

**REAKTİF BOYANMIŞ PAMUKLU ÖRME KUMAŞTA
YIKAMA HASLIĞI TEST SONUÇLARININ RENK
BİLEŞENLERİNE GÖRE ARAŞTIRILMASI**

Esra ÜNLÜPİNAR



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**REAKTİF BOYANMIŞ PAMUKLU ÖRME KUMAŞTA YIKAMA HASLIĞI TEST
SONUÇLARININ RENK BİLEŞENLERİNE GÖRE ARAŞTIRILMASI**

Esra ÜNLÜPINAR

Prof. Dr. Behçet BECERİR
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2017

TEZ ONAYI

Esra ÜNLÜPİNAR tarafından hazırlanan “Reaktif Boyanmış Pamuklu Örme Kumaşta Yıkama Haslığı Test Sonuçlarının Renk Bileşenlerine Göre 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 BECERİR

Başkan : Prof. Dr. Behçet Becerir

İmza

Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi

Tekstil Teknolojisi Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. M. Abdülhalik İSKENDER

İmza

Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi

Tekstil Teknolojisi Anabilim Dalı

Üye : Doç. Dr. İdris ÇERKEZ

İmza

Bursa Teknik Üniversitesi

Doğa Bilimleri, Mimarlık ve Mühendislik .Fakültesi,

Lif ve Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali BAYRAM

Enstitü Müdürü

7..15.2019 (Tarih)

Bilimsel Etik Bildirim Sayfası

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

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanması 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.

11/05/2017

İmza

Esra Ünlüpınar

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

REAKTİF BOYANMIŞ PAMUKLU ÖRME KUMAŞTA YIKAMA HASLIĞI TEST SONUÇLARININ RENK BİLEŞENLERİNE GÖRE ARAŞTIRILMASI

Esra ÜNLÜPİNAR

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Behçet BECERİR

Bu tez çalışmasında, reaktif boyanmış pamuklu örme kumaşta yıkama haslığı test sonuçlarının renk bileşenlerine göre araştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, dört farklı renkte(kırmızı, mavi, yeşil ve siyah) boyanmış %100 pamuklu örme kumaş numunelerinin yıkama işlemleri sonrasında dört farklı ölçüm alınarak farklı renk farkı formülasyonlarında, DE*, L*, a*, b*, C*, h°, değerleri ile farklı aydınlatıcılar altındaki metamerizma davranışı ve gri skala değerleri incelenmiştir. Renk farkı formülasyonları olarak, CIELAB 1976, CMC(l:c), CIE94, CIEDE2000 ve Hunter kullanılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, CIELAB renk uzayının farklı renk açısı bölgelerinin farklı renk farkı formüllerine farklı cevaplar verdiği görülmüştür. Özellikle CMC formülü yeşil ve siyah renklerde belirgin farklı sonuçlar vermiştir. Renk uzayının farklı renk açısı bölgelerinde farklı renk formülasyonlarının kullanımının daha doğru olabileceği yargısına ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Renk farkı değerleri, renk bileşenleri, örme kumaşta yıkama haslığı, renk farkı formülasyonları

2017, xi + 104 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION of the WASH FASTNESS TEST RESULTS of REACTIVE DYED
KNITTED FABRICS ACCORDING to COLOUR PROPERTIES

Esra ÜNLÜPINAR

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

Supervisor: Prof. Dr. Behçet BECERİR

In this thesis, colour properties of reactive dyed knitted fabrics were investigated according to their wash fastness test results. Knitted fabrics were dyed in four different shades (red, blue, green and black) and later they were subjected to repeated wash fastness tests. Colour coordinates (L^* , a^* , b^* , C^* and h°) and DE^* colour difference values according to different colour difference formulae were calculated. Colour difference equations of CIELAB 1976, $CMC(l:c)$, CIE94, CIEDE2000 and Hunter were used.

According to the experimental results, it was observed that colour difference results which were obtained in different shade areas of CIELAB colour space responded in different ways with different colour difference formulae. CMC formula gave distinct differences in green and black shades.

It was concluded that the usage of different colour difference formulae in different shade areas of CIELAB colour space could be revealed.

Key words: Colour difference values, colour components, wash fastness in knitted fabrics, colour difference formulations

2017, xi + 104 pages.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimin boyunca, beni her zaman destekleyen ve eğitimin boyunca her türlü desteği veren, çalışmalarımın yürütülmesi ve değerlendirilmesinde emeği geçen çok değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Behçet BECERİR'e teşekkürlerimi ve saygılarımı sunuyorum.

Ayrıca, çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen ve hayatımın her evresinde bana destek olan çok değerli eşim Aykan ÜNLÜPINAR'a ve değerli aileme sonsuz teşekkürler ederim.

