

**DİSPERS BOYANMIŞ POLİESTER ÖRME
KUMAŞLARDA ARDIŞIK UYGULANAN FARKLI
HASLIK TESTLERİ SONUÇLARININ RENK
ÖLÇÜMLERİ İLE ARAŞTIRILMASI**

Pınar AÇAR



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DİSPERS BOYANMIŞ POLİESTER ÖRME KUMAŞLARDA ARDIŞIK
UYGULANAN FARKLI HASLIK TESTLERİ SONUÇLARININ RENK
ÖLÇÜMLERİ İLE ARAŞTIRILMASI**

Pınar AÇAR

Prof. Dr. Behçet BECERİR
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2022

TEZ ONAYI

Pınar AÇAR tarafından hazırlanan “Dispers Boyanmış Poliester Örme Kumaşlarda Ardışık Uygulanan Farklı Haslık Testleri Sonuçlarının Renk Ölçümleri ile Araştırılması” 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. Behçet Becerir

Başkan : Prof. Dr. Behçet Becerir

İmza

0000-0002-2655-2773

Bursa Uludağ Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye: Doç. Dr. Pınar Terzioğlu

İmza

0000-0003-4114-7044

Bursa Teknik Üniversitesi

Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi

Polimer Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye: Doç. Dr. Fatih Süvari

İmza

0000-0001-5708-7993

Bursa Uludağ Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof Dr. Hüseyin Aksel EREN

Enstitü Müdürü

../../....

Bilimsel Etik Bildirim Sayfası

B.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.

../../....

İmza

Pınar AÇAR

TEZ YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezin/raporun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma izni Bursa Uludağ Üniversitesi'ne aittir. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları ile tezin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları tarafımıza ait olacaktır. Tezde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığını ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederiz.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında, yönerge tarafından belirtilen kısıtlamalar olmadığı takdirde tezin YÖK Ulusal Tez Merkezi / B.U.Ü. Kütüphanesi Açık Erişim Sistemi ve üye olunan diğer veri tabanlarının (Proquest veri tabanı gibi) erişimine açılması uygun değildir.

Prof. Dr. Behçet Becerir

Pınar AÇAR

Tarih

Tarih

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DİSPERS BOYANMIŞ POLİESTER ÖRME KUMAŞLARDA ARDIŞIK UYGULANAN FARKLI HASLIK TESTLERİ SONUÇLARININ RENK ÖLÇÜMLERİ İLE ARAŞTIRILMASI

Pınar AÇAR

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Behçet BECERİR

Bu çalışmada aynı iplik cinsi ile örülen üç farklı gramajdaki poliester kumaşların dispers boyarmaddeler ile boyanması ve sonrasında uygulanan ardışık haslık testlerinin kumaşlar üzerinde meydana getirdiği renk değişimi araştırılmıştır.

Deneyisel çalışmada üç farklı molekül boyutunda olan dispers boyarmaddeler ile boyama parametreleri sabit tutulup her molekül boyutundaki boyarmadde için üç farklı konsantrasyon da boyama deneyleri yapılmıştır. Boyanan numunelere redüktif yıkama işlemi yapıp kendi halinde kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra kuruyan numunelerin ilk renk ölçümleri yapılmış ve bu ölçümler standart olarak kabul edilmiştir. Bu işlemleri takiben numunelere yıkama, ütöleme, ışık haslığı testleri farklı uygulama sırası ile ardışık olarak yapılmıştır. Haslık testlerinin ardından numunelerin tekrar renk değerleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar grafikler ile gösterilmiş ve poliester kumaşların farklı molekül boyutundaki dispers boyarmaddeler ile boyanmaları sonrasında uygulanan farklı haslık testlerinin renk değerlerini ne şekilde etkilediği incelenmiştir.

Çalışmaların sonucunda, boyanan numunelerin renk ve renk farkı özelliklerinin birim ağırlıklara bağlı değişiklik gösterdiği, renk değerleri üzerinde ışık haslığı testinin en belirgin etkiyi yaptığı görülmüştür. Küçük moleküllü boyarmaddenin haslık testlerinden en az etkilendiği ve ardışık haslık testi uygulamalarında en uygun boyarmadde olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Poliester boyama, dispers boyarmadde, renk ölçümü, renk farklılıkları, yıkama haslığı, ütöleme haslığı, ışık haslığı
2022, xi+137 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION OF THE RESULTS OF DIFFERENT FASTNESS TESTS APPLIED ON DISPERS DYEED POLIESTER KNITTED FABRICS IN DIFFERENT SEQUENCES BY COLOUR MEASUREMENTS

Pınar AÇAR

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Textile Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Behçet BECERİR

In this thesis research, polyester fabrics with different unit weights and knitted from the same yarn were dyed with disperse dyes. After dyeing different fastness tests were applied in different sequences and the resulting colour differences were investigated.

Dyeing experiments were performed with three disperse dyes of different molecular weights. Dyeings were performed at three dyeing concentrations. After reductive cleaning the dyed samples were dried and colour measurements were performed as the samples as taking them the colour standards. After that washfastness, hot-ironing and light fastness tests were applied in different sequences and the resultant. Colour coordinates were recorded after each test on the standard colour samples. The results were explained as colour values and colour differences.

The results showed that colour and colour difference properties of the dyed samples changed in connection with unit weights and disperse dyes properties light fastness tests made the most important impact on colour values.

Key words: Polyester dyeing, disperse dyestuff, color measurement, color differences, washing fastness, ironing fastness, light fastness.

2022, xi+137 pages.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi birikimi ve tecrübesiyle bana daima yol gösteren, tez konumun seçiminde, tezin oluşumu, düzenlenmesi ve değerlendirilmesi aşamalarında her türlü katkı sağlayan ve benden yardımlarını esirgemeyen her konuda destek olan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Behçet BECERİR' e teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim sürecinde iş tecrübesi edinmeme katkı sağlayan ve deneysel çalışmalarında kullandığım numune ve boyarmaddelerin temini konusunda bana yardımcı olan Atasoy Tekstil firmasına teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olup bana destek olan değerli arkadaşım Zaide SAKA DİNÇ'e teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca bana her türlü desteği veren daima yanımda olan bugünlere gelmemi sağlayan değerli annem Nesrin AÇAR, babam Necip AÇAR ve ablam Yasemin AÇAR' a teşekkür ederim.

Hayatımın her anında olduğu gibi Yüksek lisans eğitimim boyunca da benden desteğini esirgemeyen hep yanımda olan değerli eşim Uğur ERSOY' a teşekkür ederim.

Pınar AÇAR

.././...

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	2
2.1. Poliester Lifleri.....	2
2.1.1. Poliester liflerinin tarihçesi ve gelişimi.....	2
2.1.2. Poliester liflerinin üretimi.....	2
2.1.3. Poliester liflerinin temel özellikleri.....	6
2.2. Dispers Boyarmaddeler.....	8
2.2.1. Dispers boyarmaddelerin kimyasal yapısı.....	14
2.2.1.1. Azo dispers boyalar.....	15
2.2.1.2. Antrakinon gruplu dispers boyalar.....	16
2.2.1.3. Nitrodifenilamin gruplu dispers boyalar.....	18
2.2.1.4. Diğer kimyasal gruplar.....	19
2.3. Dispers Boyarmaddeler ile Poliester Mamullerin Boyanması.....	19
2.4. Dispers Boyarmaddelerin Poliester Liflerine Sorpsiyonu ve Difüzyonu.....	21
2.4.1. Boyarmadde sorpsiyonu.....	21
2.4.2. Boyarmadde difüzyonu.....	23
2.5. Poliester Liflerinin Boyanma Metotları.....	25
2.5.1. HT(Yüksek Sıcaklık) boyama.....	25
2.5.2. Keriye (Taşıyıcı ile) boyama.....	28
2.5.3. Termosol yöntemi ile boyama.....	30
2.5.4. Redüktif yıkama.....	34
2.6. Renk Kavramı.....	35
2.6.1. Kolorimetri ve renk.....	36
2.6.2. Renk formülasyonları.....	40
2.6.3. Standart ışık kaynakları ve aydınlatıcılar.....	45
2.6.4. Standart gözlemci koşulları.....	47
2.6.5. Renk ölçümünde kullanılan yöntemler.....	49
2.6.5.1. Karşılaştırma yöntemi.....	49
2.6.5.2. Üç filtreli ölçme yöntemi.....	50
2.6.5.3. Spektral yöntem.....	50
2.6.6. Renk ölçüm cihazında ölçümü etkileyen faktörler.....	51
2.6.7. Renk ölçümünde kullanılan cihazlar.....	51
2.6.7.1. Kolorimetreler.....	51
2.6.7.2. Spektrofotometreler.....	52
2.6.8. Metamerizma.....	55
2.7. Renk Haslıkları.....	56
2.8. Haslık Testleri.....	57

2.8.1. Yıkama haslığı.....	57
2.8.2. Ütüleme haslığı.....	61
2.8.3. Işık haslığı.....	64
2.9. Haslıkların Değerlendirilmesinde Kullanılan Skalalar.....	67
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	69
3.1. Materyal.....	69
3.1.1. Deneysel çalışmada kullanılan kumaş.....	69
3.1.2. Deneysel çalışmada kullanılan boyarmaddeler.....	69
3.1.3. Deneysel çalışmada kullanılan yardımcı kimyasallar.....	70
3.1.4. Deneysel çalışmada kullanılan cihazlar.....	70
3.2. Yöntem.....	71
3.2.1. Boyama Deneyleri.....	71
3.2.2. Renk Değişimlerini İncelemek İçin Yapılan Boyama Deneyleri.....	72
3.2.3. Redüktif Yıkama.....	74
3.2.4. Yıkama Haslığı Testleri.....	75
3.2.5. Ütüleme Haslığı Testleri	75
3.2.6. Işık Haslığı Testleri	76
3.2.7. Renk Ölçümü.....	76
3.2.8. Kütle Yoğunluğu Hesabı.....	76
3.2.9. Deneysel Tasarım.....	77
4. BULGULAR.....	78
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	126
KAYNAKLAR.....	134
ÖZGEÇMİŞ.....	137

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
a^*	Kırmızı-Yeşil Ekseni Değerleri
b^*	Sarı-Mavi Ekseni Değerleri
C^*	Kroma (Renk Doygunluğu)
h°	Hue (Renk Açısı)
K/S	Kubelka-Munk Bağıntısı
L^*	Işıklılık (Açıklık-Koyuluk) Ekseni Değerleri
R	Reflektans %
ΔE^*	CIELAB Renk Farkı Formülasyonu ve Renk Farkı
X, Y, Z	Rengin Tristimulus Değerleri
λ	Dalgaboyu

Kısaltmalar	Açıklama
CIE	Commission Internationale de l'Eclairage (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu)
CIELAB	CIE tarafından geliştirilen renk uzayı
m.a.g.	Mamul ağırlığına göre
nm	Nanometre ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$)
PES	Poliester
PET	Polietilentereftalat Lifleri
SED	Spektral Enerji Dağılımı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Poliesterin elde edilmesi.....	2
Şekil 2.2. Polietilentereftalat.....	3
Şekil 2.3. Dimetiltereftalat ve etilen glikol ile PET eldesi.....	4
Şekil 2.4. Tereftalik asit ve etilen glikol ile PET eldesi.....	4
Şekil 2.5. Poliester lifinin üretim aşamaları.....	5
Şekil 2.6. Dispers boyarmaddelerin A-D sistemine ait sınıflandırılması.....	11
Şekil 2.7. Dispers azo boyaların genel yapısı.....	16
Şekil 2.8. Antrakinin dispers boyaların temel yapısı.....	17
Şekil 2.9. Poliester mamullerin boyanma mekanizması.....	20
Şekil 2.10. Nernst izotermi.....	22
Şekil 2.11. Termosol boyama yöntemi işlem adımları.....	31
Şekil 2.12. Renkli cisimlerin renk absorpsiyonunun şematik gösterimi	36
Şekil 2.13. Standart gözlemci eğrileri.....	38
Şekil 2.14. Rengin tristimulus değerleri.....	38
Şekil 2.15. CIE kromatisite diyagramı.....	39
Şekil 2.16. CIELAB renk uzayı.....	41
Şekil 2.17. A, B, C ve D65 aydınlatıcılarının spektral enerji dağılımları.....	47
Şekil 2.18. Standart gözlemci için göreceli olarak izleme alanları.....	48
Şekil 2.19. Standart aydınlatma ve gözlem koşulları.....	48
Şekil 2.20. Çift ışık yoluna sahip tek dedektörlü optik sistemin çalışma prensibi.....	54
Şekil 2.21. Tek demetli transmitans spektrofotometrelerinin çalışma prensibi.....	55
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan boyama metodu.....	72
Şekil 4.1. 125 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen L* değerlerinin karşılaştırılması.....	78
Şekil 4.2. 125 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen a* değerlerinin karşılaştırılması.....	79
Şekil 4.3. 125 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen b* değerlerinin karşılaştırılması.....	80
Şekil 4.4. 125 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen C* değerlerinin karşılaştırılması.....	81
Şekil 4.5. 125 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen h° değerlerinin karşılaştırılması.....	82
Şekil 4.6. 125 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen K/S değerlerinin karşılaştırılması.....	83
Şekil 4.7. 125 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen R değerlerinin karşılaştırılması.....	84

Şekil 4.8. 75 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen L* değerlerinin karşılaştırılması.....	85
Şekil 4.9. 75 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen a* değerlerinin karşılaştırılması.....	86
Şekil 4.10. 75 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen b* değerlerinin karşılaştırılması.....	87
Şekil 4.11. 75 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen C* değerlerinin karşılaştırılması.....	88
Şekil 4.12. 75 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen h° değerlerinin karşılaştırılması.....	89
Şekil 4.13. 75 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen K/S değerlerinin karşılaştırılması.....	90
Şekil 4.14. 75 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen R değerlerinin karşılaştırılması.....	91
Şekil 4.15. 65 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen L* değerlerinin karşılaştırılması.....	92
Şekil 4.16. 65 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen a* değerlerinin karşılaştırılması.....	93
Şekil 4.17. 65 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen b* değerlerinin karşılaştırılması.....	94
Şekil 4.18. 65 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen C* değerlerinin karşılaştırılması.....	95
Şekil 4.19. 65 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen h° değerlerinin karşılaştırılması.....	96
Şekil 4.20. 65 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen K/S değerlerinin karşılaştırılması.....	97
Şekil 4.21. 65 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen R değerlerinin karşılaştırılması.....	98
Şekil 4.22. 125 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen L* değerlerinin karşılaştırılması.....	99
Şekil 4.23. 125 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen a* değerlerinin karşılaştırılması.....	100

Şekil 4.24.	125 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen b* değerlerinin karşılaştırılması.....	101
Şekil 4.25.	125 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen C* değerlerinin karşılaştırılması.....	102
Şekil 4.26.	125 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen h° değerlerinin karşılaştırılması.....	103
Şekil 4.27.	125 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen K/S değerlerinin karşılaştırılması.....	104
Şekil 4.28.	125 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen R değerlerinin karşılaştırılması.....	105
Şekil 4.29.	75 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen L* değerlerinin karşılaştırılması.....	106
Şekil 4.30.	75 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen a* değerlerinin karşılaştırılması.....	107
Şekil 4.31.	75 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen b* değerlerinin karşılaştırılması.....	108
Şekil 4.32.	75 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen C* değerlerinin karşılaştırılması.....	109
Şekil 4.33.	75 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen h° değerlerinin karşılaştırılması.....	110
Şekil 4.34.	75 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen K/S değerlerinin karşılaştırılması.....	111
Şekil 4.35.	75 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen R değerlerinin karşılaştırılması.....	112
Şekil 4.36.	65 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen L* değerlerinin karşılaştırılması.....	113
Şekil 4.37.	65 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen a* değerlerinin karşılaştırılması.....	114
Şekil 4.38.	65 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen b* değerlerinin karşılaştırılması.....	115
Şekil 4.39.	65 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen C* değerlerinin karşılaştırılması.....	116

Şekil 4.40. 65 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen h° değerlerinin karşılaştırılması.....	117
Şekil 4.41. 65 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen K/S değerlerinin karşılaştırılması.....	118
Şekil 4.42. 65 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen R değerlerinin karşılaştırılması.....	119
Şekil 4.43. 125 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen ΔE* değerlerinin karşılaştırılması.....	120
Şekil 4.44. 75 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen ΔE* değerlerinin karşılaştırılması.....	121
Şekil 4.45. 65 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen ΔE* değerlerinin karşılaştırılması.....	122
Şekil 4.46. 125 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen ΔE* değerlerinin karşılaştırılması.....	123
Şekil 4.47. 75 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen ΔE* değerlerinin karşılaştırılması.....	124
Şekil 4.48. 65 g/m ² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen ΔE* değerlerinin karşılaştırılması.....	125

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Poliester lifinin fiziksel özellikleri.....	6
Çizelge 2.2. Poliester lifinin kimyasal özellikleri.....	7
Çizelge 2.3. Termosolleme süresi.....	33
Çizelge 2.4. TS EN ISO 105 C06 Evsel yıkamaya ve ticari müesseslerde yıkamaya karşı renk haslığı standardı deney şartları.....	60
Çizelge 2.5. Liflerin yumuşama noktaları ve ütöleme sıcaklıkları.....	62
Çizelge 2.6. Mavi skala değerleri ve anlamları.....	67
Çizelge 2.7. Gri skala değerleri ve anlamları.....	68
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan poliester kumaş özellikleri.....	69
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan boyarmaddelerin özellikleri.....	70
Çizelge 3.3. Mavi boyarmaddeler ile yapılan boyama deneyleri.....	73
Çizelge 3.4. Siyah boyarmaddeler ile yapılan boyama deneyleri.....	74
Çizelge 3.5. Kullanılan kumaşların gramaj ve kalınlıkları.....	76

1.GİRİŞ

Tekstil sektörü insanoğlunun giyinme, korunma, örtünme gibi temel ihtiyaçlarını karşılayan, ülkemizdeki birçok kişinin geçim kaynağını sağlayan ve ihracatın önemli bir bölümünü oluşturan ülkemizin önde gelen sektörlerinden biridir. Tekstil endüstrisinin her geçen gün gelişmesi ile birlikte diğer ülkeler ile rekabette pazar payını düşürmemek için önlem almak gerekmiştir. Üretim maliyetini düşürmek ve kaliteyi arttırmak bu önlemlerin başında gelmektedir.

Renk kavramı, ülkemiz için büyük pazar payı oluşturan Avrupa ülkelerinde önem kazanmasıyla birlikte bu konuda çalışmalar arttırılmıştır. Bir tekstil ürünün tüketicide satın alma isteği uyandırmasında renk ve desen büyük önem taşımaktadır. Tekstil sektöründe moda önemli bir etkidir. Bir ürünün teknolojik özellikleri iyi olmasına rağmen rengi moda uymadığı için alıcı bulamayabilir.

Tekstil sektörünün en önemli sentetik liflerinden biri ülkemizde ve dünyada yaygın bir şekilde kullanılmakta olan poliester lifidir. Piyasaya çıkışından sonraki ilk yıllarda poliester lifinin boyanması zor olduğu için renklendirme işlemine önem verilmemiştir. Ancak daha sonra yeni boyama metotlarının geliştirilmesi ile birlikte bu alanda önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Dispers boyarmaddeler poliester liflerinin boyanmasında kullanılan en önemli boyarmadde sınıfıdır. Birçok uygulama alanında geniş renk aralığında iyi boyama ve haslık sağlarlar. Dispers boyama işleminde boyarmadde moleküllerinin büyüklükleri arasında fazla farklılık olmaması da önemlidir. Günümüzde üretilen dispers boyarmaddeler küçük, orta, büyük molekül boyutuna göre sınıflandırılmaktadır.

Bu çalışmada farklı konstrüksiyon özelliklerine sahip %100 poliester örme kumaşların farklı molekül büyüklüğündeki dispers boyarmaddelerle boyandıktan sonra uygulanan farklı haslık testleri prosedürlerinin renk sonuçlarının araştırılması amaçlanmıştır. Üç farklı gramajda %100 poliester kumaşın molekül büyüklükleri farklı olan dispers boyarmaddeler ile farklı konsantrasyonlarda yapılan boyama ve farklı haslık testlerinin ardışık olarak uygulanması ile bu kumaşlarda meydana gelen renk farklılıkları renk ölçümleri ile araştırılmıştır. Sonuçta poliester kumaşların dispers boyarmaddeler ile boyanması sonrasında uygulanan çeşitli haslık testlerinin kumaş renk özellikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Poliester Lifleri

2.1.1. Poliester liflerinin tarihçesi ve gelişimi

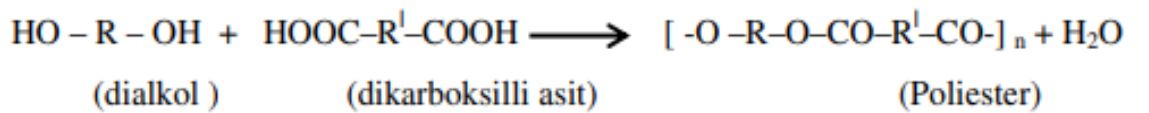
Tekstil sanayisinde kullanılan PES lifleri genellikle tereftalik asit (veya dimetil tereftalat) ile etilen glikolün polimerizasyonu sonucu elde edilen polietilen tereftalat lifleridir, bu liflere PET lifi denilmektedir. Pratikte genel olarak poliester lifleri denilmekte ama PET lifleri anlaşılmaktadır. (Sunguray, 2010)

Poliester üretimi W.H. Carothers'ın polimerler üzerine başladığı çalışmanın bir parçası olarak 1920'lerde araştırılmaya başlanmıştır. Carothers çalışmalarını poliamidler üzerine yoğunlaştırmış olmasına rağmen 1931'de Carothers ve J.W.Hill tarafından ilk sentetik lif sebakik asit ve etilen glikolden üretilen poliester lifidir. Bu poliesterin erime noktası düşük olduğu için tekstilde kullanımı uygun olmamıştır.

1939'da P. Schlach ve H. Ludewig yaptıkları çalışmalarda tereftalik asidi kullanmışlardır. Aynı tarihlerde J.R. Whinfield ve T. Dickson tereftalik asit ve etilen glikolü kullanarak Terylene'i üretmişlerdir. DuPont 1950'de Fiber Y. ve 1953'te de Dacron'u üretmiştir. Daha sonra farklı özelliklerde ikinci ve üçüncü kuşak poliesterler üretilmiştir. (Yılmazok, 2008)

2.1.2. Poliester liflerinin üretimi

Bir asit ve bir alkolün meydana getirdiği bileşiklere ester denir. Poliester genel olarak bir dialkol ile dikarboksilli asitin polikondenzasyonu ile oluşmaktadır. Bu uzun zincirli polimerin yapısında çok sayıda tekrar eden ester grubu (-CO-O-) bulunmaktadır. (Mangut, 2006)



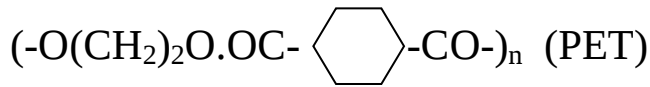
Şekil 2.1. Poliesterin elde edilmesi (Mangut 2006)

Bu zincirde R ve R¹ alifatik yapıda ise polimerin erime noktası düşük olur ve bu nedenle tekstilde kullanılmaz. Tekstilde kullanılabilecek polimerlerin eldesi için aromatik yapıda bileşenler seçilir. Seçilen bileşenlere göre farklı yapıda poliester elde edilebilir. Tekstil alanında kullanılan üç ayrı türde poliester bulunmaktadır.

Bunlar;

- 1) PET (polietilen-tereftalat) lifleri
- 2) PCDT (poli-siklohegzilen-dimetilen-tereftalat) lifleri
- 3) PET poliesterlerinin modifiye edilmesi ile elde edilen modifiye poliester lifleri (Mangut ve Karahan, 2005)

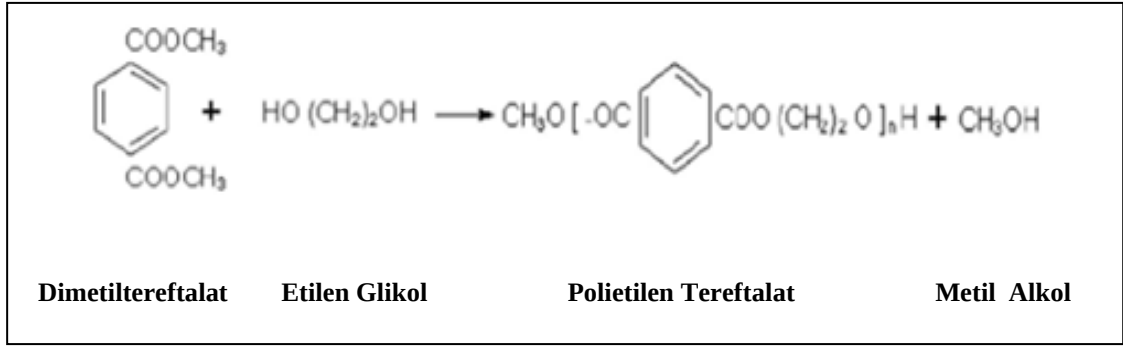
Günümüzde en çok üretimi yapılan poliester lifleri etilen glikolün tereftalik asit ile veya tereftalik asitin dimetil esteri ile polikondenzasyonundan elde edilir. Bu lifler PET adıyla anılan polietilentereftalat lifleridir. (Yalçın, 2011)



Şekil 2.2. Polietilentereftalat (PET) (Yalçın 2011)

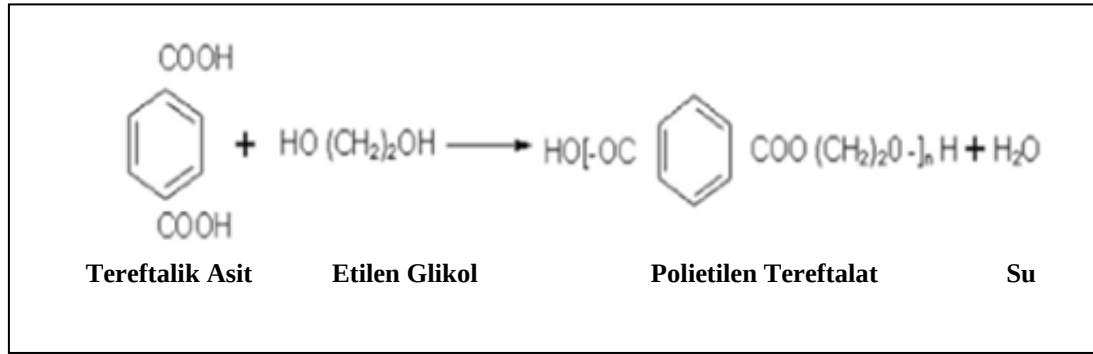
Etilen glikol ve dimetiltereftalat ile poliester eldesi

Poliester liflerinin elde edilmesinde ilk yöntemdir. Bu yöntemde etilen glikol ile dimetiltereftalat yaklaşık 200°C sıcaklıkta bir katalizör varlığında reaksiyona sokulur. Burada ester değişimi meydana geldikten sonra daha yüksek sıcaklıklarda ve katalizör yardımıyla kondenzasyon meydana gelir. Bu tepkimede yan ürün olarak metil alkol açığa çıkmaktadır.



Şekil 2.3. Dimetiltereftalat ve etilen glikol ile PET eldesi (Güneş 2013)

Tereftalik asit ile etilen glikol katalizör varlığında kondenzasyon reaksiyonuna sokulur. Bu reaksiyonun sonucunda yan ürün olarak su açığa çıkmaktadır. (Güneş, 2013)



Şekil 2.4. Tereftalik asit ve etilen glikol ile PET eldesi (Güneş 2013)

Polikondenzasyon reaksiyonundan sonra poliester polimerleşir. Bu polimerden eriyik çekim metodu ile lif çekimi gerçekleştirilir. Polietilentereftalat yaklaşık 260°C’de erir. (Yalçın, 2011)

Lif üretimi

Filament çekimi yumuşak çekim metodu ile yapılmaktadır. PET yaklaşık 260°C’de erimektedir. Cips halinde üretilmiş olan hammaddeden lif çekilebilmesi için bu hammaddenin yumuşatılması gerekmektedir. Burada önemli bir nokta lif çekimi süresince polimer maddenin hava ile teması olmamalıdır. Hava ile teması önlendikten sonra erimiş madde pompalanarak düzelere gönderilmektedir. Düzeden çıkan filamentler sertleşmekte ve bobinlere sarılmadan önce germe çekme işlemi uygulanmaktadır. Bu sayede üniform filamentler elde edilmektedir.

2.1.3. Poliester liflerinin temel özellikleri

Poliester lifi için önemli fiziksel özellikler Çizelge 2.1’ de verilmektedir.

Çizelge 2.1. Poliester lifinin fiziksel özellikleri (Mangut 2006; Mangut ve Karahan 2005)

Kriterler	Fiziksel özellikleri
Mikroskopik görünüş	Üst yüzeyi pürüzsüzdür, görünümü çubuğa benzer. Enine kesiti genellikle yuvarlaktır. Düze formuna göre değişik kesitlerde üretilebilir.
Uzunluk ve incelik	Kullanıma bağlı olarak kesikli ya da filament şeklinde üretilebilir. Lifi inceliği üretim sırasında istenilen değerde yapılabilir.
Yoğunluk	1,36 –1.45 g/cm ³ arasında değişir.
Renk ve parlaklık	Poliester lifi beyaz renkte üretilir ve parlaktır. Lif çekme çözeltisine pigment renklendiriciler ilave edilerek istenilen renkte üretilebilir.
Mukavemet	İyi derecede mukavemete sahiptir. Üretim şekline göre 4,5 – 8 g/denye arasında değişmektedir.
Uzama	Genellikle filamentlerin uzama oranı %15-30 iken kesikli liflerde bu oran %30-50 arasındadır.
Esneklik ve yaylanma	İyi derecede esnemeye sahiptir. Buruşmadan eski haline döner.
Nem alma	Nem emiciliği % 0,4 civarındadır.
Isı dayanımı	Yumuşama sıcaklığı 230°C'dir. Erime noktası 260°C'dir. Fikse edildiğinde iyi stabiliteleri vardır.
Statik elektriklenme	Hidrofob bir lif olması sebebiyle statik elektriklenme problemi vardır.
Pilling (boncuklanma)	Lifler içerisinde en yüksek derecede boncuklanma poliesterde görülmektedir.

Poliester lifi için önemli kimyasal özellikler Çizelge 2.2’ de verilmektedir.

Çizelge 2.2. Poliester lifinin kimyasal özellikleri (Mangut 2006; Mangut ve Karahan 2005)

Kriterler	Kimyasal Özellikleri
Su	Hidrofob bir liftir. %100 bağıl nemde %1 su alabilir. %0.4 higroskopik neme sahiptir.
Asitler	Asitler karşı yüksek bir dayanımı vardır. Zayıf ve orta kuvvetli asitlere karşı dayanıklılık gösterir. Anorganik asitlerin %30’u aşan konsantrasyonlarında yüksek sıcaklıklarda parçalanmaktadır.
Bazlar	Bazlara karşı dayanımları vardır. Ancak yoğun konsantrasyonlarda muamelede dıştan itibaren parçalanmaya başlar.
Yükseltgen ve indirgen maddeler	Yüksek bir dayanım gösterirler.
Organik çözenler	Büyük çoğunlukla dayanıklıdır. Benzen, trikloretilen, karbontetraklorür, perkloretilen, gibi çözenlerde zarar görmez. o-diklorbenzen, dimetiltereftalat gibi çözenlerde belirli şartlarda çözünürler. Organik çözenlerin şişirici etkisi poliester boyamayı kolaylaştırır.
Sıcaklık	200°C’nin üzerindeki sıcaklıklarda poliester lifi zarar görmektedir.
Işık	Işık ve atmosfer koşullarına karşı yüksek dayanıklılık gösterir.

2.2. Dispers Boyarmaddeler

Dispers boyarmaddeler ilk olarak selüloz asetatın boyanması için geliştirilmiştir. Daha sonra nylon, selüloz triasetat ve poliesterin boyanmasında kullanılmıştır. 1949 yılında Terylen'deki ticari gelişmeye kadar boyarmadde üreticileri poliester lifleri için dispers boyarmaddeleri geliştirmeye yoğunlaşmamıştır. 1950 ve 1960'larda poliester lif üretimi ve buna bağlı olarak renklendirilmesinde bu boyarmaddelerde gelişmeler olmuştur. (Sunguray, 2010)

Dispers boyarmaddeler poliester liflerinin boyanmasında kullanılan en önemli boyarmadde sınıfıdır. Birçok uygulama alanında geniş renk aralığında iyi boyama ve haslık sağlarlar. Ayrıca bu boyarmaddeler poliamid, akrilik, modakrilik, poliolefin polivinilklorür gibi birçok lifin boyanmasında da kullanılmaktadır. (Mangut, 2006; Uğur, 2004)

Boya çözeltileri, çözünen boyarmaddenin monomoleküler halde bulunmasıyla karakterize edilir. Termofiksaj ve ısı transfer baskıda dahil boyanın liflere nüfuz edebilmesi için önce havada süblimleşmesi (çözünmesi) gerekir. (Aspland, 1992)

Dispers boyarmaddeler sulu dispersiyonlar halinde oda sıcaklığında suda çözünmeyen, hidrofobik liflere substantiviteye sahip olan, non-iyonik ve küçük parçacıklı boyarmaddelerdir. Az miktarda çözünmüş boya içeren küçük tanecikli sulu dispersiyonlar halinde uygulanmaktadırlar. Dispers boya su içinde ideal olmayan çözeltiler olarak çözünürler ve aktivasyon katsayısı yüksektir. (Becerir, 2006)

Dispers boyalar suda sınırlı çözünürlüğe sahiptirler. Boyama fazı tamamlandıktan sonra partiküllü dispers boyalar hala lifin yüzeyinde kalabilirler. Böyle bir durumda boyama işleminin son aşamasında lif yüzeyindeki boyanın uzaklaştırılması gerekmektedir. Liflerin yüzeyindeki aşırı boya yaş haslık, yıkama haslığı, süblimasyon ve kuru temizleme haslıklarını olumsuz etkilemektedir. (Aspland, 1992)

Dispers boyarmaddelerin çözünürlükleri 80°C'de 0,2-100 mg/L'dir. Ticari dispers boyaların çözünürlükleri 25°C'de 3.10^{-6} - 3.10^{-7} M arasındadır. Günümüzde kullanılan yeni dispers boyaların çoğu 25°C'de 0,1 mg/L' den daha düşük çözünürlüğe sahiptir.

Çözünürlük sıcaklık ile logaritmik olarak yükselmektedir pratikte 130°C’de tüm boya, boya banyosu içinde olabilmektedir. (Becerir, 2006)

Dispers boyarmaddeler sentezlerinin son aşamasında reaksiyon karışımından alınırlar. Bu sırada büyük partiküllü ve çoğunlukla kristalindirler. Boyama özelliklerinin iyi olabilmesi ve renk veriminin sağlanması için boya, üniform, küçük parçacıklı ve stabil bir süspansiyon olarak life uygulanmalıdır. Ortamdaki tüm boya partiküllerini boyutları küçültülmeli ve boyama sırasında parçacıkların süspansiyon halde olmasını sağlayacak sıcaklık, su sertliği ve yardımcı maddelerin varlığından etkilenmeyen bir dispersiyon ajanı boya bünyesine ilave edilmelidir.

Boyarmaddelerin çözünürlüğünde artış sağlanabilmesi için dispersiyon ajanının konsantrasyonu kritik misel konsantrasyonundan yüksek olmalıdır. Boyanın çözünürlüğü boyanın formülasyonu ve kimyasal yapısı tarafından belirlenir.

Dispersiyon ajanı boyayı boya banyosu içinde stabilize eder, boyanın daha küçük hale gelmesini kolaylaştırır, boyanın dispersiyonuna yardımcı olur. Boya parçacıklarının çevresinde koruyucu bir film oluştururlar ve aglomerasyonu engeller. Bundan ayrı olarak elektrik iticilik stabilizasyona yardım eder. Anyon adsorbsiyonuna bağlı olarak dispers olmuş boya parçacıkları zayıf bir elektrik yüke sahiptir. Banyoya ilave edilen dispersiyon ajanının tipi kullanılan boyanın içindeki ajana benzer olmalıdır. Bu dispersiyon ajanı bütün boyalar üzerinde bir koruyucu-kolloid etkisi oluşturmaktadır.

Dispersiyon boyama işlemi boyunca uygulanan en yüksek sıcaklığa kadar stabil kalmalıdır. Bu durum banyoya ilave edilen kimyasal maddeler varlığında da devam ettirilmelidir. Belirli şartlar altında $> 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta, bazı yüzey aktif maddeler varlığında boya parçacıklarını agregasyonu oluşabilir. Bunun sonucunda agregatlar lif yüzeyine yapışarak sürtme ve yağ haslığı düşürebilirler. Doğru yüzey aktif madde seçimi agregasyon oluşumunu engeller ve boyaların lif yüzeyine yapışarak lokal boyama yapılmasının önlenmesine yardımcı olur. (Becerir, 2006)

Yüzey aktif maddelerin eklenmesi paylaşım katsayısını düşürmektedir. Dispersiyon ajanlarının ilavesi boya alımını ve hızını etkiler. Pratikte yüzey aktif madde miktarının fazla eklenmesi sakıncalı olabilir, çözünürlük giderek artsa bile fazla yüzey aktif madde bazı boyaların kristallenmesine veya agregasyon oluşmasına neden olur. Kristal ve

agregasyon ürünleri boyama süresi içinde lif tarafından absorblanamazlar. Bu da boyanmış materyallerinin sürtme haslığının azalmasına sebep olur.

Boyaların kristalizasyonunu arttıran nedenler; boyanın çözünürlüğünü arttıran maddeler, çözeltinin ısıtılması ve soğutulması, molekül boyutlarının değişik olması, boya kristallerinin yüksek saflığı olarak verilebilir.

Boyaların parçacık büyüklüğü azaldıkça parçacıkların toplam yüzey alanı, boya alımı ve boyama hızı artar. Boyalar daha çabuk çözünür. Molekül boyutu büyüdükçe boyama kabiliyeti zorlaşır, zayıf migrasyon özelliği verirler.

Büyük moleküllü dispers boyaların çoğu alifatik hidroksil, asetilamino ve metil sülfonil gibi hidrofilik gruplara sahiptir. Dispers boyalar bazı polar gruplar dışında yüklü grup taşımazlar. Aralarında yapı olarak az fark olan boyaların farklı lifler üzerindeki adsorbsiyonları birbirinden farklı olabilmektedir. Polarite dispers boyaların boyayabilme özelliğini etkiler. Boyar maddenin hidrofobik dengesi boya adsorbsiyonu üzerinde etkilidir. Dispers boyalar hidrofilik halde geldikçe life olan affiniteleri düşmektedir. (Becerir ve İskender, 2000; İskender ve Becerir, 2000)

Dispers boyaların boyama hızı boya banyosu içindeki konsantrasyonlarına bağlıdır. Boyaların başlangıç konsantrasyonları aynı değilse boya alımı üniform olamaz. Lif üzerindeki boya miktarı süre ile ilişkili olarak başlangıç boya konsantrasyonuna ve etkin banyo akışına bağlıdır. Boya konsantrasyonu arttıkça ve akış hızı azaldıkça boya banyosunun denge çekimine ulaşmak için gerekli süre artar. Bir boyanın konsantrasyonu diğerlerinden daha düşük ise daha hızlı boyama yapacaktır. Boyama şartları en yavaş boyanın etkin dengeye gelmesine izin vermelidir. Üç boyalı bir formülasyonda her boyanın lineer çekimini oluşturacak tek bir sıcaklık süre eğrisi elde etmek mümkün değildir. Bireysel dispers boyalar karışım olarak boyamada genellikle birbirleriyle etkileşime girmezler ve boyama etkinliklerini etkilemezler. Elde olan verilere göre dispers boyalar her zaman tam lineer boyama yapamamaktadır.

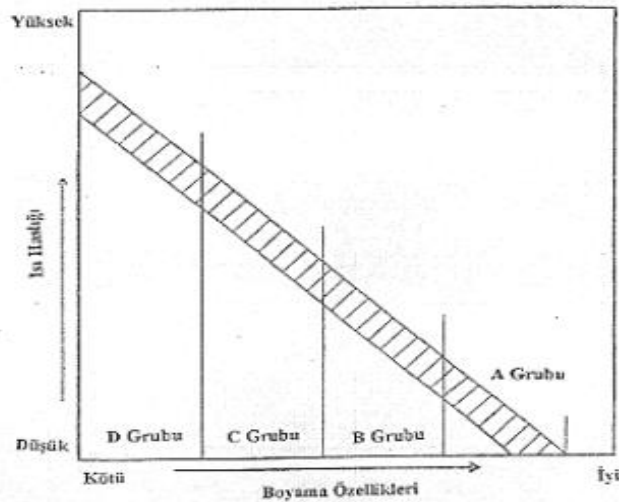
Dispers boyamanın düzgünlüğü boyanın çekim davranışı ve migrasyon kapasitesi ile ilişkilidir.

Lif üzerine yavaş giden boya ısıtma fazında lifi düzgün bir şekilde boyar, hızlı giden boya ise düzgün olmayan boyama yapmaya yatkındır. Life hızlı giden boya iyi bir migrasyon özelliğine sahipse ısıtma fazındaki düzgünsüzlük ortadan kalkar. Düzgünleştirme kapasitesi lifin tipine bağlıdır ve artan sıcaklık ve süre ile yükselir.

Boya dispersiyonlarının stabilizesi etkileyen faktörler; çözelti içindeki boya konsantrasyonu, boyama sıcaklığı ve süresi, yüzey aktif maddeler, pH, çözelti çevrimi, tekstil materyallerinin geçirgenliği, keriye, bitim işlemi maddeleridir. (Becerir, 2001a; Becerir, 2001b)

Boyaların aglomerasyon ve agregasyonunu etkileyen faktörleri sıralayacak olursak bunlar; dispersiyon ajanlarının stabilite etkisinin bozan, elektrostatik iticiliği azaltan, boya molaküllerinin kinetik enerjisini arttıran faktörler ve boya parçacıklarının kohezyon olasılığıdır. Boya konsantrasyonu, boyama sıcaklığı ve süresi arttıkça aglomerasyon ve agregasyon olasılığı artar. (Becerir, 2006)

Dispers boyaların enerji sınıflandırılması enerji seviyesine göre boyaların kritik boyama sıcaklığı, migrasyon, yükleme (lifler tarafından alım) ve difüzyon hızlarına bağlı olarak yapılır. Avrupa'da A-D sınıflandırması ABD'de LMH sınıflandırması kullanılır. A-D sınıflandırmasında ısı haslığı esas alınır ve boyama özellikleri Şekil 2.5'te verilmektedir. (Becerir, 2006)



Şekil 2.6. Dispers boyarmaddelerin A-D sistemine ait sınıflandırması (Mangut 2006)

A grubundaki boyalar poliesterde en yüksek boyama hızına sahipken en düşük süblimasyon haslığına sahiptir. D grubundaki boyalar ise tam tersi özellik göstererek en yavaş boyama hızına en yüksek süblimasyon haslığına sahiptir. (Becerir, 2006)

Enerji seviyelerine göre A-D sınıflandırılmasında;

A: molekül yapısı en küçük olan dispers boyalardır. Bu boyaların boyama hızı en yüksektir ve düşük enerjili olarak ifade edilir. Süblimasyon ve yıkama haslığı değerleri düşüktür.

B: Bu sınıftaki dispers boyarmaddeler küçük molekül yapısına sahiptir. A sınıfına göre molekül yapıları daha büyüktür. Süblimasyon haslıkları iyidir. Bu dispers boyarmaddeler keriyerli boyama için önerilmektedir. Orta enerjili olarak ifade edilir.

C: Molekül yapıları orta büyüklükte olup B sınıfındaki boyalara göre molekül boyutları daha büyüktür. HT boyama yöntemi için önerilir. Orta enerjilidirler.

D: Bu sınıftaki dispers boyarmaddeler büyük molekül yapısına sahiptirler. Oldukça yüksek süblimasyon haslıkları vardır. Yüksek enerji sınıfı boyalardır. HT ve termosol yöntemine göre boyalamalarda kullanılması tavsiye edilir.(Mangut, 2006)

Difüzyon değerleri yüksek olan dispers boyaların enerji tüketimleri düşüktür, life hızlı nüfuz ederler ve düşük boyama sıcaklıklarında optimum renk koyuluğu sağlarlar. Difüzyon değerleri düşük olan boyalar ise daha fazla enerji tüketimi ve daha yüksek sıcaklıkta optimum renk koyuluğu sağlamaktadır.

Dispers boyaların adsorbsiyon davranışını belirleyen faktörler; boya konsantrasyonu, sıcaklık, lif tipi ve yardımcı kimyasallardır.

Boyama prosesinin yüksek sıcaklık fazında dispers boyaların migrasyon düzgünsüzlüğüne eğilimleri önemli olmaktadır. Hızlı ısıtma veya düzensiz çözelti sirkülasyonu sebebiyle boyalar düzgün adsorblanmamışsa bu önemli bir sorun haline gelebilir. Yüksek sıcaklıkta dispers boyaların üniform uygulanması kısa boyama süreleri takdirinde çok önemlidir. (Uğur, 2004)

Boyama reçeteleri özellikle 65 C'nin üzerinde, adsorbsiyonu kontrol etmek için ısıtma hızının kontrollü olması gerekir. Farklı sınıflardaki dispers boyaların kritik sıcaklık aralıklarındaki farklılıklar bu boyarmaddelerin birlikte kullanılmasını sakıncalı hale getirir. Kombinasyon renklerde benzer enerji sınıflarındaki boyalar seçilmelidir.

Dispers boyamanın üniform olabilmesi için kullanılan boyarmaddelerin migrasyon özellikleri birbirine yakın olmalıdır. Boyanın sudaki            de migrasyon özelliğini etkilemektedir. Ayrıca migrasyon özelliği boyaların farklı çekim oranları veya  n işlem sıcaklıkları nedeniyle poliester kumaşlarda olabilecek boya dalgalanmalarını  rtme kabiliyetini de etkiler.

Dispers boyaların adsorbsiyon fazında düzgün uygulanmadığı durumda migrasyon özellikleri anahtar faktör haline gelmektedir. Difüzyon fazında anahtar parametre boyanın difüzyon hızıdır. Poliester boyamada yüksek sıcaklık fazında harcanan süreyi azaltmak için difüzyon hızları yüksek boyalar seçilmelidir.

Poliester mamullerin boyanması için kullanılacak olan dispers boyaların seçiminde pek çok kriter mevcuttur. Bu kriterler; difüzyon sayısı, düzgünlük kabiliyeti, çekim kritik aralığına göre gruplandırma, dalgalanma efekti kapatma indeksi, egalize maddelerini karşı olan hassasiyetleridir. Boyarmadde seçimi tercih edilen boyama prosesi şartlarına bağlıdır. Bu  artlar kullanılan materyal ve makineler tarafından belirlenir. Boya seçimi materyalin son kullanım yerinde gerekli haslığı sağlayan boyamayı yapacak şekilde olmalıdır. Proses  artları, boyalar ve yardımcı maddeler birbirleri ile uyum göstermelidir. (Uğur, 2004)

Poliester materyallerde en önemli haslıklar ısı ve ışık haslıklarıdır. Yüksek ısı haslığı olan boyaların yıkama haslıkları da genellikle iyidir ancak bu durumun tersi doğru değildir. Isı uygulamasında dispers boyalar lif yüzeyine doğru ilerler eğer yüzeyde hidrofobik bitim kimyasalı varsa, lif dışına çıkıp bu kimyasal tabakada     nebilir.     nme durumda veya lif yüzeyinde fazla miktar boya kalması durumunda ya  haslık, yıkama, süblimasyon ve kuru temizleme haslığı d  er, renk donukla masına yol açar. Düşük ve orta enerjili boyalarda bu durumla kar ıla ılmaktadır.

