıcaklıkları ve bunların dalgaboyuna göre enerji dağılımlarını esas alırlar.

Spektral Güç Dağılım Eğrisi: Radyant enerjinin dalgaboyunun fonksiyonu olarak şiddetidir ve bağıl güç terimleri ile verilir.

Işık Kaynağı: İnsan gözünün hassas olduğu ışık veya radyant enerjiyi yayan cisimdir. Bir ışık kaynağının emisyonu görünür bölgedeki her dalgaboyunda yaydığı bağıl enerji miktarı ile tarif edilebilir. Bu yüzden bir kaynak bir aydınlatıcı olarak tanımlanırken renk sıcaklığı terimiyle verilir.

Aydınlatıcı: Gerçek veya kuramsal bir ışık kaynağının bağıl spektral enerji dağılımının matematik ifadesidir. Yani bir kaynağın emisyon spektrumu içinde kaynak tarafından yayılan her dalgaboyundaki bağıl enerjidir.

CIE Standart Aydınlatıcıları: Spektral verilen CIE tarafından belirlenmiş olan farklı ışık kaynaklarıdır. Bir rengi tarif etmek için tristimulus değerleri kullanılırken ölçümün alındığı aydınlatıcı da mutlaka verilmelidir. Bu standart aydınlatıcılar gerçek ışık kaynakları yerine kullanılır. Bu aydınlatıcıların enerjileri, dalgaboyuna bağlı olarak işaretlenen spektral enerji dağılımları ile karakterize edilir.

CIE Güneş ışığı Aydınlatıcıları: Doğal güneş ışığının ölçümlerine dayanan bir seri aydınlatıcı spektral güç dağılımı eğrileridir ve CIE tarafından 1965'te önerilmiştir. Değerleri 300-830 nm dalgaboyları arasında tanımlanmıştır. Eşleştirilmiş renk sıcaklıkları terimleri ile tanımlanırlar. D harfinin altında indis olarak veya yanında verilen sayı renk sıcaklığını ifade eder. Bunları en önemlisi D65 (6504 K) olup C aydınlatıcısına en yakın renk sıcaklığına sahiptir. D65'ten daha mavi olan D75 ve daha sarı olan D55'de kullanılmaktadır. D aydınlatıcıları, 300-380 nm arasındaki uv kısımda floresan boya ve pigmentlerin renklerini doğru tanımlayabilmek açısından önem taşırlar.

Gözlemci: Gözüne gelen stimulusu alan ve bundan bir duyum çıkaran insandır. Stimulus bir görsel ifade olup bunun oluşturduğu duyum görünümü verir.

CIE Standart Gözlemci: Bir gözlemci bakış açısı için kuramsal gözlemci olarak tanımlanır ve ortalama gözlemcinin spektral cevap karakteristikleridir. 2°'lik bakış açısı değerleri 1931'de 10°'lik bakış açısı değerleri de 1964'te önerilmiştir. Bu açılar için mevcut grafikler renk eşleştirme fonksiyonlarını verirler. Renk ölçüm sonuçları verilirken aydınlatıcı ile beraber standart gözlemci bakış açısı da verilmelidir. Günümüzde çoğunlukla 10° kullanılmaktadır.

Renk Eşleştirme Fonksiyonları: Her bir dalgaboyu ışığı eşleştirmek için gereken üç additif primerin bağıl miktarlarıdır. Bu terim genel olarak CIE standart gözlemci renk eşleştirme fonksiyonları olarak bilinir. Aydınlatıcılar için bu fonksiyon değerleri farklılık gösterir.

Delta (D): Farkı belirtmek için kullanılan gösterimdir.

Renk Farkı: Belli koşullar altında iki renk arasındaki farkın büyüklüğü ve karakteridir.

Delta E*: Bir renk farkı denklemi ile hesaplanan toplam renk farkını gösterir.

CMC: İngiltere'de SDC bünyesindeki renk ölçüm komitesinin kısaltılmış adıdır. Bu komite çalışmaları sonucunda ortaya daha mantıklı ve elipsoid esaslı bir renk farkı

formülasyonu ortaya çıkmıştır (CMC (2:1)). Renk farkı değerleri CIELAB renk uzayında dikkörtgen koordinatlar içinde hesaplanırken CMC renk farkı, bu değerleri aynı uzay içinde elipsoid koordinatlar içinde hesaplamaktadır.

Metamerizma: Bir aydınlatma altında aynı görünen bir çift rengin başka bir aydınlatma altında farklı iki renk olarak gözlemci tarafından algılanmasıdır. Reflektansları gerçekte farklı olan iki renk, bir aydınlatıcı altında o aydınlatıcının spektral enerji dağılımına bağlı olarak aynı gibi gözükebilirken spektral enerji dağılımı farklı başka bir aydınlatıcı altında farklı gözükecektir. İki aydınlatıcı altında değişiklik gösteren olgu renklerin gerçek reflektans eğrileri değil bu eğriler ile aydınlatıcıların farklı enerji dağılımlarının farklı sonuçlar doğurmasıdır. Bu terim renk devamlılığı ile karıştırılmamalıdır.

Renk Devamlılığı: Işık kaynağının spektral dağılımı veya aydınlatma ve/veya gözlem açıları değiştiğinde tek bir rengin kendi görünümündeki ani değişim renk devamlılığının bir ölçüsüdür.

Kolorist: Belli bir materyalde boyaların vereceği davranış söz konusu olduğunda renk eşleştirme (kolorant formülasyonu) konusunda, tecrübeli ve bilgi sahibi olan kimsedir.

Tristimulus Kolorimetre: Yansıyan ışığı kırmızı, yeşil ve mavi ana bölgelerinde filtre ederek insan gözüne benzer şekilde rengi değerlendiren optik ölçüm cihazıdır.

Spektrofotometre: Spektral transmittans, spektral reflektans veya bağıl spektral yayılımı ölçmek için kullanılan fotometrik cihazdır. Spektrofotometreler sürekli bir spektral eğri elde edebilmek amacıyla dispersiyon optik elemanları içerirler.

Spektrofotometrik Eğri: Bir spektrofotometre ile ölçülen eğridir. Yatay eksene dalgaboyu veya frekans, dikey eksene de bağıl reflektans veya transmittans (veya absorbans) yerleştirilerek elde edilen grafikdir.

Düzgün Yansıyan Bileşeni İçeren Ölçüm (SCI): Yüzeiden olan toplam reflektans ölçülür. Bu ölçüm hem düzgün hem de saçılan reflektansı içerir.

Ölçüm Geometrisi: Tristimulus kolorimetrelerde veya reflektans spektrofotometrelerde kumaş yüzeylerinden renk ölçümü yapmak için tanımlanan standart aydınlatma ve gözlem koşullarıdır. İfadeler Aydınlatma/Gözlem açıları olarak alındığında 45/0 ve 0/45 kolorimetrelerde 0/d ve d/0'da spektrofotometrelerde kullanılır.

Kubelka-Munk Teorisi: 1931 yılında ortaya atılmış olan bu teori ve bundan türetilen formülasyon, boyalı mamullerin ışık absorblama ve saçma özellikleri ile yüzeyin reflektansı ve kullanılan boyarmaddenin konsantrasyonu arasında bir ilişkiyi tanımlar. Teori düşük konsantrasyonlar için düzgün ve lineer sonuçlar verir. Boya konsantrasyonu arttıkça linearite de kaybolur. Formülasyon en etkin olarak boyarmaddenin maksimum absorpsiyon dalgaboyunda kullanılır.

Gri Skala: Siyahtan başlayarak açılan griler şeklinde beyaza ulaşan akromatik bir cetveldir. Bu çeşit bir cetvel içindeki seriler ışıklılığı temel alan geometrik gelişim esasına göre birbirlerinden farklı griler de oluşturulabilirler. Bu çeşit cetveller birbirine benzer iki renk arasındaki bağıl renk farklılık miktarını tarif etmek için kullanılırlar (Becerir 2002).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışmada Kullanılan Poliester Kumaş

Yapılan çalışmada Berke Tekstil A.Ş.'den temin edilen %100 poliester kumaş kullanılmıştır. Değişik örgülerde yapılan ön çalışmalarda boyama performansı en yüksek olan kumaş seçilmiştir. Kumaşın özellikleri aşağıdaki gibidir:

Dokuma Örgüsü: 5'li Çözümlü Yönlü Saten.

Çözgü İpi: Poliester 70 Denye Ham Parlak.

Atkı İpi: Poliester 100 Denye 144 Filament Mikrolif.

Çözgü Sıklığı: 79 tel/cm.

Atkı Sıklığı: 36 tel/cm.

3.1.2. Çalışmada Kullanılan Dispers Boyarmaddeler

Bu çalışmada siyah boyarmadde olarak Foron Black RD-RM, mavi boyarmaddeler olarak da, düşük enerji seviyeli Foron Blue RD-E, orta enerji seviyeli Foron Blue RD-S, yüksek enerji seviyeli ise Foron Blue S-WF kullanılmıştır. Adı geçen boyarmaddeler Berke Tekstil A.Ş. ve Clariant (Türkiye)'nin Bursa Temsilciliğinden temin edilmiştir. Bu boyarmaddelerin genel özellikleri Çizelge 3.1'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada Kullanılan Boyarmaddelerin Özellikleri

Üretici Firma	Boyarmadde Adı	Kimyasal Yapısı	Enerji Seviyesi	Maksimum Absorbans Dalgaboyu
Clariant	Foron Blue RD-E	Azo	Düşük	610
	Foron Blue RD-S	Azo	Orta	620
	Foron Blue S-WF	Azo	Yüksek	620
	Foron Black RD-RM	Azo	Orta	590

3.1.3. Çalışmada Kullanılan Kimyasal Maddeler

Bu çalışmada poliester kumaşın ön terbiyesinde, boyanmasında, redüktif yıkamasında ve haslık testinin yapılma aşamasında kullanılan kimyasallar sırasıyla şöyledir:

1. Rucogen FWS (Rudolf Duraner): Poliester kumaşın ön terbiyesinde kullanılan ıslatıcı özellikli non-iyonik yoğun ön yıkama maddesi.
2. Soda (Laykem): Ticari amaçlı sodyum karbonat (Na_2CO_3).
3. Imacol C-2G (Clariant): Tüm lif cinslerine uygun polimer esaslı non-iyonik kırık önleyici.
4. Lyogen DFT (Clariant): Poliester boyamada kullanılan anyonik özellikte egalize maddesi.
5. Lyocol OU (Clariant): Poliester boyamada kullanılan non-iyonik disperse edici madde.
6. Tequest TK-200 (Tekimsan): Toplam sertlik ve demir bağlama efekti yüksek anyonik özellikte iyon tutucu madde.
7. Polasit TMB (Tekimsan): Poliester, poliamid gibi sentetik mamüllerin boyanmasında kullanılan non-iyonik özellikte asit tamponlayıcı madde.
8. Asetik Asit (Laykem): Ticari saflıkta %80'lik.
9. ECE Referans Deterjanı (Teknik Kimya): Yıkama Haslığı Testinde kullanılan, ISO 105-BS 1006 standardına uygun deterjan.

Kullanılan bütün kimyasal maddeler ticari saflıkta olup tümü Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesinden temin edilmiştir.

3.1.4. Çalışmada Kullanılan Aletler ve Cihazlar

3.1.4.1. Gaston County Futura Tipi Numune Boyama Makinesi

Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesinde bulunan 30 kg kapasiteli numune tipi boyama makinesinde deneylerde kullanılan poliester kumaşın ön terbiye işlemleri yapılmıştır.

3.1.4.2. Monforts Montex 5000 Ramöz Makinası

Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesinde bulunan 8 kamaralı ramöz makinasında deneylerde kullanılan poliester kumaşın kurutması ve ısıfiksajı yapılmıştır.

3.1.4.3. Datacolor Ahiba Spectradye Numune Boyama Makinesi

Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesi Laboratuvarında bulunan 24 tüp kapasiteli infared ısıtmalı laboratuvar tipi numune boyama makinasında boyama deneyleri yapılmıştır.

3.1.4.4. Datacolor Spektraflash 600 Reflektans Spektrofotometresi

Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesi Laboratuvarında bulunan Datacolor SF600 reflektans spektrofotometresi ile boyanmış olan kumaş numunelerinin renk ölçümleri yapılmıştır.

3.1.4.5. Mettler Toledo Hassas Terazi

Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesi Laboratuvarında bulunan Mettler Toledo marka hassas elektronik terazi (0.0000 g) ile boyama deneyleri için kullanılan kumaşların ve boyarmaddelerin ağırlık tartımları yapılmıştır.

3.1.4.6. Mettler Toledo Elektronik Pipet

Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesi Laboratuvarında bulunan Mettler Toledo marka elektronik pipet ile numune boyamaların boya ve kimyasal pipetleme işlemleri yapıldı.

3.1.4.7. Mettler Toledo Dijital pH-Metre

Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesi Laboratuvarında bulunan Mettler Toledo marka dijital pH-Metre ile numune boyamaların ve bunların indirgen yıkamalarının pH ayarları yapılmıştır.

3.1.4.8. James H. Heal & Co. Ltd. Gyrowash Yıkama Haslığı Test Cihazı

Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesi Laboratuvarında bulunan Gyrowash yıkama haslığı test cihazı ile boyanmış olan kumaş numunelerinin redüktif yıkamaları ile yıkama haslığı testlerinin yıkama kısmı yapılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Kumaşın Ön Terbiyesi

3.2.1.1. Haşıl Sökme ve Ön Yıkama

Poliester kumaşın, aşağıda verilen reçete ile Gaston County Futura tipi numune boyama makinasında haşıl sökme işlemi yapılmıştır. Haşıl sökme işleminden sonra kumaş üzerinde haşılın kalıp kalmadığına AATCC Test Method 94-1992 metoduna göre tekrar bakılmış ve haşılın kalmadığı görülmüştür.

