

**GERÇEK ZAMANLI SPEKTROFOTOMETRİK ANALİZ
TEKNOLOJİSİ YARDIMIYLA DİSPERS BOYAMA
PROSESLERİNİN OPTİMİZASYONU**

Atike KÖKEN



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GERÇEK ZAMANLI SPEKTROFOTOMETRİK ANALİZ TEKNOLOJİSİ
YARDIMIYLA DİSPERS BOYAMA PROSESLERİNİN
OPTİMİZASYONU

ATIKE KÖKEN

Prof. Dr. Mehmet KANIK
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA - 2012
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

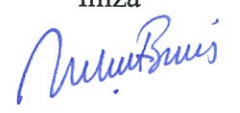
Atike KÖKEN tarafından hazırlanan “Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Teknolojisi Yardımıyla Dispers Boyama Proseslerinin Optimizasyonu ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Mehmet KANIK

Başkan : Prof. Dr. Mehmet KANIK
UÜ. Mühendislik Mimarlık Fakültesi
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı


İmza

Üye : Prof. Dr. Behçet BECERİR
UÜ. Mühendislik Mimarlık Fakültesi
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza


Üye : Yrd. Doç. Dr. Suat AKSOY
UÜ. Fen-Edebiyat Fakültesi
Kimya Anabilim Dalı

İmza


Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Kadri ASLAN
Enstitü Müdürü

.. /.. /....

Bilimsel Etik Bildirim Sayfası

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

24.07/2012

Atike KÖKEN



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GERÇEK ZAMANLI SPEKTROFOTOMETRİK ANALİZ TEKNOLOJİSİ YARDIMIYLA DİSPERS BOYAMA PROSESLERİNİN OPTİMİZASYONU

Atike KÖKEN

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet KANIK

Renk, her tekstil materyali için vazgeçilemeyecek temel bir özellik olup, tekstil materyalinin renklendirme işleminde en yaygın kullanılan yöntem boyanma yöntemidir. Geçmiş yıllarda boyama sonrasında yapılan ilaveler bir boyama işletmesi için alışmış bir durum iken günümüzde hızla gelişen teknoloji ile birlikte ortaya çıkan rekabet ortamında kabul edilemez duruma gelmektedir. İstenen rengin en kısa sürede ve en iyi kalite elde edilmesi oldukça önemlidir. Bu durumda ilk seferde doğru üretim felsefesi önem kazanmaktadır.

Bu araştırmada, boyama proseslerinin ilk seferde doğru şekilde uygulanmasına yönelik olarak geliştirilen sistemlerden biri olan Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Teknolojisi ile bobin boyama proseslerinin optimizasyonu üzerine çalışılmıştır. Çalışmada % 100 polyester tekstüre ve mikrolif iplik olmak üzere iki çeşit iplik kullanılmıştır. Öncelikle laboratuvar şartlarında yapılan çalışmalarla optimum boyama prosesleri belirlemiştir. Daha sonra işletme şartlarında aynı prosesler uygulanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Yapılan yüksek lisans tez çalışması 00579.STZ.2010-1 numaralı "Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Teknolojisi Yardımıyla Dispers Boyama Proseslerinin Optimizasyonu" konulu SAN-TEZ Araştırma Projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: dispers boyama, polyester iplik, gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz teknolojisi, ilk seferde doğru üretim, proses optimizasyonu.

2012, xiii + 85 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

OPTIMIZATION OF DISPERSE DYEING PROCESSES USING REAL TIME SPECTROPHOTOMETRIC ANALYSIS TECHNOLOGY

Atike KÖKEN

Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Textile Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet KANIK

Color is one of the fundamental characteristics of textile materials, and dyeing is the most common coloration method of those materials. In the past years, although redyeing was a traditional coloration technique, but nowadays it has been attracted too much attention in terms of production, optimization, finance and interest due to progress in dyeing technology. For this reason, it is utmost important to obtain desired color in a short time with perfect quality. Therefore, optimization in production system is superior factor in the textile dyeing process.

This work is based on optimization of package dyeing process with Real-Time Spectrophotometric Analysis, which is developed to carry out dyeing process precisely and perfectly in the first run. Two types of yarns, texturized and microfiber, were used in this work. Initial work was performed in the laboratory to determine optimum dyeing process, afterwards, the same dyeing processes were implemented in dyehouse conditions, and finally the results were evaluated.

This master work is based on 00579.STZ.2010–1 SAN-TEZ research project titled “Optimization of Disperse Dyeing Process Using the Real-Time Spectrophotometric Analysis”.

Keywords: disperse dyeing, polyester yarn, real-time spectrophotometric analysis, right first time, process optimization.

2012, xiii + 85 page.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez çalışmasının çıkarılmasında 00579.STZ.2010-1 numaralı "Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Teknolojisi Yardımıyla Dispers Boyama Proseslerinin Optimizasyonu" adlı SAN-TEZ projesini destekleyen Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'na;

Tez çalışmalarım ve yüksek lisans öğrenim sürecinde, öncelikle bana her türlü konuda tüm içtenliği ile yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen çok değerli hocam Prof. Dr. Mehmet KANIK' a;

Lisans ve yüksek lisans öğrenim süresince yardımlarını esirgemeyen başta Prof. Dr. Behçet BECERİR olmak üzere tüm Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyeleri ve Araştırma Görevlileri'ne;

Çalışmalarımı yürüttüğüm Berteks A.Ş. Boyahanesi Müdürü Ekrem AKBULUT ve proje çalışmalarını birlikte yürüttüğümüz ve her zaman desteklerini hissettiğim Duygu ADIGÜZEL, Suna GÜMÜŞKESEN ve Emel ŞENGÜNÜN'e ;

Çalışmalarım için gerekli testlerin yapılmasında her konuda yardımlarını esirgemeyen Berteks A.Ş. Fizik Laboratuvarı Şefi Kadriye KUTLAY ve tüm Fizik Laboratuvarı ve işletme şartlarında gerçekleştirilen çalışmalar esnasında her türlü yardımda bulunan Berteks A.Ş. Boyahanesi çalışanlarına;

Uludağ üniversitesi Tekstil Mühendisliği Laboratuvarı'nda gerçekleştirdiğim testler sırasında yardımlarını esirgemeyen uzman Haluk YÜCE'ye;

Her zaman yanımda olduklarını hissettiğim ve tez çalışmalarımın her anında manevi destek veren sevgili arkadaşlarıma;

Yüksek Lisans öğrenimine başlamam konusunda teşvik eden babam olmak üzere beni bu günlere getirirken, her türlü kolaylığı ve rahatlığı sağlayan, hiçbir konuda özveriden kaçınmayan ve bana her konuda destek olan sevgili aileme;

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Atike KÖKEN

.../ .../ ...

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1. Polyester Lifleri	3
2.1.1. Polyester Liflerinin Özellikleri	4
2.1.1.1. Polyester Liflerinin Genel Özellikleri	4
2.1.1.2. Polyester Liflerinin Özelliklerini Etkileyen Faktörler	6
2.2. Dispers Boyarmaddeler	8
2.2.1. Dispers Boyarmaddelerin Özellikleri	8
2.2.2. Polyester Liflerinin Dispers Boyarmaddelerle Boyanma Mekanizması	10
2.3. Polyester Liflerinin Boyanma Yöntemleri	13
2.3.1. Polyester Liflerinin HT (Yüksek Sıcaklık) Yöntemi ile Boyaması	14
2.3.2. Polyester Liflerinin Taşıyıcı (Keriyer) Yöntemi ile Boyaması	15
2.3.3. Polyester Liflerinin Termosol Yöntemi ile Boyaması	16
2.4. İplik Boyama	17
2.4.1. Bobin Boyama	18
2.4.1.1. Boyanacak Bobinlerin Hazırlanması	19
2.4.1.2. Bobinlerin Taşıyıcılara Yerleştirilmesi	21
2.4.1.3. Bobin Boyama İşlemine Etki Eden Makine Parametreleri	22
2.5. Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sistemi ve Optimizasyon	24
2.5.1. Gerçek Zamanlı Analiz Sisteminin Çalışma Prensibi	27
2.5.2. Gerçek Zamanlı Analiz Sisteminin Uygulamaları	30
2.5.2.1. Pamuğun İndigo ile Boyanmasında Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sisteminin Kullanılması	30

2.5.2.2. Pamuğun Direkt Boyarmaddeler ile Boyanmasında Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sisteminin Kullanılması.....	31
2.5.2.3. Pamuğun Reaktif Boyarmaddeler ile Boyanmasında Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sisteminin Kullanılması.....	31
2.5.2.4. Polyesterin Dispers Boyamaddelerle Boyanmasında Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sisteminin Kullanılması.....	33
3. MATERYAL VE YÖNTEM	34
3.1. Materyal	34
3.1.1. İplikler.....	34
3.1.2. Boyarmaddeler ve Yardımcı Kimyasal Maddeler	34
3.1.3. Çalışmada Kullanılan Aletler ve Cihazlar	36
3.1.3.1. Numune Bobin Boyama Makinesi	36
3.1.3.2. Üretim Tipi Bobin Boyama Makinesi	36
3.1.3.3. Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sistemi.....	36
3.1.3.4. Hassas Terazî	37
3.1.3.5. Spektrofotometre.....	37
3.2. Yöntemler.....	38
3.2.1. Egalizatörlerin Boyama Üzerine Etkisinin İncelenmesi ve Uygun Egalizatörün Seçimi İçin Yapılan Boyama İşlemleri	38
3.2.2. Uygun Egalizatör Konsantrasyonunun Belirlenmesi İçin Yapılan Boyama İşlemleri	40
3.2.3. Uygun pH Değerinin Belirlenmesi İçin Yapılan Boyama İşlemleri	40
3.2.4. Keriye ve Egalizatör Etkisinin Karşılaştırılması Amacıyla Yapılan Boyama Çalışmaları	40
3.2.5. Farklı Boyama Konsantrasyonlarının Boyamaya Etkisinin İncelenmesi İçin İki Farklı İplik İle Yapılan Bobin Boyama İşlemleri.....	41
3.2.5.1. İplik 1 Üzerinde Farklı Boyama Konsantrasyonlarında Yapılan Boyama İşlemleri	41
3.2.5.2. İplik 2 Üzerinde Farklı Boyama Konsantrasyonlarında Yapılan Boyama İşlemleri	42
4. BULGULAR.....	45
4.1. Egalizatörlerin Boyama Üzerine Etkisinin İncelenmesi ve Uygun	

Egalizatörün Seçimi İçin Yapılan Boyama İşlemlerine Ait Sonuçlar.....	45
4.1.1. Gerçek Zamanlı Analiz Sisteminden Elde Edilen Sonuçlar	45
4.1.2. Egalizatör Seçiminde Elde Edilen Renk Sonuçları	46
4.2. Uygun Egalizatör Konsantrasyonunun Belirlenmesi İçin Yapılan Boyama İşlemlerine Ait Sonuçlar	46
4.2.1. Uygun Egalizatör Konsantrasyonunun Belirlenmesinde Gerçek Zamanlı Analiz Sistemine Ait Grafiklerden Elde Edilen Sonuçlar.....	46
4.2.2. Egalizatör Konsantrasyonu Seçiminde Elde Edilen Renk Sonuçları	47
4.3. Uygun pH Değerinin Belirlenmesi İçin Yapılan Boyama İşlemlerin Sonuçları	47
4.3.1. Uygun pH Değerinin Belirlenmesinde Gerçek Zamanlı Analiz Sistemine Ait Sonuçlar	48
4.3.2. Uygun pH Değerinin Belirlenmesinde Elde Edilen Renk Sonuçları	48
4.4. Keriye ve Egalizatör Etkisinin Karşılaştırılması Amacıyla Yapılan Boyamalara Ait Sonuçlar	48
4.4.1. Keriye ve Egalizatör Etkisinin Karşılaştırılmasında Gerçek Zamanlı Analiz Sistemine Ait Sonuçlar.....	49
4.4.2. Keriye ve Egalizatör Etkisinin Karşılaştırılmasında Renk İle İlgili Sonuçlar	49
4.5. Tasarlanan Optimize Proseslerle Laboratuvar ve İşletmede Yapılan Boyamalara Ait Sonuçlar	49
4.5.1. İplik 1 Üzerinde Laboratuvar Şartlarında Yapılan Boyamalara Ait Sonuçlar	50
4.5.1.1. İplik 1 Üzerinde Laboratuvar Şartlarında Yapılan Boyamaların Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sonuçları	50
4.5.1.2. İplik 1 Üzerinde Laboratuvar Şartlarında Yapılan Boyamaların Renk Ölçümü İle İlgili Sonuçları	50
4.5.2. İplik 1 Üzerinde İşletme Şartlarında Yapılan Boyamalara Ait Sonuçlar	51
4.5.2.1. İplik 1 Üzerinde İşletme Şartlarında Yapılan Boyamaların Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sonuçları	51
4.5.2.2. İplik 1 Üzerinde İşletme Şartlarında Yapılan Boyamaların Renk İle İlgili Sonuçları.....	51
4.5.3. İplik 2 Üzerinde Laboratuvar Şartlarında Yapılan Boyamalara Ait Sonuçlar	52
4.5.3.1. İplik 2 Üzerinde Laboratuvar Şartlarında Yapılan Boyamaların Gerçek	

Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sonuçları	52
4.5.3.2. İplik 2 Üzerinde Laboratuvar Şartlarında Yapılan Boyamaların Renk İle İlgili Sonuçları.....	52
4.5.4. İplik 2 Üzerinde İşletme Şartlarında Yapılan Boyamalara Ait Sonuçlar	53
4.5.4.1. İplik 2 Üzerinde İşletme Şartlarında Yapılan Boyamaların Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sonuçları	53
4.5.4.2. İplik 2 Üzerinde İşletme Şartlarında Yapılan Boyamaların Renk İle İlgili Sonuçları.....	53
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	54
5.1. Tartışma	54
5.1.1 Egalizatörlerin Boyama Üzerine Etkisinin İncelenmesi ve Uygun Egalizatörün Seçimi İçin Yapılan Boyama İşlemlerine Ait Sonuçların Değerlendirilmesi.....	54
5.1.2. Uygun Egalizatör Konsantrasyonunun Belirlenmesi İçin Yapılan Boyama İşlemlerine Ait Sonuçların Değerlendirilmesi	58
5.1.3. Uygun pH Değerinin Belirlenmesi İçin Yapılan Boyama İşlemlerine Ait Sonuçların Değerlendirilmesi	62
5.1.4. Keriyer ve Egalizatör Etkisinin Karşılaştırılması Amacıyla Laboratuvarda Yapılan Çalışmaların Sonuçlarının Değerlendirilmesi	65
5.1.5. Tasarlanan Optimize Proseslerle Laboratuvar ve İşletmede Yapılan Boyamalara Ait Sonuçlar	68
5.1.5.1. İplik 1 Üzerinde Laboratuvar Şartlarında Yapılan Boyamalara Ait Sonuçların Değerlendirilmesi.....	68
5.1.5.2. İplik 1 Üzerinde İşletme Şartlarında Yapılan Boyamalara Ait Sonuçların Değerlendirilmesi.....	71
5.1.5.3. İplik 2 Üzerinde Laboratuvar Şartlarında Yapılan Boyamalara Ait Sonuçların Değerlendirilmesi.....	73
5.1.5.4. İplik 2 Üzerinde İşletme Şartlarında Yapılan Boyamalara Ait Sonuçların Değerlendirilmesi.....	75
5.2. Genel Sonuçlar	78
KAYNAKLAR	81
ÖZGEÇMİŞ	85

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklama

K/S	Kubelka-Munk Fonksiyonu (Renk Koyuluğu)
ΔE^*	Toplam renk farkı
I/D	İçten Dışa Sirkülasyon
D/I	Dıştan İçe Sirkülasyon

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Polyester liflerinin genel yapısı	3
Şekil 2.2. Dimetil teraftalat ve etilen glikol tepkimesi	3
Şekil 2.3. Teraftalik asit ve etilen glikol tepkimesi.....	4
Şekil 2.4. PET liflerinin kristal yapısı	5
Şekil 2.5. Dispers boyarmaddelerin A-D grupları ile sınıflandırılması	9
Şekil 2.6. Dispers boyama mekanizması	11
Şekil 2.7. Çile boyama makinesi.....	17
Şekil 2.8. İplik boyama makinesi ve bir iplik boyahanesi	19
Şekil 2.9. Boyama kovanları	20
Şekil 2.10. Bobin taşıyıcılar	22
Şekil 2.11. Gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sistemi.....	27
Şekil 2.12. Transmisyon düzeneği	28
Şekil 2.13. Gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz metodu ile 3 direkt boyarmadde karışımına ait boyarmadde çekim grafiği.....	31
Şekil 2.14. Gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz metodunun reaktif boyarmaddelerle pamuğun boyanmasına ait boyarmadde çekim grafiği....	32
Şekil 2.15. Üç boyarmadde karışımı ile dispers boyamaya ait gerçek zamanlı analiz grafiği.....	33
Şekil 3.1. Gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sistemi.....	37
Şekil 3.2. Datacolor spektrofotometre	38
Şekil 3.3. Sıcaklık-Süre diyagramı 1	39
Şekil 3.4. Sıcaklık-Süre diyagramı 2	43
Şekil 3.5. Sıcaklık-Süre diyagramı 3	44
Şekil 5.1. Renk verimine egalizatör etkisi.....	54
Şekil 5.2. Egalizatör türünün çekim hızına etkisi.....	55
Şekil 5.3. Egalizatör türünü trikromi uyumluluğuna etkisi.....	56
Şekil 5.4. Egalizatör türünün tekrarlanabilirlik üzerine etkisi.....	57
Şekil 5.5. Farklı egalizatörlere ait K/S değerleri.....	58
Şekil 5.6. Egalizatör konsantrasyonunun renk verimine etkisi.....	59
Şekil 5.7. Egalizatör konsantrasyonunun çekim hızına etkisi.....	60

Şekil 5.8. Egalizatör konsantrasyonunun tekrarlanabilirlik üzerine etkisi.....	61
Şekil 5.9. Egalizatör konsantrasyonlarına ait K/S değerleri.....	61
Şekil 5.10. pH'ın boyarmadde çekimine(%) etkisi.....	62
Şekil 5.11. pH'ın çekim hızına etkisi.....	63
Şekil 5.12. pH'ın tekrarlanabilirlik üzerine etkisi.....	64
Şekil 5.13. Farklı pH'larda çalışılan boyama proseslerine ait K/S değerleri.....	64
Şekil 5.14. Keriye ve egalizatör kullanımının % çekime etkisi.....	66
Şekil 5.15. Keriye ve egalizatör kullanımının çekim hızına etkisi.....	66
Şekil 5.16. Keriye ve egalizatör kullanımının tekrarlanabilirlik üzerindeki etkisi.....	66
Şekil 5.17. Keriye ve egalizatör kullanımının K/S değeri üzerindeki etkisi.....	67
Şekil 5.18. Laboratuvarda İplik 1 üzerinde farklı boyama konsantrasyonlarının boyarmadde çekimi üzerine etkisi.....	68
Şekil 5.19. Laboratuvarda İplik 1 üzerinde farklı boyama konsantrasyonlarının boyarmadde çekim hızına etkisi.....	69
Şekil 5.20. Laboratuvarda İplik 1 üzerinde farklı boyama konsantrasyonlarının tekrarlanabilirlik	70
Şekil 5.21. Laboratuvarda İplik 1 üzerinde farklı boyama konsantrasyonlarının K/S değerleri üzerindeki etkisi	70
Şekil 5.22. İşletmede İplik 1 üzerinde farklı boyama konsantrasyonlarının boyarmadde çekimi üzerine etkisi	71
Şekil 5.23. İşletmede İplik 1 üzerinde farklı boyama konsantrasyonlarının boyarmadde çekim hızına etkisi	72
Şekil 5.24. İşletmede İplik 1 üzerinde farklı boyama konsantrasyonlarının tekrarlanabilirliğe etkisi	72
Şekil 5.25. Laboratuvarda İplik 2 üzerinde farklı boyama konsantrasyonlarının boyarmadde çekimi üzerine etkisi	73
Şekil 5.26. Laboratuvarda İplik 2 üzerinde farklı boyama konsantrasyonlarının boyarmadde çekim hızına üzerine etkisi.....	74
Şekil 5.27. Laboratuvarda İplik 2 üzerinde farklı boyama konsantrasyonlarının tekrarlanabilirlik	75
Şekil 5.28. İşletmede İplik 2 kullanımında farklı boyama konsantrasyonlarının boyarmadde çekimi üzerine etkisi	76

Şekil 5.29. İşletmede İplik 2 üzerinde farklı boyama konsantrasyonlarının boyarmadde çekim hızına etkisi	77
Şekil 5.30 İşletmede İplik 2 kullanımında farklı boyama konsantrasyonlarının tekrarlanabilirliği.....	78

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. İplik özellikleri.....	34
Çizelge 3.2. Boyarmaddelere ait özellikler.....	34
Çizelge 3.3. Egalizatörlere ait özellikler.....	35
Çizelge 3.4. Keriye ve egalizatör etkisinin incelenmesi amacıyla kullanılan reçeteler.	41
Çizelge 3.5. İşletme ve laboratuvar şartlarında gerçekleştirilen boyamalarda kullanılan boyarmaddeler ve konsantrasyonları.....	41
Çizelge 4.1. Egalizatör seçiminde gerçek zamanlı analiz sisteminden alınan veriler	45
Çizelge 4.2. Egalizatör seçiminde renk ile ilgili alınan sonuçlar.....	46
Çizelge 4.3. Uygun egalizatör konsantrasyonu seçiminde gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sisteminden alınan veriler.....	47
Çizelge 4.4. Uygun egalizatör konsantrasyonu seçiminde renk ile ilgili sonuçlar....	47
Çizelge 4.5. Uygun pH değerinin belirlenmesinde gerçek zamanlı analiz sistemi sonuçları.....	48
Çizelge 4.6. Uygun pH değerinin belirlenmesinde renk ile ilgili sonuçlar.....	48
Çizelge 4.7. Keriye ve egalizatör etkisinin karşılaştırılmasında gerçek zamanlı analiz sonuçları.....	49
Çizelge 4.8. Keriye ve egalizatör etkisinin karşılaştırılmasında renk ile ilgili sonuçlar.....	49
Çizelge 4.9. İplik 1 üzerinde laboratuvar şartlarında yapılan boyamaların gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sonuçları.....	50
Çizelge 4.10. İplik 1 üzerinde laboratuvar şartlarında yapılan boyamaların renk ile ilgili sonuçları.....	50
Çizelge 4.11. İplik 1 üzerinde işletme Şartlarında yapılan boyamaların gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sonuçları	51
Çizelge 4.12. İplik 1 üzerinde işletme şartlarında yapılan boyamaların renk ile ilgili sonuçları.....	51

Çizelge 4.13. İplik 2 üzerinde laboratuvar şartlarında yapılan boyamaların gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sonuçları.....	52
Çizelge 4.14. İplik 2 üzerinde laboratuvar şartlarında yapılan boyamaların renk ile ilgili sonuçları.....	52
Çizelge 4.15. İplik 2 üzerinde işletme şartlarında yapılan boyamaların gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sonuçları	53
Çizelge 4.16. İplik 2 üzerinde işletme şartlarında yapılan boyamaların renk ile ilgili sonuçları.....	53

1. GİRİŞ

Renk, her tekstil materyali için vazgeçilemeyecek temel bir özellik olup tekstil materyalinin renklendirme işleminde en yaygın kullanılan yöntem boyanma yöntemidir. Boyama işlemi, tekstil materyalinin eğer apre işlemi uygulanmayacaksa gördüğü son işlem olması nedeniyle büyük önem taşımakta olup maliyet kontrolü ve oluşan atıkların önlenmesi amacıyla daha fazla dikkat gerektirmektedir. Ayrıca, geçmiş yıllarda boyama sonrasında yapılan düzeltici ilave işlemler bir boyama işletmesi için alışılmış bir durum iken günümüzde hızla gelişen teknoloji ile birlikte ortaya çıkan rekabet ortamında kabul edilemez duruma gelmektedir. İstenen rengin en kısa sürede ve en iyi kalite edilmesi oldukça önemlidir. Bazı üreticilerin yüksek kalite ve kısa termin süresinin ek maliyet getirdiğini düşündüğünü göz önüne alırsak aslında ilk seferde doğru üretimin bir çıkış noktası olabileceği açıktır.

1970'lerde ortaya çıkan tekstil boyamasında İlk Seferde Doğru Üretim (Right First Time; RFT) felsefesi uzun yıllardır uygulanan boyama işlemlerinde çok fazla kullanılmamış olsa da aslında bu rekabet ortamında bu felsefeye olan ihtiyacın çok fazla olduğu görülmektedir. İlk seferde doğru üretimin anlamı her bir boyamada amaçlanan renge tek seferde ulaşılması böylece yeniden bir kez daha boyama veya ek işlem gerektirmemesidir. Böylece üretimdeki maliyetler azalmaktadır. Çünkü ilave işlem gerektirmeyen ilk seferde doğru yapılmış bir boyama prosesi demek zaman, boyarmadde, kimyasal, su tasarrufu ve aynı zamanda çevreye atılan yükün azalmış olması demektir (Günay 2011b).

Boyama proseslerinin on-line analizini, optimizasyonunu ve ilk seferde doğru şekilde uygulanmasını iyileştirmeye yönelik olarak geliştirilen Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sistemi oldukça yeni bir teknolojidir. Bu sistem sayesinde normalde sadece bir boyama işlemi sonlandığı zaman kontrol edilebilen mamul rengi ile ilgili olarak boyama işlemi devam ederken eş zamanlı olarak bilgiler sağlanmaktadır. Bu sistem devam eden boyama işlemi ile ilgili o anda müdahale yapılmasına veya boyama işlemi bittikten sonra aynı materyal için daha sonra yapılacak olan boyama işlemlerinde kullanılmak üzere bilgilerin alınmasını sağlamaktadır. Ayrıca sistem

yardımları ile üretim için satın alınan kimyasalların ve boyarmaddelerin her zaman aynı kalitede olup olmadığı ile ilgili verilerin de alınabilmesi üretimde tekrarlanabilirliğin sağlanması açısından önemlidir.

Bu çalışmada boyama proseslerinin ilk seferde doğru şekilde uygulanmasına yönelik olarak geliştirilen sistemlerden biri olan Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Teknolojisi ile polyester ipliklerin bobin halinde boyanmasının optimizasyonu üzerine çalışılmıştır. Çalışmada kolay boyanan kaliteleri temsilen % 100 polyester tekstüre ve zor kaliteleri temsilen de mikrolif iplik olmak üzere iki çeşit iplik kullanılmıştır. Öncelikle laboratuvar şartlarında yapılan çalışmalar sonucunda, boyama işlemine etki eden önemli parametrelerin optimum değerleri belirlenerek deneylerde kullanılan her bir iplik tipi için optimum boyama prosesleri tasarlanmıştır. Tasarlanan prosesler önce laboratuvarında numune bobin boyama makinesinde ve daha sonra da işletme şartlarında uygulanarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

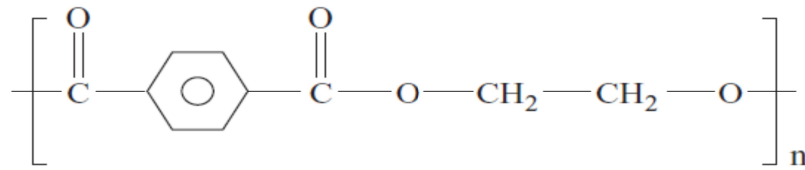
Yapılan yüksek lisans tez çalışması 00579.STZ.2010-1 numaralı “*Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Teknolojisi Yardımıyla Dispers Boyama Proseslerinin Optimizasyonu*” konulu SANTEZ Projesinden çıkarılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Polyester Lifleri

Polyester lifleri İkinci Dünya Savaşı sırasında İngiltere’de Calicio Printers şirketinde çalışan J.T. Dickson ile J.R. Whinfield tarafından yapılan çalışmalar esnasında keşfedilmiştir. ICI ve Dupont firmalarının polyester üzerine yaptıkları araştırmalar ile polyester üretimi başlamış ve polyester bu iki firma aracılığı ile dünyaya tanıtılmıştır (Koh 2011)

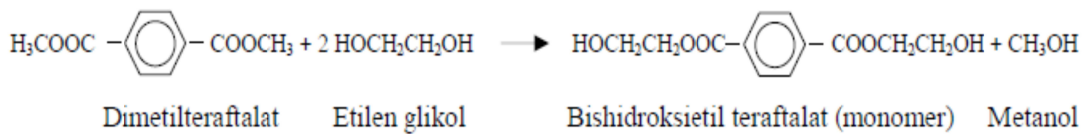
Genelde polyester olarak adlandırılan PES lifleri bir dialkol ile bir dikarboksilik asidin kondenzasyon ürünü olup uzun zincirli polimerlerdir (<http://ncsu.academia.edu>, 2012; Karayannidis ve Achilias, 2007).