Dispers boyalar boya banyosunun pH'ına karşı hassasiyet göstermektedir. Ortamın pH'ı n trden alkaliye doğru kaydıkça boyarmadde hidroliz olmaya ba lar. Hidroliz olan

boyarmaddenin liflere afinitesi farklılık gösterir ve farklı tonda boyamaya neden olur. Alkali ortamda boyama yapılması durumunda hidrolizi engellemek için uygun tampon sistemi kullanılmaktadır. pH'nın 5'i geçtiği bazı durumlarda ortamda metal iyonları varsa bu durum azo dispers boyarmaddelerde renk kaybına neden olmaktadır. (Uğur, 2004)

Dispers boyarmaddeler toz, granül ve sıvı formda bulunmaktadır.

Toz ve granül boyaların çoğu ağırlıkça %30 aktif boyar madde içerir. Kalan %70'lik kısımda üretim maddeleri, dispersiyon ajanları, tozlanma önleyici, renk ayarlayıcı maddeler ve inert seyrelticiler oluşturmaktadır. (Becerir, 2006)

Toz formdaki boyarmaddelerin depolama stabilitesi zayıftır, özellikle nemli ortama maruz kaldıklarında topaklaşma olur ve bu durum boyarmaddenin düzgünsüz boyama yapmasına neden olmaktadır. (Uğur, 2004)

Toz ve granül boyarmaddeler yüksek miktarlarda dispersiyon maddesi içerirler. Bu nedenle boyarmaddenin sudaki çözünürlüğü artar, flotteden boyarmadde alımı azalır, emdirme yöntemine göre flotte emdirme işlemlerinde kurutma sırasında migrasyona sebep olur. (Uğur, 2004)

Sıvı boyarmaddeler ise %15 oranında aktif boyarmadde içerir. Toz boyalara göre içerdikleri dispersiyon ajanı miktarı daha azdır. Bu formdaki boyarmaddeler tozlanmama, boya ve emdirme banyolarının kolay hazırlanması, otomatik tartım için uygun olmaları, kolay karışabilirlik, dispersiyon stabilitesi gibi avantajlara sahiptir. Bununla birlikte depolama esnasında çökme, konsantrasyon değişimi, buharlaşma gibi olumsuz yönleride mevcuttur. Sıvı boyarmaddelerin lif içerisine difüzyonu için daha az enerji gerekir. Bu nedenle bu boyarmaddeler poliester baskıcılığına daha uygundur. (Becerir, 2006; Uğur, 2004)

2.2.1. Dispers boyarmaddelerin kimyasal yapısı

Dispers boyaların kimyasal yapıları; azo grubu, antrakinon grubu, nitrodifenilamin grubu içerenler ve diğer kimyasal grupları (benzodifuranon, coumarin, metkin, naftalimid vb.) içerenler olmak üzere dört grupta toplanabilir. (Becerir, 2006)

2.2.1.1. Azo dispers boyalar

Azo boyalar ticari boyaların %50'sinden fazlasını oluşturarak en önemli sınıf olma özelliğine sahiptir. Bu nedenle azo boyalar üzerinde birçok çalışma yapılmıştır. (Gregory, 1990)

Azo kimyasallarının yapısı 1858 yılında Peter Griess tarafından keşfedilmiştir ve bu yapıdan diğerleri türetilmiştir. İlk ticari azo boyarmadde 1863 yılında İngiltere'de elde edilen ve anilin sarısı denilen 4-aminobenzendir. (Sunguray, 2010)

Azo boyarmaddeler monoazo bileşiklerden poliazo bileşiklere kadar çok çeşitli yapılardadırlar. Molekül kütleleri 1800 veya daha fazla olan kompleks yapıları da mevcuttur. Molekül kütleleri ve yapılarına göre özellikleri değişiklik göstermektedir. (Sunguray, 2010)

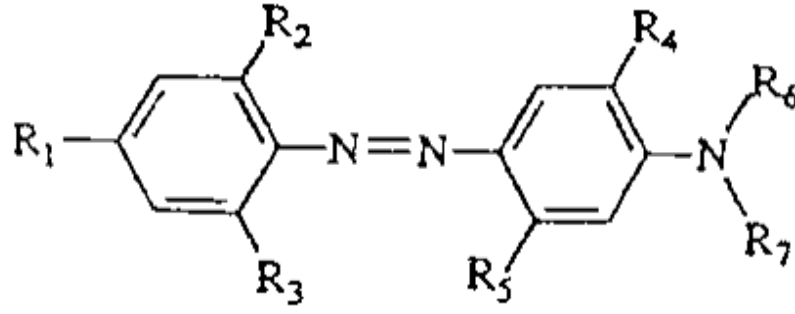
Dispers boyarmaddelerin %50'si düşük molekül ağırlığına sahip olan monoazo boyalardır. Bu boyarmaddeler boya banyosu içinde çözünen iyonik gruplar içermezler, kısmi bir polarlığa sahiptirler ve tamamen non-iyoniktirler. Bu grupta bazı disazo boyalarda mevcuttur. (Becerir, 2006)

Azo boyalar en az bir azo grubu ($-N=N-$) içermektedir. Ancak yapılarında iki, üç veya nadiren dört azo grubu da bulundurabilirler. Molekül yapılarındaki azo grubu sayısına göre mono-, dis-, tris-, tetrakis- vb. olarak adlandırılırlar. Üç ve daha fazla azo grubu içerenlere poliazo boyarmaddesi de denilmektedir. (Gregory, 1950; Sunguray, 2010)

Azo boyaların büyük çoğunluğu amino azobenzen türevlidir. Özellikle sarı, turuncu ve kırmızı renkleri verirler, çok az sayıda viyole ve mavi renklerini veren azo yapıları da mevcuttur.

Dispers boya üretiminde monoazo boya üretiminin zaman içinde artma nedeni bu boyalar ile elde edilen renklerde batokromik artış olmasıdır.

Dispers azo boyalar Şekil 2.7'deki gibi yapı esaslıdır. Bununla beraber hem benzen halkasında spesifik bileşenler hem de heterokromatik disazo bileşikler kullanılarak farklılaştırılmaktadır.



Şekil 2.7. Dispers azo boyaların genel yapısı (Aspland 1993)

R₁ – R₇ bileşenlerinin yapısı boyanın fiyat, renk haslığı, boyama özellikleri ve üretim kolaylığı gibi karakteristiklerini belirlemektedir.

Monoazo boyalarda disazo bileşiği olan molekülün bir kısmı azo grubun sol tarafında uzatılmış durumdadır. Bu kısım elektron alan grupları (R₁-R₃) içerirken molekülün sağ tarafındaki kısım ise elektron veren grupları içermektedir. Azo grubun sol tarafında bulunan gruplar elektron alma, sağ tarafında bulunanlar elektron verme eğiliminde oldukları için molekülün renk açısı turuncu, kırmızı, sarı, yeşil, mavi, violet ve hatta siyah verecek şekilde değişmektedir.

1960-1970’li yıllarda piyasaya sunulan monoazo boyarmaddelerin yaş haslıkları ve tinktoryal kuvvetleri antrakinon dispers boyalara göre daha iyidir. Ancak yüksek sıcaklıktaki boyamalarda kolay indirgenmeleri sebebi ile özellikle kombinasyon boyamalarda kötü yeniden üretilebilirlik özellikleri vermişlerdir. Isı ve yaş haslıklarının yüksek olması nedeniyle sürekli boyama proseslerinde kullanım alanı bulmuş ve başlangıçta parça boyamada sınırlı oranda başarı sağlamışlardır. (Becerir, 2006)

2.2.1.2. Antrakinon gruplu dispers boyalar

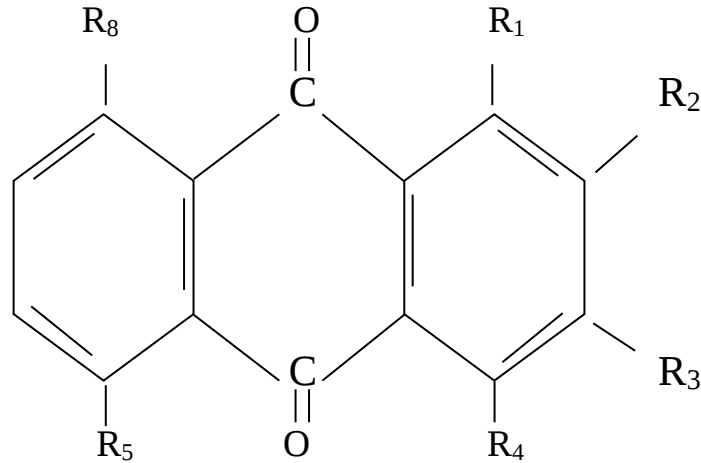
Antrakinon boyalar azo boyalardan sonraki en önemli ikinci sınıftır. Ayrıca 4000 yıldan daha eski mumyaların sargılarında bulunmaları nedeniyle en eski boya türlerinden biridir. Azo boyaların doğal karşılıkları olmamasının aksine, önemli doğal kırmızı boyalar antrakinon boyalardır. (Gregory, 1990)

Bu boyalar öncelikle selüloz asetatın boyanması için geliştirilmiştir. 1950-1960'lı yıllarda poliester lifinin üretiminde artış olması ile bu lifi boyamak için yeni dispers boya araştırma çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda poliester liflerini boyayabilen antrakinon esaslı dispers boyalar sentezlenmiştir.

Antrakinon dispers boyaların bazı belirgin özellikleri şunlardır; parlak renkler verirler (özellikle mavi ve kırmızı renklerde), çok iyi ışık haslığı sağlarlar, yeniden üretilebilirlik ve örtme özellikleri iyidir. Bu avantajlarının yanında bazı dezavantajları da mevcuttur. Antrakinon boyaların kırmızı ve mavilerde yaygın kullanılmasının sebebi diğer boyaların antrakinon boyaların sunduğu özelliklerin kombinasyonunu sağlayamamasıdır. Ancak bu durum giderek değişmekte ve antrakinon boyaların yerini diğer boya türleri almaktadır. (Becerir, 2006; Gregory, 1990)

Antrakinon boyaların geçen süre içerisinde ortaya çıkan bazı sakıncaları mevcuttur. Bunlar; tinktoryal olarak zayıftırlar, yaş haslıkları kötüdür, pahalıdırlar ve üretiminde çevre problemlerine neden olurlar.

Antrakinon gruplu dispers boyalar mavimsi kırmızılar, maviler, mavimsi yeşiller ve violetlerdir. Bu boyalar a-aminoantrakinon türevleridir.



Şekil 2.8. Antrakinon dispers boyaların temel yapısı (Aspland 1993)

R₁, R₄, R₅ ve R₆ ile renk açısı kontrol edilir. R₂ ve R₃ 'ün renk açısı üzerindeki etkileri azdır, ancak boyama ve haslık üzerindeki etkileri fazladır. Antrakinin serilerindeki renk açısı değişimi azo serilerinde olduğu gibidir.

Deterjanlı yıkama testlerinin yaygılaşması ile antrakinin gruplu birçok boyarmaddenin kalıcı olmayan sonuçlara sebep olduğu saptanmıştır. (Sunguray, 2010)

Lif veya ipliklerin antrakinin gruplu dispers boyalar ile orta ve koyu renklerde boyanması sonrasında fıkse edilmesi ve 60°C üzerinde deterjanlı yıkama testi yapılması, çok lif bileşenli refakat kumaşında nylon bileşeni üzerinde lekeler oluşması çoğu boyarmadde için gözlenmiştir. Bu durum antrakinin gruplu boyarmaddelerin kullanılmasında azalmaya yol açmıştır. Daha sonrasında HT metodu ile boyamalar için boyama makinelerindeki gelişmeler bu sorunun ortadan kaldırılmasını sağlamıştır.

Antrakinin esaslı boyarmaddelerin kullanımının uygun ve faydalı olduğu durumlarda vardır. Örneğin; otomobil iç döşemeciliği ve örmecilik alanında antrakinin esaslı boyarmadde kullanımı boyamanın optimum sonuçlar vermesiyle giderek artmaktadır. Bu boyarmaddeler asetat, triasetat, nylon ve bu liflerin poliestere ile karışımlarının boyanmasında sıkça kullanılmaktadır. (Sunguray, 2010)

Antrakinin dispers boyaların halen kullanılmasıyla birlikte sentezleri için yeni yöntemler geliştirilmiş ve yeni dispers boyalar konusunda yeni boya gruplarının araştırılması yönünde çalışmalar yapılmıştır. (Becerir, 2006)

2.2.1.3. Nitrodifenilamin gruplu dispers boyalar

Nitrodifenilamin gruplu dispers boyalar sarı ve oranj-sarı boyaların küçük bir bölümünü oluşturur. Bu boyaların poliestere lifleri üzerindeki ışık haslığı değerleri iyidir. Boyanın molekül boyutu arttırılarak veya boya molekülüne polar grup eklenerek süblimasyon haslıklarının iyileşmesi sağlanabilir. (Becerir, 2006)

2.2.1.4. Diğer kimyasal gruplar

Bu grupta özellikle benzodifuronon yapı esaslı yeni boyarmaddeler sentezlenmesi üzerinde çalışmalar yapılmıştır. (Becerir, 2006)

Benzodifuranon 20. yüzyılda keşfedilen yeni yapılardan biridir ve bazı büyük boya keşiflerinde olduğu gibi benzdifuranon yapısı da tesadüfen keşfedilmiştir. Bu yapı sarıdan kırmızı ve maviye kadar tüm renk paletini kapsamaktadır.

Poliester için kırmızı dispers boya olan ilk ticari benzdifuranon büyük bir etki yaratmıştır. Parlaklığı antrakinin kırmızısınıninkini bile geride bırakırken yüksek renklendirme gücü maliyeti düşürmektedir. (Gregory, 1990)

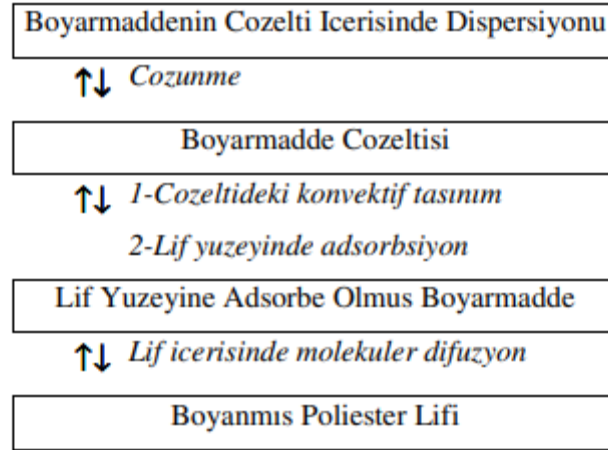
2.3. Dispers Boyarmaddeler ile Poliester Mamullerin Boyanması

Poliester boyama esnasında dispers boyanın life transferi monomoleküler sıvı içerisinde gerçekleşmektedir. Dispers olan boyarmadde partiküllerinin bir bölümü boya banyosu içerisinde moleküler bir çözelti oluşturmaktadır. Çözünmüş olan bu boyarmaddeler liflerin dış yüzeyine nüfuz eder ve yavaş yavaş lifin içine doğru ilerler. Boya partiküllerinin diğer bölümü lif yüzeyi tarafından adsorbe edilir ve lifin üzerine çöker, buradan da lifin içine doğrudan difüze olurlar. (Belten ve Çetiner, 2016; Mangut, 2006)

Yüksek sıcaklıkta dispers boyarmaddelerin çözünürlükleri belirli bir artış gösterse de sudaki çözünürlükleri düşüktür.

Boya banyosundaki boyarmadde molekülleri arasında dinamik bir denge mevcuttur ve şu şekilde sıralanabilir;

- 1) Suda dispers halde bulunan boya ile suda çözünmüş olan boya,
- 2) Boya banyosundaki çözünmüş olan boya lifin yüzeyine adsorbe olan boya ile,
- 3) Lifin yüzeyindeki boyarmadde lifin içine difüze olmuş halde bulunan boyarmadde ile dengededir.



Şekil 2.9. Poliester mamullerin boyanma mekanizması (Mangut 2006)

Denge durumuna göre birbirini takip eden reaksiyon basamakları;

- 1) Dispers boyarmaddenin lif yüzeyine difüzyonu,
- 2) Lif yüzeyinden boyarmaddenin adsorbsiyonu,
- 3) Boyarmadde partiküllerinin çözünmesi ve lif-su ara yüzeyi boyunca migrasyonu,
- 4) Lif yüzeyine tutunma,
- 5) Lifin içine difüzyon şeklindedir. Burada en yavaş ilerleyen lif yüzeyinden boyarmaddenin adsorbsiyonu adımıdır.

Boyama prosesi süresince banyodaki boyarmadde tamamıyla lif içine çektilmezse çözelti soğuma sırasında kristal bir hal alabilir. Böyle bir durumda oluşan kristaller lif üzerinde birikir bu durum sürtme haslıklarının düşmesine yol açar. Bazı dispers boyamalarda boya banyosuna fazla miktarda egalize maddesi ilave edilirse boyarmadde partikül boyutunda büyüme olabilir, bu durumda kristalleşme tehlikesini oluşturur. (Mangut, 2006)

2.4. Dispers Boyarmaddelerin Poliester Liflerine Sorpsiyonu ve Difüzyonu

2.4.1 Boya sorpsiyonu

Boyarmadde moleküllerinin lif üzerindeki düzenli dağılışı adsorbsiyon olarak tanımlanır. Adsorbsiyon sırasında hidrofob karakterdeki poliester liflerinin makromoleküller arası bağları gevşetilir ve boyarmaddenin girebileceği amorf bölgeler oluşturulur. (Mangut, 2006; Paydak, 2006)

Adsorbsiyon fazı boyama düzgünlüğünün belirlenmesinde önemli bir adımdır. Isıtma hızı boyarmaddenin adsorbsiyonunu sağlayacak uygunlukta olmalıdır. Poliester mamullerin boyanmasında boyama sıcaklığında oluşan migrasyon ile renk düzgünlüğü sağlanabilir. Ancak baştan üniform bir adsorbsiyon sağlamak daha emin bir yöntemdir. (Mangut, 2006)

Dispers boyarmaddelerin poliester liflerinde adsorbsiyonu hidrojen bağı, zayıf polar ve dispersiyon kuvvetleri ile meydana gelmektedir. Boyarmaddelerin adsorbsiyon ve çözünürlüğü arasındaki ilişkinin bağlı olduğu unsurlar boyarmadde molekülü ile içindeki polar ve π -bağı gruplarını sayısı ve yapısıdır. Poliester lifleri ile dispers boyarmaddeler arasındaki hidrofobik bağlanma liflerin bir miktar substantifliğine neden olsa da boyarmaddelerin liflere fiksajında hidrojen bağları ve van der Waals kuvvetleride oldukça önemlidir. (Becerir, 2006; Uğur, 2004)

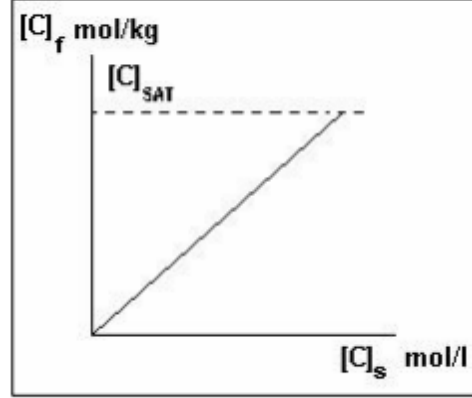
Poliester boyamada denge durumuna erişildiği zaman absorblanan boya miktarı kullanılan çözelti-materyal oranına ve lifin doygunluk kapasitesine bağlıdır. Lif belirli bir miktar boyayı alabiliyorsa başlangıçtaki boya miktarı arttırıldığında boyanın afinitesi sabit kalsa da, boya çekim oranı azalır.

Boya banyosundaki boya konsantrasyonunun azalması denge sıcaklığında boyanın life olan afinitesi ve çözelti içindeki lif miktarına bağlıdır.

Dispers boyanın paylaşım katsayısı (K) lif içindeki (mol/kg) boya konsantrasyonunun boya çözeltisi içinde kalan boya miktarına oranı (mol/L) ile ifade edilir. (Becerir, 2006)

Lif içindeki boyarmadde konsantrasyon varyasyonlarının, boyarmaddenin banyodaki konsantrasyonuyla birlikte bunların ilişkisinin tespit edilebilmesi için adsorbsiyon

izotermi geliştirilmiştir. Poliester liflerinin dispers boyarmaddelerle boyanması Nernst izotermi ile ifade edilmektedir. (Becerir ve İskender, 2000; Uğur, 2004)



Şekil 2.10. Nernst izotermi (Uğur 2004)

Şekil 2.10’da görüldüğü gibi Nernst izoterminin yönü doğrusaldır. Çözelti - lif içindeki boyarmadde konsantrasyonu grafiğinde lifin doyma noktasında ($(C)_{sat}$) sona eren düz bir doğru oluşmaktadır.

Nernst izoterminin formülasyonu şöyledir;

$$(C)_f = K(C)_s \quad (2.1)$$

Burada $(C)_f$ lif yüzeyindeki boyarmadde konsantrasyonunu, $(C)_s$ çözelti içindeki boyarmadde konsantrasyonunu ve K paylaşım katsayısını ifade etmektedir. (Becerir, 2006)

Bu izoterme göre boyanın lifler ve banyo arasındaki dağılımı iki farklı çözücü arasında bir tanesi doygunluğa ulaşana kadar paylaşımıdır. (Becerir, 2006)

Paylaşım katsayısı arttıkça, boyarmadde yapısına bakılmaksızın düzgünleşme azalmaktadır. Boyamada paylaşım katsayısı 700’den daha az olan boyarmaddeler daha iyi düzgünleşme sağlamaktadır. Bu boyaların afinite ve süblimasyon haslıkları yeterli olmasa da poliesterin boyanmasında kullanılmaktadır. (Mangut, 2006)

2.4.2 Boyarmadde difüzyonu

Difüzyon, boyarmadde moleküllerinin amorf bölgelere nüfuz etme kolaylığının bir fonksiyonudur. Boyanın difüzyonu liflerin amorf bölgelerdeki oryantasyon derecesine bağlıdır.

Boyarmadde difüzyonun etkileyen bazı parametreler mevcuttur. Bunlar; boya ve polimer substratı içindeki iyonize olabilen grupların yapısı ve konsantrasyonundaki değişiklik, her iki fazda bulunan her türlü etken arasındaki etkileşim, ana fazlarda ve sınır katmanlarında, çözücü yapısında ve moleküler oryantasyonundaki değişiklikler, substratın fiziksel yapısı ve amorf bölgelerdeki değişikliklerle gerilimlerin oluşması ve serbest kalması olarak verilebilir.

Boyama işleminin başlangıcında boyarmadde, substrat arasında üniform olmayan bir şekilde dağılır. Bu durumda boyarmadde konsantrasyonu lifin yüzeyinde maksimum seviyededir. Lifin içine henüz boyarmadde girişi yoktur. Yüksek konsantrasyondan düşük konsantrasyona doğru boya transferi sağlayacak şekilde bir konsantrasyon gradyenti oluşur. Bu durum Fick yasası ile ifade edilmektedir.

Fick yasası formülasyonu aşağıda verilmektedir.

$$F = - D [\delta C / \delta X] \quad (2.2)$$

Bu formülasyonda, F: birim kesit alanında transfer hızı, C: difüzyon yapan maddenin konsantrasyonu, X: kesite dik doğrultuda ölçülen ortam koordinatı, D: difüzyon katsayısı, $\delta C / \delta X$: konsantrasyon gradyentini ifade etmektedir. (Becerir, 2006)

Fick yasası formülasyonundaki negatif işaret sistemin çalıştığı yönü ifade etmektedir. Difüzyon artan konsantrasyona ters yönde oluşmaktadır. (Uğur, 2004)

Fick yasası konsantrasyon gradyentinin sabit kabul edildiği ortamdaki transfer hızını verir. Tüm yönlerdeki noktaların tamamının difüzyon özelliklerinin aynı olduğu izotropik bir ortamı ifade eder. Lifler gibi anizotropik olan ortamlarda ise difüzyon özellikleri ölçüldükleri doğrultularla bağımlıdır. (Becerir, 2006)

Difüzyon katsayısı molekülün ortam içindeki hareket hızılığının bir ölçüsü şeklinde tanımlanır. Katsayının sayıca değerin artması ile molekülün ortam içindeki hareketinin hızı da artar.

Verilen bir sıcaklıkta bir molekülün hava ortamındaki difüzyon katsayısı su ortamındakinden, su ortamındaki de lif içindeki katsayıdan yüksektir. (Becerir, 2006)

Difüzyon katsayısını etkileyen bazı faktörler mevcuttur. Bu faktörler;

- 1) Konsantrasyon,
- 2) Molekül ağırlığı,
- 3) Afinite,
- 4) Elektrolit,
- 5) Boyarmadde yapısı,
- 6) Sıcaklık.

Sıcaklıktaki artışla birlikte difüzyon katsayısı artmaktadır. Bunun nedeni boyarmadde molekülünden elde edilen kinetik enerjinin artması, lifin gözenek yapı ve çaplarındaki artışa sebep olan substrat makromolekül zincirindeki asilasyon gerginliği ve frekanslardaki artıştır. (Uğur, 2004)

Sıcaklığın difüzyon hızına etkisi difüzyon aktivasyon enerjisi tespiti ile ifade edilebilir. Difüzyonda yüksek konsantrasyondan düşük konsantrasyonlu bölgelere bir hareket söz konusudur. Bu hareket sıcaklığın yükselmesi ile artmakta ve molekülün bölgede veya kapılar yüzeyde bulunma süresi azalmaktadır. Bu ilişki difüzyon aktivasyon enerjisi ile belirtilmektedir.

Aktivasyon enerjisi aşağıdaki denklem ile verilmektedir;

$$D_T = D_0 e^{(-E/RT)} \quad (2.3)$$

Bu denklemde D_T : belirli bir sıcaklıkta gözlenen difüzyon katsayısı, D_0 : sabit, E : aktivasyon enerjisini ifade etmektedir. (Becerir, 2006)

Aktivasyon enerjisi yüksek ise sıcaklık arttıkça difüzyon katsayısı da artmaktadır. Düzgün bir boyama elde edebilmek için aktivasyon enerjisinin yüksek olduğu durumda sıcaklığın yavaş yükselmesi gerekmektedir. (Becerir, 2006)

Farklı boyama sistemlerinde aktivasyon enerjisi 10-80 kcal arasındadır. Poliester liflerinin dispers boyarmaddeler ile boyanmasında boyama sisteminin aktivasyon enerjisi 30 kcal civarındadır. Gerçek değer kullanılan boyarmaddeye, lifin maruz kaldığı işlemlere ve uğradığı fiziksel değişikliklere bağlıdır. (Becerir, 2006; Uğur, 2004)

2.5. Poliester Liflerinin Boyanma Metotları

Poliester lifleri yüksek kristalin yapısı, makromoleküller arasındaki yüksek çekim kuvveti, hidrofobik yapıda olması, boyarmadde moleküllerinin kimyasal bağ oluşturabileceği bir fonksiyonel grup içermemesi sebebiyle boyanabilmesi zor olan bir liftir. Poliesterin bu özelliklerinden dolayı boyamaya en uygun boyarmadde dispers boyarmaddelerdir. (Belten ve Çetiner, 2016)

Dispers boyarmaddelerin kaynama sıcaklığında poliester liflerine difüzyonu çok yavaştır. Bu durum boyamanın tatmin edici olmamasına ve normal boyama sürelerinde yalnızca açık renkler elde edilmesinde neden olmaktadır. Bu nedenle liflerin boyanmasında özel yöntemler geliştirilmiştir. (Sunguray, 2010)

Poliester liflerinin yapısındaki tereftalat gruplarının benzen halkaları 80°C civarında amorf bölgelere rijitlik sağlayan yüksek bir camlaşma noktası verirler. Bu nedenle yüksek sıcaklıklarda veya camlaşma noktasını düşüren keriyerler kullanılarak boyama yapılabilmektedir. (Uğur, 2004)

Poliester liflerinin boyanmasında kullanılan yöntemler;

- 1) HT (High Temperature) (Yüksek Sıcaklık) Boyama,
- 2) Keriyer (Taşıyıcı ile) Boyama,
- 3) Termosol Yöntemi ile Boyama. (Becerir, 2006)

2.5.1. HT (Yüksek Sıcaklık) boyama

HT boyama metodu poliester mamullerin boyanmasında en fazla kullanılan metottur. Kaynama noktasından daha yüksek sıcaklıklarda ve basınç altında gerçekleşir. (Sunguray, 2010; Uğur, 2004)

Poliesterin 1. camlaşma noktası 70-80°C 'dir. Bu sıcaklığın altında liflerin sadece amorf bölgelerinde bulunan etilen grupları hareketlilik kazandığından boyarmadde life nüfuz edemez. Ancak 2. camlaşma noktası olan 120-140°C'lere çıkıldığında kristalin bölgelerdeki benzen halkalarının hareketlenmesi ile liflere boyarmadde nüfuziyeti sağlanır. (Uğur, 2004)

HT boyama metodunda boyama başlangıç sıcaklığı 50-70°C arasındadır. Sıcaklık yükselme hızı 1-3°C/dk ve boyama sıcaklığı 130°C olabilir. Boyama süresi ise bu sıcaklıkta renk koyuluğu da dikkate alınarak 60 dakika civarında olabilir. (Behçet, 2006)

Boyamanın uygulanacağı sıcaklık; kullanılan boyarmaddeye, boyama makinesine, boyanacak mamulün özelliklerine bağlıdır. (Uğur, 2004)

Poliester lifleri %1-4 arasında oligomer içermektedir ve çoğu çiklik tereftalat trimerleridir. Bunlar mamul ve boyama makinesinin iç kısmına beyaz bir toz gibi çökerler. Boyama esnasında bu materyal çözünerek lif yüzeyinden ayrılarak çözelti içine geçer ve soğutma aşamasında tekrar çökme eğilimindedir. Bu sebeple boyama banyosu yüksek sıcaklıkta boşaltılmalı, boyama sonu soğutma hızı yavaş ve kademeli olmalıdır. (Becerir, 2006)

Başlangıç sıcaklığının seçimi, sıcaklık yükselme hızı, boyama sıcaklığı ve süresi, boya banyosu çekim hızı ve oranı, soğutma hızı ve indirgen yıkamanın etkinliği boyamada sonucu etkileyen önemli faktörlerdir. (Becerir, 2006)

HT boyamada genellikle; Isıtma → HT aşaması → Soğutma → Yıkama → Çalkalama adımları izlenir. (Sunguray, 2010)

Boyarmaddenin başlangıç aşamasından itibaren lif tarafından düzgün bir şekilde alınması sağlanmalıdır. Düzgün bir boyamanın yapabilmek için mamulün her turunda çözelti içinden %2-3 boyarmadde alımı yapması sağlanmalıdır. Alınan boya miktarı boyama başlangıcında sıcaklık yükseltilirken ve boyama sıcaklığına ulaşılmadan önceki aşamada önemlidir. HT boyamada ağır koşullar altında iyi dispersiyon stabilitesi gösteren boyarmaddeler kullanılmaktadır. (Becerir, 2006; Sunguray, 2010)

Bazı dispers boyalar hidrolize hassas bileşikler içerir ve pH değerindeki değişimler ile boyarmadde molekülü parçalanabilir. Bu durum boyarmaddenin haslık özelliklerini, lif içine nüfuziyet davranışını farklılaştırır. Bu nedenle boya hidrolizini en aza indirmek ve çözeltinin stabil olmasını sağlamak için pH 4.5-5.5 şeklinde ayarlanmalı nötr veya alkaliye kaymaması gerekmektedir. (Becerir, 2006; Sunguray, 2010)

Ağır metal iyonları bazı dispers boyarmaddeleri etkilemektedir. Bu iyonlar boyama sırasında renk değişikliklerine sebep olurlar. Ayrıca bakır ve demir iyonları ile mavi-violet renkli dispers boya metal-boya kompleksi oluşturarak lif üzerine çökme ve lekeler oluşmasına neden olurlar. Bu durumun önüne geçebilmek için suda bulunabilecek bakır ve demir tuzları, kalsiyum ve magnezyum katyonlarına karşı iyon tutucuların kullanılması gereklidir. (Becerir, 2006; Sunguray, 2010)

HT boyamanın avantajları;

- Boyama süresinin azalması,
- Nüans tekrar edilebilirliğinin daha iyi olması,
- Keriye istenmeyen olumsuzluklarından kaçınılmış olunması,
- Keriye maliyetinin ortadan kalkması ve dolayısıyla boyama masraflarının düşmesi,
- Liflerin fiksaj ve çekmelerindeki düzgünsüzlüklerden kaynaklanan farklılıkların daha iyi bir şekilde örtülmesi,
- İpliklerin ve liflerin içine nüfuz etmiş boyamaların elde edilmesi,
- Yüksek moleküler ağırlıktaki boyarmaddelerle nüfuziyetin iyi bir şekilde sağlanmasıdır.

HT boyamanın dezavantajları;

- Yatırım masraflarının keriye metoduna nazaran daha yüksek olması,
- Yüksek sıcaklıklarda çalışmanın mamul özelliklerine olumsuz yönde etkisi, bazı sargıların yüksek sıcaklıkta büzülme miktarının fazla olması gibi sakıncalar oluşturması,
- Yüksek sıcaklıklarda (120 °C üzerinde) liflerin zarar görme tehlikesinin artmasıdır. (Sunguray, 2010)

2.5.2. Keriyer (Taşıyıcı ile) boyama

Akrilik ve poliester gibi sentetik liflerin yoğun ve sıkı yapılarından kaynaklı olarak camlaşma sıcaklığı altında boyanmaları zordur. Bu nedenle boyamada yüksek sıcaklık kullanılarak veya düşük molekül ağırlıklı bileşikler ilave edilerek boyanma oranı arttırılabilmektedir. (Sunguray, 2010)

Poliester liflerinin boyanmasında keriyer ilavesiyle daha düşük sıcaklıklarda (~100 °C) boyama yapmak mümkündür. Bu kimyasallar hızlı şekilde absorblanırlar ve boyama hızının artmasını sağlarlar. Ayrıca keriyerler lif içindeki boya migrasyonunu yükseltirler. Poliester liflerinin düzgün boyanması keriyerlerin yapısı, boyama zamanı, sıcaklık, boyarmaddenin migrasyon gücü gibi etkenlere dayanmaktadır. (Becerir, 2006; Uğur, 2004)

Keriyerlerin varlığı camlaşma sıcaklığını yaklaşık 20°C düşürmektedir. Difüzyon ve migrasyon oranının yükselmesinde camlaşma sıcaklığının düşmesi etkin bir rol oynar. (Sunguray, 2010)

Genellikle kullanılan keriyerler fenoller, aminler, aromatik hidrokarbonlar ve esterlerdir. Suda az çözünen ve kendi kendine emülsiyon oluşturulabilen keriyerler daha etkilidir. (Becerir, 2006; Sunguray, 2010)

Keriyerlerden beklenen özellikler;

- Kullanılan keriyerlerin ekonomik olması ve kullanım miktarının az olması,
- Boyama hızı ve lif doygunluk değerini arttırması,
- Kolay uygulanması,
- Renk haslığına zarar vermemesi,
- Toksik olmaması,
- Kolayca uzaklaştırılabilmesi,
- Cilde herhangi bir zarar vermemesi,
- Doğal liflere zarar vermemesi. (Becerir, 2006)

Keriyerlerin hızlandırıcı etkisini açıklamak amacıyla birçok teori ileri sürülmüştür. Bu teoriler lif yapısındaki değişimler ve boya banyosundaki değişimler olmak üzere iki gruba ayrılır. (Uğur, 2004)

1) Lif yapısındaki değişim ile ilgili teoriler

- Lif yapısını gevşetme: Bu teoride keriyeleler lif tarafından dispers boyama mekanizması ile aynı şekilde absorblanır. Life hidrojen köprüleri ve van der Waals kuvvetleri ile bağlanarak lifler arasındaki bağları zayıflatırlar. Böylelikle boyarmaddenin life nüfuziyeti kolaylaşır.
- Boyarmaddenin girebildiğı bölgelerde artış: Bu teoride lifin kompakt yapısı sebebiyle boyarmaddenin giremediğı bölgeleri keriyelelerin açıp genişlettiğı öne sürölür. Keriyeleler amorf bölgeleri arttırır. Böylece boyama için elverişli alan artmış olur.
- Şişirme: Bu teoriye göre keriyeleler lifi şişirmektedir. Liflerin şişmesiyle içine büyük molekülölü boyarmaddenin nüfuziyeti daha hızlı olmaktadır.
- Yağlayıcı etki: Bu teoride keriyele molekülleler arası bağları kopararak uzun zincirli moleküllelerin kayganlığını arttırır. Böylece boyarmadde moleküllelerinin difüzyonu daha kolay hale gelir.

2) Boya banyosundaki değişim ile ilgili teoriler

- Transfer teorisi: Bu teoriye göre, boya banyosunda keriyele ve boyarmadde bir kompleks oluşturur. Böylelikle boyarmadde keriyele bileşiminin, boyarmaddenin sulu çözeltisine göre lif tarafından daha hızlı absorblandığı iddia edilmiştir.
- Boyarmaddenin çözünürlüğünü arttırma: Bu teoride ise keriyelelerin sulu fazda boyarmaddenin çözünürlüğünü ve boyarmaddenin lifler tarafından absorblanmasında artış meydana gelmektedir.
- Sıvı lif teorisi: Bu teoriye göre, keriyeleler lif içine emilir ve burada boyarmadde çözölücü ve taşıyıcı gibi hareket eder.
- Filmden boyarmaddenin elde edilebilirliğinin artması: Bu teoride keriyele liflerin etrafını bir film tabakası halinde sarar. Böylece dispers boyarmaddenin keriyele içinde çözölündüğü ve lif içine daha hızlı nüfuz ettiğı ileri sürölümüştür.

- Su çekmede artış: Bu teoride ise hidrofilik grup içeren keriyerlerin poliester lifine hızlı difüzyon oranı verdiği iddia edilmiştir. Bu hidrofilik bölümün suyu çektiği kabul edilir. Su için artan çekim boyarmadde çözeltisinin akışını artırır. Böylelikle boyama oranında artış meydana gelir.

Keriyer boyama prosesinde, boyama flottesinin pH'ı 4,5-5,5'e ayarlanır daha sonra boyama yardımcı kimyasalları ilave edilir. Kullanılan keriyer cinsine göre boya banyosunun sıcaklığı 40-70°C'ye çıkarılmaktadır. Mamul flottede bir süre muamele edilir daha sonra keriyer ilave edilip 15 dakika kadar işleme devam edilir. Flotteye boyarmadde ilavesinden sonra sıcaklık yaklaşık 30-45 dakika içerisinde kaynama sıcaklığına çıkarılır. Bu sıcaklıkta 1-2 saat boyama devam eder sonrasında redüktif yıkama yapılır.

HT boyama prosesinde küçük miktarlarda keriyer ilavesinin faydalı olduğu saptanmıştır. Keriyer boyarmaddenin migrasyon özelliklerini ve dengesini geliştirmektedir.

Keriyer boyama, keriyerin ekonomik olmaması, kumaştan uzaklaştırılmasının zorluğu, lekelenme problemi, çevresel problemleri dolayısıyla bazı sınırlamalara sahiptir. Bazı keriyerler ışık haslığını kötü etkilemektedir. İyi haslık değerleri keriyer boyamadan sonra redüktif ard işlem ve 190-220°C'de fiksaj işlemlerinin ardından elde edilmektedir. (Uğur, 2004)

Çevresel problemler nedeniyle keriyerli boyama yöntemi tercih edilebilir bir yöntem olmaktan çıkmıştır. Ancak HT boyama yönteminde keriyer ilavesi ile boyama sıcaklıklarının 10-15 °C azaltılması mümkündür ayrıca düzgünsüzlük problemlerini giderebilmek içinde banyoya bir miktar keriyer ilave edilebilir. (Becerir, 2006)

2.5.3. Termosol yöntemi ile boyama

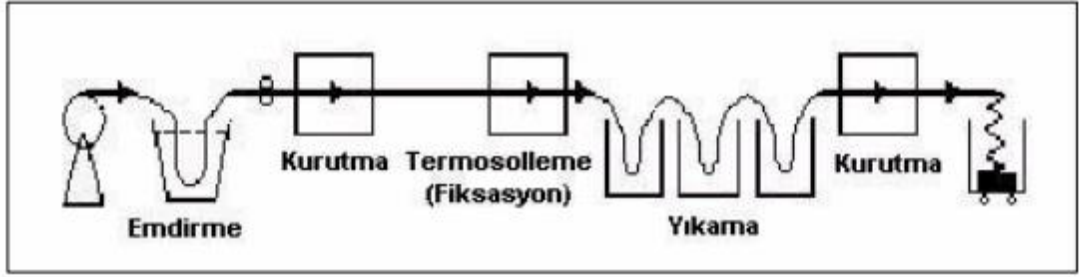
Termosol boyama metodu DuPont firması tarafından 1949 yılında poliester ve poliester karışımlarının boyanması için geliştirilmiş sürekli sistemde boyama metodudur. (Mangut, 2006; Uğur, 2004)

Bu yöntemin avantajı termofiksaj ile boyama işleminin aynı anda yapılmasıdır. Termosol boyama yönteminde süblimleşme yeteneği yüksek olan büyük moleküllü boyarmaddeler kullanılmaktadır. (Mangut, 2006)

Bu boyama yöntemi ince bir boyarmadde tabakası ile çevrelenen lifin 180-220°C gibi yüksek sıcaklıklara maruz bırakılarak boyanın lif içine difüzyonu sağlanır. 200°C'deki boyarmadde difüzyonu 100-120°C'deki difüzyon seviyesine göre daha hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. Termosol boyama yöntemi bugün en fazla poliester/selüloz karışımlarına uygulanmaktadır. (Uğur, 2004)

Termosol boyama yöntemi;

- 1) Mamulün boyarmadde flottesıyla fullardda emdirilmesi,
- 2) Ara kurutma (ön kurutma + esas kurutma),
- 3) Termosolleme,
- 4) Ard işlem, adımlarından oluşmaktadır.



Şekil 2.11. Termosol boyama yöntemi işlem adımları (Uğur 2004)

Termosol boyama prosesinde, ilk önce mamul fullardda boya banyosu ile muamele edilir. Bu emdirme boya banyosu, dispers boyanın yanında, antimigrasyon maddesi, pH düzenleyici, absorpsiyon hızlandırıcı maddeler de içermelidir. Ayrıca düzgün bir emdirme olabilmesi için mamulün her yerinin eşit şekilde emici olması sağlanmalıdır. Bunun için mamulün haşılının düzgün bir şekilde uzaklaştırılması, yıkama işleminde leke ve emdirme kalıntılarından arındırılması, her yerinin aynı kurulukta olması gereklidir.

Fullardlama işleminin ardından boya flottesinin akmaması ve boyarmaddenin migrasyonu önlenmelidir. Burada kullanılan fullard ve boya flottesini termosol yöntemine uygun olmalıdır. Emdirme işleminde alınan flotte %50-60 olacak biçimde mamule sıkma işlemi uygulanır. Ancak poliester lifinin hidrofob yapısı sebebiyle flotte lifler

tarafından emilmez, liflerin yüzeyinde boyarmadde-yardımcı kimyasal tabakası oluşturur. Daha sonrasında mamul bu boya kimyasal tabakasının bozulmaması amacıyla herhangi bir yere değmeden genellikle fulardın üzerine yerleştirilmiş olan ön kurutma kanalına girmektedir. (Uğur, 2004)

Migrasyon tehlikesi nedeniyle kurutma işlemi mamulün her yerine aynı hızda ve düzgünlükte yapılmalıdır. Aksi durumda ise az kuruyan kısımlarda yüzey flottesı çok kuruyan kısma doğru göç eder ve kenar-orta, iki yüzü farklı boyama gibi hatalı boyamalara neden olur.

Kurutma; mamul cinsi ve kurutucu özelliği gibi faktörlere bağlı olarak 100-140°C’de yapılmaktadır. Mamulün her noktası eşit şekilde kurutulmazsa fazla kuruyan yerlerde lif yüzeyindeki boyanın bir kısmı lif içine nüfuz eder. (Uğur, 2004)

Kurutma ön kurutma ve esas kurutma adımlarından oluşmaktadır. Termosol yönteminin en önemli adımıdır. Bu işlem boya migrasyonuna izin vermeyecek şekilde yapılmalıdır. (Becerir, 2006)

Kurutma işlemi aşağıda verilen yöntemler ile sağlanabilir.

- İnfrared ön kurutma ve silindir kurutma,
- İnfrared ön kurutma ve hot flue kurutma,
- Hot flue ön kurutma ve kurutma.

Ön kurutma adımında suyun yaklaşık %60-70’i geri kalanı da esas kurutmada uzaklaştırılır. (Becerir, 2006)

Termosolleme; kurutmanın tamamlanmasının ardından bu adımda mamul 180-220°C’de 30-60 saniye kuru sıcaklıkta işlem görür. Bu işlemde lif yüzeyine oluşan film tabakasından boyarmaddeler ısınarak lifin içine fikse olurlar.

Termosolleme işlemi;

- 1) Isıtma periyodu,
- 2) Boya absorpsiyon periyodu,
- 3) Boya difüzyon periyodu adımlarından oluşmaktadır.

Isıtma adımı; tekstil materyalinin yapısı dikkate alınmalıdır. Mamul yoğunluğunun artmasına bağlı olarak ısıtma için gerekli süre de artmaktadır.

Absorbsiyon adımı; termofiksaj sıcaklığının altında başlar, burada gerekli zaman fikse olacak boyarmadde miktarına bağlıdır. Bu adımda başlayan boya difüzyonu, uygulanan sıcaklık seviyesi ile doğrudan ilişkilidir. Sıcaklığın artması ile difüzyon hızı absorbsiyon hızından daha yüksek bir değere ulaşır. Bu nedenle optimum fiksaj sıcaklığına ulaşılması ve uygun boyamanın yapılabilmesi amacıyla zaman dilimi daha kısa olmalıdır.