Esra ÜNLÜPINAR

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1.GİRİŞ	1
2.KAYNAK ÖZETİ.....	2
2.1 Lif.....	2
2.1.1 Pamuk lifi.....	2
2.2 Örme Kumaş	6
2.3 Reaktif Boyarmaddeler	8
2.3.1 Reaktif boyarmaddelerin tarihçesi	8
2.3.2 Reaktif boyarmaddeler ve genel özellikleri	11
2.3.3 Reaktif boyarmaddelerin sınıflandırılması.....	13
2.3.4 Reaktif boyarmaddelerle boyama yöntemleri	15
2.3.5 Reaktif boyarmaddelerin uygulamaları.....	19
2.3.6 Reaktif boyarmadde ile boyama sonrası ard işlemler	20
2.4 Yıkamaya Karşı Renk Haslıkları	20
2.5 Renk	28
2.5.1 Standart ışık kaynakları ve aydınlatıcılar	30
2.5.2 Renk ölçüm cihazlarının temel özellikleri	35
2.5.3 Renk toleransları ve geçer / kalır değerlendirmesi.....	36
2.5.4 Renk farkı formülasyonları	43
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	54
3.1 Materyal	54
3.2 Yöntem.....	54
3.2.1 Kullanılan boyarmaddeler.....	54
3.2.2 Yıkama haslığı testi.....	55
4.BULGULAR ve TARTIŞMA.....	59
4.1 CIELAB Sonuçları.....	59

4.2 Hunter Sonuçları	73
4.3 Farklı Aydınlatıcılar Altında Renk Farkı Formülasyonları Değerleri.....	80
4.4 Reflektans (%) Değerleri	92
4.5 K/S Değerleri	93
4.6 Metamerizma Değerleri	94
5. SONUÇ	99
KAYNAKLAR	101
ÖZGEÇMİŞ	104

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
a	Hunter Kırmızı-Yeşil Ekseni
a*	Kırmızı-Yeşil Ekseni
b	Hunter Sarı-Mavi Ekseni
b*	Sarı-Mavi Ekseni
C*	Kroma(Doygunluk)
CIE	Commission Internationale de l'Eclairage
DE	Hunter Renk Farkı
DE*	Renk Farkı
DV	CIE'94 Formülasyonunda Görsel Renk Farkı
h°	Renk Açısı
L	Hunter Açıklık-Koyuluk Ekseni
L*	Işıklılık, Açıklık-Koyuluk Ekseni
Sc	CMC Formülasyonunda Kroma Çarpanı
Sh	CMC Formülasyonunda Renk Açısı Çarpanı
Sl	CMC Formülasyonunda Işıklılık Çarpanı
X,Y,Z	Rengin Tristimulus Değerleri
X ₀ ,Y ₀ ,Z ₀	Aydınlatıcının Tristimulus Değerleri

Kısaltmalar **Açıklama**

nm Nanometre

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Pamuk lifinin fiziksel yapısının şematik gösterimi.....	3
Şekil 2.2. Selülozun kimyasal yapısı.....	5
Şekil 2.3. Reaktif boyarmaddenin şematik yapısı	13
Şekil 2.4. Soğukta boyayan reaktif boyarmaddelerin genel yapısı	14
Şekil 2.5. Sıcakta boyayan reaktif boyarmaddelerin yapısı	14
Şekil 2.6. Aditif renk karışımları	30
Şekil 2.7. Subtraktif renk karışımları	31
Şekil 2.8. F2 ve F7 aydınlatılarının dalga boyu grafiği.....	33
Şekil 2.9. F11 ve A aydınlatıcılarının dalga boyu grafiği	34
Şekil 2.10. D65 ve C aydınlatıcılarının dalga boyu grafiği.....	34
Şekil 2.11. D50 Aydınlatıcısının dalga boyu grafiği	35
Şekil 2.12. L*, a*, b* renk toleransı	38
Şekil 2.13. Kabul edilebilirlik hacmi	39
Şekil 2.14. Kromatisite diyagramı üzerinde McAdam kabul edilebilirlik elipsleri	41
Şekil 2.15. CMC kabul edilebilirlik hacmi	41
Şekil 2.16. CIELAB L*C*H* farkları ve geçer/kalır toleransları	42
Şekil 2.17. CIELAB 1976 Renk Uzayı	46
Şekil 2.18. CIELAB renk uzayında CMC tolerans elipsoidleri	48
Şekil 2.19. Hunter L, a, b renk uzayı	52
Şekil 3.1. Macbeth MS 2020 spektrofotometre	58
Şekil 4.1. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre L* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi.....	60
Şekil 4.2. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre L* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi.....	60
Şekil 4.3. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre L* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi.....	61
Şekil 4.4. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre L* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi.....	62
Şekil 4.5. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre a* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi.....	62
Şekil 4.6. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre a* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi.....	63

Şekil 4.7. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre a* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi.....	64
Şekil 4.8. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre a* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi.....	64
Şekil 4.9. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre b* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi	65
Şekil 4.10. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre b* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi	66
Şekil 4.11. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre b* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi	66
Şekil 4.12. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre b* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi	67
Şekil 4.13. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre C* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi.....	68
Şekil 4.14. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre C* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi.....	69
Şekil 4.15. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre C* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi.....	69
Şekil 4.16. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre C* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi.....	70
Şekil 4.17. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre h° değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi.....	70
Şekil 4.18. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre h° değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi.....	71
Şekil 4.19. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre h° değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi.....	72
Şekil 4.20. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre h° değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi.....	72
Şekil 4.21. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre L değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi	73
Şekil 4.22. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre L değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi	74
Şekil 4.23. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre L değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi.....	74
Şekil 4.24. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre L değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi	75
Şekil 4.25. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre a değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi.....	76
Şekil 4.26. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre a değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi.....	76