Şekil 2.1. Polyester liflerinin genel yapısı (Santana Gopala Krishnan ve Kulkarni 2008)

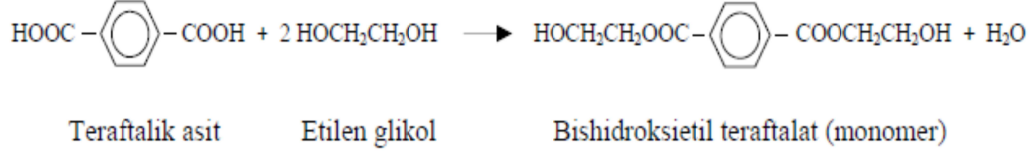
Günümüzde dünyada kullanımı çok yaygın olan PES lifleri içinde en yaygın kullanım alanı bulan PET (polietilen tereftalat) lifleridir. PET lifleri iki farklı üretim yöntemi ile elde edilmektedir (Alkara 2006).

1. Birinci yöntemde dimetil tereftalat ile etilen glikol kullanılır. Bu yöntemde sürekli ve kesikli olmak üzere iki şekilde üretim yapılır.



Şekil 2.2. Dimetil tereftalat ve etilen glikol tepkimesi (Alkara 2006)

2. İkinci yöntem ise saf teraftalik asit, etilen glikol ile tepkimeye girer. Burada da yine kesikli veya sürekli olarak üretim yapılmaktadır.



Şekil 2.3. Teraftalik asit ve etilen glikol tepkimesi (Alkara 2006)

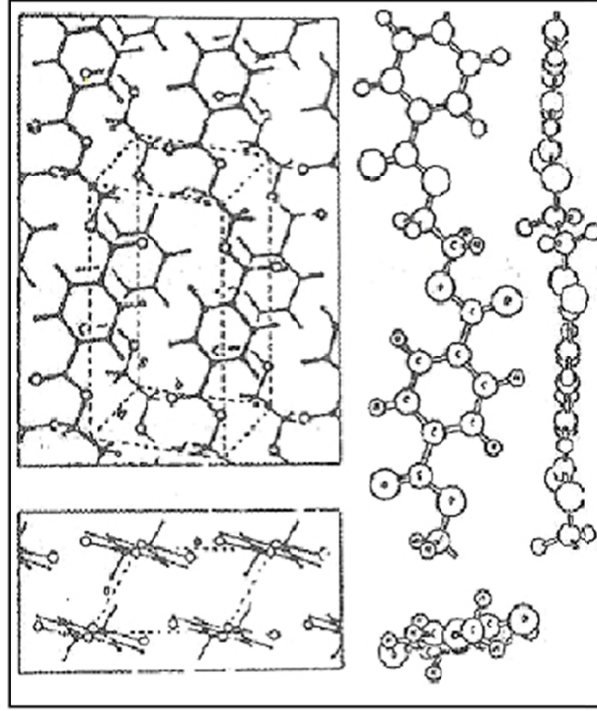
2.1.1. Polyester Liflerinin Özellikleri

2.1.1.1 Polyester Liflerinin Genel Özellikleri

Polyester liflerinin özellikleri lifin moleküler yapısından etkilenmektedir. Lifin yapısı lifin uygulanabilirliği üzerinde etkilidir. Bu bakımdan liflerin sahip olduğu fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bununla birlikte mekanik etkilere, sıcaklığa ve kimyasallara karşı gösterdikleri davranışların bilinmesi uygulanacak işlemler açısından oldukça önemlidir.

Polyester lifleri, istenilen özelliklere ve kullanım yerine göre istenilen inceliklerde filament halde ya da çeşitli uzunluklarda kesikli olarak üretilebilmektedirler. Polyester liflerinin enine kesitleri incelendiğinde ise genel olarak dairesel olmalarına rağmen değişik düze şekilleri kullanılarak farklı kesitlerde (üçgen, yıldız, yarım ay gibi) farklı özelliklere sahip lifler de üretilebilmektedir. Boyuna kesitleri ise düzgün ve pürüzsüz olup cam çubuğa benzer. Standart PET liflerinin çapı son kullanım yerine göre genellikle 12- 25 mikrometre (μm) veya 1.5-10 denye arasında değişmektedir. PET lifleri genel olarak beyaz veya beyaza yakın bir renkte ve şeffaftır.

Polyester polimeri lif elde edilmesi için gerekli olan lineer yapıdadır. Genel olarak polyester liflerinin ortalama polimerizasyon derecesi 100, ortalama bir ünitenin molekül ağırlığı ise 192 civarındadır. Ancak piyasada ortalama polimerizasyon derecesi 300'e ve molekül ağırlığı 55.000'e yaklaşan özel yüksek dayanıma sahip polyester lifleri de bulunmaktadır (Santana Gopala Krishnan ve Kulkarni 2008).



Şekil 2.4. PET liflerinin kristal yapısı (<http://web.utk.edu>, 2012)

Polyester lifleri % 35 kristalin bölgeye ve % 65 amorf bölgeye sahiptirler. Benzen halkaları nedeni ile PET lifinin kristallenmesi zor olup rijit bir yapıya sahiptir. Amorf polyesterin 1. camsı geçiş sıcaklığı 70 °C civarında iken, germe işlemi uygulanmış ve fikse edilmiş polyester liflerinde bu değer 80-85 °C civarına kadar çıkmaktadır. Germe ve fiksaj işlemi sırasında lifler kristalin bir yapı kazanmakla birlikte, aynı zamanda amorf bölgedeki makro moleküllerin yerleşimi de önemli değişikliklere uğramaktadır (Alkara 2006, <http://web.utk.edu>, 2012).

Polyester liflerinin erime noktası 258 °C civarında, özgül ağırlığı 1.38 g/cm³, nem alma oranı % 0.4'tür. Filament halindeki standart PES liflerin mukavemeti 3,5-7 g/den arasında olup kopma uzaması ise % 24-50 arasında değişmektedir. Polyester lifleri aşınmaya, küflenmeye ve kırılmaya karşı dayanıklı olup kolay temizlenmesi göze çarpan özelliklerdendir (<http://web.utk.edu>, 2012).

2.1.1.2. Polyester Liflerinin Özelliklerini Etkileyen Faktörler

a) Suyun Polyester Liflerine Etkisi

Polyester liflerinin hidrofob karakterli olması nedeniyle suyun liflerin içlerine doğru ilerlemesi zordur. Bu zorluk nedeni ile polyester liflerine soğuk ve sıcak suyun etkisi fazla değildir. Ancak kaynar su veya su buharı varlığında ester bağlarının hidrolize olması nedeniyle makro moleküllerin polimerizasyon dereceleri ve dolayısıyla liflerin özellikleri de olumsuz yönde etkilenmektedirler (Nunn 1979).

b) Asitlerin Polyester Liflerine Etkisi

Asitlerin etkilerine karşı polyesterler liflerinin dayanımı genel olarak iyidir. Sülfürik, hidroklorik ve nitrik asit gibi kuvvetli anorganik asitlerin % 30'luk konsantrasyona kadar olan çözeltileri ile oda sıcaklığında uzun bir süre muamele edilmesi halinde bile, polyester liflerinde önemli bir zarar söz konusu olmaz. Ancak liflerin asitlere karşı gösterdiği bu dayanıklılık sınırsız değildir. Yüksek sıcaklıklarda ve derişik kuvvetli asitlerin varlığında polyester lifleri tamamen çözülebilmektedir.

Bazı kuvvetli organik asitler yüksek sıcaklıklarda polyester liflerini çözebilmekte, zayıf ve orta kuvvetteki organik asitlerin ise polyester liflerine zarar verme tehlikeleri ihmal edilebilecek kadar olmaktadır. Örneğin derişik asetik ve formik asit ile 95 °C'de 72 saat işlem gören polyester liflerinin dayanım kaybı % 10'u bile geçmemektedir (<http://textileinformation.blogspot.com>, 2012).

c) Bazların (Alkalilerin) Polyester Liflerine Etkisi

Polyester lifleri yüksek sıcaklıklarda zayıf alkalilere karşı iyi bir dayanım göstermektedirler. Ancak kuvvetli alkalilere karşı oda sıcaklığında kabul edilebilir bir dayanım gösterirlerken derişik kuvvetli bazlara karşı dayanımları sınırlıdır. Kuvvetli bazlar, polyesteri dıştan itibaren sabunlaştırarak parçalamaya başlarlar. Örneğin, derişik NaOH ile kısa süreli olarak işlem gören polyester lifleri lif yüzeyinden başlayarak

hidroliz olur ve soyulur. Lifte ağırlık kaybı oluşur, lif yüzeyi pürüzlü bir görünüm alır, tutum yumuşar, buruşma özelliği azalır, ipeğimsi bir hal alır. Bu işlemle lif yüzeyi daha hidrofilye hale geldiği için boyama özellikleri gelişir. Bazların polyestere etkisi; bazın konsantrasyonu, sıcaklık ve süreye bağılı olarak da değişir. Bu parametrelerden ikisi yüksek iken, biri mutlaka düşük tutulmalıdır Çok derişik NaOH çözeltilerinde, sıcaklığın arttırılmasıyla liflere zarar vererek mukavemetlerini azaltır (Nunn 1979, Bendak ve El-Marsafi 1991).

c) Organik Çözücülerin Polyester Liflerine Etkisi

Polyester lifleri genel olarak organik çözücülere karşı oldukça dayanıklıdır. Aseton, metanol, toluen, dioksan, dietileter, etanol, benzen, ksilen, benzin, metilen klorür, kloroform, karbontetraklorür, perkloretilen, trikloretilen gibi çok kullanılan organik çözücülerin soğukta ve kısa sürede polyester liflerine etkileri yoktur. Hatta sıcakta veya uzun süreyle etki ettirildiklerinde bile liflerde önemli bir değişikliğe yol açmamaktadırlar. Fakat bazı aseton, kloroform ve trikloretilen gibi organik çözücüler fikse edilmemiş liflerin önemli ölçüde büzüşmesine (çekmesine) neden olabilmektedir. Benzil alkol, nitrobenzen, m-krezol gibi bazı organik çözücüler kolaylıkla; dimetilformamid, o-diklorbenzen gibi bazı çözücüler ise ağır koşullar altında, polyester liflerini tümüyle çözebilmektedirler (Uğur 2004).

c) Sıcaklığın Polyester Liflerine Etkisi

Polyester liflerinin erime noktası 250-300 °C civarında olup dayanıklılığı birçok doğal ve yapay life nazaran daha iyidir. Camlaşma sıcaklığı ise 80 °C'den yüksektir. Polyester liflerinin yüksek sıcaklıklara karşı gösterdiği dayanıklılık kuru sıcaklık için geçerli olup havadaki su buharı oranı arttıkça dayanıklılık düşmektedir. Yüksek sıcaklıklarda liflerin sararma riski bakımından da polyester lifleri diğer sentetik liflere nazaran daha iyi bir performans göstermektedir. Erime esnasında polyester lifleri çekmekte ve yanması sonucunda sert siyah kalıntılar bırakmaktadırlar (Tortora 1978).

d) Işık ve Açık Hava Koşullarının Polyester Liflerine Etkisi

Polyester lifleri açık hava koşullarına ve ışık etkisine karşı oldukça dayanıklı liflerdir. Fakat uzun süre ışıktaki bırakılan polyester lifleri özellikle ultraviyole ışığından zarar görebilirler. Polyester liflerine birinci derecede etki eden ışınlar, 290-330 nm dalga boyundaki mor ötesi (UV) ışınlarıdır. Ancak örneğin perdeler olarak kullanılmış bir polyester lifi için düşünüldüğünde bu ışınlar büyük ölçüde pencere camı tarafından absorbe edildiğinden perdelerin güneş ışınlarına karşı dayanıklılığı yüksektir (Uğur 2004).

Açık havada, yağmur, çığ ve ozonun etkisiyle makro moleküllerin oksidatif olarak parçalanma tehlikesi olmasına rağmen polyester liflerinin açık hava (atmosfer) şartlarına karşı dayanıklılığı da iyidir (Uğur 2004).

2.2. Dispers Boyarmaddeler

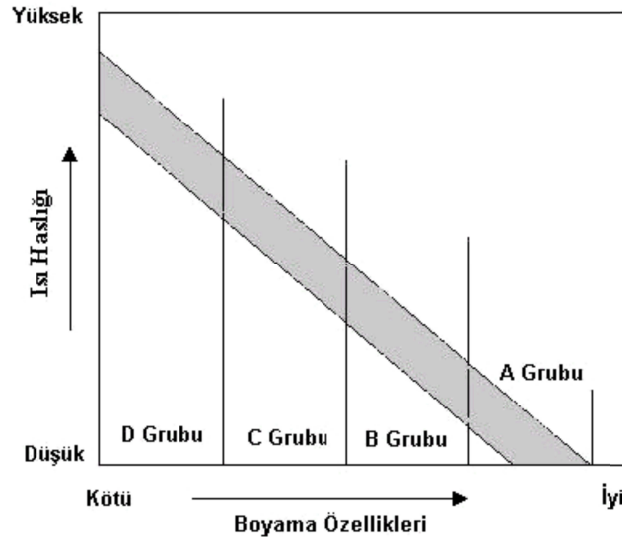
İlk olarak 1920'lerde ortaya çıkan selüloz diasetat liflerinin boyanmasına yönelik olarak geliştirilen dispers boyarmaddeler polyesterin elde edilmesinden sonra daha çok polyester lifleri için kullanılmaya başlanmış ve polyester liflerinin üretimindeki artış ile birlikte kullanılan en önemli boyarmadde grubu haline gelmiştir. Dispers boyarmaddeler sentetik liflere substantiviteye sahip oldukları için poliamid, akrilik, modakrilik ve polivinilklorür liflerinin boyanmasında da kullanılmaktadırlar (Vigo 1994).

2.2.1. Dispers Boyarmaddelerin Özellikleri

Yaklaşık 250'si Colour Index (CI) numarası ile adlandırılmış olan 750'ye yakın dispers boyarmadde bulunmaktadır. Bu boyarmaddelerin büyük oranını yaklaşık % 30 luk bir pay ile mavi, % 25'ini kırmızı, % 20'sini sarı, % 8'ini viole ve oranj ve % 3'ünü de kahverengi renkler oluşturmaktadır. Bu durumda siyah ve yeşil renkler için çok az bir kısım kalmıştır. Ancak bu iki renkte boyarmadde olmaksızın da dispers boyarmaddeler bu renklerin elde edilebilmesi için yeterli renk gamına sahiptir (Aspland 1992).

Dispers boyarmaddeler non-iyonik yapılı boyarmaddeler olup, oda sıcaklığında suda çözünmezler ve hidrofobik liflere substantiviteye sahip boyarmaddelerdir. Dispers boyarmaddeler mikro dispers granuller veya sıvı formda bulunabilmektedir. Ticari olarak ise yaklaşık olarak % 20-40'ı pasta şeklinde, % 20-50'si toz şeklinde satılmaktadır. Endüstride kullanılan boyarmaddeler yapılarında birçok farklı kromofor yapı bulundurlar. Tüm bu kullanılmakta olan boyarmaddelerin yaklaşık olarak % 60'ını azo boyarmaddeler, % 25'ini antrakinon bazlı boyarmaddeler ve kalanını da kinofitalon, naftilamid, naftokinon ve nitro bazlı boyarmaddeler oluşturmaktadır (Hamprect 2002).

Dispers boyarmaddeler süblimasyon haslıklarına ve boyama özelliklerine göre sınıflandırılmıştır. İngiltere'de ilk olarak dispers boyarmaddeler 4 grupta (A-D) sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre örneğin A sınıfı boyarmaddeler en yüksek boyama ve en düşük süblimasyon özelliğine sahipken D sınıfı tam tersi olarak sınıflandırılmıştır. Şekil 2.5'te görülen bu gruplandırma için özelliklerin A'dan D'ye doğru nasıl değiştiği gösterilmiştir. A'dan D'ye doğru süblimasyon haslığının arttığı ve boyama hızının ise düştüğü görülmektedir. A grubu boyarmaddeler selüloz asetat boyama ve keriyer ile polyester boyama için uygundur (Vigo 1994, Cunningham 1996).



Şekil 2.5. Dispers boyarmaddelerin A-D grupları ile sınıflandırılması (Vigo 1994)

Amerika da ise dispers boyarmaddeler düşük, orta ve yüksek enerjili boyarmadde grupları olarak 3 alt gruba ayrılmış durumdadır. Bu gruplar daha önceden sınıflandırılmış olan A-D sınıflandırmasındaki özelliklerin aynısını kapsamaktadır (Aspland 1992).

Dispers boyarmaddelerin moleküler yapılarındaki polar gruplar nedeniyle suda çözünürlüğü çok az olup boyama esnasında banyoda çok az miktardaki monomoleküler formda bulunurlar. Bu boyarmaddeler az miktarda çözünmüş boyarmadde içeren küçük tanecikli sulu dispersiyonlar halinde uygulanırlar. Saf haldeki dispers boyarmaddeler, ısıtıldıklarında (150-200 °C) eriyen ve bozunmaya uğramadan süblime olabilen, düşük molekül ağırlıklı kristal haldeki katı maddelerdir. Dispers boyalar 80 °C'de 0.2–100 mg/L çözünürlüğe sahiptir (Cunningham 1996, Venkataraman 1974).

Polyester liflerinin boyanması sırasında, dispers boyarmaddelerin banyoda dispers durumda bulunmasını sağlamak için banyoda dispersiyon ajanlarının da bulunması gerekmektedir. Dispersiyon ajanları boyarmaddenin boyama banyosu içinde stabilitesini sağlamaktadır. Dispersiyon ajanı boyama partiküllerinin çevresinde bir film oluşturarak aglomerasyonu önlerler. Bu sayede boyarmaddenin banyo içerisinde homojen bir şekilde dağılması da sağlanmış olur (Uğur 2004).

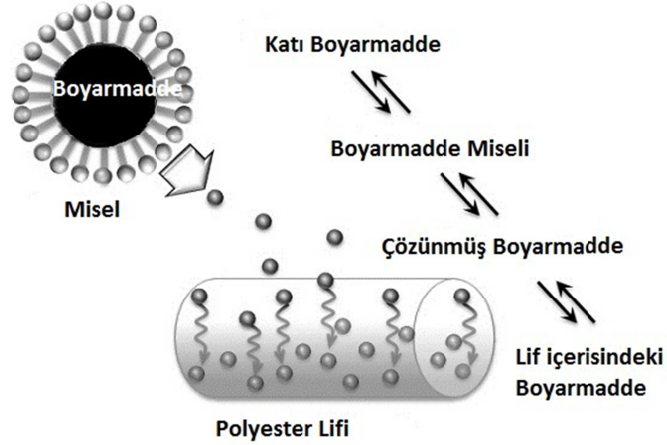
2.2.2. Polyester Liflerinin Dispers Boyarmaddelerle Boyanma Mekanizması

Polyester liflerin yüksek kristalin yapısı, hidrofobik karakteri ve boyarmadde moleküllerinin kimyasal bağ oluşturabileceği etkili fonksiyonel gruplar içermemesi nedeni ile boyanması zordur. Dispers boyarmaddeler de non iyonik yapılı boyarmaddeler olup molekül yapılarındaki polar gruplar nedeniyle suda çözünürlüğü çok azdır ve boyama esnasında banyoda çok az miktardaki monomoleküler formda bulunurlar. Polyester liflerinin boyanması sırasında dispers boyarmaddenin life transferi de monomoleküler formda gerçekleşmektedir.

Dispers boyamaddelerle polyester liflerinin boyanma mekanizması şu adımlardan oluşmaktadır.

- 1) Bir miktar partikül haldeki boyarmaddenin boyama banyosu içinde miseline ve çözülmüş formlara çözünmesi
- 2) Boyarmaddenin boyama çözeltisi içinden difüzyon sınır tabakasına hareketi
- 3) Difüzyon sınır tabakası içinden boyarmadde moleküllerinin difüzyonu
- 4) Boyarmaddenin lif yüzeyi üzerinde adsorbsiyonu
- 5) Boyarmaddenin lif içine difüzyonu ve sabitlenmesi

Dispers boyamaddelerle polyester liflerinin boyanmasına ait boyama mekanizmasına ait yukarıda bahsedilen adımlar Sekil 2.6'da gösterilmektedir.



Şekil 2.6. Dispers boyama mekanizması (Koh 2011)

Bu adımlarda gerçekleşen olaylar şu şekildedir (Koh 2011):

- (1) Dispers boyamaddeler çok küçük ama önemli bir suda çözünürlüğe sahiptirler ve sulu fazdan moleküler formda life hareket ederler. Dispers boyarmaddenin çözünme hızı, boyanın kristalin formu ve parçacık büyüklük dağılımı boyarmaddenin suda çözünürlüğüne etki etmektedir. Eğer bu fiziksel karakteristik özellikler boyarmadde üreticisi tarafından dikkatlice kontrol edilmezse boyama sırasında boyarmaddenin çözünme hızı boyamayı etkileyen basamak haline gelir ve düzgün olmayan boyama elde edilir. Eğer boyarmaddenin kristalin hali yeteri kadar çözünür değilse veya boyarmaddenin büyük kısmı, büyük ve yavaş çözünen parçacıklar halinde bulunuyorsa, boyama banyosunun çok çeşitli kısımları yetersiz miktarda boyarmadde içerir ve bunun

sonucunda tekstil materyalinin farklı bölgelerinde lifler tarafından düzgün olmayan boyarmadde alımı oluşur.

Boyarmaddenin hem çözünürlüğü hem de çözünme hızı boya üretimi sırasında boya formülasyonuna katılan dispersiyon ajanları ile geliştirilir. Dispers boyanın çözünmesine yardım etmek üzere boya banyosu içinde misel oluşturucu ajanlar da bulunur. Misel oluşturan ajanların hem hidrofilik hem de oleofilik özellikleri vardır. Sulu çözelti içinde bu ajanlar kendilerini küre şekline sokarlar ve oluşan moleküllerin iç kısımları oleofilik bölgeleri, kürenin dış bölgesinde de bu moleküllerin hidrofilik baş kısımları bulunur. Dispers boyarmadde bu oleofilik bölgeler içinde çözünmeye çalışır. Misel oluşturan ajanlar dispers boyarmaddenin parçacık halden sulu çözelti fazına geçebileceği bir ortam gibi davranırlar.

(2) Boyarmaddenin boyama çözeltisi içinden difüzyon sınır tabakasına hareketi ve bundan sonra difüzyon sınır tabakası içinden difüzyonu, boyama hızını etkileyen parametrelerden bazılarıdır. Boyama banyosu akışı ile çözünmüş boyarmadde lifin yakın bölgelerine taşınır.

(3-4) Çözünmüş olan boyarmadde difüzyon sınır tabakası içinden difüzlendikten sonra lif yüzeyi üzerinden hemen içeri girer. Verilen bir boyarmadde konsantrasyonu için, boyarmadde alımının sıcaklığa bağımlı hızı; boyarmaddenin su ve lif içindeki difüzyon katsayısının, boyarmaddenin su ve lif arasındaki denge dağılım katsayısının, lif yüzeyinde mevcut difüzyon sınır tabakası ve boyama çözeltisinin bir fonksiyonudur.

5) Lif yüzeyi üzerinde adsorblanmış olan boyarmadde molekülleri lifin iç bölgelerine doğru nüfuz ederler. Fick denkleminde uygun olarak difüzyon gerçekleşir. Buna göre, lifin içinde bir noktada birim alan içinden boyarmaddenin difüzyon hızı (difüzyon doğrultusuna ters) boyarmaddenin bu noktadaki konsantrasyon gradyenti ile doğru orantılıdır. Sabit konsantrasyondaki bir banyo içinden polyester lifleri tarafından alınan boyarmadde miktarı, doyumluk değerine yaklaşıncaya dek boyama süresinin karekökü ile orantılıdır. Pratik olarak dengenin kurulduğu noktaya kadar boyama hızı boyama banyosunun konsantrasyonundan bağımsızdır. Lif içindeki difüzyon hızının

düşük olması lif yüzeyi ve lif içindeki boyarmadde konsantrasyonu, boyama banyosu içindeki sulu çözelti ile dengeye karşılık gelen değere yaklaştıkça transfer prosesinin durmasına neden olur. Bu duruma gelindiğinde boyama banyosundan life olan transfer hızı lif içindeki difüzyon hızı tarafından kontrol edilir. Bundan sonra lif yüzeyindeki konsantrasyon, prosesin bu transfer fazı bitene kadar hemen hemen sabit kalır. Bu basamakta, tüketilmiş banyo içinde kalan boyarmadde büyük ölçüde monomoleküler sulu çözülden oluşmaktadır ve bu monomoleküler sulu çözelti, boyanmış lif ve orijinal dispersiyondan kalan daha büyük parçacık artıklar ile dinamik denge içindedir. Lif bünyesindeki boyarmadde lif kesiti boyunca eşit olarak dağılmış değildir ve daha düzgün bir dağılım elde edilene kadar boyamaya bir süre devam edilir. Bu faz egalize fazıdır. Boyarmaddelerin tüm lif boyunca düzgün dağılımının sağlanması için çıkılan sıcaklıkta rengin koyuluğuna ve lifin kalitesine göre bir süre beklenir.

Boyama banyosu sıcaklığı arttıkça lif ve çözelti fazları arasında boyarmaddenin dağılım katsayısı azalır fakat pratikte daha yüksek boyama sıcaklıklarında elde edilen verim artışları boyama prosesinin daha hızlı tamamlanmasının sonucudur. Sıcaklık yükseldikçe boyama hızının artışı, dış ortamda boyarmaddenin çözünürlüğünün artışı ve iç ortamda da boyarmaddenin lif içindeki difüzyon hızının artışı ile ilgilidir. Polyester liflerinde artış hızı oldukça yüksektir. Polietilen tereftalat için 95-130 °C arasında boyama hızı ikiye katlanmakta olup düşük ve yüksek boyama sıcaklığı arasında boyama hızı 450 kat değişmektedir. Yüksek sıcaklıkta polyester lifi içindeki boyarmadde difüzyon hızı boyama hızını yöneten faktördür (Becerir 2006).

2.3. Polyester Liflerinin Boyanma Yöntemleri

Polyester elyafın dispers boyarmaddeler ile boyanması 3 yöneme göre yapılır (Becerir 2006):

- a) Polyester Liflerinin HT (Yüksek sıcaklık) Yöntemi ile Boyanması
- b) Polyester Liflerinin Taşıyıcı (Keriyer) Yöntemi ile Boyanması
- c) Polyester Liflerinin Termosol Yöntemi ile Boyanması

2.3.1. Polyester Liflerinin HT (Yüksek Sıcaklık) Yöntemi ile Boyaması

Polyester liflerinin kaynama noktasında boyanması boyarmaddelerin life olan difüzyonun düşük oranda olmasından dolayı yavaştır. Difüzyon için gerekli olan aktivasyon enerjisi oldukça yüksektir ve boyama sırasında 100-130 °C arasında difüzyon oranı artmaktadır. Bu durumda yüksek sıcaklıkta ve basınç altında keriyersiz boyamalarda boyama hızı oldukça yüksektir ve boyarmaddenin migrasyonunu arttırdığı için lifler arasındaki düzensizliklerden kaynaklanan farklılıkları daha iyi bir şekilde azaltabilmektedir. Ayrıca bu yöntemle 100 °C civarında kabul edilemeyen difüzyon oranına sahip yüksek molekül ağırlıklı boyarmaddeler kullanılabilir. Böylece daha iyi ışık haslığı ve süblimasyon haslığı elde edilebilmektedir (Broadbent 2001).

HT yöntemine göre boyamada boyama banyosunu pH'ı boyarmadde hidrolizini en aza indirmek ve boyarmadde çözeltisini stabil tutabilmek için 4,5-5 arasında olacak şekilde ayarlanır. Genel olarak boyamaya 50-70 °C sıcaklıklarda başlanır ve lifin cinsine göre sıcaklık 120- 130 °C' a kadar yükseltilir (Becerir 2006).

HT boyama yönteminde kullanılacak makinelerin yüksek basınca dayanıklı olması gerekmektedir. Çünkü bu tip makinelerde basınç yaklaşık olarak 2-3 atü'ye kadar çıkmaktadır. Bu nedenle maliyetleri biraz daha fazladır. Bu tip makinelerin çalışması esnasında yüksek buhara ihtiyaç duyulması da ayrı bir maliyet gerektirmektedir. Ancak HT yöntemine göre çalışan iplik ve kumaş boyama makineleri ile boyama esnasında banyo veya mamul sirkülasyon hızlarının yüksek ve boyama sürelerinin kısa olması önemli avantajlarındandır.

HT boyama işlemi esnasında oluşabilecek oligomer probleminin ortadan kaldırılması amacıyla genel olarak boyama banyosunun 130 °C'de boşaltılması istenmektedir. Fakat bunun için gerekli boşaltma ekimanının sağlanması zorunludur. Kumaş boyamada genel olarak 80-90 °C sıcaklıklarda banyonun sıcak boşaltılması sağlanmaktadır.

2.3.2. Polyester Liflerinin Taşıyıcı (Keriyer) Yöntemiyle Boyanması

Polyester mamuller keriyer (taşıyıcı) adı verilen difenil, o-fenilfenol, diklorbenzen, metilnaftalen yapılı yardımcı kimyasallar yardımı ile kaynama sıcaklığında ve uygun sürelerde boyanabilmektedirler. Ancak düşük molekül ağırlığındaki dispers boyarmaddeler uygundur (Broadbent 2001).