Çizelge 2.3. Termosolleme süreleri (Becerir 2006)

TERMOSOLLEME SÜRESİ			
Termosolleme makinesi	Başlangıç ısıtması	210°C’de kalış süresi	Toplam fikse süresi
Hot-Flue	30-60 s	20-30 s	50-90 s
Ramöz	5-20 s	20-25 s	30-40 s
Tamburlu ve delikli fikse makinesi	3-5 s	7-20 s	10-25 s

Termosol yönteminin avantajları;

- Sürekli bir metottur, üretim hızı yüksektir,
 - Mamul enine açık olarak işlem görür bu sayede boyarmadde fiksesi ve poliesterin termofiksajı aynı anda yapılabilir,
 - Keriye kullanımı gerektirmez,
 - Boyarmadde fiksaj verimi yüksektir,
 - Düzgün boyamalar elde edilmektedir,
 - Pamuk/poliester karışımı mamullerin tek adımda boyayabilme olanağı sağlar.
- (Halis, 2017)

2.5.4. Redüktif yıkama

Tekstil materyallerinde boyama, baskı gibi işlemlerin ardından lifin yüzeyinde kalan fikse olmamış boyarmadde kalıntılarını, yüzey aktif maddeleri, migrasyon inhibitörlerini veya mamul üzerindeki çeşitli kirlilikleri uzaklaştırmak için gerekli yardımcı maddeler kullanılarak yıkama yapılmaktadır. (Balcı ve Oğulata, 2013; Sunguray, 2010)

Yıkama işleminin amacı; yüzeydeki fikse olmayan boyarmaddenin uzaklaştırılmasıyla birlikte haslık değerlerini iyileştirmek ve son rengin elde edilmesini sağlamaktır. (Balcı ve Oğulata, 2013)

Boyama işleminin sonunda lif yüzeyindeki boyarmadde konsantrasyonu lifin içindeki boya konsantrasyonundan fazladır. Yüzeye adsorblanmış fikse olmayan boyanın renk verimine etkisi azdır ve yıkama işlemlerinde tekrar banyoya geçerek haslık özelliklerini kötü etkiler. (Sunguray, 2010)

Poliesterin boyanmasının ardından redüktif yıkama olmadan istenen haslıklara ulaşmak mümkün değildir. Yıkamanın orta ve koyu renk boyamalarda haslık özelliklerini olumlu bir şekilde etkilediği kanıtlanmıştır. Açık renkli mamullerin yıkanması yalnızca haslık özelliklerini iyileştirmek için değildir, çünkü çok fazla haslık problemleriyle karşılaşmamaktadır. Burada amaç oligomer oluşumunu azaltmak ve yok etmektir. (Aniş ve Eren, 2003)

Redüktif yıkama işleminin gerekliliği boyarmadde konsantrasyonuna ve boyarmadde özelliklerine bağlıdır. Redüktif yıkama ihtiyacını, çekirme seviyesi, difüzyon, dispersiyon stabilitesi, kimyasal tipi, selüloz karışımları gibi faktörler etkilemektedir. (Mangut, 2006)

Redüktif yıkama işleminde, boyanan mamul indirgen madde ve kostik soda (NaOH) ile işlem görür. Bu işlemde gevşek azo dispers boyarmaddelerinin azo bağları kırılır. Antrakınon dispers boyarmaddeler ise redüktif yıkama işlemi ile tamamen tahrip edilemez, yüzey temizliğinin gerçekleştirilmesi için dispers boyarmaddenin geçici olarak alkali leuko formda çözünmesi gerekir. (Mangut, 2006)

Redüktif yıkamada en çok kullanılan indirgen maddeler; hidrosülfid, sodyumbisülfid, formamidinsülfid ve glukoz türevleridir. İndirgen maddelerin yanı sıra kullanılan bazı yardımcı maddelerde vardır. Bu maddelerden beklenen özellikler; iyi temizleme ve disperse etme, renk nüansını etkilememesi, köpük oluşturmaması, oligomer ve boyarmadde artıklarının çökmelerini engellemesi, alkaliye karşı dayanıklı olmaları ve biyolojik olarak parçalanabilir olmalarıdır. (Aniş ve Eren, 2003)

Noniyonik maddeler oligomer azaltma yönünden anyonik maddelere göre daha uygundur. Oligomerlerin azaltılmasında yağ asidi etoksilatı esaslı noniyonik maddeler olumlu etki göstermektedir. Oligomer azaltmada ve haslık değerlerinin iyileştirilmesinde optimum yıkama sıcaklığı 80°C'dir. Yıkama süresi yalnızca yıkama haslığı üzerinde olumlu etkiye sahiptir. (Mangut, 2006)

2.6. Renk Kavramı

Tekstil mamullerine albeni kazandırabilmek, satılabilir hale getirmek amacıyla terbiye işlemlerinden sonra boyarmaddeler ile renklendirme işlemi yapılmaktadır. (Mangut, 2006)

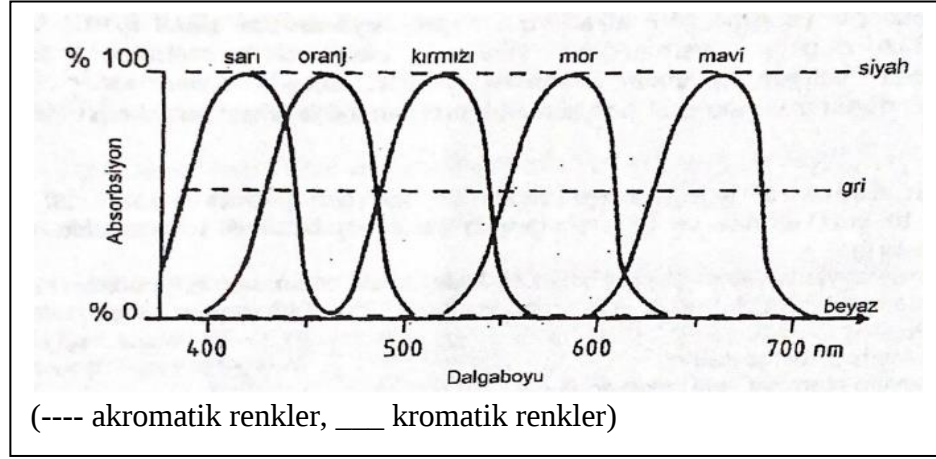
Renk fiziksel, kimyasal, psikolojik ve fizyolojik olayların sonucu olarak algılanan ve bu faktörlerden etkilenen bir duyumdur. İnsan tarafından görülebilir elektromanyetik spektrum dalga boyları 400-700 nm arasındadır. (Becerir, 2006)

Gazlar, sıvılar ve katılar ışığın tamamını veya belli bir kısmını absorblayabilir ya da hiç absorblamayabilir. Absorblanmayan ışık sıvıların veya katıların yüzeyinden yansır ya da gazların, sıvıların ve camsı katıların içinden geçer. Işık kaynağından yayılan, yansıtılan veya geçirilen ışıklar insan gözünün retinasına ulaşır. Burada meydana gelen fotokimyasal reaksiyonlardan sonra renk bilgisi beyne iletilir ve renk algılaması gerçekleşir. (Becerir, 2006)

Bir rengin algılanabilmesi için; ışık kaynağına, ışık kaynağının aydınlattığı bir cisme ve bir gözlemciye ihtiyaç duyulmaktadır. (Yeşil, 2010)

Bir cisme çarpan ışınların tamamı ortama geri yansırsa cisim beyaz olarak görülür. Işığın tamamı absorbe edilirse cisim siyah olarak görülmektedir. Eğer cisim 400-700 nm arasındaki ışığın belirli sabit bir oranını absorbluyorsa gri olarak görülmektedir.

Beyaz, siyah ve gri akromatik renklerdir. Kromatik renklere sahip olan cisimler ise görünür bölgede absorpsiyon maksimum ve minimum noktalarına sahiptirler. Işığın bir kısmının absorbe edilip geriye kalanların yansmasıyla cisim belli bir renkte görülür, bu yansıyan ışınların oluşturduğu renktir. Cisimlerin renkliliği seçimli ışık absorpsiyonundan ileri gelmektedir. Absorbe edilen ve yansıyan ışınların toplamı beyaz ışığı oluşturmaktadır. Absorbe edilen renk görünen rengin komplementeri olmaktadır. (Becerir, 2006; Mangut, 2006)



Şekil 2.12. Renkli cisimlerin renk absorpsiyonunun şematik gösterimi (Becerir 2006)

İnsan gözünün rengi algılamasında maksimum absorpsiyonun olduğu dalga boyu ve oluşan bandın şekli önemli parametrelerdir. Absorpsiyon bandının genişliğinin azalması ve eğiminin artmasıyla daha iyi bir renk nüansı elde edilmektedir. (Becerir, 2006)

2.6.1. Kolorimetri ve renk

Renklerin bilimsel olarak araştırılabilmesi, boyarmaddelerin ve pigmentlerin uygulanabilmesi için renklerin kantitatif olarak ifade edilmesi gerekmektedir. Çözünen boyarmaddenin transmittans (geçirgenlik) spektralarını ölçmek yeterli değildir, boyalar ve pigmentler ile renklendirilen yüzeylerin reflektans spektraları daha önemlidir. (Becerir, 2006)

Renkler sayısal olarak üç temel şekilde ifade edilebilir. Bunlar;

- 1) Beer-Lambert yasası ile boyarmadde çözeltilerinin transmittasyonu işaretlenerek fiziksel spektra gösterilir. Başka bir yol ise substrat üzerinde yapılan boyamaların reflektanslarını dalga boylarına göre göstermektir. Bu yöntemde renk görünümüne bağlı parametreler dikkate alınmamaktadır.
- 2) Dalgaboyları ve şiddetleri farklı olan görünür ışığın insan gözünde oluşturduğu etkiye dayanan sistemler; bu sistemlerin içinde en çok kullanılan CIE (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) sistemidir. Herhangi bir yüzeyden yansıyan ışığın, kırmızı, yeşil ve mavi ışığın uygun oranlarda aditif karışımı ile elde edilebileceği esasına dayanır. İnsan gözünde renk oluşumu üç boyutlu bir problemdir. CIE sisteminin temelini üç ana renge dayanan üç parametre oluşturur.
- 3) Renk görünümü duyumunun ölçümüne dayalı sistemler; bu sistemlerin bağlı olduğu parametreler, parlaklık, renk açısı (renk tonu) ve doygunluk (kroma) tur. Üç boyutlu bir renk cismi elde edilebilir. (Becerir, 2006)

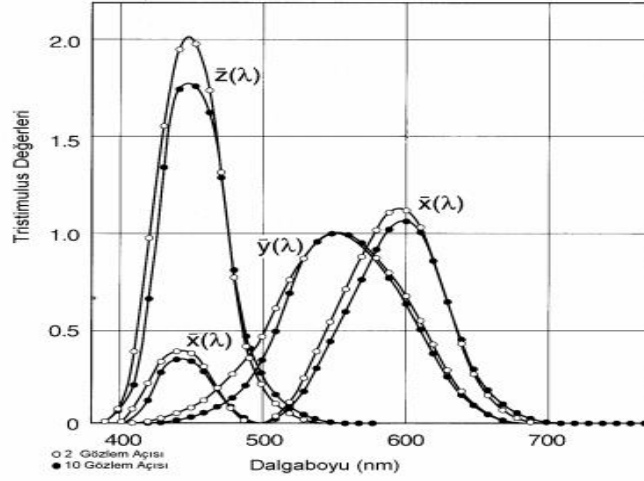
CIE sistemine göre rengi tam olarak algılayabilmek için üç ayrı sinir yardımıyla en az üç bölgeye uyarı gönderilmelidir. Bu uyarılar bir noktada birleşmelidir. Her renk rakam veya kavram ile ifade edilebilir. İnsan gözünün standart spektral değer eğrileri $\bar{x}$, $\bar{y}$ ve $\bar{z}$ ile gösterilir ve her birinin değişik renkteki ışınlar için duyarlılıkları farklıdır oluşan üç psikolojik fonksiyon renk ölçme sisteminin esasını oluşturur. (Mangut, 2006)

$\bar{x}$: uyarı merkezi kırmızının hakim olduğu ışına, $\bar{y}$: uyarı merkezi yeşilin hakim olduğu ışına ve $\bar{z}$: uyarı merkezi mavinin hakim olduğu ışına hassastır.

Kolorimetri renk ölçüm bilimine verilen addır. Subjektif olarak algılanan rengi, fiziksel metotlarla kaydetmek ve bunu sayısal değerlerle ifade etmeye renk ölçümü denir. Kolorimetrenin esasını X, Y, Z tristimulus değerleri oluşturmaktadır. Bu değerler tekstil endüstrisinde rengi tanımlama, renk eşleştirme ve renk sınıflandırma amaçlarıyla kullanılmaktadır.

Rengi sayılarla ifade edebilmek amacıyla farklı dalga boylarındaki ışığın renge hassas aletlerdeki cevapları standart hale getirilmiş ve buna da CIE standart gözlemci adı verilmiştir. Normal renk görüşüne sahip olan kişiler ile yapılan renk eşleştirme

deneylerinden elde edilen spektral cevap eğrileri CIE sisteminin kırmızı, yeşil, mavi primerlerini ifade eder. Bu cevap eğrileri 2° ve 10°'lik gözlem alanları için standart gözlemciler olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.13. Standart gözlemci eğrileri (Mangut 2006)

Standart gözlemci eğrileri λ dalgaboyu için $\bar{x}_\lambda$, $\bar{y}_\lambda$, $\bar{z}_\lambda$ olarak ifade edilmektedir. Renk, her dalgaboyundaki R_λ reflektansı ile o dalgaboyuna karşılık gelen renk eşleştirme fonksiyonları $\bar{x}_\lambda$, $\bar{y}_\lambda$, $\bar{z}_\lambda$ değerleri çarpılarak bulunmaktadır. Ayrıca kullanılan aydınlatıcının enerji dağılımı S_λ 'da hesaba katılarak rengi ifade eden CIE tristimulus değerleri elde edilmektedir. (Becerir, 2006)

$X = k \sum S_\lambda R_\lambda \bar{x}_\lambda$	Kırmızı Primer
$Y = k \sum S_\lambda R_\lambda \bar{y}_\lambda$	Yeşil Primer
$Z = k \sum S_\lambda R_\lambda \bar{z}_\lambda$	Mavi Primer

Şekil 2.14. Rengin tristimulus değerleri (Becerir 2006)

Burada ;

X, Y, Z : Rengin Tristimulus Değerleri

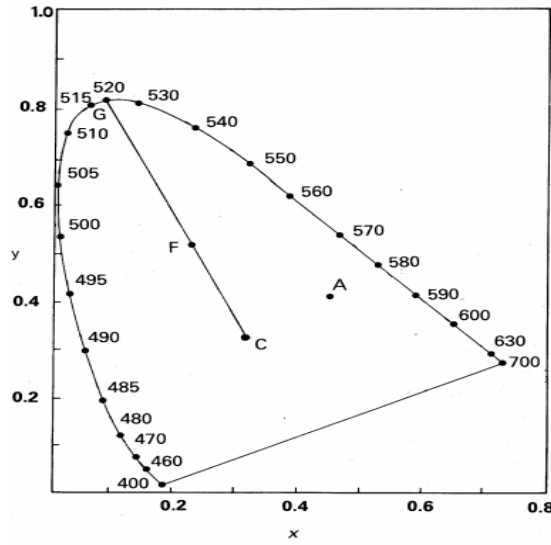
S_λ : Aydınlatıcının Spektral Eğrisi (λ dalgaboyu için)

R_λ : Yüzde Reflektans (λ dalgaboyu için)

$\bar{x}_\lambda, \bar{y}_\lambda, \bar{z}_\lambda$: Renk Eşleştirme Fonksiyonları

k : Normalizasyon Çarpanı

Renklerin tristimulus değerlerinden (X, Y, Z) yola çıkarak bir renk uzayında gösterilebilmeleri için bu değerler ile x, y, z kromatiste koordinatları elde edilmiştir. Kromatiste koordinatları kullanılarak çizilen renk düzlemine kromatiste diyagramı denir. x 'in absis y 'nin ordinat olduğu x - y kromatiste diyagramı en çok kullanılan diyagramdır. Bu diyagram Şekil 2.15'de verilmektedir. (Becerir, 2006)



Şekil 2.15. CIE kromatiste diyagramı (Mangut 2006)

Kromatiste koordinatlarının tarifi şu şekildedir;

$$x = (X/X+Y+Z) \quad y = (Y/X+Y+Z) \quad z = (Z/X+Y+Z) \quad x+y+z = 1 \quad (2.4)$$

(Becerir,2006)

2.6.2. Renk formülasyonları

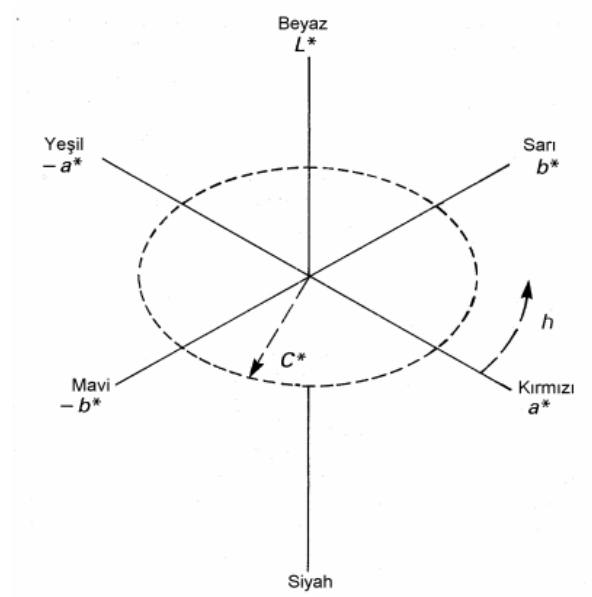
CIE, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun Fransızca baş harflerinin kısaltmasını ifade etmektedir, aydınlatma renk ve renk ölçümüyle ilgili en önde gelen kuruluştur.

1931 CIE renk ölçüm sisteminin ortaya konmasının ardından renk farkının değerlendirilmesi için çeşitli çalışmalar yapıldı. 1936-1976 yılları arasında geliştirilen formülasyonların çoğu X, Y, Z tristimulus değerlerinin daha üniform renk uzayını tanımlayan L^* , a^* , b^* değerlerine dönüşümlerini içermektedir. (Özçelik, 2005)

1970'li yıllarda önerilen 20'den fazla renk formülasyonu bulunmaktaydı ve bunlardan 13'ü renk uygulamalarında kullanılıyordu. En fazla kullanılan %31'lik oranla FMC-II fonksiyonuydu ancak bu istenmeyen bir durumdu çünkü farklı uygulamalar için formülasyon bileşenlerinin uyumsuzluğu söz konusuydu. Renk kalite kontrolünde renk ölçüm uygulaması tam olarak yerleşmemişti. Daha sonraki yıllarda yapılan çalışmalar ANLAB renk formülasyonunun en güvenilir sonuçları verdiği gösterdi.

1973 yılında CIE Kolorimetri Komitesi tarafından ANLAB formülasyonlarına dayalı hesaplamalarda polinom yerine küp-kök fonksiyonunun kullanılması kabul edildi. Sonrasında bazı değişim önerileri de göz önünde bulunduruldu ve CIE (1976) renk formülasyonunun tavsiye edilen formülasyon olmasına karar verildi. (Becerir, 2006)

CIELAB 1976 renk formülasyonun dayandığı CIELAB renk uzayı Şekil.2.16'da verilmektedir.



Şekil 2.16. CIELAB renk uzayı (Becerir 2006)

CIELAB renk formülasyonu denklemleri aşağıda verilmektedir;

$$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16 \quad (2.5)$$

$$a^* = 500 [(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}] \quad (2.6)$$

$$b^* = 200 [(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}] \quad (2.7)$$

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (2.8)$$

$$h = \arctan (b^*/a^*) \quad (2.9)$$

Burada;

L^* : Işıklılık (Açıklık-Koyuluk) Ekseni Değeri,

a^* : Kırmızı-Yeşil Ekseni Değeri,

b^* : Sarı-mavi Ekseni Değeri,

C^* : Kroma (Renk Doygunluğu),

h° : Renk Açısı (Renk Tonu)

X_n, Y_n, Z_n : Aydınlatıcının Tristimulus Değerleri (Becerir, 2006)

CIELAB renk uzayında a^* ve b^* eksenleri birbirlerine dik açı yapmakta ve nötral bir noktada (renğin parlaklığına göre gri veya beyaz) kesişmektedir. Üçüncü eksen olan L^* açıklık-koyuluğu ifade etmekte olup bu ekseninin yarısından yukarı doğru beyaza, aşağı doğru siyaha gidilmektedir. a^+ yöne gidildikçe kırmızılık b^+ yönde sarılık artmaktadır. Kırmızıdan sarıya doğru artış gösteren renk dönme açısı h° rengin bir ölçüsüdür. $h^\circ=0$ kırmızı bir renk tonunu, $h^\circ=90$ sarı bir renk tonunu, $h^\circ=270$ mavi bir renk tonunu ifade etmektedir. Nötral noktadan uzaktaki bir nokta kromayı ifade eder. Kroma bir renk boyutudur. Belirli bir renk açısının şiddetini veya doygunluğunu ifade etmektedir. Bir kromatik rengin aynı değere sahip gri bir renkten uzaklığı olarak tanımlanmaktadır. C^* kromanın sayısal değeridir. ΔE^* , bir renk farkı denklemi ile hesaplanan toplam renk farkını göstermektedir. (Yeşil, 2010; Özçelik, 2005)

CIELAB birimlerine göre renk farklılığı şöyle ifade edilmektedir;

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (2.10)$$

ΔE^* : Renk farkı formülasyonu

Δ : Numunenin sayısal değeri–Standartın sayısal değeri (Becerir, 2006)

Bilgisayarlı renk formülasyonu programının çalışabilmesi için bir numunenin boyanmasında kullanılan boyarmaddelerin konsantrasyonu ve elde edilen renk arasında matematiksel bir ilişki olması gerekmektedir. Renk eşleştirme yazılımlarının matematik temelini oluşturan ve en fazla kullanılan fonksiyonu Kubelka-Munk fonksiyonudur. Bu formülasyonun en etkin kullanımı boyarmaddenin maksimum absorpsiyon dalgaboyudur. 1931 yılında ileri sürülen bu teori ve bundan üretilen formülasyonlar, boyalı mamullerin ışık absorblama ve saçma özellikleri ile yüzeyin reflektansı ve kullanılan boyarmadde arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir.

Kubelka-Munk fonksiyonu;

$$K/S=(1-R)^2/2R \quad (2.11)$$

Burada; K: Yüzeyin ışık absorblama katsayısı,

S: Yüzeyin ışık saçma katsayısı

R: Dalgaboyunda gerçekleşen % reflektans'ı ifade etmektedir.

(Özçelik, 2005)

CIE sistemine göre renk değerlendirilmesi çoğu uygulamada başarı sağlamıştır. Renk ölçümünün hemen hemen tüm uygulamalarında CIE sistemi kullanılır. Sisteme temel prensipleri değiştirilmeden bazı eklemeler yapılarak gelişimi sağlanmıştır. Sistemin bazı sınırlı niceliklerinden dolayı sınırlamaları vardır ve bunların giderilmesi konusunda görüş ve çalışmalar mevcuttur. (Becerir, 2006)

CIE tristimulus değerleri ölçülen numunenin rengi ile ilişkilidir ancak parlaklık, yüzey tekstürü gibi önemli özellikler göz önünde bulundurulmamaktadır. Parlak ve mat boyalı yüzeyler aynı tristimulus değerlerini verebilir ama ikisi birbirinden farklı gözükürler. Bu numunelerin renklerinin aynı görünmesi aydınlatma ve gözlemde uygulanan geometrik düzenlemelere bağlıdır.

Cihazın aydınlatma ve gözlem şartlarının geometrisi görsel olarak kullanılan sisteme yakın olursa renkler birbirine yakın görülür. Renk görsel olarak değerlendirilirken ortalama yapılır ancak gözlemci bakılan alanın düzgünsüzlüğünün her zaman farkında olmaktadır. Bu sebeple mat boyalı yüzey, dokuma tekstil yüzeyi ve havlı bir kumaş her zaman birbirinden farklı görülecektir. (Becerir, 2006)

Renk haricindeki özellikler dışında numunenin tristimulus değerleri sınırlı bir bilgi vermektedir. Tristimulus değerleri üç sanal primerin miktarını verir, bu primerler aditif olarak karıştırıldığında, bir aydınlatıcı tarafından aydınlatılan ve standart geometrilerden biri kullanılarak gözlemlenen yüzeyin rengi ile aynı rengi vermektedir. CIE primerlerinin karışımı, yüzey, farklı bir aydınlatıcı ile aydınlatıldığında ve farklı bir aydınlatıcı ile aydınlatıldığında ve farklı bir aydınlatma veya gözlem koşulu kullanan bir gözlemci varlığında bir eşleştirme yapamaz. Bu sebeple ışık kaynakları ve gözlem

şartlarının kontrollü olması gerekmektedir. Kullanılan cihazda nesneye göz ile bakılırken kullanılan şartlara en yakın şartların bulunması gerekmektedir. Standart gözlemciler 2° (1931) ve 10° (1964) gerçek gözlemcilerin ortalama değerlendirmesi birbirleriyle oldukça yakındır. (Becerir, 2006)

Çoğu uygulamada hedef rengin tristimulus değerleri belirlenir ve temel amaç hedef renge ulaşmaktır. Numune boyandıktan sonra hedefe ne kadar yakın olduğunun saptanması için iki kumaşa da aynı şartlar altında ölçüm yapılmalıdır. Numune rengi hedef renge çok yakın olsa da farklı ölçüm şartlarında farklı tristimulus değerleri elde edilmektedir.

CIE sisteminin üniform olmaması en önemli sınırlayıcı yanıdır. Üniform bir sistem için pek çok çalışma yapılsa da temel yaklaşımlar CIE sistemine göre yapılmıştır. Daha sonra elde edilen sonuçlar diğer formülasyonlarla üniform, hale getirilmeye yönelik çalışılmıştır.

CIELAB renk uzayını kullanan renk ve renk farkı formülasyonları;

- CIELAB (1976) CIE L^* a^* b^*
- CIELCH (1976) CIE L^* C^* H^*
- CMC (1:c); CMC (2:1)
- CIE94
- CIEDE 2000
- Hunter

Bu formülasyonlardan Hunter formülasyonu hariç tümü CIELAB Renk Uzayında hesaplanan L^* , a^* , b^* değerlerini kullanarak hesaplama yaparlar. CMC (2:1) ve CIELAB (1976) en fazla tercih edilen formülasyonlardır. CIE94 ve CIE2000 ise geliştirme aşamasında olan formülasyonlardır. Hunter formülasyonu da CIELAB renk uzayını kullanır ancak eksen büyüklüklerini farklı bir formül ile hesaplamaktadır. (Becerir, 2006)

2.6.3. Standart ışık kaynakları ve aydınlatıcılar

Reflektans değerlerinden tristimulus değerlerinin hesaplanabilmesi için aydınlatmada kullanılan ışık kaynağının enerji dağılımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple renk ölçümünün temel bileşenlerinden biri de ışık kaynağı ve aydınlatıcılarıdır.

Pratikte gün ışığı, floresan tüp, tunsten ışığının çeşitleri gibi birçok ışık kaynağı kullanılmaktadır. CIE tüm ışık kaynakları yerine bazı belirli aydınlatıcılar önermiştir. Işık kaynağı güneş lamba gibi fiziksel olarak ışık yayan cisimdir. Aydınlatıcı ise 400-700 nm arasında belirli bir spektral enerji dağılımına (SED) karşılık gelmektedir. (Becerir, 2006)

Aydınlatıcı; elektronik spektrum, görünür ışık ve elektromanyetik enerjinin, x ışınları, mor ötesi ışınlar ve kızılötesi ışınları vb. formlarını içermektedir. Görünür ışık elektromanyetik radyasyonun bir çeşididir. İnsan gözünün retinası tarafından algılanabilmesi görünür ışığın diğer formlardan farkıdır.

Işığın karakterizasyonunun dalgaboyu, frekans, periyot ve dalga sayısı gibi önemli parametreleri bulunmaktadır. Burada dalgaboyu (λ), dalga pikleri yani tepe noktaları arasındaki mesafedir. Dalgaboyu nanometre (nm, $1\text{nm}=10^{-9}\text{ m}$) birimi ile ifade edilmektedir.

Bileşik bir ışığın bileşenlerine ayrılmasından oluşan renkli ışınların tümüne spektrum (ışık şeridi) adı verilmektedir. Gözün hassasiyeti uç noktalarda oldukça düşüktür. Görünür spektrum aralığı uygulamada 400-700 nm'dir. 400 nm'nin aşağısı ultraviyole 700 nm'nin yukarısı infrared olarak adlandırılmaktadır.

Aydınlatıcılar Spektral Enerji Dağılımı (SED) değerleri ile nitelendirilir. Spektral Enerji Dağılımı (SED) her dalga boyundaki radyatif ışımasının gücünü ifade etmektedir ($\text{W.cm}^{-2}.\text{nm}^{-1}$).

Değişken yapısının olması sebebiyle renk ölçümlerinde doğal aydınlatıcı olan güneş kullanılmamaktadır. Bunun yerine yapay ışık kaynakları kullanılmaktadır.

Yapay ışık kaynakları; Akkor ışıma (lamba), gaz deşarjı, fotoluminesans, katodoluminesans gibi yöntemlerle elde edilebilir.

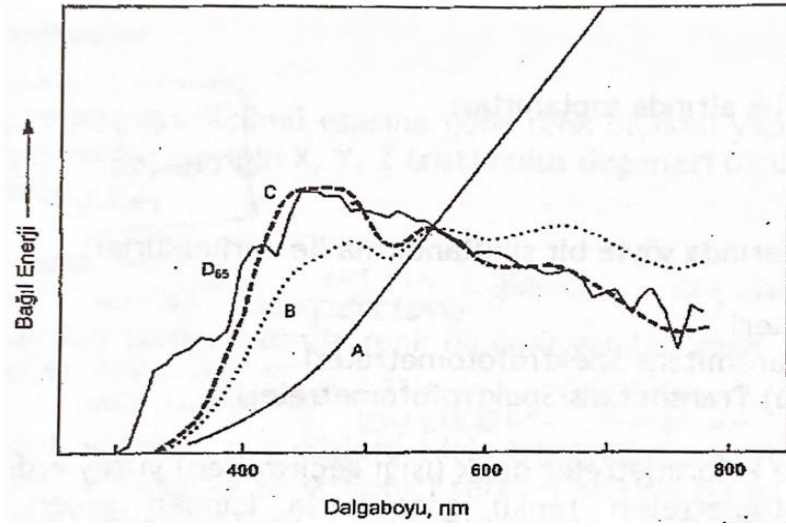
Yapay ışık kaynaklarını seçerken aydınlatıcının lamba tesiri ve renk oluşturma indeksi gibi önemli hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir. Lamba tesiri, lamba tarafından yayılan ışığın miktarı olarak, renk oluşturma indeksi ise seçilen aydınlatıcı altında bir lambanın, standart renkler serisindeki renkleri gerçek renklerden ne derece değiştirebildiğinin bir ölçütü olarak ifade edilmektedir.

1931 yılında CIE tarafından spektral karakteri (SED değerleri) bilinen standart aydınlatıcıların renk ölçümünde kullanılması önerilmiştir. Bu aydınlatıcıları veren lambalar bulunmaktadır. (Yalçın, 2011)

Aydınlatıcıların renk sıcaklıkları birbirinden farklıdır. D aydınlatıcıları (D55, D65, D75) ortalama gün ışığı aydınlatıcılarıdır ve en fazla kullanılan aydınlatıcı çeşididir. (Becerir, 2006)

CIE aydınlatıcıları;

- **CIE A Aydınlatıcısı:** 2856°K renk sıcaklığına sahip bir siyah cisim radyasyon kaynağının SED değerlerine sahip, içi gaz dolu bir tungsten filamanlı lambanın ışığı tanımlanmaktadır.
- **CIE B Aydınlatıcısı:** 4874°K'deki direkt güneş ışığı taklit edilmeye çalışılmıştır.
- **CIE C Aydınlatıcısı:** 6774°K' deki ortam gün ışığı taklit edilmiştir.
- **CIE D65 Aydınlatıcısı:** Renk sıcaklığı yaklaşık 6500°K' dır ve gün ışığı taklit edilmektedir. (Yalçın, 2011)



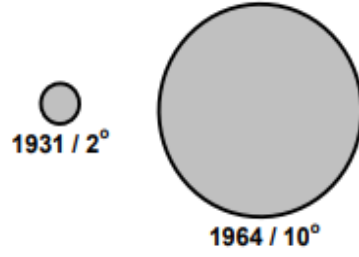
Şekil 2.17. A,B,C ve D65 aydınlatıcılarının spektral enerji dağılımları (Becerir 2006)

2.6.4. Standart gözlemci koşulları

1931 yılında CIE tarafından standart gözlemci kavramı tanımlanmıştır. Deneysel çalışmanın 2°'lik gözlem açısında yapılmasından dolayı da 2° (1931) standart gözlemci veya CIE 1931 gözlemcisi olarak ifade edilmektedir. Ancak bu gözlem açısının kısa dalgaboylarındaki dağılım katsayılarının küçük olması sebebiyle bazı problemler ortaya çıkmıştır. Bu sebeple daha sonra 10°'lik (1964) gözlem açısı kullanılmaya başlanmış ve yeni bir standart gözlemci tanımlanmıştır. (Becerir, 2006; Yeşil, 2010)

4°'den daha büyük alanlarda 10°'lik gözlem şartlarının kullanılması önerilmektedir. Günümüzde yapılan renk ölçümlerinde çoğunlukla 10° gözlem açısı kullanılmakta ve yaklaşık 50 cm'lik mesafeden bakılan rengin üzerinde, çapı 8,8 cm olan dairesel alanın reflektansı ölçülmektedir. Bu alanın çapı 2°'lik gözlem açısında 1,7 cm'dir. Gözlem alanı çapının artmasıyla ölçümün geçerliliği iyileşmektedir. (Becerir, 2006)

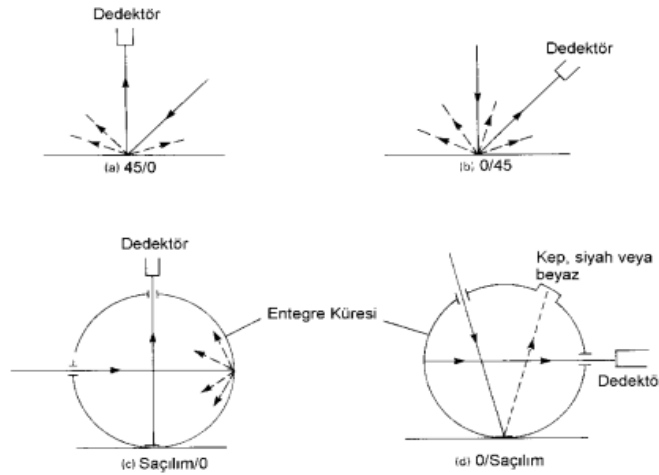
2° ve 10° gözlem açısı için göreceli izleme alanı Şekil.2.18.' de verilmektedir.



Şekil 2.18. Standart gözlemci için göreceli olarak izleme alanları (Yeşil 2010)

Renk ölçüm cihazları için önemli bir faktör ölçüm geometrisidir. Ölçüm geometrisi, gözlem ve aydınlatma açıları olmaktadır. Gözlem açısı dedektörün ölçülecek numuneyi gördüğü açıyı, aydınlatma açısı da ışık demetinin numuneyi aydınlattığı açıyı ifade etmektedir. Bu açılar geometrik olarak yüzey normaline göre verilmektedir. (Yeşil, 2010)

CIE tarafından önerilen standart aydınlatma ve gözlem koşulları Şekil.2.19.'da gösterilmektedir. a ve b şartları tristimulus kolorimetreleri için c ve d reflektans spektrofotometreleri için tanımlanmış koşullardır. (Becerir, 2006)



Şekil 2.19. Standart aydınlatma ve gözlem koşulları (Becerir 2006)

Burada; CIE tanımlamalarına göre ilk sayı aydınlatma açısını, ikinci sayıda gözlem açısını ifade etmektedir. Numune düzlem normaline göre 45° açı ile aydınlatılıyor ve dedektör numuneyi geometrik olarak normalden görüntülüyor ise bu geometri 45°/0°

olarak ifade edilmektedir. Bu geometri ucuz renk analizörleri ve kompakt reflektans ölçüm cihazlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Işık kaynağı ve dedektörün yer değiştirdiği durumda geometri $0^\circ/45^\circ$ olmaktadır. Numune 0° 'de aydınlatılıyor ve 180° boyunca gerçekleşen saçınımı toplamak amacıyla entegre bir küre kullanılıyorsa geometri $0/d$ olarak ifade edilir. Küre ışık kaynağı ile aydınlatılıyor ve numunenin görüş açısı normal ise geometri $d/0$ olarak ifade edilir. Bu geometriler renk ölçümünde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. (Yeşil, 2010)

2.6.5. Renk ölçümünde kullanılan yöntemler

Renk ölçümünde;

- 1) Karşılaştırma yöntemi,
- 2) Üç filtreli yöntem,
- 3) Spektral yöntem olmak üzere üç yöntem kullanılmaktadır.

Bu yöntemlerin dayandığı esaslar, gözdeki görme mekanizması ve karşılaştırma sistemidir. Üç filtreli ve spektral yöntemde bir standart kabul edilir ve bir defaya özgü ayar yapılarak ölçüm yapılmaktadır. Karşılaştırma yönteminde ise değerlendirme subjektif olarak yapılamakta ve kişinin değerlendirmesi her seferinde yenilenmektedir. (İpek, 2018)

2.6.5.1. Karşılaştırma yöntemi

Karşılaştırma yöntemi günümüzde kullanılmamaktadır. Bu yöntemde değerlendirilecek renk, birkaç rengin aditif olarak karıştırılarak elde edilmeye çalışılır. Değerlendirilecek olan rengin benzeri elde edilinceye kadar kolorist saydam renkli prizmaların yerini ayarlar. Değerlendirme söz konusu rengin aynısı elde edildiği zaman yapılmaktadır. (İpek, 2018)

2.6.5.2. Üç filtreli ölçme yöntemi

Bu yöntemde kırmızı, yeşil, mavi olmak üzere üç filtre bulunmakta ve bu filtreler kullanılarak yapılan ölçümlerin sonucunda rengin X, Y, Z değerlerine ulaşılmaktadır. Bu yöntem üç bölge yöntemi olarak da adlandırılmaktadır. Üç filtreli ölçme yönteminde standart spektral değer eğrilerine % 100 uyacak ışık kaynağı ölçme filtresi-fotosel kombinasyonu elde edilememektedir. Bu nedenle X, Y, Z hesaplamalarında hata katsayıları kullanılmaktadır.

Üç filtreli renk ölçme yönteminde kullanılan cihazlarda üç filtre ve üç fotoelektriksel alıcı bulunmaktadır. Her üç filtreden ışığı ayrı ayrı geçirilmesi ile x, y, z uyarıları alınmakta ve ışık enerjileri ölçülmektedir. Daha sonra ölçülen bu değerler kullanılarak tristimulus değerleri elde edilmektedir.

Bu yöntemde kullanılan cihazlar spektral fotometrelerden daha ucuz ve basittir. Ancak pratikte sınırlı kullanıma sahiptir. Üç filtreli ölçme aletleri özellikle metameri olmayan renklerin kalite kontrolleri için uygundur. (İpek, 2018)

2.6.5.3. Spektral yöntem

Spektral yöntemde spektrofotometreler ile fiziksel olarak renk ölçümü yapılmakta ve renk ölçümünde temel yöntem olarak kabul edilmektedir. Spektral fotoelektriksel yöntemde ışık kaynağından gönderilen ışınlar kullanılmaktadır. Işığın dalgaboyu aralıkları ölçme aletinin özelliklerine göre değişkenlik göstermektedir. Bu mesafeler genellikle refleksiyon ölçümlerinde 10 nm'ye transmisyon ölçümlerinde ise 0,5-2 nm'ye kadar olabilmektedir.

Bu yöntemde monokromotörden gelen ışınlar ölçülerek renkli numune üzerine düşer. Bu ışınlar ölçümü yapılacak numunenin üzerinde kısmen geçirilir veya yansıtılır daha sonra fotoelektriksel alıcı üzerine düşer. Burada elektrik enerjisinden yararlanılarak direkt reflektans değerleri okunur. (İpek, 2018)

2.6.6. Renk ölçüm cihazında ölçümü etkilen faktörler

Renk ölçüm cihazında ölçümü etkileyen bazı faktörler bulunmaktadır.

Bu faktörler;

- Ölçüm yapılan numunenin zemini; Numune zemini gösterecek kadar ince bir yapıda ise ölçüm yapılırken standartlarına göre numunenin katlanması gerekmektedir. Aksi durumda zemin rengi ölçüm sonuç değerlerini etkilemektedir.
- Kumaş yüzeyinin düzgünlüğü; ölçüm esnasında numune yüzeyinin kırışık olması ölçüm değerlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Rengi ölçülecek kumaşın yüzeyinin düzgün olmasına dikkat edilmesi gerekir.
- Kumaştaki nem oranı; ölçüm yapılırken kumaş üzerinde bulunan nem oranının farklı olması ölçüm sonuçlarını etkilemektedir. Kumaş üzerindeki nem oranının artması rengin daha koyu görünmesine sebep olacağından ölçümler mümkün olduğunca sabit bir nem oranında yapılmalıdır.
- Kumaş sıcaklığının etkisi; ölçüm esnasında kumaşın sıcaklığı da renk koyuluğu ve renk nüansında farklılıklara yol açabilmektedir. Aynı renkteki kumaşın farklı sıcaklara sahip olduğu anlarda yapılan ölçümlerde farklı sonuçlar elde edilebilir. (İpek, 2018)

2.6.7. Renk ölçümünde kullanılan cihazlar

Renk ölçümünde kullanılan cihazlar;

- 1) Kolorimetreler
- 2) Spektrofotometreler

2.6.7.1. Kolorimetreler

Kolorimetreler, kalite kontrol durumunda renk farklılığının ölçülmesi için kullanılan ve uygun fiyata sahip olan en basit cihazlardır. Ancak bazı ciddi kısıtlamaları olması sebebiyle pratik kullanımları az ve sınırlıdır. (Becerir,2006; Yeşil, 2010)

Tristimulus kolorimetrelerinde, insan gözündeki gibi kırmızı, yeşil, mavi filtreler bulunur. Bu filtreler ve fotodedektörler ile tristimulus değerleri ölçülür.

Kolorimetrelerde genellikle numuneyi 45° açı ile aydınlatan kuvars halojen ampul kullanılmaktadır. Numuneden yansıyan ışık toplanır ve her biri kendi ışığına duyarlı diyotunu bulunduran üç adet filtreye sahip bir dedektöre yönlendirilir. Daha sonra filtre/diyot birleşimlerinden ulaşılan sonuçlar gözün diferansiyel spektral algılamasını eşlemek için dönüştürülür.

Kolorimetre ile ölçülen değerler yalnızca cihazda kullanılan ışık kaynaklarında geçerli olmaktadır. Ancak bazı durumlarda diğer ışık kaynaklarındaki durumların da görülmesi gereklidir. Bu sebeple kolorimetreler ile metamerizma hakkında bilgi edinilemez, çünkü metameri iki farklı ışık kaynağına ait spektral enerji dağılımı değerlerinden dolayı ortaya çıkmaktadır. (Yeşil, 2010)

2.6.7.2.Spektrofotometreler

Spektrofotometreler şu şekilde sınıflandırılmaktadır;

- 1) Reflektans spektrofotometreleri,
 - 2) Transmittans spektrofotometreleri,
 - Tek demetli (ışık yollu) transmittans spektrofotometreleri,
 - Çift demetli (ışık yollu) transmittans spektrofotometreleri.
- (Becerir, 2006)

1. Reflektans spektrofotometreleri

Renk eşleme işlemlerinde spektrofotometrelerin kullanılması rengin farklı aydınlatıcılar altındaki ölçümleri, sayısal standartlara göre renk farklılıklarının değerlendirilmesi, metameri tespiti ve kesin bir renk ölçümü için en uygun yoldur. Spektrofotometreler renk ölçümü yapılan numunenin yansıttığı ışığın, üzerine gelen ışığa oranını tüm görünür spektrum boyunca belli noktalarda ölçmektedirler. Elde edilen reflektans değerleri yansıtıcının %100 değerine ayarlanmakta ve yüzde olarak ifade edilmektedir.

% Reflektans formülü aşağıda verilmektedir;

$$\text{Reflektans} = \frac{\text{Yansıyan ışık}}{\text{Gelen ışık}}$$

(2.12)

Reflektans spektrofotometreleri basit renk izleme teorisine göre çalışmaktadır. Bu teoride ışık kaynağı belirli bir aydınlatma ve izleme geometrisine göre numuneyi aydınlatır. Daha sonra yansıtılan ışık spektral bileşenlerine ayrılmak üzere spektral analizöre (diyot sırası) gider. Bu sayede görünür spektrum boyunca belli noktalarda ışık dedektörü ve elektronik kontrol ünitelerine ölçüm yapma olanağı sağlanır.

Spektrofotometreler ile ulaşılan spektral eğrilerden tristimulus değerleri ve bu değerler ile de diğer renk değerleri hesaplanabilmektedir. Bu değerler bilgisayarlı renk eşleme işlemlerinde de kullanılabilir. Spektrofotometreler farklı şekillerde, geometrilere, boyutlarda ve konfigürasyonlarda olabilir. (Yeşil, 2010)

Bir cismin renginin reflektans spektrofotometresi ile ölçülebilmesi için 400-700 nm arasında numunenin reflektans /dalgaboyu eğrisinin ölçülmesi gerekir. Renk ölçümünde ortaya çıkan problemlerin birçoğunun sebebi cisimlerin renginin ölçüm yapılan geometri ile değişmesidir. Eğer ölçüm yapılan yüzey düzgün ise bu yüzeyden yansıyan ışığın içinde hem düzgün hem de dağınık yansıma olacaktır. Düzgün yansıyan ışık bileşeni dalgaboyuna bağlı değildir, dağınık yansıyan bileşen ise numune substratın absorpsiyon ve ışığı saçma karakteristikleri ile substratın içinde bulunan renklendiricilerin dağılım ve parçacık büyüklüğü ile ilişkilidir. Genelde düzgün ve dağınık yansıyan bileşenler aydınlatma ve gözlem koşullarına göre değişmektedir. (Becerir, 2006)

2. Transmittans spektrofotometreleri

Transmittans spektrofotometreleri, farklı renk uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu ölçüm çoğunlukla numunenin renk karakteristiği veren dalgaboyunda (maksimum absorbans dalgaboyu) yapılır. Beer–Lambert yasası kullanılarak boya standardizasyonu yapılabilir. (Becerir, 2006)

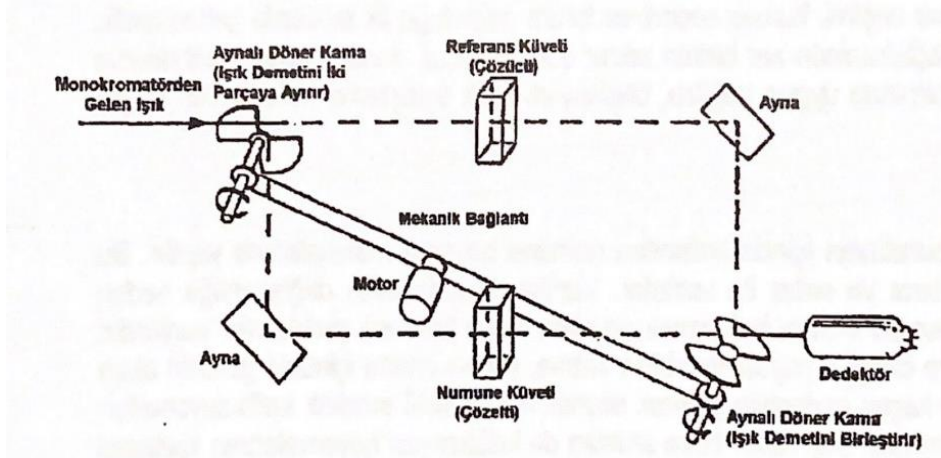
Transmittans spektrofotometrelerinde tek veya çift ışık demeti kullanılan konfigürasyonlar bulunmaktadır.