Haşıl Sökme Reçetesi:

0.5 g/l Imacol C-2G

0.25 g/l Soda

2 g/l Rucogen FWS

90°C'de 30 dakika

Haşıl sökme işleminden sonra kumaş önce asetik asit ile nötralize sonra sıcak durulama işlemlerinden geçirilmiştir. Kumaş üzerindeki pH 7-7.5 aralığında kumaş boyama makinesinden çıkarılmıştır.

3.2.1.2. Kurutma ve Isıl Fiksaj

Boyama makinesinden çıkan kumaş Monforts Montex 5000 ramöz makinasından 185°C’de ve 25 m/dak hızla kurutulup, ısıl fiksajı tamamlanmıştır. Bu ayarlar ile kumaş ortalama 1 dakika boyunca makinenin içinde kalmıştır.

3.2.2. Boyama Deneyleri

Numune boyamalar Datacolor Ahiba tipi numune boya makinasında yapılmıştır. Boyama reçetesi olarak, kullanılan boyaların üretici firması tarafından önerilen reçete seçilmiştir. Bu reçetede kullanılan boya yardımcı kimyasallarının oranları, üretici firma tarafından önerilen miktarlardır. Kullanılan reçete aşağıdaki gibidir:

%X Dispers Boyarmadde
0.5 g/l Imacol C-2G
0.8 g/l Lyogen DFT
0.3 g/l Lyocol OU
1 g/l Tequest TK-200
1 g/l Polasit TMB (pH 4.5)

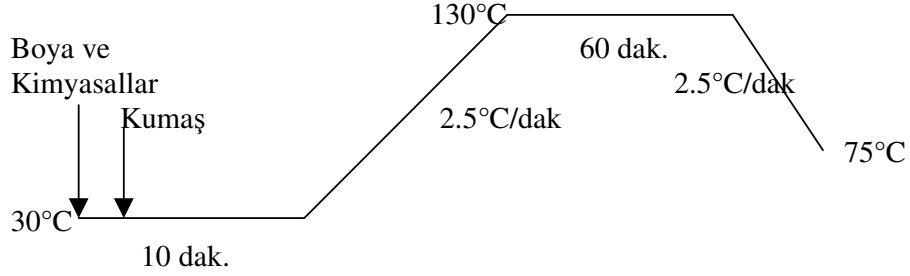
Boyama deneyleri hazırlanırken her bir kumaş, kullanılacak boyama tüpüne uygun olarak 5.000±0.005 g olarak tartılıp kesilmiştir.

Kullanılan boyarmaddelerin seçilecek konsantrasyonlarına göre 1/10 ve 1/100’lük stok çözeltileri hazırlanıp, kullanılacak olan miktar bu stok çözelti içerisinde otomatik pipet ile alınmıştır.

Kullanılan boya yardımcı kimyasalları tek tek 1/10’luk stok çözelti halinde hazırlanmış ve stok çözelti içerisinde otomatik pipet ile alınmıştır. Boya çözeltileri, kullanılan boya makinesinin boyama tüpü kapasitesine uygun olarak 10:1 ve 11:1 flotteye yumuşak su (1 Alman Sertliği) ile tamamlanmıştır.

Kullanılan boyama metodu olarak yine üretici firmanın tavsiye ettiği metod seçilmiştir. Yapılan çalışmanın şekline göre sıcaklık, zaman ve flotte oranı

parametrelerinin değiştirilmesi ile standart metod modifiye edilmiştir. Kullanılan standart metod Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Her boyama iki kere tekrar edilmiştir.



Şekil 3.1. Standart Boyama Metodu

3.2.2.1. Değiştirilen Parametrelere Bağlı Olarak Numunelerin Renk Değişiminin İncelendiği Boyama Deneyleri

Deneysel çalışmanın bu ilk kısmında düşük, orta ve yüksek enerji seviyelerine göre üç adet dispers mavi boyarmadde kullanılmıştır. Birinci boyama deneyi olarak standart sıcaklık, süre ve flotte oranında boyamalar yapılmıştır. İlk deney diğer deneylerle kıyaslanırken Standart olarak kabul edilmiştir. Birinci boyama deneyleri Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Renk Değişimi İncelenirken Standart Olarak Kabul Edilen Birinci Boyama Deneyleri

Proses	Boyarmadde	Flotte	% Konsantrasyon
130°C 60'	FORON	1:10	0,5
	BLUE RD-E		2
	(Düşük Enerji)		4
	FORON	1:10	0,5
	BLUE RD-S		2
	(Orta Enerji)		4
	FORON	1:10	0,5
	BLUE SW-F		2
	(Yüksek Enerji)		4

Birinci boyama deneylerini takip eden deneylerde proses parametreleri Çizelge 3.3.' de görüldüğü gibi değiştirilmiştir.

Çizelge 3.3. Renk Değişimi İncelenirken Yapılan Deneylerdeki Proses Parametrelerinin Değişimi

Boyama Deneyleri	Boyama Sıcaklığı (°C)	Boyama Süresi (Dakika)	Flotte Oranı
1	130	60	1:10
2	130	60	1:11
3	130	54	1:10
4	130	54	1:11
5	117	60	1:10
6	117	60	1:11
7	117	54	1:10
8	117	54	1:11

Tüm kumaşlar boyandıktan sonra kumaşlar yumuşak su ile durulanmış ve redüktif yıkama aşamasına geçilmiştir.

3.2.2.2. Değiştirilen Parametrelere Bağlı Olarak Numunelerin Yıkama Haslıklarının İncelendiği Boyama Deneyleri

Deneysel çalışmanın ikinci kısmında piyasada sık olarak kullanılan orta enerjili siyah dispers boya, Foron Black RD-RM kullanılmıştır. Standart boyama prosesi olarak Şekil 3.1'deki proses kullanılmıştır. 130°C'de 60 dakikada yapılan boyamalar diğer deneyler ile kıyaslamada standart olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 3.4. Yıkama Haslıkları İncelenirken Standart Olarak Kabul Edilen Birinci Boyama Deneyleri.

Proses	Boyarmadde	Flotte	% Konsantrasyon
130°C 60'	FORON BLACK RD-RM (Orta Enerji)	1:10	0.1
			0.5
			1
			2
			3
			4
			5
			6

Birinci boyama deneylerini takip eden deneylerde proses parametreleri Çizelge 3.5.' de görüldüğü gibi değiştirilmiştir.

Çizelge 3.5. Yıkama Haslığı İncelenirken Yapılan Deneylerdeki Proses Parametrelerinin Değişimi

Boyama Deneyleri	Boyama Sıcaklığı (°C)	Boyama Süresi (Dakika)	Flotte Oranı
1	130	60	1:10
2	130	54	1:10
3	130	48	1:10
4	130	42	1:10
5	117	60	1:10
6	104	60	1:10
7	91	60	1:10
8	117	54	1:10
9	117	48	1:10
10	117	42	1:10
11	104	54	1:10
12	104	48	1:10
13	104	42	1:10
14	91	54	1:10
15	91	48	1:10
16	91	42	1:10

Tüm kumaşların boyama deneyleri tamamlandıktan sonra kumaşlar yumuşak su ile durulanmış ve redüktif yıkama aşamasına geçilmiştir.

3.2.3. Boyanan Kumaşların Redüktif Yıkama İşlemi

Boyanmış kumaş numunelerine, Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesi Laboratuvarında bulunan, Gyrowash Yıkama Haslığı Test Cihazında, aşağıda belirtilen reçete ile redüktif yıkama işlemi yapılmıştır.

Redüktif Yıkama Reçetesi:

3 g/l Rucorit Ral
X g/l Asetik Asit (pH 4.5)
80°C 20 dakika.

Tüm kimyasallar 5 L'lik stok çözelti içerisinde hazırlanıp, her kumaş için 150 ml stok çözelti kullanılmıştır. Redüktif yıkama sonu kumaşlar tekrar yumuşak su ile durulanıp kendi hallerinde kurutulmuştur.

3.2.4. Yıkama Haslığı Testleri

Yıkama Haslığı Testleri ISO 105-B5 1006 test metoduna göre yapılmıştır. Test edilecek kumaş numunesi 4x10 cm olarak hazırlanmıştır. Haslık testi sonucunda spektrofotometrede ölçülecek olan kumaşların birinci renk ölçümleri yapılmıştır. Standart sabun 1 L'ye 5 g olacak şekilde çözülmüştür. Numune kumaş büyüklüğündeki multifibre refakat kumaşı ile numune beyaz iplikle dikilmiştir. Orijinal kumaş ve multifibre refakat kumaşın, toplam ağırlıklarının 50 katı sabunlu çözelti ile 40°C'de 30 dakika Gyrowash yıkama haslığı test makinasında yıkama haslığı testi yapılmıştır. Daha sonra kumaş ılık durulama ile kendi halinde kurutulmaya bırakılmıştır.

3.2.5. Kumaşların Renk Ölçümlerinin Yapılması

Boyanan kumaşların renk ölçümleri Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesi Laboratuvarında bulunan Datacolor Spectraflash 600 reflektans spektrofotometresi ile AATCC Test Method 153-1985'e göre yapılmıştır. Renk koordinatları Color Tools v2.2 programı ile D65 aydınlatıcısı altında 360-700 nm ışık aralığında hesaplanmıştır. Her kumaş numunesinin ön yüzünün, dört ayrı bölgesinden reflektans ölçümü yapılmış ve bu ölçümlerin ortalaması program tarafından hesaplanmıştır.

3.2.6. Boyamaların Değiştirilen Parametrelere Bağlı Olarak Renk Hassasiyetlerinin Hesaplanması

Renk farkları spektrofotometreden hesaplanan deneylerin değiştirilen parametrelere bağlı olarak renk hassasiyetleri 3.1 bağıntısına göre hesaplanmıştır.

$$S_i = DE / D_i \quad (3.1)$$

Burada:

S_i : Değiştirilen parametreye bağlı olarak hesaplanan renk hassasiyeti.

DE: Spektrofotometreden hesaplanan renk farkı değeri.

D_i : Orijinal parametreye göre değiştirilen parametrenin yüzde oranı (Chen 1999).

3.2.7. Deneysel Çalışmanın İstatistiksel Çalışmasının Yapılması

Deneysel çalışma sonucunda hesaplanan değerlerin varyans analizleri, Costat v3.03 istatistik programı kullanılarak yapılmıştır. İstatistiksel model ekler kısmında belirtilmiştir.

4.SONUÇLAR

4.1. Renk Hassasiyetinin İncelendiği Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları

Renk farkı sonuçları hesaplanırken birinci boyama deneylerindeki değerler standart olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 4.1. Standart (Birinci) Boyama Deneyleri Renk Sonuçları

Proses	Boyarmadde	Flotte Oranı	Boyarmadde Konsantrasyonu	DE	L*	C*	K/S
130°C 60'	FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	1:10	% 0.5		46.65	42.91	5.50
			% 2		28.03	46.19	15.10
			% 4		22.99	34.09	15.80
	FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	1:10	% 0.5		51.94	34.35	4.30
			% 2		34.01	37.78	12.90
			% 4		25.87	31.35	15.60
	FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	1:10	% 0.5		48.05	38.66	6.50
			% 2		30.18	39.43	15.20
			% 4		28.57	36.90	15.20

Çizelge 4.2. İkinci Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları

Proses	Boyarmadde	Banyo Oranı	Boyarmadde Konsantrasyonu	DE	L*	C*	K/S
130°C 60'	FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	1:11	% 0.5	1.42	44.45	44.26	6.50
			% 2	0.55	27.43	45.56	15.20
			% 4	0.25	22.73	34.42	16.40
	FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	1:11	% 0.5	0.36	52.63	34.19	4.10
			% 2	0.46	33.48	37.81	13.20
			% 4	0.47	25.54	30.51	15.80
	FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	1:11	% 0.5	1.01	49.69	37.76	5.70
			% 2	0.22	30.52	39.46	14.70
			% 4	0.37	29.00	37.03	14.90

İkinci boyama deneyleri sonucunda, düşük ve yüksek enerji seviyesine sahip boyarmaddelerin düşük konsantrasyonlu boyamalarının, diğer boyamalara göre, değişen boyama şartlarında daha fazla renk değişikliğine uğradığı görülmüştür.

Çizelge 4.3. Üçüncü Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları

Proses	Boyarmadde	Banyo Oranı	Boyarmadde Konsantrasyonu	DE	L*	C*	K/S
130°C 54'	FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	1:10	% 0.5	1.03	44.96	43.89	6.30
			% 2	0.20	27.96	45.76	14.80
			% 4	0.42	23.12	34.94	15.90
	FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	1:10	% 0.5	1.12	54.07	33.61	3.70
			% 2	0.18	33.72	37.64	13.20
			% 4	0.53	26.35	32.19	15.30
	FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	1:10	% 0.5	0.66	49.22	38.49	6.10
			% 2	0.71	31.10	40.08	14.60
			% 4	3.34	25.55	32.82	15.40

Üçüncü boyama deneyleri sonucunda, düşük ve orta enerji seviyesine sahip boyarmaddeler ile boyanmış deneylerin düşük konsantrasyonlarında, yüksek enerji seviyeli boyarmadde ile boyanmış deneyin ise yüksek konsantrasyonunda renk değişiminin daha fazla olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.4. Dördüncü Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları

Proses	Boyarmadde	Banyo Oranı	Boyarmadde Konsantrasyonu	DE	L*	C*	K/S
130°C 54'	FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	1:11	% 0.5	0.75	45.50	43.78	6.10
			% 2	0.14	28.21	45.99	14.80
			% 4	0.69	23.27	35.49	15.80
	FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	1:11	% 0.5	0.88	53.55	33.77	3.80
			% 2	0.93	32.86	37.38	13.40
			% 4	0.61	26.32	32.44	15.40
	FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	1:11	% 0.5	0.84	49.42	38.02	5.80
			% 2	0.28	30.49	39.68	15.20
			% 4	0.23	28.64	37.17	14.90

Dördüncü boyama deneyleri sonucunda, düşük enerjili boyarmaddenin düşük ve yüksek konsantrasyonunda, orta enerjili boyarmaddenin tüm konsantrasyonlarında, yüksek enerjili boyarmaddenin ise sadece düşük konsantrasyonunda renk değişimi gözlenmiştir.