Şekil 4.27. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre a değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi.....	77
Şekil 4.28. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre a değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi.....	78
Şekil 4.29. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre b değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi	78
Şekil 4.30. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre b değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi	79
Şekil 4.31. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre b değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi	79
Şekil 4.32. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre b değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi	80
Şekil 4.33. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre D65 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi.....	81
Şekil 4.34. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre D65 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi.....	82
Şekil 4.35. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre D65 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi.....	83
Şekil 4.36. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre D65 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi.....	84
Şekil 4.37. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerinin yıkama sayılarına göre A aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi.....	84
Şekil 4.38. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre A aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi.....	85
Şekil 4.39. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerinin yıkama sayılarına göre A aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi.....	86
Şekil 4.40. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre A aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi.....	86
Şekil 4.41. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre F11 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi.....	87
Şekil 4.42. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre F11 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi.....	88

Şekil 4.43. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre F11 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi.....	88
Şekil 4.44. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre F11 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi.....	89
Şekil 4.45. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre F2 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi.....	90
Şekil 4.46. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre F2 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi.....	90
Şekil 4.47. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre F2 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi.....	91
Şekil 4.48. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre F2 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi.....	92
Şekil 4.49. Farklı renklerde boyanmış pamuklu örme kumaşların reflektans (%) değerlerinin yıkama sayılarına göre değişimi	93
Şekil 4.50. Farklı renklerde boyanmış pamuklu örme kumaşların K/S değerlerinin yıkama sayılarına göre değişimi.....	94

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Pamuk liflerinin fiziksel özellikleri	4
Çizelge 2.2. Pamuk liflerinin önemli kimyasal özellikleri.....	6
Çizelge 2.3. C08 test şartları	24
Çizelge 2.4. Görülebilir spektrum renkleri	289
Çizelge 2.5. CIELAB Koordinatları ve Renk Farkı için Anlamları.....	38
Çizelge 3.1. Deneysel çalışmada kullanılan kumaşların boyarmadde oranları.....	55
Çizelge 3.2. Refakat bezi çiftleri.....	56
Çizelge 4.1. Kırmızı kumaşın farklı yıkama miktarları sonunda D65 - A, F11, F2 aydınlatıcıları altında metamerizma değerleri.....	95
Çizelge 4.2. Yeşil kumaşın farklı yıkama miktarları sonunda D65 - A, F11, F2 aydınlatıcıları altında metamerizma değerleri.....	95
Çizelge 4.3. Mavi kumaşın farklı yıkama miktarları sonunda D65 - A, F11, F2 aydınlatıcıları altında metamerizma değerleri.....	95
Çizelge 4.4. Siyah kumaşın farklı yıkama miktarları sonunda D65 - A, F11, F2 aydınlatıcıları altında metamerizma değerleri.....	96
Çizelge 4.5. Haslık Derecesi ve Değerlendirmesi.....	96
Çizelge 4.6. Kırmızı renkli kumaşta yıkama miktarlarına göre gri skala yıkama haslık değerleri.....	97
Çizelge 4.7. Mavi renkli kumaşta yıkama miktarlarına göre gri skala yıkama haslık değerleri.....	97
Çizelge 4.8. Yeşil renkli kumaşta yıkama miktarlarına göre gri skala yıkama haslık değerleri.....	98
Çizelge 4.9. Siyah renkli kumaşta yıkama miktarlarına göre gri skala yıkama haslık değerleri.....	98

1.GİRİŞ

Tekstil sektöründe renk, müşterilerin satın alma yapmaları için en önemli parametrelerden birini oluşturmaktadır. Beklenti, satın alınan tekstil materyallerinin pek çok konuda dayanıklı olmasıdır. Önemli hususlardan biri de alınan tekstil ürünlerinin tekrarlı yıkamalar sonrasında da renk haslığı değerlerinin iyi çıkmasıdır. Aynı zamanda, bir aydınlatıcı altında görünen rengin başka aydınlatıcılar altında da aynı görünmesi istenir. Rengin gözlemci tarafından algılanmasında farklı bileşenler rol oynamaktadır.

Bu çalışmada reaktif boyanmış düz örme pamuklu kumaşta yıkama haslığı test sonuçlarının renk bileşenlerine ayrılması konusu araştırılmıştır. Çalışmada dört farklı renkte boyanmış (kırmızı, yeşil, mavi, siyah) düz örme (RL süprem) pamuklu örme kumaşın tekrarlı yıkamalar sonucunda, farklı aydınlatıcılar altında (D65, F2, F11 ve A), hem CIELAB hem de Hunter renk uzayı sistemlerinde DE* ve DE, L* ve L, a* ve a, b* ve b, C* ve h° değerleri ölçülmüş ve kıyaslanmıştır. Bunun yanı sıra, farklı renkteki kumaşların farklı aydınlatıcılar altındaki metamerizma davranışları incelenmiştir. Konuyla alakalı hem Türkçe hem de yabancı literatürdeki makaleler taranmış ve çalışmaya eklenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, CIELAB renk uzayının farklı renk açısı bölgelerinin farklı renk farkı formüllerine farklı cevaplar verdiği görülmüştür. Bu nedenle, renk uzayının farklı renk açısı bölgelerinde farklı renk formülasyonlarının kullanımının daha doğru olabileceği yargısına ulaşılmıştır.