Çift ışık demetli cihazlar tek dedektörlü ve çift dedektörlü olmak üzere iki tipte bulunmaktadır. İki dedektörlü cihazda monokromatörden gelen ışık demeti iki ışık yoluna ayrılır. İkiye ayrılan bu ışık demetlerinden biri referans standardın diğeri de

ölçülecek numunenin içinden geçer. İki ışık yolundan gelen çözücü ve çözelti transmitans değerleri ışığın geçişini ve ilerleyişini kontrol eden kama mekanizması ile kontrol edilir ve ışıklar kendi yolları üzerindeki dedektörlere ulaşır. (Becerir, 2013; Yeşil, 2010)

Tek dedektörlü cihazlarda ise kama mekanizması ile iki ışık yoluna gönderilen monokromatik ışık, çözücü ve çözeltinin içinden geçtikten sonra ışık yolunun sonunda yine kama yardımı ile ard arda dedektöre iletilir.

Tek dedektörlü sisteme ait örnek Şekil.2.20’ de verilmektedir.

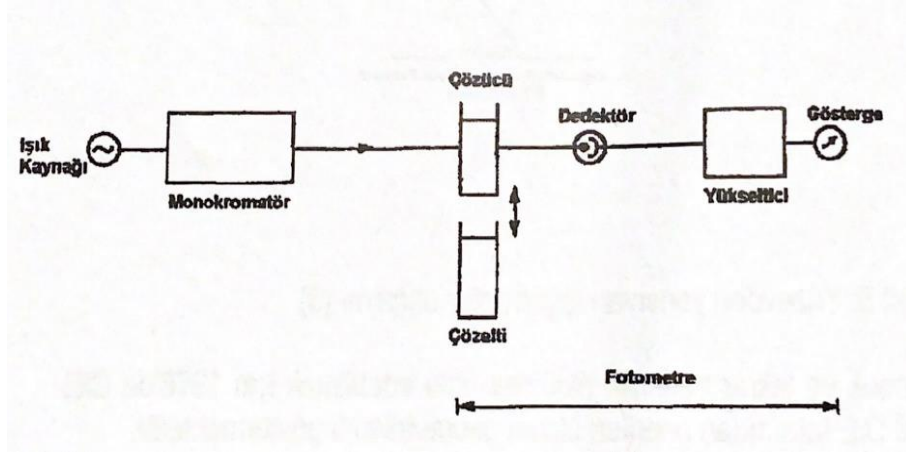


Şekil 2.20. Çift ışık yoluna sahip tek dedektörlü optik sistemin çalışma prensibi (Becerir 2013)

Çift demetli cihazların bazı gereksinimleri bulunmaktadır. Bunlar; monokromatöre ulaşmak için ışık demetinin tekrar karıştırılması dikkatli bir şekilde yapılmalıdır. Işık yolları optik olarak aynı olmalı ve optik komponentler benzer etkiye sahip olmalıdır. Aynalar kullanılmışsa aynı zamanda kaplanmalı ve çift olarak değiştirilmelidir. Bu gereksinimler çift demetli cihazların daha pahalı, düzene sokması zor ve karmaşık olmasına sebep olmaktadır.

Stabil olmayan ışık kaynakları, dedektörler ve ilgili elektroniklerin söz konusu olduğu, spektrofotometrelerin ilk döneminde çift demetli cihazlar oldukça popüler olarak kullanılmıştır. (Yeşil, 2010)

Tek demetli spektrofotometrelerde ise ışık kaynağında tek ışık demeti bulunmaktadır. Çözücü ve çözelti aynı ışık yolu içinde birbiri ardı sıra ölçülür. Temel uygulama olarak önce çözücünün transmittansı sonra da çözeltinin transmittansı okunur. Referans standart cihazı kalibre etmek için kullanılıp sonrasında kaldırılır. Nötr gri standart da bu kalibrasyon prosesinde ölçülebilir. Küre duvarındaki değişimleri karşılamak için gri standarttaki yansıma temek alınarak matematiksel düzeltme yapılabilir. Tek demetli spektrofotometrelerden iyi sonuçlar alabilmek için dedektör, ışık kaynağı ve elektronik parçalar zaman içinde stabil olmalıdır. (Becerir, 2013; Yeşil, 2010)



Şekil 2.21. Tek demetli transmittans spektrofotometresinin çalışma prensibi (Becerir 2013)

2.6.8. Metamerizma

Belirli bir standart gözlemci ve aydınlatıcı için tristimulus değerleri aynı olan iki nesne bu şartlar altında aynı gözükmektedir. Ancak bu nesnelerin reflektans eğrileri birbirinden farklı olabilmektedir. Bir nesnenin rengini tutturabilmek için üç uygun boya karışımı kullanılmakta fakat bu karışım ile boyanan kumaş ve rengi tutturulmak istenen cismin reflektans eğrileri aynı olmayacaktır. Böyle bir durumda gözlem ve aydınlatma koşulları değiştiğinde boyanan renk ile hedef renk uyuşmayacaktır. Bu durumda metamerizma oluşur.

Dört çeşit metamerizma görülmektedir.

1. Aydınlatıcı Metamerizması,
2. Gözlemci Metamerizması,
3. Alan büyüklüğü Metamerizması,
4. Geometrik Metamerizması,

Metamerizma farklı derecelerde olabilir ve bu dereceyi sayısal olarak ifade etmek zordur. Yüksek metamerizmaya sahip iki rengin reflektans eğrileri arasındaki fark da büyüktür. Bununla birlikte spektrumun değişik bölgelerindeki farklılıklar daha görünür metamerik farklılıklara yol açmaktadır. (Becerir, 2006)

2.7. Renk Haslıkları

Mamullerin üretim veya kullanım esnasında karşılaştıkları etkenlere karşı gösterdikleri direnç haslık olarak tanımlanmaktadır. Bir tekstil materyalinin test, kullanım, muhafaza işlemleri sırasında karşılaştığı koşullar sonucunda renk özelliğindeki değişme ya da yakın malzemelere renk transferine veya her ikisine karşı direncine renk haslığı denilmektedir. Renk haslıkları boyarmadde ile lif arasındaki ilişkiyi gösteren değerlerdir. Ancak toksikolojik bir parametre değildir. Su, ter ve sürtünme haslıkları ekolojik açıdan önemli olabilmekte ve bu haslık değerlerinin düşük olduğu durumlarda boyarmaddelerin cilt ve ağız yoluyla insan vücuduna geçebilme riski olabildiğinden insan ekolojisi için tehlikeli olmaktadır. (Yalçın, 2011)

Renk haslıkları iki açıdan incelenmektedir.

- Kullanım Haslıkları
- Fabrikasyon Haslıkları

Kullanım haslıkları; mamulün kullanımı esnasında gerekli olan haslıklardır. Örneğin; yazlık kumaşlarda ter haslığı, yıkama haslığı, mayoda deniz suyu haslığı, döşemelik kumaşlarda sürtme haslığı, perdede ışık haslığı gibi haslıklar incelenmektedir.

Fabrikasyon haslıkları; boyama işleminden sonra merserize, karbonize, yıkama gibi terbiye işlemleri uygulanacak mamullerde fabrikasyon haslıkları incelenmektedir.

Haslık testlerinin temel esası, mamulün hangi duruma karşı haslığı aranıyorsa o ortamda belli şartlar altında teste tabi tutulmasıdır. TS’de ‘Renk Haslıklarının Tayini’ kategorisinde boyalı ve baskılı mamuller için 40 kadar test bulunmaktadır. Bu testlerden bazıları; yıkama haslığı, ütüleme haslığı, ı ışık haslığı, s ürtme haslığı, klor haslığı, ter haslığı, kuru temizleme haslığı, asit haslığı, alkali haslığıdır.

Renk haslığına etki eden bazı faktörler bulunmaktadır. Bu faktörler;

- Boyarmadde cinsi,
- Boyarmadde konsantrasyonu,
- Boyarmaddenin agregasyon derecesi,
- Ön terbiye işlemleri,
- Bitim işlemleri,
- Substratın kimyasal ve fiziksel yapısı,
- Uçucu maddelerin polimer matriksine difüzyonu,
- Boyarmadde/elyaf bağları üzerindeki potansiyel enerji transferi,
- Atmosferin yapısı; nem miktarı ve reaktif kirlilik durumu.

Boyarmaddeler kimyasal yapılarına ve uygulama yöntemlerine göre çeşitlilik göstermektedir. Her boyarmaddenin haslık dereceleri birbirinden farklı olmaktadır. Ayrıca üretici firmaların boyarmaddelerinin kaliteleri de farklıdır. Dolayısıyla bu durumda renk haslıklarını etkilemektedir.

Boyama işlemi öncesinde mamulün gördüğü işlemlerin düzgün ve eksiksiz yapılması renk haslıklarını olumlu yönde etkilemektedir. Boyama sonrasında uygulanan bitim işlemleri de haslık değerlerini önemli derece de arttırmaktadır. (İçoğlu, 2006)

2.8. Haslık Testleri

2.8.1. Yıkama haslığı

Yıkama işlemi; giysileri temizlemek için yapılan su ve bir yıkama maddesinin kullanıldığı yaş işlem olarak tanımlanabilir. Bu işlemin etkili olmasında suyun miktarı, sertliği ve yıkanan mamul miktarı önemli olmaktadır. Ayrıca yıkama sıcaklığının artması durumunda da kolay ve hızlı temizleme gözlemlenmektedir. Su sıcaklığının

seçiminde dikkat edilmesi gereken bazı hususlar bulunmaktadır. Bunlar; kumaşı oluşturan liflerin içeriği, kumaşın rengi, kirin miktarı ve tipidir. (Mangut, 2006)

Yıkama işlemi esnasında kumaştaki boyarmaddelerin mekanik, kimyasal ve termal enerjilere dayanıklı olması gerekmektedir. Yıkama sonrasında giysilerin renklerinde solma meydana gelebilir ve yıkama esnasında suya karışan boyarmaddeler yanlarındaki diğer giysileri de boyayarak kirletebilir.

Yıkama işlemi; kumaşın ıslanması, suda nmeyen kirlerin suyla uzaklaşabilecek duruma gelmesi, kirin kumaştan suya geçmesi ve suya geçen kirlerin uzaklaştırılması adımlarından oluşmaktadır. Kumaşların ıslanması ve kirlerin suda nmesi zor olabildiği için yüzey gerilimini azaltan kompleks oluşturucular, dispersiyon sağlayıcı ve deterjan denilen maddeler kullanılmaktadır. Deterjanlar, düşük konsantrasyonlarda suyun enerjisini değiştirerek suyun kumaş içindeki hava boşluklarına girmesine ve kumaşın ıslanmasını sağlamaktadır. (Mangut, 2006)

Yıkama haslığı boyalı mamullerin yıkamaya karşı göstermiş olduğu direnci ifade etmektedir. Yıkamaya karşı renk haslığı tayini TS EN ISO 105-C06 testi ile belirtilmektedir. Tekstil materyalleri kullanım eşyası olarak çok çeşitli yıkama tiplerine maruz kalmaktadır. Bu nedenle en yumuşaktan en sertte tüm yıkama koşullarını kapsayan testler yapılmalıdır.

Yıkama testlerinde, yıkama işleminin boyanan mamullerin rengine etkisi ve boyalı materyalden akan boyanın refakat kumaşını kirletmesi kriterleri değerlendirilmektedir. (Yılmazok, 2008)

Bir tek deneyde (S), yüzey bozunması, aşınmaya dayalı renk kaybı ve renk akması, ticari veya evsel yıkamayı tam olarak karşılamaktadır. Çoklu deneyin (M) sonuçları bazı durumlarda 70°C' yi aşmayan sıcaklıklardaki evsel veya ticari 5 yıkamaya karşılık gelen sonuçlar ile yaklaştırılabilir. Çoklu deneylerin mekanik etkilerdeki artış nedeniyle tek deneylere göre daha etkin koşullarda yapılmaktadır. (Mangut, 2006)

Tekstil deney numunesi numuneye dikilen refakat kumaşını ile birlikte yıkanıp durulanır ve ardından kurutulur. Numuneler uygun sıcaklık, ağartma, aşındırma ve alkalinite koşulları altında yıkanarak sonuçların en kısa sürede alınması sağlanır. Çözelti

oranının düşük tutulması ve uygun sayıda çelik bilyelerin kullanılması ile aşındırma etkisi elde edilmektedir. Numunenin renk değişimi ve refakat kumaşına renk akması gri skalalar ile görsel olarak karşılaştırılarak değerlendirme yapılmaktadır.

Yıkama işleminde kullanılan cihaz ve yardımcı malzemeler;

- Mekanik yıkama cihazı; cihazın içi su ile dolu olmalıdır.
- Cam veya paslanmaz çelik kaplar; 550 ± 50 ml kapasiteli, 75 ± 5 mm çapında ve 125 ± 10 mm yüksekliğinde silindir şeklinde olmalıdır.
- Çelik bilye; paslanmaz çelik bilyeler yaklaşık 6 mm çapında olmalıdır.
- Yıkama deterjanı; optik beyazlatıcı içermeyen AATCC referans deterjan veya ECE deterjanı kullanılmaktadır.
- 70°C altında yapılan deneylerde multifiber kumaş kullanılmalıdır.

Şaft ve kaptan oluşan sistem 40 ± 2 dev/dk frekans ile dönmelidir. Su banyosunun sıcaklığı deney çözeltisi için belirtilen sıcaklığı $\pm 2^{\circ}\text{C}$ tutabilmek için termostatik olarak kontrol edilmelidir.

Numune hazırlama;

Deney numunesi hazırlanırken testi yapılacak kumaş 4cm x 10cm boyutlarında kesilir ve multifiber kumaşa kısa kenarından dikilir.

TS EN ISO 105 C06 Evsel yıkamaya ve ticari müesseselerde yıkamaya karşı renk haslığı standardı deney şartları Çizelge 2.4'te verilmektedir.

Çizelge 2.4. TS EN ISO 105 C06 Evsel yıkamaya ve ticari müesseselerde yıkamaya karşı renk haslığı standardı deney şartları (Mangut 2006)

Deney No	Sıcaklık °C	Flotte hacmi	Aktif klor	Sodyum perborat	Zaman dk	Çelik top sayısı	pH
A1S	40	150	Yok	Yok	30	10	Ayarlanmaz
A1M	40	150	Yok	Yok	45	10	Ayarlanmaz
A2S	40	150	Yok	1	30	10	Ayarlanmaz
B1S	50	150	Yok	Yok	30	25	Ayarlanmaz
B1M	50	150	Yok	Yok	45	50	Ayarlanmaz
B2S	50	150	Yok	1	30	25	Ayarlanmaz
C1S	60	50	Yok	Yok	30	25	10,5±0,1
C1M	60	50	Yok	Yok	45	50	10,5±0,1
C2S	60	50	Yok	1	30	25	10,5±0,1
D1S	70	50	Yok	Yok	30	25	10,5±0,1
D1M	70	50	Yok	Yok	45	100	10,5±0,1
D2S	70	50	Yok	1	30	25	10,5±0,1
D3S	70	50	0,015	Yok	30	25	10,5±0,1
D3M	70	50	0,015	Yok	45	100	10,5±0,1
E1S	95	50	Yok	Yok	30	25	10,5±0,1
E2S	95	50	Yok	1	30	25	10,5±0,1

Deney işlemleri;

Yıkama banyosu bir litre suda 4 g deterjan çözülerek hazırlanır. C, D, E deneyleri yapılacaksa çözeltinin pH'ı ayarlanır ve 20°C' ye soğutularak pH kontrol edilir. A ve B deneylerinde pH ayarlanması gerekmez. Yıkama makinesinin çelik kaplarına çizelgede verilen miktarlarda yıkama çözeltisi konur. Çözelti sıcaklığı $\pm 2^{\circ}\text{C}$ olacak şekilde belirtilen sıcaklığa ayarlanır ve kap içerisine deney numunesi ile çizelgede belirtilen sayıda çelik bilye konulur ve kapatılır. Makine çizelgede belirtilen sıcaklık ve sürede çalıştırılır.

Yıkama işlemi bittiğinde deney numunesi yıkama kabından çıkarılarak durulanır. Deney numunesi ve multifiber kumaş birbirine sadece dikişli kenardan temas edecek şekilde asılarak kurutulur. Numunenin rengindeki değişim ve multifiber kumaşa akan renk numunenin gri skala ile değerlendirilir. (Mangut, 2006)

2.8.2. Ütüleme haslığı

Tekstil mamullerinin kullanımının ardından veya yıkama sonrasında oluşan buruşuklukların düzeltilerek form ve stabilite kazandırmak amacı ile ısı, nem, basınç faktörleri kullanılarak yapılan işlem ütüleme olarak tanımlanmaktadır. Isı, buhar ve vakum işlemleri ile birlikte basınç uygulayarak giysilere şekil verilerek görünüm düzgünlüğü sağlanmaktadır.

Mamulün üretim esnasında ve sonrasında ütülenmeleri tasarımlarının gerçekleştirilebilmesi için gereklidir. Bu işlem sonucunda giysiye göze hoş görünen bir özellik kazandırılmaktadır.

Ütüleme işleminde, lif cinsine uygun bir sıcaklıkta kumaşa ısı uygulanır. Aynı zamanda kumaşın yumuşaması ve şekle verilebilmesi için buhar verilmesi gereklidir. Buhar ile liflerdeki bazı bağlar koparak su molekülleri ile birleşir ve mamulün istenilen şekli alması kolaylaşır. Buhar verildikten sonra kumaşa istenilen şeklin verilebilmesi için basınç uygulanmalı ve verilen şeklin kalıcı olabilmesi için buharın kurutulması gerekmektedir. Bunun için vakumlama işlemi yapılır ve buhar etkisi ile liflerde kopan bağlar verilen yeni formda tekrar oluşurlar. Bu sayede ütüleme işleminin etkinliği sağlanmış olur. Ütüleme için ütü veya pres cihazları kullanılmaktadır. Ütülerde lif cinsine göre ayarlanabilen termostat bulunmaktadır.

Ütüleme işlemine etki eden faktörler;

- Ütüleme süresi; mamulün ütü veya preste işlem gördüğü süreyi ifade etmektedir. Sürenin uzaması işlem gören mamulün zarar görmesine neden olabilmektedir. Ütülenecek mamul ve işlemin ara veya son ütü olması ütüleme işleminin süresini etkilemektedir.
- Ütüleme ısı; ütülenecek yüzeye uygulanan sıcaklıktır. Bu faktör ütülenecek mamulün cinsine uygun olarak seçilmelidir. Pamuk, keten gibi selülozik

liflerden yapılan kumaşlar yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır. Termoplastik lifler; sentetik lifler, selüloz asetat ve triasetat lifleri ısıya hassastır. Bu sebeple ütöleme işleminin dikkatli yapılması gerekir. Karışım liflerden oluşan kumaşlarda ise ütöleme sıcaklığı düşük olan life göre sıcaklık seçimi yapılmalıdır.

Çizelge 2.5. Liflerin yumuşama noktaları ve ütöleme sıcaklıkları (Mangut, 2006'dan değiştirilerek alınmıştır.)

Lif çeşitleri	Yumuşama noktası (°C)	Ütöleme sıcaklığı (°C)
Poliester	230	165
Poliamid 6	172	150
Poliamid 6,6	230	175
Akrilik	205	140
Modakrilik	130	105
Asetat	195	160
Triasetat	229	190
Rayon	...	190
Viskon	...	190
Yün	...	150
İpek	...	140
Pamuk	...	230
Keten	...	220

- Buharlama; buharlı ütü veya pres ile kumaşın içinden buhar geçirilmesi işlemidir. Bu işlem ile kumaştaki kırışıklıkların giderilmesi kolaylaşmaktadır. Buharlama, lif türüne uygun olarak yapılmalıdır.
- Vakumlama; ütölenmiş olan giysiden buharın emilmesi işlemidir. Vakumlama işleminin hızı ve yoğunluğu ütü süresinin uzunluğu ve ütölemenin kalitesini etkiler. Kumaşa verilen buharın uzaklaştırılmaması halinde ütölenen yüzey eski biçimini alır veya formu bozulur. Kumaşa uygulanan buharın çabuk ve etkili bir şekilde uzaklaştırılması için yüksek hava akımlı ve sabit emiş güçlü vakumların kullanılması gerekmektedir. Vakumla süresi de ütöleme işlemine etki eden bir

faktördür. Ütüleme işleminin bitiminde kumaşın soğuması için geçen süredir. Ütüleme etkinliğine göre ve verilen buharın kuruması için gereken süreye göre belirlenmektedir.

Pres ütülemeye karşı renk haslığı;

Tekstil materyallerinin ev tipi ütüleme işlemlerinin sonrasında meydana gelen renk değişimlerini incelemek için TS 472 EN ISO 105 X11 standardı kullanılmaktadır.

Bu standart tekstil mamulünün ütüleme ve sıcak silindirler arasında gördüğü işleme karşı renk dayanımının belirlenmesi içindir. Sıcak pres ütüleme işleminde tekstil mamulünün nemli, ıslak, kuru olmasına göre ayrı ayrı deneyler belirlenmiştir. (Mangut, 2006)

Nemli ütü haslığında; kuru deney numunesi kuru bir pamuklu bez üzerine serilir, aynı pamuklu kumaştan başka numune de saf su ile ıslatılıp deney numunesinin üzerine örtülür ve 15 s ütülenir.

Yaş ütü haslığında; deney numunesi ve pamuklu bez saf su ile ıslatılır, kuru bir pamuklu bez üzerine yaş deney numunesi ve yaş pamuklu bez örtülür ve 15 s boyunca ütülenir.

Kuru ütü haslığında; deney numunesi pamuklu bez üzerine serilir ve 15 s boyunca ütülenir. (Kut, 2013)

Uygulanacak deney mamulün son kullanım şekline göre seçilmektedir. (Mangut, 2006)

Kullanılan cihaz ve yardımcı malzemeler;

Isıtma cihazı, kontrol edilebilen elektrikli ısıtma sistemine ve numuneye 4 kPa $\pm$ 1 kPa basınç uygulayabilen bir plakaya sahip olmalıdır. Numunenin yalnızca üst yüzeyden ısıtılması gerekmektedir. Alt plaka ısıya dayanıklı olmalıdır. Alt yüzey plakasının üzerini kaplamak için 260 g/m² yünlü malzeme ile 3 mm kalınlığında dolgu hazırlanır. Bu amaçla keçe veya yünlü kumaş kullanılabilir. Dolgu malzemesinin üzerini kaplamak için boyanmamış, ağartılmış, mercerize edilmemiş, 100-130 g/m² arasında olan pamuklu kumaş kullanılmalıdır.

Deney numunesi 4 cm x 10 cm boyutlarında kesilerek hazırlanır.

Presleme sıcaklığı numunenin lif çeşidine uygun olarak seçilir. En çok kullanılan üç sıcaklık 110°C, 150°C ve 200°C±2'dir. Gerekli durumlarda farklı sıcaklıklarda kullanılabilir.

Deney işlemleri;

Deney numunesi, işlem görmeden önce bağıl rutubeti %65±2 ve sıcaklığı 20°C ±2 olan ortamda kondisyonlanması gerekmektedir. Isıtıcı cihazın alt plakası yünlü dolgu ve pamuklu kumaş ile kaplanmalıdır. Daha sonra deney numunesi pamuklu kumaşın üzerine konur ve ısınan üst plaka numunenin üzerine konup belirlenen sıcaklıkta 15 s tutulur. (Mangut, 2006)

Numunede meydana gelen renk değişimi veya refakat bezine renk akması test yapıldığı anda ve 4 saat bekledikten sonra gri skala ya da renk değerlerinin ölçülmesiyle değerlendirilmektedir. (Yılmazok, 2008)

2.8.3. Işık haslığı

Işık haslığı, boyanan tekstil materyalinin ışık altında renk kaybına karşı göstermiş olduğu dirençtir. Boyalı materyaller gün ışığına maruz kaldığında zamanla solacak, renk değiştirecektir. Bu özellik ışık haslığı olarak ifade edilmektedir. Tekstil materyalleri uzun süreli stoklama ya da konfeksiyon şeklinde sunumda ışık altında renk değiştirmektedir. Ayrıca kullanım esnasında güneş ışığıyla bile renk değiştiren tekstil materyalleri bulunmaktadır. (Kır ve Benli, 2018)

Işık etkisiyle mamul üzerindeki boyarmadde bozulmaktadır. Bozunan boyarmadde miktarının bozunmayan boyarmadde miktarına oranı genellikle açık renklerde daha büyük, koyu renklerde daha küçük olacağından koyu renklerin ışık haslıkları daha yüksek çıkmaktadır. (Kut, 2013; Demir, Ökten ve Seventekin, 2008)

Işığın etkisi ile rengin bozunması fotokimyasal bir olaydır. Boyalı materyalin üzerine düşen ışık enerjisi materyal tarafından absorblanıyor ise, ısı enerjisine dönüşebilir, materyal tarafından yansıtılabilir ya da materyal içinde kimyasal reaksiyonlar meydana gelebilir. Işığın absorbe edilmesi, ışık enerjisinin bileşiğin molekülündeki elektronların

aktifleşme enerjisine karşılık gelmesiyle meydana gelmektedir. Rengin bozunmasında sadece boyarmaddenin parçalanması değil aynı zamanda lifte meydana gelen sararma da önemlidir. (Kut, 2013)

Tekstil mamullerinin ışığa karşı dayanımlarını etkileyen bazı faktörler bulunmaktadır. Bu faktörler; spektral kaynaklar, nem, atmosfer, sıcaklıktır.

Spektral kaynaklar; ışık haslıklarını belirlemek için çeşitli ışık kaynakları bulunmaktadır. Işık haslığında standart değerlendirme için mavi yün skalanın ksenon ark lambanın gün ışığındaki testlerde korelasyonlu oldukları bulunmuştur. Boyarmaddenin ışık haslıkları ksenotest aydınlatma kaynakları kullanılarak yapılmış olup ve en iyi sonuçları verdiği saptanmıştır. (Korkmaz, 2001)

Atmosfer koşulları ve bileşimi; ortamda bulunan singlet oksijen boyarmaddelerin fotooksidatif solmasına neden olmaktadır. Fotooksidasyon reaksiyonu molekül parçalanmasına ve dolayısıyla rengin solmasına neden olmaktadır.

Liflerden havanın tamamen uzaklaştırılması son derece zordur. Kuru koşullarda ve azot ortamında solma oksijen ve lifteki nem kalıntılarından meydana gelebilir. Bu sebeple ışığa karşı dayanım yüksek boyarmaddelerin seçimi önemli olmaktadır.

Nem; atmosferdeki nem, boyalı mamulün solmasını desteklemektedir. Genellikle nem artışı ile boyarmaddenin ışık haslığı düşmektedir. Etki derecesi boyarmaddenin moleküler yapısı ile ilişkilidir.

Sıcaklık; sıcaklık faktörü ışık haslığını olumsuz yönde etkilemektedir. Sıcaklığın artması ile boyarmaddenin solması da artmaktadır.

Boyarmadde konsantrasyonu ve agregasyon; ışık etkisiyle solmanın kontrol altına alınmasında boyarmadde moleküllerinin bir arada bulunması (agregasyonu) önemli bir parametredir. Yapılan çalışmalarda agregat oluşturmuş boyarmaddelerin monodispers (tek başına bulunan) boyarmaddelere göre oldukça yüksek ışık haslığına sahip olduğu görülmüştür. (Demir ve diğerleri, 2008)

Işık haslığı haslıkların içinde en önemli haslık olarak belirlenmiştir. Işık haslığı Türk Standartları Enstitüsü tarafından hazırlanan TS 867 Gün Işığına Karşı Renk Tayini metodu esas alınarak yapılmaktadır. TS 867, TS 982, TS 1008 metotlarına göre ışık haslığı testleri yapılmaktadır. TS 867 renklerin gün ışığına karşı dayanıklılığı metotlarını verirken, TS 982 ve TS 1008 yapay ışığa karşı dayanıklılığı tayin etme metotlarını vermektedir. TS 982’de yapay ışık kaynağı olarak karbon ark lambası, TS 1008’de ksenon ark lambası kullanılmaktadır. (Gözütok, 2017)

Işık haslığı testlerinin gün ışığı ile yapılması çok uzun sürdüğü için güneşin soldurma etkisini veren cihazlarla yapılmaktadır. Hava soğutmalı veya su soğutmalı olmak üzere iki çeşit cihaz kullanılmaktadır. (Halis, 2017)

Tekstil materyallerinin ışık ile oluşan renk değişimlerini incelemek için TS 1008 EN ISO 105 –B02 standardı esas alınmaktadır.

Numune hazırlama; ışık haslığı yapılacak deney numunesi 4,5 x 10 cm boyutlarında kesilerek hazırlanmaktadır. (Keser, 2016)

Kullanılan malzemeler; ksenon ark lambası, opak karton, sıcaklık sensörü, gri skala, mavi yün referanslardır. (Keser, 2016)

Işık haslığı mavi skala ile değerlendirilmektedir. Testi yapılacak numune ile mavi skala ışık altında aynı süre tutulur ve değerlendirilir. Mavi skala 8 adet yün üzerine yapılan ve haslıkları sınıflandırılmış standart boyamalardan oluşmaktadır. (Halis, 2017)

Işık haslığı test cihazı, gün ışığını temsil eden yapay ışık (D65) kaynağına karşı her yapıdaki tekstil malzemesi, kağıt, plastik gibi ürünlerin renk haslık tayinlerinde kullanılmaktadır. Yapay ışık kaynaklarından çoğunlukla kullanılan gün ışığına en yakın özelliklere sahip olması sebebiyle ksenon ark lambasıdır ve ışık haslığı testi bu lamba etrafında dönen numune tutucularla gerçekleştirilmektedir. Testi yapılacak numune taşıyıcıya yerleştirilir, önceden belirlenen şartlarda mavi yün ile birlikte yapay ışığa maruz bırakılır. Daha sonra numunenin rengindeki değişim referans ile karşılaştırılarak renk haslığı belirlenir. (Halis, 2017)

2.9. Haslıkların Değerlendirilmesinde Kullanılan Skalalar

1. Mavi skala

Bu skala yalnızca ışık haslıklarının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. 200 g/m² ağırlığındaki yünlü kumaşların özel olarak seçilen boyarmaddelerle boyanması sonucu elde edilmektedir. Mavi skala sekiz basamaklı bir skala olup bu skalada bir en kötü, sekiz en iyi haslık değerini tanımlamaktadır. (Kut, 2013)

Mavi skala değerleri ve anlamları Çizelge.2.6’da verilmektedir.

Çizelge 2.6. Mavi skala değerleri ve anlamları (Kut 2013)

Kullanılan Boyarmaddeler	Haslık değeri	Anlamı
C.I Acid Blue 104	1	Çok kötü
C.I Acid Blue 109	2	Kötü
C.I Acid Blue 83	3	Orta
C.I Acid Blue 121	4	Oldukça iyi
C.I Acid Blue 47	5	İyi
C.I Acid Blue 23	6	Pekiyi
C.I Solubilised Vat Blue 5	7	Mükemmel
C.I Solubilised Vat Blue 8	8	Harikulade

2. Gri skala

Gri skala ışık dışındaki haslıkların değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Bu skala beş basamaklı bir skaladır. Burada da bir en düşük, beş en yüksek haslık değerini ifade etmektedir. (Yalçın, 2011)

Gri skala değerleri ve anlamları Çizelge.2.7’de verilmektedir.

Çizelge 2.7.Gri skala değerleri ve anlamları (Yalçın 2011)

Haslık değeri	Anlamı
1	Kötü
2	Orta
3	Oldukça iyi
4	İyi
5	Pekiyi

Boyalı materyallerin haslık değerlendirilmesinde iki ayrı gri skala kullanılmaktadır. Bu skalalardan biri renk değişiminin değerlendirilmesine dair gri skala; boyalı materyalin renginde meydana gelen değişikliği ölçmek için, diğeri de akmanın değerlendirilmesine dair gri skala; boyanan mamulün kendisine dikilen bir refakat kumaşını kirletme derecesini ölçmek için kullanılmaktadır.

Boyalı veya baskılı mamulün, test kumaşı, 6 adet değişik lif bandının (asetat, pamuk, poliamid, poliester, akrilik, yün) bulunduğu refakat kumaşı ile birlikte sandviç formuna getirilerek üretim veya kullanım esnasında karşılaşacağı şartlar altında çeşitli maddelere etki ettirilir. Mamulde meydana gelen renk değişikliği ve boyanmamış multifiber kumaşa akma derecesi bu gri skalalar ile değerlendirilir. (Kut, 2013; Yalçın, 2011)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Deneysel çalışmada kullanılan kumaşlar

Yapılan çalışmada aynı iplik özellikleri ile örülen üç farklı gramajda %100 poliester kumaş kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan poliester kumaş özellikleri

Kullanılan materyal	Kullanılan iplik cinsi	Gramaj (g/m ²)	May (sıra/cm)	Kütleli yoğunluk (kg/m ³)
%100 poliester	30/1 Denye- PET- Y.Mat 75/36 Denye-PET Tekstüre-Y.Mat	65	8	212
%100 poliester	30/1 Denye- PET- Y.Mat 75/36 Denye-PET- Tekstüre-Y.Mat	75	10	141
%100 poliester	30/1 Denye- PET- Y.Mat 75/36 Denye-PET- Tekstüre-Y.Mat	130	13	120

Kullanılan kumaşlar çözgülü örme tekniği ile raşel örme makinesi kullanılarak üretilmiştir. Makine iğne sayısı makine inceliği her kumaş için aynıdır.

3.1.2. Deneysel çalışmada kullanılan boyarmaddeler

Yapılan çalışmada Dystar firması tarafından üretilen molekül boyutları farklı mavi ve siyah renkte dispers boyarmaddeler kullanılmıştır. Büyük moleküllü mavi boyarmadde olarak; Blue SE2R, orta moleküllü mavi boyarmadde olarak; Blue CC, küçük moleküllü boyarmadde olarak; Blue ACE, orta moleküllü siyah boyarmadde olarak; Black SERN, küçük moleküllü siyah boyarmadde olarak Black P kullanılmıştır. Bu boyarmaddelerin özellikleri ve maksimum absorpsiyon dalga boyları (λ_{max} (nm)) Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan boyarmaddelerin özellikleri

Üretici Firma	Boyarmadde	Kromofor Yapısı	Yapısı	$\lambda_{\max}$ (nm)
Dystar	Blue SE2R	Azo	Büyük	620
	Blue CC	Azo	Orta	620
	Blue ACE	Azo	Küçük	620
	Black SERN	Azo	Orta	610
	Black P	Azo	Küçük	610

3.1.3. Deneysel çalışmada kullanılan yardımcı kimyasallar

Yapılan çalışmada boyama, redüktif yıkama ve haslık testinde kullanılan kimyasallar ;

- Genkimol V100 L: noniyonik/hafif anyonik yapıda dispers boyalar için köpüksüz dispergator egalize ve migrasyon arttırıcı madde,
- Genkimol LDJA: anyonik yapıda, poliester ve karışımlarının boyanmasında yüksek etkili migrasyon arttırıcı dispergator,
- Genacid NBF: noniyonik yapıda asit tampon,
- Genclear SAR: sıvı redüktif yıkama maddesi,
- Kostik: sıvı, 48 °Be'
- ECE Referans Deterjan: yıkama haslığı testinde kullanılan toz yıkama maddesi.

3.1.4. Deneysel çalışmada kullanılan cihazlar

- **Numune boyama makinesi**

Numune boyama işleminde Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan Xiamen Rapid Co. Ltd firmasına ait IR DYER cihazı kullanılmıştır. Bu cihazda boyama tüpleri IR ısıtmalı olup 21 tüp kapasitelidir.

- **Yıkama haslığı test cihazı**

Yıkama haslığı testi için Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan Test Laboratuvar Cihazları 412 NB HT modelindeki cihaz kullanılmıştır. Bu cihaz su ısıtmalı olup 12 tüp kapasitelidir.

- **Ütü haslığı test cihazı**

Ütü haslığı testi için Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan James H. HEAL Co. Ltd. firmasına ait Thermaplate cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz elektronik sıcaklık kontrollüdür.

- **Işık haslığı test cihazı**

Işık haslığı testi için Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan Heraeus Xenotest 150 S modelindeki cihaz kullanılmıştır. Bu cihazda yapay aydınlatıcı olarak ksenon ark lambası bulunmaktadır. Cihaz nem ayarına sahip, hava soğutmalı ve 21 numune tutucu kapasitelidir.

- **Reflektans Spektrofotometresi**

Boyanan ve haslık testleri yapılan numunelerin renk ölçümü Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan Konica Minolta CM-3600d modelindeki reflektans spektrofotometre ile yapılmıştır.

3.2.Yöntem

3.2.1. Boyama Deneyleri

Yapılan boyamalar, IR-DYER laboratuvar tip numune boyama makinesi kullanılmıştır.

- Boyama işleminde kullanılan reçete;

%x dispers boyarmadde (m.a.g.)

1 g/L Genkimol V100 L

1 g/L Genkimol LDJA

0,7 g/L Genacid NBF (pH 4,5)

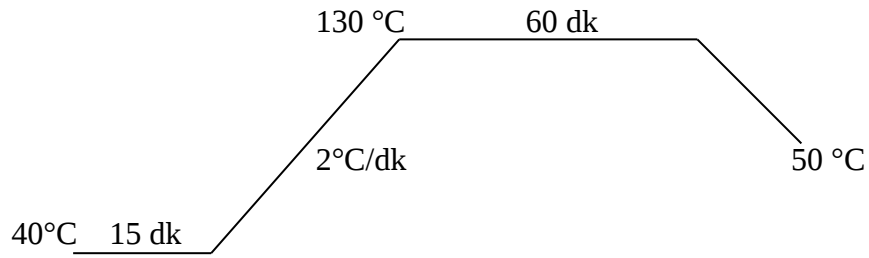
Bu reçetede kullanılan yardımcı kimyasalların oranları, üretici firma tarafından önerilen miktarlardır.

Boyanacak kumaşlar her biri 11 x 30 cm olacak şekilde kesilip sonrasında tartılmıştır. Tartım sonuçlarına göre 65 g/m² ve 75 g/m² olan kumaşlar 2 g, 125 g/m² olan kumaş 4 g olacak şekilde numunelere boyama işlemine hazır hale getirilmiştir.

Kullanılacak boyarmaddeler için stok çözelti 100 ml suya 1 g boyarmadde olacak şekilde hazırlanmıştır. Hazırlanan bu stok çözeltiden konsantrasyona göre hesaplanan boyarmadde miktarı otomatik pipet ile alınmıştır.

Kullanılacak yardımcı kimyasallar için stok çözelti 5L su içerisine üretici firmanın önerdiği miktarlar hesaplanarak hazırlanmıştır. Yapılan boyamalarda yumuşak su kullanılmıştır.

Kullanılan boyama metodu;



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan boyama metodu

3.2.2. Renk Değişimlerini İncelemek İçin Yapılan Boyama Deneyleri

Deneyisel çalışmada ilk olarak gramajları 65 g/m², 75 g/m², 125 g/m² olan poliester kumaşlar küçük, orta, büyük moleküllü mavi ve küçük, orta moleküllü siyah dispers boyarmaddeler kullanılarak %5, %2, %0,5 (m.a.g.) konsantrasyonlarında boyamalar yapılmıştır. Yapılan boyamalar sonrasındaki ilk renk ölçümleri kıyaslama sırasında standart olarak kabul edilmiştir.

Mavi ve siyah boyama deneyleri ile ilgili bilgiler Çizelge 3.3. ve Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Mavi boyarmaddeler ile yapılan boyama deneyleri

Kullanılan Kumaşlar	Kullanılan Boyarmaddeler	Konsantrasyon (m.a.g.)
65 g/m ²	Blue ACE Küçük molekül boyutunda	%0,5
		%2
		%5
	Blue CC Orta molekül Boyutunda	%0,5
		%2
		%5
	Blue SE2R Büyük molekül boyutunda	%0,5
		%2
		%5
75 g/m ²	Blue ACE Küçük molekül boyutunda	%0,5
		%2
		%5
	Blue CC Orta molekül Boyutunda	%0,5
		%2
		%5
	Blue SE2R Büyük molekül boyutunda	%0,5
		%2
		%5
125 g/m ²	Blue ACE Küçük molekül boyutunda	%0,5
		%2
		%5
	Blue CC Orta molekül Boyutunda	%0,5
		%2
		%5
	Blue SE2R Büyük molekül boyutunda	%0,5
		%2
		%5

Çizelge 3.4. Siyah boyarmaddeler ile yapılan boyama deneyleri

Kullanılan Kumaşlar	Kullanılan Boyarmaddeler	Konsantrasyon (m.a.g.)
65 g/m ²	Black SERN Orta molekül boyutunda	%0,5
		%2
		%5
	Black P Küçük molekül boyutunda	%0,5
		%2
		%5
75 g/m ²	Black SERN Orta molekül boyutunda	%0,5
		%2
		%5
	Black P Küçük molekül boyutunda	%0,5
		%2
		%5
125 g/m ²	Black SERN Orta molekül boyutunda	%0,5
		%2
		%5
	Black P Küçük molekül boyutunda	%0,5
		%2
		%5

3.2.3. Redüktif Yıkama

Tüm boyama deneylerinin ardından mamule redüktif yıkama işlemi yapılmıştır.

- Redüktif yıkama işlem reçetesi

3 g/L Genclear SAR

3 g/L Kostik

Kullanılan kimyasallar ile 5L'lik stok çözeltisi hazırlanmıştır. Numuneler için 150 ml çözelti kullanılarak 70°C'de 30 dk yıkama işlemi yapılmıştır. Redüktif yıkamanın sonunda kumaşlar durulanarak kendi halinde kurumaya bırakılmıştır.

3.2.4. Yıkama Haslığı Testleri

Yıkama haslığı testleri TS EN ISO 105-C06 B1M test metoduna göre yapılmıştır. Kumaş numunesi 4 x 10 cm boyutlarında hazırlanmıştır. Referans deterjan 1 L ye 4 g olacak şekilde çözülmüştür. Numune multifiber kumaş ile bir kenarından birleştirilmiştir. Deneysel tüplerin içine numune hazırlanan deterjan çözeltisi ve 50 adet bilye konulup yıkama haslığı test cihazına yerleştirilmiştir. Ard arda 5 adım olacak şekilde yıkama işlemi yapılmıştır.

Yıkama işlemi adımları;

1. 20 dk da 50 °C'ye çıkılır.
2. 50°C'de 45 dk
3. 50°C'de 45 dk
4. 50°C'de 45 dk
5. 50°C'de 45 dk
6. 50°C'de 45 dk

olacak şekilde yıkama işlemi tamamlanmıştır. Ardından yıkanan numuneler standartlara göre durulanarak kendi halinde kurumaya bırakılmış ve kuruyan numunelerin renk ölçümleri yapılmıştır.

3.2.5. Ütüleme Haslığı Testleri

Ütüleme haslığında TS 472 EN ISO 105-X11 test metoduna göre yapılmıştır. Kuru ütüleme haslığı testi yapılacak olan numuneler 4 x 10 cm boyutlarında hazırlanmıştır. Ütüleme haslığı test cihazı yalnızca üstten ısıtma sağlayacak şekilde 150°C'ye ayarlanmış, bu sıcaklığa gelindiğinde numune cihaza yerleştirilip ve 15 s boyunca preslenmiştir. Bu işlemin ardından hemen ve 4 saat sonra olacak şekilde reflektans spektrofotometresinden renk ölçümleri alınmıştır.

3.2.6. Işık Haslığı Testleri

Işık haslığı testleri TS 1008 EN ISO 105–B02 test metoduna göre yapılmıştır. Çalışmada Heraeus Xenotest 150S hava soğutmalı ışık haslığı test cihazı kullanılmıştır. Işık haslığı testi yapılacak olan numuneler 4 x 10 cm boyutlarında kesilerek hazırlanmıştır. Daha sonra hazırlanan numuneler opak karton üzerine sabitlenerek ksenon ark lambası etrafında dönen numune tutuculara yerleştirilmiştir. Bu numuneler 120 saat boyunca ışığa maruz bırakıldıktan sonra meydana gelen renk değişimi reflektans spektrofotometresi ile ölçülmüştür.

3.2.7. Renk Ölçümleri

Boyanan ve ardışık haslık testleri yapılan numunelerin renk ölçümü Konica Minolta CM-3600d modelindeki reflektans spektrofotometre ile yapılmıştır. Renk ölçümleri her numune için 4 er kez farklı alanlardan yapılarak bu ölçümlerin ortalaması cihaz tarafından yapılmıştır. Reflektans ölçümleri 400-700 nm arasında D65/10° aydınlatıcı/gözlem açısında SCI (Specular Component Included) (Düzgün Yansıyan Bileşen Dahil) metodunda alınmıştır.

3.2.8. Kütle Yoğunluğu Hesabı

Kütle yoğunluğu hesaplama formülü aşağıda verilmektedir;

$$\text{Kütle yoğunluğu (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Kumaş gramaj (g/m}^2\text{)}}{\text{Kumaş kalınlık (m)}} \quad (3.1)$$

Çizelge 3.5. Kullanılan kumaşların gramaj ve kalınlıkları

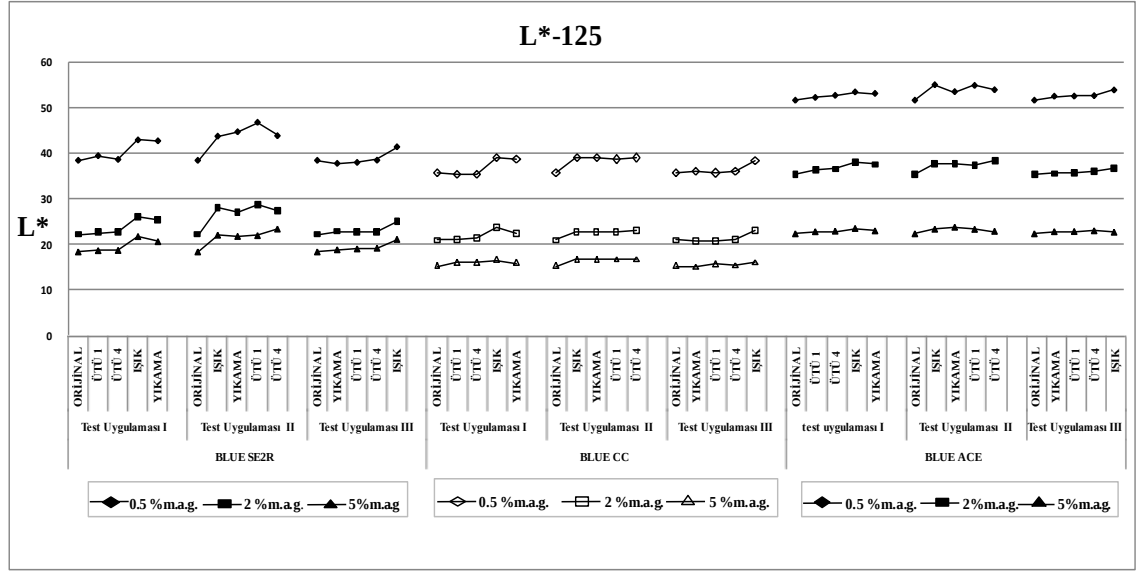
Kumaş gramajları (g/m ²)	Kumaş kalınlığı (mm)
125	0,59
75	0,53
65	0,54

Kumaş kalınlıkları James H. Heal&Co.Ltd. firmasına ait R&B Cloth Thickness Tester cihazı kullanılmıştır.