Çizelge 4.5. Beşinci Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları

Proses	Boyarmadde	Banyo Oranı	Boyarmadde Konsantrasyonu	DE	L*	C*	K/S
117°C 60'	FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	1:10	% 0.5	0.98	47.89	41.51	5.00
			% 2	0.95	29.07	46.15	14.50
			% 4	2.62	24.24	39.22	16.00
	FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	1:10	% 0.5	1.52	54.79	32.98	3.40
			% 2	3.00	38.10	37.49	10.00
			% 4	5.55	31.55	35.27	13.10
	FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	1:10	% 0.5	1.47	50.61	37.55	5.30
			% 2	10.62	42.73	38.54	8.50
			% 4	7.42	36.63	38.31	11.70

Beşinci boyama deneyleri sonucunda tüm deneylerde yüksek renk farkı gözlenmiştir. Düşük enerjili boyarmaddenin yüksek konsantrasyonunda, diğer konsantrasyonlara göre daha fazla değişim olmuştur. Orta enerjili boyarmaddede ise konsantrasyon arttıkça, renk farkı artmıştır. Yüksek enerjili boyarmaddede en fazla renk değişimi orta konsantrasyonda, daha sonra yüksek ve en az da düşük konsantrasyonda olmuştur.

Çizelge 4.6. Altıncı Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları

Proses	Boyarmadde	Banyo Oranı	Boyarmadde Konsantrasyonu	DE	L*	C*	K/S
117°C 60'	FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	1:11	% 0.5	1.28	44.66	44.02	6.40
			% 2	1.00	29.09	46.19	14.70
			% 4	3.82	25.39	40.72	15.90
	FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	1:11	% 0.5	1.73	55.22	32.60	3.30
			% 2	2.98	38.10	37.33	9.90
			% 4	2.79	28.46	34.91	15.00
	FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	1:11	% 0.5	1.29	50.31	37.60	5.40
			% 2	5.18	36.08	40.15	12.30
			% 4	14.14	45.21	35.48	6.70

Altıncı boyama deneyleri sonucunda, tüm deneylerde yine yüksek renk farklılıkları gözlenmiştir. Düşük enerjili boyarmadde ile yapılan deneylerde en fazla renk farkı yüksek konsantrasyonda görülmüştür. Orta enerji seviyeli boyarmadde ile yapılan deneylerde, orta ve yüksek konsantrasyonlardaki renk değişiminin düşük konsantrasyona göre daha fazla olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.7. Yedinci Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları

Proses	Boyarmadde	Banyo Oranı	Boyarmadde Konsantrasyonu	DE	L*	C*	K/S
117°C 54'	FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	1:10	% 0.5	1.12	48.10	41.30	4.80
			% 2	1.19	29.87	46.17	14.20
			% 4	2.99	24.73	39.38	16.10
	FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	1:10	% 0.5	1.49	54.67	32.99	3.40
			% 2	1.62	36.22	38.29	11.60
			% 4	5.60	31.43	35.02	13.40
	FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	1:10	% 0.5	1.44	50.57	37.57	5.30
			% 2	10.34	42.31	38.59	8.80
			% 4	10.30	39.67	36.59	9.80

Yedinci boyama deneyleri sonucunda, düşük enerji seviyeli boyarmadde ile yapılmış deneylerdeki renk değişiminin yüksek konsantrasyonda daha fazla olduğu görülmüştür. Orta enerji seviyeli boyamalarda ise renk farkının, konsantrasyona bağlı olarak arttığı görülmüştür. Yüksek enerji seviyesine sahip boyarmadde ile yapılmış deneylerde ise renk farkının, orta ve yüksek enerji seviyeli boyarmadde ile yapılmış deneylerde, düşük enerji seviyeli boyarmadde ile yapılmış deneylere göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.8. Sekizinci Boyama Deneyleri Renk Farkı Sonuçları

Proses	Boyarmadde	Banyo Oranı	Boyarmadde Konsantrasyonu	DE	L*	C*	K/S
117°C 54'	FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	1:11	% 0.5	0.82	47.62	41.76	5.10
			% 2	1.54	29.73	46.35	14.20
			% 4	2.73	24.41	39.20	16.20
	FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	1:11	% 0.5	1.48	54.82	33.02	3.30
			% 2	2.22	37.05	38.10	11.00
			% 4	2.42	27.99	34.66	15.20
	FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	1:11	% 0.5	0.25	48.57	38.74	6.30
			% 2	11.46	43.64	37.68	7.90
			% 4	14.82	46.10	34.89	6.30

Sekizinci boyama deneyleri sonucunda her üç enerji seviyesindeki boyarmaddelerle yapılmış deneylerde boyarmadde konsantrasyonu arttıkça deneyler arasındaki renk farkı da artmıştır. Yalnız bu artışın en yüksek olduğu boyarmadde tipi yüksek enerji seviyesine sahip boyarmadde olarak görülmüştür.

4.1.1. Renk Hassasiyeti Sonuçları

Renk hassasiyeti sonuçları hesaplanırken birinci boyama deneyleri standart olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 4.9. İkinci Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri

Boyarmadde	Boyarmadde Konsantrasyonu	S _T	S _t	S _r
FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	% 0.5	-	-	14.2
	% 2	-	-	5.5
	% 4	-	-	2.5
FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	% 0.5	-	-	3.6
	% 2	-	-	4.6
	% 4	-	-	4.7
FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	% 0.5	-	-	10.1
	% 2	-	-	2.2
	% 4	-	-	3.7

İkinci boyama deneyleri sonucunda renk hassasiyetinin, düşük enerji seviyeli boyarmadde ile yapılan deneylerin düşük konsantrasyonlu boyamasında diğer boyamalara göre daha fazla olduğu görülmüştür. Orta enerji seviyesine sahip boyarmadde ile yapılan deneylerde hassasiyet konsantrasyonla beraber artmıştır. Yüksek enerji seviyesine sahip boyarmadde ile yapılan deneylerde en yüksek hassasiyet ise düşük konsantrasyonda gözlenmiştir.

Çizelge 4.10. Üçüncü Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri

Boyarmadde	Boyarmadde Konsantrasyonu	S _T	S _t	S _r
FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	% 0.5	-	10.3	-
	% 2	-	2.0	-
	% 4	-	4.2	-
FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	% 0.5	-	11.2	-
	% 2	-	1.8	-
	% 4	-	5.3	-
FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	% 0.5	-	6.6	-
	% 2	-	7.1	-
	% 4	-	33.4	-

Üçüncü boyama deneyleri sonucunda hesaplanan renk hassasiyetlerine göre, düşük enerji seviyesine sahip boyarmadde ile yapılmış deneylerin düşük konsantrasyonlu olanının, renk hassasiyetinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Orta

enerji düzeyine sahip boyarmadde ile yapılmış deneylerde ise orta konsantrasyonda en düşük, yüksek konsantrasyonda daha yüksek ve düşük konsantrasyonda en yüksek renk hassasiyeti hesaplanmıştır. Yüksek enerji seviyesine sahip boyarmaddeler ile yapılan deneylerde ise en yüksek hassasiyet, yüksek konsantrasyonda hesaplanmıştır.

Çizelge 4.11. Dördüncü Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri

Boyarmadde	Boyarmadde Konsantrasyonu	S_T	S_t+S_r
FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	% 0.5	-	7.5
	% 2	-	1.4
	% 4	-	6.9
FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	% 0.5	-	8.8
	% 2	-	9.3
	% 4	-	6.1
FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	% 0.5	-	8.4
	% 2	-	2.8
	% 4	-	2.3

Dördüncü boyama deneyleri sonucunda hesaplanan renk hassasiyetlerine göre, düşük enerji seviyesine sahip boyarmaddeler ile yapılmış deneylerde orta konsantrasyona sahip boyamalar, yüksek ve düşük konsantrasyona sahip boyamalara göre daha düşük renk hassasiyetine sahip olduğu görülmüştür. Orta enerji seviyesine sahip boyarmadde ile yapılan deneylerde renk hassasiyeti birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Yüksek enerji seviyesine sahip boyarmaddeler ile yapılan deneylerde düşük konsantrasyonlu boyamanın renk hassasiyeti çok daha fazla çıkmıştır.

Çizelge 4.12. Beşinci Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri

Boyarmadde	Boyarmadde Konsantrasyonu	S_T	S_t	S_r
FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	% 0.5	9.8	-	-
	% 2	9.5	-	-
	% 4	26.2	-	-
FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	% 0.5	15.2	-	-
	% 2	30.0	-	-
	% 4	55.5	-	-
FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	% 0.5	14.7	-	-
	% 2	106.2	-	-
	% 4	74.2	-	-

Beşinci boyama deneyleri sonucunda hesaplanan renk hassasiyetlerine göre, düşük enerjili boyarmadde ile yapılan deneylerin yüksek konsantrasyonlu olanında en yüksek renk hassasiyeti hesaplanmıştır. Orta enerji düzeyine sahip boyarmaddeyle yapılan deneylerde, boyama hassasiyeti konsantrasyon arttıkça yükselmiştir. Yüksek enerjiye sahip boyarmadde ile yapılan deneylerde en büyük renk hassasiyeti orta konsantrasyonda hesaplanmıştır.

Çizelge 4.13. Altıncı Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri

Boyarmadde	Boyarmadde Konsantrasyonu	S_T+S_r	S_t
FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	% 0.5	12.8	-
	% 2	10.0	-
	% 4	38.2	-
FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	% 0.5	17.3	-
	% 2	29.8	-
	% 4	27.9	-
FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	% 0.5	12.9	-
	% 2	51.8	-
	% 4	141.4	-

Altıncı boyama deneyleri sonucunda hesaplanan renk hassasiyetlerine göre, düşük enerji düzeyine sahip boyarmadde ile yapılan deneylerde en yüksek hassasiyet yüksek konsantrasyonlu boyamada hesaplanmıştır. Orta enerji düzeyindeki boyarmadde ile yapılan çalışmalarda orta ve yüksek konsantrasyonda daha yüksek boya hassasiyeti olduğu görülmüştür. Yüksek enerji seviyesindeki boyarmadde ile boyamalarda ise boya hassasiyeti, boya konsantrasyonu arttıkça yükselmiştir.

Çizelge 4.14. Yedinci Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri

Boyarmadde	Boyarmadde Konsantrasyonu	S_T+S_t	S_r
FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	% 0.5	11.2	-
	% 2	11.9	-
	% 4	29.9	-
FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	% 0.5	14.9	-
	% 2	16.2	-
	% 4	56.0	-
FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	% 0.5	14.4	-
	% 2	103.4	-
	% 4	103.0	-

Yedinci boyama deneyleri sonucunda hesaplanan renk hassasiyetlerinde, düşük ve orta enerji seviyesindeki boyarmaddeler ile yapılan deneylerde, yüksek konsantrasyondaki deneylerin renk hassasiyeti, diğerlerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Yüksek enerji düzeyine sahip boyarmadde ile yapılan çalışmada ise, orta ve yüksek konsantrasyonlardaki boyamaların renk hassasiyeti, düşük konsantrasyondaki boyamaya göre daha yüksek hesaplanmıştır.

Çizelge 4.15. Sekizinci Boyama Deneyleri Sonucunda Hesaplanan Renk Hassasiyetleri

Boyarmadde	Boyarmadde Konsantrasyonu	$S_T+S_i+S_r$
FORON BLUE RD-E (Düşük Enerji)	% 0.5	8.2
	% 2	15.4
	% 4	27.3
FORON BLUE RD-S (Orta Enerji)	% 0.5	14.8
	% 2	22.2
	% 4	24.2
FORON BLUE SW-F (Yüksek Enerji)	% 0.5	02.5
	% 2	114.6
	% 4	148.2

Sekizinci boyama deneyleri sonucunda hesaplanan renk hassasiyeti değerlerine göre, düşük, orta ve yüksek enerji düzeyine sahip boyarmaddeler ile yapılan boyamaların renk hassasiyetleri, konsantrasyon arttıkça yükselmiştir.