Keriyerler boyama hızını arttıran organik bileşiklerdir. Keriyerlerle kaynama noktasında kabul edilebilir bir süre boyunca çalışılarak istenilen renk derinliğinde boyamalar elde edilebilmektedir. Genel olarak keriyerler aromatik bileşiklerdir ve suda çözünürlükleri çok düşüktür bu nedenle boyama banyosunda emülsiyon şeklinde bulunurlar (Broadbent 2001).

Tipik bir keriyer boyama prosesinde içinde mamulün bulunduğu 60 °C civarındaki boyama banyosuna dispergatör ilave edilir. Daha sonra emülsiyeye olmuş keriyer ve son olarak da dispers boyarmaddeler ilave edilir. Daha sonra boyama banyosunun sıcaklığı kaynama sıcaklığına kadar yükseltilir ve boyamaya bu sıcaklıkta devam edilir. Genel olarak bu durumda keriyerden beklenen boyama hızını ve boyarmadde çekimini arttırmıştır. Ancak bazı durumlarda bu şekilde gerçekleşmez. Örneğin benzoik asit yapılı keriyerli boyama sırasında boyarmadde çekimi düşer ancak boyanma hızı artar.

Boyama prosesi esnasında keriyerin yapısına bağlı olarak keriyerin boyamayı hızlandırma mekanizması ile ilgili farklı görüşler bulunmaktadır: Polyester lifleri keriyeri absorblamakta ve şişmektedir. Bu şişme nedeniyle bobin boyamada boyama banyosunun geçişi engellenmektedir ve bunun sonucu olarak da düzgünsüzlük meydana gelmektedir. Tüm bu etkilerden polyesterin camlaşma sıcaklığının düşürdüğü böylece de polimer zincirinin hareket etmesini desteklediği ve boş hacimler oluşturduğu görülmektedir. Bu şekilde boyarmaddenin lif içine difüzyonu kolaylaşmaktadır. Alternatif olarak keriyer lif yüzeyi etrafında boyarmaddenin çok iyi çözündüğü bir film tabakası oluşturur ve böylece boyarmaddenin life transfer hızını arttırır (Broadbent 2001).

Keriyelerle boyamada; keriyelerin yüksek fiyatlı olması, boyanmış mamulden tamamen uzaklaştırılmasının zorluğu, lekelenme ve kirletme problemlerinden uygulamada bazı sınırlamalar vardır. Polyesterin boyanmasında bazı durumlarda HT boyama proseslerine küçük miktarlarda keriyer ilavesi yapılmaktadır. Böylece keriyeler boyarmaddenin migrasyon özelliklerini ve dengesini geliştirerek daha düzgün boyamalar elde edilmesine yardımcı olmaktadır (Uğur 2004).

2.3.3. Polyester Liflerinin Termosol Yöntemiyle Boyaması

Termosol boyama yöntemi, polyester lifinin çok ince bir dispers boyarmadde tabakası ile çevrelenerek yüksek sıcaklıklarda (180-220 °C), boyarmaddenin lif içerisine difüzyonunun sağlanması esasına dayanmaktadır. Boyarmaddenin 200 °C'deki difüzyonu 100-120 °C sıcaklıklara göre yaklaşık 1000 kat daha hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. Bu yüzden seçilen boyarmaddelerin süblimasyon haslıklarının yüksek olmasına dikkat edilmelidir. Termosol boyama yöntemi aşağıdaki işlem basamaklarından oluşmaktadır (Uğur 2004):

- Mamulün boyama banyosu ile fularda emdirilmesi
- Ara kurutma
- Termosolleme

Mamul ilk önce boya banyosu ile emdirilir. Boya banyosu dispers boyarmaddelerin yanında anti-migrasyon maddesi, pH düzenleyici ve gerekli ise absorpsiyon hızlandırıcı maddeler içermektedir. Emdirme işlemi sonunda sıkma etkisi tüm kumaş yüzeyinde üniform olmalıdır. Ayrıca üniform bir boyama için kumaş üzerinde kumaşın daha önce görmüş olduğu işlemlerin etkisi en aza indirilmiş olmalıdır. Örneğin haşıl sökme işleminin dikkatli yapılması ve kumaşın yeterli emicilik kazanmış olması önemlidir.

Emdirme işleminden sonra mamul kurutma işlemine tabi tutulur. Kurutma işlemi ön kurutma ve esas kurutma olarak iki basamakta yapılır. Termosol boyama prosesinin en önemli basamağıdır. Boyarmadde migrasyonuna izin verilmeyecek şekilde yapılması

çok önemlidir. Ön kurutma işleminde suyun yaklaşık olarak %60-70'i; esas kurutma işleminde de geri kalan kısım uzaklaştırılır.

Termosolleme işlemi sırasında boyarmaddeler hızla lifin içerisine doğru difüzenir. İşlem yaklaşık olarak 190-220 °C civarında 1-2 dakika sürmektedir. Ancak bu değişkenler ekipmana, boyarmaddelere ve kumaşa göre değişmektedir. Kumaş istenilen yüksek sıcaklığa geldiğinde boyarmaddeler süblimleşmeye başlar ve polyester lifleri içine boyarmaddeleri absorblar. Termosol prosesi için kullanılan ticari boyarmaddeler süblimasyon esnasındaki transferine göre sınıflandırılmaktadır. Bu da süblimasyon haslığı ile ilişkilidir (Broadbent 2001).

2.4. İplik Boyama

Örme, dokuma ve dokusuz yüzey yöntemleri ile kareler, çizgiler, ekoseler gibi renkli desenler oluşturmak üzere değişik renklerde ipliklerin kullanılması amacıyla iplik boyama işlemi yapılmaktadır. İpliği boyalı kumaşlar, genelde renk olarak daha canlı ve daha zengindirler. Tekstil liflerinden beklenen özelliklere ve ipliğin yapısına göre genel olarak iplik formunda boyanma şu şekillerde gerçekleşir:

- 1) Bobin boyama
- 2) Çile boyama
- 3) Levent boyama
- 4) İndigo boyama
- 5) Fantezi boyama



Şekil 2.7. Çile boyama makinesi (<http://www.textileworld.com> ,2012)

İplik halinde boyama, diğer yöntemlerle kıyaslandığında, üreticiler ve kullanıcılar açısından bazı avantajlar sağlamaktadır:

- İşlem daha üretken olduğundan, elyaf veya tops boyamaya nazaran daha az maliyetlidir.
- İplik boyamada, boyarmaddenin liflerle afinitesinin yüksek oluşu istenen rengin oldukça net olarak ortaya çıkmasını sağlamaktadır.
- İplik boyamada düzgünsüz boyanan yerler kumaş boyamadaki kadar göze çarpmaz. Ancak, boyalı ipliklerden düz renk kumaş dokunduğunda düzgünsüzlükler kolayca görülebilmektedir ki ipliği boyalı düz renk kumaş üretimi çok uygulanan bir yöntem değildir.
- Boyanmış bobinin koniklik açısı uygun ise, tekrar iplik aktarmaya gerek olmadan direkt olarak mekiksiz dokuma makinelerinde kullanılabilir. Bu da işlem adımlarını azaltıp, işletme maliyetinin düşmesi açısından büyük fayda sağlamaktadır.
- İplik boyamada kullanılan boyarmadde seçiminde fabrikasyon haslıklarının uygulanacak işlemlere (dokuma ve apre gibi) dayanıklı olacak şekilde seçimi yapıldığından, ipliği boyalı mamullerin kullanım haslıkları da yüksek çıkmaktadır.
- İplik boyama elyaf halinde renklendirilemeyen pamuk için kumaş öncesi en uygun renklendirme şeklidir(Özdemir 2002, <http://dyeingworld1.blogspot.com>, 2012).

2.4.1 Bobin Boyama

Düşük maliyeti ve uygulama kolaylığı bakımından en çok kullanılan iplik boyama yöntemi bobin boyamadır. Bobin halinde boyanmış iplikler, çile halinde boyanmış ipliklerin yumuşaklığına ve hacimliliğine sahip olmasa da boyamadan sonra ek işlem gerektirmeden buldukları şekilde dokumaya gönderilebilmesi, daha düşük flotte oranlarında çalışabilmesi, büyük partilerin tek seferde boyanabilmesi ve HT kazanlarında her türlü lifin her türlü boyarmadde ile boyanabilmesi özelliklerine sahiptir(Kanık 2010).

Bobin boyama işlemi ipliklerin boyama işlemi için özel olarak tasarlanmış bobinler üzerine çapraz sarımla sarılarak boyanmasıdır. Bobinlerin boyanması universal boyama makinelerinde gerçekleştirilir. Bu boyama yönteminde bobin hareketsiz, banyo hareketlidir. Boyama kazanları silindirik biçimde yapılmış olup yatay veya dikey şekilde tasarlanabilmektedir.



Şekil 2.8. İplik bobini boyama makinesi (<http://www.devtaraindustries.in>, 2012) ve bir iplik boyahanesi (<http://www.nosedal893.it>, 2012)

2.4.1.1. Boyanacak Bobinlerin Hazırlanması

Bobin boyama işlemi için öncelikle yapılması gereken boyanacak bobinlerin iplik türüne ve istenen özelliklere göre boyama kovanları üzerine sarılması işlemidir. Bobinlerin sarılması işlemi boyamanın düzgün olması açısından önemli adımlardan biridir. İplik üretiminden gelen bobinler(kops) boyama işlemi için uygun bir şekilde sarılmak üzere aktarma makinelerinde boyama için uygun sarım metodu ile boyama kovanları üzerine sarılırlar.

Boyama kovanları malzeme olarak paslanmaz çelikten veya polipropilen gibi plastik malzemelerden yapılabilirler. Metal kovanlar pahalı olmalarına karşın uzun ömürlüdürler ve kolay temizlenebilirler. Plastik kovanlar ise ucuzdurlar, kısa ömürlüdür ve bunların yanı sıra bazı boyarmaddelerle kirlenebilmektedirler. Ancak birkaç kez

kullanılabilen plastik kovanlarda bulunmaktadır. Bobin kovanları kullanılan ipliğin özelliğine göre kullanılmak amacıyla esnek veya sert yapılabilmektedirler. Esnek olan kovanlar presleme ile sıkıştırılabilirler. Örneğin çok fazla çekme gösteren sentetik lifler için esnek kovan kullanmak boyama düzgünlüğü açısından önemlidir.

Bazı durumlarda bobinler üzerine ipliklerin korunması amacıyla bir çorap geçilmektedir. Örneğin polyester tekstüre ipliklerde filamentlerin dağılmasını önlemek, filoş ipliklerde bobin üzerinden akmanın önlenmesi amacıyla kullanılırlar.



Şekil 2.9. Boyama Kovanları a)Metal Kovanlar(<http://www.supplierlist.com>,2012)
b)Plastik Kovanlar (<http://www.plastic-bobbins.com>, 2012)

Bobinlerin boyama işlemi için hazırlanmasında dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır:

- 1) ***İpliklerin numaraları ve büküm miktarları:*** Bir partide boyama yapılacak olan ipliklerin numaralarının ve sahip oldukları büküm miktarlarının aynı olmasına dikkat edilmelidir.
- 2) ***Çapraz sarım yoğunluğu ve ipliklerin gerilimi:*** Bobinlerin sarılması esnasında ipliğin özelliklerinin dikkate alınarak sarım yoğunluğunun ve geriliminin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Ayrıca sarım yoğunluğunun boyama sırasındaki etkisi düşünüldüğünde en uygun sarım yoğunluğunun seçilmesi çok önemlidir. Yüksek sarım yoğunluğundaki bobinler boyama banyosunun sirkülasyonunu zorlaştırmakta ve düzensüz boyama neden olmaktadır. Bunun yanı sıra bobin kovanlarının deformasyona uğraması, bobin şeklinin bozulması gibi sorunları da beraberinde getirmektedir. Düşük bobin yoğunluğuna sahip bobinlerde ise güçlü banyo sirkülasyonu

nedeni ile bobin üzerinde kanallar oluşmasına neden olmakta ve düzgünsüz boyamalar ortaya çıkmaktadır.

3) ***İpliklerin boyama esnasındaki şişme ve çekme özellikleri:*** İpliklerin sahip oldukları şişme ve çekme özellikleri nedeni ile boyama sırasında bazı iplikler şişerek bazı ipliklerde çekme göstererek bobinin sert bir hal almasına neden olmaktadır. Selülozik ve rejenere selülozik lifler boyama sırasında önemli miktarda şişme gösterirler ve buna bağlı olarak şişen lifler sarımın düzgünlüğünü etkilerler ve ipliklerin sıkışmasına neden olurlar. Sentetik liflerde gözlenen aynı durumun nedeni ise çekme davranışlarından kaynaklıdır. Sentetik liflerin yüksek sıcaklıklardaki çekme özellikleri nedeni ile bobinin çok sıkı bir hal alması sonucu ortaya çıkar. Bu tür davranışlar ipliklerin önceden ısı bir işleminden geçirilmesi veya esnek kovanlara sarılması ile önlenir.

4) ***Bobinin tam olarak şekli ve büyüklüğü:*** Bobinin boyamaya hazırlanması esnasında dikkat edilmesi gerek diğer önemli parametre bobinin şeklinin nasıl olduğudur. Bobinin alt ve üst kısımlarındaki sarım makinesinin sarım şeklinden kaynaklanan keskin ve yoğun köşeler boyama esnasında düzgünsüz boyamalara neden olmaktadır. Bu nedenle bobinlerin bobin taşıyıcıya dizilmeden önce keskin kenarlarının yuvarlatılması gerekmektedir.

5) ***Bobinin büyüklüğü:*** Aynı partide boyanacak olan bobinlerin birbirlerine yakın büyüklüklerde olması boyama düzgünlüğü açısından önemlidir.

2.4.1.2. Bobinlerin Taşıyıcılara Yerleştirilmesi

Sarım işlemi tamamlanan bobinler boyama makinesine yerleştirilmek üzere öncelikle taşıyıcılar üzerine yerleştirilirler. Taşıyıcılar bir taban üzerine yerleştirilmiş ve üzerinde banyo sirkülasyonu sırasında banyo akışının sağlanması amacıyla içi boş delikli çubuk veya üçlü yıldız (Y) şeklinde olan taşıma çubuklarından oluşan bir sistemdir. Taşıyıcının büyüklüğü makine kapasitesi ile belirlenmektedir. Taşıyıcı çubuklara yerleştirilen bobinler birbirlerine değmeyecek şekilde yerleştirildiği için taşıyıcı

üzerindeki çubuk sayısı boyanacak bobinlerin çapına bağlı olarak değişmektedir. Taşıyıcı çubuk üzerine yaklaşık olarak 8-10 bobin dizilebilmektedir.



Şekil 2.10. Bobin taşıyıcılar (<http://www.thiestextilmaschinen.com>, 2012)

Taşıyıcı üzerine yerleştirilecek olan bobinlerin dizilmesi genel olarak elle yapılmaktadır. Ancak robot sistemleri de mevcuttur. Elle yapılan yerleştirme işleminde çalışan kişinin dikkatli olması bobinleri düzgün yerleştirilmesi gerekmektedir. Bobinler çubuklar üzerine bobin şekline bağlı olarak aralarında plastik levhalar konularak ya da birbirleri üzerine geçirilerek düzgün bir şekilde yerleştirilirler. Bir çubuk üzerinde bobinlerin yerleştirilme işlemi tamamlandığında bir kilit mekanizması ile kilitlenirler. Böylece bobinlerin yüksek basınç dolayısıyla etkilenmesi ve bu nedenle oluşacak kaçaklar önlenmiş olur.

2.4.1.3. Bobin Boyama İşlemine Etki Eden Makine Parametreleri

a) *Diferansiyel basınç*: Bobin boyama makinesinde diferansiyel basınç, iç basınç(P_i) ile dış basıncı(P_d) arasındaki farka denir.

$$\Delta P = | P_i - P_d | \quad (2.1)$$

Boyama makinesi örneğin içten dışa sirkülasyon yaparken banyo ipliklerin içerisinden geçer ve bu sırada bir dirençle karşılaştığı için basınç düşmektedir. Benzer şekilde

sirkülasyon yönü dıştan içe doğru olduğunda, iç basınç dış basınca göre daha düşük olmaktadır. Her iki durumda da aradaki fark diferansiyel basıncı verir.

ΔP 'nin değeri bobinin geçirgenliğine ve özgül akış oranına bağlı olarak değişir. Bobinin geçirgenliği işlem sırasında çekme ve şişme nedeniyle değişir. Uygulamada ΔP değerleri boyanan ipliğin cinsine ve bobin özelliklerine, boyama yöntemine (sıcaklık, basınç) ve makine ayarlarına/özelliklerine bağlı olarak 0,3 – 1,5 gibi geniş bir aralıkta yer almaktadır.

b) Statik basınç: Bir boyama makinesi içerisindeki genel(durgun) basınç statik basınç olarak P_{stat} olarak isimlendirilir. Bu basınç ısınan kapalı sistemlerde otomatik olarak oluşur veya bir kompresörden beslenen basınçlı hava ile de oluşturulabilmektedir.

c) Dinamik basınç: Dinamik basınç boyama banyosunu hareket(sirküle) ettirmek, yani mamul içerisinden pompalamak için gerekli olan basınçtır. Bu nedenle içten-dışa doğru sirküle ettirirken dinamik basınç P_i ye eşit olmakta veya dıştan-içe sirkülasyon halinde de P_d ye eşit olmaktadır.

Eğer sirkülasyon yönü dıştan-içe doğru ise dinamik basınç diferansiyel basınç ile statik basıncın toplamına eşit olur.

$$P_{dyn} = \Delta P + P_{stat} \quad (2.2)$$

d) Özgül Akış Oranı: Özgül akış oranı, tekstil mamulünün birim ağırlığı başına 1 dakika da sirküle edilen banyo miktarını göstermektedir. Pompa kapasitesine Q bağlı bir büyüklüktür (Heetjans ve ark. 2005).

$$LF = Q/M \text{ [l/kg.dk]} \quad (2.3)$$

Günümüzün bobin boyama makineleri genellikle ortalama 25-45 l/kg.dk özgül akış oranına sahip olacak şekilde imal edilirler.

e) **Banyo Temas (Kontak) Sayısı:** Temas sayısı (C) bir boyama makinesi içerisinde bulunan banyonun bir dakikada kaç defa devir daim yaptırıldığını başka bir deyişle banyonun bir dakikada kaç defa mamul içerisinden geçtiğini ifade eder. Sirkülasyon oranı(sayısı) olarak da bilinmektedir. Banyo oranının ve özgül akış oranının bilinmesiyle aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$C=LF/ LR [1/dk] \quad (2.4)$$

2.5. Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sistemi ve Optimizasyon

20. yüzyılın sonlarından bu yana artan rekabet koşulları üretim maliyetlerinin azalması baskısı altında olan boyahanelerden gereksinimlerin daha kesin bir şekilde karşılanması istenmektedir. Olabildiğince erken bir sürede ilk seferde doğru rengin elde edilmesi tüm boyacıların ortak hedefidir. Çünkü boyama ve ilk seferde doğru üretim önemli maliyet avantajları sağlar. Bir renk elde edildiğinde eğer hedef renge uygun değilse gerekli kalitede renk elde edilinceye kadar hatanın düzeltildiği bir düzeltme işlemi veya tekrar boyama işlemi yapılmaktadır. Geçmiş yıllarda renk onaylanmadan önce iki veya daha fazla miktarda boya ilavesinin yapılması anormal bir durum olarak karşılanmamaktaydı. Ancak bu durum günümüzde tekstil endüstrisinin taleplerini karşılamamaktadır. Çünkü renk düzeltme ya da tekrar boyama işlemleri ile işgücü, enerji, materyal ve zaman kaybı olacaktır. Bu yüzden tekrar boyama prosesi boyama endüstrisinde kabul edilen bir durum değildir (Mock 2002).

Laboratuvarda çalışılmış ve müşterinin beğenmiş olduğu rengin aynısının işletme şartlarında da elde edilmesi tüm proseslerin hedefidir. Bu durumda sürekli proses kontrolü ve laboratuvar-işletme uyumu önem kazanmaktadır. Üretim sırasında renk kontrolü ne kadar sık yapılırsa, üretici o kadar kazançlı çıkacaktır. Sıcaklık, pH, boyarmaddelerin çekimi, nem oranı, üretim hızı, gerginlik ve birçok diğer faktör ürünün rengini etkilemektedir. Çoğu zaman üretim sırasında değişen koşulların rengi etkilemesi yalnız sürekli renk kontrol sistemleriyle belirlenebilmektedir. Bu nedenle birçok firma sürekli renk kontrolünü üretim hatlarının bir parçası halinde getirmişlerdir. Ancak boyama işlemi sonlandıkta sonra örnek alarak ve laboratuvar ortamında değerlendirerek

üretim hatasını düzeltmek için artık çok geç olmakta ve sonuçta düşük kaliteli mal üretimine ve gelirlerin azalmasına yol açmaktadır (<http://www.uekae.tubitak.gov.tr>, 2011). Bundan dolayı en baştan rengin doğru metod, kimyasal, makine ve boyarmaddelerle elde edilmesine özen gösterilmesinin yanında üretim sırasında da kontrol edilmesi gerekmektedir.

1970'lerde ortaya çıkan tekstil boyamasında İlk Seferde Doğru Üretim(Right First Time/RFT) felsefesi uzun yıllardır uygulanan boyama işlemlerinde çok fazla kullanılmamış olsa da aslında bu rekabet ortamında bu felsefeye olan ihtiyacın çok fazla olduğu görülmektedir. İlk seferde doğru üretimin anlamı her bir boyamada amaçlanan renge tek seferde ulaşılması böylece yeniden bir kez daha boyama veya ek işlem gerektirmemesidir. Böylece üretimdeki maliyetler azalmaktadır. Çünkü ilave işlem gerektirmeyen ilk seferde doğru yapılmış bir boyama prosesi demek zaman, işgücü, materyal, boyarmadde, kimyasal, su tasarrufu ve aynı zamanda çevreye atılan yükün azalmış olması demektir (Günay 2011b).

İlk seferde doğru üreterek başarılı bir boyama için:

- Boyarmaddelerin standartlaştırılması
- Boyarmaddelerin ve kimyasalların birbirleri ile uyumluluğu
- Boyama esnasında oluşabilecek problemlerin daha önceden yakalanması
- İsrafların azaltılması veya ortadan kaldırılması
- Boyama işleminin optimize edilmesi ve istenen ürün kalitesinin sağlanması

kriterleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Ayrıca boyama prosesinin ve reçetesinin optimizasyonunda göz önünde bulundurulması gereken noktalar ise şunlardır (Günay 2011b):

- Boyarmaddelerin, kimyasalların ve kullanılan materyalin sahip olduğu özelliklerin iyi bilinmesi
- Proseste bulunan fazladan kullanılan zamanın azaltılması
- Uyumlu boyarmadde ve kimyasalların kullanılması

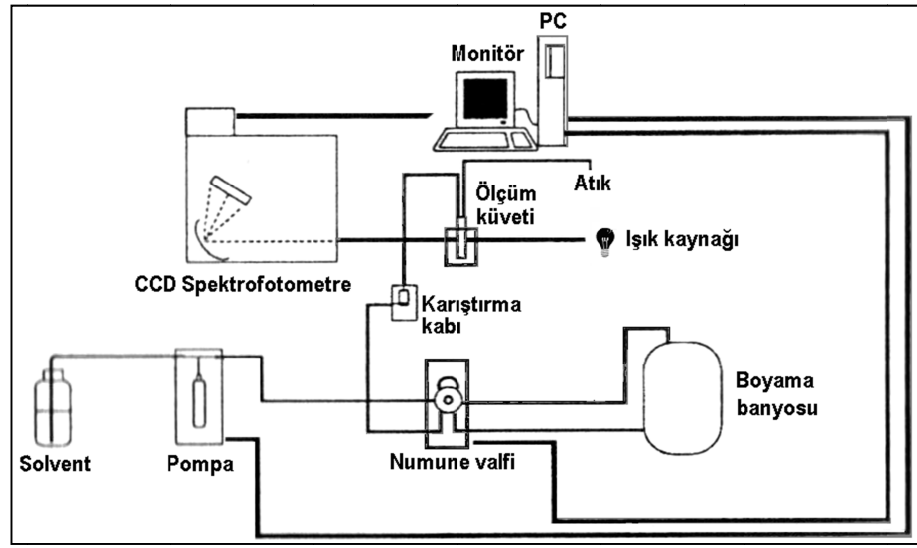
- pH ve sıcaklık kontrolü ile düzgünsüzlük problemlerinin ortadan kaldırılması ve boyarmadde çekim hızının sınırlandırılması
- Gerekli olmadığı halde kullanılan kimyasal maddelerin reçeteden çıkarılması
- Boyama için kullanılan ekipmanların performanslarının değerlendirilmesi ve debi, sirkülasyon süresi gibi boyama makinesine ait parametrelerin optimize edilmesi
- Doğru boyama adımları kullanarak boyarmadde çekim oranının artırılarak boyama zamanının azaltılması ve prosesin geliştirilmesi.

Boyama proseslerinin ilk seferde doğru şekilde uygulanmasına yönelik olarak geliştirilen sistemlerden biri olan Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sistemi boyama proseslerinin optimizasyonu için oldukça önemli bir araçtır. Boyama proseslerinin optimizasyonu ile ilave yapma, soldurup tekrar boyama ve egalize boyama oranlarının en aza indirilmesi hedeflenir. Bilinçli bir boyahanenin ayakta kalması için bu oranın fazla olması gerekmektedir.

Gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sistemi sayesinde normalde bir boyama işlemi sonlandığı zaman ancak kontrol edilebilen renk ile ilgili olarak boyama işlemi devam ederken eş zamanlı olarak bilgiler sağlanmaktadır. Bu sistem sayesinde boyama esnasındaki kontrol edilemeyen parametreler kontrol edilebilir duruma gelmektedir. Sistem devam eden boyama işlemi ile ilgili o anda müdahale yapılmasına yahut boyama işlemi bittikten sonra aynı materyal için daha sonra yapılacak olan boyama işlemlerinde kullanılma üzere bilgilerin alınmasını sağlamaktadır. Ayrıca sistem yardımı ile üretim için satın alınan kimyasalların ve boyarmaddelerin her zaman aynı kalitede olup olmadığı ile ilgili verilerin de alınabilmesi üretimde tekrarlanabilirliğin sağlanması açısından önemlidir (Günay 2011a).

2.5.1. Gerçek Zamanlı Analiz Sisteminin Çalışma Prensibi

Temel bir gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sistemi esas olarak, gelişmiş bir UV-Visible transmisyon spektrofotometresi ile tüm sistemi yöneten ve gerçek zamanlı spektrofotometrik analizlerini ve raporlamalarını hazırlayan özel bir yazılım programından oluşur. Bunların yanında, bir çözelti numunesi alma valfi, bir numune karıştırma ünitesi, sistemi temizlemede kullanılan bir solvent kabı ve buna ait bir pompa ile bir bilgisayar ve monitör de sistemde yer almaktadır (Merritt ve ark. 2001).



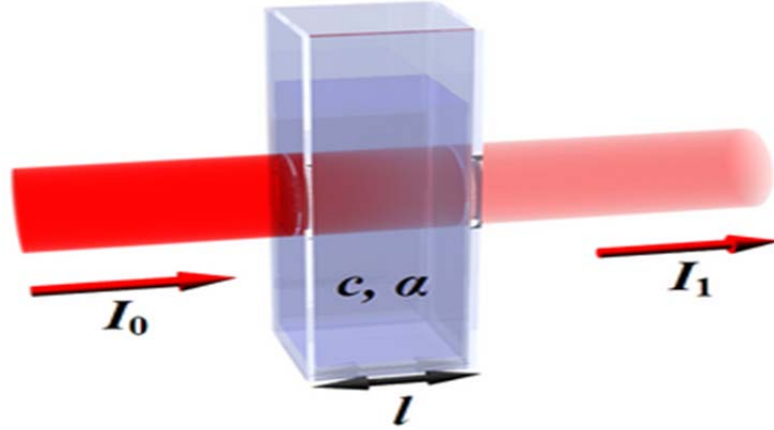
Şekil 2.11. Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sistemi (Meritt ve ark 2001)

Transmisyon Spektrofotometresi: Transmisyon spektrofotometresi; içerisinde organik moleküller bulunan bir çözeltilerden UV-görünür bölge ışınlarının geçişi sırasında, çözeltilerde bu ışınların bir kısmının seçimli olarak soğurulup (absorpsiyon), diğerlerini ise çok az soğurulması veya olduğu gibi geçişinin (transmisyon) ölçülmesi esasına göre çalışmaktadır.

Transmisyon spektrofotometrede, refleksiyon spektrofotometreden farklı olarak numuneden yansıyan değil numune içinden geçen ışığın ölçülmesi prensibi esas alınmıştır. Çeşitli ışık kaynakları kullanılır. Ölçülecek numunenin ışığı geçirmesi

gerekir ve akışkanın cam veya kuartz küvetin içinde belirli bir tabaka kalınlığında ölçülebilir.

Çözeltilen çıkış ışık şiddetinin çözeltilen giren ışık şiddetine oranı (I/I_0), **transmittans (T)** olarak tanımlanır. Transmittans, genellikle %Transmittans (%T) olarak ifade edilir.