2.KAYNAK ÖZETİ

2.1 Lif

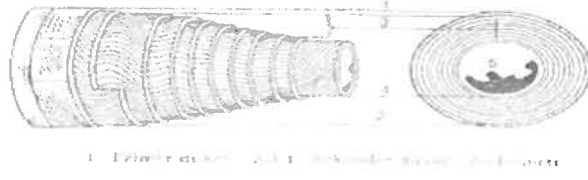
Lif, tekstil ürünlerinin hammaddesi ve en küçük yapı birimidir. Lifler doğal olarak bitkilerden ve hayvanlardan veya yapay olarak sentetik hammaddelerden elde edilirler. Çeşitli işlemlerden sonra lifler önce iplik haline daha sonra da dokunarak, örülerek ya da non-woven tekniklerinden yararlanarak doku haline getirilirler. (Mangut ve Karahan 2005)

Tekstilde kullanım açısından doğal liflerin özel bir yeri vardır. Yapay liflere oranla insan sağlığı yönünden olumlu özelliklere sahip olması bunun en önemli nedenidir. Tek başına pamuk bile dünya lif tüketiminin yarısını sağlamaktadır ve yapısından ileri gelen özellikleri nedeniyle yerini koruyacağı benzetilmektedir. Yüksek oranda nem absorbe edebilmesi, yaş mukavemetinin yüksek olması ve iyi bir tutum, pamuk lifinin en önemli özelliklerinden birkaç tanesidir. (Mangut ve Karahan 2005)

2.1.1 Pamuk lifi

Pamuk bitkisi, esas yapısı selüloz olan ve tekstilde son derece önemli bir yer tutan liflerin elde edildiği bir bitkidir. Gelişmesini tamamlamış olan pamuk lifleri, mikroskop altında incelenirse, dıştan içe şu tabakalardan oluştuğu görülür ;

- 1.Kütikula ve mumsu tabaka
- 2.Primer çeper
- 3.Sekonder Çeper
- 4.Lümen



Şekil 2.1. Pamuk lifinin fiziksel yapısının şematik gösterimi

Genellikle kalite, lif boyu ile doğrudan ilgilidir. Ticari olarak pamuk lifleri lif boyuna göre üç sınıfa ayrılır:

1.Lif uzunluğu 2,5 - 6,5 cm olanlar: Bu sınıftaki pamuklar, ince ve parlak liflerden oluşmuşlardır ve en üst kalitedir. Bu liflerin çapı 10-15 mikronmetre ve inceliği 0,99-1,62 denyedir.

2.Lif uzunluğu 1,5 - 3 cm olanlar: Orta mukavemette, orta parlaklıktadır ve dünyada üretilen pamukların büyük kısmı bu kalitededir. Genellikle, 12-17 mikronmetre çapında olup, incelikleri 1,26 – 1,98 denyedir.

3. Lif uzunluğu 1 - 2,5 cm olanlar: Bu sınıf lifler, kaba ve düşük değerlidir. Dayanıklılıkları az ve donuktur. Lifler, 13-22 mikronmetre çapında ve 1,35 – 2,61 denye inceliğindedir. (Mangut ve Karahan 2005) Pamuk liflerinin fiziksel özellikleri Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Pamuk lifinin kimyasal yapısı, bitkinin yetiştirme şartlarına göre kısmen değişiklik gösterir. Ham pamuğun kimyasal bileşiminde, selüloz yanında yağ ve vakslar, hemiselüloz, pektin ve protein gibi maddeler bulunur. Bu maddelerin pamuk lifi içindeki oranları şöyledir:

Selüloz	:% 88
Hemiselüloz ve pektin	:% 4 – 6
Protein ve renkli madde	:% 1,5 – 5
Anorganik Maddeler	:% 1,0 – 1,2
Vaks ve yağlar	:% 0,5 – 0,6

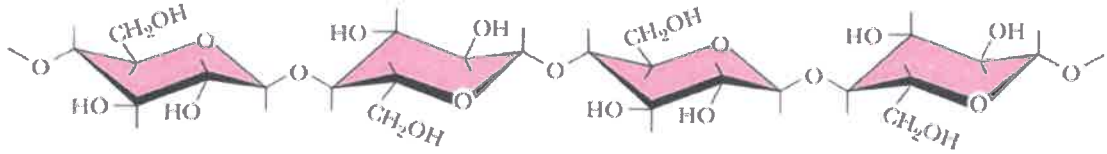
Çizelge 2.1. Pamuk liflerinin fiziksel özellikleri (Mangut ve Karahan 2005)