4.1.2. Renk Hassasiyeti ile İlgili Deneylerin Varyans Analizi Sonuçları

Çizelge 4.16. Foron Blue RD-E Boyarmaddesinin %0.5'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu

Boyarmadde Adı	İncelenen Değer	Varyans Kaynağı	Sonuç
Foron Blue RD-E	L*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkisiz
	C*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkisiz
	K/S	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili

Çizelge 4.17. Foron Blue RD-E Boyarmaddesinin %2'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu

Boyarmadde Adı	İncelenen Değer	Varyans Kaynağı	Sonuç
Foron Blue RD-E	L*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	C*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	K/S	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkisiz
		Süre x Sıcaklık	Etkisiz
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkisiz

Çizelge 4.18. Foron Blue RD-E Boyarmaddesinin %4'lük Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu

Boyarmadde Adı	İncelenen Değer	Varyans Kaynağı	Sonuç
Foron Blue RD-E	L*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	C*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkisiz
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkisiz
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkisiz
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	K/S	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkisiz
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili

Çizelge 4.19. Foron Blue RD-S Boyarmaddesinin %0.5'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu

Boyarmadde Adı	İncelenen Değer	Varyans Kaynağı	Sonuç
Foron Blue RD-S	L*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkisiz
	C*	Flotte Oranı	Etkisiz
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkisiz
	K/S	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkisiz
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili

Çizelge 4.20. Foron Blue RD-S Boyarmaddesinin %2'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylelerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu

Boyarmadde Adı	İncelenen Değer	Varyans Kaynağı	Sonuç
Foron Blue RD-S	L*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	C*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkisiz
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	K/S	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili

Çizelge 4.21. Foron Blue RD-S Boyarmaddesinin %4'lük Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylelerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu

Boyarmadde Adı	İncelenen Değer	Varyans Kaynağı	Sonuç
Foron Blue RD-S	L*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkisiz
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	C*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkisiz
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	K/S	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkisiz

Çizelge 4.22. Foron Blue SW-F Boyarmaddesinin %0.5'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu

Boyarmadde Adı	İncelenen Değer	Varyans Kaynağı	Sonuç
Foron Blue SW-F	L*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	C*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	K/S	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili

Çizelge 4.23. Foron Blue SW-F Boyarmaddesinin %2'lik Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu

Boyarmadde Adı	İncelenen Değer	Varyans Kaynağı	Sonuç
Foron Blue SW-F	L*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	C*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	K/S	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili

Çizelge 4.24. Foron Blue SW-F Boyarmaddesinin %4'lük Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinin Varyans Analizi Sonuçları Tablosu

Boyarmadde Adı	İncelenen Değer	Varyans Kaynağı	Sonuç
Foron Blue SW-F	L*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	C*	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili
	K/S	Flotte Oranı	Etkili
		Süre	Etkili
		Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre	Etkili
		Flotte Oranı x Sıcaklık	Etkili
		Süre x Sıcaklık	Etkili
		Flotte Oranı x Süre x Sıcaklık	Etkili

Foron Blue RD-E, RD-S ve SW-F boyarmaddelerinin %0.5, %2 ve %4'lük boyama konsantrasyonları ile yapılan boyama deneyleri sonucunda renk parametreleri ile varyans kaynağı ilişkileri incelendiğinde varyans kaynaklarının sonuçlar üzerinde etkisi olduğu görülmüştür. Ancak Foron Blue RD-E boyarmaddesinin %4'lük yani yüksek konsantrasyonu ile yapılan boyamalarda, C* ve K/S parametrelerinde süre varyans kaynağının etkisiz olduğu görülmektedir. Bunun nedeni düşük enerjili boyarmaddenin yüksek konsantrasyonu ile yapılan boyamanın doyumluğunun süreye bağlı olarak artmaması olabilir. Yine Foron Blue RD-S boyarmaddesinin %0.5'lik konsantrasyonu ile yapılan boyamalarda, C* parametresinde flotte oranı varyans kaynağının etkisiz olduğu görülmüştür. Bunun da nedeni orta enerjili boyarmaddenin düşük konsantrasyonda boyanmasında, flottenin belirtilen oranda artırılması ile boyarmaddenin lif yüzeyindeki adsorbsiyonunun değişmediği olabilir.

4.2. Yıkama Haslıklarındaki Değişimin İncelendiği Boyama Deneyleri Sonuçları

Yıkama haslıkları incelenirken her bir deneyden iki tekrar yapılmış, bu iki deneyin sonuçlarının ortalaması değerlendirmeye alınmıştır.

Çizelge 4.25. Boyama Parametrelerinin Değiştirildiği Boyama Deneyleri Sonucundaki Yıkama Haslığı Değerleri

Bm. kons. Proses	% 0.1	% 0.5	% 1	% 2	% 3	% 4	% 5	% 6
1. 130°C/60'	4.40	4.76	4.56	4.58	4.45	4.30	4.56	4.46
2. 130°C/54'	4.43	4.69	4.79	4.67	4.71	4.58	4.73	4.62
3. 130°C/48'	4.66	4.76	4.75	4.92	4.89	4.93	4.68	4.87
4. 130°C/42'	4.86	4.75	4.83	4.72	4.90	4.77	4.69	4.80
5. 117°C/60'	4.09	4.13	4.29	4.36	4.17	4.09	3.83	3.92
6. 104°C/60'	4.01	4.05	4.21	4.06	4.02	4.04	4.05	4.22
7. 91°C/60'	3.82	3.97	3.85	3.71	3.38	3.61	3.38	3.46
8. 117°C/54'	4.47	4.52	4.69	4.61	4.68	4.58	4.43	4.38
9. 117°C/48'	4.63	4.62	4.65	4.82	4.71	4.77	4.66	4.60
10. 117°C/42'	4.77	4.83	4.69	4.61	4.86	4.73	4.55	4.54
11. 104°C/54'	4.40	4.39	4.38	4.36	4.28	4.24	4.18	4.16
12. 104°C/48'	4.58	4.68	4.60	4.67	4.62	4.73	4.63	4.77
13. 104°C/42'	4.80	4.79	4.62	4.29	4.71	4.47	4.37	4.60
14. 91°C/54'	4.15	4.06	3.82	3.58	3.46	3.45	3.40	3.57
15. 91°C/48'	4.17	4.24	4.47	4.58	4.51	4.67	4.55	4.70
16. 91°C/42'	4.16	4.37	4.47	4.14	4.11	4.39	4.14	4.44

Çizelge 4.26. Boyama Zamanının Değiştirildiği Birinci, İkinci, Üçüncü ve Dördüncü Boyama Deneyleri Sonucundaki Yıkama Haslığı Gri Skala Değerleri

Bm. Kons. Proses	% 0.1	% 0.5	% 1	% 2	% 3	% 4	% 5	% 6
1. 130°C/60'	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
2. 130°C/54'	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
3. 130°C/48'	4/5	5	4/5	5	5	5	4/5	5
4. 130°C/42'	5	4/5	5	4/5	5	5	4/5	5
5. 117°C/60'	4	4	4/5	4/5	4	4	3/4	4
6. 104°C/60'	4	4	4	4	4	4	4	4
7. 91°C/60'	3/4	4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
8. 117°C/54'	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
9. 117°C/48'	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5	4/5
10. 117°C/42'	5	5	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4/5
11. 104°C/54'	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4
12. 104°C/48'	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5
13. 104°C/42'	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
14. 91°C/54'	4	4	4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
15. 91°C/48'	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
16. 91°C/42'	4	4/5	4/5	4	4	4/5	4	4/5

Boyama parametrelerinin değiştirildiği deneylerin sonunda yapılan haslık testlerinde, yıkama haslıklarının, 130°C'deki boyamalarda boyama zamanının değişimine bağlı olarak çok fazla değişmediği görülmüştür. 130°C'de boyanan kumaş numunelerinin yıkama haslıkları, boyama süresinin artması ile beraber biraz düşmüştür. Boyama süresini sabit tutup, boyama sıcaklığını değiştirdiğimiz zaman ise haslıklarda belirgin bir değişim meydana gelmiştir. Yüksek boyama sıcaklıklarında boyanan kumaşlara göre, düşük boyama sıcaklığında boyanan kumaşların haslıkları daha düşük çıkmıştır. Düşük boyama sıcaklıklarında boyanan kumaşların yıkama haslıkları, boyama zamanının azalması ile daha yüksek çıkmıştır. Bu sonuçlar EK-3'te grafik olarak gösterilmiştir.

5. TARTIŞMA

Renk hassasiyetinin incelenmesi için yapılan deneylerde, seçilen poliester kumaşın %4'lük boya konsantrasyonun, L*, C* ve K/S değerlerinden doygunluk noktasına yaklaştığı ve Nernst İzotermi'nin yatay kabul ettiğimiz bölgesinde bulunduğu kabul edilebilir. Çünkü L*, C* ve K/S değerleri %4'lük boyama deneylerinde %2'lik boyama deneylerindekiye yakın değerler çıkmaktadır.

Boyama deneylerinde düşük enerji seviyesine sahip Foron Blue RD-E boyarmaddesinin, standart boyama şartlarından flottenin artmasıyla, renk hassasiyetindeki değişimin düşük konsantrasyonlu boyamada fazla, orta ve yüksek konsantrasyonlu boyamalarda ise daha düşük olduğu görülmüştür. Bu sonuç, düşük enerji seviyesine sahip boyarmaddenin, düşük konsantrasyondaki adsorbsiyonun, yüksek flotteden etkilendiğini göstermektedir. Boyama süresinin azaltılması ile bu boyarmaddenin sadece düşük konsantrasyondaki boyamanın renk hassasiyeti artmıştır. Buna göre orta ve yüksek konsantrasyonla yapılan deneylerde boyama tamamlanmış iken düşük konsantrasyondaki boyamada ise bu boyamanın henüz bitmediği söyleyebilir. Düşük enerji seviyesindeki boyarmadde ile yapılan deneylerde sıcaklığın azaltılmasıyla renk hassasiyeti tüm konsantrasyonlarda belirgin bir şekilde artmıştır. Bu artışın en fazla yüksek konsantrasyonlu boyamada olması ise aynı konsantrasyondaki boyarmaddenin yüksek sıcaklıkta, düşük sıcaklığa göre difüzyonunun daha iyi olduğunu gösterir.

Orta enerji düzeyine sahip olan Foron Blue RD-S boyarmaddesi ile yapılan deneylerde, flotte oranının artması ile, renk hassasiyetinin pek fazla değişmediği görülmektedir. Bu sonuç orta enerji düzeyine sahip boyarmaddenin tüm konsantrasyonundaki adsorbsiyonun iyi olduğunu gösterir. Yapılan deneylerde boyama süresinin azaltılması ile elde edilen sonuçlar düşük enerji seviyeli boyanın sonucuna benzer niteliktedir. Orta enerji seviyesine sahip boyarmaddenin düşük konsantrasyonundaki boyamaların tamamlanabilmesi için daha fazla süreye ihtiyaç duyulabilir. Boyama deneylerinde boyama sıcaklığının azaltılması ile yapılan boyamalarda yine tüm konsantrasyondaki boyamaların renk hassasiyetinin ciddi şekilde arttığı görülmektedir. Bu artış düşük enerjili boyarmaddenin renk hassasiyetindeki artıştan daha yüksektir. Renk hassasiyetindeki bu artışın boya

konsantrasyonundaki artış ile beraber daha da fazla olduğu görülmektedir. Bu sebeple düşük enerjiye sahip boyarmaddenin difüzyonunun, orta enerjiye sahip boyarmaddeye göre daha iyi olduğu söylenebilir.

Yüksek enerji düzeyine sahip Foron Blue SW-F boyarmaddesi ile yapılan deneylerde, flottenin arttırılması ile düşük konsantrasyonda yapılan boyamalarda renk hassasiyeti daha çok artmıştır. Bu sonuç düşük enerji seviyesindeki boyarmadde ile yapılan deneylerdeki sonuca benzemektedir. Bu sonuçlara göre, pratikte boyama yaparken, boyama reçetesindeki boya oranının düşük seviyede olacağı boyamalarda, flotte oranının renk hassasiyetine olan etkisi düşünülerek, orta enerji düzeyine sahip boyarmadde seçilmesi gerekir. Yüksek enerji seviyesindeki boyarmadde ile yapılan deneylerde boyama süresinin kısaltılması ile elde edilen sonuçlarda, yüksek konsantrasyonlu boyamada renk hassasiyetinin çok fazla arttığı görülmektedir. Bunun nedeni standart boyama zamanından daha kısa bir sürede boyanan numunenin boyamasını daha tamamlayamadığı yani boyarmaddenin bir kısmının hala boya çözeltisi içinde bulunmasıdır. Boyama süresinin kısaltılması ile yapılan çalışmalar yardımıyla, pratik çalışma yapılırken açık renklerin düşük ve orta enerji seviyeli boyarmaddeler ile boyanmasında ve koyu renklerin yüksek enerji seviyeli boyarmadde ile boyanmasında, boyama süresine dikkat etmek gerekir. Yüksek enerji seviyesindeki boyarmadde ile yapılan boyamalarda boyama sıcaklığının azaltıldığı çalışmalarda genel olarak kumaş üzerinde boyama düzgünsüzlüğü tespit edilmiştir. Boyamadaki düzgünsüzlük deneyler tekrarlınsa dahi giderilemediğinden bu çalışmalarda spektrofotometreden çok yerden okutma ile alınmış değerlerin bile güvenilirliği yoktur. Boyamanın düzgünsüz olduğu bir durumda renk hassasiyetinden söz edilemez. İşlem koşullarından boyama sıcaklığını değiştirdiğimiz deneylerin sonucunda, işletme koşullarında hangi tip dispers boyarmadde kullanırsak kullanalım, güvenli bir renk hassasiyeti sağlayacak boyamayı standart (önerilen) boyama sıcaklığında yapmamız gerekir.

Yapılan çalışmalarda işlem koşullarından flotte oranının, boyama sıcaklığının ve boyama süresinin ikili ve üçlü olarak değiştirildiği boyama deneylerinde renk hassasiyetinin tek işlem koşulunun değiştirildiği boyamaların sonucuna göre daha yüksek boya hassasiyeti değerleri verdiği görülmektedir. İşlem koşullarından ikisinin

veya üçünün değiştirilmesi, renk hassasiyetini bu koşullardan tekinin değiştirilmesinden daha fazla etkilediği söylenebilir.