Şekil 2.12. Transmisyon düzeneği (Altınışık 2008)

Transmittans ile ışık şiddeti arasındaki ilişki şu denklemlerle ifade edilir:

$$T = \frac{I}{I_0} \quad (2.5)$$

$$\%T = \frac{I}{I_0} \times 100 \quad (2.6)$$

Transmittans ve çözeltilenin içinden geçen ışığın ne kadarının absorbe edildiğinin (soğurulduğunun) ifadesi olarak tanımlanan Absorbans (A) arasındaki ilişki şu şekilde tanımlanır.

$$A = \log \frac{1}{T} = -\log T = -\log \frac{I}{I_0} \quad (2.7)$$

Gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sisteminin temelini oluşturan Lambert-Beer yasası Absorbans (A), yüzde transmittans (%T) ve çözeltildeki maddelerin konsantrasyonu (C) arasındaki ilişkiyi ifade etmekte olup şu eşitlikle ifade edilmektedir.

$$A = \log \frac{I_0}{I} = \varepsilon \cdot C \cdot l \quad (2.8)$$

ε absorpsiyon katsayısı (ekstinksiyon katsayısı) olarak gösterildiğinde İçinde çözelti bulunan bir küvetten geçen ışığın transmittansı (I/I_0), ışık yolu veya küvet çapının (l) artmasıyla azalır; ayrıca çözeltinin absorpsiyon katsayısı (A), çözeltinin konsantrasyonu (C) ile doğru orantılıdır (Altınışik 2008).

Gerçek zamanlı analiz sisteminde öncelikle boyaların sistem tarafından çözelti konsantrasyonlarının belirlenmesi için onların cihaz tarafından okutulup sisteme tanıtılmaları gerekmektedir. Bu tanıma prosesine kalibrasyon adı verilir ve bu işlem her bir boya için sadece bir defa yapılır. Bazı sistemlerde ise kalibrasyon boyamadan önce her karışım için ayrı ayrı yapılır. Kalibrasyon sonrasında boyaların çözeltideki miktarlarının tespiti ve kalite kontrolleri sistemin ya manuel ya da otomatik modundan birinde yapılabilir. Kalibrasyon ölçümlerinin tek boyarmaddenin kullanılması tavsiye edilir (Ferus-Comelo 2010, Günay 2011a).

Gerçek zamanlı analiz sisteminde spektrofotometrede numune içinden geçen ışığın miktarı farklı dalga boylarında eş zamanlı olarak veya arka arkaya ölçülür. Numune çözelti öncelikle boya ilave edilmeden küvetle birlikte ölçülerek ışığın bir kısmı absorblanır bir kısmı saçılır veya yansıtılır. Bu referans ile boyalı ölçülen çözelti arasındaki fark alınarak ölçülür. Bazı cihazlarda ise bir kere referans ölçülür, daha sonrada numuneler ölçülür. Diğer cihazlarda referans ölçümü her numunede yapılır. Referans numunenin paralel olarak ölçümü uygunsa daha iyi olur çünkü farklı zamanlarda ölçümler azda olsa cihazın hasssiyet kaybına neden olur bundan dolayı ortaya çıkacak kayıplar ortadan kalkmış olur (Ferus-Comelo 2006).

Yazılım: Yazılımın görevi transmisyon spektrofotometrenin dedektöründen gelen ışık miktarını boya miktarına çevirmektedir. Yazılım boyarmaddelerin konsantrasyonu, boyarmaddenin % çekimi, çekim hızı gibi değerlerin hesaplanmasını sağlar. Aynı zamanda eğer bir pH metre ve iletkenlik cihazı gerçek zamanlı analiz sistemine bağlanırsa pH ve iletkenlik değerlerini ve hatta boyama makinesi ile arada bağlantı

kurulursa aynı anda boyama banyosunun debisi ve fark basıncı verileri de alınabilmektedir (Ferus- Comelo 2006).

2.5.2. Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Uygulamaları

2.5.2.1. Pamuğun İndigo ile Boyanmasında Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sisteminin Kullanılması

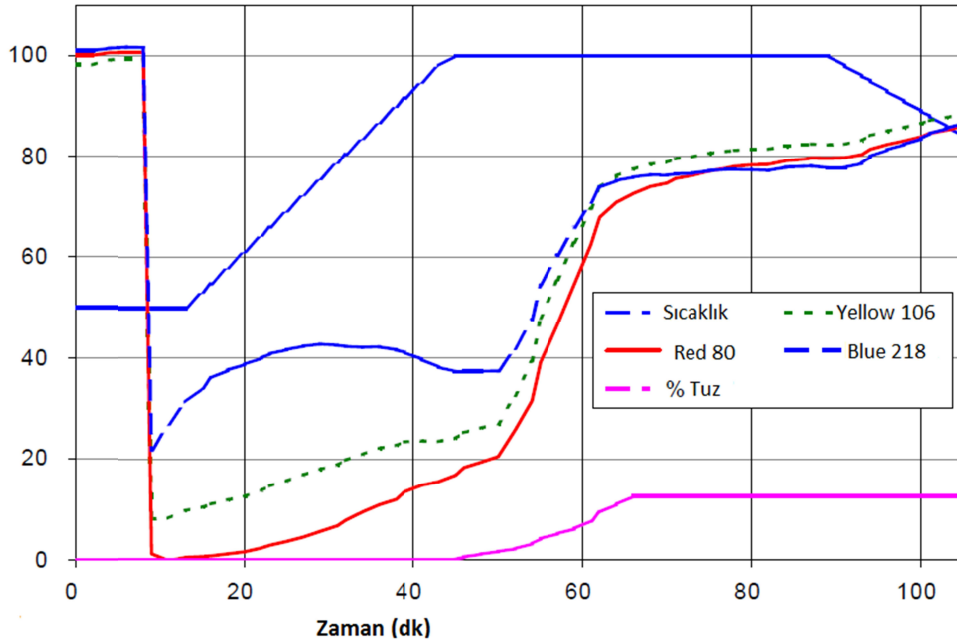
Merrit ve ark. (2001) yaptığı çalışmalarda gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz metodunu pamuk liflerinin indigo boyarmaddelerle boyanmasında indigo konsantrasyonunun belirlenmesi amacıyla kullanmışlardır. İndigo konsantrasyonunun redoks titrasyon metodu ve gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz metodu ile ölçülmesine ait sonuçların karşılaştırılması da yapılmıştır. İndigo konsantrasyonunun hesaplanması için geleneksel subjektif yöntemlerde doğru ve güvenilir sonuçlar alınması için çok fazla zamana ihtiyaç olduğu; titrasyon, spektral analiz gibi objektif yöntemler kullanılsa da çok yaygın olmadığı sonuçlarına ulaşılmıştır.

Yapılan çalışmada pamuklu bir kumaşın laboratuvar ölçekli bir indigo boyama teknesinde boyanması sırasında gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz metodu ve titrasyon metodu ile yapılan boyamalardaki indigo konsantrasyonunun değişimi izlenmiştir. Gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz metodu için 1.1 dakika aralıklarla titrasyon metodu için ise 5 dakika aralıklarla numuneler alınmıştır.

Çalışma sonucunda gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz metodu ile indigo konsantrasyonunun hesaplanmasının gayet etkili olduğu anlaşılmıştır. Laboratuvarda tekrarlanabilir sonuçlar elde edilmiştir. Titrasyon değerleri gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz metodu değerlerine göre daha çok sapmaya sahiptir. Her iki metotta da kabul edilebilir değerler elde edilmiştir. Ancak titrasyona göre gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz metodu ile daha otomatik ve daha hızlı indigo konsantrasyonunun ölçülebildiği sonucu ortaya çıkmıştır. Ayrıca gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz metodu sisteminde indigonun atmosferik oksijenle yükseltgenme riski olmadan ölçümlerin yapılması bir avantajdır (Merrit ve ark. 2001).

2.5.2.2. Pamuğun Direkt Boyarmaddelerle Boyanmasında Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sisteminin Kullanılması

Beck ve ark. (1998) gerçek zamanlı analiz sistemini kullanarak direkt boyarmaddelerle boyama üzerine yaptıkları çalışmalarını pilot ölçekli 70/lb jet boyama makinesinde gerçekleştirmişlerdir. Şekil 2.13’de karışım halindeki 3 farklı direkt boyarmaddeye ait çekim eğrisi görülmektedir. Boyarmaddelerin tek tek sahip oldukları çekim eğrileri ile karışım halindeki çekim eğrileri farklılık göstermiştir. Boyarmaddeler karışım halinde çok farklı bir boyama davranışı sergilemişlerdir (Beck ve ark. 1998).



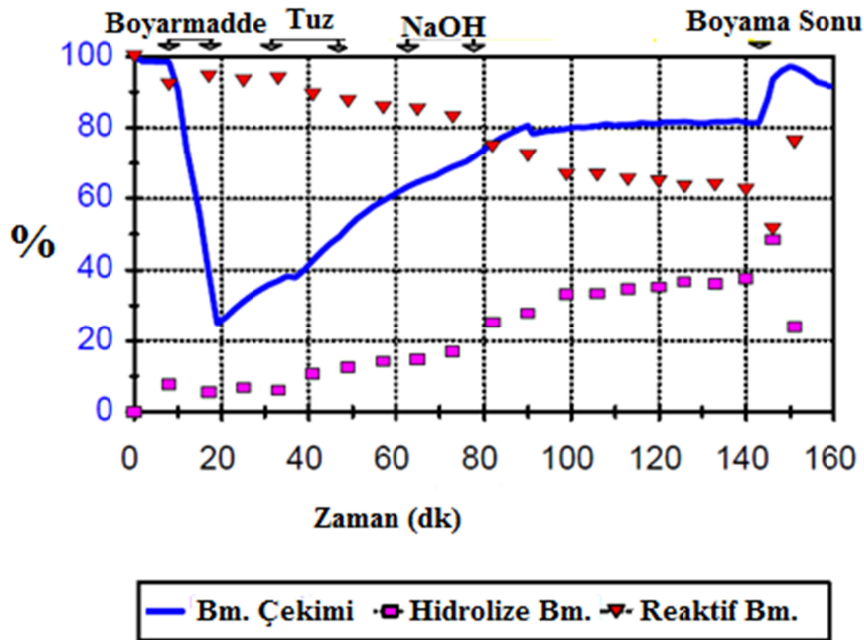
Şekil 2.13. Gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz metodu ile 3 direkt boyarmadde karışımına ait boyarmadde çekim grafiği (Beck ve ark. 1998)

2.5.2.3. Pamuğun Reaktif Boyarmaddeler ile Boyanmasında Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sisteminin Kullanılması

Beck ve ark. (1998) pamuğun reaktif boyarmaddelerle boyanması üzerine yaptığı çalışmalarda gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sistemi kullanılmıştır. Yapılan çalışmada gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sistemine ek olarak bir yüksek

performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) sistemi kullanılarak reaktif boyama prosesi esnasında eş zamanlı olarak boyama prosesi sırasında hem boyarmadde çekimi hem de hidroliz olan boyarmadde miktarı hesaplanabilmektedir. Gerçek zamanlı analiz ve HPLC sistemlerinin kombinasyonu ile reaktif boyarmaddelerin boyanmasında güçlü bir ölçüm sistemi elde edilmiştir (Beck ve ark. 1998).

Bu sistem dünyada geliştirilmiş olan ilk sistem olup bu konuda AATCC&ADR'de yayınlanmış olan "Kesikli reaktif boyamada boyarmadde çekiminin ve FIA-HPLC ile hidrolizin online izlenmesi" adlı makale ile 2000 yılında en iyi yayın ödülü de almıştır.



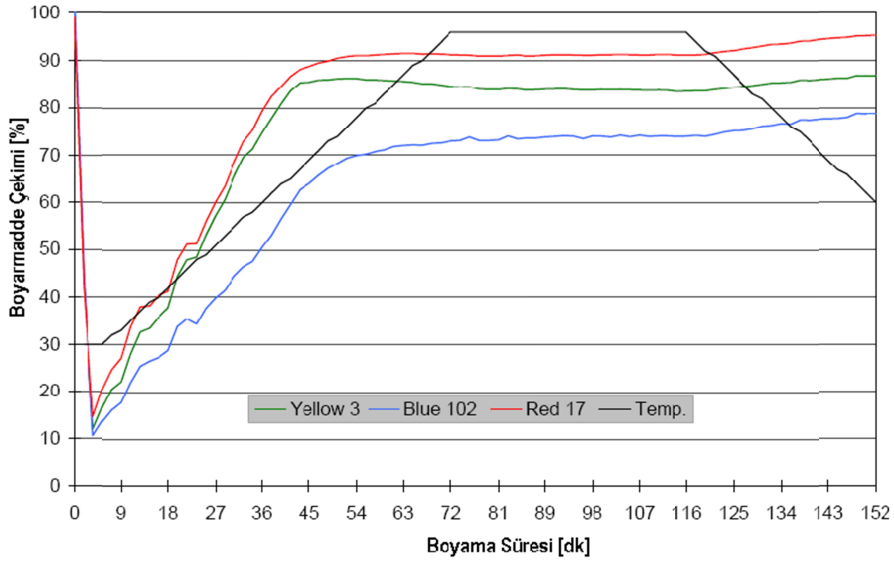
Şekil 2.14. Gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz metodunun reaktif boyarmaddelerle pamuğun boyanmasına ait boyarmadde çekim grafiği (Beck ve ark. 1998)

Şekil 2.14'de monoklorotriazin ve vinilsülfon içeren heterobifonksiyonel mavi reaktif boyarmadde ile yapılan boyama işleminden elde edilen grafik görülmektedir. Çalışma sonucunda boyarmadde eklendikten sonra boyarmadde çekiminin % 80'lere ulaştığı görülmektedir. Tüm reaktif boyarmadde sınıflarında konsantrasyon zamanla ve alkali

ilave edilmesi ile birlikte düşmektedir. Ayrıca boyama sonrası banyoda kalan boyarmaddenin hidroliz olduğu sonucuna varılmıştır.

2.5.2.4. Polyesterin Dispers Boyamaddelerle Boyanmasında Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sisteminin Kullanılması

Beck ve ark. (1998) gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sistemini dispers boyarmaddelerle polyester liflerinin boyanmasında da kullanılmıştır. Şekil 2.15'te görüldüğü gibi sarı ve kırmızı boyarmaddelere ait çekim eğrileri birbirlerine yakın iken mavi boyarmaddeye ait çekim eğrisi diğer iki boyarmaddeden çok farklıdır. Ayrıca, grafikten sıcaklık düşüşü sırasında boyarmaddelere ait çekim değerlerinin az miktarda arttığı görülmektedir (Beck ve ark. 1998).



Şekil 2.15. Üç boyarmadde karışımı ile dispers boyamaya ait gerçek zamanlı analiz grafiği (Beck ve ark. 1998)

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. İplikler

Yapılan çalışmalarda birisi boyanması kolay kaliteleri temsilen (tekstüre), diğeri de zor kaliteleri temsilen (mikrolif) % 100 polyester iki farklı iplik kullanılmıştır. Bu ipliklerin özellikleri Çizelge 3.1'de görülmektedir:

Çizelge 3.1. İplik özellikleri

Teknik Özellik	İplik 1	İplik 2
İplik Cinsi	Yarı Mat Tekstüre Soft	Mikro lif
Filaman Sayısı	34	333
Büküm Miktarı(T/m)	56	372
İplik No (denye)	150	100

3.1.2. Boyarmaddeler ve Yardımcı Kimyasal Maddeler

a) Boyarmaddeler

Yapılan çalışmalar için öncelikle uygun trikromi oluşturacak 3 boyarmadde seçilmiştir. Kullanılan boyarmaddelere ait özellikler Çizelge 3.2'de görülmektedir.

Çizelge 3.2. Boyarmaddelere ait özellikler

Boyarmadde Adı	Color Index Numarası	Maksimum Dalga Boyu(λ_{max})
Dianix Yellow-Brown S-2R	C.I. Disperse Orange 30	459
Dianix Rubin S-2G	C.I. Disperse Red 167	464
Clynix Blue F-2GS	C.I. Disperse Blue 367	554

b) Yardımcı Kimyasal Maddeler

- **Dispergator/Egalizator:** Dispers boyarmaddenin boya banyosundaki yardımcı kimyasal olarak kullanılan dispergatorler ve egalizatorler sayesinde boyarmadde taneciklerinin dispers hali stabilite kazanmakta ve düzgün boyama etkisi sağlanmaktadır. Çalışmalarda bu iki etkiyi aynı anda sağlayan (dispergator/egalizator) yardımcı kimyasallar kullanılmıştır. Ancak çalışmalar sırasında kullanılan 5 farklı kimyasal "egalizator" olarak adlandırılmışlardır.

Yapılan çalışmalarda kullanılan egalizatorlere ait özellikler aşağıdaki çizelgede görülmektedir.

Çizelge 3.3. Egalizatorlere ait özellikler

Egalizator No	Egalizator Adı (Üretici Firma)	Katı Madde Oranı (%brix)	pH	İletkenlik (µs/cm)	Kırılma İndisi	Viskozite (mPa.s)
Egalizator 1	Dimol DF CFT (Dimol)	89,2	4,8	10,6	1,531	33,2
Egalizator 2	Rucogal EPL+ ERT (Rudolf-Duraner)	70,8	4,12	0,3	1,47	51
Egalizator 3	Exolube YRN (Eksoy)	34,4	6,54	2710	1,389	78,8
Egalizator 4	Levanol HDL (Genkim)	62,5	5,05	15,2	1,444	278
Egalizator 5	Unigal HC 80 (Tekay)	60,5	6,66	21	1,442	294

Keriyer: Çalışmalarda keriyer olarak Dilatin POE (Clariant) kullanılmıştır. Kimyasal yapısı, n-alkil fitalimid karışımı olup non-iyonik yapıdır.

Asit Tampon: Boyama banyosu pH'nın ayarlanması ve pH'ın sabit değerlerde tutulmasını sağlamak amacıyla asit tampon olarak Polasit TMB (Tekimsan) kullanılmıştır.

Sodyum Ditionit ($Na_2S_2O_4$): İndirgen yıkamada sodyum ditionit olarak stabilize hidrosülfite (Hydrosulfite Conc., BASF) kullanılmıştır.

Sodyum Hidroksit (NaOH): İndirgen yıkama işlemleri için ticari saflıkta 48 °Bé kostik kullanılmıştır.

Asetik Asit (CH₃COOH): İndirgen yıkama sonrası nötralizasyon işlemi için ticari saflıkta yaklaşık % 80'lik asetik asit kullanılmıştır.

3.1.3. Çalışmada Kullanılan Aletler ve Cihazlar

3.1.3.1. Numune Bobin Boyama Makinesi

Çalışmaların laboratuvar ortamında gerçekleştirilen kısmında Berteks A.Ş. Arge Laboratuvarı'nda bulunan Thies Marka 265 Trl. 850 Model numune bobin boyama makinesi kullanılmıştır. Makine, en fazla 4 bobin kapasiteli olarak çalışabilmekte olup en az 2 kg ağırlığındaki bobinlerin boyamasına izin vermektedir.

3.1.3.2. Üretim Tipi Bobin Boyama Makinesi

İşletmede gerçekleştirilen çalışmalarda üretim tipi 50 kg kapasiteli Thies Marka eco-bloc XW 600 bobin boyama makinesi kullanılmıştır.

3.1.3.3. Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sistemi

Çalışmaların belkemiğini oluşturan gerçek zamanlı analiz sistemi Werner Mathis AG marka Smart Liquor SL-AZ model sistem kullanılmıştır. Sistem boyama banyosunda bulunabilecek 6 farklı boyarmaddenin eş zamanlı olarak ölçülmesini sağlamakta olup 0-10 g/L konsantrasyon aralığında çalışabilmektedir.



Şekil 3.1. Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sistemi
(<http://www.mathisag.com>, 2010)

Ayrıca sisteme bağlı olan bir adet pH ve iletkenlik ölçümü yapan pHmetre/iletkenlik ölçümü cihazı kombinasyonu da bulunmaktadır.

3.1.3.4. Hassas Terazi

Berteks Tekstil A.Ş. Boyahanesi Laboratuvarı'nda bulunan Precisa marka hassas elektronik terazi ile laboratuvar ortamında gerçekleştirilen boyamalar için boyarmaddelerin ve kimyasalların ağırlık tartımları yapılmıştır.

3.1.3.5. Spektrofotometre

Yapılan çalışmalarda boyanan ipliklerin renkleri ile ilgili değerlerin karşılaştırılması için Datacolor Spektroflash 600 PLUS Spektrofotometre kullanılmıştır. Renk ölçümleri 10 derece gözlemci açısı ile D65 aydınlatıcısı ve CMC (2:1) renk formülü baz alınarak yapılmıştır.



Şekil 3.2. Datacolor spektrofotometre (<http://www.ttf.unizg.hr>, 2012)

3.2. Yöntemler

3.2.1. Egalizatörlerin Boyama Üzerine Etkisinin İncelenmesi ve Uygun Egalizatörün Seçimi İçin Yapılan Boyama İşlemleri

Gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sistemi kullanılarak uygun egalizatör seçiminin yapılmasına yönelik olarak laboratuvarında gerçekleştirilen boyamalarda işletmede kullanılmakta olan mevcut egalizatör/dispergator (Egalizatör 4) ile birlikte 4 farklı egalizatör/dispergator denenmiştir. Yapılan boyama işlemleri 2'şer tekrarlı olarak yapılmıştır. Mevcut proseste kullanılan keriyer bu seri çalışmada kullanılmamıştır. Tüm egalizatörler aynı konsantrasyonlarda ve aynı boyama şartlarında denenmiştir. Çalışmalarda kullanılan reçete aşağıdaki şekildedir:

Boyama Reçetesi 1:

- %0,05 C.I. Disperse Orange 30
- %0,05 C.I. Disperse Red 167
- %0,05 C.I. Disperse Blue 367
- % 0,6 Egalizatör/dispergator
- 1,05 g/L Asit tampon

İndirgen Yıkama:

- 4 g/L Hidrosülfid
- 1,5 g/L Kostik
- 70 °C' de 15 dk.

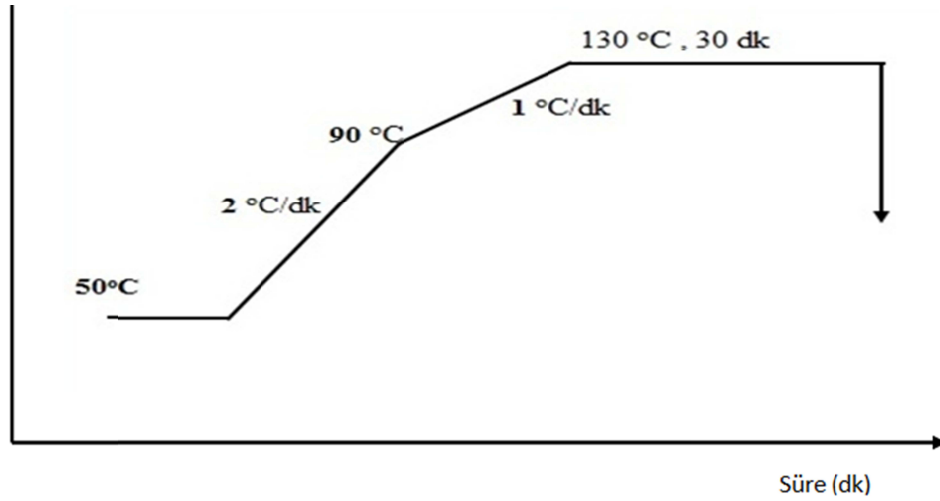
Nötralizasyon:

- 0,7 g/L Asetik asit
- 35 °C' de 10 dk.

Yukarıda belirtilen reçetede sadece egalizatörler değiştirilerek aşağıdaki diyagrama göre boyamalar gerçekleştirilmiştir.

Sıcaklık – Süre Diyagramı 1

Sıcaklık (°C)



Şekil 3.3. Sıcaklık-Süre Diyagramı 1

Pompa gücü (%) ve sirkülasyon süreleri (dk):

- 50-90 °C aralığında I/D %50 - 4 dk ve D/I %50- 6 dk
- 90-130 °C aralığında I/D %70 - 4 dk ve D/I %80- 6 dk
- 130 °C' de I/D %70 -4 dk ve D/I %80- 6 dk ile çalışılmıştır.

3.2.2. Uygun Egalizatör Konsantrasyonunun Belirlenmesi İçin Yapılan Boyama İşlemleri

Gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sistemi yardımı ile uygun egalizatör konsantrasyonunun belirlenmesi için laboratuvarında yapılan çalışmada, önceki çalışmada en uygun olduğu belirlenen Egalizatör 5 kullanılmıştır. Keriyer ilavesi olmadan Boyama Reçetesi 1 ve Sıcaklık-Süre Diyagramı 1 kullanılarak pompa güçleri değiştirilmeden boyamalar gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen boyama işlemleri 2 tekrarlı olarak yapılmıştır.

3.2.3. Uygun pH Değerinin Belirlenmesi İçin Yapılan Boyama İşlemleri

Gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sistemi yardımı ile, pH'ın boyama sonuçları üzerine etkisinin incelenmesi ve uygun olan boyama pH'ının belirlenmesi için bir seri çalışma yapılmıştır. Yapılan boyamalarda 4 farklı pH değeri (4,0, 4,5, 5,0, 5,5) belirlenmiş ve bu pH değerlerindeki sapma en fazla $\pm 0,1$ olacak şekilde çalışmalar yapılmıştır. Çalışmalarda Boyama Reçetesi 1'de yer alan egalizatör olarak Egalizatör 5 kullanılmıştır. Sıcaklık-Süre Diyagramı 1 ve aynı pompa güçleri kullanılarak boyamalar gerçekleştirilmiştir. pH tamponunun boyama işleminde kullanılan miktarı artırılıp azaltılarak istenen pH aralığı elde edilmiştir. Çalışmalar 2'şer tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.4. Keriyer ve Egalizatör Etkisinin Karşılaştırılması Amacıyla Yapılan Boyama Çalışmaları

Keriyer ve egalizatör etkisinin karşılaştırılması amacıyla Sıcaklık-Süre Diyagramı 1 uygulanarak ve aşağıdaki Çizelge 3.4'te görülen reçeteler kullanılarak aynı pompa gücü şartlarında boyamalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar 2 tekrarlı olarak yapılmıştır. Boyama banyosunun pH değeri 4,5-5,0 arasında olacak şekilde ayarlanmıştır.

Çizelge 3.4. Keriyer ve egalizatör etkisinin incelenmesi amacıyla kullanılan reçeteler

Reçete 1	Reçete 2	Reçete 3	Reçete 4
%0,05 D. Orange 30	%0,05 D. Orange 30	%0,05 D. Orange 30	%0,05 D. Orange 30
%0,05 D. Red 167	%0,05 D. Red 167	%0,05 D. Red 167	%0,05 D. Red 167
%0,05 D. Blue 367	%0,05 D. Blue 367	%0,05 D. Blue 367	%0,05 D. Blue 367
1,05 g/L Asit Tampon	1,05 g/L Asit Tampon	1,05 g/L Asit Tampon	1,05 g/L Asit Tampon
	% 0,6 Egalizatör 5	% 0,6 Egalizatör 4	% 0,6 Egalizatör 4
			%0,4 Keriyer

3.2.5. Farklı Boyama Konsantrasyonlarının Boyamaya Etkisinin İncelenmesi için İki Farklı İplik İle Yapılan Bobin Boyama İşlemleri

Gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sistemi varlığında 4 farklı boyama konsantrasyonunda iki farklı iplik seçilerek yapılan boyamalar laboratuvar ve işletme şartlarında gerçekleştirilmiştir. Boyamalarda kullanılan boyarmaddeler ve konsantrasyonlar Çizelge 3.5'te görülmektedir. Farklı konsantrasyonlarda gerçekleştirilen bu işlemler iki tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır.

Çizelge 3.5. İşletme ve laboratuvar şartlarında gerçekleştirilen boyamalarda kullanılan boyarmaddeler ve konsantrasyonları

Boyarmadde	Konsantrasyon (%)			
	0,05	0,15	0,25	0,5
D. Orange 30	0,05	0,15	0,25	0,5
D. Red 167	0,05	0,15	0,25	0,5
D. Blue 367	0,05	0,15	0,25	0,5
Toplam Boyarmadde Konsantrasyonu	0,15	0,45	0,75	1,5

3.2.5.1. İplik 1 Üzerinde Farklı Boyama Konsantrasyonlarında Yapılan Boyama İşlemleri

Farklı boyama konsantrasyonlarının etkisinin incelenmesi amacıyla yapılan boyamalar, İplik 1 üzerinde, Boyama Reçetesi 1 ile, Egalizatör 5 kullanılarak, Çizelge 3.5'te

belirlenen boyarmadde konsantrasyonlarında, pH 4,5-5 aralığında ve Sıcaklık-Süre Diyagramı 1'e göre gerçekleştirilmiştir. Aşağıda ise çalışılan pompa gücü yer almaktadır.