Özellik	Açıklama
İncelik	Genel olarak 12 - 45 mikron arasında değişir.
Uzunluk	Lifin boyu 1 cm' den 6 cm' ye kadar olabilir. 1 cm' den kısa olan liflere linter denir. 1-2,5 cm arasında uzunluğa sahip olanlara kısa stapelli lifler; 2,5-3,5 cm arasında olanlara orta stapelli lifler; 3,5 cm'den uzun olanlara ise uzun stapelli lifler denir.
Mukavemet	Merserize edilmemiş pamuk lifi orta dayanıma sahiptir. Merserize yapıldığında pamuk lifinin mukavemeti artar. Mukavemeti genel olarak 19-45 cN/tex'tir. Diğer doğal liflerden farklı olarak yaş haldeki mukavemeti kuru mukavemetine göre daha yüksektir.
Uzama yeteneği	Keten lifinden daha elastik, yün ve ipekten daha az elastiktir. Lifin yapısındaki torsiyon adı verilen doğal bükümler elastikiyeti artırır. Bunlar aynı zamanda lifin bükülebilirliğini de artırarak iplik yapımını kolaylaştırırlar. Uzaman yeteneği % 3- 10 arasındadır.
Nem alma kabiliyeti	Ham pamuk yapısındaki hidrofob safsızlıklar nedeniyle suyu emmez. Bu maddeler uzaklaştırıldıktan sonra pamuk lifi hidrofil olur ve standart nem içeriği % 8,5 civarındadır.
Sıcaklığın Etkisi	Yüksek sıcaklıklara karşı dayanımı iyidir. 100°C sıcaklıktaki suya dayanabilir. 70-90°C'de kurutulabilir. Ancak, özellikle, beyaz renk çalışılıyorsa apre sıcaklığı 100°C'yi geçmemelidir. Çünkü lifte sararmalar başlar. Diğer renklerde sıcaklık 150°C civarında olabilir.
Yoğunluk	1,55 gr/cm ³ tür.
Enine ve boyuna kesit görünüşü	Yassı, bükümlü, hortum veya şeride benzer bir yapısı vardır. Bükümler yüzeye düzgünsüz görünüm verirler. Kesiti böbrek veya fasülye şeklindedir. En dışta primer çeper, ortada lifin karakteristik özelliklerini belirleyen sekonder çeper, merkezde ise lümen adı verilen merkezi bir kanal vardır.
Parlaklık	Yapısındaki bükümler nedeniyle parlak değildir. Doğal bir matlığı vardır. Gerilim altında yapılan merserizasyon işlemiyle parlaklık kazanır.
Renk	Genellikle beyazdır. Krem rengi, kahverengi renklerde de olabilir.
Yaylanma yeteneği	En düşük liftir. Bu nedenle kullanım sırasında çok kolay buruşur. Bunu engellemek için buruşmazlık apresi yapılmaktadır.
Pilling (boncuklanma)	Sorun yoktur.
Statik elektriklenme	Sorun yoktur.
Alev alma yeteneği	Hemen alev alır, erimez, kor gibi ve çabuk yanar. Kağıt kokusu bırakır.
Termal Özelliği	Pamuk 218°C'de güvenli ütülenir, erimez.

Yeteri kadar saf olmadığından selüloz doğada bulunduğu haliyle kullanılmaz. Bu yapının yabancı maddelerden arındırılarak çeşitli amaçlara faydalı hale getirilmesi gerekir. Pamuğun % 85 – 95'ini selüloz oluşturur. Selülozun yapısındaki elementler C, H ve O'dir; selüloz genel formülü $(C_6H_{10}O_5)_n$ olan bir polisakkarittir ve atom oranları şöyledir:

C % 44,4; H % 6,2; O % 49,4

Selülozun kimyasal yapısı Şekil 2.2'de belirtilmiştir.



Şekil 2.2. Selülozun kimyasal yapısı (Anonim 2009)

Pamuk ve pamuk gibi selüloz esaslı liflerin kimyasal özellikleri şu faktörlere göre değişiklik gösterir:

Selülozun kaynağı suda çözünmeyen karbonhidrattır. Selüloz makromolekülü n tane β -D glikoz yapıtaşının 1. ve 4. karbon atomları üzerinden oksijen köprüleri ile birbirine bağlanması sonucu meydana gelmiş olan bir polisakkarittir.

- Büyük molekül gruplarının (makromolekülün) kimyasal yapısı, yani molekülleri oluşturan yapıtaşları, bunları birbirine bağlayan bağlar, zincir uzunluğu, zincir yapısı, uç grupların cinsi, ortalama polimerizasyon derecesini gösterir.
- Makromoleküllerin lif içinde yerleşimleri; yani kristalin ve amorf bölgeler, elyaf eksenine göre makromoleküllerin yerleşme şekli. (Pamukta lifin % 65 – 70' ini kristalin bölgeler oluşturur.)
- Lif içerisinde bulunan yabancı maddeler.(Mangut ve Karahan 2005)

Pamuk liflerinin kimyasal yapıları Çizelge 2.2'de belirtilmiştir.