3.2.9. Deneysel Tasarım

%100 poliester numunelerin boyama işlemleri farklı dispers boyarmaddeler ile farklı konsantrasyonlarda yapılmıştır. Boyaması tamamlanan numunelere redüktif yıkama işlemi yapılmış ve kendi halinde kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra boyalı numuneler yıkama haslığı, ütöleme haslığı ve ışık haslığı testleri için hazırlanmıştır. Haslık testleri ardışık olarak üç farklı uygulamada gerçekleştirilmiş ve test uygulaması I, test uygulaması II, test uygulaması III olarak adlandırılmıştır. Test uygulaması I'de numunelere sırasıyla ütöleme-ışık-yıkama haslığı testleri, test uygulaması II'de sırasıyla ışık-yıkama-ütöleme haslığı testleri, test uygulaması III'te sırasıyla yıkama-ütöleme-ışık haslığı testleri birbiri ardına yapılmıştır. Yapılan her testin ardından numunelere renk ölçümü yapılmıştır. Haslık testlerinin sonucundaki renk değerleri ile standart kabul edilen renk değerleri grafik halinde gösterilerek karşılaştırma ve yorumlamalar yapılmıştır.

4.BULGULAR

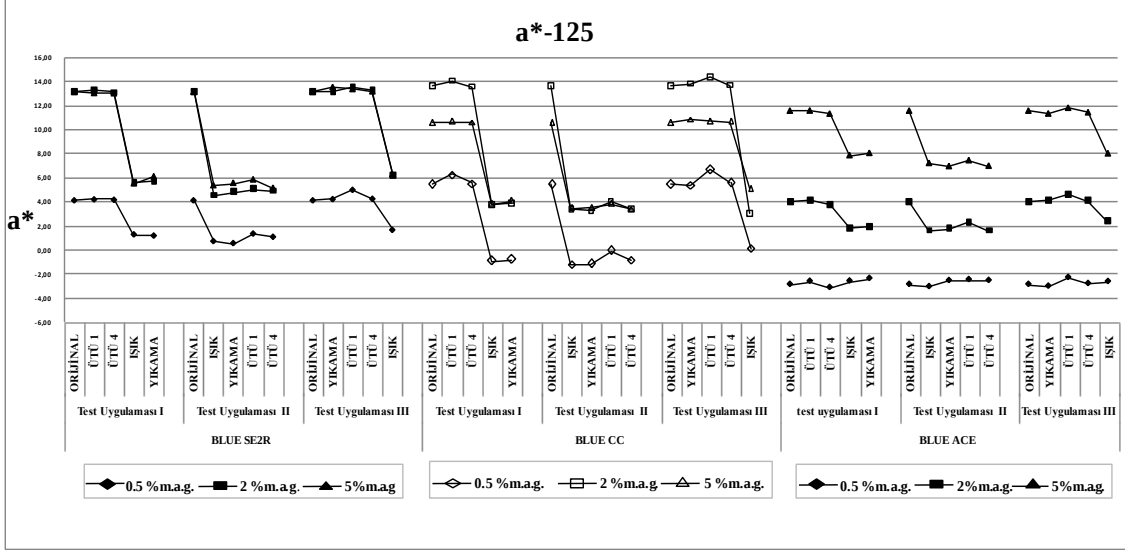


Şekil 4.1. 125 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen L* değerlerinin karşılaştırılması

L* açıklık-koyuluk renk koordinatı değerleri konsantrasyonlara göre incelendiğinde Blue CC boyarmaddesinde daha düşük olduğu gözlemlenmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek L* değerleri ise Blue ACE boyarmaddesinde elde edilmiştir. Blue SE2R ve Blue ACE boyarmaddelerinin %2 ve %5'lik konsantrasyonlarında L* değerleri birbirine daha yakın iken %0,5 konsantrasyonundaki değerler daha yüksektir. Blue ACE boyarmaddesinin ise L* değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre kademeli bir şekilde artış göstermektedir.

Test proseslerinin L* değerleri üzerindeki etkileri çalışmada kullanılan boyarmaddelere, uygulanan konsantrasyonlara ve haslık testi uygulama işlem sıralarına göre farklılık göstermektedir. Üç ayrı test uygulaması incelendiğinde en az etkinin Blue ACE boyarmaddesinde en fazla etkinin ise Blue SE2R boyarmaddesinde olduğu gözlemlenmektedir. Uygulanan üç farklı test uygulaması karşılaştırıldığında yapılan testlerde ışık haslığı testinin L* değerlerini en fazla etkilediği görülmüştür. Diğer haslık testi uygulamaları ise L* değerleri üzerinde fark oluşturacak belirgin bir etkiye sahip olmamıştır. Işık haslığı testinden sonra yapılan yıkama haslığı testi bazı durumlarda L* değerlerini geriye dönüştürücü etki yapmış gibi görülmesine rağmen L* değerleri genelde artmıştır. Bu durum kumaş yüzeyinden yansıyan ışık miktarının artması ve

kumaşların daha açık renkte görülmesine neden olmuştur. Uygulanmış olan iki kademeli ütü haslığın testleri arasında ciddi bir fark bulunmaması yapılan boyamaların ısıya karşı hassasiyetlerinin yüksek olmadığını göstermektedir.

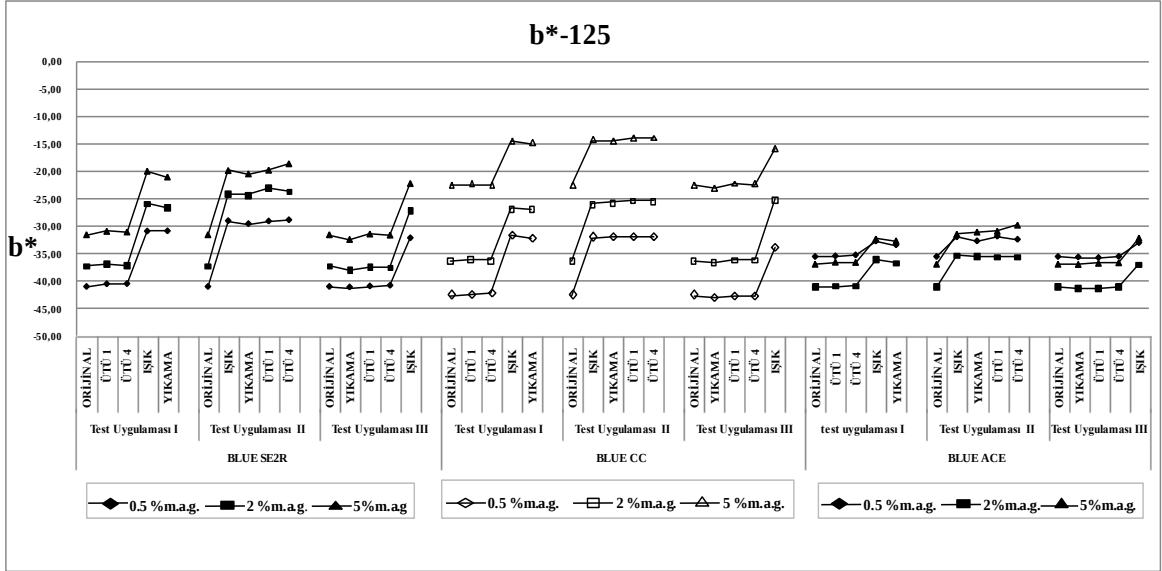


Şekil 4.2. 125 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen a* değerlerinin karşılaştırılması

a* kırmızı-yeşil renk koordinatı değerleri konsantrasyonlara göre incelendiğinde %0,5 ve %2'lik konsantrasyonlarda Blue ACE boyarmaddesinde %5'lik konsantrasyonda Blue CC boyarmaddesinde daha düşük olduğu gözlemlenmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek a* değeri ise %0,5 ve %2'lik konsantrasyonlarda Blue CC boyarmaddesinde %5'lik konsantrasyonda Blue SE2R boyarmaddesinde elde edilmiştir. Blue SE2R boyarmaddesinde %2 ve %5'lik konsantrasyonda a* değerleri birbirine yakın iken %0,5 konsantrasyonundaki değerler daha düşüktür. Blue CC ve Blue ACE boyarmaddelerinde ise a* değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre kademeli bir şekilde azaldığı gözlemlenmiştir.

Uygulanan testlerin a* değerleri kullanılan boyarmaddelere, uygulanan konsantrasyonlara ve haslık testi uygulama işlem sıralarına göre değişiklik göstermektedir. Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Blue ACE boyarmaddesinde en fazla etkinin Blue CC boyarmaddesinde olduğu gözlemlenmektedir. Yapılan üç farklı test uygulaması karşılaştırıldığında ışık haslığı

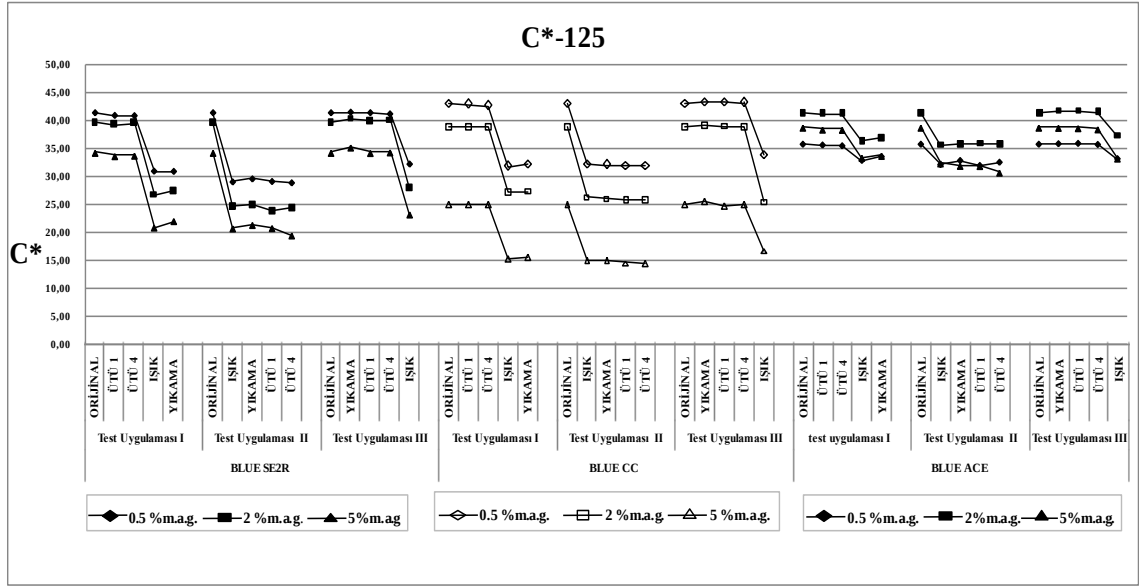
testinin a^* değerlerini en fazla etkilediği görülmüştür. Diğer haslık test uygulamalarının ise a^* değerleri üzerinde belirgin bir etkiye sahip olmadığı görülmektedir. Test uygulamaları II ve III’ te yıkama haslığından sonra yapılan ütü haslığı testinin a^* değerini genel olarak arttırdığı görülmektedir.



Şekil 4.3. 125 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen b^* değerlerinin karşılaştırılması

b^* sarı-mavi renk koordinatı değerleri konsantrasyona göre incelendiğinde %2 ve %5 konsantrasyonlarında Blue ACE boyarmaddesinde, %0,5 konsantrasyonunda Blue CC boyarmaddesinde daha düşük olduğu gözlemlenmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek değerler ise %2 ve %5 Blue CC boyarmaddesinde, %0,5 konsantrasyonunda Blue ACE boyarmaddesinde elde edilmiştir. Blue ACE boyarmaddesinin %0,5 ve %5’lik konsantrasyonlarında b^* değerleri birbirine yakın iken %2’lik konsantrasyonda b^* değerleri daha düşüktür. Blue SE2R ve Blue CC boyarmaddelerinde b^* değerlerinin boyarmadde konsantrasyonlarına göre arttığı görülmektedir.

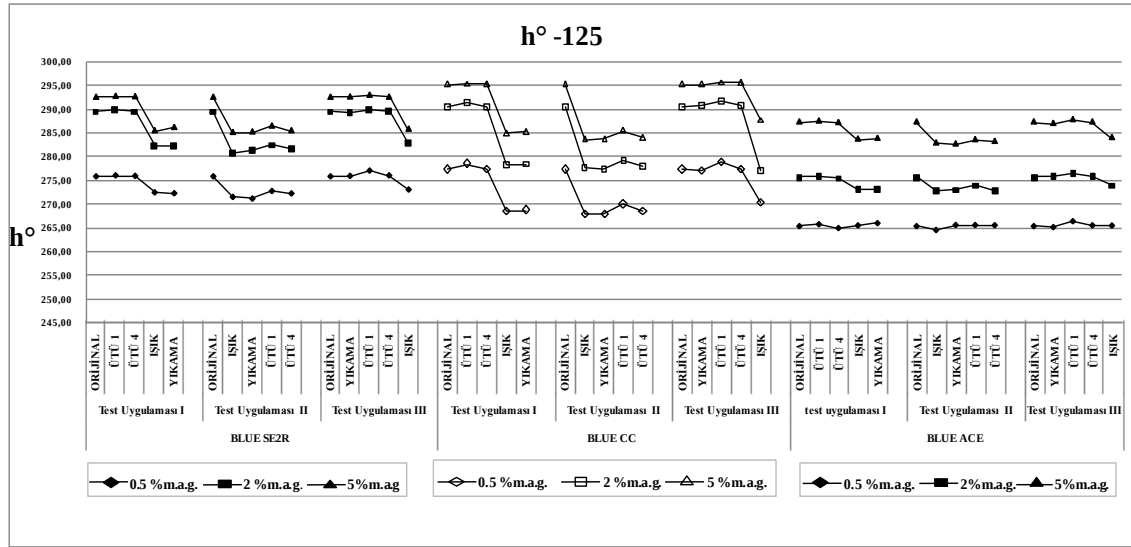
Üç ayrı test uygulaması incelendiğinde en az etkinin Blue ACE boyarmaddesinde olduğu, en fazla etkinin ise Blue SE2R boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan üç ayrı haslık testi uygulaması karşılaştırıldığında ısıtma haslığı testinin b^* değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Uygulanan diğer haslık testlerinin ise b^* değerleri üzerinde belirgin bir fark oluşturacak kadar etki etmediği gözlemlenmektedir.



Şekil 4.4. 125 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen C* değerlerinin karşılaştırılması

C* kroma (renk doygunluğu) renk koordinatı değerlerinin konsantrasyonlara göre %2 ve %5'lik konsantrasyonlarda Blue CC boyarmaddesinde, %0,5'lik konsantrasyonda ise Blue ACE boyarmaddesinde daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre %2 ve %5'lik konsantrasyonlarda Blue ACE boyarmaddesinde %0,5'lik konsantrasyonunda Blue CC boyarmaddesinde en yüksek C* değerleri elde edilmiştir. Blue SE2R boyarmaddesinde %0,5 ve %2'lik konsantrasyonlarda C* değerleri birbirine yakın iken %5 konsantrasyonda C* değeri daha düşüktür. Blue CC boyarmaddesinde boyarmadde konsantrasyonlarının artması ile C* değerlerinde azalma olduğu görülmektedir. Blue ACE boyarmaddesinde ise %2'lik konsantrasyonda en yüksek %0,5'lik konsantrasyonda en düşük C* değeri elde edilmiştir.

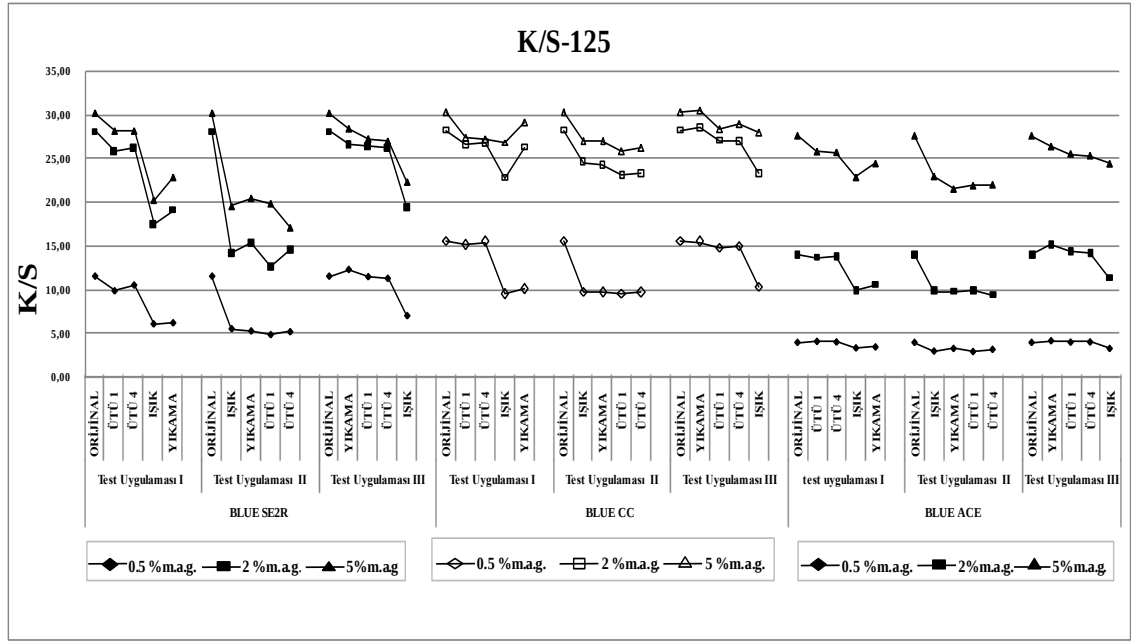
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Blue ACE boyarmaddesinde en fazla etkinin Blue SE2R boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Yapılan üç farklı test uygulaması karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin C* değerlerini en fazla etkilediği görülmüştür. Uygulanan diğer haslık testlerinin C* değerlerini belirgin şekilde etkilemediği görülmektedir.



Şekil 4.5. 125 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen h° değerlerinin karşılaştırılması

h° renk açısı değerleri konsantrasyonlara göre incelendiğinde Blue ACE boyarmaddesinde en düşük olduğu görülmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek h° değeri ise Blue CC boyarmaddesinde elde edilmiştir. Blue SE2R ve Blue CC boyarmaddelerinde %5 ve %2 konsantrasyonlarında h° değerleri birbirine yakın iken %0,5 konsantrasyonunda h° değerlerinin daha az olduğu görülmektedir. Blue ACE boyarmaddesinde ise konsantrasyonlardaki azalma ile h° değerlerinin kademeli olarak azaldığı görülmektedir.

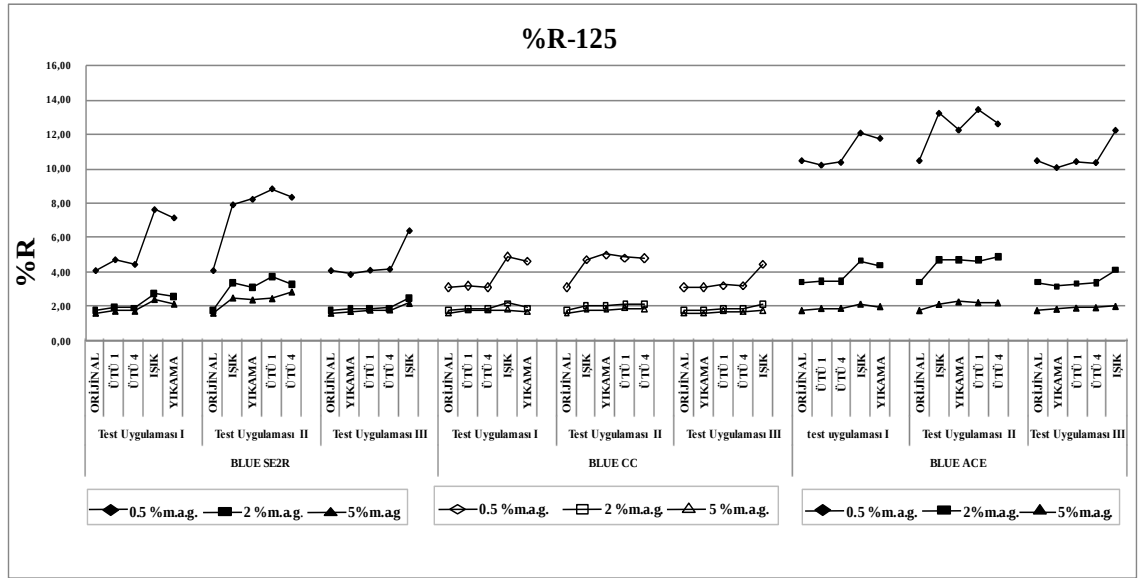
Üç ayrı test uygulaması incelendiğinde en az etkinin Blue ACE boyarmaddesinde en fazla etkinin Blue CC boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan üç farklı haslık testi uygulamaları karşılaştırıldığında ılık haslığı testinin h° değerlerini en fazla etkileyen test olduğu görülmektedir. Diğer test uygulamalarının ise h° değerini belirgin bir fark oluşturacak kadar etkilemediği gözlemlenmektedir. Blue CC boyarmaddesinin test uygulamaları incelendiğinde yıkama sonrası yapılan ütü haslığının h° değerlerini arttırdığı görülmektedir. Blue ACE boyarmaddesinin en düşük konsantrasyonunda yapılan boyamaların herhangi bir haslık testi uygulamasından belirgin şekilde etkilenmediği görülmektedir.



Şekil 4.6. 125 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen K/S değerlerinin karşılaştırılması

K/S renk kuvveti değerleri incelendiğinde Blue ACE boyarmaddesinde daha düşük olduğu gözlemlenmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek K/S değerleri Blue CC boyarmaddesinde elde edilmiştir. Blue SE2R ve Blue CC boyarmaddelerinin %5 ve %2 konsantrasyonlarındaki K/S değerleri birbirine yakın iken % 0,5 konsantrasyonunda bu değerlerin daha düşük olduğu görülmektedir. Blue ACE boyarmaddesinde ise boyarmadde konsantrasyonlarına göre K/S değerlerinde azalma görülmektedir.

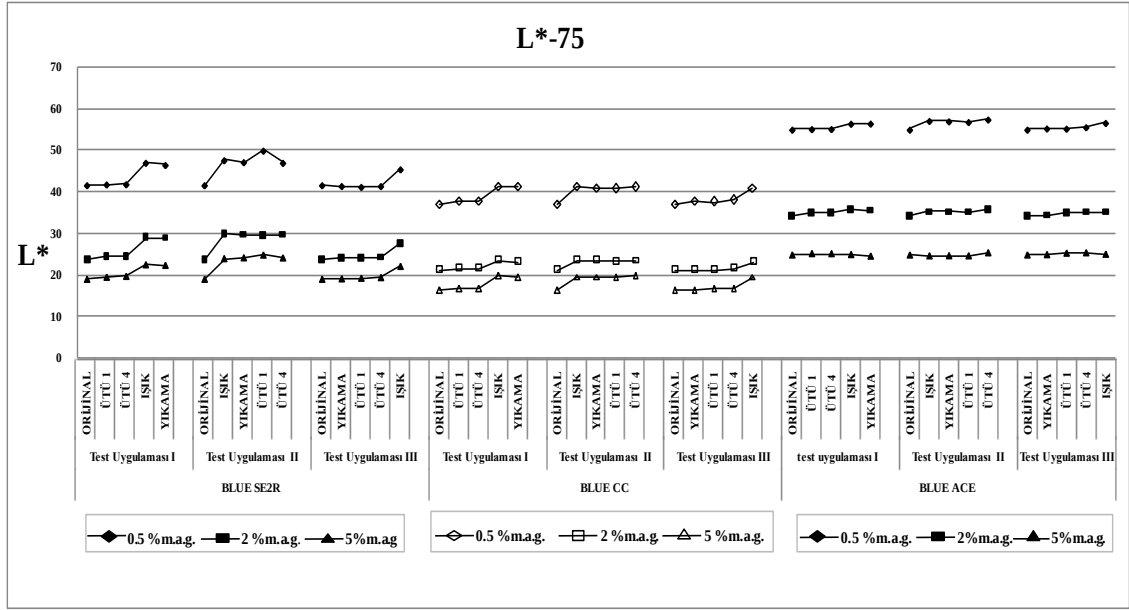
Test uygulamalarının K/S değerleri üzerindeki etkileri çalışmada kullanılan boyarmaddelere, uygulanan konsantrasyonlara ve haslık testi uygulama işlem sıralarına göre farklılık göstermektedir. Üç ayrı haslık testi uygulaması incelendiğinde en az etkinin Blue ACE boyarmaddesinde en fazla etkinin Blue SE2R boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Yapılan üç farklı test uygulaması karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin K/S değerini en fazla etkilediği görülmüştür. Uygulanan diğer haslık testleri K/S değerini belirgin fark oluşturacak şekilde etkilememiştir. Blue ACE boyarmaddesinin %0,5 konsantrasyonunda yapılan haslık testleri K/S değerini belirgin şekilde etkilemediği görülmektedir.



Şekil 4.7. 125 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen %R değerlerinin karşılaştırılması

%R reflektans değerleri konsantrasyonlara göre incelendiğinde Blue CC boyarmaddesinde en düşük olduğu görülmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek %R değeri Blue ACE boyarmaddesinde elde edilmiştir. Blue SE2R ve Blue CC boyarmaddelerinin %5 ve %2 konsantrasyonlarındaki %R değerleri birbirine yakın iken % 0,5 değerleri daha yüksektir. Blue ACE boyarmaddesinde ise boyarmadde konsantrasyonlarının azalması ile %R değerlerinin arttığı görülmektedir.

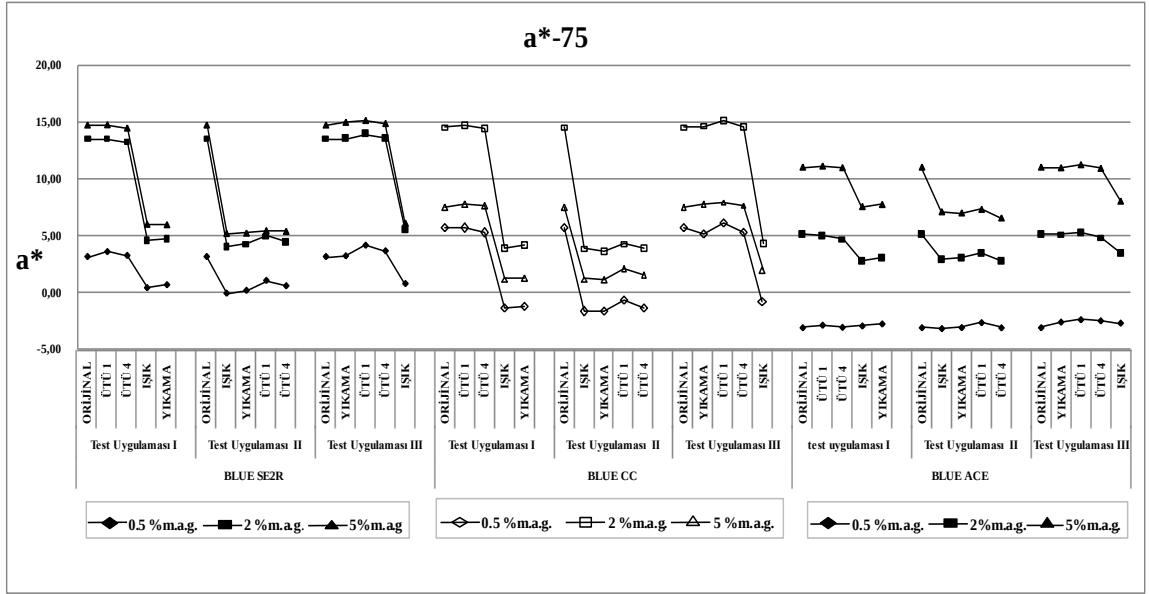
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Blue CC boyarmaddesinde en fazla etkinin ise Blue SE2R boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan üç farklı haslık testi uygulaması karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin %R değerini en fazla etkilediği gözlemlenmektedir. Diğer haslık testi uygulamaları %R değerlerini belirgin bir şekilde etkilememiştir. Blue CC boyarmaddesinin %2 ve %5 konsantrasyonlarında ve Blue ACE boyarmaddesinin %5 konsantrasyonunda %R değerlerinin ışık haslığından etkilenmediği görülmektedir.



Şekil 4.8. 75 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen L* değerlerinin karşılaştırılması

L* açıklık-koyuluk renk koordinatı değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Blue CC boyarmaddesinde daha düşük olduğu görülmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek L* değerleri ise Blue ACE boyarmaddesinde elde edilmiştir. Blue SE2R ve Blue CC boyarmaddelerinin %2 ve %5 konsantrasyonlarında L* değerleri birbirine yakın iken %0,5 konsantrasyonunda L* değerleri daha yüksektir. Blue ACE boyarmaddesinde ise boyarmadde konsantrasyonunun azalması ile L* değerleri artış göstermiştir.

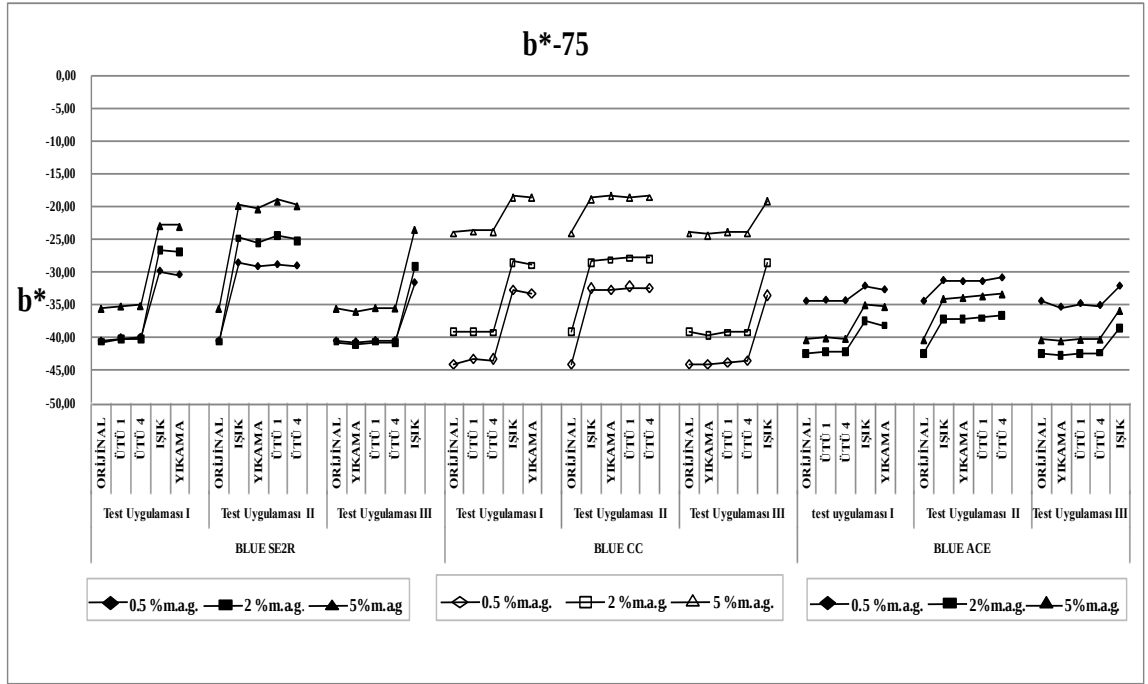
Test uygulamalarının L* değerleri üzerindeki etkileri çalışmada kullanılan boyarmadde, uygulanan konsantrasyonlara ve haslık testi işlem sıralarına göre değişkenlik göstermektedir. Üç ayrı test uygulaması incelendiğinde en az etkinin Blue ACE boyarmaddesinde, en fazla etkinin ise Blue SE2R boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan haslık testleri karşılaştırıldığında ılık haslığı testinin L* değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Diğer haslık testleri L* değerlerini belirgin bir fark oluşturacak kadar etkilememiştir.



Şekil 4.9. 75 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen a* değerlerinin karşılaştırılması

a* kırmızı- yeşil renk koordinatı değerleri konsantrasyonlara göre incelendiğinde Blue ACE boyarmaddesinde %0,5 ve %2 konsantrasyonlarında, Blue CC boyarmaddesinde %5 konsantrasyonunda daha düşük olduğu gözlemlenmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek a* değerleri %0,5 ve %2 konsantrasyonlarında Blue CC boyarmaddesinde , %5 konsantrasyonunda Blue SE2R boyarmaddesinde elde edilmiştir. Blue SE2R boyarmaddesinde %2 ve %5 konsantrasyonlarındaki a* değerleri birbirine yakın olup %0,5 konsantrasyonundaki değerler daha düşüktür. Blue CC boyarmaddesinde %5 ve %0,5 değerleri birbirine yakın olup %2 konsantrasyonundaki değerler daha yüksektir. Blue ACE boyarmaddesinde ise boyarmadde konsantrasyonu azalması ile a* değerlerinin kademeli olarak azaldığı görülmektedir.

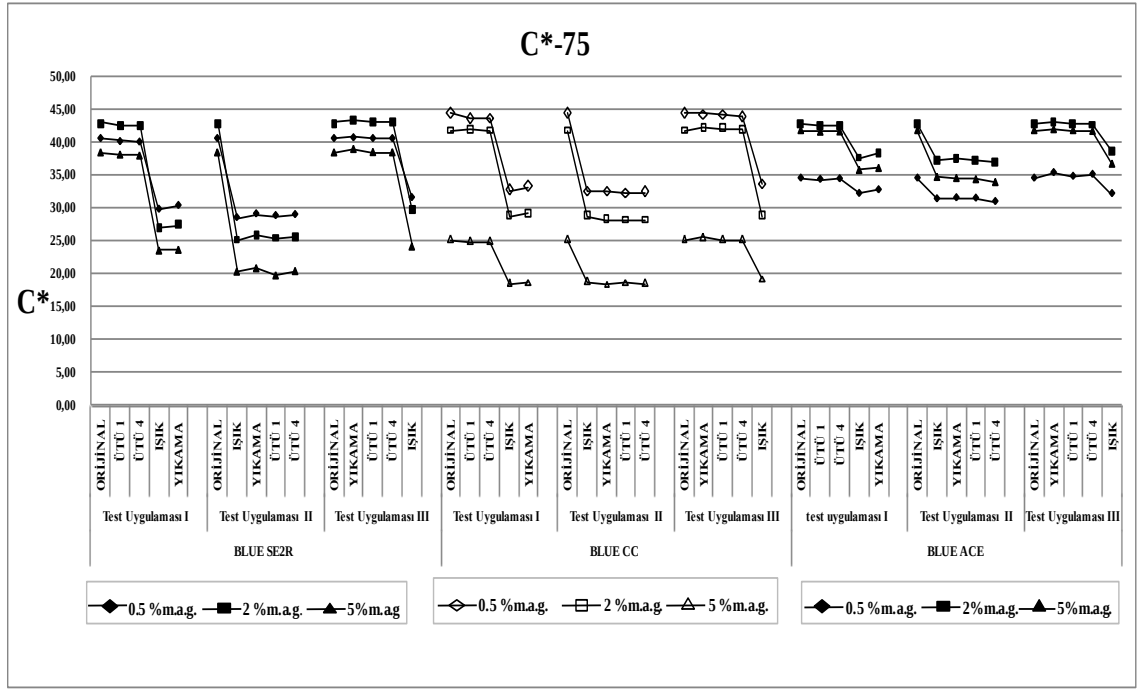
Uygulanan testlerin a* değerleri kullanılan boyarmaddelere, uygulanan konsantrasyonlara ve haslık testlerinin uygulama işlem sırasına göre değişiklik göstermektedir. Test uygulamaları incelendiğinde en az etki Blue ACE boyarmaddesinde, en fazla etkinin ise Blue CC boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Yapılan haslık testleri karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin a* değerlerini en fazla etkilediği, diğer haslık testlerinin ise a* değerlerini belirgin bir şekilde etkilemediği gözlemlenmektedir. Test uygulaması II ve III'te yıkama haslığı sonrası yapılan ütüleme haslığı işleminde bazı durumlarda a* değerlerinin arttırmıştır.



Şekil 4.10. 75 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen b* değerlerinin karşılaştırılması

b* sarı-mavi renk koordinatı değerlerinin boyarmadde konsantrasyonlarına göre Blue ACE boyarmaddesinin %2 ve %5 konsantrasyonlarında, Blue CC boyarmaddesinin %0,5 konsantrasyonunda daha düşük olduğu gözlemlenmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek değerler %5 ve %2 konsantrasyonlarında Blue CC boyarmaddesinde, %0,5 konsantrasyonunda Blue ACE boyarmaddesinde elde edilmiştir. Blue SE2R boyarmaddesinin %2 ve %0,5 konsantrasyonlarındaki b* değerleri birbirine yakın iken %5 konsantrasyonundaki değerler daha yüksektir. Blue ACE boyarmaddesinde %2 ve %5 konsantrasyonundaki b* değerleri birbirine yakın iken % 0,5 konsantrasyonundaki değerler daha yüksektir. Blue CC boyarmaddesinde boyarmadde konsantrasyonunun ile b* değerlerinin kademeli olarak arttığı gözlemlenmektedir.

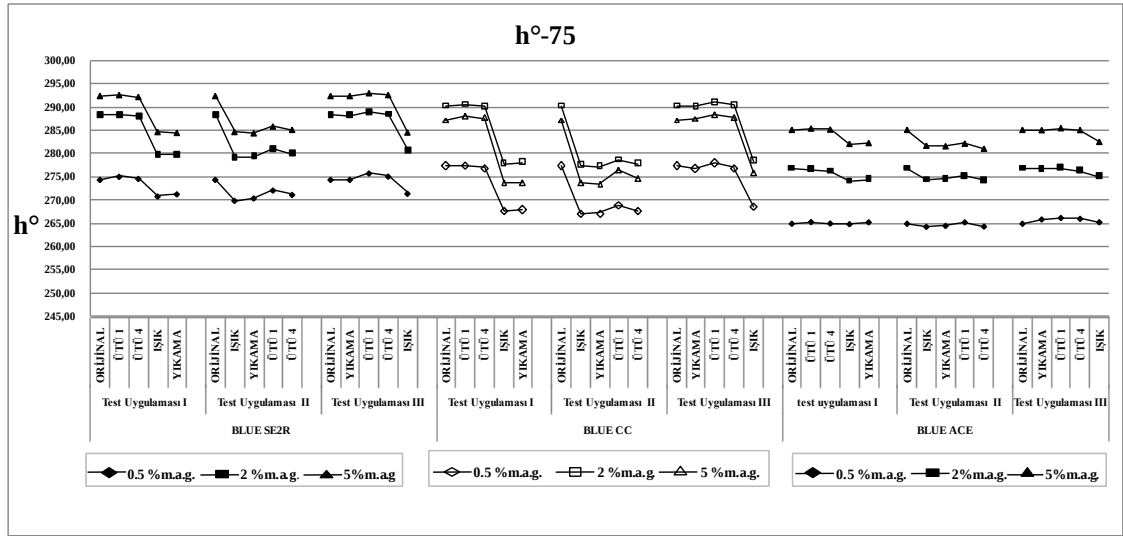
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Blue ACE boyarmaddesinde olduğu, en fazla etkinin ise Blue SE2R boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan üç ayrı haslık testi karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin b* değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Diğer haslık testlerinin ise b* değerlerini belirgin bir fark oluşturacak şekilde etkilemediği gözlemlenmiştir.



Şekil 4.11. 75 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen C* değerlerinin karşılaştırılması

C* kroma (renk doygunluğu) renk koordinatı değerlerinin konsantrasyonlara göre incelendiğinde %2 ve %5 konsantrasyonlarında Blue CC boyarmaddesinde, %0,5 konsantrasyonunda Blue ACE boyarmaddesinde daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek C* değerleri %0,5 konsantrasyonunda Blue CC boyarmaddesinde, %2 konsantrasyonunda Blue SE2R boyarmaddesinde ve %5 konsantrasyonunda Blue ACE boyarmaddesinde elde edilmiştir. Blue ACE boyarmaddesinde %2 ve %5 konsantrasyonlarında C* değerleri birbirine yakın olup %0,5 konsantrasyonundaki değerler daha düşüktür. Blue CC boyarmaddesinde %0,5 ve %2 değerleri daha düşük olup %5 konsantrasyonundaki değerler daha düşüktür. Blue SE2R boyarmaddesinde C* değerleri konsantrasyon değişimi ile birlik azalmaktadır.

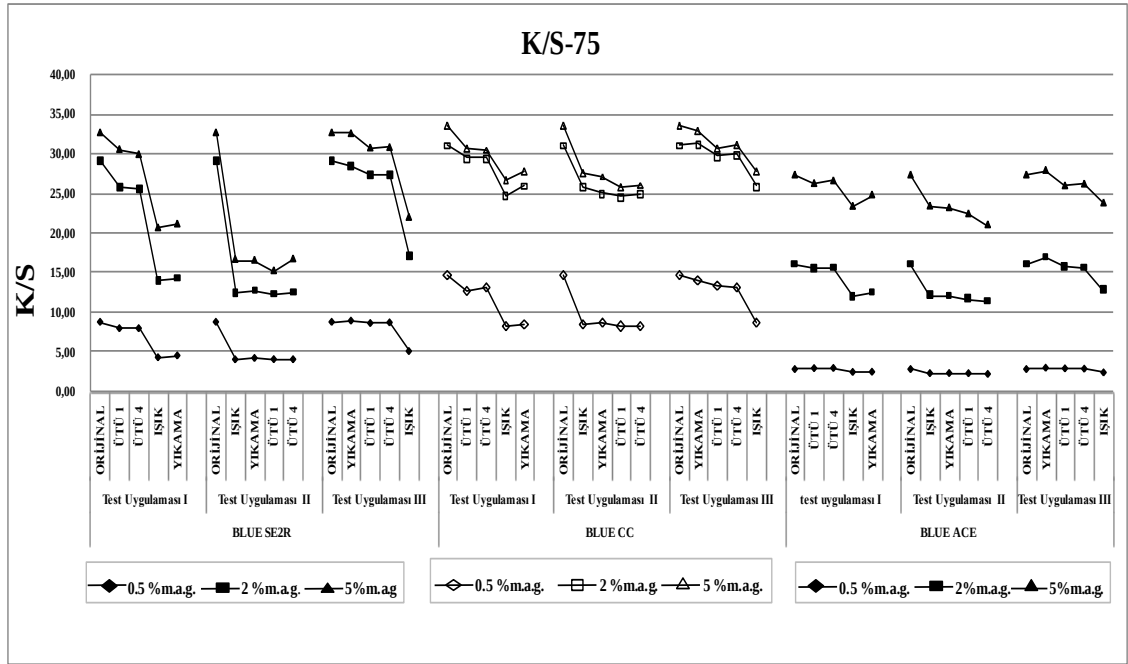
Test uygulamaları incelendiğinde en az etki Blue ACE boyarmaddesinde, en fazla etki ise Blue SE2R boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Üç farklı test uygulaması karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin C* değerlerini en fazla etkilediği görülmekte, diğer haslık testleri ise C* değerlerini belirgin bir fark oluşturacak kadar etkilememiştir.



Şekil 4.12. 75 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen h° değerlerinin karşılaştırılması

h° renk açısı değerleri konsantrasyonlara göre incelendiğinde Blue ACE boyarmaddesinde en düşük olduğu görülmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek h° değeri ise %0,5 ve %2 konsantrasyonlarında Blue CC boyarmaddesinde, %5 konsantrasyonunda Blue SE2R boyarmaddesinde elde edilmiştir. Blue SE2R ve Blue CC boyarmaddelerinin %2 ve %5 konsantrasyonlarında h° değerleri birbirine yakın iken %0,5 konsantrasyonundaki değerler daha düşüktür. Blue ACE boyarmaddesinde ise boyarmadde konsantrasyonundaki azalma ile h° değerlerinin kademeli olarak azaldığı görülmektedir.

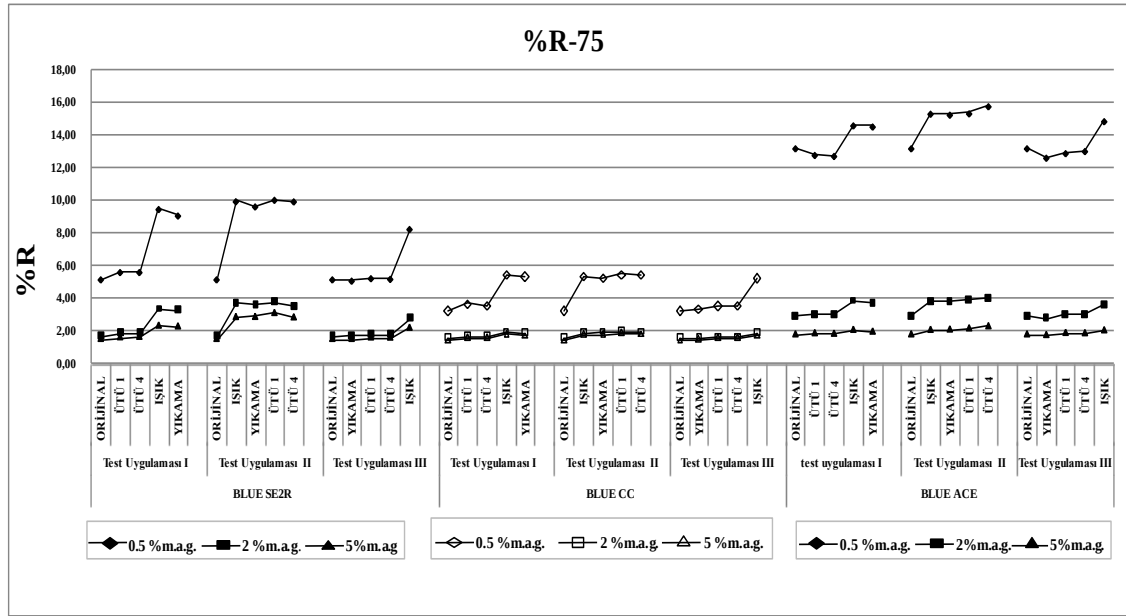
Üç ayrı test uygulaması incelendiğinde en az etki Blue ACE boyarmaddesinde, en fazla etkinin Blue CC boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan üç farklı haslık testi karşılaştırıldığında ışıık haslığı testinin h° değerini en fazla etkileyen test olduğu görülmektedir. Diğer haslık testi uygulamaları h° değerini belirgin bir fark oluşturacak kadar etkilememiştir. Blue ACE boyarmaddesinin en düşük konsantrasyonunda yapılan boyamaların yapılan testlerden belirgin şekilde etkilenmediği görülmektedir. Blue CC boyarmaddesinde yıkama sonrası yapılan ütü haslığının bazı durumlarda h° değerini arttırdığı görülmektedir.