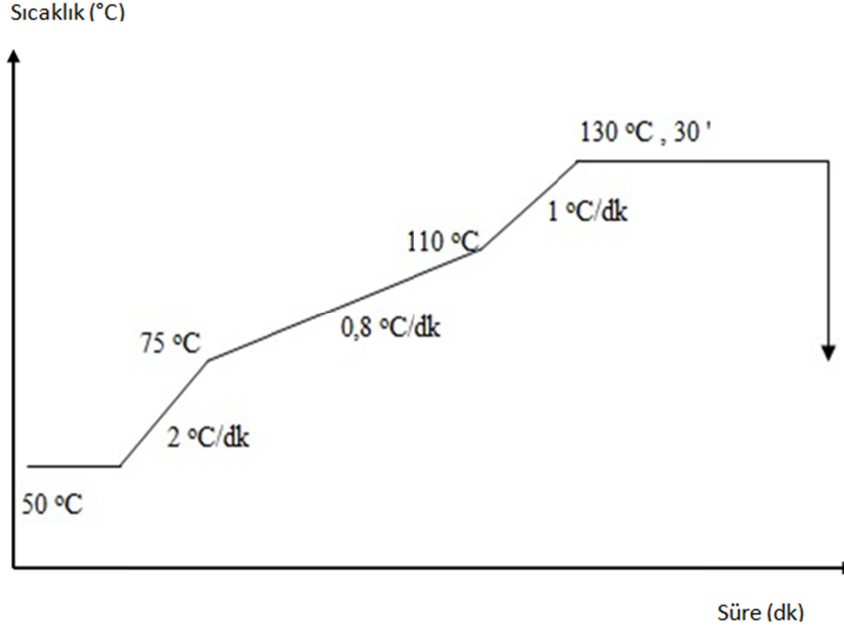
Pompa gücü (%) ve sirkülasyon süreleri (dk):

- 50-90 °C aralığında I/D %40 -4 dk ve D/I %40- 6dk
- 90-130 °C aralığında I/D %50 -4 dk ve D/I %50- 6dk
- 130 °C'de I/D %40 -4 dk ve D/I %40- 6dk

Laboratuvar şartlarında İplik 1 için olumlu sonuçlanan boyamalar sonrasında işletme şartlarında da aynı proses parametreleri kullanılarak boyama işlemleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.5.2. İplik 2 Üzerinde Farklı Boyama Konsantrasyonlarında Yapılan Boyama İşlemleri

Farklı boyama konsantrasyonlarının etkisinin incelenmesi amacıyla laboratuvar şartlarında İplik 2 üzerinde yapılan boyamalar, Boyama Reçetesi 1'e göre, Çizelge 3.5'te yer alan boyarmadde konsantrasyonları ile, Egalizatör 5 kullanılarak, pH 4,5-5 aralığında ve Sıcaklık-Süre Diyagramı 2'ye göre gerçekleştirilmiştir. Aşağıda Sıcaklık-Süre Diyagramı 2 ve çalışılan pompa gücü-sirkülasyon süreleri yer almaktadır.



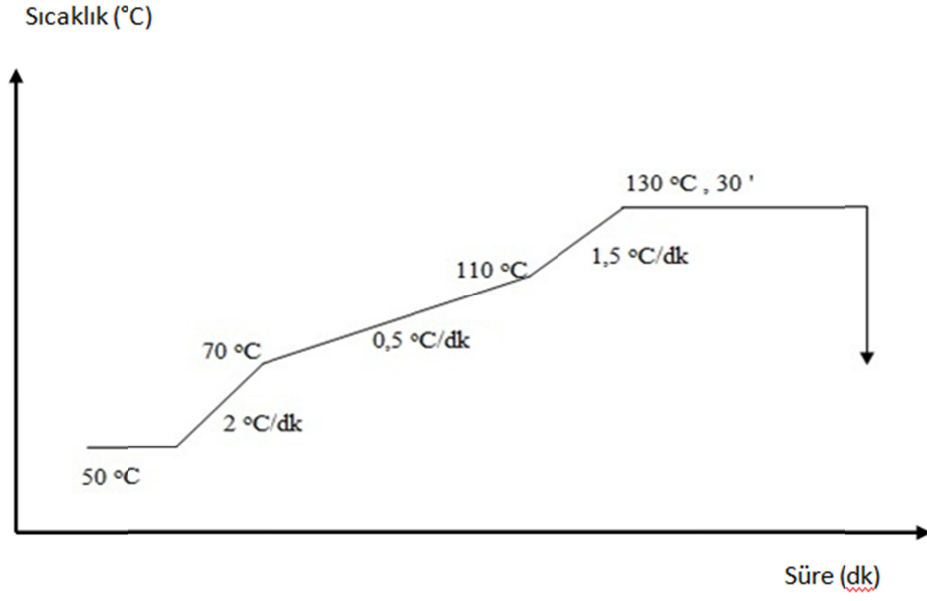
Şekil 3.4. Sıcaklık- Süre Diyagramı 2

Pompa gücü (%) ve sirkülasyon süreleri (dk):

- 50-90 °C aralığında I/D %40 -4 dk ve D/I %40- 6dk
- 90-130 °C aralığında I/D %50 -4 dk ve D/I %50- 6dk
- 130 °C'de I/D %40 -4 dk ve D/I %40- 6dk

İplik 2 için işletme şartlarında laboratuvar şartlarında uygulanan boyama prosesi sonucunda pompa gücünün yetersizliğinin neden olduğu düşünülen abrajlar ortaya çıkmıştır. İpliğin özellikleri de göz önünde bulundurularak sıcaklık- süre diyagramı ve pompa gücü şartları değiştirilmiştir. Bu durumda işletme şartlarında uygulanan sıcaklık- süre diyagramı ve pompa gücü şartları aşağıdaki gibidir.

Yeni sıcaklık süre diyagramı aşağıdaki şekilde optimize edilmiştir:



Şekil 3.5. Sıcaklık- Süre Diyagramı 3

Pompa gücü (%) ve sirkülasyon süreleri (dk):

- 50-90 °C aralığında I/D %100 tek yönlü olarak
- 90-130 °C aralığında I/D %80 -4 dk ve D/I %80- 6dk
- 130 °C'de I/D %60 -4 dk ve D/I %60- 6dk

4. BULGULAR

4.1. Egalizatörlerin Boyama Üzerine Etkisinin İncelenmesi ve Uygun Egalizatörün Seçimi İçin Yapılan Boyama İşlemlerine Ait Sonuçlar

Egalizatörlerin boyama üzerine etkisinin incelenmesi ve uygun egalizatörün seçimi amacıyla 4 farklı egalizatör türü ile yapılan boyama işlemlerine ait gerçek zamanlı analiz sistemi grafiklerinden belirlenen bazı veriler alınmıştır. Bu kriterler, renk verimi (% çekim), boyama hızı, kritik sıcaklık bölgesi ve trikromi uyumluluğu olmuştur. Ayrıca elde edilen boyamalara ait bobin üzerindeki renk farklılıklarının kontrol edilebilmesi için dış-orta, dış-iç renk farkı değerleri ile, tekrar edilen boyamalar arasındaki renk farkının ve tekrarlanabilirliğin kontrol edilebilmesi amacıyla da renk koyuluğu (K/S) değerleri ve tekrarlanabilirlik (ΔE) değerleri spektrofotometrede okutulmuş ve değerlendirilmiştir.

4.1.1. Gerçek Zamanlı Analiz Sisteminden Elde Edilen Sonuçlar

Egalizatörlerin boyama üzerine etkisinin incelenmesi ve uygun egalizatörün seçimi amacıyla yapılan boyama işlemlerine ait gerçek zamanlı analiz sisteminden alınan veriler aşağıda Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Egalizatör seçiminde gerçek zamanlı analiz sisteminden alınan veriler

Egalizatör Türü	Renk Verimi (% Çekim)	Çekim Hızı (%/dk)	T kritik (°C)	Trikromi Uyumluluğu
Egalizatör 1	85,7	1,73	97-130	94,5
Egalizatör 2	98,14	1,76	98-130	92,67
Egalizatör 3	78,50	1,45	85- 130	93
Egalizatör 4	77,4	1,63	100-130	93
Egalizatör 5	81,93	1,47	95-130	93

4.1.2. Egalizatör Seçiminde Elde Edilen Renk Sonuçları

Uygun egalizatör seçiminin yapılabilmesi ve egalizatörlerin boyamaya olan etkisinin incelenmesi amacıyla yapılan çalışmaların sonucunda elde edilen renklerle ilgili sonuçlar aşağıda Çizelge 4.2’de görülmektedir.

Çizelge 4.2. Egalizatör seçiminde renk ile ilgili alınan sonuçlar

Egalizatör Türü	İç-Dış Farkı		Tekrarlanabilirlik (ΔE)	Renk Koyuluğu (K/S)
	Dış-Orta	Dış-İç		
Egalizatör 1	0,22	0,48	0,53	1,41
Egalizatör 2	0,10	0,26	0,21	1,41
Egalizatör 3	0,10	0,16	0,67	1,42
Egalizatör 4	0,09	0,34	1,14	1,27
Egalizatör 5	0,18	0,29	0,35	1,36

4.2. Uygun Egalizatör Konsantrasyonunun Belirlenmesi İçin Yapılan Boyama İşlemlerine Ait Sonuçlar

Proseslerde kullanılacak olan uygun egalizatör türü olarak Egalizatör 5’in seçiminin ardından, uygun egalizatör konsantrasyonunun belirlenmesi adımı ile çalışmalara devam edilmiştir. Bu adımda Egalizatör 5'ten % 0,2, % 0,4, % 0,6 ve % 0,8 konsantrasyonlarında kullanılarak boyamalar yapılmıştır. Uygun konsantrasyonunun belirlenmesinde daha önceden belirlenen kriterler göz önüne alınmıştır. Belirlenen kriterler ve egalizatör konsantrasyonu arasındaki ilişkilere ait çizelgeler aşağıdaki gibidir.

4.2.1. Uygun Egalizatör Konsantrasyonunun Belirlenmesinde Gerçek Zamanlı Analiz Sistemine Ait Grafiklerden Elde Edilen Sonuçlar

Uygun egalizatör konsantrasyonunun belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalara ait gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz grafiklerinden alınan sonuçlar Çizelge 4.3’te görülmektedir.

Çizelge 4.3. Uygun egalizatör konsantrasyonu seçiminde gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sisteminden alınan veriler

Egalizatör Konsantrasyonu (%)	Renk Verimi (% Çekim)	Çekim Hızı (%/dk)	T kritik (°C)	Trikromi Uyumluluğu
0,2	79,22	1,85	99,5-130	92,5
0,4	80,62	1,44	98,3-130	94,3
0,6	81,93	1,47	100-130	93,0
0,8	81,84	1,33	95-130	95,3

4.2.2. Egalizatör Konsantrasyonu Seçiminde Elde Edilen Renk Sonuçları

Uygun egalizatör konsantrasyonunun belirlenmesinde kriter olarak ele alınan renk ile ilgili sonuçlara ait değerler aşağıdaki Çizelge 4.4'te görülmektedir.

Çizelge 4.4. Uygun egalizatör konsantrasyonu seçiminde renk ile ilgili sonuçlar

Egalizatör Konsantrasyonu (%)	İç-Dış Farkı		Tekrarlanabilirlik (ΔE)	Renk Koyuluğu (K/S)
	Dış-Orta	Dış-İç		
0,2	0,26	0,08	0,38	1,30
0,4	0,21	0,37	0,28	1,29
0,6	0,18	0,29	0,35	1,36
0,8	0,15	0,29	1,83	1,26

4.3. Uygun pH Değerinin Belirlenmesi İçin Yapılan Boyama İşlemlerinin Sonuçları

Uygun pH değerinin tespit edilmesi amacıyla pH 4, pH 4,5, pH 5,0 ve pH 5,5 olmak üzere 4 farklı pH'ta boyama prosesleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen boyama işlemlerine ait veriler aşağıdaki gibidir.

4.3.1. Uygun pH Değerinin Belirlenmesinde Gerçek Zamanlı Analiz Sistemine Ait Sonuçlar

Çizelge 4.5. Uygun pH değerinin belirlenmesinde gerçek zamanlı analiz sistemi sonuçları

pH Değeri	Renk Verimi (% Çekim)	Çekim Hızı (%/dk)	T kritik (°C)	Trikromi Uyumluluğu
4,0	84,21	1,35	110-130	96,5
4,5	81,19	1,47	100-130	93,3
5,0	82,60	1,42	112-130	96
5,5	79,13	1,33	110-130	95,5

4.3.2. Uygun pH Değerinin Belirlenmesinde Elde Edilen Renk Sonuçları

Çizelge 4.6. Uygun pH değerinin belirlenmesinde renk ile ilgili sonuçlar

pH Değeri	İç-Dış Farkı		Tekrarlanabilirlik (ΔE)	Renk Koyuluğu(K/S)
	Dış-Orta	Dış-İç		
4,0	0,21	0,345	0,86	1,36
4,5	0,13	0,28	0,69	1,35
5,0	0,27	0,25	0,35	1,34
5,5	0,28	0,425	0,81	1,3

4.4. Keriye ve Egalizatör Etkisinin Karşılaştırılması Amacıyla Yapılan Boyamalara Ait Sonuçlar

Keriye ve egalizatör etkisinin karşılaştırılması amacıyla Çizelge 3.4'te reçeteleri verilmiş olan ve sadece asit tampon, Egalizatör 4, Egalizatör 5 ve Egalizatör 4+Keriye kullanılarak yapılan boyamalara ait gerçek zamanlı analiz sonuçları ve elde edilen renk ile ilgili sonuçlar aşağıda verilmiştir.

4.4.1. Keriyer ve Egalizatör Etkisinin Karşılaştırılmasında Gerçek Zamanlı Analiz Sistemine Ait Sonuçlar

Çizelge 4.7. Keriyer ve egalizatör etkisinin karşılaştırılmasında gerçek zamanlı analiz sonuçları

Kimyasal Türü	Renk Verimi (%Çekim)	Çekim Hızı (%/dk)	T kritik(°C)	Trikromi Uyumluluğu
Asit tampon	79,25	1,57	104-130	92,5
Egalizatör 4	77,4	1,63	110-130	93
Egalizatör 5	81,93	1,47	95-130	93
Egalizatör 4 + Keriyer	98,26	1,62	110-130	94,67

4.4.2. Keriyer ve Egalizatör Etkisinin Karşılaştırılmasında Renk İle İlgili Sonuçlar

Çizelge 4.8. Keriyer ve egalizatör etkisinin karşılaştırılmasında renk ile ilgili sonuçlar

Kimyasal Türü	İç-Dış Farkı		Tekrarlanabilirlik (ΔE)	Renk Koyuluğu (K/S)
	Dış-Orta	Dış-İç		
Asit tampon	0,21	0,13	0,21	1,39
Egalizatör 4	0,09	0,34	1,14	1,27
Egalizatör 5	0,18	0,29	0,35	1,36
Egalizatör 4 + Keriyer	0,32	0,04	0,23	1,21

4.5 Tasarlanan Optimize Proseslerle Laboratuvar ve İşletmede Yapılan Boyamalara Ait Sonuçlar

Bu grup çalışmalarda, ön denemelerden elde edilen sonuçlara dayanılarak tekstüre ve mikrolif iplikler için tasarlanan 2 farklı boyama prosesi ile laboratuvar ve işletme şartlarında denemeler yapılmıştır. Proseslerin farklı boyama konsantrasyonlarındaki başarısını görebilmek amacıyla denemeler her iki proseste de 4 farklı boyama

konsantrasyonunda gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalara ait gerçek zamanlı analiz sonuçları ve renk ölçüm sonuçları aşağıda verilmiştir.

4.5.1. İplik 1 Üzerinde Laboratuvar Şartlarında Yapılan Boyamalara Ait Sonuçlar

4.5.1.1. İplik 1 Üzerinde Laboratuvar Şartlarında Yapılan Boyamaların Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sonuçları

Çizelge 4.9. İplik 1 üzerinde laboratuvar şartlarında yapılan boyamaların gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sonuçları

Boyama Konsantrasyonu (%)	Renk Verimi (%Çekim)	Çekim Hızı (%/dk)	T kritik (°C)	Trikromi Uyumluluğu
0,15	80,22	1,5	110-130	96
0,45	85,78	1,8	105-30	99
0,75	86,7	1,6	110-130	99
1,5	88,13	2,77	110-130	93

4.5.1.2. İplik 1 Üzerinde Laboratuvar Şartlarında Yapılan Boyamaların Renk Ölçümü İle İlgili Sonuçları

Çizelge 4.10. İplik 1 üzerinde laboratuvar şartlarında yapılan boyamaların renk ile ilgili sonuçları

Boyama Konsantrasyonu (%)	İç-Dış Farkı		Tekrarlanabilirlik (ΔE)	Renk Koyuluğu (K/S)
	Dış-Orta	Dış-İç		
0,15	0,31	0,33	0,7	1,26
0,45	0,17	0,59	0,27	4,35
0,75	0,24	0,72	0,44	7,25
1,5	0,33	0,62	0,39	14,73

4.5.2. İplik 1 Üzerinde İşletme Şartlarında Yapılan Boyamalara Ait Sonuçlar

4.5.2.1. İplik 1 Üzerinde İşletme Şartlarında Yapılan Boyamaların Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sonuçları

Çizelge 4.11. İplik 1 üzerinde işletme şartlarında yapılan boyamaların gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sonuçları

Boyama Konsantrasyonu (%)	Renk Verimi (% Çekim)	Çekim Hızı (%/dk)	T kritik (°C)	Trikromi Uyumluluğu
0,15	80,77	1,12	105-130	95
0,45	91	2,03	95-130	98
0,75	90,75	1,58	90-130	98
1,5	89,47	1,72	90-130	95

4.5.2.2. İplik 1 Üzerinde İşletme Şartlarında Yapılan Boyamaların Renk İle İlgili Sonuçları

Çizelge 4.12. İplik 1 üzerinde işletme şartlarında yapılan boyamaların renk ile ilgili sonuçları

Boyama Konsantrasyonu (%)	İç-Dış Farkı		Tekrarlanabilirlik (ΔE)	Renk Koyuluğu (K/S)
	Dış-Orta	Dış-İç		
0,15	0,14	0,44	0,31	1,25
0,45	0,18	0,40	0,27	4,41
0,75	0,20	0,48	0,44	7,73
1,5	0,14	0,39	0,43	14,66

4.5.3. İplik 2 Üzerinde Laboratuvar Şartlarında Yapılan Boyamalara Ait Sonuçlar

4.5.3.1. İplik 2 Üzerinde Laboratuvar Şartlarında Yapılan Boyamaların Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sonuçları

Çizelge 4.13. İplik 2 üzerinde laboratuvar şartlarında yapılan boyamaların gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sonuçları

Boyama Konsantrasyonu (%)	Renk Verimi (% Çekim)	Çekim Hızı (%/dk)	T kritik (°C)	Trikromi Uyumluluğu
0,15	95,27	7,1	68- 95	99
0,45	94,45	2,33	70,5-92	99,5
0,75	93,75	2,55	78-96,5	98
1,5	94,3	2,55	82,5-100	96,5

4.5.3.2. İplik 2 Üzerinde Laboratuvar Şartlarında Yapılan Boyamaların Renk İle İlgili Sonuçları

Çizelge 4.14. İplik 2 üzerinde laboratuvar şartlarında yapılan boyamaların renk ile ilgili sonuçları

Boyama Konsantrasyonu (%)	İç-Dış Farkı		Tekrarlanabilirlik (ΔE)	Renk Koyuluğu (K/S)
	Dış-Orta	Dış-İç		
0,15	0,27	0,60	0,77	0,74
0,45	0,25	0,45	0,11	1,64
0,75	0,57	0,57	0,19	2,71
1,50	0,54	0,74	0,3	5,35

4.5.4. İplik 2 Üzerinde İşletme Şartlarında Yapılan Boyamalara Ait Sonuçlar

4.5.4.1. İplik 2 Üzerinde İşletme Şartlarında Yapılan Boyamaların Gerçek Zamanlı Spektrofotometrik Analiz Sonuçları

Çizelge 4.15. İplik 2 üzerinde işletme şartlarında yapılan boyamaların gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sonuçları

Boyama Konsantrasyonu(%)	Renk Verimi (%Çekim)	Çekim Hızı (%/dk)	T kritik (°C)	Trikromi Uyumluluğu
0,15	86,75	4,07	71	97,5
0,45	91,83	2,033	73	98
0,75	90,05	1,58	73,5	98
1,5	93,08	4,7	70	95,5

4.5.4.2. İplik 2 Üzerinde İşletme Şartlarında Yapılan Boyamaların Renk İle İlgili Sonuçları

Çizelge 4.16. İplik 2 üzerinde işletme şartlarında yapılan boyamaların renk ile ilgili sonuçları

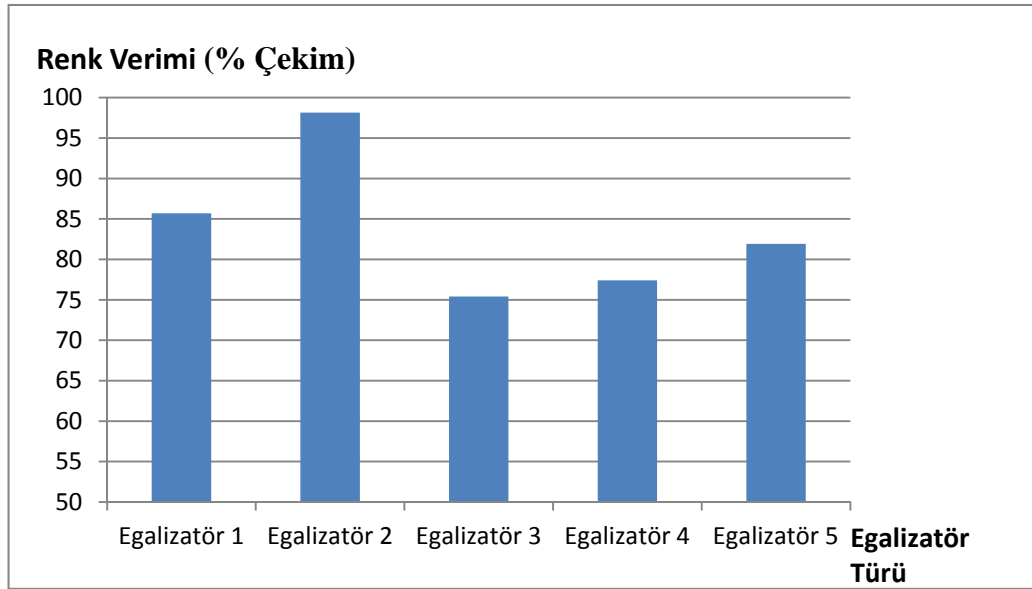
Boyama Konsantrasyonu (%)	İç-Dış Farkı		Tekrarlanabilirlik	Renk Koyuluğu (K/S)
	Dış-Orta	Dış-İç		
0,15	0,22	0,40	0,45	0,71
0,45	0,36	0,45	0,22	1,6
0,75	0,22	0,39	0,18	2,61
1,5	0,35	0,37	0,12	5,1

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

5.1.Tartışma

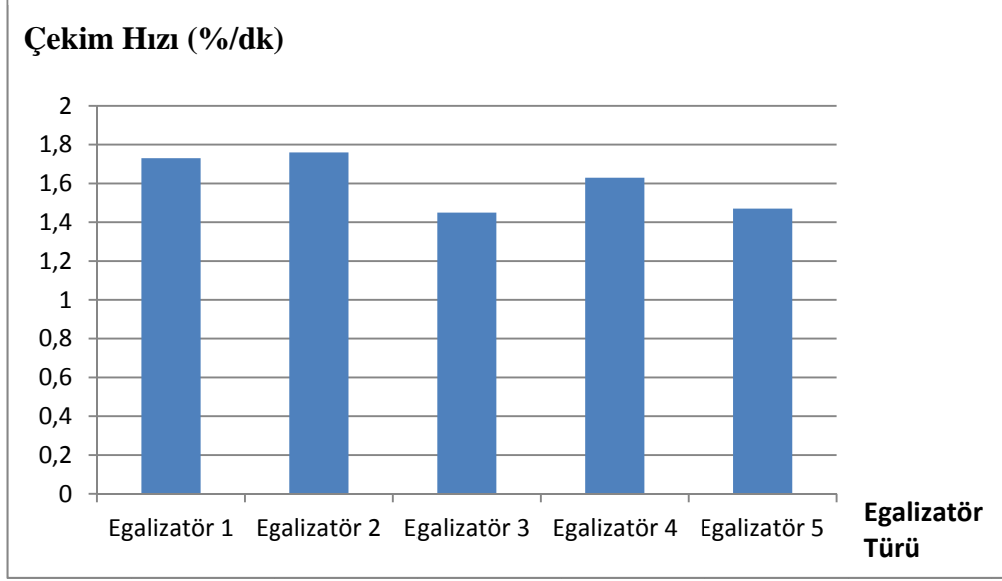
5.1.1 Egalizatörlerin Boyama Üzerine Etkisinin İncelenmesi ve Uygun Egalizatörün Seçimi İçin Yapılan Boyama İşlemlerine Ait Sonuçların Değerlendirilmesi

Uygun egalizatör seçiminin yapılabilmesi ve egalizatörlerin boyama işlemine ve sonuçlarına olan etkilerinin incelenmesi amacıyla yapılan çalışmalara ait gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sonuçları ve elde edilen renk değerleri aşağıdaki şekillerde görülmektedir.



Şekil 5.1. Renk verimine egalizatör etkisi

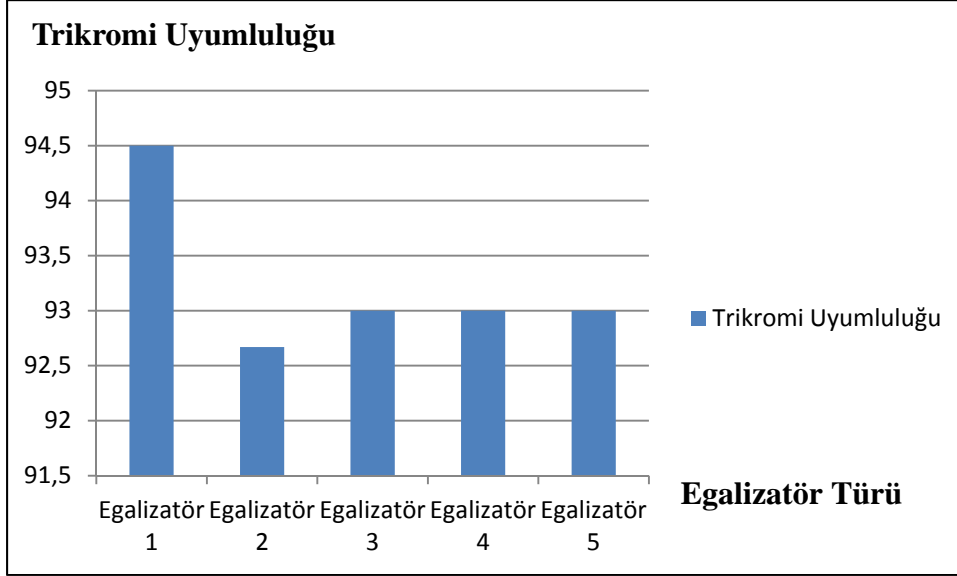
Çizelge 4.1'de yer alan farklı egalizatlara ait renk verimi değerleri ve Şekil 5.1 incelendiğinde en yüksek renk verimi değerinin Egalizatör 2 ile sağlandığı, bunu Egalizatör 1 ve Egalizatör 5'in takip ettiği görülmektedir. Egalizatör 3 ve Egalizatör 4'e ait değerlerin ise % 80'i aşamadıkları görülmektedir.



Şekil 5.2. Egalizatör türünün çekim hızına etkisi

Seçilen egalizatörlere ait çekim hızı değerleri incelendiğinde Egalizatör 1 ve 2'nin yüksek renk verimi ile orantılı olarak yüksek çekim hızı değerlerine sahip oldukları görülmektedir. Egalizatör 3 ve Egalizatör 5 içinde renk verimi değeri ile orantılı boyarmadde çekim hızına sahip olduğu görülmektedir. Egalizatör 4'te ise düşük renk verimi değerine rağmen boya çekim hızının yüksek olduğu görülmektedir. Sonuç olarak tüm egalizatörlerin makul boyama hızlarına sahip oldukları ancak egalizatörlerin geciktirici özellikleri göz önüne alındığında Egalizatör 1 ve Egalizatör 2'ye ait değerlerin biraz yüksek olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.1.'de yer alan ve optimizasyon adımında kullanılacak önemli bilgilerden biri olan kritik sıcaklık bölgesi yani boyama işlemi esnasında daha dikkatli olunması gereken bölgeye ait değerlerde gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sistemi grafikleri üzerinden belirlenmiştir. Kritik sıcaklık bölgesinin Egalizatör 3 için diğerlerinden daha geniş bir aralıkta olduğu diğer egalizatör türleri için ise yaklaşık olarak 95-130 °C civarında olduğu görülmektedir.