Yapılan boyama deneylerinin sonuçlarının, istatistiksel olarak değerlendirilmesi sonucunda ise varyans kaynaklarının ile incelenen değerler üzerinde etkili olduğu görölmüştür.

Dispers boyaların fiyatlarının enerji seviyesi yükseldikçe arttığı düşünölrse en iyi haslık değerini veren fakat renk hassasiyetinin işlem parametrelerinden daha fazla etkilendiği yüksek enerjili boyarmadde ile boyama, hem daha riskli hem de daha maliyetlidir. Yine de yüksek haslık istenen poliester kumaşları yüksek enerjili boyarmaddelerle boyamak daha avantajlıdır. Çünkü işletme şartlarında düşük ve orta enerjili boyarmaddeler ile boyanan kumaşları istenilen haslık değerine ulaştırmak için birden fazla ard yıkama yapmak gerekebilir. Bu da maliyetleri olumsuz yönde etkiler. Özellikle poliester/elastan karışımlı kumaşların koyu ve siyah renklerinde mükemmel haslık değerleri sadece yüksek enerjili boyarmaddeler ile sağlanabilir.

işlem koşullarının değiştirilmesi ile yıkama haslıklarının değişiminin incelendiği deneylerin sonucunda, en iyi haslık değerleri yüksek sıcaklıkta ve kısa boyama süresinde görölmektedir. Boyama sıcaklığındaki azalma ile yıkama haslıklarının kötüleşmesinin sebebi, düşük sıcaklıkta dispers boyarmaddenin lif içersine difüzyonunun zayıflaması ve boyarmadde moleküllerinin lif yüzeyine daha yakın yerlerde fikse olması ile açıklanabilir. Boyama süresinin azalması ile beraber yıkama haslıklarının daha iyi çıktığı görölmektedir. Lif içersine difüzlenen boyarmadde miktarı, Nernst izotermine göre boyama zamanının artması ile artacağından, lif yüzeyindeki difüzlenmiş boyarmadde yoğunluğu da artacaktır. Lif yüzeyinde artan boyarmadde miktarının yıkama haslığı üzerine olumsuz etkisinden dolayı bu haslıkların düşük çıkması normaldir. Bu deneyin pratik çalışmada kullanılması halinde, dispers bir boya ile boyanmiş poliester kumaşın boyama esnasındaki işlem koşullarının yanında kumaşın apresindeki işlem koşulları da önemlidir. Kumaşın apre aşamasında maruz kaldığı yüksek ısı lif üzerinde dispers boyarmaddenin termomigrasyonuna yol açar ve haslıklar kaçınılmaz olarak bozular. Aynı aşamada kumaşa apre malzemesi olarak verilen mikro silikonlar da life nüfuz ederken boyarmadde moleküllerini lif yüzeyine doğru iter ve haslıklar bozular. Yapılacak apre

işlemlerinin kumaşın her yerinde homojen olduğunu kabul ederek bu çalışmadaki sonuçlara paralellik göstereceği kabul edilebilir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, poliester kumaşların dispers boyalar ile boyanmasında istenilen renk hassasiyetine göre, seçilecek reçete (boyarmadde tipi) ve boyamanın işlem koşulları önceden tahmin edilmesi konusunda yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

ANONİM 1994 syf.4

BECERİR, B. 1998. 'Renk Ölçüm Cihazlarının Temel Özellikleri.' Tekstil Terbiye ve Teknik Dergisi, Eylül 1998, Bursa syf.58-63

BECERİR, B. 2000. 'Poliester Mikrolif Materyallerin Boyanmasında Yöntem Belirlenmesi Eğilimlerinin İncelenmesi.' Doktora Tez, Fen Bilimleri Enstitüsü, syf.42

BECERİR, B. 2002. 'Bazı Renk Terimleri ve Açıklamaları.' Tekstil Teknoloji Dergisi, Bursa syf.92

BURKINSHAW, S.M. 1994 'Chemical Properties of Synthetic Fibre Dyeing.' University of Leeds, syf.29

CHEN, P.B.ve ARK. 'Determination of Colour Sensitivity of Dye Mixtures for Disperse Dyes.' JSDC Vol.115 December 1999 syf.379

CUNNIGHAM, A. D. 1996. 'Identifying Critical Machinery and Dye Parameters for Successful Rapid Dyeing of Poliester.' Textile Chemist and Colourists, Vol. 28(2). syf.25

ETTERS, J. N. 1994. 'Sorption of Disperse Dye by PES Fibers: Boundary Layer Transitional Kinetics.' Textile Research Journal, 64(7). syf.407

HOCKENBERGER, A. 2004. 'Tekstil Fiziği'. ALFA Yayınevi, BURSA syf.43,74

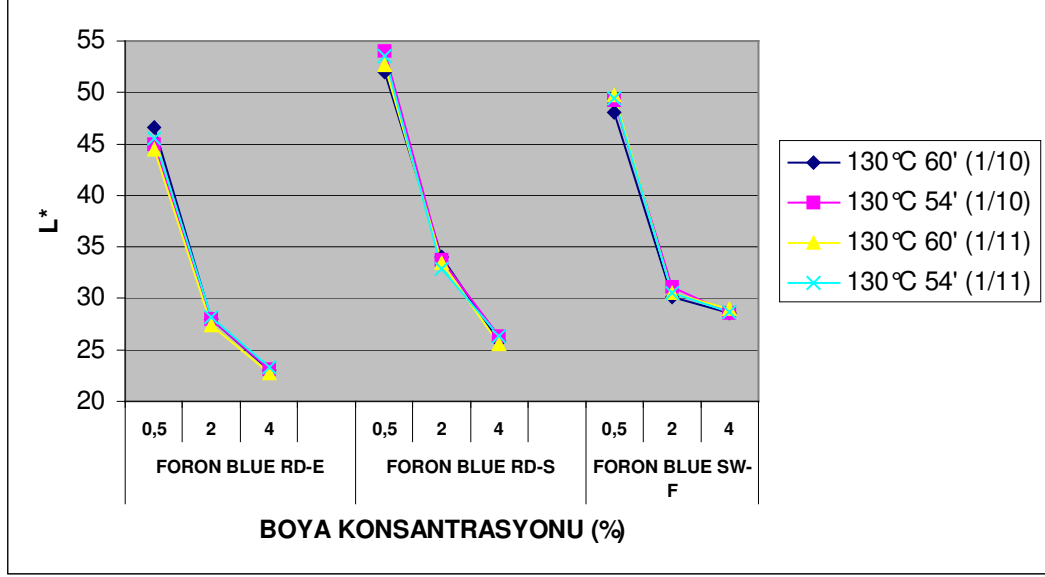
JOHNSON, A. 1989. 'The Theory of Coloration of Textiles.' Society of Dyers and Colourists. syf.387

JOSEPH L. M. 1966. 'Introductory Textile Science'. Holt, Rinehart and Winston, Inc, London syf.148

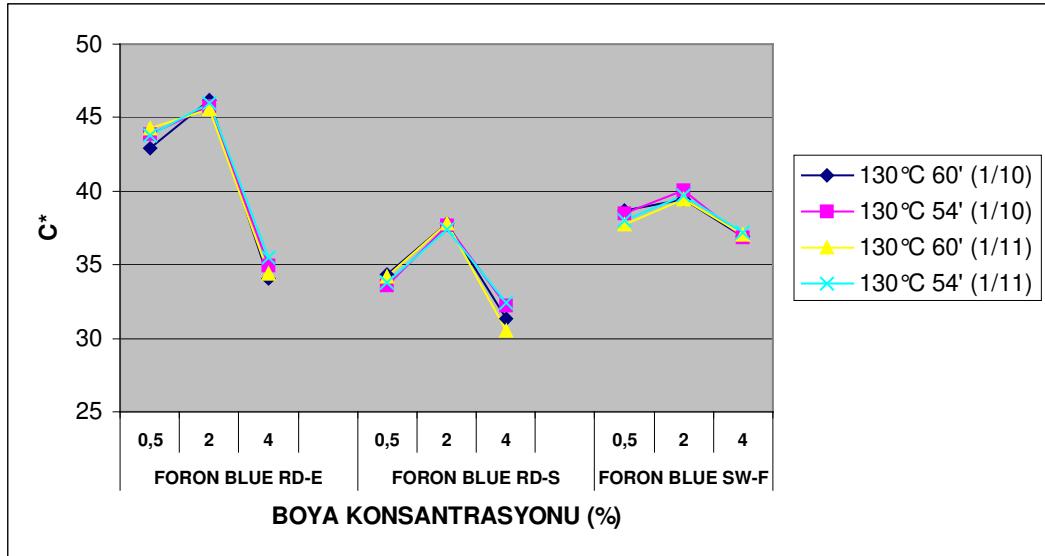
MC GREGOR, R. ve ETTERS, J.N. 1979.'Transitional Kinetics In Disperse Dyeing.' Textile Chemist and Colorists, syf.202

EKLER

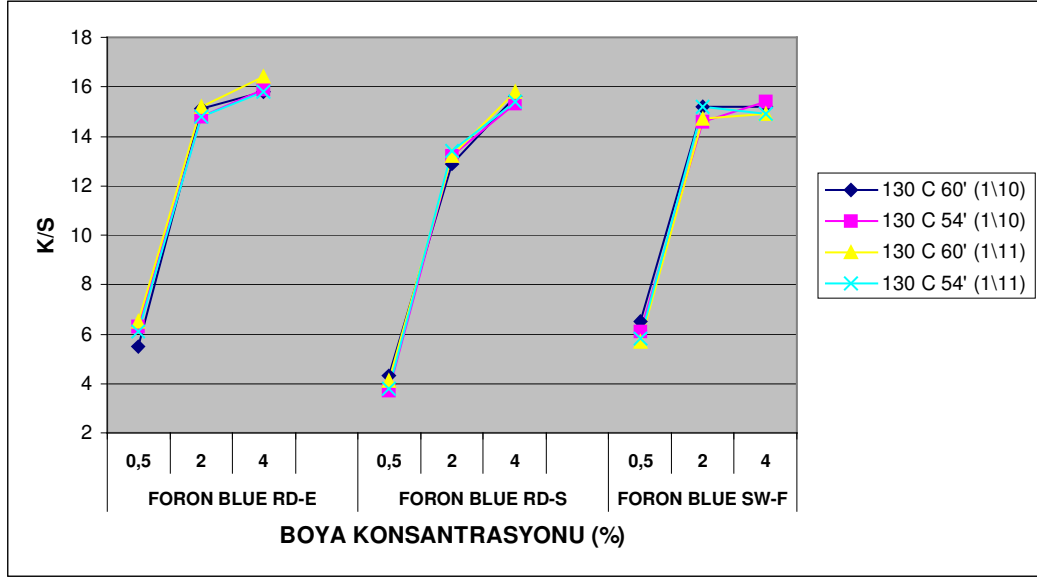
EK-1.RENK HASSASİYETİNİN İNCELENDİĞİ BOYAMA DENEYLERİ SONUÇLARININ GRAFİKSEL GÖSTERİMİ



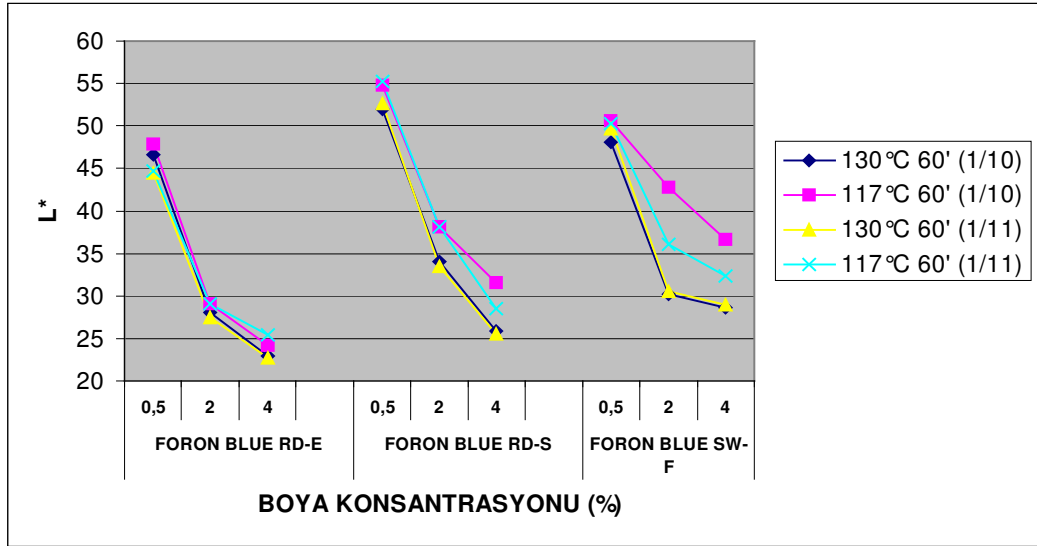
Şekil.1 130°C Boyama Deneylerinde Boyama Zamanının ve Flottenin Değişmesiyle Elde Edilen L* Grafiği