Şekil 4.13. 75 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen K/S değerlerinin karşılaştırılması

K/S renk kuvveti değerleri incelendiğinde Blue ACE boyarmaddesinde daha düşük olduğu görülmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek K/S değeri Blue CC boyarmaddesinde elde edilmiştir. Blue SE2R ve Blue CC boyarmaddelerinin %2 ve %5 konsantrasyonundaki K/S değerleri birbirine yakın iken %0,5 konsantrasyonundaki değerler daha düşüktür. Blue ACE boyarmaddesinde ise boyarmadde konsantrasyonu azaldıkça K/S değerlerinin azaldığı görülmektedir.

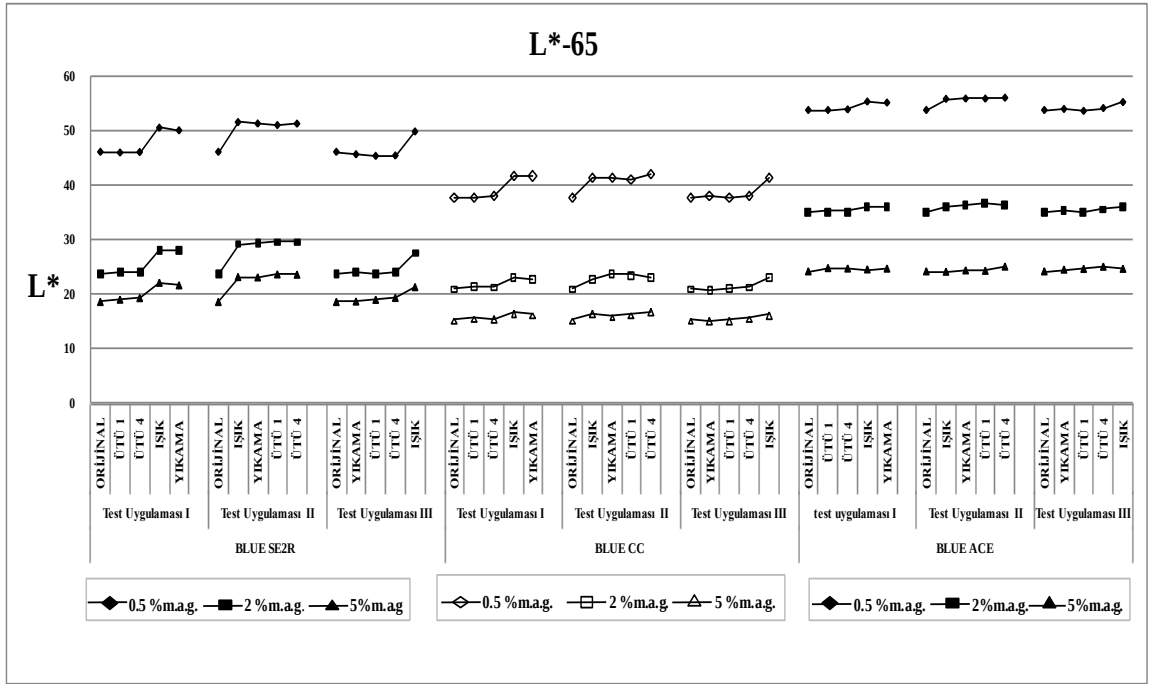
Test uygulamalarının K/S değerleri üzerindeki etkileri çalışmada kullanılan boyarmaddelere, uygulanan konsantrasyonlara ve haslık testi uygulama işlem sıralarına göre değişiklik göstermektedir. Üç ayrı test uygulaması incelendiğinde en az etkinin Blue ACE boyarmaddesinde, en fazla etkinin Blue SE2R boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Yapılan üç farklı haslık testi karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin K/S değerini en fazla etkilediği görülmüştür. Uygulanan diğer haslık testlerinin K/S değeri üzerinde belirgin bir etkisi olmamıştır. Blue ACE boyarmaddesinin en düşük konsantrasyonunda uygulanan haslık testlerinin K/S değeri üzerinde belirgin bir etki oluşturmamıştır.



Şekil 4.14. 75 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen %R değerlerinin karşılaştırılması

%R reflektans değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Blue CC boyarmaddesinde daha düşük olduğu görülmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek %R değeri Blue ACE boyarmaddesinde elde edilmiştir. Blue SE2R boyarmaddesinin %2 ve %5 konsantrasyonlarında %R değerleri birbirine yakın iken %0,5 konsantrasyondaki değerler daha yüksektir. Blue CC boyarmaddesinde %2 ve %5 konsantrasyondaki değerlerin hemen hemen aynı olduğu % 0,5 konsantrasyonundaki değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir. Blue ACE boyarmaddesinde ise konsantrasyonlarının azalması ile %R değerleri artmaktadır.

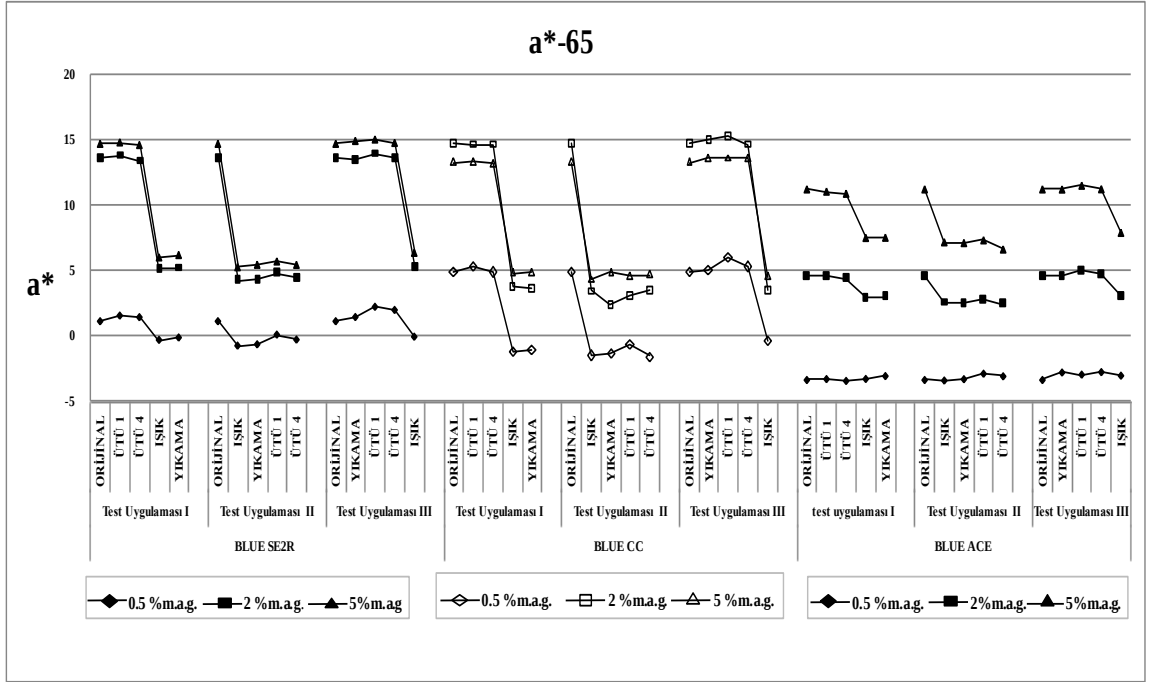
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Blue CC boyarmaddesinde en fazla etkinin Blue SE2R boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan üç farklı haslık testi karşılaştırıldığında ışıık haslığı testinin %R değerini en fazla etkilediği görülmektedir. Yapılan diğer haslık testlerinin %R değeri üzerinde belirgin bir fark oluşturmamıştır. Blue CC boyarmaddesinin %5 ve %2 konsantrasyonlarında Blue ACE boyarmaddesinin %5 konsantrasyonunda %R değerleri haslık testlerinden belirgin bir fark oluşturacak kadar etkilenmemiştir.



Şekil 4.15. 65 g/m² kumaşa farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen L* değerlerinin karşılaştırılması

L* açıklık- koyuluk renk koordinatı değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Blue CC boyarmaddesinde daha düşük olduğu görülmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek L* değerleri ise Blue ACE boyarmaddesinde elde edilmiştir. Blue SE2R ve Blue CC boyarmaddelerinin %2 ve %5 konsantrasyonlarında L* değerleri birbirine yakın iken %0,5 konsantrasyonlarındaki değerler daha yüksektir. Blue ACE boyarmaddesinde konsantrasyonların azalması ile L* değerlerinin arttığı görülmektedir.

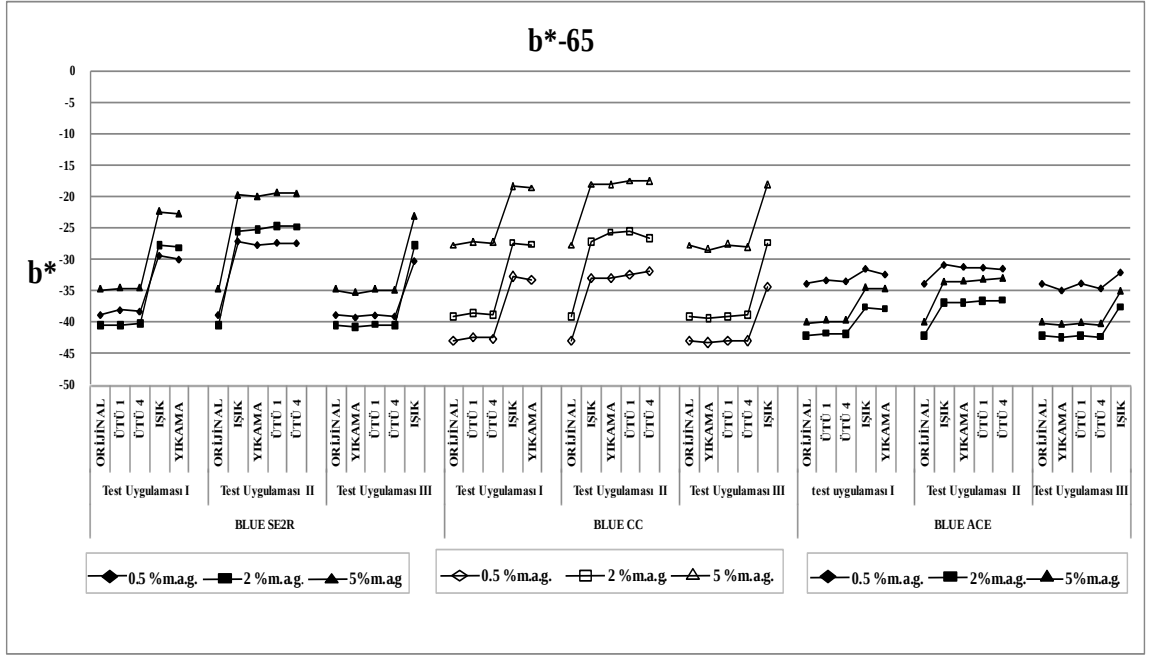
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Blue ACE boyarmaddesinde olduğu, en fazla etkinin ise Blue SE2R boyarmaddesinde olduğu görülmüştür. Uygulanan haslık testleri karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin L* değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Diğer haslık testleri ise L* değerlerini belirgin bir fark oluşturacak kadar etkilememiştir.



Şekil 4.16. 65 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen a* değerlerinin karşılaştırılması

a* kırmızı-yeşil renk koordinatı değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Blue ACE boyarmaddesinde daha düşük olduğu görülmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek a* değerleri %0,5 ve %2 konsantrasyonlarında Blue CC boyarmaddesinde, % 5 konsantrasyonunda Blue SE2R boyarmaddesinde elde edilmiştir. Blue SE2R ve Blue CC boyarmaddelerinin %2 ve %5 konsantrasyonlarındaki a* değerleri birbirine yakın iken %0,5 konsantrasyonunda bu değerler daha düşüktür. Blue ACE boyarmaddesinde ise konsantrasyondaki azalma ile a* değerlerinin azaldığı görülmektedir.

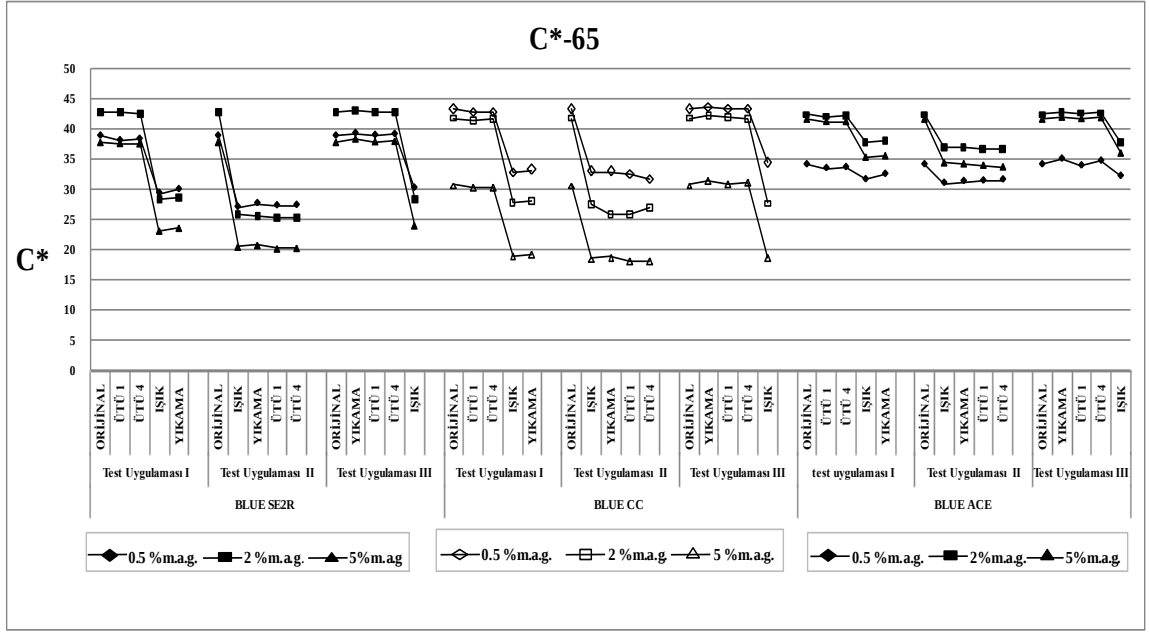
Uygulanan testlerin a* değerleri üzerindeki etkileri kullanılan boyarmaddelere uygulanan konsantrasyonlara ve haslık testleri uygulama işlem sıralarına göre değişiklik göstermektedir. Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Blue ACE boyarmaddesinde, en fazla etkinin Blue CC boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Yapılan haslık testleri karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin a* değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Diğer haslık testlerinin a* değerlerini belirgin bir fark oluşturacak kadar etkilemediği görülmektedir. Test uygulamaları II ve III' te yıkama haslığı sonrasında yapılan ütü haslığı testi bazı durumlarda a* değerlerini arttırmıştır.



Şekil 4.17. 65 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen b* değerlerinin karşılaştırılması

b* sarı-mavi renk koordinatı değerlerinin boyarmadde konsantrasyonlarına göre Blue ACE boyarmaddesinde %2 ve %5 konsantrasyonlarında, Blue CC boyarmaddesinde %0,5 konsantrasyonunda daha düşük olduğu görülmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek değerler %2 ve %5 konsantrasyonlarında Blue CC boyarmaddesinde, %0,5 konsantrasyonunda Blue SE2R boyarmaddesinde elde edilmiştir. Blue SE2R boyarmaddesinde %0,5 ve %2 konsantrasyonlarındaki b* değerleri birbirine yakın olup %5 konsantrasyonundaki değerler daha yüksektir. Blue ACE boyarmaddesinde %2 ve %5 konsantrasyonunda b* değerleri birbirine yakın iken %0,5 konsantrasyonlarındaki değerler daha yüksektir. Blue CC boyarmaddesinde konsantrasyonun artması ile b* değerlerinin arttığı görülmektedir.

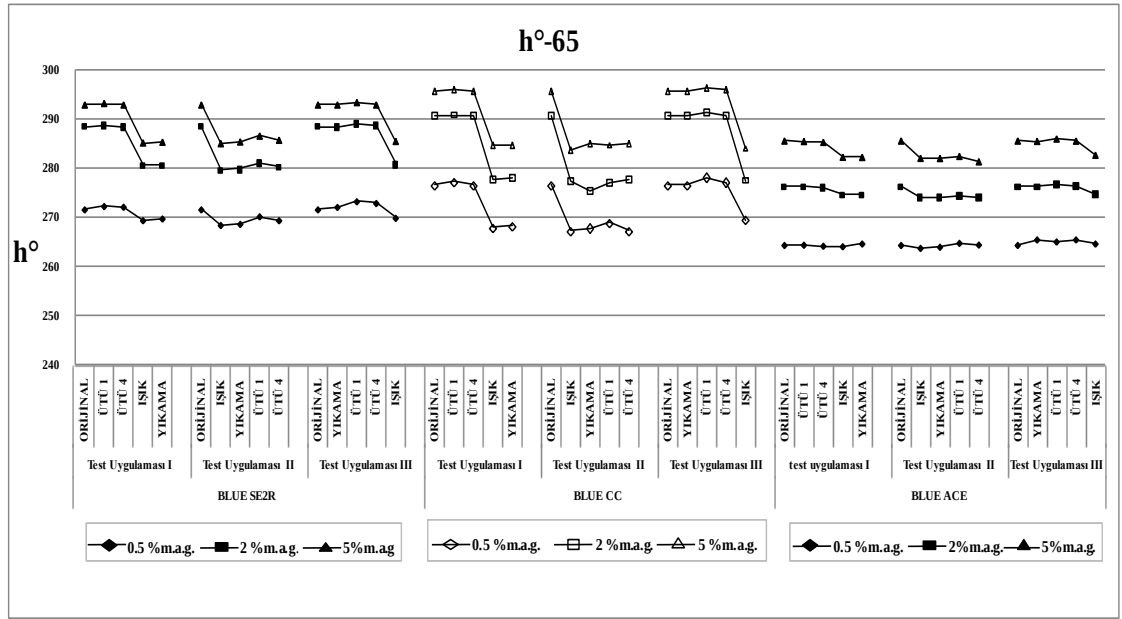
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Blue ACE boyarmaddesinde, en fazla etkinin ise Blue SE2R boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan haslık testleri karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin b* değerlerini en fazla etkilediği görülmüştür. Diğer uygulanan haslık testlerinin ise b* değerlerini belirgin bir fark oluşturacak kadar etkilemediği gözlemlenmiştir.



Şekil 4.18. 65 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen C* değerlerinin karşılaştırılması

C* kroma (renk doygunluğu) renk koordinatı değerleri konsantrasyonlara göre incelendiğinde %2 ve %5 konsantrasyonlarında Blue CC boyarmaddesinde, % 0,5 konsantrasyonunda Blue ACE boyarmaddesinde daha düşük olduğu görülmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek C* değerleri %5 konsantrasyonunda Blue ACE boyarmaddesinde, %2 konsantrasyonunda Blue SE2R boyarmaddesinde, %0,5 konsantrasyonunda Blue CC boyarmaddesinde elde edilmiştir. Blue SE2R boyarmaddesinde % 0,5 ve %5 konsantrasyonunda C* değerleri birbirine yakın iken %2 konsantrasyonundaki değerler daha yüksektir. Blue CC boyarmaddesinde %0,5 ve %2 değerleri birbirine daha yakın iken %5 konsantrasyondaki değerler daha düşüktür. Blue ACE boyarmaddesinde %2 ve %5 konsantrasyonunda C* değerleri birbirine yakın iken %0,5 konsantrasyonundaki değerler daha düşüktür.

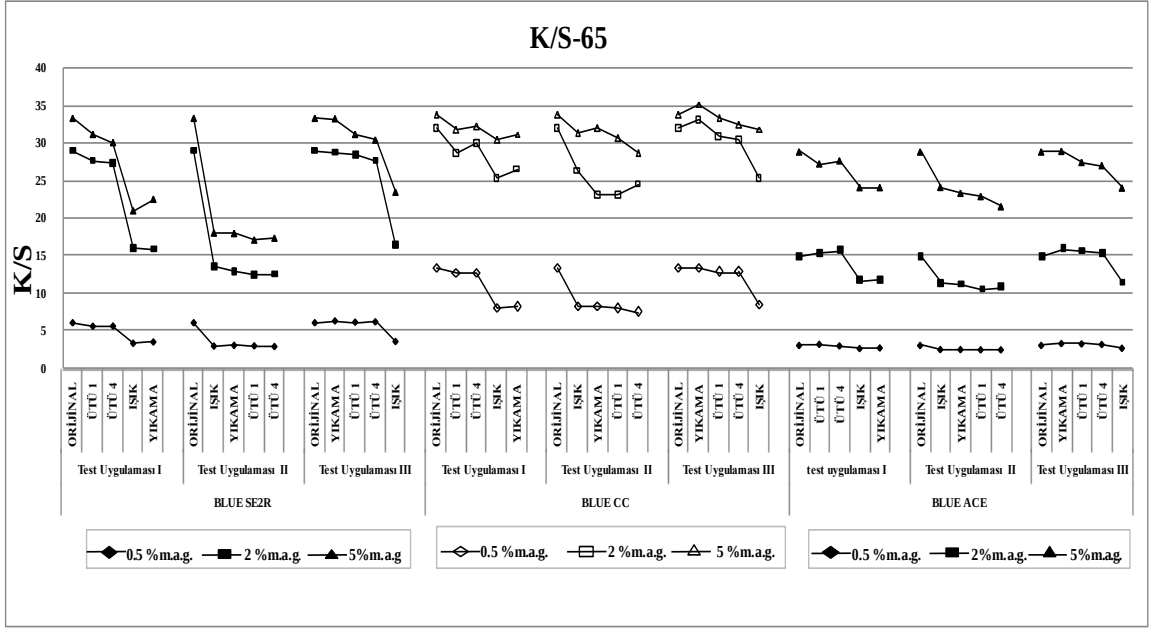
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Blue ACE boyarmaddesinde, en fazla etkinin Blue SE2R boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Üç farklı haslık testi karşılaştırıldığında ısı haslığı testinin C* değerlerini en fazla etkileyen test olduğu görülmektedir. Diğer uygulanan haslık testleri C* değerlerini belirgin bir şekilde etkilememiştir.



Şekil 4.19. 65 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen h° değerlerinin karşılaştırılması

h° renk açısı değerleri konsantrasyonlara göre incelendiğinde Blue ACE boyarmaddesinde daha düşük olduğu gözlemlenmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek h° değerleri Blue CC boyarmaddesinde elde edilmiştir. Blue SE2R ve Blue CC boyarmaddelerinde %2 ve %5 konsantrasyonlarında h° değerleri birbirine yakın iken %0,5 konsantrasyonundaki değerler daha düşüktür. Blue ACE boyarmaddesinde ise boyarmadde konsantrasyonundaki azalma ile h° değerlerinde azaldığı görülmektedir.

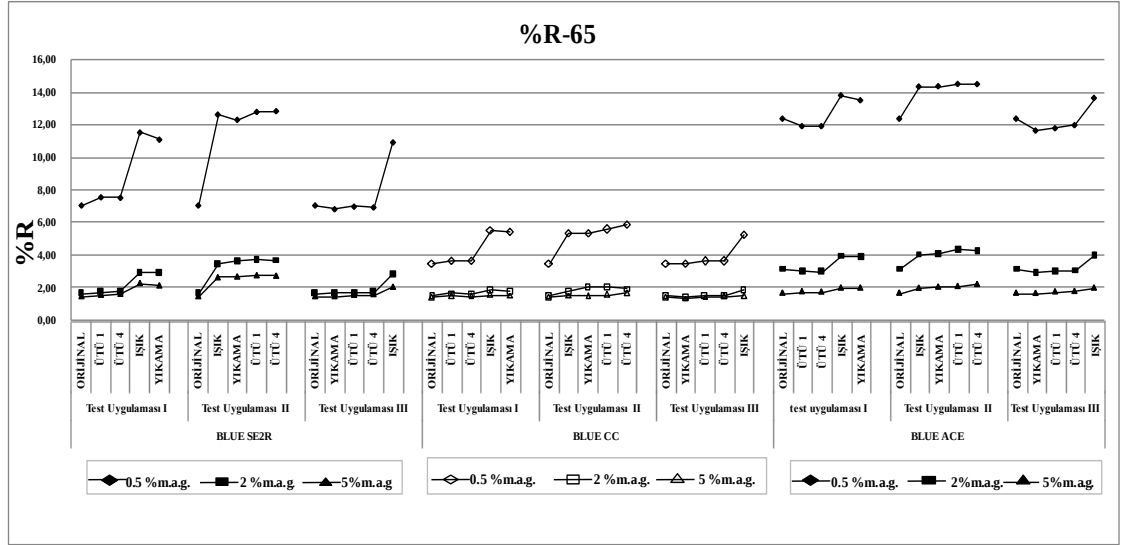
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Blue ACE boyarmaddesinde en fazla etkinin ise Blue CC boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan üç farklı haslık testi karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin h° değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Diğer haslık testleri h° değerlerini belirgin bir fark oluşturacak şekilde etkilememiştir. Blue ACE boyarmaddesinin en düşük konsantrasyonunda yapılan boyamaların haslık testlerinden belirgin şekilde etkilenmediği görülmektedir.



Şekil 4.20. 65 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen K/S değerlerinin karşılaştırılması

K/S renk kuvveti değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Blue ACE boyarmaddesinde daha düşük olduğu gözlemlenmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek K/S değerleri Blue CC boyarmaddesinde elde edilmiştir. Blue SE2R ve Blue CC boyarmaddelerinin %2 ve %5 konsantrasyonlarında K/S değerleri birbirine yakın iken %0,5 konsantrasyonundaki değerler daha düşüktür. Blue ACE boyarmaddesinde konsantrasyon azalması ile K/S değerlerinin azaldığı görülmektedir.

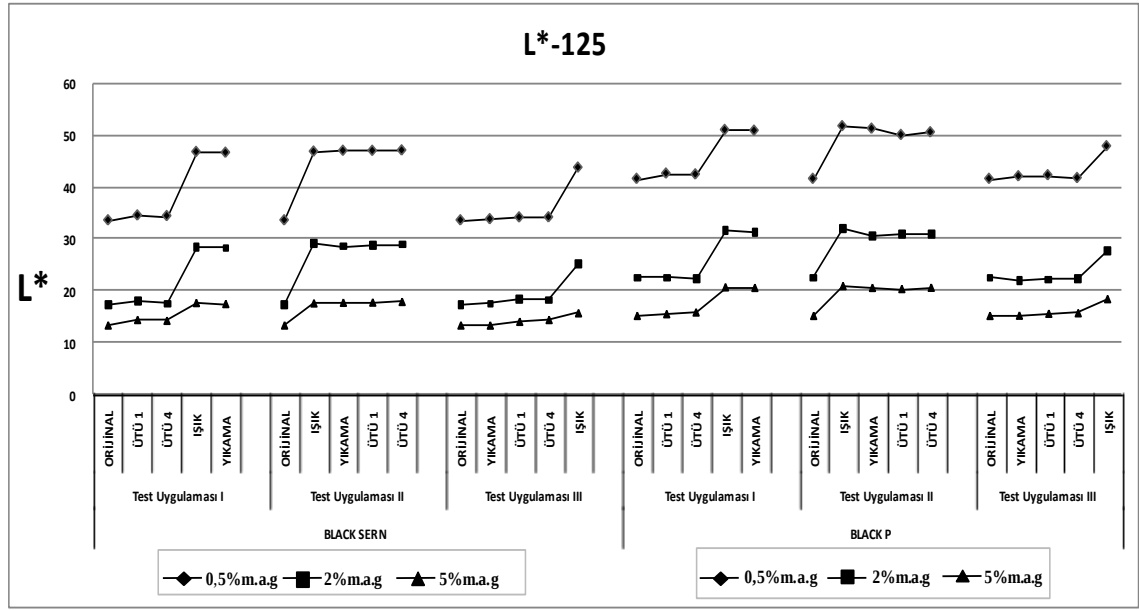
Test uygulamalarının K/S değerleri üzerindeki etkileri çalışmada kullanılan boyarmaddelere, uygulanan konsantrasyonlara ve haslık testi işlem sıralarına göre değişiklik göstermektedir. Üç ayrı test uygulaması incelendiğinde en az etkinin Blue ACE boyarmaddesinde en fazla etkinin Blue SE2R boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Yapılan haslık testleri karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin K/S değerini en fazla etkilediği görülmüştür. Uygulanan diğer haslık testlerinin K/S değeri üzerinde belirgin bir etkisi olmamıştır. Blue ACE boyarmaddesinin en düşük konsantrasyonunda uygulanan haslık testlerinin K/S değerlerini belirgin bir şekilde etkilenmemiştir.



Şekil 4.21. 65 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen %R değerlerinin karşılaştırılması

%R reflektans değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Blue CC boyarmaddesinde daha düşük olduğu görülmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek %R değerleri ise Blue ACE boyarmaddesinde elde edilmiştir. Blue SE2R, Blue CC ve Blue ACE boyarmaddelerinin %2 ve %5 konsantrasyonlarındaki %R değerleri birbirine yakın iken %0,5 konsantrasyonundaki değerler daha yüksektir.

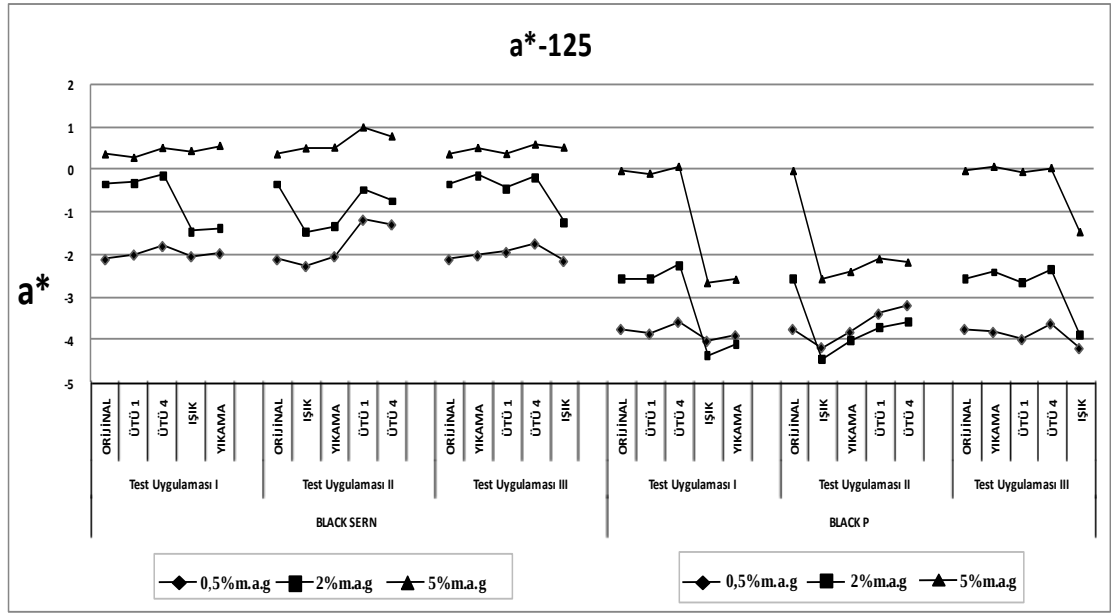
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Blue CC boyarmaddesinde en fazla etkinin Blue SE2R boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan üç farklı haslık testi karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin %R değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Uygulanan diğer haslık testleri %R değerlerini belirgin bir fark oluşturacak kadar etkilememiştir. Blue CC boyarmaddesinin %2 ve %5 konsantrasyonları ve Blue ACE boyarmaddesinin %5 konsantrasyonunda %R değerlerinin haslık testlerinden belirgin şekilde etkilenmediği görülmektedir.



Şekil 4.22. 125 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen L* değerlerinin karşılaştırılması

L* açıklık-koyuluk renk koordinatı değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Black SERN boyarmaddesinde elde edilen değerlerin Black P boyarmaddesinde elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Black SERN ve Black P boyarmaddelerinin %2 ve %5 konsantrasyonlarında L* değerleri birbirine yakın olup %0,5 konsantrasyonundaki değerler daha yüksektir.

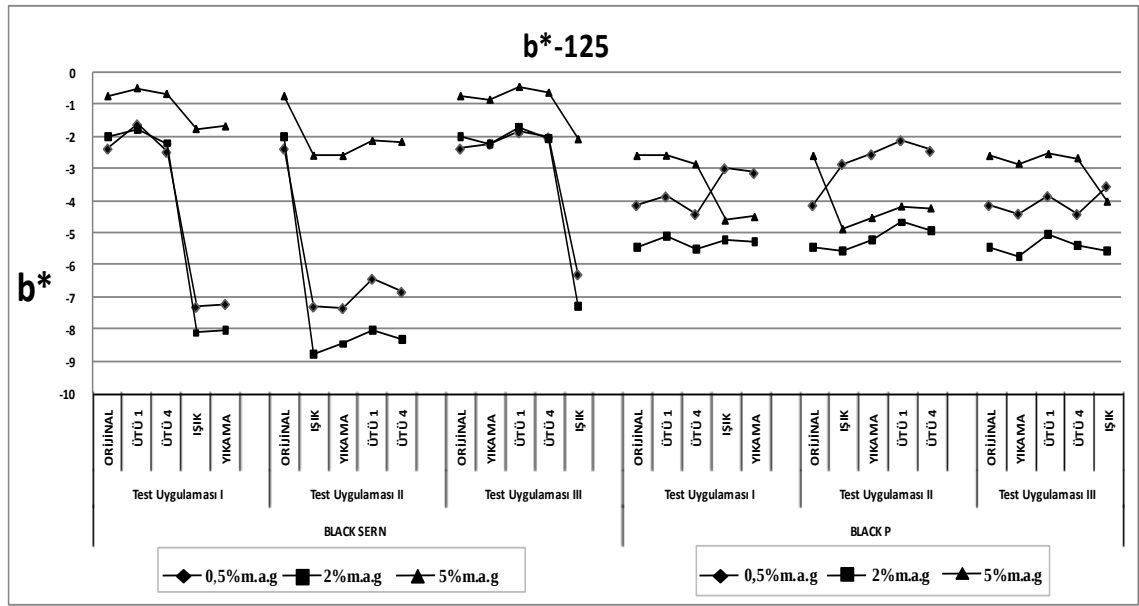
Test uygulamalarının L* değerleri üzerindeki etkileri çalışmada kullanılan boyarmadde, uygulanan konsantrasyonlar ve haslık testi işlem sıralarına göre değişiklik göstermektedir. Üç ayrı test uygulaması incelendiğinde en az etkinin Black P boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan haslık testleri incelendiğinde ısıtma haslığı testinin L* değerini en fazla etkilediği görülmektedir. Diğer haslık testlerinin ise L* değerini belirgin bir fark oluşturacak kadar etkilemediği görülmektedir.



Şekil 4.23. 125 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen a* değerlerinin karşılaştırılması

a* kırmızı-yeşil renk koordinatı değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Black P boyarmaddesi ile elde edilen değerlerin Black SERN boyarmaddesi ile elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Black SERN boyarmaddesinde %2 ve %5 konsantrasyonlarındaki a* değerleri birbirine daha yakın iken %0,5 konsantrasyonunda bu değerler daha düşüktür. Black P boyarmaddesinde konsantrasyonun azalması ile a* değerlerinin de azaldığı gözlemlenmektedir.

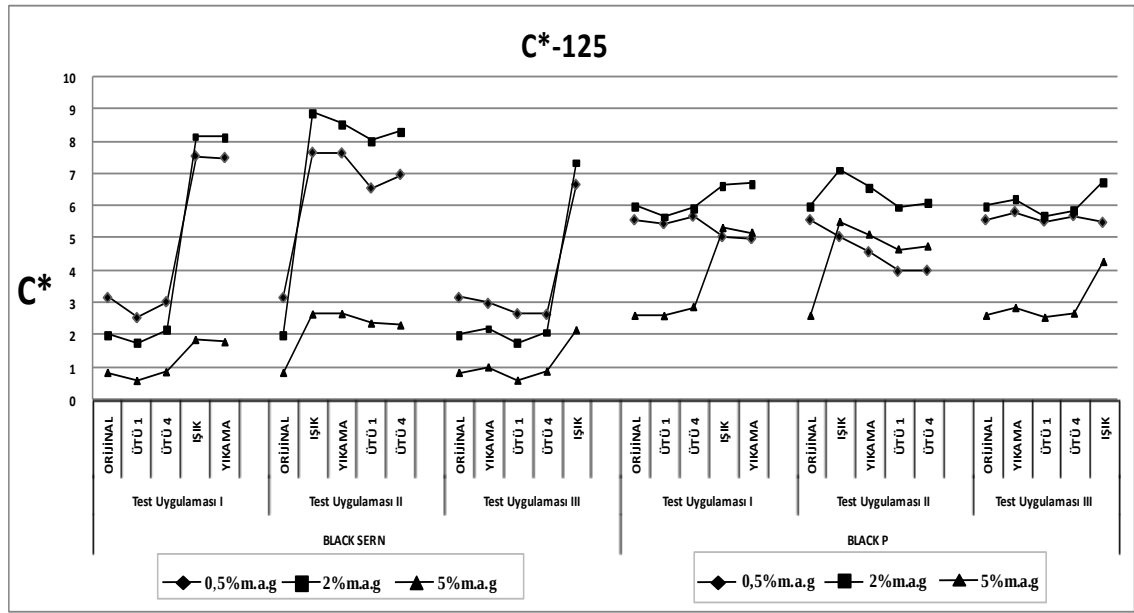
Test uygulamalarının a* değeri üzerindeki etkileri çalışmada kullanılan boyarmadde, uygulanan konsantrasyonlar ve haslık testi işlem sıralarına göre değişiklik göstermektedir. Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Black SERN boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Yapılan haslık testleri karşılaştırıldığında ılık haslığı testinin a* değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Yapılan iki kademeli ütü haslığı testi test uygulaması I ve III te genel olarak a* değerlerini arttırmıştır. Test uygulaması II de yıkama sonrası yapılan ütü haslığı testinin a* değerlerini belirgin şekilde arttırdığı görülmektedir.



Şekil 4.24. 125 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen b* değerlerinin karşılaştırılması

b* sarı-mavi renk koordinatı değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Black P boyarmaddesi ile elde edilen değerlerin Black SERN boyarmaddesi ile elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Black SERN boyarmaddesinde %0,5 ve %2 konsantrasyonundaki b* değerleri birbirine yakın iken %5 konsantrasyonundaki değerler daha yüksektir. Black P boyarmaddesinde konsantrasyonlara göre b* değerlerinin arttığı görülmektedir.

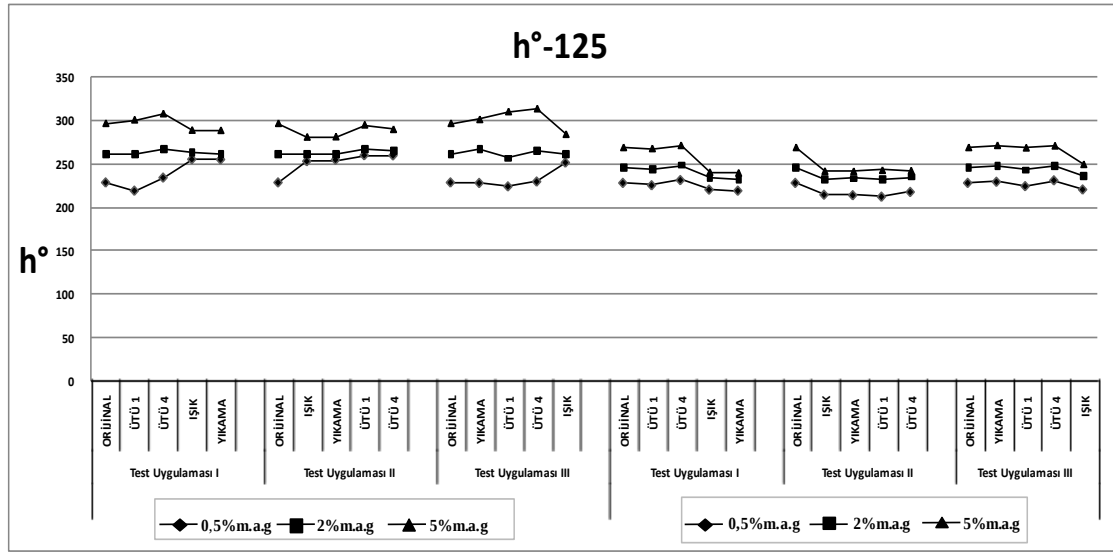
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Black P boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan haslık testleri karşılaştırıldığında ışık haslığı testlerinin b* değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Test uygulaması II ve III'te yıkama sonrasında yapılan ütü haslığı testinin b* değerlerini arttırdığı gözlemlenmektedir. Black P boyarmaddesinde en yüksek ve en düşük konsantrasyonlarda yapılan ışık haslığı testi birbirinin tam tersi etki göstermiştir. %5 konsantrasyonunda ışık haslığı testi b* değerini azaltırken %0,5 konsantrasyonunda b* değerleri artmıştır.



Şekil 4.25. 125 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen C* değerlerinin karşılaştırılması

C* kroma (renk doygunluğu) renk koordinatı değerleri konsantrasyonlara göre incelendiğinde Black P boyarmaddesi ile elde edilen değerlerin Black SERN boyarmaddesi ile elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Black P boyarmaddesinde % 0,5 ve %2 konsantrasyonundaki C* değerleri birbirine yakın iken %5 konsantrasyonundaki değerler daha düşüktür. Black SERN boyarmaddesinde konsantrasyonlara göre C* değerleri kademeli olarak azalmaktadır.

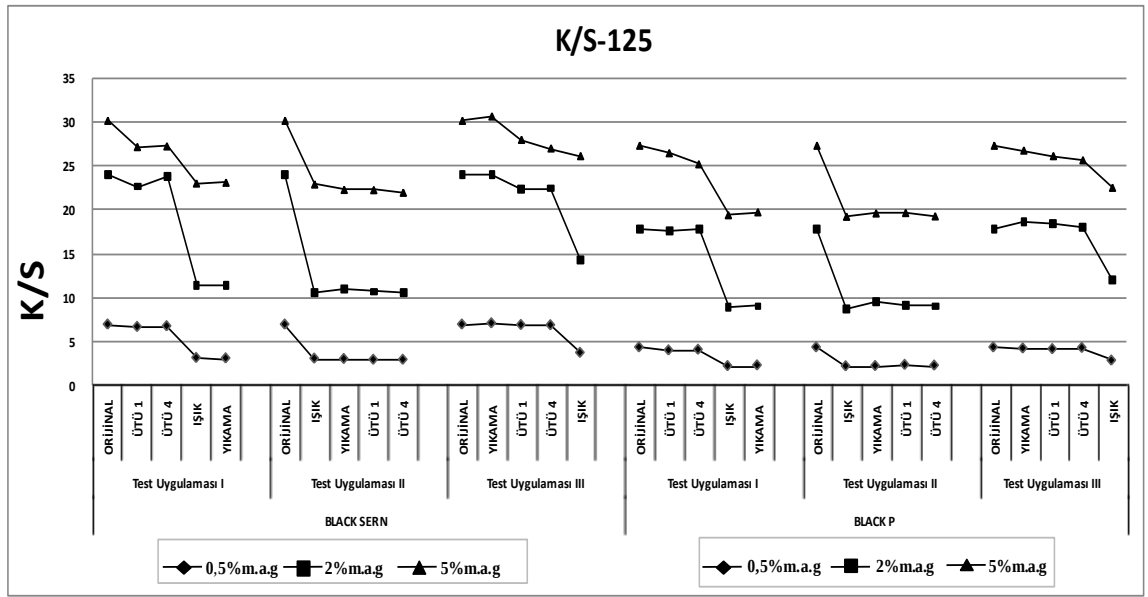
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Black P boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan haslık testleri karşılaştırıldığında ışıık haslığı testinin C* değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Yapılan diğer haslık testleri C* değerlerini belirgin bir fark oluşturacak kadar etkilemediği görülmektedir. Yapılan iki kademeli ütü haslığı testinin C* değerlerini arttırdığı gözlemlenmiştir. Test uygulamaları II ve III te yıkama sonrası yapılan ütü haslığı ütü haslığı testinin C* değerlerini azalttığı görülmektedir. Black P boyarmaddesinde en yüksek ve en düşük konsantrasyonlarda yapılan ışıık haslığı testi birbirinin tam tersi etki göstermiştir.



Şekil 4.26. 125 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen h° değerlerinin karşılaştırılması

h° Renk açısı değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Black P boyarmaddesinde elde edilen değerlerin Black SERN boyarmaddesi ile elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Black SERN ve Black P boyarmaddelerinde konsantrasyonların artması ile h° değerlerinin arttığı gözlemlenmektedir.

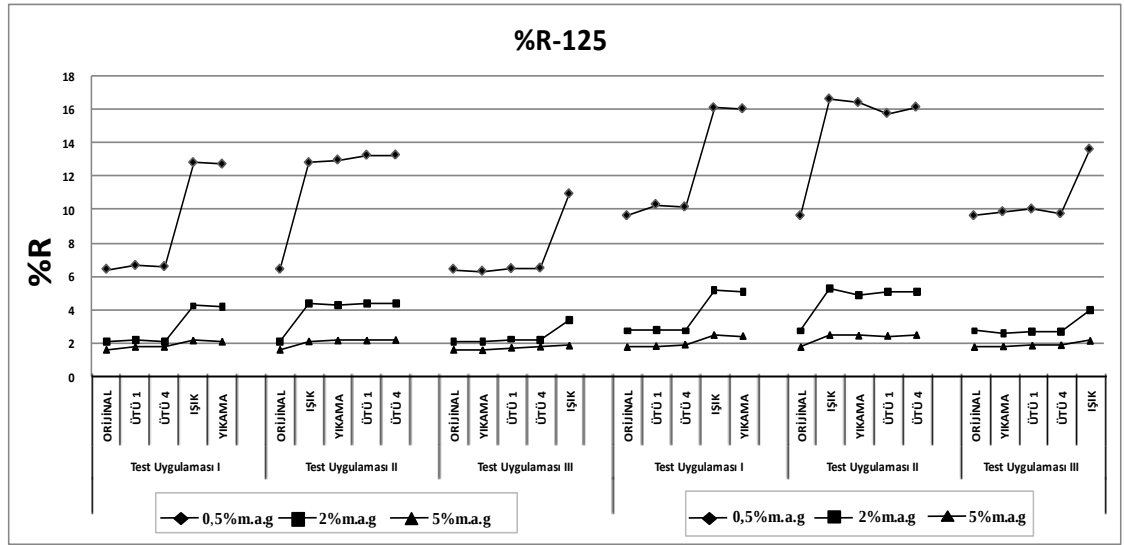
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Black P boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan haslık testleri karşılaştırıldığında ıslık haslığı testlerinin h° değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Yapılan diğer haslık testleri h° değerlerini belirgin bir fark oluşturacak şekilde etkilememiştir.