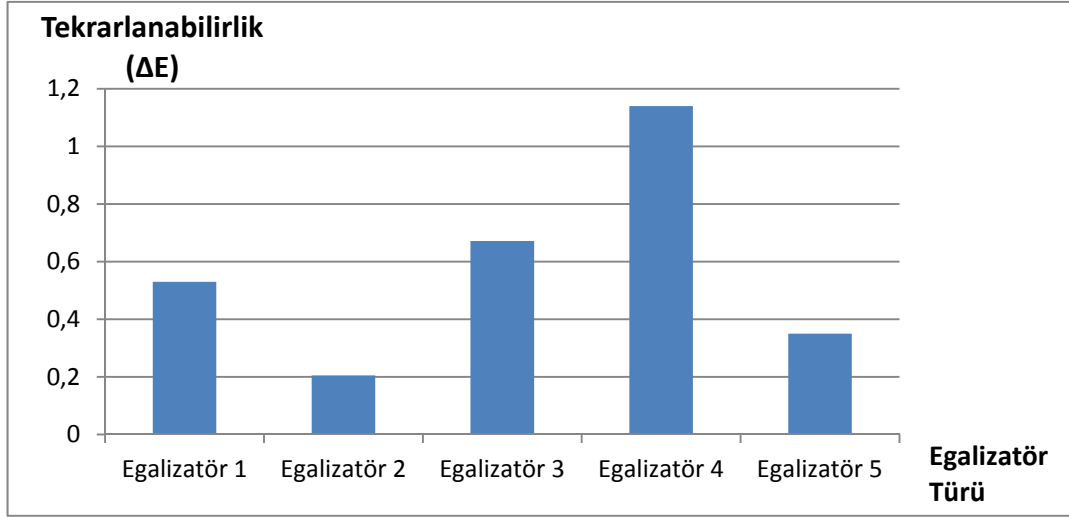
Şekil 5.3. Egalizatör türününü trikromi uyumluluğuna etkisi

Boyarmaddelerin birbirleri ile uyumluluğunu gösteren trikromi değeri gerçek zamanlı spektrofotometrik sistem tarafından hesaplanmış olup grafik üzerinden okunmuştur. Farklı egalizatörlere ait trikromi uyumluluğu değerlerine bakıldığında tüm boyama işlemlerinde % 90 üzerinde boyarmaddelerin birbirleriyle uyumlu oldukları görülmektedir.

Seçilen egalizatörlerle yapılan çalışmalar sonucunda bobin üzerindeki renk farkı değerlerinin ölçülmesi amacıyla bobinin dış, orta ve iç kısımlarından kartlar üzerine sarılan ipliklerden dış-iç, dış-orta şeklinde ΔE değerleri okutulmuştur. Çizelge 4.2’de yer alan İç-Dış Farkı değerlerine bakıldığında tüm egalizatörlerle boyanan bobinlerde herhangi bir renk farkı olmadığı ve bobin içi renk farkının $\Delta E=0,5$ ’ten bile az olduğu görülmektedir. Bu durumun sonucu olarak boyanan bobinlerin iç dış farkı olmadan düzgün bir şekilde boyanması ile uygulanan sıcaklık-süre diyagramının, boyarmaddelerin, kimyasalların ve pompa gücü şartlarının birbirleri ile uyumlu ve uygun olduğu anlaşılmaktadır.

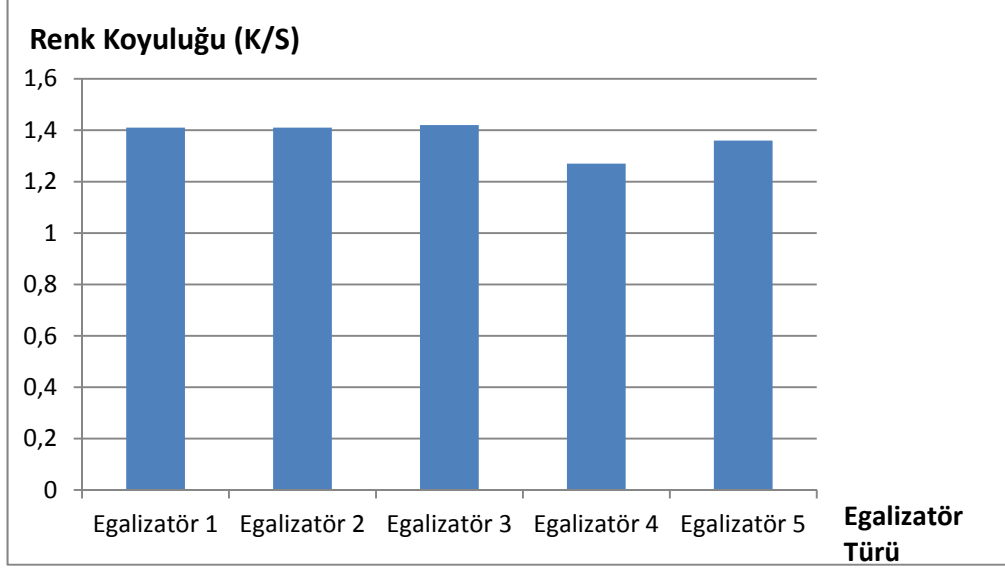
Farklı egalizatörlerle yapılan tekrar boyamalarının birbirleri ile arasındaki renk farkının kontrol edilmesi amacıyla spektrofotometrede okutulan ΔE değerleri Çizelge 4.2 ve Şekil 5.4’te görüldüğü üzere Egalizatör 4 dışındaki egalizatörlerle $\Delta E=1$ ’in altında olan

tekrarlanabilir boyamalar elde edilebilmiştir. İşletme şartlarında $\Delta E < 1$ değerinin sınır değer olarak kabul edildiği göz önüne alındığında, Egalizatör 4'e ait ΔE değeri 1'in üzerinde olup tekrarlanabilirlik açısından bu proses için uygun olmadığı görülmektedir.



Şekil 5.4. Egalizatör türünün tekrarlanabilirlik üzerine etkisi

Analizlerin yanında doğru yorumların yapılabilmesi için seçilen egalizatörlere ait renk verimlerinin boyalı iplikler üzerinden de incelenmesi amacıyla spektrofotometrede boyanan bobinlere ait renk koyuluğu (K/S) değerleri alınmıştır. Alınan sonuçlar, boyanmış ipliklere ait renk koyuluğu değerleri açısından Egalizatör 1, Egalizatör 2 ve Egalizatör 3'e ait K/S değerlerinin birbirleriyle aynı seviyede ve Egalizatör 5'in de bunlara oldukça yakın olduğunu göstermektedir. Egalizatör 4, gerek renk veriminin ve gerekse renk koyuluğunun düşük olması nedeniyle diğer egalizatörlere göre daha az etkili görünmektedir. Diğer taraftan, Egalizatör 3'ün renk veriminin (çekiminin) de diğer egalizatörlere göre oldukça düşük olması ve Egalizatör 1 ve 2'nin de boyarmadde çekim hızlarının diğerlerine göre daha yüksek kalması nedeniyle Egalizatör 5'in tüm özellikler açısından en uygun egalizatör tipi olacağına karar verilmiştir. Dolayısıyla bundan sonraki çalışmalar bu egalizatör kullanılarak yapılmıştır.

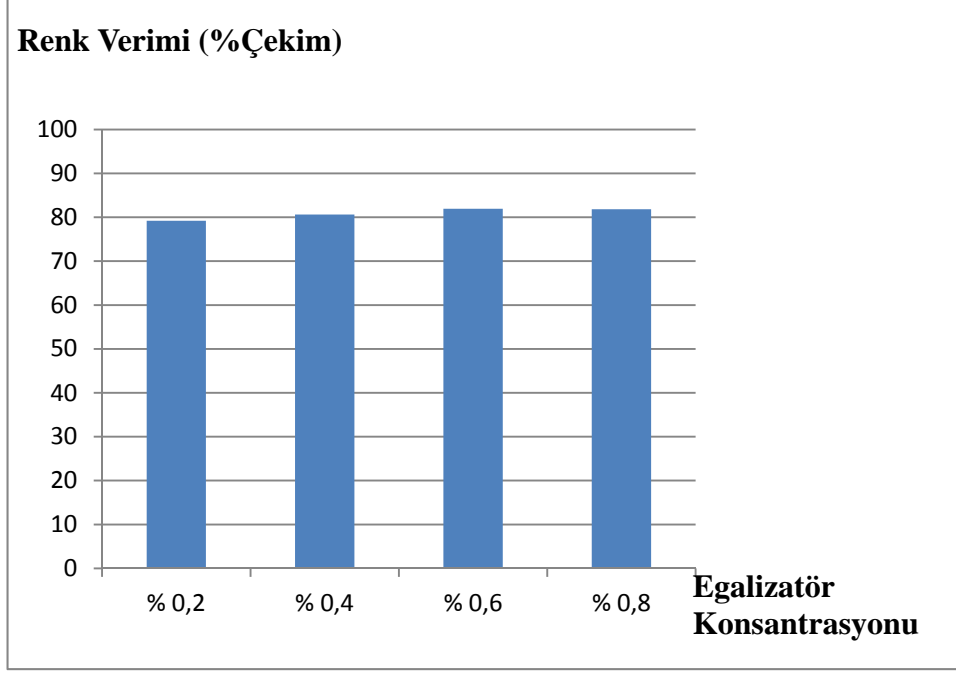


Şekil 5.5. Farklı egalizatörlere ait K/S değerleri

5.1.2. Uygun Egalizatör Konsantrasyonunun Belirlenmesi İçin Yapılan Boyama İşlemlerine Ait Sonuçların Değerlendirilmesi

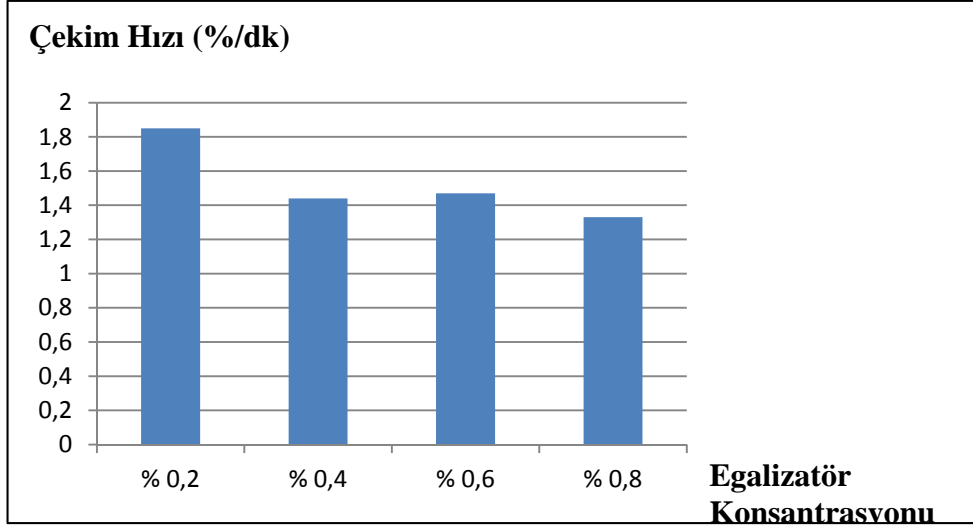
Uygun egalizatör olarak Egalizatör 5'in seçiminin ardından, uygun egalizatör konsantrasyonunun belirlenmesi adımı ile çalışmalara devam edilmiştir. Bu adımda Egalizatör 5'ten % 0,2, % 0,4, % 0,6 ve % 0,8 konsantrasyonlarında kullanılarak boyamalar yapılmıştır. Gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sonuçları ve elde edilen renkle ilgili sonuçlar değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.3 ve Şekil 5.6 incelendiğinde 4 farklı egalizatör konsantrasyonunda gerçekleştirilen boyamalarda renk veriminin konsantrasyonun artması ile az da olsa arttığı görülmektedir.



Şekil 5.6. Egalizatör konsantrasyonunun renk verimine etkisi

Egalizatör konsantrasyonunun renk verimine olan etkisini gösteren şekil incelendiğinde %0,2 egalizatör konsantrasyonunda renk veriminin %80'i aşmadığı görülmektedir. Bu durumda %0,2 konsantrasyonun boyama işlemi için yeterli olmadığı düşünülmektedir. Diğer %0,6 ve %0,8 egalizatör konsantrasyonlarında yapılan boyama işlemlerine ait renk verimi değerlerinin birbirlerine yakın olduğu %0,4 konsantrasyonda yapılan boyamalara ait renk veriminin ise %0,6 ve %0,8 konsantrasyonlu boyamalardan bir miktar düşük olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, %çekim değerleri açısından %0,6 egalizatör konsantrasyonunun en uygun konsantrasyon olduğu sonucuna varılmıştır.

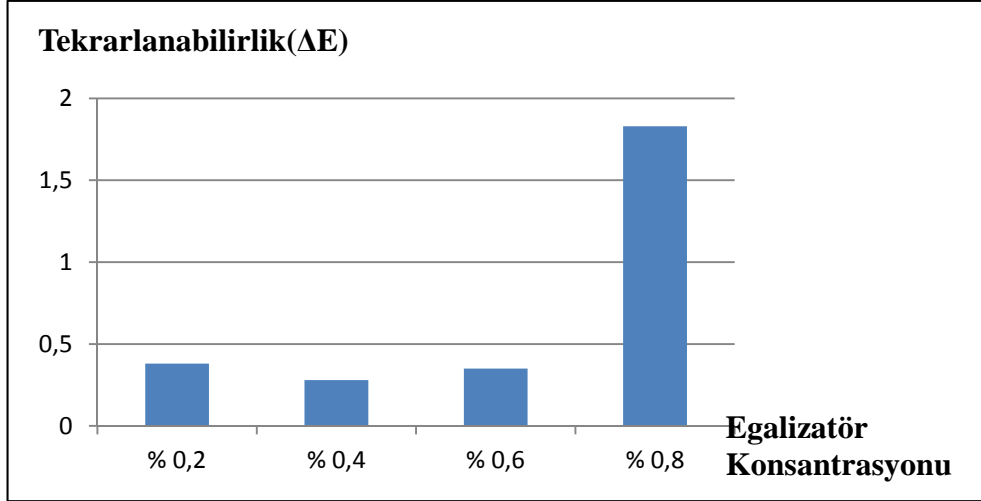


Şekil 5.7. Egalizatör konsantrasyonunun çekim hızına etkisi

Egalizatör konsantrasyonunun çekim hızına etkisini gösteren Şekil 5.7’de görüldüğü gibi %0,2 konsantrasyona ait çekim hızı değeri en yüksektir. %0,4 ve %0,6 konsantrasyonlara ait çekim hızı değerlerinin birbirlerine yakın olduğu, %0,8 konsantrasyonda ise çekim hızı değerinin en düşük olduğu görülmektedir. Bu sonuçlarda da görüldüğü gibi beklenildiği şekilde egalizatör konsantrasyonun artması ile çekim hızı düşmektedir.

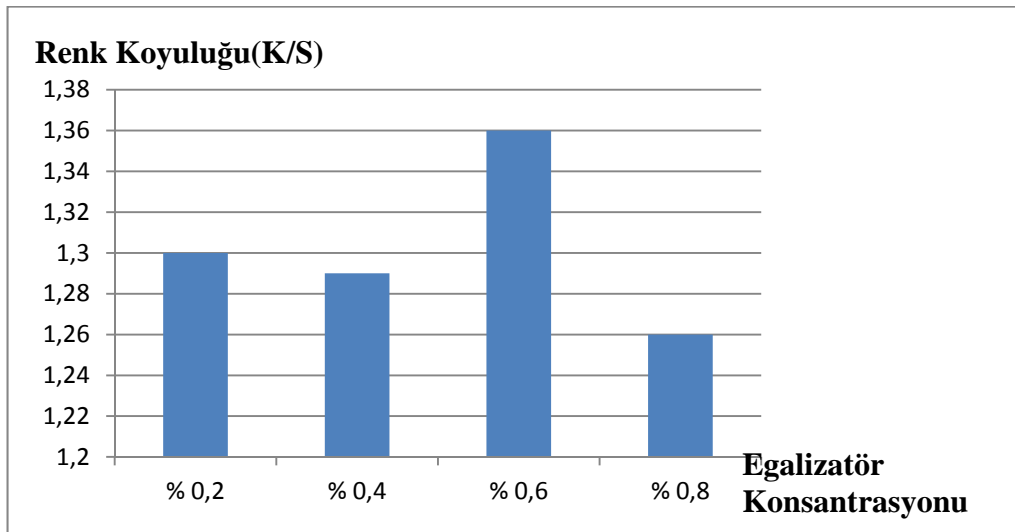
Çizelge 4.3’te ele alınan bir başka değer olan kritik çekim sıcaklık aralığına bakıldığında çalışma yapılan konsantrasyon aralıklarının sahip olduğu değerlerin birbirlerine yakın olduğu ve yaklaşık olarak 95-130 °C aralığında olduğu görülmektedir. Çizelgede ele alınan trikromi uyumluluğunun ise % 90 üzerinde olduğu görülmektedir

Egalizatör konsantrasyonunun bobin üzerindeki renk farklılığına olan etkisinin yer aldığı Çizelge 4.4 incelendiğinde tüm boyanan bobinlerden kartlara sarılan dış-orta-iç şeklindeki iplikler bobinin dış kısmının standart kabul edilmesi ile spektrofotometreden okutulan dış-orta ve dış-iç şeklindeki ΔE değerleri $\Delta E=1$ değerini aşmamıştır. Bu durumun sonucu olarak boyanan bobinlerde herhangi bir renk farkının söz konusu olmadığı anlaşılmıştır.



Şekil 5.8. Egalizatör konsantrasyonunun tekrarlanabilirlik üzerine etkisi

Tekrarlanabilirliğin kontrol edilmesi amacıyla boyanan partiler arasındaki ΔE değerleri spektrofotometreden elde edilmiştir. Şekil 5.8 ve Çizelge 4.4'te yer alan değerlere bakıldığında yapılan tekrarlar arasındaki renk farkının % 0,8 egalizatör kullanımı dışında $\Delta E=1$ değerini aşmadığı görülmektedir. Renk koyuluğu (K/S) değerleri incelendiğinde ise en yüksek değerlerin % 0,6 egalizatör konsantrasyonu kullanımında elde edildiği ve bu değerden sonra egalizatör kullanımının artması ile renk koyuluğu değerinin azaldığı görülmektedir.



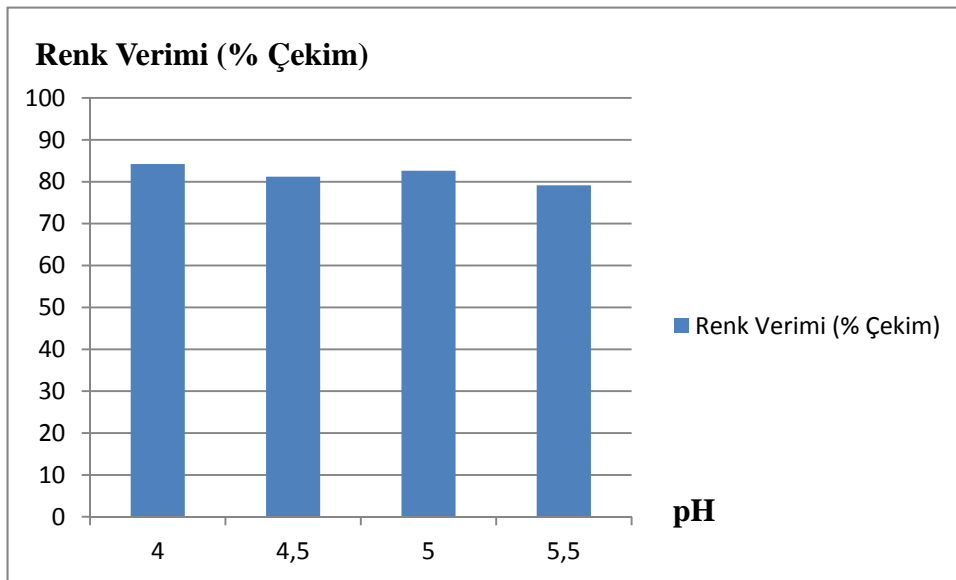
Şekil 5.9. Egalizatör konsantrasyonlarına ait K/S değerleri

Farklı egalizatör konsantrasyonlarında yapılan boyamalara ait K/S Şekil 5.9 incelendiğinde genel olarak K/S değerlerinin birbirlerine yakın olduğu, % 0,6 konsantrasyona ait olan K/S değerinin diğerlerinden bir miktar yüksek olduğu görülmektedir.

Egalizatör konsantrasyonunun boyama üzerine etkisi üzerine alınan tüm sonuçların birlikte değerlendirilmesi ile % 0,6 konsantrasyonun en uygun konsantrasyon olacağı sonucuna varılmış ve sonraki bölümlerde bu konsantrasyon ile çalışmaya devam edilmiştir.

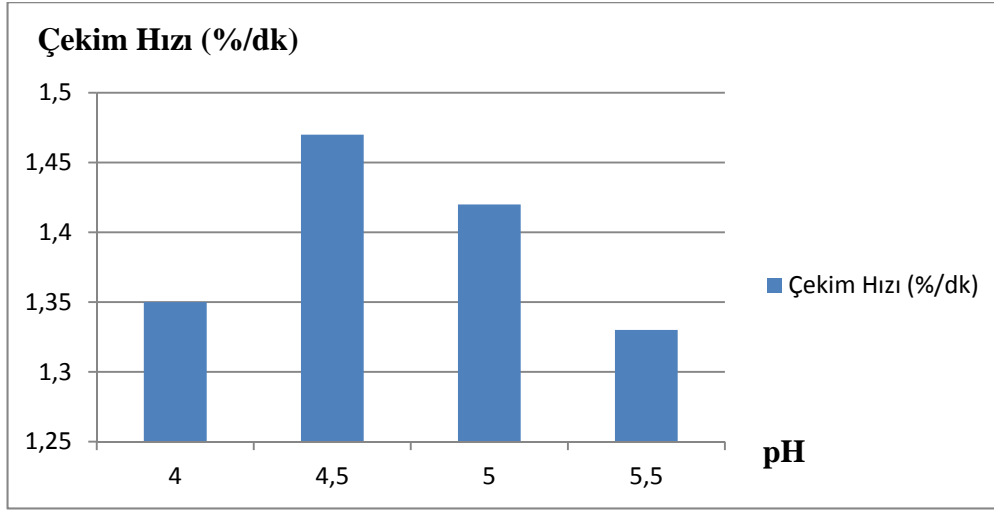
5.1.3. Uygun pH Değerinin Belirlenmesi İçin Yapılan Boyama İşlemlerine Ait Sonuçların Değerlendirilmesi

Uygun egalizatör ve egalizatör konsantrasyon seçiminin ardından boyama işlemleri için uygun olan pH aralığının tespit edilmesi amacıyla pH 4, pH 4,5, pH 5 ve pH 5,5 olmak üzere 4 farklı pH’ta laboratuvar ortamında boyama işlemleri gerçekleştirilmiş ve yapılan boyama işlemlerine ait gerçek zamanlı analiz verileri ve renk ile ilgili veriler değerlendirilmiştir.



Şekil 5.10. pH’ın boyarmadde çekimine (%) etkisi

pH'in % çekim değerine olan etkisini gösteren grafik incelendiğinde pH 4, pH 4,5 ve pH 5'te yapılan çalışmalara ait % çekim değerlerinin birbirlerine yakın, fakat pH yükseldikçe hafif bir düşüş trendi olduğu görülmektedir. pH 4 değerinde % çekimin en yüksek değerinde, pH 5,5' te ise en düşük değerinde olduğu ve % 80'i aşmadığı ortaya çıkmıştır.



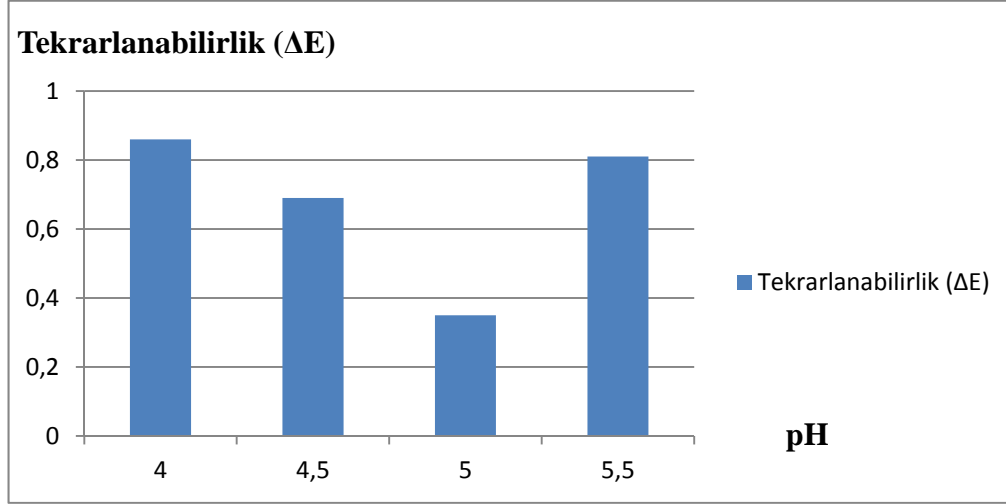
Şekil 5.11. pH'ın çekim hızına etkisi

Farklı pH aralıklarında çalışılan proseslerdeki çekim hızı değerlerine bakıldığında pH 4, pH 5 ve pH 5,5 aralıklarında çekim hızlarının düşük olduğu görülmektedir. pH 4,5'te ise çekim hızının diğerlerinden daha fazla olduğu görülmektedir. Ancak, aradaki farklar çok küçük olup sonuca etki edecek seviyede değildir.

Uygun pH aralığının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışma sonucunda elde edilen değerlerden biri olan kritik sıcaklık bölgesi çalışma yapılan pH değerlerinde birbirlerine yakın sonuçlar vermişlerdir. Buna göre kritik sıcaklık bölgesi 100-130 °C civarındadır. Trikromi uyumluluğu ele alındığında ise pH 4,5 dışındaki pH değerlerinde yapılan boyamalarda % 95'in üzerindedir.

Farklı pH değerinde elde edilen renk farkı değerlerine bakıldığında, bobinler üzerinde herhangi bir abraj görülmemiş ve bobinin dış-iç, dış-orta kısımlarından sarılan ipliklere ait renk farkı değerleri de bunu doğrulamıştır. Farklı pH'lara ait tekrarlanabilirlik

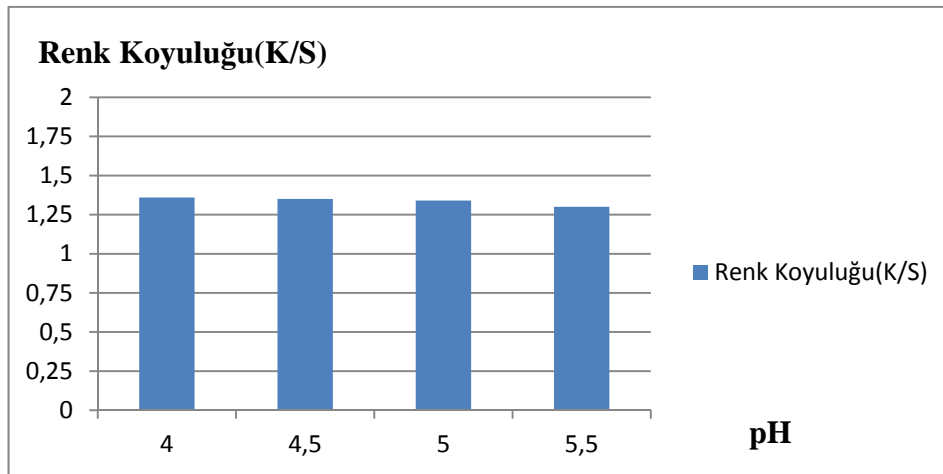
değerleri de spektrofotometrede okutulan değerler göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeye ait grafik aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.12. pH' ın tekrarlanabilirlik üzerine etkisi

Tekrarlanabilirliğin kontrol edilmesi amacıyla elde edilen ΔE değerlerine ait grafikte görüldüğü gibi ΔE değerleri renk farkı sınırı kabul edilen $\Delta E=1$ değerini aşmamıştır. Bu duruma bağlı olarak tekrarlanabilirlik açısından bir sorun olmadığı görülmüştür. Ancak, en iyi sonuçların pH 5'te alındığı da açıkça görülmektedir.

Farklı pH değerlerinde yapılan boyama işlemleri sonucunda boyanan bobinlere ait K/S değerleri aşağıda verilmiştir.