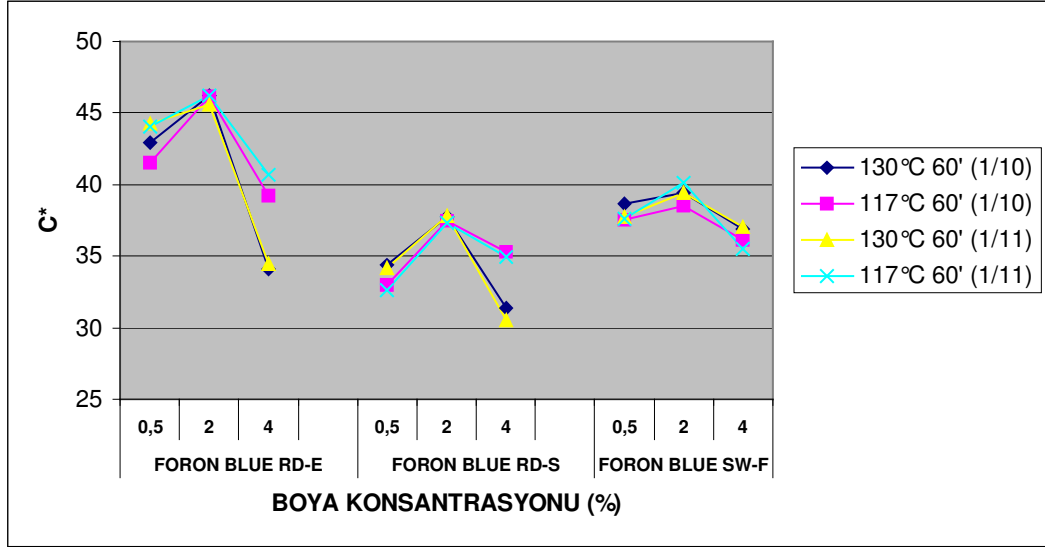
Şekil.2 130°C Boyama Deneylerinde Boyama Zamanının ve Flottenin Değişmesiyle Elde Edilen C* Grafiği



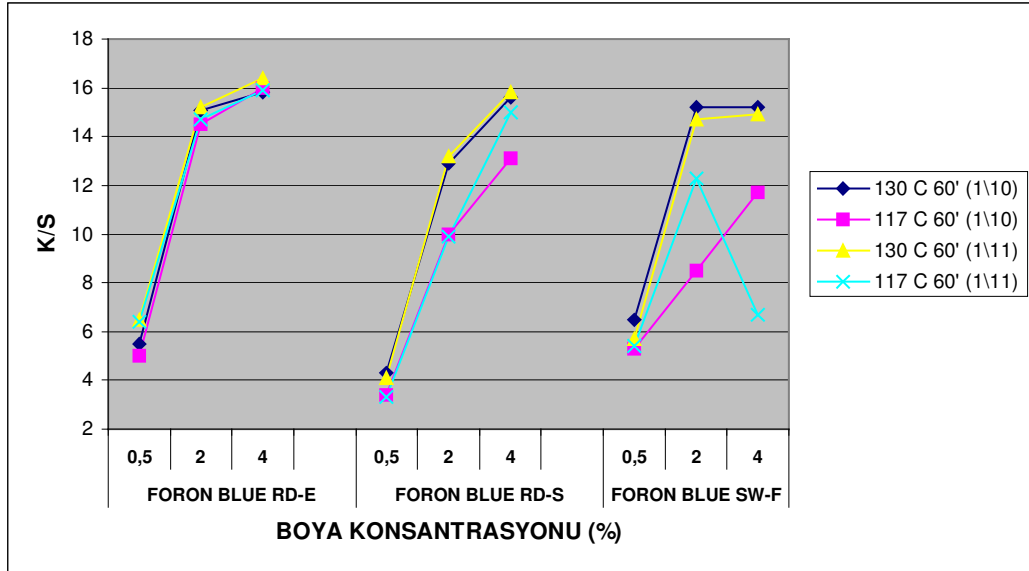
Şekil.3 130°C Boyama Deneylerinde Boyama Zamanının ve Flottenin Değişmesiyle Elde Edilen K/S Grafiği



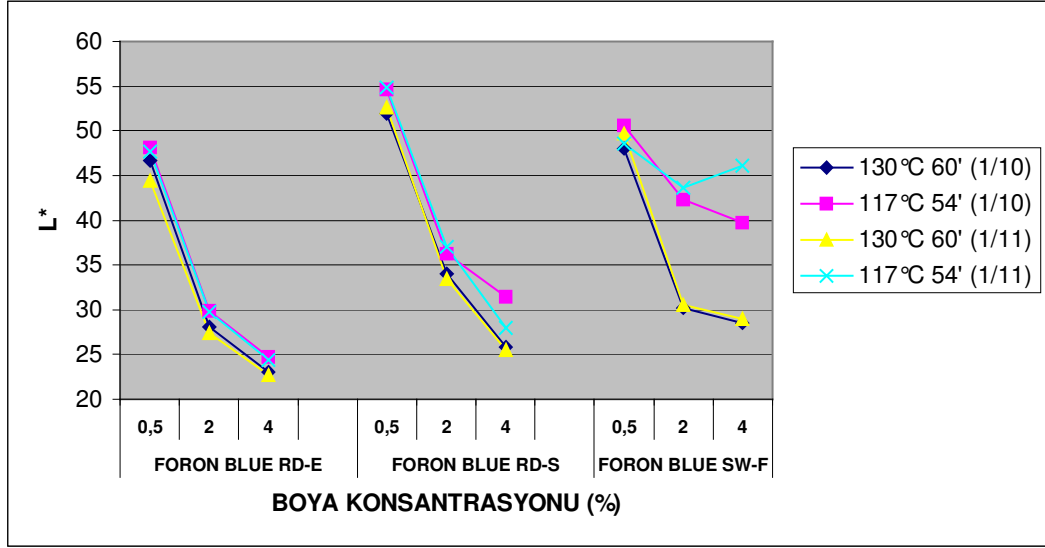
Şekil.4 60 Dakika Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığının ve Flottenin Değişmesiyle Elde Edilen L* Grafiği



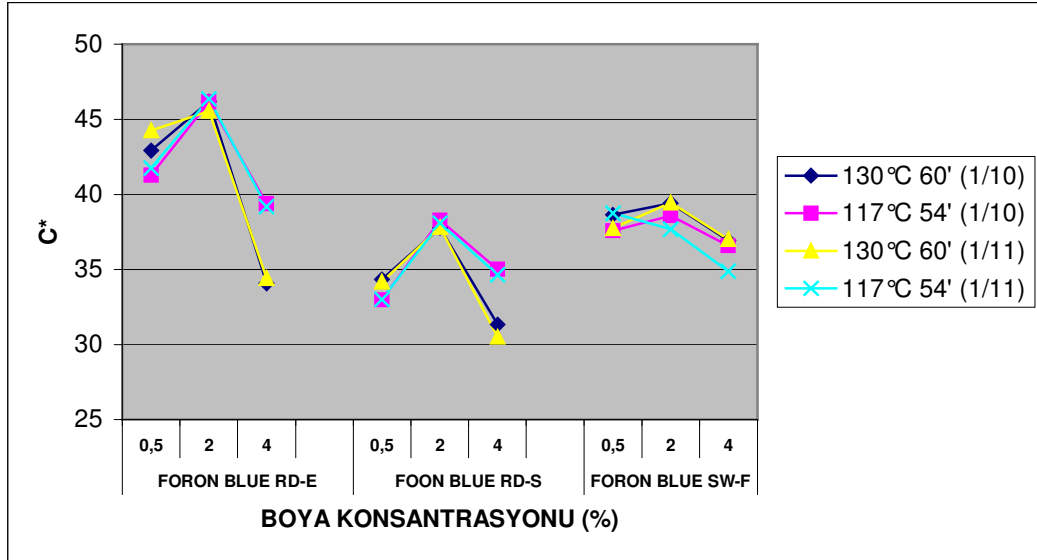
Şekil.5 60 Dakika Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığının ve Flottenin Değişmesiyle Elde Edilen C* Grafiği



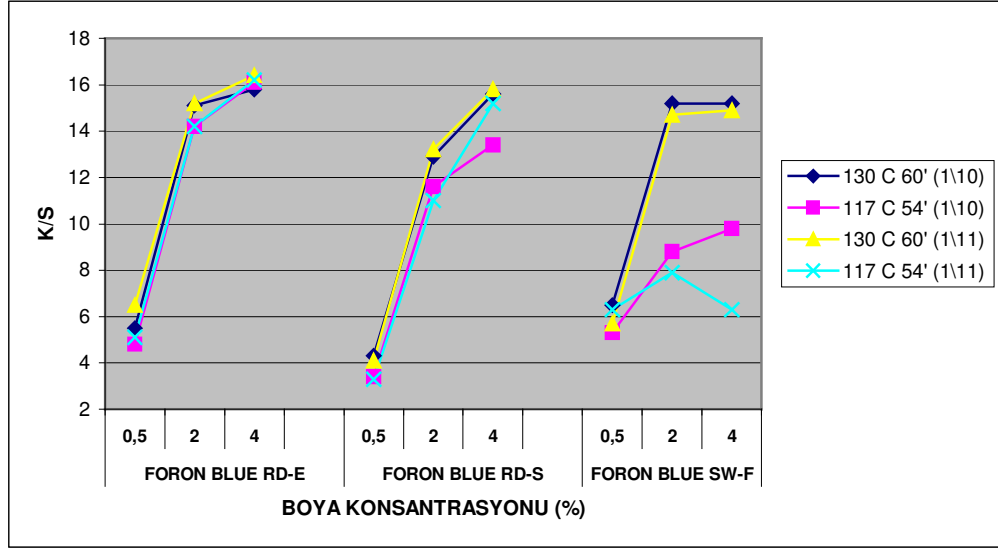
Şekil.6 60 Dakika Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığının ve Flottenin Değişmesiyle Elde Edilen K/S Grafiği



Şekil.7 Boyama Deneplerinde Boyama Zamanının, Boyama Süresinin ve Flottenin Değişmesiyle Elde Edilen L* Grafiği



Şekil.8 Boyama Deneplerinde Boyama Zamanının, Boyama Süresinin ve Flottenin Değişmesiyle Elde Edilen C* Grafiği



Şekil.9 Boyama Deneylerinde Boyama Zamanının, Boyama Süresinin ve Flottenin Değişmesiyle Elde Edilen K/S Grafiği

EK-2.VARYANS ANALİZİ SONUÇLARI

(RENK HASSASİYETİNİN ÖLÇÜLDÜĞÜ BOYAMA DENEYLERİ)

3 Faktörlü Sınırlamasız Varyans Analizi Modeli:

$$Y_{ijkp} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + \varepsilon_{p(ijk)}$$

(df: serbestlik derecesi, SS: kareler toplamı, MS: beklenen varyans, F_s : F istatistik, P: sonuç)

Çizelge 1. Düşük Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %0.5 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının L* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F_s	P
Flotte	1	7.2092	7.2092	8738.4545	***
Zaman	1	1.6002	1.6002	1939.6666	***
Sıcaklık	1	11.2560	11.2560	13643.6666	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	7.5350	7.5350	9133.3636	***
Flotte x Sıcaklık	1	1.0506	1.0506	1273.4848	***
Zaman x Sıcaklık	1	3.6290	3.6290	4398.8181	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.0025	0.0025	0.0303	
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0066	0.0083		ns
Toplam	15	32.2868			

Çizelge 2. Düşük Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %0.5 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının C* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F_s	P
Flotte	1	4.9062	4.9062	457.4568	***
Zaman	1	1.1990	1.1990	111.7972	***
Sıcaklık	1	10.4625	10.4625	975.7785	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	3.4782	3.4782	324.3100	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.5700	0.5700	53.1491	***
Zaman x Sıcaklık	1	1.8906	1.8906	176.2820	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.0342	0.0342	3.1911	ns
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0858	0.0107		
Toplam	15	22.6293			

Çizelge 3. Düşük Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %0.5 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının K/S Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	1.5625	1.5625	1644.7368	***
Zaman	1	0.3025	0.3025	318.4210	***
Sıcaklık	1	2.4025	2.4025	2528.9473	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	1.3225	1.3225	1392.1052	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.2025	0.2025	213.1578	***
Zaman x Sıcaklık	1	0.9025	0.9025	950	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.0025	0.0025	2.6316	ns
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0076	0.0095		
Toplam	15	6.7051			

Çizelge 4. Düşük Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %2 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının L* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0552	0.0552	66.9393	***
Zaman	1	1.1556	1.1556	1400.7575	***
Sıcaklık	1	9.3942	9.3942	11386.9393	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.1190	0.1190	144.2727	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.0132	0.0132	16.0303	**
Zaman x Sıcaklık	1	0.1332	0.1332	161.4848	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.2550	0.2550	309.1212	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0066	0.0083		
Toplam	15	11.1321			

Çizelge 5. Düşük Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %2 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının C* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0081	0.0081	9.8181	*
Zaman	1	0.0081	0.0081	9.8181	*
Sıcaklık	1	0.4624	0.4624	560.4848	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.25	0.25	303.0303	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.0961	0.0961	116.4848	***
Zaman x Sıcaklık	1	0.0081	0.0081	9.1818	*
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.1296	0.1296	157.0909	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0066	0.0083		
Toplam	15	0.969			

Çizelge 6. Düşük Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %2 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının K/S Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0225	0.0225	27.2727	***
Zaman	1	0.5625	0.5625	681.8181	***
Sıcaklık	1	1.3225	1.3225	1603.0303	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.0225	0.0225	27.2727	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.0025	0.0025	3.0303	ns
Zaman x Sıcaklık	1	0.0025	0.0025	3.0303	ns
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.0025	0.0025	3.0303	ns
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0066	0.0083		
Toplam	15	1.9441			

Çizelge 7. Düşük Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %4 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının L* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.1296	0.1296	126.4390	***
Zaman	1	0.0081	0.0081	0.0081	*
Sıcaklık	1	11.0889	11.0889	11.0889	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.2809	0.2809	0.2809	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.2209	0.2209	0.2209	***
Zaman x Sıcaklık	1	0.3364	0.3364	0.3364	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.8836	0.8836	0.8836	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0082	0.0010		
Toplam	15	12.9566			