Şekil 4.27. 125 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen K/S değerlerinin karşılaştırılması

K/S renk kuvveti değerleri incelendiğinde Black P boyarmaddesi ile elde edilen değerlerin Black SERN boyarmaddesi ile elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Black SERN boyarmaddesinin %2 ve %5 konsantrasyonlarındaki K/S değerleri birbirine daha yakın iken %0,5 konsantrasyonundaki değer daha düşüktür. Black P boyarmaddesinde konsantrasyon azalması ile birlikte K/S değerlerinde de azalma gözlemlenmektedir.

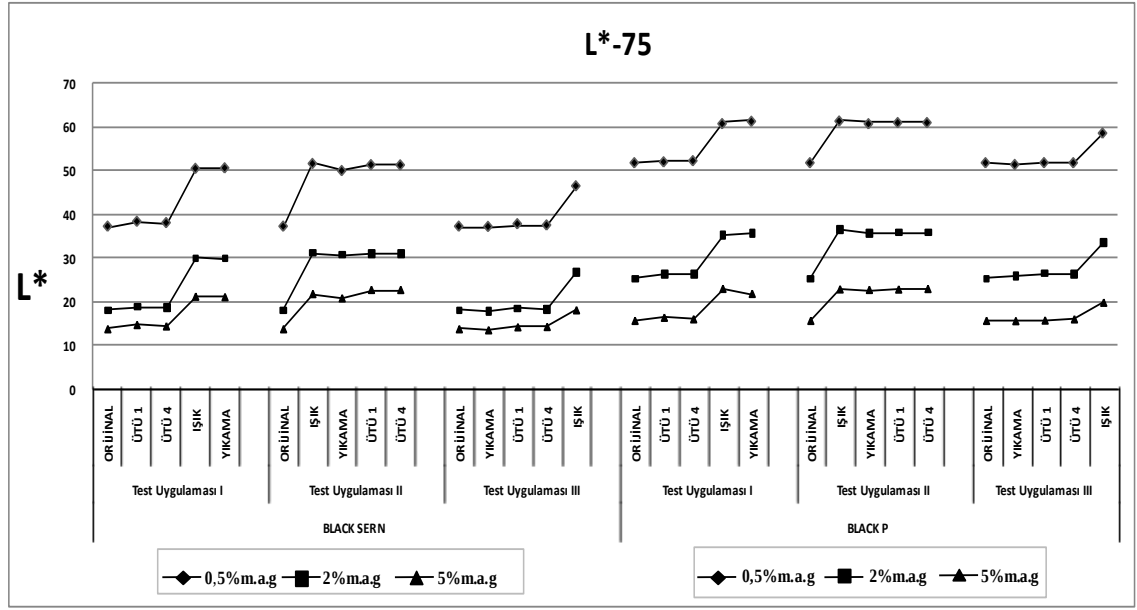
Test uygulamaları incelediğinde en az etkinin Black P boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan haslık testleri karşılaştırıldığında ıslık haslığı testinin K/S değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Yapılan diğer haslık testlerinin K/S değerlerini belirgin bir fark oluşturacak kadar etkilemediği görülmektedir. Black SERN boyarmaddesinde %5 ve %2 konsantrasyonlarında, Black P boyarmaddesinde %5 konsantrasyonunda test uygulamaları I ve III'te ütü haslığı testinin K/S değerlerini azalttığı gözlemlenmektedir.



Şekil 4.28. 125 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen %R değerlerinin karşılaştırılması

%R reflektans değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Black SERN boyarmaddesinde elde edilen değerlerin Black P boyarmaddesinde elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Black SERN ve Black P boyarmaddelerinde %2 ve %5 konsantrasyonlarında %R değerleri birbirine yakın iken %0,5 konsantrasyonlarında bu değerler daha yüksektir.

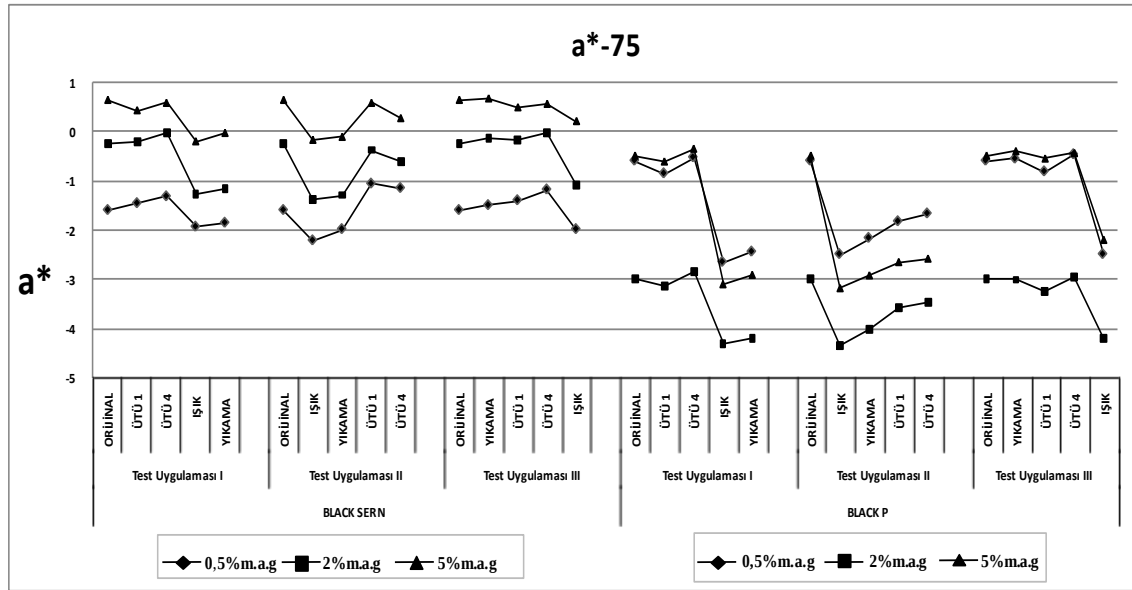
Test uygulamaları incelendiğinde iki boyarmaddenin de %R değerlerinin hemen hemen aynı derecede etkilendiği görülmektedir. Uygulanan haslık testleri karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin %R değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Yapılan diğer haslık testlerinin %R değerlerini belirgin bir fark oluşturacak şekilde etkilemediği görülmüştür.



Şekil 4.29. 75 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen L* değerlerinin karşılaştırılması

L* açıklık-koyuluk renk koordinatı değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Black SERN boyarmaddesinde elde edilen değerlerin Black P boyarmaddesinde elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Black SERN ve Black P boyarmaddelerinin %2 ve %5 konsantrasyonlarındaki L* değerleri birbirine yakın olup %0,5 konsantrasyonundaki değerler daha yüksektir.

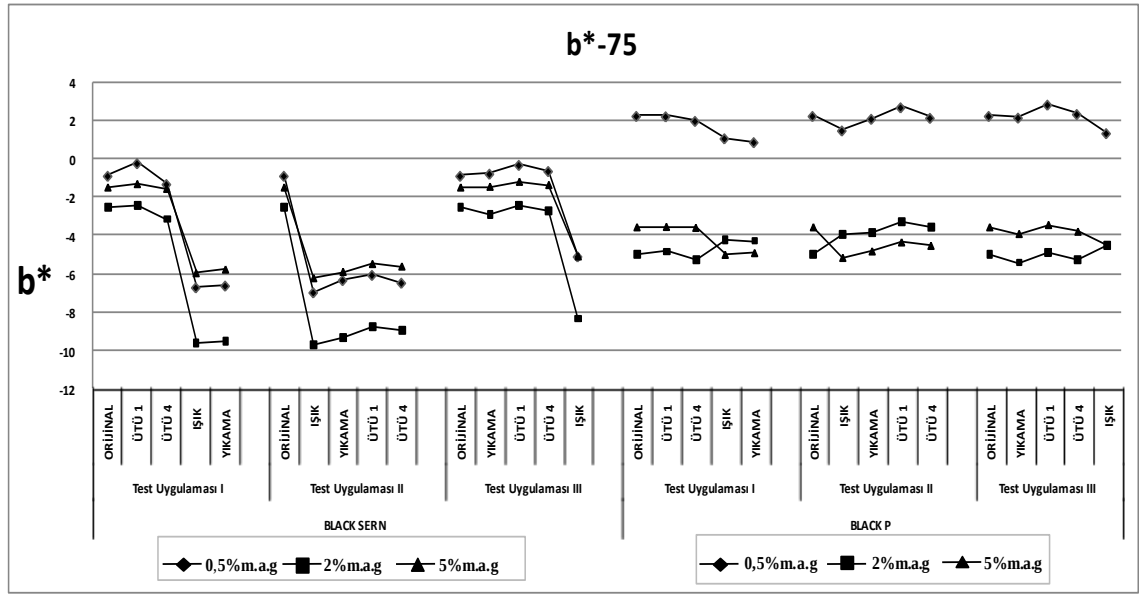
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Black P boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan üç farklı haslık testi karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin L* değerini en fazla etkilediği görülmektedir. Yapılan diğer haslık testleri ise L* değerini belirgin bir fark oluşturacak kadar etkilememiştir.



Şekil 4.30. 75 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen a* değerlerinin karşılaştırılması

a* kırmızı-yeşil renk koordinatı değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Black P boyarmaddesi ile elde edilen değerlerin Black SERN boyarmaddesi ile elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Black SERN boyarmaddesinde %2 ve %5 konsantrasyonlarındaki a* değerleri birbirine daha yakın iken %0,5 konsantrasyonunda bu değerler daha düşüktür. Black P boyarmaddesinde %0,5 ve %5 konsantrasyonundaki a* değerleri birbirine daha yakın iken %2 konsantrasyonunda bu değerler daha düşüktür.

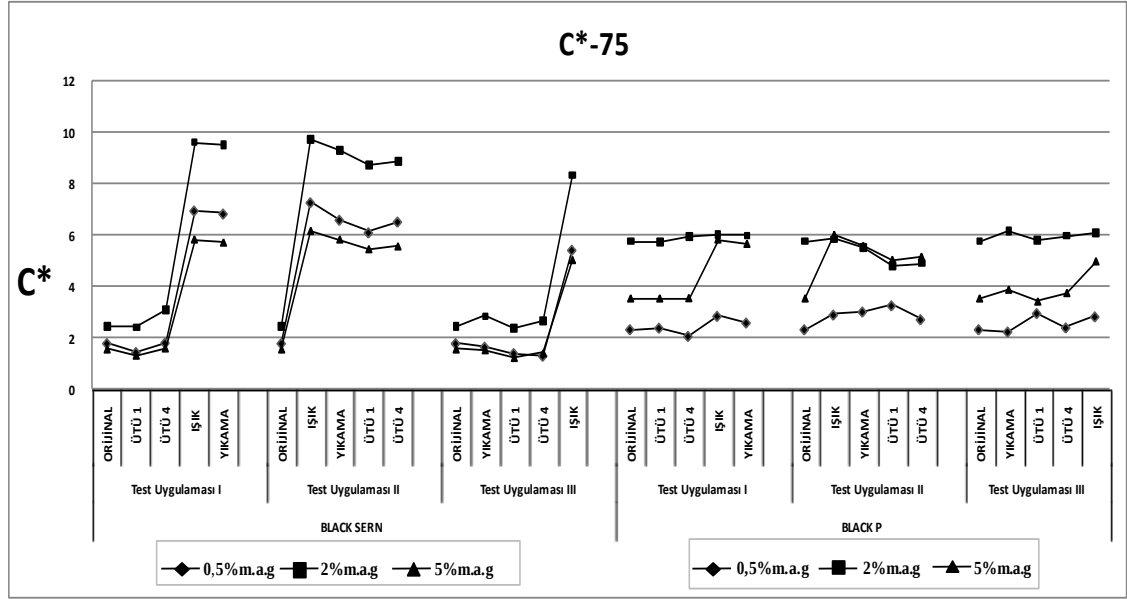
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Black SERN boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Yapılan haslık testleri karşılaştırıldığında ılık haslığı testinin a* değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Ilık haslığı testinden sonra yapılan yıkama haslığı testinin iki boyarmadde içinde a* değerlerini arttırdığı görülmektedir. Yapılan iki kademeli ütü haslığı testi test uygulaması I ve III te genel olarak a* değerlerini arttırmıştır. Test uygulaması II de yıkama sonrası yapılan ütü haslığı testinin a* değerlerini belirgin şekilde arttırdığı görülmektedir.



Şekil 4.31. 75 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen b* değerlerinin karşılaştırılması

b* sarı-mavi renk koordinatı değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Black P boyarmaddesinde %2 ve %5 konsantrasyonlarında, Black SERN boyarmaddesinde %0,5 konsantrasyonunda daha düşük olduğu görülmektedir. Black P boyarmaddesinde %5 ve %2 konsantrasyonundaki b* değerleri birbirine yakın iken %0,5 konsantrasyonundaki değerler daha yüksektir. Black SERN boyarmaddesinde ise tüm konsantrasyonlardaki b* değerleri birbirine yakındır.

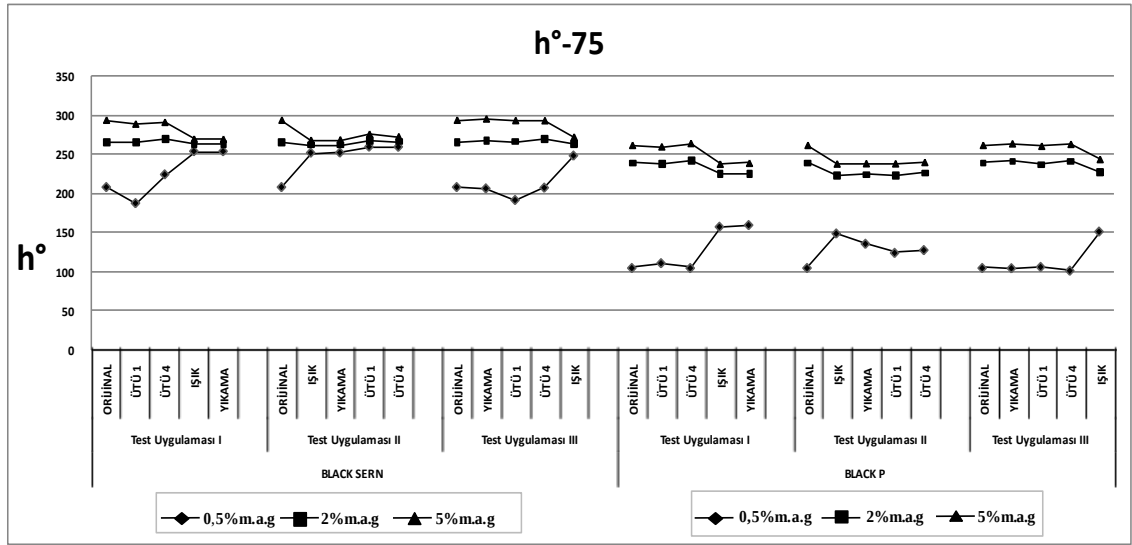
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Black P boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan haslık testleri karşılaştırıldığında ışık haslığı testlerinin b* değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Test uygulaması II ve III'te yıkama sonrasında yapılan ütü haslığı testinin b* değerlerini arttırdığı gözlemlenmektedir. Black P boyarmaddesinde en yüksek ve en düşük konsantrasyonlarda yapılan ışık haslığı testi birbirinin tam tersi etki göstermiştir. %5 konsantrasyonunda ışık haslığı testi b* değerini azaltırken %0,5 konsantrasyonunda b* değerleri artmıştır.



Şekil 4.32. 75 g/m² kumaşa farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen C* değerlerinin karşılaştırılması

C* kroma (renk doygunluğu) renk koordinatı değerlerinin konsantrasyonlara göre incelendiğinde Black P boyarmaddesi ile elde edilen değerlerin Black SERN boyarmaddesi ile elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Black P ve Black SERN boyarmaddelerinde % 0,5 ve %5 konsantrasyonundaki C* değerleri birbirine yakın iken %2 konsantrasyonundaki değerler daha yüksektir.

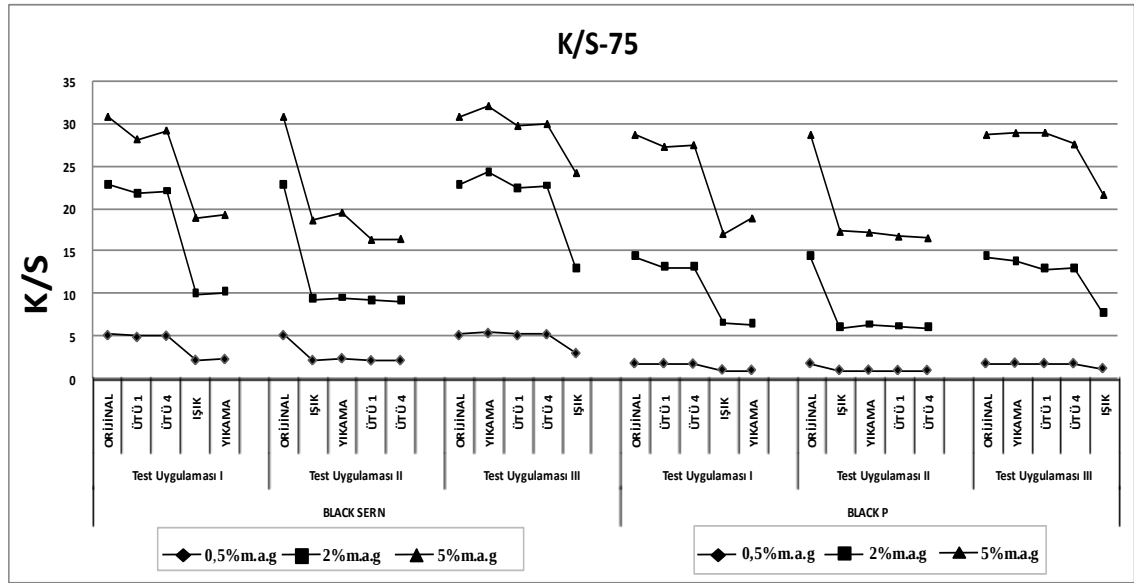
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Black P boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan haslık testleri karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin C* değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Yapılan diğer haslık testleri C* değerlerini belirgin bir fark oluşturacak kadar etkilemediği görülmektedir. Black SERN boyarmaddesinde test uygulaması II de ışık sonrası yapılan yıkama ve ütü haslığı testinin C* değerlerini azalttığı görülmektedir. Black P boyarmaddesinde test uygulaması I ve III te % 2 konsantrasyonundaki boyamalar için yapılan haslık değerleri C* değerlerini belirgin fark oluşturacak şekilde etkilememiştir. Test uygulaması II de ise %2 ve %5 konsantrasyonlarında ışık sonrası yapılan ütü ve yıkama haslığı testlerinin C* değerlerini azalttığı görülmektedir.



Şekil 4.33. 75 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen h° değerlerinin karşılaştırılması

h° renk açısı değerleri boyarmadde konsantrasyonların göre incelendiğinde Black P boyarmaddesinde elde edilen değerlerin Black SERN boyarmaddesi ile elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Black SERN ve Black P boyarmaddelerinde %2 ve %5 konsantrasyonlarında h° değerleri birbirine yakın iken %0,5 konsantrasyonlarındaki değerler daha düşüktür.

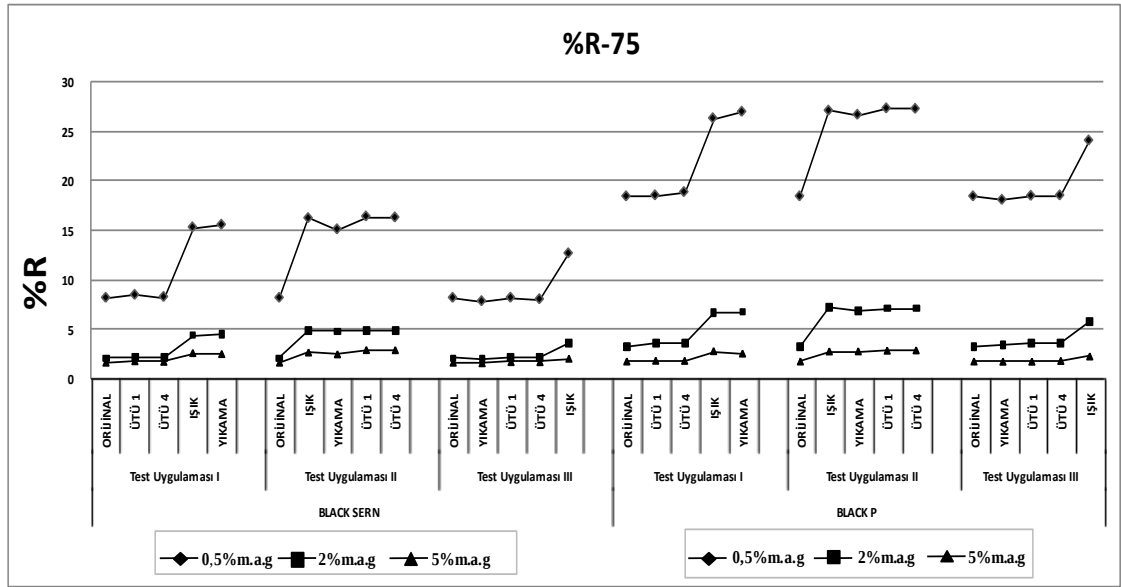
Test uygulamaları incelendiğinde iki boyarmaddenin de h° değerlerinin hemen hemen aynı derecede etkilendiği görülmektedir. Uygulanan haslık testleri karşılaştırıldığında ıslık haslığı testinin h° değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Yapılan diğer haslık testleri h° değerlerini belirgin bir fark oluşturacak kadar etkilememiştir.



Şekil 4.34. 75 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen K/S değerlerinin karşılaştırılması

K/S renk kuvveti değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Black P boyarmaddesi ile elde edilen değerlerin Black SERN boyarmaddesi ile elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Black SERN boyarmaddesinin %2 ve %5 konsantrasyonlarındaki K/S değerleri birbirine daha yakın iken %0,5 konsantrasyonundaki değer daha düşüktür. Black P boyarmaddesinde konsantrasyon azalması ile birlikte K/S değerlerinde de azalma gözlemlenmektedir.

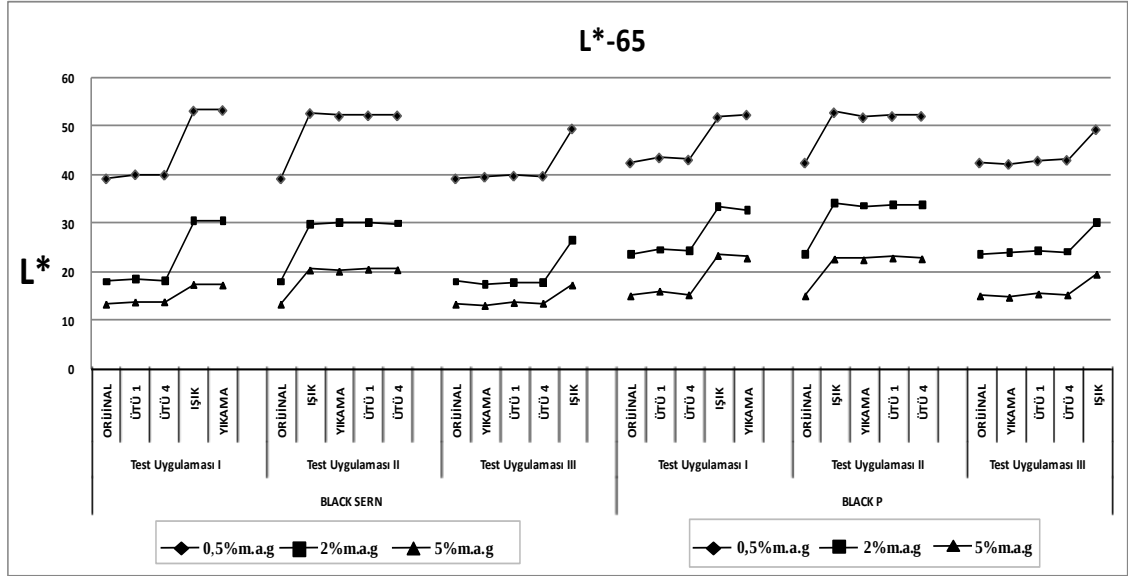
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Black P boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan haslık testleri karşılaştırıldığında ışıık haslığı testinin K/S değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Yapılan diğer haslık testlerinin K/S değerlerini belirgin bir fark oluşturacak kadar etkilemediği görülmektedir. Black SERN boyarmaddesinde %5 ve %2 konsantrasyonlarında test uygulamaları I ve III te ütü haslığı testinin K/S değerlerini azalttığı gözlemlenmektedir. Black P boyarmaddesinin %0,5 konsantrasyonunda haslık testlerinin K/S değerini belirgin bir fark oluşturacak kadar etkilememiştir.



Şekil 4.35. 75 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen %R değerlerinin karşılaştırılması

%R reflektans değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Black SERN boyarmaddesinde elde edilen değerlerin Black P boyarmaddesinde elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Black SERN ve Black P boyarmaddelerinde %2 ve %5 konsantrasyonlarında %R değerleri birbirine yakın iken %0,5 konsantrasyonlarında bu değerler daha yüksektir.

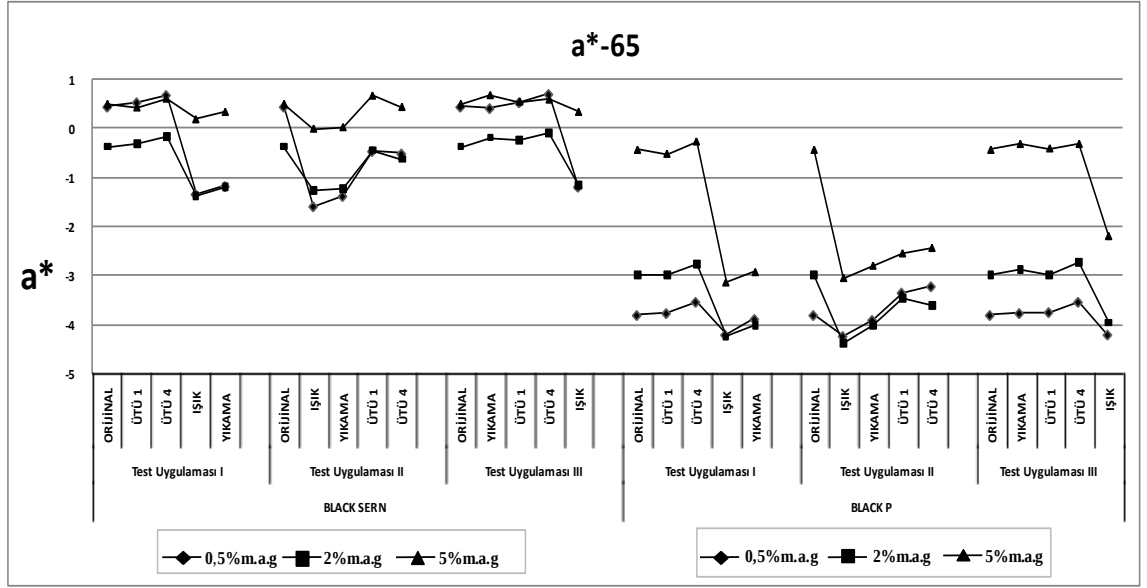
Test uygulamaları incelendiğinde iki boyarmaddenin de %R değerlerinin hemen hemen aynı derecede etkilendiği görülmektedir. Uygulanan haslık testleri karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin %R değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Yapılan diğer haslık testlerinin %R değerlerini belirgin bir fark oluşturacak şekilde etkilemediği görülmüştür.



Şekil 4.36. 65 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen L* değerlerinin karşılaştırılması

L* açıklık-koyuluk renk koordinatı değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Black SERN boyarmaddesinde elde edilen değerlerin Black P boyarmaddesinde elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Black SERN boyarmaddesinde %2 ve %5 konsantrasyonlarındaki L* değerleri birbirine yakın olup %0,5 konsantrasyonundaki değerler daha yüksektir. Black P boyarmaddesinde konsantrasyonun azalması ile L* değerlerinin arttığı görülmektedir.

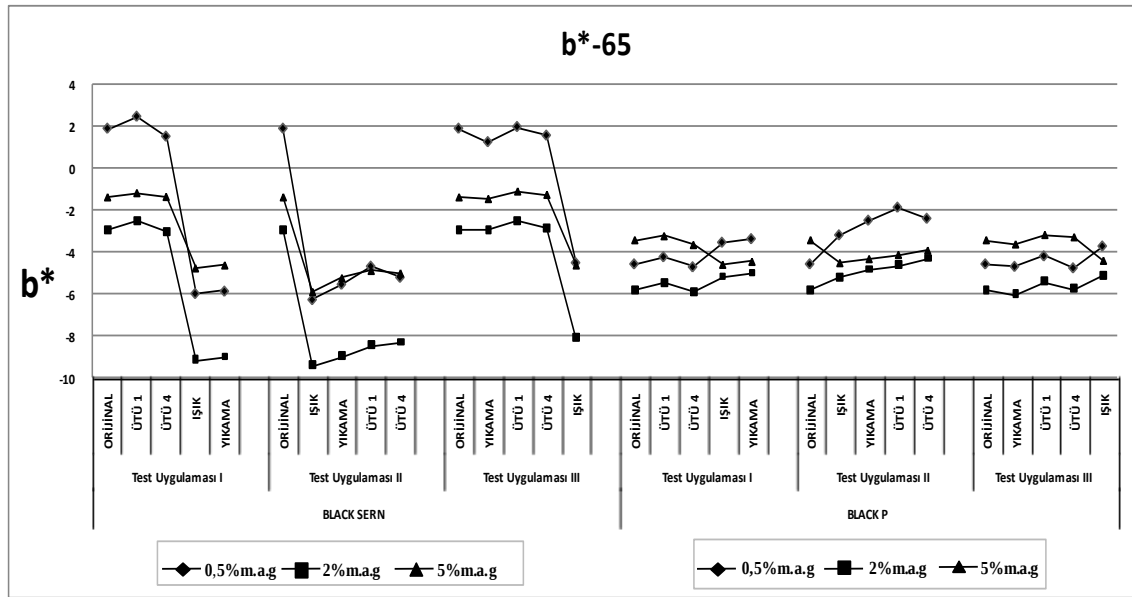
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Black P boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan üç farklı haslık testi karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin L* değerini en fazla etkilediği görülmektedir. Yapılan diğer haslık testleri ise L* değerini belirgin bir fark oluşturacak kadar etkilememiştir.



Şekil 4.37. 65 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen a* değerlerinin karşılaştırılması

a* kırmızı-yeşil renk koordinatı değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Black P boyarmaddesi ile elde edilen değerlerin Black SERN boyarmaddesi ile elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Black P boyarmaddesinde %0,5 ve %2 konsantrasyonlarındaki a* değerleri birbirine daha yakın iken %5 konsantrasyonunda bu değerler daha yüksektir. Black SERN boyarmaddesinde tüm konsantrasyonlarda a* değerleri hemen hemen birbirine yakındır.

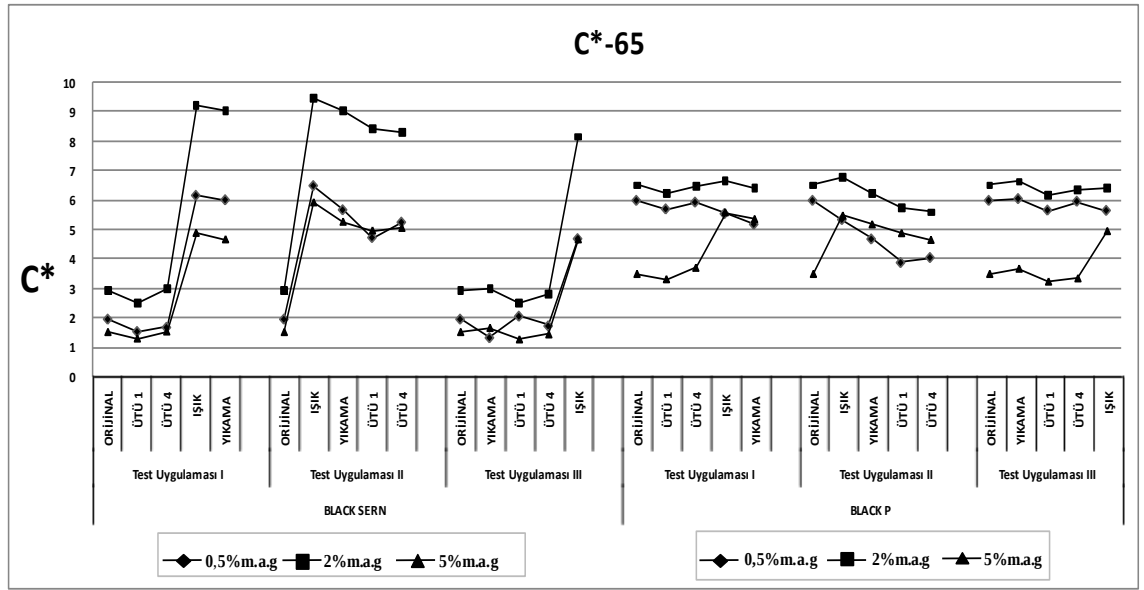
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Black SERN boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Yapılan haslık testleri karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin a* değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Işık haslığı testinden sonra yapılan yıkama haslığı testinin iki boyarmadde içinde a* değerlerini arttırdığı görülmektedir. Test uygulaması II de yıkama sonrası yapılan ütü haslığı testinin a* değerlerini belirgin şekilde arttırdığı görülmektedir. Test uygulaması I ve III te yapılan iki kademeli ütü haslığı testi a* değerlerini arttıran yönde etki göstermiştir.



Şekil 4.38. 65 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen b* değerlerinin karşılaştırılması

b* sarı-mavi renk koordinatı değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Black P boyarmaddesinde elde edilen değerlerin Black SERN boyarmaddesi ile elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Black SERN boyarmaddesinde %5 ve %2 konsantrasyonunda b* değerleri birbirine yakın iken %0,5 konsantrasyonundaki değerler daha yüksektir. Black P boyarmaddesinde ise tüm konsantrasyonlardaki b* değerleri birbirine yakın olup konsantrasyon ile bu değerlerde azalma görülmektedir.

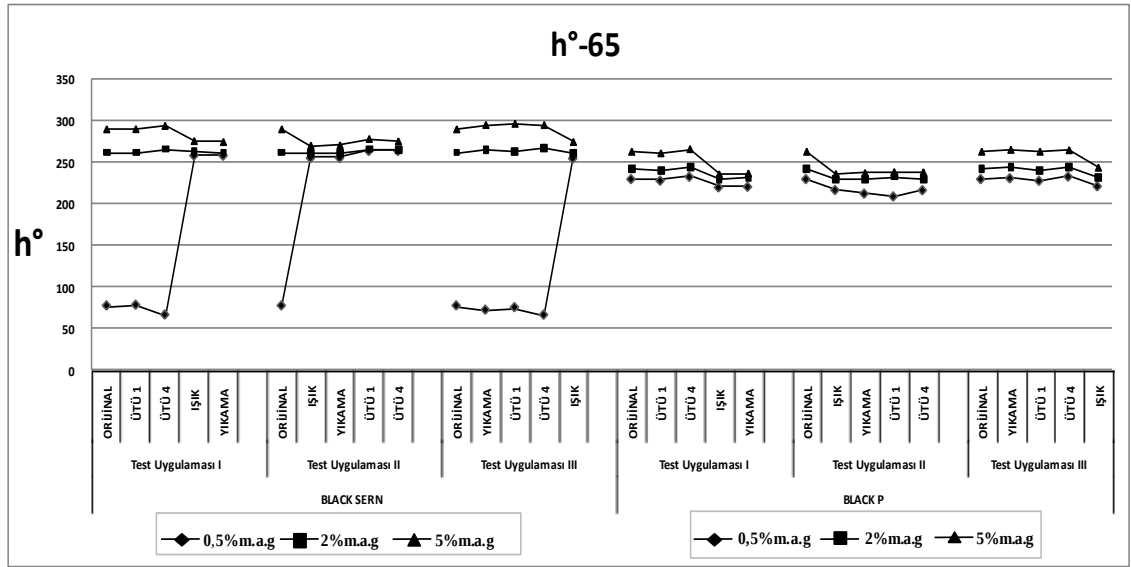
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Black P boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan haslık testleri karşılaştırıldığında ışık haslığı testlerinin b* değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Test uygulaması II ve III'te yıkama sonrasında yapılan ütü haslığı testinin b* değerlerini arttırdığı gözlemlenmektedir. Black P boyarmaddesinde en yüksek ve en düşük konsantrasyonlarda yapılan ışık haslığı testi birbirinin tam tersi etki göstermiştir. %5 konsantrasyonunda ışık haslığı testi b* değerini azaltırken %0,5 konsantrasyonunda b* değerleri artmıştır.



Şekil 4.39. 75 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen C* değerlerinin karşılaştırılması

C* kroma (renk doygunluğu) renk koordinatı değerleri konsantrasyonlara göre incelendiğinde Black SERN boyarmaddesi ile elde edilen değerlerin Black P boyarmaddesi ile elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Black SERN boyarmaddesinde % 0,5 ve %5 konsantrasyonundaki C* değerleri birbirine daha yakın iken %2 konsantrasyonundaki değerler daha yüksektir. Black P boyarmaddesinde %2 ve %0,5 konsantrasyonlarındaki değerler birbirine daha yakın iken %5 konsantrasyonundaki değerler daha düşüktür.

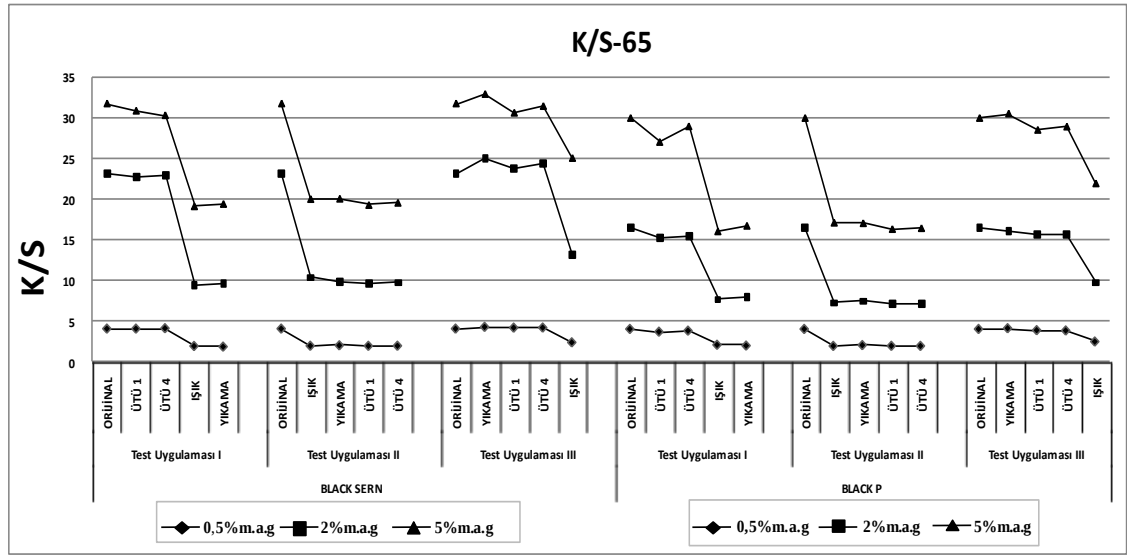
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Black P boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan haslık testleri karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin C* değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Test uygulaması II de ışık haslığı sonrasında yapılan yıkama ve ütü haslığı testinin C* değerini azalttığı görülmektedir. Test uygulaması I ve III te yapılan ütü haslığı testinin C* değerini azalttığı görülmektedir. Black P boyarmaddesinde en düşük ve en yüksek konsantrasyonlarda yapılan ışık haslığı testi birbirinin tam tersi etki etmiştir.



Şekil 4.40. 65 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen h° değerlerinin karşılaştırılması

h° renk açısı değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde %5 ve %2 konsantrasyonlarında Black P boyarmaddesinde, %0,5 konsantrasyonunda Black SERN boyarmaddesinde daha düşük olduğu görülmektedir. Black SERN %2 ve %5 konsantrasyonlarında h° değerleri birbirine yakın iken %0,5 konsantrasyonunda daha düşüktür.

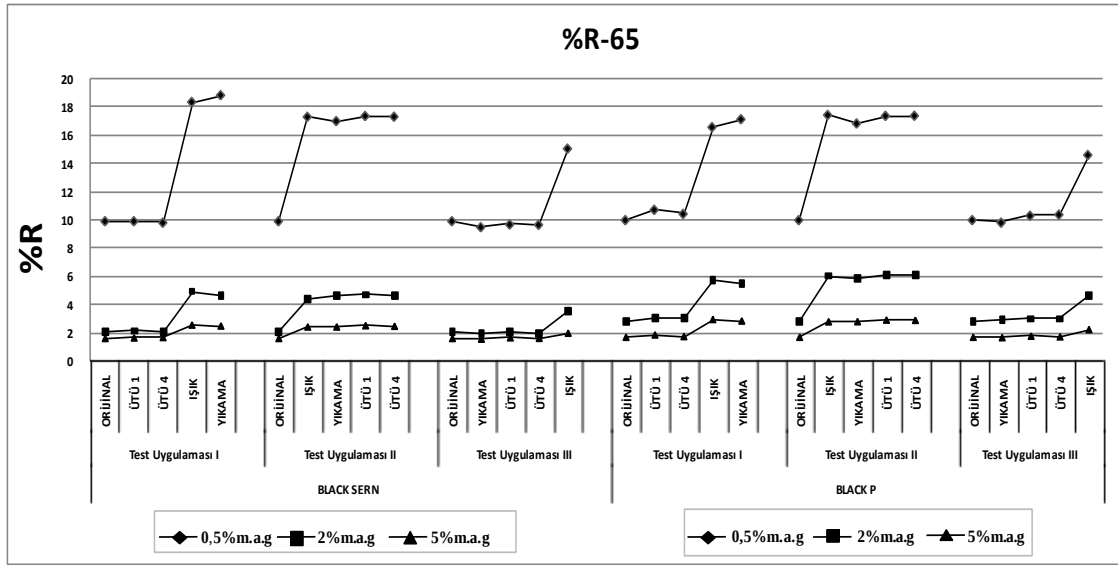
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Black P boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan haslık testleri karşılaştırıldığında ısıık haslığı testlerinin h° değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Yapılan diğer haslık testleri h° değerlerini belirgin bir fark oluşturacak şekilde etkilememiştir. Black SERN boyarmaddesinde %0,5 konsantrasyonunda ısıık haslığı testi h° değerlerini büyük ölçüde arttırmıştır.



Şekil 4.41. 65 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen K/S değerlerinin karşılaştırılması

K/S renk kuvveti değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Black P boyarmaddesi ile elde edilen değerlerin Black SERN boyarmaddesi ile elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Black SERN boyarmaddesinin %2 ve %5 konsantrasyonlarındaki K/S değerleri birbirine daha yakın iken %0,5 konsantrasyonundaki değer daha düşüktür. Black P boyarmaddesinde konsantrasyon azalması ile birlikte K/S değerlerinde de azalma gözlemlenmektedir.

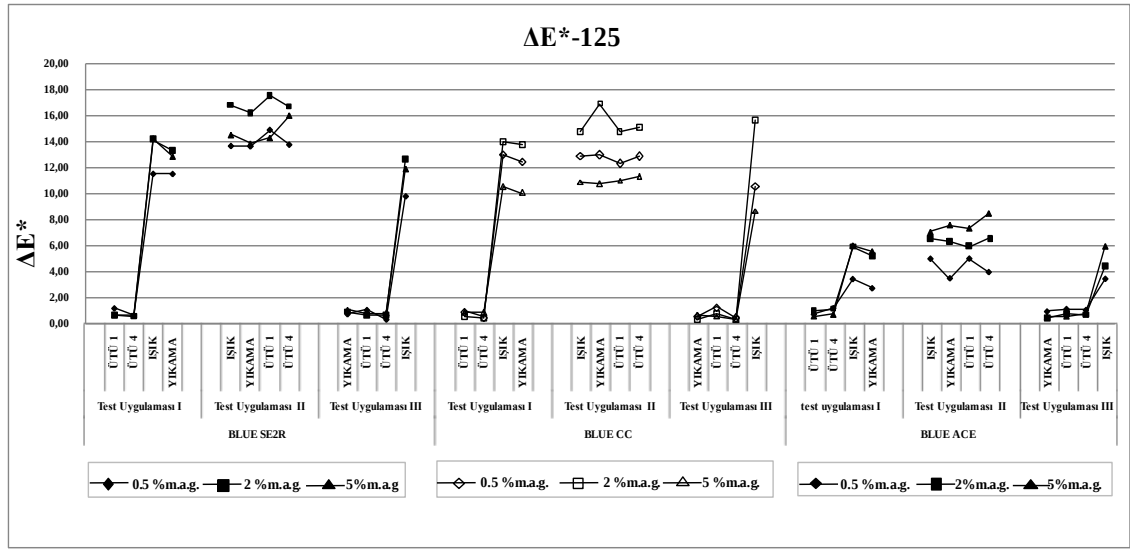
Test uygulamaları incelediğinde en az etkinin Black P boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan haslık testleri karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin K/S değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Yapılan diğer haslık testlerinin K/S değerlerini belirgin bir fark oluşturacak kadar etkilemediği görülmektedir. Test uygulamaları I ve III'te %2 ve %5 konsantrasyonlarında ütü haslığı testinin K/S değerlerini bir miktar azalttığı gözlemlenmektedir.



Şekil 4.42. 65 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen %R değerlerinin karşılaştırılması

%R reflektans değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde iki boyarmadde de birbirine yakın değerler gözlemlenmesi ile birlikte Black SERN boyarmaddesinde daha düşük değerler elde edilmiştir. Black SERN ve Black P boyarmaddelerinde %2 ve %5 konsantrasyonlarında %R değerleri birbirine yakın iken %0,5 konsantrasyonlarında bu değerler daha yüksektir.