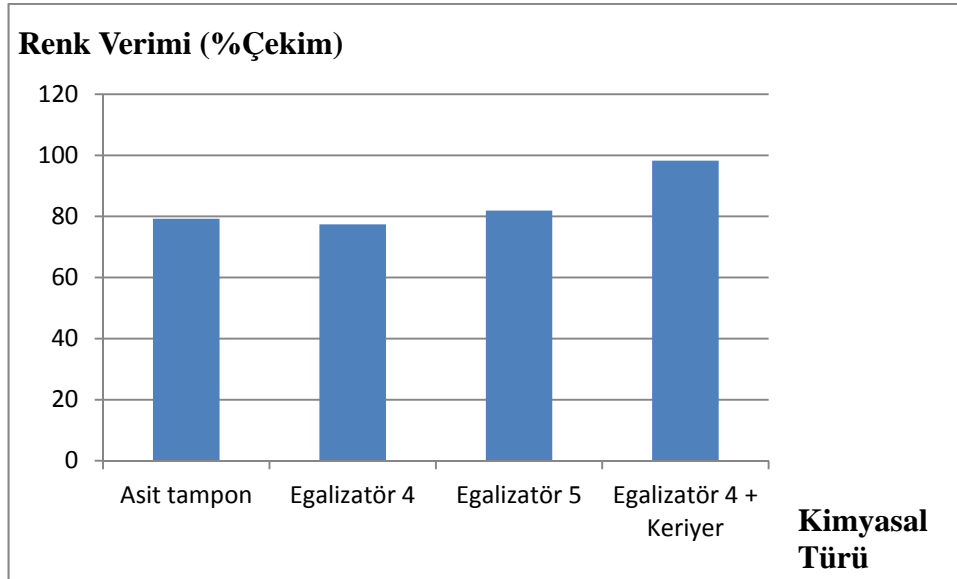


Şekil 5.13. Farklı pH'larda çalışılan boyama proseslerine ait K/S değerleri

Farklı pH değerlerinde gerçekleştirilen boyama işlemlerine ait Şekil 5.13 ve Çizelge 4.6 incelendiğinde genel olarak K/S değerlerinin birbirlerine yakın olduğu, pH 5,5'a ait olan K/S değerinin diğerlerinden bir miktar düşük olduğu görülmektedir. Buradan pH'nın daha fazla yükselmesiyle renk koyuluğunda bir azalmanın meydana geleceği sonucunun çıkarılabileceği düşünülmüştür.

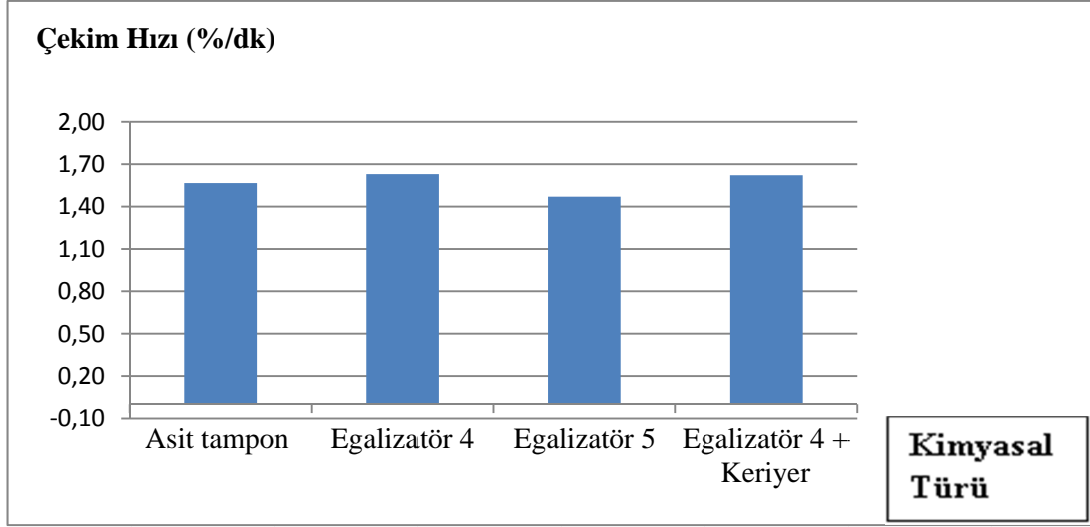
5.1.4. Keriye ve Egalizatör Etkisinin Karşılaştırılması Amacıyla Laboratuvarında Yapılan Çalışmaların Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Uygun egalizatör türü, egalizatör konsantrasyonu ve pH üzerine yapılan çalışmaların ardından, boyama banyosuna keriye ilavesinin etkisinin görülmesi ve keriye-egalizatör etkisinin karşılaştırılması amacıyla gerçekleştirilen çalışmalara ait sonuçlar Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8'de görülmektedir. Sonuçlara ait grafikler ise aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.14. Keriye ve egalizatör kullanımının % çekime etkisi

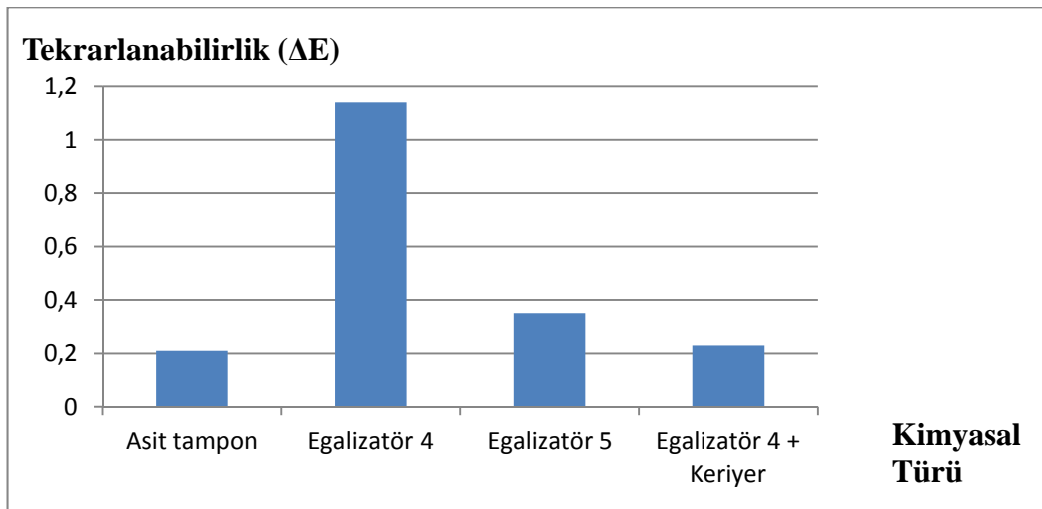
Keriye ve egalizatörün boyama üzerindeki etkisinin araştırılması amacıyla yapılan çalışma sonucunda elde edilen renk verimi değerlerine bakıldığında sadece asit tampon kullanıldığında renk veriminin düşük olduğu egalizatör ile birlikte keriye kullanıldığında ise renk verimi değerinin oldukça yükseldiği görülmektedir. Buradan keriye renk verimini (boyarmadde çekimini) arttırdığı açıkça görülmektedir.



Şekil 5.15. Keriye ve egalizatör kullanımının çekim hızına etkisi

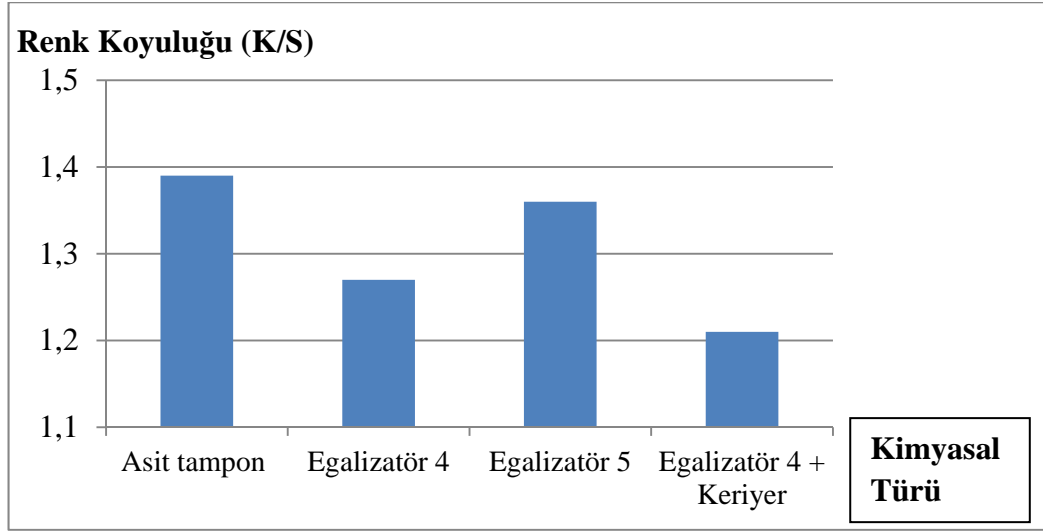
Şekil 5.15 incelendiğinde Egalizatör 4 ve keriye kullanılan boyama işlemi ile sadece Egalizatör 4 kullanılan boyama işlemi karşılaştırıldığında toplam çekim hızında belirgin bir artışın olduğu söylenemez. Ancak keriyein T kritikdeki çekimi arttırdığı görülmüştür. Bununla beraber, T kritikdeğişmemiş yine 110-130 °C aralığında kalmıştır. Keriye ilavesinin trikromi uyumluluğunu ise bir miktar arttırdığı görülmektedir.

Bobin üzerindeki renk farklarının kontrolü amacıyla elde edilen dış-orta, dış-iç renk farkı değerlerinin oldukça iyi olduğu görülmüştür.



Şekil 5.16. Keriye ve egalizatör kullanımının tekrarlanabilirlik üzerindeki etkisi

Şekil 5.16 incelendiğinde asit tampon, Egalizatör 5 ve Egalizatör 4 + Keriyeer kullanılan reçetelere ait renk farkı değerlerinin kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu ancak Egalizatör 4'e ait tekrarlanabilirlik değerinin sınırı aştığı görülmektedir. Dolayısıyla Egalizatör 4 ile birlikte kullanıldığında keriyeer ilavesinin tekrarlanabilirlik üzerine olumlu bir etkisi ortaya çıkmaktadır.



Şekil 5.17. Keriyeer ve egalizatör kullanımının K/S değeri üzerindeki etkisi

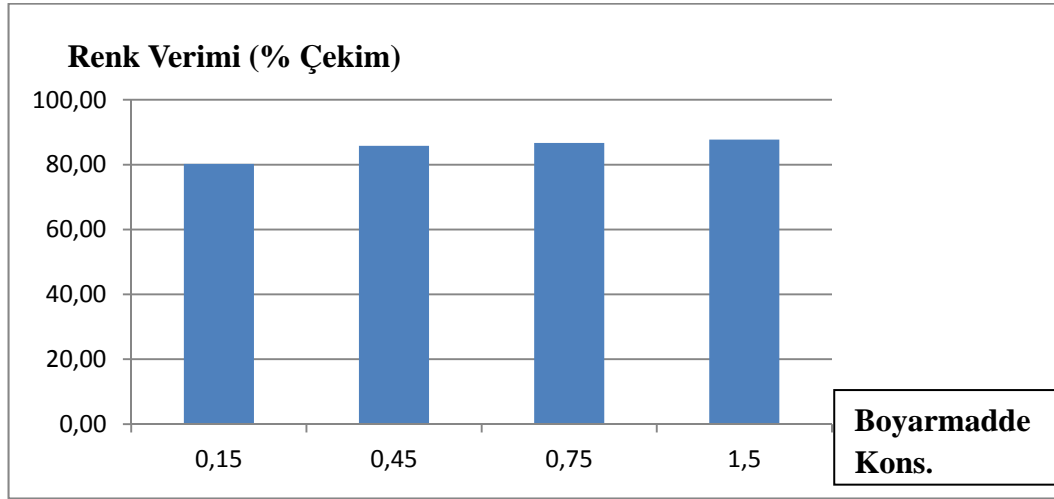
Egalizatör+Keriyeer kullanılan reçeteye ait olan K/S değeri sadece asit ile yapılan boyamaya ait değerden bile düşüktür. Bu durumda keriyeer kullanımının renk koyuluğunu azalttığı ancak boyarmadde çekim oranını arttırdığı düşünüldüğünde keriyeer boyarmaddeleri liflerin daha iç kısımlara taşıdığı ve lif yüzeyindeki boyarmaddenin daha az kaldığı düşünülmektedir. Egalizatör 5 ve asit tampon ile yapılan boyamalar sonucunda ise birbirine yakın K/S değerleri çıkmıştır.

Sonuç olarak, daha önceki çalışmalarda uygun egalizatör tipi olarak seçilen Egalizatör 5'in kullanılması durumunda -her ne kadar boyarmadde çekimi keriyeerli boyamaya göre bir miktar düşük kalsa da- Keriyeer+Egalizatör 4 kombinasyonuna benzer sonuçların alınabildiği dolayısıyla keriyeer kullanımına gerek kalmadığı ortaya çıkmaktadır.

5.1.5. Tasarlanan Optimize Proseslerle Laboratuvar ve İşletmede Yapılan Boyamalara Ait Sonuçlar

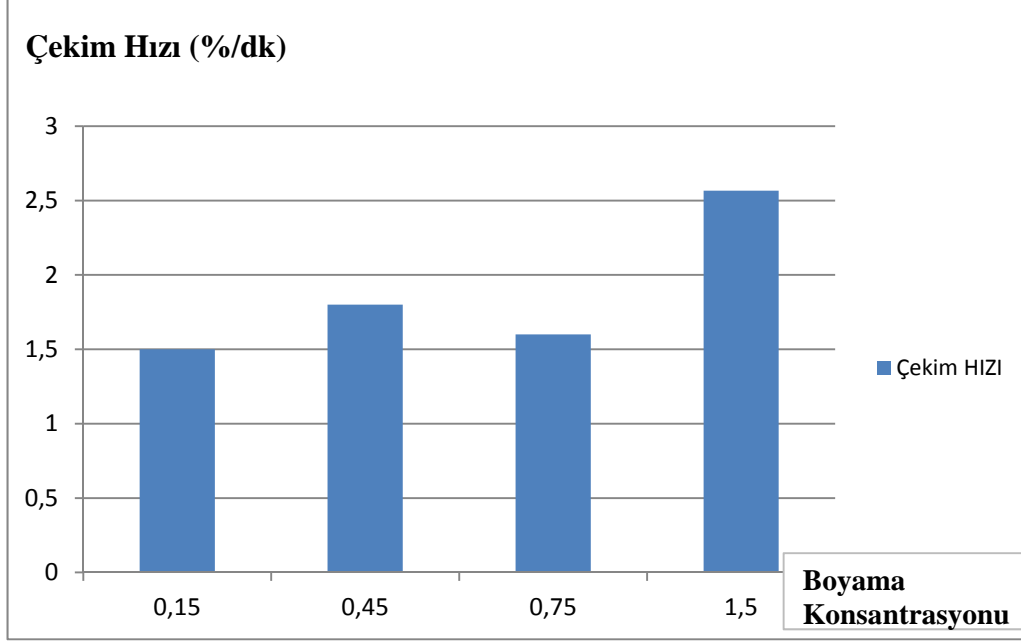
5.1.5.1. İplik 1 Üzerinde Laboratuvar Şartlarında Yapılan Boyamalara Ait Sonuçların Değerlendirilmesi

İplik 1 üzerinde laboratuvar şartlarında yapılan boyamalara ait gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz sonuçlarının yer aldığı Çizelge 4.9 ve Şekil 5.18 incelendiğinde boyarmadde konsantrasyonu arttığında renk veriminin arttığı görülmektedir.



Şekil 5.18. Laboratuvarda İplik 1 üzerinde farklı boyama konsantrasyonlarının boyarmadde çekimi üzerine etkisi

Boyarmadde konsantrasyonunun çekim hızına etkisi incelendiğinde; % 0,75'lik konsantrasyon bir istisna olmak üzere konsantrasyon arttıkça % 1,5'lik konsantrasyona kadar boyarmadde çekim hızının da arttığı görülmektedir. % 0,75'lik boyama konsantrasyonunun artış trendine uymamasının zaman zaman gerçek zamanlı analiz sisteminden kaynaklanan sorunlarla ilgili olabileceği düşünülmektedir.

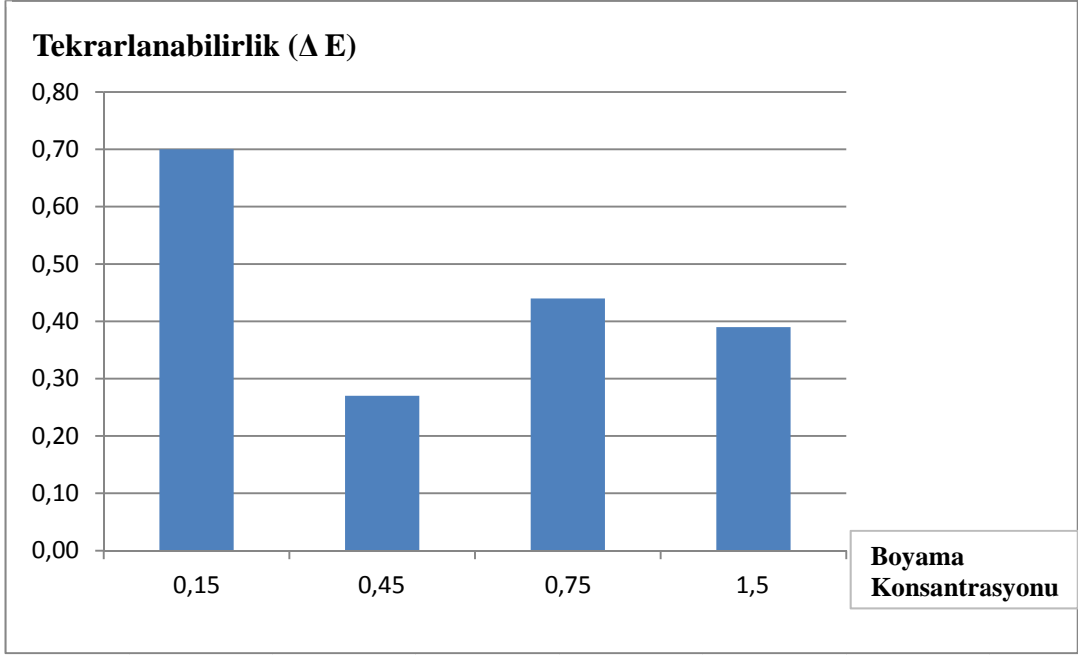


Şekil 5.19. Laboratuvarda İplik 1 üzerinde farklı boyama konsantrasyonlarının boyarmadde çekim hızına etkisi

İplik 1 üzerinde laboratuvar şartlarında yapılan boyamalara aiT kritiksıcaklık bölgesine bakıldığında (Çizelge 4.9) konsantrasyonun kritik sıcaklık bölgesi üzerinde etkisinin olmadığı görülmektedir.

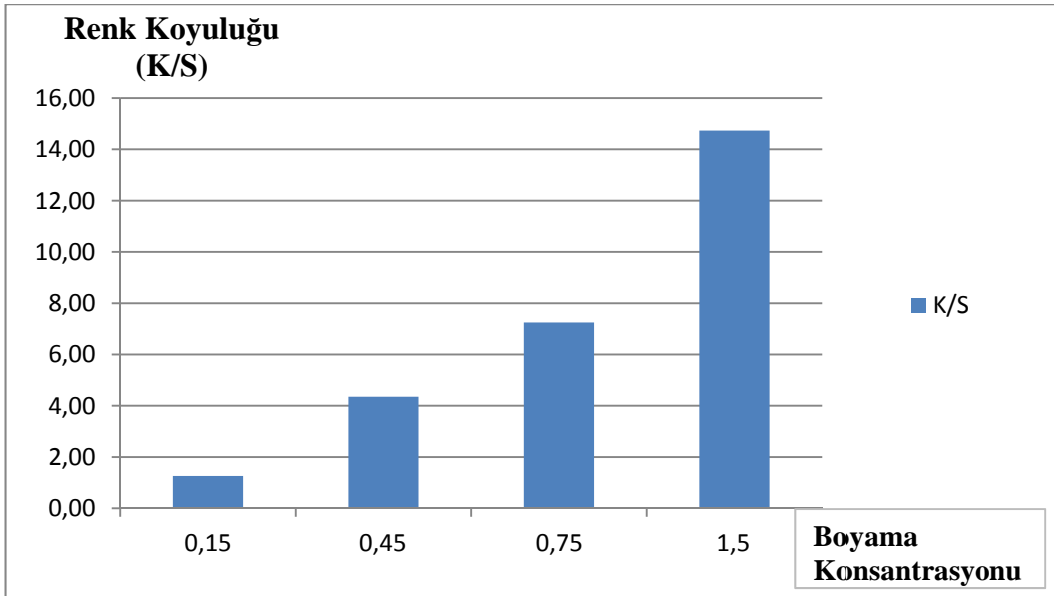
Tri-kromi uyumluluğu açısından ele alındığında ise boyarmadde konsantrasyonu yüksek değerlere doğru arttıkça tri-kromi uyumluluğunda bir azalma meydana gelmiştir. Burada % 1,5 lik boyamada tri-kromi uyumluluğu % 93'e kadar düşmüştür.

Laboratuvar ortamında İplik 1 ile farklı boyama konsantrasyonlarında yapılan boyamalardan alınan bobinlerin dış-iç, dış-orta renk farklarının sınır değerleri içinde olduğu ancak konsantrasyon arttıkça dış-iç ve dış-orta arasındaki farkın arttığı görülmektedir. Boyamalar arası tekrarlanabilirliğe ait sonuçlara bakıldığında ise istenildiği gibi renk farklarının $\Delta E=1$ sınır değerinden düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 5.20. Laboratuvarda İplik 1 üzerinde farklı boyama konsantrasyonlarının tekrarlanabilirlik

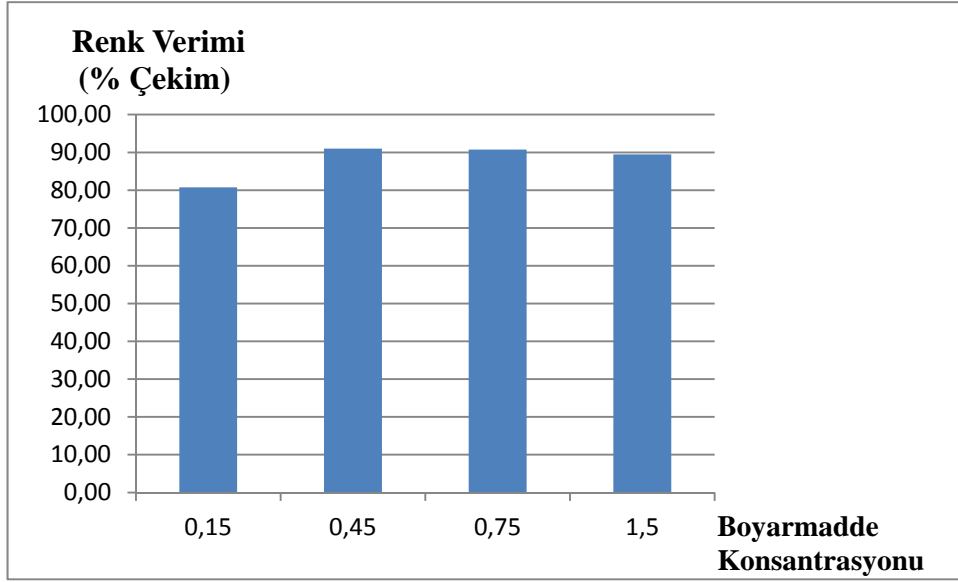
Laboratuvar ortamında İplik 1 kullanılarak yapılan farklı boyama konsantrasyonlarının K/S değerleri de ölçülmüş ve beklenildiği gibi renk koyuluğu konsantrasyon artışı ile orantılı şekilde artmıştır.



Şekil 5.21. Laboratuvarda İplik 1 üzerinde farklı boyama konsantrasyonlarının K/S değerleri üzerindeki etkisi

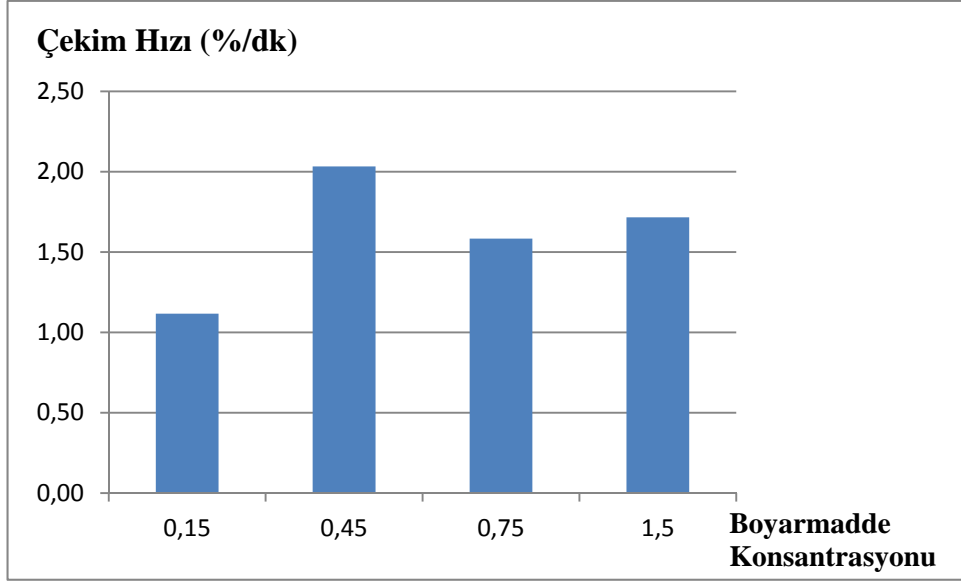
5.1.5.2. İplik 1 Üzerinde İşletme Şartlarında Yapılan Boyamalara Ait Sonuçların Değerlendirilmesi

İşletme şartlarında iplik 1 üzerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde boyarmadde konsantrasyonu arttığında renk veriminin de % 10'a yakın bir artış olduğu görülmektedir. Laboratuvarda yapılan boyama işlemleri ile renk verimi açısından kıyaslandığında işletme şartlarında gerçekleştirilen boyamalara ait olan renk verimi değerleri laboratuvar şartlarında gerçekleştirilen değerlerden daha yüksektir. Bunun iki makinenin farklı dinamik çalışma şartlarından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.



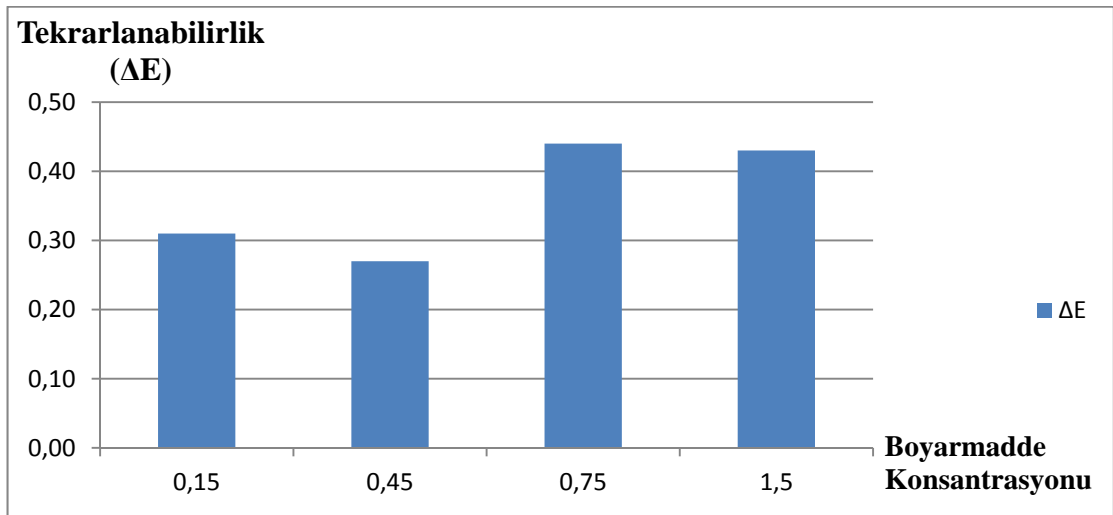
Şekil. 5.22. İşletmede İplik 1 üzerinde farklı boyama konsantrasyonlarının boyarmadde çekimi üzerine etkisi

İşletmede İplik 1 kullanımında farklı boyama konsantrasyonlarının boyarmadde çekim hızına etkisine ait grafik incelendiğinde % 0,15'lik boyamaya ait çekim hızının oldukça düşük olduğu ve laboratuvarda yapılan çalışmalarda bu hızın daha yüksek olduğu görülmektedir. Diğer boyama konsantrasyonlarında ise laboratuvar şartlarında yapılan çalışmalarla paralel değerlerde oldukları görülmektedir.



Şekil 5.23. İşletmede İplik 1 üzerinde farklı boyama konsantrasyonlarının boyarmadde çekim hızına etkisi

İşletmede yapılan çalışmalara ait sonuçların yer aldığı Çizelge 4.11 üzerindeki kritik sıcaklık bölgesi değerlerine bakıldığında sıcaklık aralığının 90-130 °C aralığına düştüğü görülmektedir. Yapılan çalışmalardaki trikromi uyumluluğuna bakıldığında ise % 0,15'lik ve % 1,5'lik boyamalarda % 95 değerinde; diğer iki konsantrasyonda ise % 98 değerinde olduğu görülmektedir. Bu durum işletme şartlarında trikromi uyumluluğunun da daha yüksek olduğunun göstermektedir.