Çizelge 8. Düşük Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %4 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının C* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.7267	0.7267	10.2351	*
Zaman	1	0.0010	0.0010	0.0148	ns
Sıcaklık	1	90.9639	90.9639	1281.0690	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.2328	0.2328	3.2787	ns
Flotte x Sıcaklık	1	0.2232	0.2232	3.1441	ns
Zaman x Sıcaklık	1	1.9252	1.9252	27.1125	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	1.4460	1.4460	20.3644	**
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.5681	0.0710		
Toplam	15	96.0867			

Çizelge 9. Düşük Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %4 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının K/S Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0625	0.0625	60.9756	***
Zaman	1	0.0025	0.0025	2.4390	ns
Sıcaklık	1	0.0225	0.0225	21.9512	**
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.0625	0.0625	60.9756	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.0625	0.0625	60.9756	***
Zaman x Sıcaklık	1	0.2025	0.2025	197.5609	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.2025	0.2025	197.5609	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0082	0.0010		
Toplam	15	0.6257			

Çizelge 10. Orta Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %0.5 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının L* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0156	0.0156	18.9393	**
Zaman	1	3.1152	3.1152	3776.0303	***
Sıcaklık	1	17.2640	17.2640	20926.0909	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	1.5500	1.5500	1878.8181	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.0870	0.0870	105.4848	***
Zaman x Sıcaklık	1	1.6512	1.6512	2001.4848	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.0012	0.0012	1.4848	ns
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0066	0.0083		
Toplam	15	23.6910			

Çizelge 11. Orta Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %0.5 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının C* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0156	0.0156	3.2383	ns
Zaman	1	0.0992	0.0992	20.5647	**
Sıcaklık	1	4.9062	4.9062	1016.8341	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.1722	0.1722	35.6943	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.0506	0.0506	10.4922	*
Zaman x Sıcaklık	1	0.555	0.555	115.0310	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.0003	0.0003	0.0052	ns
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0386	0.0048		
Toplam	15	5.8375			

Çizelge 12. Orta Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %0.5 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının K/S Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0225	0.0225	27.2727	***
Zaman	1	0.2025	0.2025	245.4545	***
Sıcaklık	1	1.5625	1.5625	1893.9393	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.0225	0.0225	27.2727	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.0025	0.0025	3.0303	ns
Zaman x Sıcaklık	1	0.2025	0.2025	245.4545	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.0225	0.0225	27.2727	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0066	0.0083		
Toplam	15	2.0441			

Çizelge 13. Orta Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %2 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının L* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0784	0.0784	95.0303	***
Zaman	1	3.6864	3.6864	4468.3636	***
Sıcaklık	1	59.29	59.29	71866.6666	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.0625	0.0625	75.7575	***
Flotte x Sıcaklık	1	1.2321	1.2321	1493.4545	***
Zaman x Sıcaklık	1	1.0201	1.0201	1236.4848	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.3364	0.3364	407.7575	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0066	0.0083		
Toplam	15	65.7125			

Çizelge 14. Orta Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %2 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının C* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0770	0.0770	62.5431	***
Zaman	1	0.2626	0.2626	213.3248	***
Sıcaklık	1	0.0826	0.0826	67.1319	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.02975	0.02975	24.1675	**
Flotte x Sıcaklık	1	0.0022	0.0022	1.8324	ns
Zaman x Sıcaklık	1	1.1718	1.1718	951.7208	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.0138	0.0138	11.2131	*
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0098	0.0012		
Toplam	15	1.6497			

Çizelge 15. Orta Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %2 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının K/S Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0105	0.0105	13.0310	**
Zaman	1	2.5680	2.5680	3185.1240	***
Sıcaklık	1	25.9845	25.9845	32228.8449	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.0915	0.0915	113.4961	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.3630	0.3630	450.2403	***
Zaman x Sıcaklık	1	1.2155	1.2155	1507.6046	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.0410	0.0410	50.8604	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0064	0.0086		
Toplam	15	30.2804			

Çizelge 16. Orta Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %4 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının L* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	11.8680	11.8680	10789.1136	***
Zaman	1	0.1122	0.1122	102.0227	***
Sıcaklık	1	58.9056	58.9056	53550.5681	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.0006	0.0006	0.5681	ns
Flotte x Sıcaklık	1	9.5172	9.5172	8652.0227	***
Zaman x Sıcaklık	1	0.8556	0.8556	777.8409	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.1056	0.1056	96.0227	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0088	0.0011		
Toplam	15	81.3737			

Çizelge 17. Orta Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %4 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının C* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.4290	0.4290	390.0227	***
Zaman	1	1.2882	1.2882	1171.1136	***
Sıcaklık	1	44.6892	44.6892	40626.5681	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.2970	0.2970	270.0227	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.0042	0.0042	3.8409	ns
Zaman x Sıcaklık	1	2.6732	2.6732	2430.2045	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.2970	0.2970	270.0227	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0088	0.0011		
Toplam	15	49.6867			

Çizelge 18. Orta Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %4 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının K/S Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	4	4	3636.3636	***
Zaman	1	0.01	0.01	9.0909	*
Sıcaklık	1	7.29	7.29	6627.2727	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.01	0.01	9.0909	*
Flotte x Sıcaklık	1	2.89	2.89	2627.2727	***
Zaman x Sıcaklık	1	0.36	0.36	327.2727	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	-0.0004	-0.0004	-0.0004	ns
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0088	0.0011		
Toplam	15	14.5688			

Çizelge 19. Yüksek Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %0.5 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylelerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının L* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0529	0.0529	64.1212	***
Zaman	1	0.1936	0.1936	234.6666	***
Sıcaklık	1	3.3856	3.3856	4103.7575	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	2.4649	2.4649	2987.7575	***
Flotte x Sıcaklık	1	4.2849	4.2849	5193.8181	***
Zaman x Sıcaklık	1	1.7956	1.7956	2176.4848	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.0169	0.0169	20.4848	**
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0066	0.0008		
Toplam	15	12.201			

Çizelge 20. Yüksek Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %0.5 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylelerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının C* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0056	0.0056	6.8181	*
Zaman	1	0.3906	0.3906	473.4848	***
Sıcaklık	1	0.5402	0.5402	654.8181	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.6006	0.6006	728.0303	***
Flotte x Sıcaklık	1	1.6770	1.6770	2032.7575	***
Zaman x Sıcaklık	1	0.2862	0.2862	346.9393	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.1190	0.1190	144.2727	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0066	0.0008		
Toplam	15	3.6259			

Çizelge 21. Yüksek Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %0.5 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının K/S Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0	0	0	ns
Zaman	1	0.09	0.09	109.0909	***
Sıcaklık	1	0.81	0.81	981.8181	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.49	0.49	593.9393	***
Flotte x Sıcaklık	1	1.21	1.21	1466.6666	***
Zaman x Sıcaklık	1	0.36	0.36	436.3636	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.04	0.04	48.4848	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0066			
Toplam	15	3.0066			

Çizelge 22. Yüksek Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %2 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının L* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	7.8120	7.8120	8223.1842	***
Zaman	1	16.1202	16.1202	16968.6579	***
Sıcaklık	1	450.9252	450.9252	474658.1319	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	12.3552	12.3552	13005.50001	***
Flotte x Sıcaklık	1	6.3756	6.3756	6711.1842	***
Zaman x Sıcaklık	1	9.7656	9.7656	10279.6052	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	19.9362	19.9362	20985.50001	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0076	0.0009		
Toplam	15	523.2977			

Çizelge 23. Yüksek Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %2 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylelerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının C* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.02640	0.02640	25.6060	***
Zaman	1	0.5967	0.5967	578.6727	***
Sıcaklık	1	3.4132	3.4132	3309.8242	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	2.1830	2.1830	2116.8545	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.2889	0.2889	280.1515	***
Zaman x Sıcaklık	1	2.7142	2.7142	2632.0060	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	1.0868	1.0868	1053.8727	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0083	0.0010		
Toplam	15	10.3176			

Çizelge 24. Yüksek Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %2 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylelerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının K/S Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	2.25	2.25	2368.4210	***
Zaman	1	4.41	4.41	4642.1052	***
Sıcaklık	1	123.21	123.21	129694.7368	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	3.24	3.24	3410.5263	***
Flotte x Sıcaklık	1	1.96	1.96	2063.1578	***
Zaman x Sıcaklık	1	4	4	4210.5263	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	8.41	8.41	8852.6315	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0076	0.0009		
Toplam	15	147.4876			

Çizelge 25. Yüksek Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %4 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneplerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının L* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	18.2115	18.2115	24904.6923	***
Zaman	1	22.3020	22.3020	30498.4700	***
Sıcaklık	1	525.4410	525.4410	718551.8037	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	22.4913	22.4913	30757.3419	***
Flotte x Sıcaklık	1	0.5513	0.5513	753.9230	***
Zaman x Sıcaklık	1	1.8157	1.8157	2483.0854	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	54.8710	54.8710	75037.3419	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0058	0.0007		
Toplam	15	645.6898			

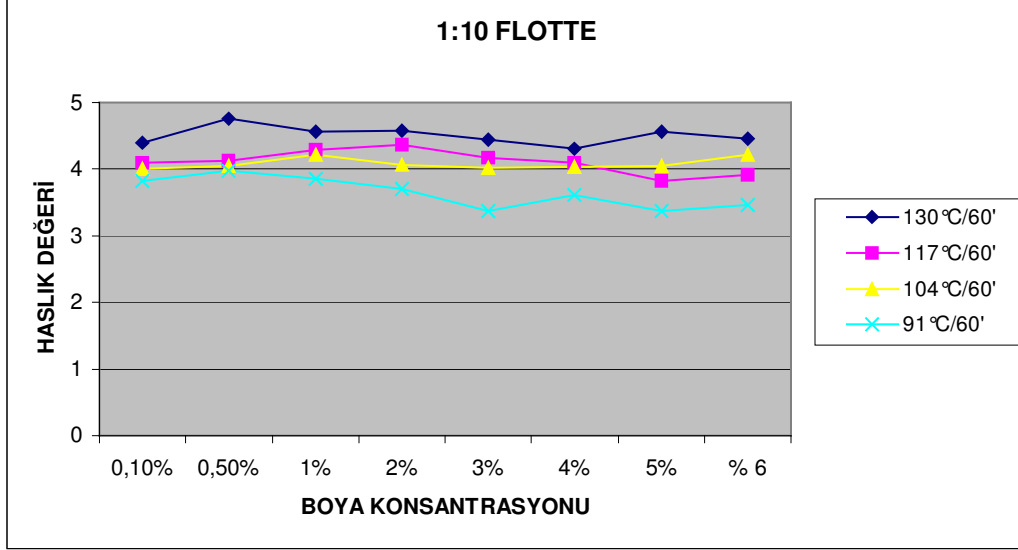
Çizelge 26. Yüksek Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %4 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneplerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının C* Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	0.0005	0.0005	0.6538	ns
Zaman	1	9.7531	9.7531	12055.7836	***
Sıcaklık	1	0.4583	0.4583	566.5377	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	7.1663	7.1663	8858.2558	***
Flotte x Sıcaklık	1	20.2770	20.2770	25064.2880	***
Zaman x Sıcaklık	1	0.6674	0.6674	0.6675	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	2.3808	2.3808	2.3808	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0064			
Toplam	15	40.7101			

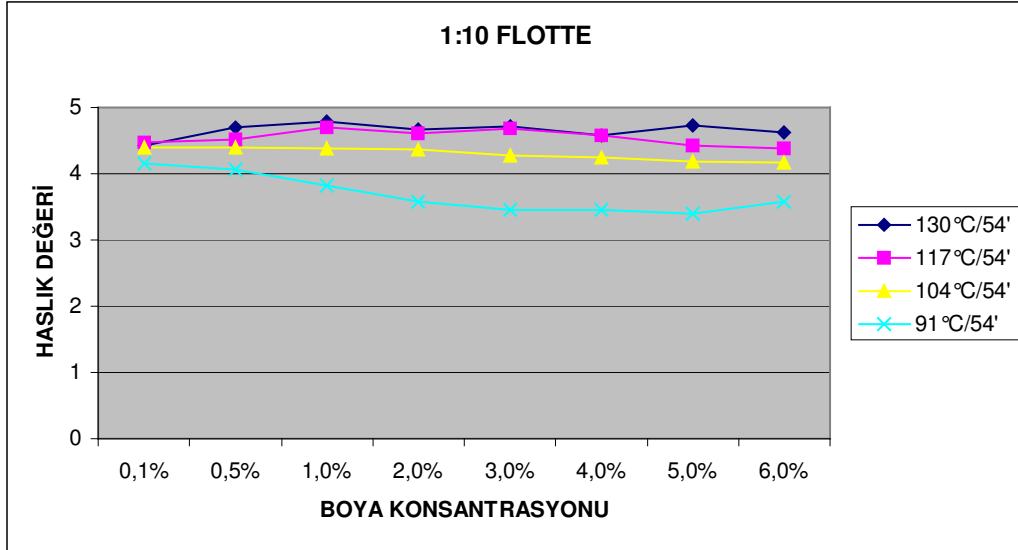
Çizelge 27. Yüksek Enerji Seviyeli Dispers Boyarmaddenin, %4 Konsantrasyonu ile Yapılan Boyama Deneylerinde Boyama Sıcaklığı, Boyama Zamanı ve Flotte Oranının K/S Üzerindeki Etkisinin Ölçüldüğü Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	df	SS	MS	F _s	P
Flotte	1	21.6225	21.6225	26209.0909	***
Zaman	1	1.1025	1.1025	1336.3636	***
Sıcaklık	1	167.7025	167.7025	203275.7575	***
Kesişim					
Flotte x Zaman	1	0.4225	0.4225	512.1212	***
Flotte x Sıcaklık	1	14.8225	14.8225	17966.6666	***
Zaman x Sıcaklık	1	1.5625	1.5625	1893.9393	***
Flotte x Zaman x Sıcaklık	1	0.7225	0.7225	875.7575	***
Açıklanmamış Varyans (Hata)	8	0.0066	0.0008		
Toplam	15	207.9641			