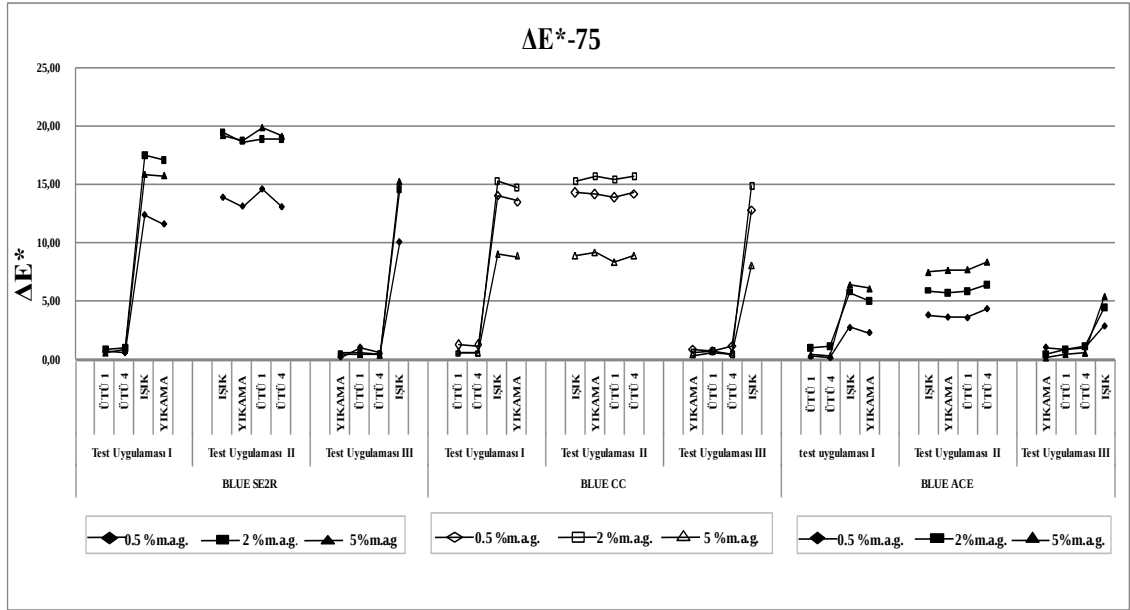
Test uygulamaları incelendiğinde iki boyarmaddenin de %R değerlerinin hemen hemen aynı derecede etkilendiği görülmektedir. Uygulanan haslık testleri karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin %R değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Yapılan diğer haslık testlerinin %R değerlerini belirgin bir fark oluşturacak şekilde etkilemediği görülmüştür.



Şekil 4.43. 125 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen ΔE^* değerlerinin karşılaştırılması

ΔE^* renk farkı değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Blue ACE boyarmaddesinde daha düşük olduğu görülmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre Blue SE2R ve Blue CC boyarmaddelerinin ΔE^* değerleri birbirine benzer olmakla birlikte Blue SE2R boyarmaddesinde genellikle daha yüksek değerler elde edilmiştir.

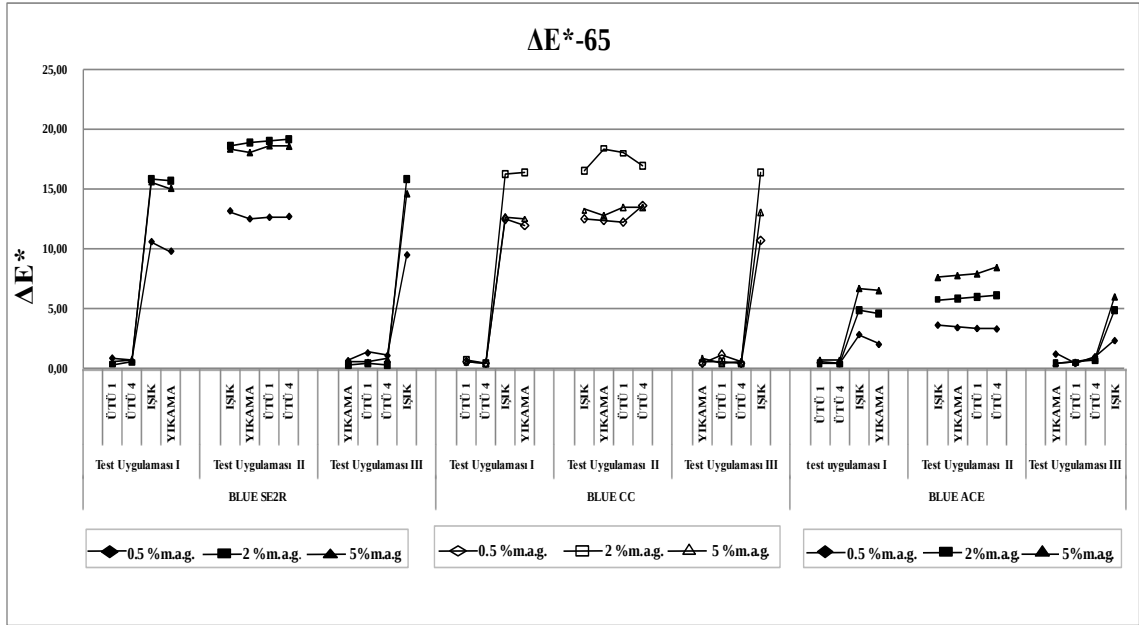
Test proseslerinin ΔE^* değerleri üzerindeki etkileri çalışmada kullanılan boyarmaddelere uygulanan konsantrasyonlara ve haslık testi uygulama işlem sıralarına göre değişkenlik göstermektedir. Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Blue ACE boyarmaddesinde en fazla etkinin ise genel olarak Blue SE2R boyarmaddesinde görülmektedir. Uygulanan üç farklı haslık testi karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin ΔE^* değerlerini en fazla etkilediği görülmüştür. Diğer haslık testi uygulamalarının ΔE^* değerleri üzerinde fark oluşturacak belirgin bir etkiye sahip olmamıştır. Işık haslığı testinden sonra yapılan yıkama haslığı testi bazı durumlarda ΔE^* değerini azalttığı görülmektedir. Test uygulaması II'de Blue SE2R boyarmaddesinde yapılan ütü haslığı testi %2 ve %0,5 konsantrasyonlarında ΔE^* değerini azaltmış, %5 konsantrasyonunda arttırmıştır. Blue CC boyarmaddesinde tüm konsantrasyonlarda ΔE^* değeri bir miktar artmıştır. Blue ACE boyarmaddesinde %5 ve %2 konsantrasyonlarında ΔE^* değeri artmış, %0,5 konsantrasyonunda azalmıştır.



Şekil 4.44. 75 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen ΔE^* değerlerinin karşılaştırılması

ΔE^* renk farkı değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Blue ACE boyarmaddesinde daha düşük olduğu görülmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek değerler %0,5 konsantrasyonunda Blue CC boyarmaddesinde, %2 ve %5 konsantrasyonlarında Blue SE2R boyarmaddesinde elde edilmiştir. Blue SE2R ve Blue ACE boyarmaddelerinde %2 ve %5 konsantrasyonlarındaki ΔE^* değerleri birbirine yakın iken %0,5 konsantrasyonunda bu değerler daha düşüktür. Blue CC boyarmaddesinde %0,5 ve %2 konsantrasyonundaki değerler birbirine daha yakın olup %5 konsantrasyonundaki değerler daha düşüktür.

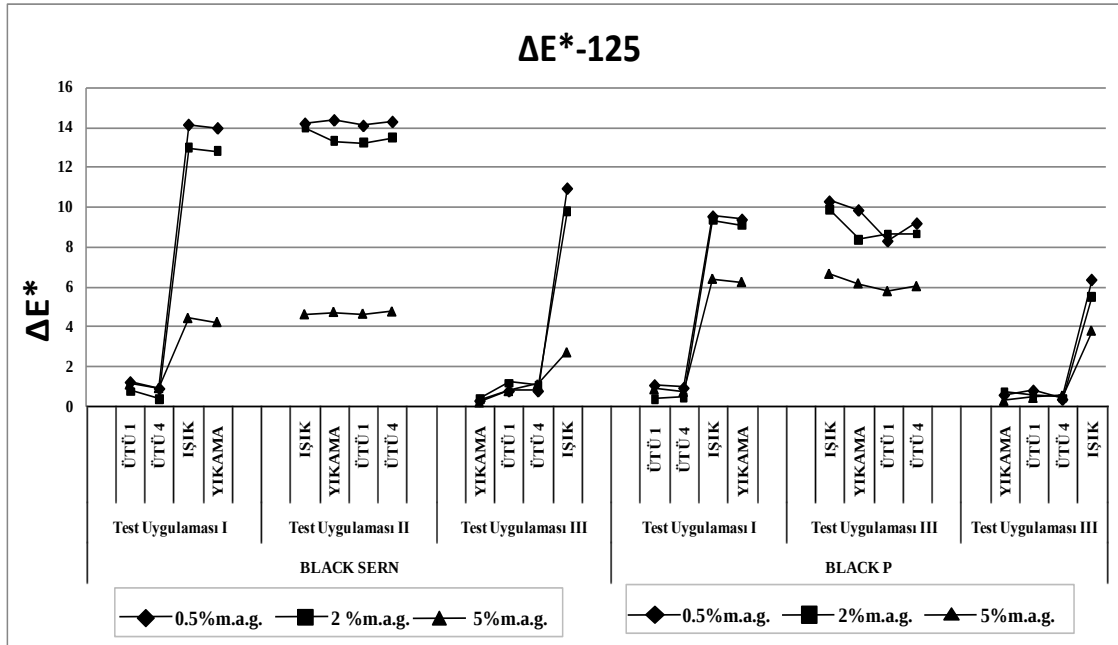
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Blue ACE boyarmaddesinde en fazla etkinin Blue SE2R boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan üç farklı haslık testi karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin ΔE^* değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Diğer haslık testi uygulamaları ΔE^* değerlerini belirgin bir fark oluşturacak şekilde etkilememiştir. Test uygulaması II'de Blue SE2R boyarmaddesinin en yüksek ve en düşük konsantrasyonlarında iki kademeli olarak yapılan ütü haslığı testinin ΔE^* değerlerini azalttığı görülmektedir. Test uygulaması I'de ışık sonrası yapılan yıkama haslığı üç boyarmaddede de ΔE^* değerlerini azaltmıştır.



Şekil 4.45. 65 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki mavi boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen ΔE^* değerlerinin karşılaştırılması

ΔE^* renk farkı değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Blue ACE boyarmaddesinde daha düşük olduğu görülmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek değerler Blue SE2R boyarmaddesinde elde edilmiştir. Blue SE2R boyarmaddesinde %2 ve %5 konsantrasyonlarında ΔE^* değerleri birbirine yakın iken %0,5 konsantrasyonunda bu değerler daha düşüktür. Blue CC boyarmaddesinde %0,5 ve %5 konsantrasyonunda ΔE^* değerleri birbirine yakın iken %2 konsantrasyonunda bu değerler daha yüksektir. Blue ACE boyarmaddesinde konsantrasyon artması ile ΔE^* değerleri arttırmıştır.

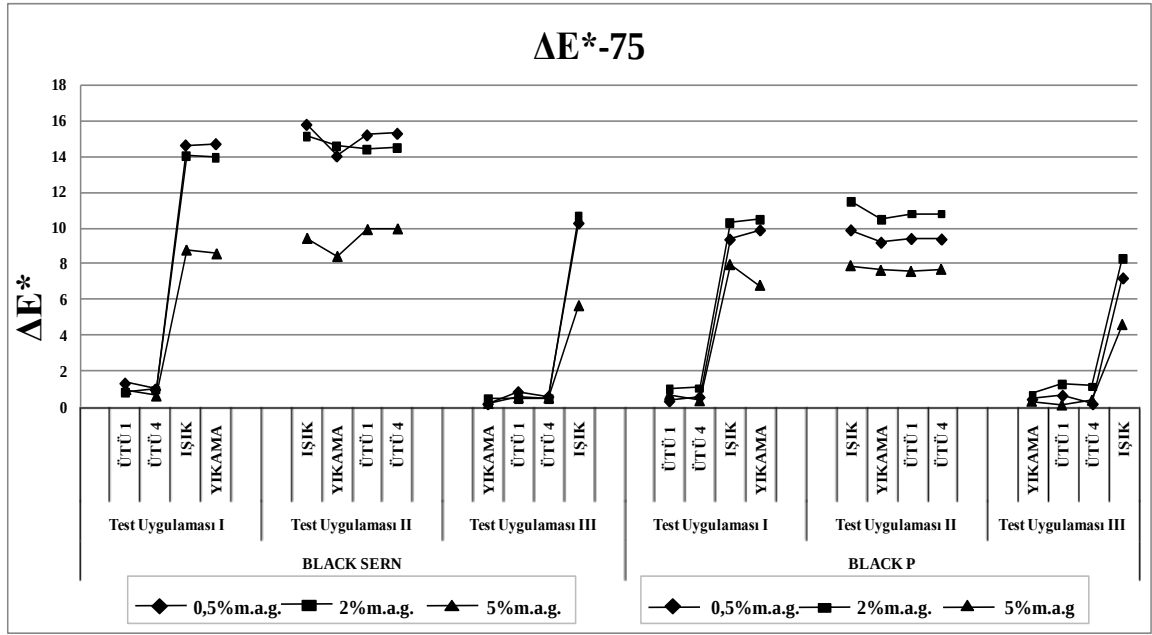
Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Blue ACE boyarmaddesinde en fazla etkinin ise %2 ve %5 konsantrasyonlarında Blue CC boyarmaddesinde %0,5 konsantrasyonunda Blue SE2R boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Uygulanan üç farklı haslık testi karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin ΔE^* değerlerini en fazla etkilediği görülmüştür. Diğer haslık testi uygulamaları ΔE^* değerleri üzerinde belirgin bir fark oluşturacak şekilde etkilememiştir. Işık haslığı testinden sonra yapılan yıkama haslığı testinin bazı durumlarda ΔE^* değerini azalttığı görülmektedir.



Şekil 4.46. 125 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen ΔE^* değerlerinin karşılaştırılması

ΔE^* renk farkı değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde genel olarak Black P boyarmaddesinde daha düşük olduğu görülmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek değerlerin genel olarak Black SERN boyarmaddesinde olmasına rağmen en yüksek konsantrasyonda ΔE^* değerleri Black P boyarmaddesindeki değerlerden daha düşüktür. İki boyarmaddede de %0,5 ve %2 konsantrasyonlarındaki ΔE^* değerleri birbirine daha yakın iken %5 konsantrasyonunda bu değerler daha düşüktür.

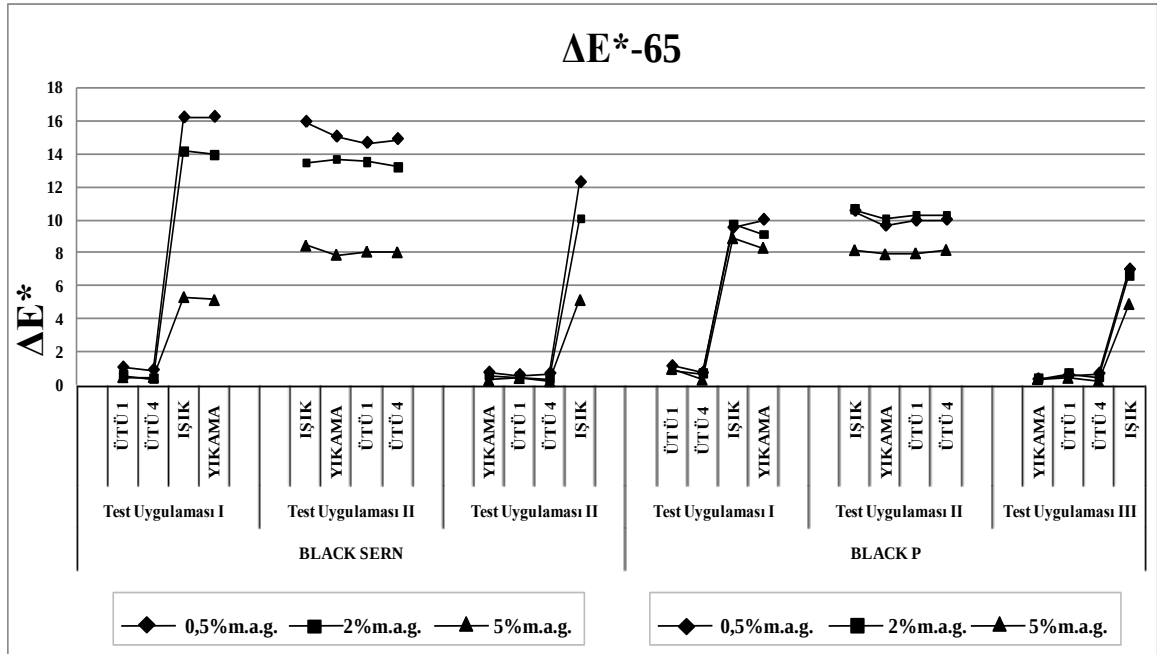
Test uygulamaları incelendiğinde genel olarak en az etki Black P boyarmaddesinde görülmektedir. Black SERN boyarmaddesi ise en yüksek konsantrasyonu dışında en fazla etki görülen boyarmaddedir. Üç farklı haslık testi uygulaması karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin ΔE^* değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Diğer haslık testi uygulamaları ise ΔE^* belirgin bir fark oluşturacak şekilde etkilememiştir. Bazı durumlarda ışık haslığı sonrasında yapılan yıkama haslığı testinin ΔE^* değerlerini azalttığı görülmektedir.



Şekil 4.47. 75 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen ΔE^* değerlerinin karşılaştırılması

ΔE^* renk farkı değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde Black P boyarmaddesi ile elde edilen değerlerin Black SERN boyarmaddesi ile elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Black SERN boyarmaddesinde %0,5 ve %2 ΔE^* değerleri birbirine yakın iken %5 konsantrasyonunda bu değerler daha düşüktür. Black P boyarmaddesinde tüm konsantrasyonlarda ΔE^* değerleri birbirine yakın olmakla birlikte %2 ve %0,5 konsantrasyonunda daha yakındır ve %5 konsantrasyonunda bu değerler daha düşüktür.

Test uygulamaları incelendiğinde en az etkinin Black P boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Black SERN boyarmaddesinde ΔE^* değerleri test uygulamalarından daha fazla etkilenmiştir. Üç farklı haslık testi karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin ΔE^* değerlerini daha fazla etkilediği görülmektedir. Yapılan diğer haslık testleri ΔE^* değerlerini belirgin bir fark oluşturacak şekilde etkilememiştir. Test uygulaması II'de Black P boyarmaddesi %0,5 ve %5 konsantrasyonlarında ışık haslığı sonrasında yapılan yıkama haslığı ΔE^* değerlerini birbirinin tersi şekilde etkilemiştir.



Şekil 4.48. 65 g/m² kumaşta farklı molekül boyutları ve konsantrasyonlardaki siyah boyarmaddeler için ardışık uygulanan farklı haslık testleri sonucunda ölçülen ΔE^* değerlerinin karşılaştırılması

ΔE^* renk farkı değerleri boyarmadde konsantrasyonlarına göre incelendiğinde genel olarak Black P boyarmaddesinde daha düşük olduğu görülmektedir. Boyarmadde konsantrasyonlarına göre en yüksek değerlerin genel olarak Black SERN boyarmaddesinde olmasına rağmen en yüksek konsantrasyonda ΔE^* değerleri Black P boyarmaddesindeki değerlerden daha düşüktür. Black SERN boyarmaddesinde %0,5 ve %2 konsantrasyonlarındaki ΔE^* değerleri birbirine daha yakın iken %5 konsantrasyonunda bu değerler daha düşüktür. Black P boyarmaddesinde tüm konsantrasyonlarda ΔE^* değerleri birbirine yakın olmakla birlikte %2 ve %0,5 konsantrasyonunda daha yakındır ve %5 konsantrasyonunda bu değerler daha düşüktür.

Test uygulamaları incelendiğinde genel olarak en az etkinin Black P boyarmaddesinde olduğu görülmektedir. Black SERN boyarmaddesinde ise en yüksek konsantrasyon dışında ΔE^* değerleri test uygulamalarından daha fazla etkilenmiştir. Üç farklı haslık testi karşılaştırıldığında ışık haslığı testinin ΔE^* değerlerini en fazla etkilediği görülmektedir. Yapılan diğer haslık testleri ΔE^* değerlerini belirgin bir fark oluşturacak şekilde etkilememiştir. Bazı durumlarda ışık haslığı sonrasında yapılan yıkama haslığı testinin ΔE^* değerlerini azalttığı görülmektedir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Çalışmada uygulanan ardışık haslık testleri sonrasında ölçülen renk değerleri incelendiğinde tüm boyarmaddelerde ve farklı konsantrasyonlarda liflerden boyarmadde kayıpları dolayısıyla renkte değişimler meydana gelmiştir. Ölçülen renk değerleri kullanılan boyarmaddelere, uygulanan konsantrasyonlara ve haslık testi işlem sıralarına göre değişiklik göstermektedir.

Küçük, orta, büyük molekül boyutlarında mavi renkli dispers boyarmaddeler ile boyanan numunelerde yapılan haslık testleri sonrasında ölçülen renk değerleri incelendiğinde, boyarmadde konsantrasyonunun azalması ile L^* değerlerinin arttığı görülmektedir. L^* değerlerindeki değişim rengin açılması yönünde olmuştur. Boyarmadde molekül boyutlarının küçülmesiyle ise L^* değerleri önce azalan sonra artan bir değişim göstermiştir. L^* değerlerinden yola çıkarak küçük molekül boyutundaki boyarmadde ile daha açık renkte boyamalar elde edildiği söylenebilir. Bununla birlikte bu boyarmadde de yapılan haslık testleri sonucunda L^* değerlerinde meydana gelen değişimin çok az olduğu görülmektedir. En fazla renk değişimi ise büyük molekül boyarmaddede gerçekleşmiştir. Bunun nedeninin liflerin kaybettiği boyarmaddenin miktar olarak daha az olmasına rağmen oran olarak daha fazla olması düşünülmektedir.

a^* ve b^* değerleri incelendiğinde yapılan haslık testleri sonucunda a^* değerlerinin azaldığı, b^* değerlerinin arttığı ve rengin gri noktaya yaklaştığı görülmektedir. boyarmadde molekül boyutunun küçülmesiyle a^* değerleri en yüksek konsantrasyon dışında önce artan sonra azalan bir değişim göstermiştir. b^* değerlerinde ise en düşük konsantrasyon dışında önce artan sonra azalan bir değişim göstermiştir. Haslık testleri sonrasında a^* ve b^* değerlerinde meydana gelen değişimin küçük molekül boyutundaki boyarmadde de en az olduğu görülmektedir.

a^* ve b^* değerlerindeki değişime bağlı olarak C^* değerlerinde de değişim görülmektedir. C^* değerleri yapılan haslık testleri sonucunda azalmakta dolayısıyla renk doygunluğunun azaldığı ve rengin gri noktaya yaklaştığı görülmektedir. Büyük ve orta molekül boyarmaddelerde konsantrasyonun artması ile C^* değerlerinin azaldığı görülmektedir. Küçük molekül boyutundaki boyarmadde de C^* değerlerinde meydana

gelen değişim en azdır. Renk değerlerindeki bu değişim ile rengin değiştii buna bağlı renk açısının değiştii görölmektedir. h° değerlerinin yapılan haslık testleri sonucunda azaldığı görölmektedir. Boyarmadde molekül boyutlarına göre ise önce artan sonra azalan bir eğilim göstermektedir. Açısal değişime göre tüm konsantrasyonlarda renk daha maviye yaklaşacak şekilde değişim göstermiştir.

K/S değerleri boyarmadde konsantrasyonlarının azalması ile azalmıştır. Boyarmadde molekül boyutlarının küçölmesiyle de önce artan sonra azalan bir değişim görölmektedir. Bununla birlikte yapılan haslık testlerinin sonucunda K/S değerlerinin azalmıştır. Bunun nedeni, haslık testleri sonrasında boyarmadde uzaklaşması ile ışığın daha az absorblanarak daha fazla yansıması düşünölebilir.

ΔE^* değerlerindeki değişim incelendiğinde yapılan testlerin renk farkını arttırdığı görölmektedir. Büyük ve küçük molekül boyutundaki boyarmaddelerde en düşük orta molekül boyutundaki boyarmadde de en yüksek konsantrasyonda renk farkı değerleri daha düşöktür. Küçük molekül boyutundaki boyarmaddenin tüm konsantrasyonlarında renk farkı değerlerinde meydana gelen değişim en azdır.

Genel olarak küçük, orta, büyük molekül boyutundaki mavi renkte boyarmaddeler ile boyanan numunelere yapılan ardışık haslık testlerinin sonucunda rengin açıldığı, renk doğuguluğunun azaldığı, renk kuvvetinin azaldığı ve renk açısının değiştii görölmektedir. Bu değişim boyarmaddenin molekül boyutu ve haslık testlerine göre farklılık göstermiştir. Yapılan haslık testlerinden ışık haslığı testinin renk değerlerini en belirgin şekilde etkileyen test olduğu görölmüştür. Bazı durumlarda yıkama haslığı testinin de renk değerlerini bir miktar değiştirdiği görölmektedir. Ütüleme haslığı testi genel olarak belirgin bir etki oluşturmamıştır. Yapılan haslık testlerinden en az etkilenen boyarmadde grubu küçük molekül boyutundaki boyarmaddedir. En fazla etkilenen boyarmadde grubu ölçölen renk değerlerine göre farklılık göstermektedir.

Orta ve küçük molekül boyutlarında dispers boyarmaddeler ile boyanan numunelerde yapılan haslık testi uygulamaları incelendiğinde boyarmadde konsantrasyonlarının azalması ile L^* değerlerinin arttığı görölmektedir. L^* değerlerindeki değişim rengin açılması yönönde olmuştur. Boyarmadde molekül boyutlarının küçölmesi ile L^* değerleri artmıştır. L^* değerlerinden yola çıkarak küçük molekül boyutundaki

boyarmadde ile daha açık renkte boyamalar elde edildiği söylenebilir. Bununla birlikte iki boyarmaddede de yapılan haslık testleri sonucunda L^* değerlerinde meydana gelen değişim benzerlik göstermektedir.

a^* ve b^* değerleri incelendiğinde bu değerlerdeki değişimin boyarmadde konsantrasyonu haslık testi uygulamaları ve boyarmadde molekül boyutlarına göre farklılık gösterdiği görülmektedir. Genel olarak orta molekül boyutunda a^* değerleri yapılan haslık testleri ile önce artan sonra azalan bir değişim göstermekle birlikte rengin gri noktadan uzaklaştığı görülmektedir. En yüksek boyarmadde konsantrasyonunda a^* değerlerindeki değişim en azdır. b^* değerleri ise yapılan haslık testleri ile genel olarak azalan bir değişim göstermiş ve renk gri noktadan uzaklaşmıştır. Küçük molekül boyutundaki boyarmadde de a^* değerlerinin azaldığı ve rengin gri noktadan uzaklaştığı görülmektedir. b^* değerleri ise en yüksek konsantrasyonda azalmış ve gri noktadan uzaklaşmış en düşük konsantrasyonda ise tam tersi bir değişim göstermekte ve renk gri noktaya yaklaşmaktadır. %2 konsantrasyonunda b^* değerlerindeki değişim en azdır.

a^* ve b^* değerlerindeki değişime bağlı olarak C^* değerlerinde de değişim görülmektedir. C^* değerleri yapılan haslık testleri sonucunda genel olarak artmakta dolayısıyla renk doygunluğunun arttığı ve rengin gri noktadan uzaklaştığı görülmektedir. Küçük molekül boyutundaki boyarmaddenin en düşük konsantrasyonunda bazı durumlarda C^* değerlerinin azaldığı görülmektedir. Küçük molekül boyutundaki boyarmadde de ve orta molekül boyutundaki boyarmaddenin en düşük konsantrasyonunda C^* değerlerindeki değişimin en az olduğu görülmektedir.

Renk değerlerindeki bu değişim ile rengin değiştiği buna bağlı olarak renk açısının değiştiği görülmektedir. h° değerleri boyarmadde molekül boyutuna göre genel olarak azalan bir değişim göstermektedir. Açısal değişime göre orta moleküllü boyarmadde de renk maviye küçük molekül boyutundaki boyarmadde de ise yeşile yaklaşan bir değişim göstermiştir. h° değerlerindeki değişim kumaş gramajlarına göre de farklılık göstermiştir.

K/S değerleri boyarmadde konsantrasyonunun azalması ve boyarmadde molekül boyutunun küçülmesi ile azalmıştır. Yapılan haslık testlerinin de K/S değerlerini azalttığı görölmektedir. K/S değerlerindeki değişim iki boyarmaddede en düşük konsantrasyonlarda en azdır.

ΔE^* değerlerindeki değişim incelendiğinde yapılan haslık testlerinin renk farkını arttırdığı görölmektedir. İki boyarmaddede de en yüksek konsantrasyonlarda renk farkı değerlerinde meydana gelen değişim en azdır. Küçük molekül boyundaki boyarmadde de tüm konsantrasyonlarda ΔE^* değerlerinde en az değişim meydana gelmiştir.

Genel olarak orta ve küçük molekül boyutundaki siyah renkte boyarmaddeler ile boyanan numunelere yapılan haslık testleri sonucunda rengin açıldığı, renk doygunluğunun genel olarak arttığı, renk kuvvetinin azaldığı, renk açısının değiştiiği görölmektedir. Bu değişim boyarmaddenin molekül boyutu ve haslık testlerine göre farklılık göstermiştir. Yapılan haslık testlerinden ışıık haslığı testinin renk değerlerini en belirgin şekilde etkileyen test olduğu görölmüştür. Yıkama ve ütöleme haslığı testi de bazı renk değerlerinde değişimler meydana getirmiştir. Yapılan haslık testlerinden en az etkilenen boyarmadde grubu küçük molekül boyutundaki boyarmaddededir. Orta molekül boyutunda da bazı durumlarda en yüksek konsantrasyonda renk değerleri en az etkilenmiştir.

Küçük, orta, büyük molekül boyutlarındaki mavi boyarmadde ile yapılan ardışık haslık testlerinin etkileri kumaş gramajındaki farklılığa göre incelendiğinde genel olarak ütöleme ve yıkama haslığı testlerinde gramajların belirgin bir etkisi görölmemiştir. Işıık haslığı testinde ise renk değerlerinde boyarmadde türü ve konsantrasyonlara göre farklı sonuçlar vermiştir. Genel olarak L^* değerlerinde Blue SE2R ve Blue CC boyarmaddelerinde ışıık haslığındaki en fazla değişim 75 g/m² kumaşta görölmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki önce artan sonra azalan bir değişim göstermektedir. Blue ACE boyarmaddesinde ise en fazla değişim 125 g/m² kumaşta görölmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki azalan bir değişim göstermiştir. a^* , b^* ve C^* değerlerinde Blue SE2R boyarmaddesinde ışıık haslığındaki en fazla değişim 75 g/m² kumaşta görölmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki önce artan sonra azalan bir değişim göstermektedir. Blue CC boyarmaddelerinde ışıık haslığındaki en fazla değişim %0,5 konsantrasyonunda

75 g/m² kumaşta g r lmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki önce artan sonra azalan bir değişim göstermektedir. %2 ve %5 konsantrasyonların da ise ışık haslığındaki en fazla değişim 65 g/m² kumaşta g r lmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki önce azalan sonra artan bir değişim göstermektedir. Blue ACE boyarmaddesinde ise genel olarak en fazla değişim 125 g/m² kumaşta g r lmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki genellikle azalan bir değişim göstermektedir. b* ve C* değerlerinde Blue ACE boyarmaddesinin %5 konsantrasyonun da ise en fazla değişim 65 g/m² kumaşta g r lmekte kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki artan bir değişim göstermiştir. h  değerlerinde Blue SE2R boyarmaddesinde ışık haslığındaki en fazla değişim 75 g/m² kumaşta g r lmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki önce artan sonra azalan bir değişim göstermektedir. Blue CC boyarmaddelerinde ışık haslığındaki en fazla değişim %0,5 ve %2 konsantrasyonlarında 75 g/m² kumaşta g r lmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki önce artan sonra azalan bir değişim göstermektedir. %2 konsantrasyonunda ise ışık haslığındaki en fazla değişim 65 g/m² kumaşta g r lmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki önce azalan sonra artan bir değişim göstermektedir. Blue ACE boyarmaddesinde ise genel olarak en fazla değişim 125 g/m² kumaşta g r lmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki azalan bir değişim göstermektedir. K/S değerlerinde Blue SE2R boyarmaddesinde ışık haslığındaki en fazla değişim %0,5 konsantrasyonunda 125 g/m² kumaşta g r lmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki azalan bir değişim göstermektedir. %2 ve %5 konsantrasyonlarında ise en fazla değişim 75 g/m² kumaşta g r lmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki önce artan sonra azalan bir değişim göstermektedir. Blue CC boyarmaddelerinde ışık haslığındaki en fazla değişim 75 g/m² kumaşta g r lmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki önce artan sonra azalan bir değişim göstermektedir. Blue ACE boyarmaddesinde en fazla değişim %0,5 konsantrasyonunda 125 g/m² kumaşta g r lmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki azalan bir değişim göstermektedir. %2 ve %5 konsantrasyonlarında ise ışık haslığındaki en fazla değişim 65 g/m² kumaşta g r lmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki artan bir değişim göstermektedir. R değerlerinde Blue SE2R ve Blue CC boyarmaddesinde ışık haslığındaki en fazla değişim %5 konsantrasyonunda 75 g/m²

kumaşta g r lmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki önce artan sonra azalan bir değişim göstermektedir. %0,5 ve %2 konsantrasyonlarında ise en fazla değişim 65 g/m² kumaşta g r lmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki genel olarak artan bir değişim göstermektedir. Blue ACE boyarmaddesinde en fazla değişim %5 konsantrasyonunda 65 g/m² kumaşta g r lmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki artan bir değişim göstermektedir. %2 ve %0,5 konsantrasyonlarında ise ışık haslığındaki en fazla değişim 125 g/m² kumaşta g r lmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki azalan bir değişim göstermektedir.

Orta, büyük molekül boyutlarındaki mavi boyarmadde ile yapılan ardışık haslık testlerinin etkileri kumaş gramajındaki farklılığa göre incelendiğinde genel olarak  t leme ve yıkama haslığı testlerinde gramajların belirgin bir etkisi g r lmemiştir. Işık haslığı testinde ise renk değerlerinde boyarmadde türü ve konsantrasyonlara göre farklı sonuçlar vermiştir. Genel olarak L* değerlerinde Black SERN boyarmaddesinde %0,5 ve %2 konsantrasyonlarında ışık haslığındaki en fazla değişim 65 g/m² kumaşta, %5 konsantrasyonunda ise 75 g/m² kumaşta g r lmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki genel olarak önce artan sonra azalan bir değişim göstermektedir. Black P boyarmaddesinde %0,5 ve %5 konsantrasyonlarında ışık haslığındaki en fazla değişim 65 g/m² kumaşta, %2 konsantrasyonunda ise 75 g/m² kumaşta g r lmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki genel olarak artan bir değişim göstermektedir. a* ve b* değerlerinde Black SERN boyarmaddesinde %2 ve %5 konsantrasyonlarında ışık haslığındaki en fazla değişim 75 g/m² kumaşta g r lmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki önce artan sonra azalan bir değişim göstermektedir. %0,5 konsantrasyonunda ise 65 g/m² kumaşta g r lmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki genel olarak artan bir değişim göstermektedir. a* değerlerinde Black P boyarmaddesinde %0,5 ve %5 konsantrasyonlarında ışık haslığındaki en fazla değişim 65 g/m² kumaşta, %2 konsantrasyonunda ise 75 g/m² kumaşta g r lmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki genel olarak artan bir değişim göstermekte, b* değerlerinde ise %0,5 konsantrasyonunda ışık haslığındaki en fazla değişim 65 g/m² kumaşta g r lmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki önce azalan sonra artan bir değişim göstermektedir. %2 konsantrasyonunda ise 75 g/m² kumaşta

görülmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki genel olarak önce artan sonra azalan bir değişim göstermektedir. %5 konsantrasyonunda ise 125 g/m² kumaşta görülmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki azalan bir değişim göstermektedir. C* değerlerinde Black SERN boyarmaddesinde ışık haslığındaki en fazla değişim 75 g/m² kumaşta görülmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki önce artan sonra azalan bir değişim göstermektedir. Black P boyarmaddesinde %2 ve %5 konsantrasyonlarında ışık haslığındaki en fazla değişim 125 g/m² kumaşta görülmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki önce azalan sonra artan bir değişim göstermektedir. %0,5 konsantrasyonunda ise 75 g/m² kumaşta görülmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki önce artan sonra azalan bir değişim göstermektedir. h° değerlerinde Black SERN boyarmaddesinde %2 ve %5 konsantrasyonlarında ışık haslığındaki en fazla değişim 75 g/m² kumaşta görülmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki önce artan sonra azalan bir değişim göstermektedir. %0,5 konsantrasyonunda ise 65 g/m² kumaşta görülmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki genel olarak artan bir değişim göstermektedir. Black P boyarmaddesinde %0,5 ve %2 konsantrasyonlarında ışık haslığındaki en fazla değişim 75 g/m² kumaşta görülmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki önce artan sonra azalan bir değişim göstermektedir. %5 konsantrasyonunda ise 125 g/m² kumaşta görülmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki genel olarak önce azalan sonra artan bir değişim göstermektedir. K/S değerlerinde Black SERN boyarmaddesinde %2 ve %5 konsantrasyonlarında ışık haslığındaki en fazla değişim 65 g/m² kumaşta görülmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki artan bir değişim göstermektedir. %0,5 konsantrasyonunda ise 125 g/m² kumaşta görülmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki genel olarak azalan bir değişim göstermektedir. Black P boyarmaddesinde %0,5 ve %2 konsantrasyonlarında ışık haslığındaki en fazla değişim 125 g/m² kumaşta görülmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki önce azalan sonra artan bir değişim göstermektedir. %5 konsantrasyonunda ise 65 g/m² kumaşta görülmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki genel olarak artan bir değişim göstermektedir. %R değerlerinde Black SERN boyarmaddesinde ışık haslığındaki en fazla değişim 65 g/m² kumaşta görülmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık

testlerindeki etki artan bir değişim göstermektedir. Black P boyarmaddesinde %0,5 ve %2 konsantrasyonlarında ışık haslığındaki en fazla değişim 75 g/m² kumaşta görölmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki önce artan sonra azalan bir değişim göstermektedir. %5 konsantrasyonunda ise 65 g/m² kumaşta görölmekte ve kumaş gramajının düşmesiyle haslık testlerindeki etki genel olarak artan bir değişim göstermektedir.

Deneysel sonuçlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde kumaş kütleel ağırlığı ve kütleel yoğunluğu arasında dispers boyarmadde moleküler büyüklüğüne bağlı olarak bazı haslık sonuçları için boyarmadde esaslı değişimlerin olduğu gözlemlenmiştir. Ancak mavi dispers boyarmaddeler için elde edilen değerler bütünü siyah dispers boyarmaddeler için elde edilememiştir. Siyah dispers boyarmaddeler yapılan deneysel çalışmalarda genelde bireysel davranışlar sergilemiş ve elde edilen sonuçlar bu boyarmaddeler için genel bir kanı oluşturulmasını engellemiştir. Bunun nedeninin siyah dispers boyarmaddelerin büyük çoğunluğunun karışım boyarmaddeler olması ve eldeki toz boyarmadde içinde genelde siyah rengi elde edebilmek için üç farklı renkte dispers boyarmaddenin karışımının bulunmasıdır. Boyama şartları altında bu boyarmadde türlerinin farklı çekim davranışı gösterdikleri değerlendirilmiştir. Genel olarak yapılan değerlendirmede boyarmadde moleküler büyüklüğü ile elde edilen boyama ve haslık uygulamaları renk koordinatları karışılaştırıldığında kumaş kütle yoğunluğuna bağlı olarak boyarmadde seğiminin önemli olduğu anlaşılmıştır. Kumaş kütleel ağırlığı ve kütleel yoğunluğunun azalmasıyla boyarmadde moleküler büyüklüğünün azalması arasında bir ilişki olduğu ve azalan kumaş kütleel ağırlığı ile küçük moleküllü dispers boyarmadde seğiminin tekrarlı haslık testi uygulaması için daha uygun olduğu bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- Aniş, P. ve Eren, H.A. (2003). Poliesterin alkali ortamda boyanması: mevcut teknolojinin gözden geçirilmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 8, 139-145. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/202879>
- Aspland, J.R. (1992). Disperse dyes and their application to poliester. *Textile Chemist and Colorist*, 24, 18-22. Erişim adresi: https://scholar.google.com.tr/scholar?q=Disperse+Dyes+and+Their+Application+to+Polyester.+Textile+Chemist+and+Colorist&hl=tr&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar
- Aspland, J.R. (1993). The structure and properties of disperse dyes and related topics. *Textile Chemist and Colorist*, 25, 21-25. Erişim adresi: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.404.7900&rep=rep1&type=pdf>
- Balcı, O. ve Oğulata, R.T. (2013). Boyama sonrası poliester/viskon/elastan karışımli dokuma kumaşlarda haslık iyileştirme çalışmaları. *Tekstil ve Mühendis*, Sayı 61, 21-32. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/137396>
- Becerir, B. ve İskender, M. A. (2000). Dispers boyarmaddelerin genel özellikleri, yapısı ve polyester liflerinde difüzyon özellikleri. *Tekstil ve Teknik*, 190, 152-163.
- Becerir, B. ve İskender, M. A. (2001a). Polyester mikroliflerde lif inceliğine bağlı olarak reflektans ve boyama özelliklerinin değişimi. *Tekstil ve Teknik*, 196, 143-149.
- Becerir, B. ve İskender, M. A. (2001b). Polyester mikroliflerin üretim şartlarına bağlı olarak boya alımının değişimi. *Tekstil ve Teknik*, 200, 140-151.
- Becerir, B. (2006). *Boyama teknolojisi*. Behçet Becerir'e ait 2014-15 Bahar Yarıyılı ders notları (81 sayfa, teksir). Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa.
- Becerir, B. (2013). *Renk ölçüm sistemleri ve standartları*. Behçet Becerir'e ait 2017-2018 Güz Yarıyılı ders notları (74 sayfa, teksir). Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa.
- Belten, M.R. ve Çetiner, S. (2016). Poliester-viskon-elastan kumaşlarda boyarmadde molekül büyüklüğünün performans özelliklerine etkisi. *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(2), 27-34. Erişim adresi: <http://jes.ksu.edu.tr/tr/download/article-file/227182>
- Demir, A., Öktem, T. ve Seventekin, N. (2008). Reaktif boyalı pamuklu materyallerin ışık haslığına UV absorblayıcıların etkisi. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 3, 211-220. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/218068>
- Gözütok, Z. (2017). Doğal boyaların ışık haslıklarının geliştirilmesine yönelik bir çalışma (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=1031wwQnJF1AlZE0-asAnA&no=Lhn00YJCNc9OSr23fl9CNA>

Gregory, P. (1990). Classification of Dyes by Chemical Structure. Warring, D.R. ve Hallas, G. (Ed), *The chemistry and application of dyes* (s. 17-47) içinde. Erişim adresi: https://www.google.com/books?hl=tr&lr=&id=pknUBwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=the+chemistry+and+application+of+dyes&ots=CyviT_a6SE&sig=eOJlCvkBJxwPvb7ydNVI8SUCNgA

Güneş, S.(2013). Poli(etilen tereftalat) (PET) Eriyiklerine çeşitli organik ve inorganik aditiflerin ilave edilerek boyanma özelliklerinin iyileştirilmesi (Sonuç Raporu). Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi. Erişim adresi: <https://avesis.erciyes.edu.tr/dosya?id=c913df78-9d9b-4757-a152-de7af4ea8576>

Halis. (2017, 9 Mart). Kumaşta ışık haslığı. Erişim adresi: <https://tekstilbilgi.net/kumasta-isik-hasligi.html>

Halis. (2017, 6 Mayıs). Pad-Thermosol yöntemi ile boyama. Erişim adresi: <https://tekstilbilgi.net/pad-thermosol-yontemi-ile-boyama.html>

İçoğlu, H.İ. (2006). Pamuklu dokunmuş kumaşların reaktif boyarmaddelerle boyanması ve uygulama yöntemlerinin incelenmesi (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <http://libratez.cu.edu.tr/tezler/5708.pdf>

İpek, F. (2018). Tekstil renklerinin görsel yönetim sistemi ile değerlendirilmesi (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <http://acikerisim.pau.edu.tr:8080/xmlui/handle/11499/3177>

İskender, M. A. ve Becerir, B. (2000). Yeni jenerasyon mikrolif polyester kumaşların boyanmasında boyama şartlarının optimizasyonu ve haslık değerlerinin incelenmesi. *Tekstil ve Teknik*, 185, 136-142.

Keser, F. (2016, 4 Haziran). Işığa Karşı Renk Haslığı Testi. Erişim adresi: <https://www.derstekstil.name.tr/component/k2/item/275-isiga-karsi-renk-hasligi-testi.html>

Kır, Z.N. ve Benli, N. (2018). Reaktif boyamalar için formaldehitsiz fiksator kullanılarak pamuklu kumaşta haslıkların incelenmesi. *Tekstil ve Mühendis*, 25, 319-326. doi: 10.7216/1300759920182511205

Korkmaz, A. (2001). Boyalı tekstil mamullerine ışık etkisinin azaltılması üzerine bir araştırma. (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <https://acikerisim.ege.edu.tr/xmlui/handle/11454/135?locale-attribute=tr>

Kut, D. (2013). *Kimyasal tekstil muayeneleri*. Dilek Kut'a ait 2015-16 Bahar Yarıyılı ders notları (109 sayfa, teksir). Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa.

Mangut, M. (2006). %100 Polyester ve %100 pamuklu dokuma kumaşların tekrarlı yıkama ve ütüleme işlemleri sonrasında yüzey renk özelliklerinde ortaya çıkan değişimlerin incelenmesi (Doktora tezi). Erişim adresi: <https://acikerisim.uludag.edu.tr/handle/11452/9670>

Mangut, M. ve Kahraman, N. (2005). *Tekstil lifleri*. Bursa: Ekin Kitabevi.

Özçelik, F.F.(2005). İçi boş lif üretiminde bazı parametrelerin lif özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <https://acikerisim.uludag.edu.tr/bitstream/11452/4770/1/198678.pdf>

Paydak, M.E. (2006). Dispers boyama reçetelerinin işlem koşullarına olan renk hassasiyetlerinin araştırılması (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <http://acikerisim.uludag.edu.tr/jspui/handle/11452/3621>

Sunguray, G. (2010). Dispers boyarmaddelerle boyanmış poliester materyallerinin renk haslık özelliklerinin iyileştirilmesi (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <https://katalog.marmara.edu.tr/veriler/yordambt/cokluortam/A/E/A/B/A/T0066000.pdf>

Uğur, S.S. (2004). Polyesterin dispers boyarmaddelerle boyama yöntemlerinin karşılaştırılması (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=2ymITx2Vqe8pvRJeNAgnfA&no=qrTxqxZWhok1L5tcSlhevg>

Yalçın, Y. (2011). Poliester kumaşlarda bazı renk haslıklarının değişim kinetiğinin renk ölçümleri ile araştırılması (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <http://hdl.handle.net/11452/10442>

Yeşil, Y. (2010). Melanj elyaf karışımlarında renk değerlerinin yeni bir algoritma geliştirilerek tahmin edilmesi (Doktora tezi). Erişim adresi: <http://libratez.cu.edu.tr/tezler/7934.pdf>

Yılmazok, U. (2008). Poliester kumaşlarda ardışık uygulanan farklı haslık testlerinin renk değerleri üzerindeki etkisinin araştırılması (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <https://acikerisim.uludag.edu.tr/bitstream/11452/3372/1/255203.pdf>

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Pınar Açar
Doğum Yeri ve Tarihi : Edirne – 06.03.1994
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : İlhami Ertem Lisesi
Lisans : Uludağ Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği
Anabilim Dalı

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Atasoy Tekstil (2018 – 2020)

İletişim (e-posta) : pinar_acar22@hotmail.com