Çizelge 2.2. Pamuk liflerinin önemli kimyasal özellikleri (Mangut ve Karahan 2005)

Kimyasal Etkenler	Pamuk Lifinin Kimyasal Özellikleri
Boyama şartları	Pamuk lifleri reaktif, küp ve direkt boyarmaddeler ile boyanabilir. Reaktif boyalar ile kovalent bağ ile bağlandıklarından yüksek haslık değerleri verirler.
Suyun etkisi	Lifte suyun etkisi ile enine yönde şişme oluşur. Hidrofob yapıdaki safsızlıklar uzaklaştırıldıktan sonra lif hidrofil özellik kazanır. Standart nem içeriği % 8,5' dir.
Işık ve atmosfer şartları	Güneşin ultraviyole ışınları pamuk lifini zamanla oksiselüoza dönüştürür. Bu da lifin mukavemetinin azalmasına neden olur. Güneş altında 14 gün kalan pamuk lifi, mukavemetinin % 50' sini kaybeder.
Asitler	Derişik inorganik asitler (H_2SO_4 ve HCl) life kolayca zarar verirler. %98' lik H_2SO_4 $38^\circ C$ 'de 10 dakikada pamuğu çözer. Asetik asit (CH_3COOH) ve sitrik asit gibi zayıf yapıdaki organik asitler derişik halde bile life zarar vermezler. Asit kullanılacaksa organik asitler tercih edilmelidir.
Alkaliler	Bazlara karşı dirençleri oldukça iyidir. Zarar görmeden baz çözeltileri ile işlem yapılabilir. Ancak, pamuğu havanın oksijenine karşı duyarlı hale getirdiğinden oksiselüloz oluşumuna neden olurlar.
Organik çözücüler	Kuru temizleme çözücülerini dahil bir çok organik solvante karşı dayanımları oldukça iyidir.
Ağartma maddeleri	Dayanımı iyidir. Ancak hipoklorit gibi kuvvetli yükseltgen yapıdaki ağartma maddeleri lifi yavaş yavaş oksiselüoza dönüştürebilir. Bu durumda mukavemet kaybı olur. Ağartmada proses dengeleri korunmazsa dayanım azalması artar ve doku yırtılır.
Küf ve mantar	Eğer dayanımı arttırmak için bir işlem yapılmamışsa küften etkilenir. Nemli nişasta haşılı küflenmeyi arttırır.

2.2 Örme Kumaş

Örme kumaşlar bilindiği gibi ipliğeilmek formu verilerek oluşturulmakta ve fiziksel olarak; yüksek elastikiyet, konfor, yumuşaklık, rahat dokunma hissi vb. özellikler sunabilmektedir Örme kumaşlara olan talep her geçen gün artmaktadır. Son yıllarda "casualwear" olarak tabir edilen gündelik, rahat giysilerin tüketiciler tarafından daha fazla tercih edilir olması, bu rahatlığın daha ziyade örme kumaşlarla sağlanabilmesi, bu ürün grubuna olan talebi arttırmaktadır.

Özellikle atkılı örmeden elde edilen kumaşlar; penye mamulleri (t-shirt, eşortman, sweatshirt), dış giysilikler (kazak, ceket, süveter), çorap, iç giysilikler, tıbbi ve teknik kumaşlarda kullanılmaktadır (Mavruz ve Oğulata 2009).

Kireçci ve arkadaşları (2009) yaptıkları çalışmada; vorteks ve ring ipliklerinden üretilmiş pamuklu örme kumaşların renk değerlerini ve renk haslıklarını değerlendirmişlerdir. Üç farklı reaktif boyarmadde ile üç farklı renk derinliğinde vorteks ve ring ipliklerinden üretilmiş kumaşlar boyanmıştır. Sonuçta, genel olarak vorteks iplikleriyle üretilen kumaşların renk haslığı değerleri ring iplikleriyle üretilen kumaşlar kadar iyi çıkmıştır. Ayrıca CIELAB renk uzayındaki boyanmış ve

boyanmamış numunelerin renk koordinatlarının incelenmesi ile her iki kumaşın L*, C* ve K/S değerlerinin benzer olduğu görülmüştür.

Meriç ve Demirhan (2004) yaptıkları çalışmada % 100 doğal lif olan pamuktan üretilmiş örme kumaşlarda (heavy jersey ve single jersey) tamburlu ve asarak kurutma sonucu çekme yüzdeleri arasındaki farkın enine ve boyuna yönde % 2 ile % 3'ü arasında olduğunu göstermişlerdir. Özellikle atkılı örmeden elde edilen kumaşlar; penye mamulleri (t-shirt, eşofman, sweatshirt), dış giysilikler (kazak, ceket, süveter), çorap, iç giysilikler, tıbbi ve teknik kumaşlarda kullanılmaktadır. Vücutla direkt temas eden iç giysiliklerde derinin nefes almasına izin vermesi ve diğer konfor özellikleri yönünden örme kumaşlarda hava geçirgenliği değeri önem kazanmaktadır. (Marmaralı 2004)

Mavruz ve Oğulata (2009) yaptıkları çalışmada pamuklu örme kumaşlarda hava geçirgenliğini incelemişlerdir ve örgüleri oluşturan ipliklerin numarası arttıkça (iplik incelidikçe) ve kumaş sıklığı azaldıkça iplikler arasındaki boşluklar artacağından geçen hava miktarının da arttığını tespit etmişlerdir.

2.3 Reaktif Boyarmaddeler

2.3.1 Reaktif boyarmaddelerin tarihçesi

Cross ve Bevan'ın 1906 yılında yayınlanan çalışmaları boya-lif kovalent bağı oluşturmak için yapılan muhtemel ilk girişimdir ve böylece çok yüksek yaş haslık sağlayan boyamaları başarmışlardır. Cross ve Bevan, altı prosesli bir uygulama ile pamuğa ön işlem yapmışlardır, bu işlem özellikle modern reaktif boyama uygulamaları ile kıyaslandığında çok pratik değildir; fakat kovalent bağlı boyamalarda mükemmel yaş haslık sağlamışlardır. 1930 yılında Haller ve Heckendorn, yüksek yaş haslığı sağlayan boyamalar elde etmek için, siyanürik kloridi ksilen içerisinde çözmüştür ve ilave bir amino grup içeren suda çözünebilir boyalarla reaksiyona girebilen elektrofilik lif (2,4 diklor-s-triazinil-O-selüloz) üretmek amacıyla bu çözeltiyi alkali selüloz ile tepkimeye sokmuşlardır (Clark 2011).