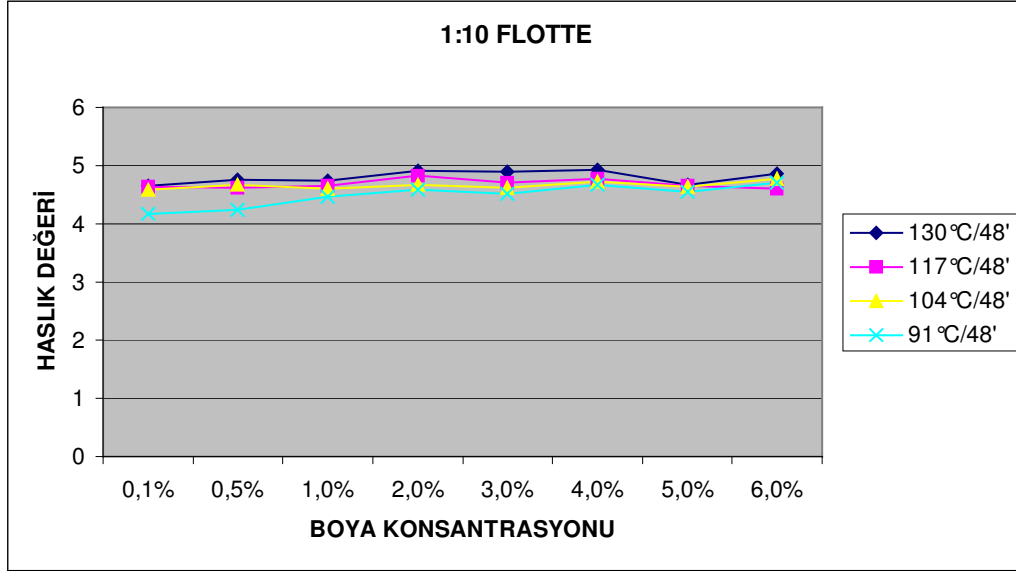
EK-3.YIKAMA HASLIKLARININ İNCELENDİĞİ DENEYLERİN SONUÇLARININ GRAFİKSEL GÖSTERİMİ



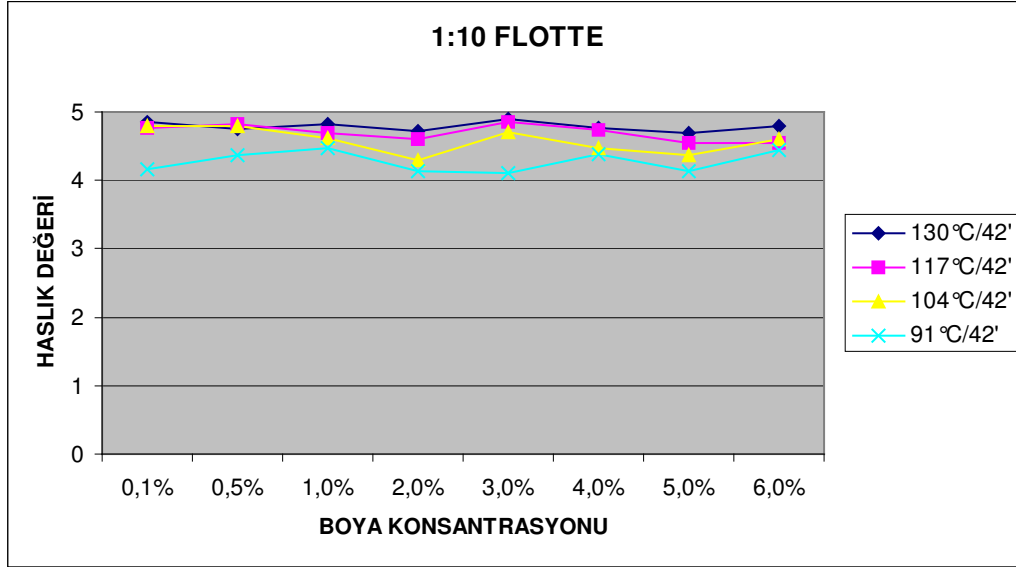
Şekil 10. 60 Dakika Sabit Boyama Süresinde, Boyama Sıcaklığının Değişimi ile Yapılmış Deneylerin Yıkama Haslığı Sonuçları



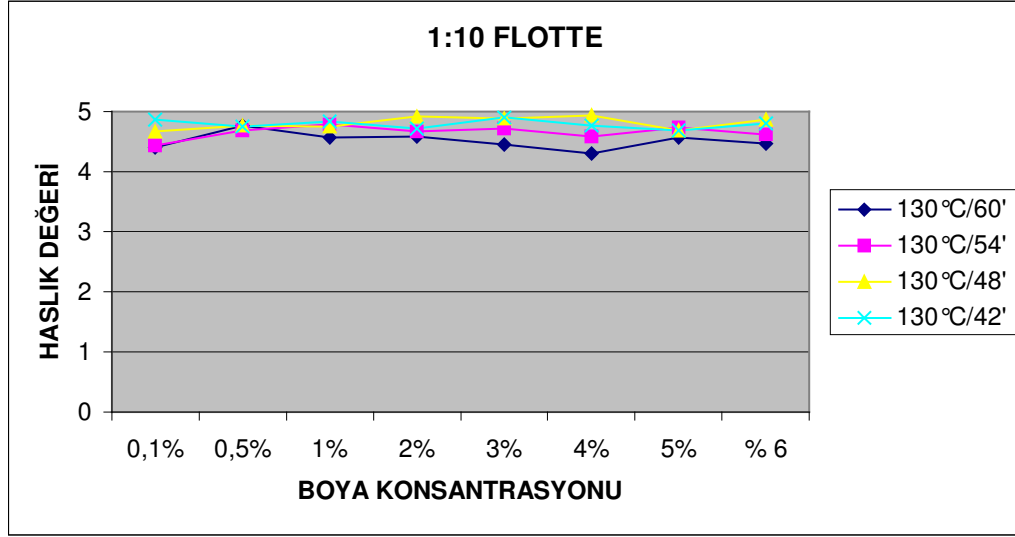
Şekil 11. 54 Dakika Sabit Boyama Süresinde, Boyama Sıcaklığının Değişimi ile Yapılmış Deneylerin Yıkama Haslığı Sonuçları



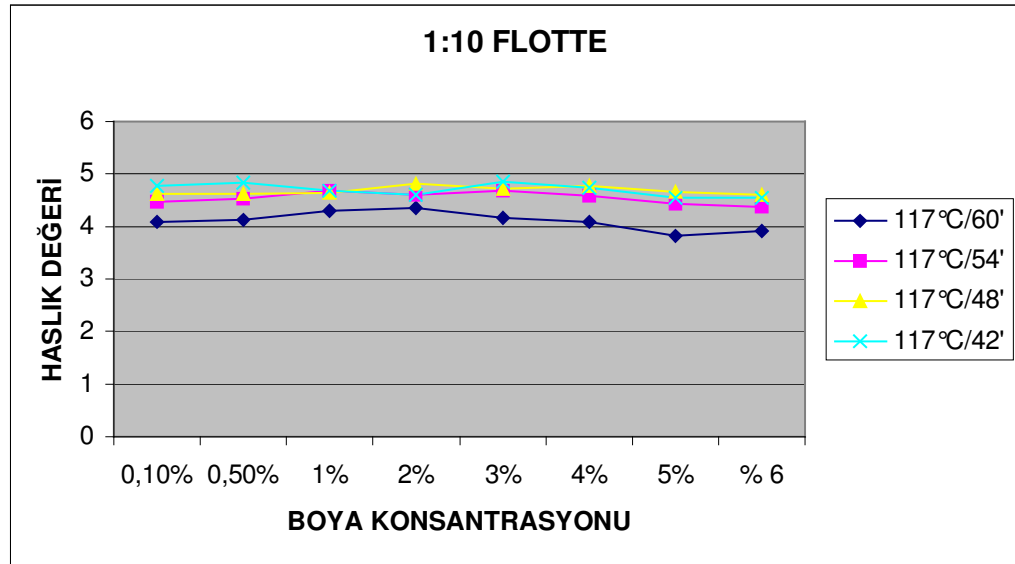
Şekil 12. 48 Dakika Sabit Boyama Süresinde, Boyama Sıcaklığının Değişimi ile Yapılmış Deneylerin Yıkama Haslığı Sonuçları



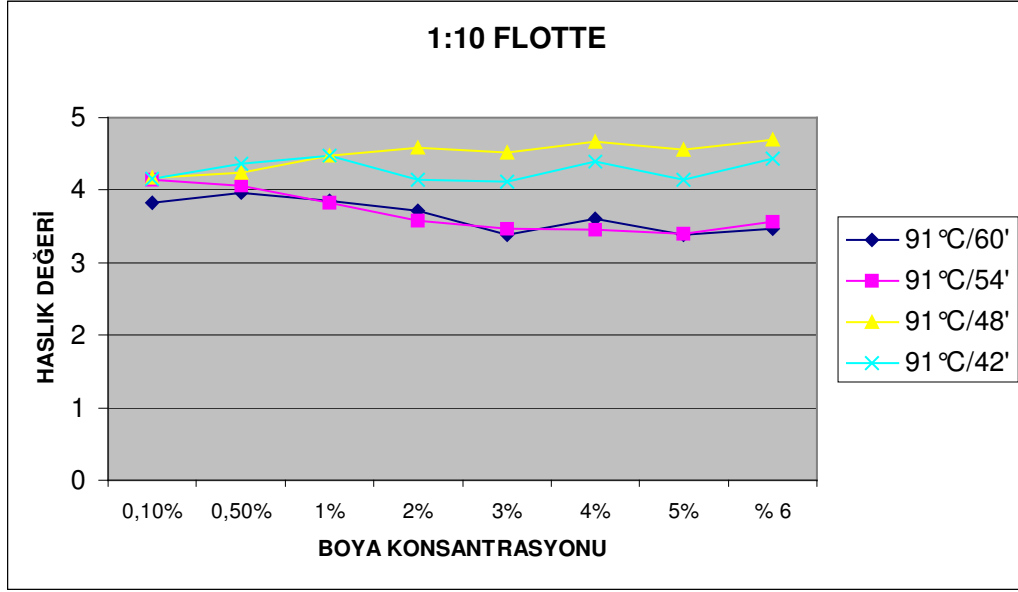
Şekil 13. 42 Dakika Sabit Boyama Süresinde, Boyama Sıcaklığının Değişimi ile Yapılmış Deneylerin Yıkama Haslığı Sonuçları



Şekil 14. 130°C Sabit Boyama Sıcaklığında, Boyama Süresinin Değişimi ile Yapılmış Deneylerin Yıkama Haslığı Sonuçları



Şekil 15. 104°C Sabit Boyama Sıcaklığında, Boyama Süresinin Değişimi ile Yapılmış Deneylerin Yıkama Haslığı Sonuçları



Şekil 16. 91°C Sabit Boyama Sıcaklığında, Boyama Süresinin Değişimi ile Yapılmış Deneylerin Yıkama Haslığı Sonuçları

TEŞEKKÜR

Bu tezi hazırlamamda ve bitirmemde bana yardımcı olan, lisans eğitimimden bu yana kişiliğini ve davranışlarını örnek aldığım danışmanım Doç.Dr.Behçet BECERİR'e teşekkür ederim.

Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'ne başladığımdan beri üzerimde büyük emekleri olan, başta bölüm başkanımız Prof.Dr.Halil Rifat ALPAY olmak üzere Prof.Dr.Mustafa Abdülhalik İSKENDER, Prof.Dr.Aslı HOCKENBERGER, Prof.Dr.Yusuf ULCAY ve tüm öğretim üyelerine teşekkür ederim.

Özellikle lisans eğitimimde ve iş hayatımda bana büyük yardımlarından dolayı Prof.Dr.Recep EREN'e teşekkür ederim.

Lisans eğitimim sonrasında, iş kariyerimi edinmemde ve yüksek lisans eğitimini tamamlamamda büyük desteği olan Sayın Hamit SURUŞ'a teşekkür ederim.

Bu çalışmanın yapılmasında bana yardım eden Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesi Laboratuvarı çalışanları Zuhâl SÜTÇÜ, Hakan TABAK, Didem KANTAŞ, Mustafa ASLAN, Filiz YILDIRIM, Ömer ARAS, Esra KINALI ve Şükriye EMEK'e teşekkür ederim.

İyi bir eğitim alarak yetişmemi sağlayan, bu günlere gelmemde hakkını ödeyemeyeceğim emeğe sahip olan aileme teşekkür ederim.

Hem çalışma hayatı, hem de yüksek lisans eğitimini bir arada sürdürmemde beni destekleyen meslektaşım ve nişanlım Pınar KURCAN'a teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

1980 Yılında İskenderun'da doğdu. İlköğretimini İskenderun Namık Kemal İlkokulu'nda, orta öğrenimini İskenderun İKEM Koleji'nde yaptı. Liseyi Mersin Toros Koleji'nde bitirdi. 1999 yılında Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. 2003 senesinde lisans eğitimini tamamlayıp, aynı sene içerisinde Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı'nda lisans üstü eğitime başladı. Halen Bursa Berke Tekstil A.Ş. Boyahanesi'nde çalışmaktadır.