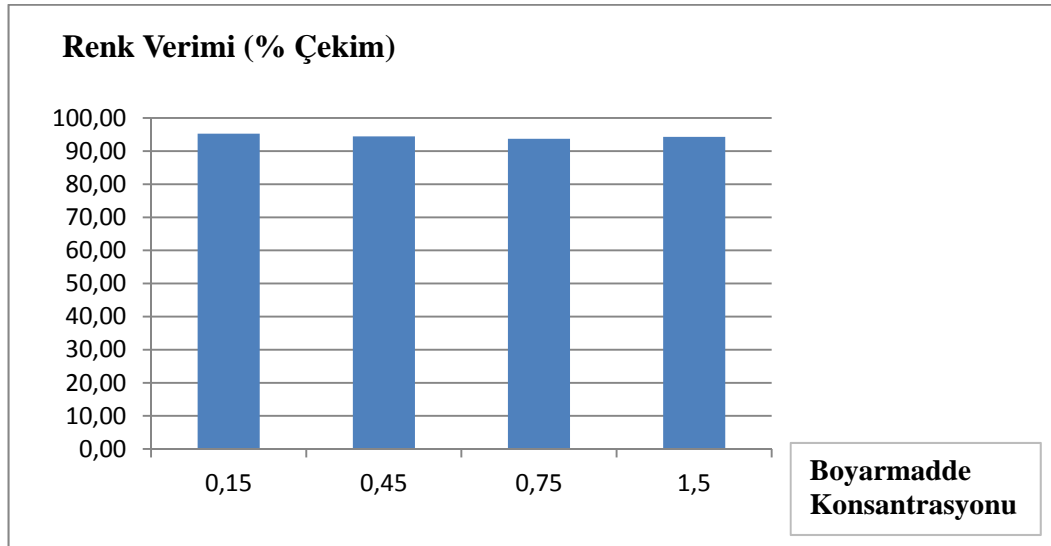


Şekil 5.24. İşletmede İplik 1 üzerinde farklı boyama konsantrasyonlarının tekrarlanabilirliğe etkisi

Farklı boyama konsantrasyonlarına ait bobin üzerindeki renk farkı değerleri incelendiğinde (Şekil 5.24), ΔE değerlerinin tüm konsantrasyonlarda 0,5'i bile aşmadığı; bobinler içerisinde oldukça düzgün bir renk dağılımına sahip oldukları görülmüştür. Bu sonuçlar laboratuvar sonuçları ile karşılaştırıldığında, tekrarlanabilirliğin işletme şartlarında daha yüksek olduğu görülmektedir.

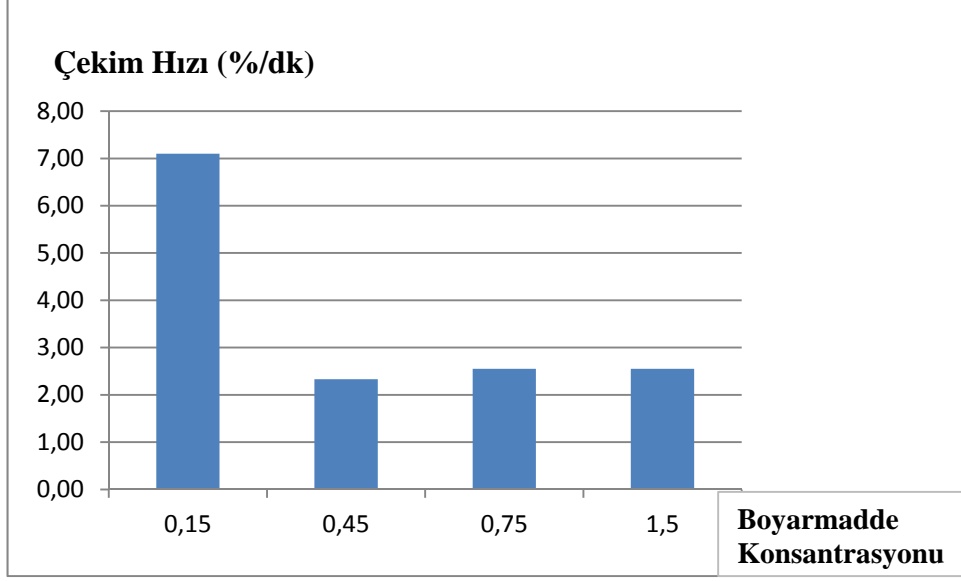
5.1.5.3. İplik 2 Üzerinde Laboratuvar Şartlarında Yapılan Boyamalara Ait Sonuçların Değerlendirilmesi

Seçilen İplik 2 (mikrolif iplik) üzerinde laboratuvarda yapılan çalışmalara ait sonuçlar Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14'te verilmiş olup ilgili grafikler aşağıdadır.



Şekil 5.25. Laboratuvarda İplik 2 üzerinde farklı boyama konsantrasyonlarının boyarmadde çekimi üzerine etkisi

İplik 2 ile laboratuvarda yapılan farklı boyama konsantrasyonlarına ait grafik incelendiğinde boyarmadde çekimlerinin oldukça yüksek (% 95 civarında) ve birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir. Standart liflerden oluşan tekstüre polyestere (İplik 1) göre oldukça yüksek çekim değerleri, mikroliflerin kısmen daha yüksek olan amorf bölge oranından kaynaklandığı sanılmaktadır.



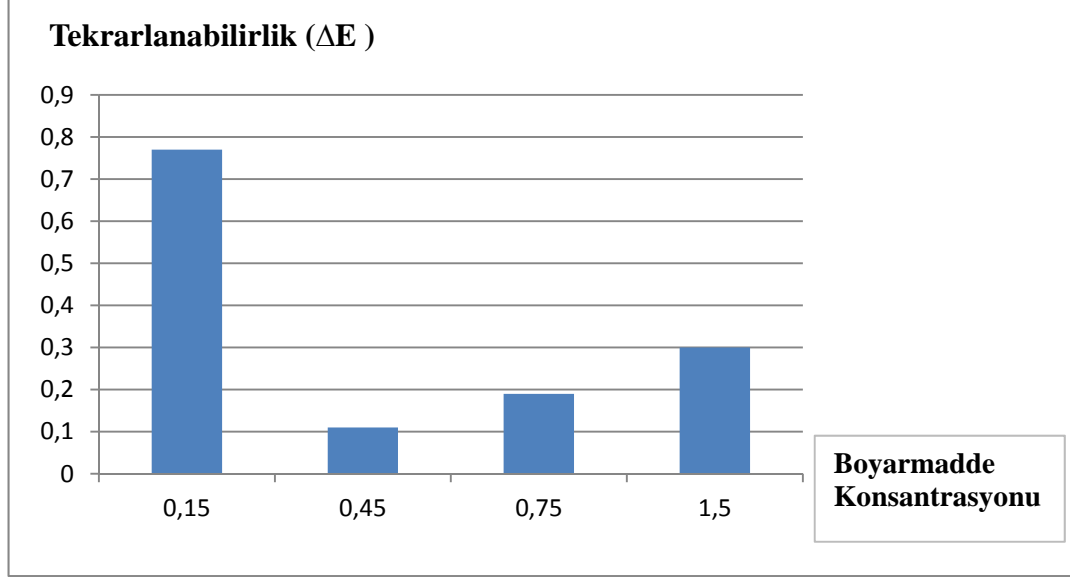
Şekil 5.26. Laboratuvarda İplik 2 üzerinde farklı boyama konsantrasyonlarının boyarmadde çekim hızı üzerine etkisi

Şekil 5.26'daki sonuçlardan, en düşük konsantrasyon olan % 0,15'lik boyamada çekim hızının son derece yüksek değerler aldığı ve düzgün boyama açısından tehlikeli seviyelere ulaştığı görülmektedir. İpliğin bir mikro lif iplik olması ve boyama yüzdesinin düşük olmasından dolayı boyarmadde çok hızlı şekilde çekilmektedir. Bu sonuç mikrolif ipliklerin çok açık renklere boyanmasında boya çekim hızının düşürülmesine özel bir önem verilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Diğer konsantrasyonda yapılan boyamalara ait çekim hızları -iplik 1'e göre bir miktar yüksek olmakla beraber- yaklaşık birbirlerine yakın ve aynı seviyededirler.

İplik 2 ile yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen kritik sıcaklık bölgesi bu seri çalışmalarda 68-100 °C aralığına düşmektedir. Mikrolif iplikler için optimizasyonda elde edilen bu değerler dikkate alınmıştır. Trikromi uyumluluğuna bakıldığında ise sadece % 1,5'lik boyamaya ait değer % 96 diğerlerini % 99 olduğu görülmektedir.

Laboratuvar şartlarında İplik 2 üzerinde yapılan boyamalar sonucunda elde edilen bobin üzerindeki renk farkı değerleri istenilen sınırlar içerisinde olup bobin üzerinde herhangi bir renk farkına rastlanmamıştır. Farklı konsantrasyonlarda yapılan tekrarlara ait renk farkı değerlerine ait Şekil 5.27 incelendiğinde istenilen değerler içinde kaldığı ancak en düşük konsantrasyon olan %0,15'lik boyamada renk farkının sınır değere yaklaştığı

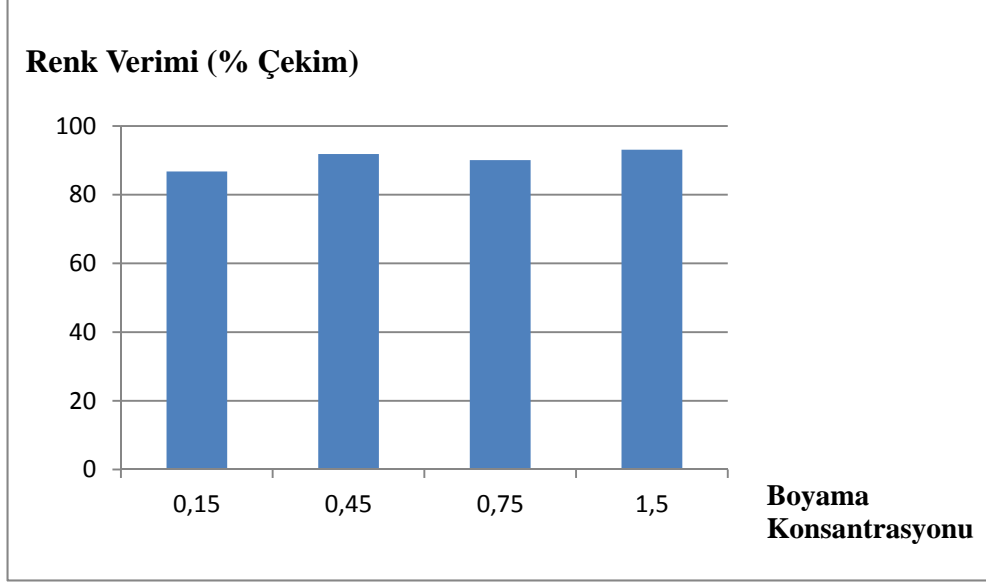
görülmektedir. Bu sonuç da mikroliflerin açık tonlara boyanmasında daha dikkatli olunması gerektiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 5.27. Laboratuvarda İplik 2 üzerinde farklı boyama konsantrasyonlarının tekrarlanabilirliğe etkisi

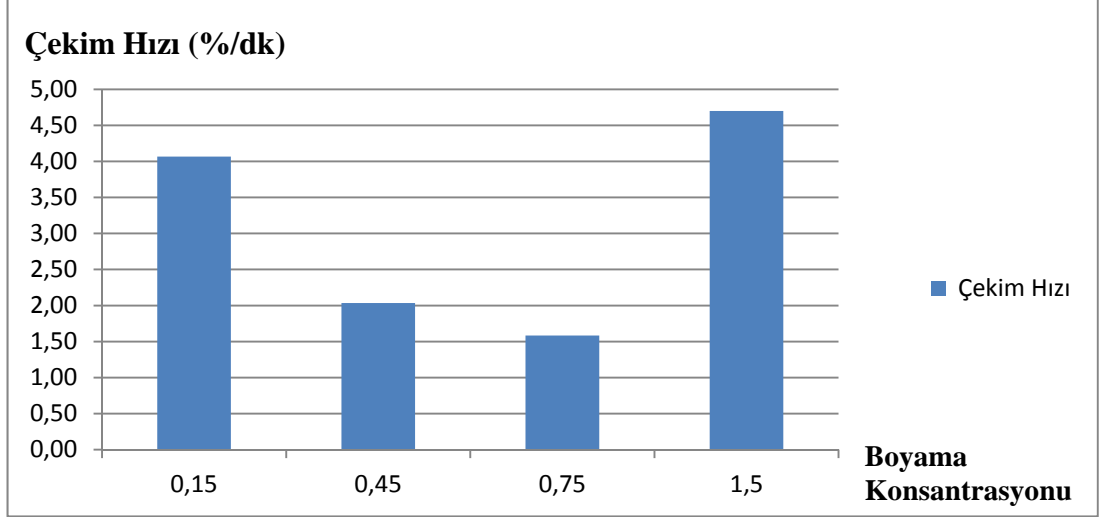
5.1.5.4. İplik 2 Üzerinde İşletme Şartlarında Yapılan Boyamalara Ait Sonuçların Değerlendirilmesi

İşletme şartlarında İplik 2 üzerinde yapılan çalışmalara ait sonuçlar Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16'da verilmiştir. Sonuçlarda genel olarak renk verimi değerlerinin konsantrasyona bağlı olarak hafif bir artış gösterdiği görülmektedir. Laboratuvar şartlarında İplik 2 kullanılarak yapılan çalışmalarla işletme şartlarında aynı iplikle yapılan çalışmalar kıyaslandığında işletme şartlarındaki renk verimleri laboratuvar şartlarındaki değerlere göre bir miktar düşüktür.



Şekil 5.28. İşletmede İplik 2 kullanımında farklı boyama konsantrasyonlarının boyarmadde çekimi üzerine etkisi

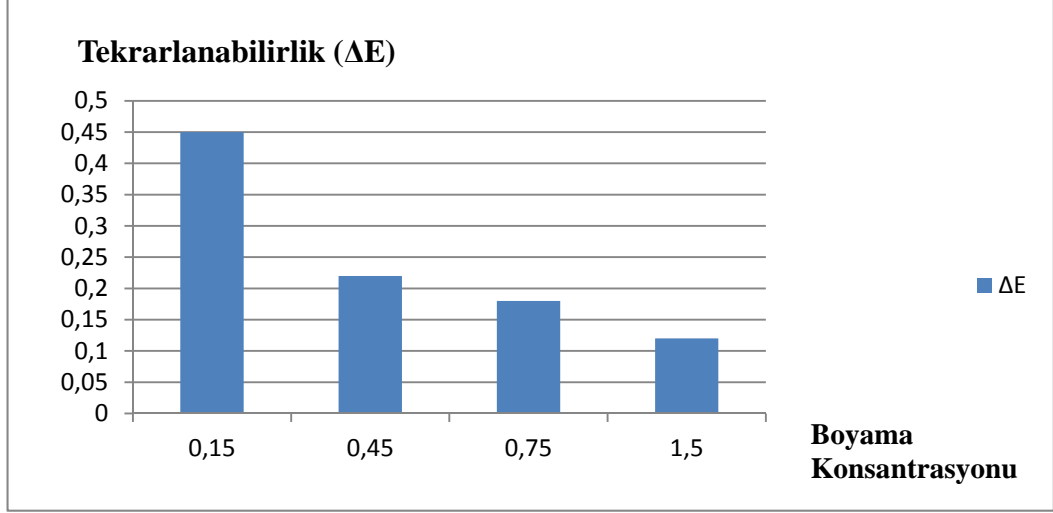
Boyarmaddelerin çekim hızları incelendiğinde işletme şartlarında farklı boyama konsantrasyonlarında yapılan çalışmalarda boyarmadde çekim hızı çok değişken bir grafik göstermiştir. % 1,5 ve % 0,15'lik boyamalara ait çekim hızları oldukça yüksektir. % 0,15'lik boyamaya ait olan çekim hızı değerini yüksek olması anlaşılabilir bir durumdur banyoda bulunan boyarmadde miktarının azlığından ve mikro liflerin yüzey alanlarının çok fazla olmasından dolayı lifler içine boyarmadde çok hızlı bir şekilde çekilmektedir.



Şekil 5.29. İşletmede İplik 2 üzerinde farklı boyama konsantrasyonlarının boyarmadde çekim hızına etkisi

İplik 2'nin işletme şartlarında farklı boyama konsantrasyonlarında boyanmasıyla elde edilen verilerden biri olan kritik sıcaklık değer aralığı incelendiğinde laboratuvarda alınan sonuçlara çok yakın sonuçlar elde edilmiştir. Kritik sıcaklık aralığı İplik 2 için işletme şartlarında 70- 113 °C aralığındadır.

Elde edilen boyamalara ait bobin için renk farklılığı değerlerine bakıldığında herhangi bir renk farkı söz konusu olmamış ve renk farklılığı değerleri istenen sınırlar içinde yer almıştır. Tekrarlanabilirlik değerlerine bakıldığında ise yine laboratuvarda elde edilen sonuçlara yakın değerler elde edilmiş ve en düşük konsantrasyon olan % 0,15'lik boyamaya ait renk farkı değeri en yüksek çıkmıştır.



Şekil 5.30 İşletmede İplik 2 kullanımında farklı boyama konsantrasyonlarının tekrarlanabilirliği

5. 2. Genel Sonuçlar

Gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz teknolojisi yardımı ile dispers boyama proseslerinin optimizasyonu üzerine yapılan bu çalışmada, öncelikle kullanılan kimyasalların ve pH değerinin boyama prosesleri üzerine etkisi incelenerek uygun egalizatör cinsi ve konsantrasyonu ile uygun pH değerine karar verilmiştir. Bu denemeler sırasında bir yandan da seçilen trikromi boyalarının birbirleriyle uyumluluğu da test edilmiştir. Yapılan bu ön çalışmalarda elde edilen boyarmadde çekim bilgilerine (T kritikvb.) dayanılarak iki farklı proses tasarlanmıştır. Bu tasarımda mevcut duruma göre daha kısa işlem süreleri ve daha düşük pompa güçlerinin kullanımı da dikkate alınarak daha ekonomik ve ekolojik proseslerin iki farklı proses oluşturulmuştur. Laboratuvar ve işletme bazında yapılan sonuçlarda elde edilen genel sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Çalışmada kullanılan trikrominin sarı ve kırmızı ayağını oluşturan boyarmaddelerin birbirleriyle çok iyi uyum gösterdikleri; buna karşılık mavi boyanın özellikle çekimin hızlandığı ilk aşamalarda diğer boyarmaddelerle iyi uyum göstermediği ortaya çıkmıştır. Bu durumun mavi boyarmaddenin diğerlerine göre daha büyük moleküllu bir dispers boyarmadde olduğu sonucuna varılmıştır.

- Dispers boyamada kullanılan egalizatörlerin boyama üzerine etkilerinin, renk verimi (% çekim), çekim hızı, T kritiksıcaklığı, trikromi uyumluluğu, bobin üzerinde renk farkı, boyanan tekrarlar arasında tekrarlanabilirlik (ΔE) ve renk koyuluğu (K/S) değerleri göz önüne alınarak değerlendirildiğinde mevcut egalize maddesinin uygun olmadığı ortaya çıkmıştır. Çalışmada kullanılan 5 numaralı egalizatörün deneme şartları için en uygun olduğu ortaya çıkmıştır.
- Keriyer kullanımı ile beklendiği gibi boyarmadde çekim oranının arttığı; ancak bilinenin aksine mamul üzerindeki renk koyuluğunun artmadığı, hatta bir miktar daha açık renkler alındığı görülmüştür. Ayrıca, egalizatör+keriyer kombinasyonu ile elde edilen sonuçların uygun egalizatörleri tek başına kullanmak suretiyle de elde edilebileceği ortaya çıkmıştır.
- Çalışma şartlarında ve seçilen egalizatör ile %0,4'ün altında yeterli etkinin sağlanamadığı; ancak %0,6'dan fazla kullanmanın da boyarmadde çekim hızını ve renk koyuluğunu fazla düşürmek gibi olumsuz etkileri olduğu görülmüştür.
- Boyama banyosunun pH değerinin çekim hızı, tekrarlanabilirlik, bobin içerisindeki renk farklılıkları ve iplik üzerindeki rengin koyuluğu üzerine etkisi açısından pH 4-5 arasında olması uygun çıkmıştır. pH 5,5'le birlikte %çekim ve K/S değerlerinde bir düşme trendi başlamıştır.
- Aynı marka bile olsa numune ve üretim tipi bobin boyama makinelerinde uygulanan aynı proseste ciddi renk farkları doğabilmektedir. Bunun her iki makinenin boyanan mamul miktarına göre özgül akış oranlarının farklı olmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir.
- Tekstüre gibi boyanması kolay iplik kalitelerini özellikle boya çekiminin kritik olmayan aşamalarında oldukça düşük pompa güçleri ile düzgün şekilde boyamak mümkündür ve bu yolla önemli enerji tasarrufları sağlanabilmektedir.
- Standart liflerden yapılan tekstüre polyester ipliklerde kritik çekim sıcaklığının başlangıcı genellikle bilinenlerle uyumlu olarak 95-100 °C civarında olduğu halde, mikrolif polyester ipliklerde bu sıcaklık 70 °C civarında çıkmaktadır.

- Her ne kadar gerçek zamanlı spektrofotometrik analiz teknolojisi proses optimizasyonu açısından faydalanılabilecek bir araç olsa da sistemin tekrarlanabilirlik, hassasiyet, konsantrasyon sınırı vb. bazı sorunları vardır ve sistemin verimli kullanılması iyi yetişmiş insan faktörüne çok bağımlıdır.

KAYNAKLAR

Alkara, Ş. 2006. Azobisizobütironitril başlatıcısı ile poli(etilen teraftalat) liflere metakrilamidin aşılınması. *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Ankara.

Altınışık, M. 2008. Laboratuvarında Ölçümler Ve Analiz Yöntemleri, Spektrofotometri Ders Notları. Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyokimya Anabilim Dalı, Aydın.

Anonim, 2010. Smart Liquor Spectrophotometric analysis of the dye bath. http://www.mathisag.com/EN/product_detail.php?txtProductID=124060-(Erişim Tarihi: 08.09.2010).

Anonim, 2012. Datacolor remission spectrophotometer Spectraflash SF 600 PLUS CT. <http://www.ttf.unizg.hr/index.php?str=52&labos=2&lang=en>-(Erişim Tarihi: 01.07.2012).

Anonim, 2011. Renk Ölçme Cihazları. http://www.uekae.tubitak.gov.tr/uekae_content_files/optoelek_dosyalar/renk_algilama_sis_katalog.pdf-(Erişim Tarihi: 16.03.2011).

Anonim, 2012. Polyester <http://textileinformation.blogspot.com/2009/05/polyester.html>-(Erişim Tarihi: 05.06.2012).

Anonim, 2012. Material carrier. http://www.thiestextilmaschinen.com/117/Textile_Machines/Yarn_Dyeing/Material_Carrier.html-(Erişim Tarihi:10.06.2012).

Anonim,2012. Polyester. <http://web.utk.edu/~mse/Textiles/Polyester%20fiber.htm>, <http://www.fibersource.com/f-tutor/polyester.html>-(Erişim Tarihi:13.06.2012).

Anonim, 2012. Polyester fibers. <http://web.utk.edu/~mse/Textiles/Polyester%20fiber.html>-(Erişim Tarihi:13.06.2012).

Anonim, 2012. Package Dyeing. http://www.devtaraindustries.in/dyeing_printing.html (Erişim Tarihi: 06.07.2012)

Anonim, 2012. Yarn dyeing. <http://www.nosedal893.it/default.asp?page=presentazione> -(Erişim Tarihi: 06.07.2012).

Anonim, 2012. Thies unveils hank dyeing machine for specialty and premium yarns. http://www.textileworld.com/Articles/2011/August/Thies_Unveils_Hank_Dyeing_Machine_For_Specialty_And_Premium_Yarns.html-(Erişim Tarihi: 06.07.2012).

Anonim, 2012. High temperature dyeing machines. <http://dyeingworld1.blogspot.com/2010/01/hthp-package-dyeing-machines.html>-(Erişim Tarihi: 08.07.2012).

Anonim, 2012. Dyeing tube & cone <http://www.plastic-bobbins.com/dyeing-tube.html>-(Erişim Tarihi: 10.07.2012).

Anonim, 2012. Dyespring metal dyeing cones. http://www.supplierlist.com/product_view/nbtianmen/96065/101212/Dye_SpringsDye_TubesDye_ConeDyespring.html-(Erişim Tarihi: 10.07.2012).

Aspland, J.R. 1992. Disperse Dyes and Their Application to Polyester. *Textile Chemist and Colorist*, 24(12), 18- 23.

Becerir, B. 2006. Boyama Teknolojisi Ders Notları. Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bursa.

Beck, K.T., Jasper, W.J., McGregor, R., Lee, G.K., Smith, B. 1998. Real-Time Analysis and Control of Batch Dyeing Processes. National Textile Center Annual Report.

Bendak, A., El-Marsafi, S.M. 1991. Effects of Chemical Modifications on Polyester Fibres, *Journal of Islamic Academy of Sciences*, 4:4, 275-284.

Broadbent, A.D. 2001. Basic Principles of Textile Coloration. Society of Dyers and Colourists, Bradford, England, 579 pp.

Burkinshaw, S. M. 1995. Chemical Principles of Synthetic Fibre Dyeing. The University of Leeds, 223.

Cunningham, A.D. 1996. Identifying Critical Machinery and Dye Parameters or Successful Rapid Dyeing of Polyester. *Textile Chemist and Colorist*, 28(2), 23- 31.

Ferus Comelo, M. 2006. Transmission spectrofotometry for exhaust dyeing optimization. *Melliand English*, 1-2, pE13-E15.

Ferus Comelo, M. 2010. Mathis SmartLiquor Online Banyo İzleme ile İşlem Analizi. *Tekstil Teknoloji Dergisi*, 167:86-91.

Günay, M. 2011a. Boyahane Kalitesinde Gelişmeler. *Tekstil Teknoloji Dergisi*, 170: 99-104.

Günay, M. 2011b. Future of Dyehouse Quality Control with Introduction of Right First Time Dyeing Technologies: Textile Dyeing, Ed. Hauser, P.J., InTech, North Carolina, pp:119-155.

Hamprecht, R. 2002. Dye Classes For Principal Applications: Industrial Dyes Chemistry, Properties, Applications. Ed: Hunger, K., Willey VCH, Germany, pp:113-138.

Heetjans, J.H., Schomakers, P., Seiler, G., Tindall, R. 2005. A Handbook for the Yarn Dyer. Thies GmbH&Co. KG, Coesfeld, Germany, 162 pp.

Merritt, J.T., Beck, K.R., Smith, C.B., Hauser, P.J., Jasper, W.J. 2001. Determination of Indigo in Dyebaths by Flow Injection Analysis and Redox Titrations. *AATCC Rewiev*, Raleigh, p41-45.

Mock, G.N. 2002. Getting It Right The First Time. *Textile World*, 152(6), p.58-60.

Kanık, M. 2010. İplik Boyama Makineleri Ders Notları. Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bursa.

Karayannidis G.P., Achilias D.S. 2007. Chemical recycling of poly(ethyleneterephthalate). *Macromolecular Materials and Engineering*, 292(2):128-46.

Koh, J. 2011. Dyeing with Disperse Dyes: Textile Dyeing, Ed. Hauser, P.J., InTech, North Carolina, pp:195-220.

Nunn, D.M. 1979. The Dyeing of Synthetic-Polymer And Acetate Fibers. University of Bradford, Dyers Company Publications Trust, England, 358 pp.

Özdemir, H. 2002. Tekstil Terbiyesinde Bobin Boyamacılığı Uygulamada Karşılaşılan Problemler ve Çözüm Önerileri. *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

Santana Gopala Krishnan, P., Kulkarni, S.T. 2008. Polyester Resins: Polyesters and Poliamids, Ed: Deopura, B.L., Alagirusamy, R., Joshi,M., Guptas,B. Woodhead Publishing, Cambridge, England, pp: 3-35.

Silva, E. 2012. Recycled Polyester and Its Physical Properties. [http://ncsu.academia.edu/EdmirSilva/Papers/1190999/RECYCLED_POLYESTER_LITERATURE_REVIEW-\(Erişim Tarihi: 01.07.2012\).](http://ncsu.academia.edu/EdmirSilva/Papers/1190999/RECYCLED_POLYESTER_LITERATURE_REVIEW-(Erişim_Tarihi:_01.07.2012).)

Tortora, GP. 1978. Understanding Textiles. Macmillan, New York, 413 pp.

Uğur, Ş.S. 2004. Polyesterin dispers boyarmaddelerle boyanma yöntemlerinin karşılaştırılması *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.

Venkataraman, K. 1974. The Chemistry of Synthetic Dyes Volume VII, Physical Chemistry of Dyeing: Kinetics, Equilibrium, Dye-Fiber Affinity and Mechanisms. Academic Press Inc., New York, USA, 480 pp.

Vigo, T.L. 1994. Textile Processing And Properties; Preperation, Dyeing, Printing and Performance. Elsevier Science B. V. 882243, Netherlands, 479 pp.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Atike KÖKEN
Doğum Yeri ve Tarihi : Antalya/1986
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Antalya Karatay Lisesi (Y.D.A.)/2005
Lisans : Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği/2009

İletişim (e-posta) : atikekoken@gmail.com