1952 yılında Guthrie, iyi yıkama haslığı sonuçları veren bir boyama elde etmek için, pamuğa sülfatoetiloksifenilazo boyanın uygulanabileceğini ve alkali pad-dry-bake yöntemi ile kovalent bağla fikse edilebileceğini gösteren önemli bir çalışma yayınlamıştır. Ancak, bu tür boyamalarda özellikle koyu renklere düşük sürtme haslıkları elde edilmiştir. Ayrıca, Guthrie alkali pad-bake uygulama şartlarında, pamuğa kovalent bağ ile bağlanmayı sağlayan boyaları elde etmek için ilave sulfato grubun klor ile yer değiştirebileceğini bulmuştur.

Rattee ve Stephan tarafından yapılan çalışmanın ardından, 1956 yılında, selülozik lifler için suda tamamen çözülebilen reaktif boyarmaddelerin ilk serisi ICI firması tarafından piyasaya sürülmüştür ve Procion MX olarak adlandırılmıştır. Bundan sonraki yıllarda reaktif boyalarla alakalı çalışmalar devam etmiş ve firmalar yeni ürünler geliştirmişlerdir. 1957 yılında ICI ve Ciba firmaları ortak bir anlaşma yaparak Procion H ve Cibacron MCT boyalarını üretmişlerdir. 1959 yılında Geigy ve Sandoz 2,4,5-trikloroprimidin boyaları sunmuşlardır. 1961 yılında Bayer, 2,3-diklorokuinoksalin Levafix E boyalarının üretimini gerçekleştirmiştir. 1966 yılında Ciba, yün lifleri için geniş kullanım alanı sağlayan Lanazol (α -bromoakrilamido) boyalarını üretmiştir.

Bunun yanı sıra, vinilsülfon ve 2,4-difloro-5-kloroprimidin (FCP) boya ları az da olsa yün lü ve nylon boyamalarda kullanılmış tır (Clark 2011).

Taylor (2000), reaktif boyarmaddelerde 1990 ve 2000 yılları arasındaki gelişmeleri incelemiştir. 1990 ve 2000 yılları arasında sentetik liflerden üretilen malzemelerin oranı %39'dan %48,3'e yükselirken, pamuktan üretilmiş ham tekstil materyallerinin yüzdesinin % 48,7'den %42,2'ye düştüğü tahmin edilmektedir. Ancak, diğ er boya sınıflarının aksine selüloz boyamacılığında kullanılan reaktif boya üretimi sürekli olarak artış göstermektedir. 1990'lı yıllarda boya üretimi ve endüstrisi hem Avrupa'da hem de Hindistan ve Uzak Doğu'da önemli bir hal almıştır. Bu nedenle, boya üreticileri de yeni geliştirmeler yapmaya devam etmişler; hatta çalışmalarda işbirliği yapmışlardır. Pek çok büyük boya firması, Sumitomo tarafından yapılan trendi takip etmiş ve genellikle vinil sülfonla bir haloheteroçiklik kombinasyon oluşturduğu birbirine benzemeyen iki reaktif grup barındıran heterobifonksiyonel ürünleri tanıtmışlardır. Bunun yanı sıra çevre dostu üretimler de ön plan çıkmıştır. Bu konuda öne çıkan çalışmalardan biri, elektrolit miktarının azaltılması ve daha iyi fikse olan boyarmaddelerin üretilmiş olmasıdır. Hoechst firması, Remazol EF serisi üretimi ile düşük elektrolit tuz kullanımı ile etkili selüloz-reaktif boyamayı gerçekleştirmiştir. Bahsedilen dönemde, kromofor gruplar için yeni çalışmalar da yapılmıştır. Ciba firmasının yaptığı bir çalışmada, 2,4-diaminobenzen sülfonik asit ile diklorotriazinil boya ları tepkimeye girmiştir. Dystar, selülozun boyanmasında alüminyum fitalosiyonin kullanımından bahsetmiş; nikel ve bakır türevlerinin aksine çevreye zararsız yaklaşımlar sunmuştur. Ayrıca, bu ürün parlak yeşilden turkuaza kadar pek çok renk alternatifini sunmakta; iyi ışık haslığı, bakır ve nikel fitalosiyonin kullanımına göre daha iyi kumaş mukavemeti ve yüksek fikse verimi sağlamaktadır. 1991 ve 1993 yılları arasında, Sandoz firması ya yalnızca 2,4difloroprimidin-6-yl reaktif grup içeren ya da bu reaktif grubun monoklorotriazin ile kombinasyon yapan reaktif boya ları üretmiştir. Parlak sarılar, mat sarı/turuncular, kırmızılar, bakır formazan maviler, viyole bakır azo türevleri gibi daha pek çok rengin patentini almıştır.

Lewis 2014 yılında yayımlanan makalesinde, reaktif boya larla alakalı son yapılan ürün-geliştirmelerde renklerde derinliği arttırma, daha etkin fikse özellikleri ve çevre dostu

yaklaşımlar üzerinde durulduğundan bahsetmektedir. Nylon liflerin boyanmasında kullanılan Eriofast (Huntsman) grubu reaktif boya, Eriofast Black M, Eriofast Navy M, Eriofast Blue 3G, Eriofast Blue 3R, Eriofast Orange 4R, Eriofast Red 2B, Eriofast Red B, Eriofast Yellow 5G, and Eriofast Yellow R serilerini içermektedir. Eriofast Navy M hiç metal molekülü içermeyen bir ürün olarak tescil edilmiştir. Ayrıca, Huntsman yalnızca pamuk ve poliamid kumaşların ink-jet baskısı için Eriofest XKS serisini üretmiştir. ITMA 2011’de Huntsman, Avitera SE boyasını tanıtmıştır. Bu boyalarda her molekülde üç reaktif grup bulunmaktadır. Bu çok fonksiyonlu boyalar özellikle selülozik lifler için geliştirilmiştir; böylece bir taraftan zaman ve enerjiden tasarruf sağlarken, diğer taraftan da su tüketimini azaltmaktadır.

Dystar derin-nüanslı boyamalarda Remazol Ultra RGB’yi üretmiştir. Boyamalarda kullanılan boyarmadde miktarı % 50 daha az olduğu için, yıkama tekrar sayıları da azalmıştır. Dystar yün lifinin boyanmasında Chrome Black PV’den çok daha iyi performans gösteren Realan Black MF-PV’yi piyasaya sunmuştur. Dystar’ın Levafix CA boyaları AOX içermez, yüksek fikse özellikleri ve mükemmel ışık haslıkları sağlar. Pastel renklerin (paler shade area) boyamasında Dystar, Procion HE-XL boyalarını üretmiştir. 2014 yılında İstanbul’da yapılan Interdye fuarında, pamuk boyamasında kullanılmak üzere yüksek performanslı Remazol SAM reaktif boyaları piyasaya sunulmuştur. Dystar aynı zamanda, parlak sarı ve yeşil renkleri sağlayan, ilk florasan reaktif boyarmadde olan Remazol Luminous Yellow FL’yi de tanıtmıştır.

Reaktif boyarmaddelerle alakalı yapılan son çalışmalarda patenti alınmış; fakat henüz ticari olarak piyasaya sunulmamış ürünler de bulunmaktadır. Ciba ve Procter &Gamble firmaları tetrafonksiyonel reaktif boyarmaddeler üzerinde çalışmıştır. Pamuğun reaktif boya ile boyanmasında, 40 g/l sodyum sülfat eşliğinde, 50°C’de, uzun flotte oranında, sodyum karbonat ile fikse yapılmış ve % 95 fikse verimliliği sağlanmıştır. Boya, pad-batch yöntemiyle boyamalar için de uygundur; ancak boyanın suda çözünebilirliğini arttırmak için sistemin köprüleri ile sistinin yer değiştirmesi gerektirmektedir.

2.3.2 Reaktif boyarmaddeler ve genel özellikleri

Selülozik lifler için kullanılan boyarmaddelerin üçte birini reaktif boyarmaddeler oluşturmaktadırlar. Şu an kullanılan reaktif boyarmaddeler çok geniş bir aralıkta çeşitlilik gösterirler ve tüm boyama yöntemlerine göre boyayabilmek mümkündür. Elde edilen renkler parlak renklere kadar değişmektedir. Yaş haslıklarının direkt boyarmaddelerden iyi olması da bir başka avantajlarıdır. Ülkemizde pamuklu boyanmasında dokuma ve örme sektörlerinde en çok kullanılan boyarmaddeler reaktif boyarmaddelerdir.

Reaktif boyarmaddelerle selülozik liflerin boyanmasında şu avantajlar söz konusudur:

1. Işık haslıkları çok iyi, yaş haslıkları yüksektir. Yıkama haslıkları katyonik ard yıkamalarla arttırılabilir.
2. Parlak ve canlı renklerin elde edilmesine olanak tanır. Reaktif boyarmaddelerle elde edilen parlak renklerle ancak ipek üzerine uygulanan asit boyarmaddelerin parlaklığı karşılaştırılabilir.
3. Renk gamı (renk serisi) tamdır.
4. Kombinasyon boyamalarda iyi uyum gösterirler.
5. Tüm boyama yöntemlerine uygundur. Bu boyarmaddelerin basit ve hızlı uygulama aplikasyon teknikleri, ekonomik açıdan önemlidir.
6. Yüksek ölçüde tekrarlanabilirlik gösterirler.
7. Yüksek çözünürlüğe sahip boyarmaddelerdir.
8. Azo grubuna ait reaktif boyarmaddeler kolay aşındırılabilirdiğinden, aşındırma baskıda zemin rengi olarak rahatlıkla kullanılabilir.
9. Fiyatları küp boyarmaddelerden daha düşüktür.

Reaktif boyarmaddelerle selülozik liflerin boyanmasında görülen dezavantajlar ise şöyledir:

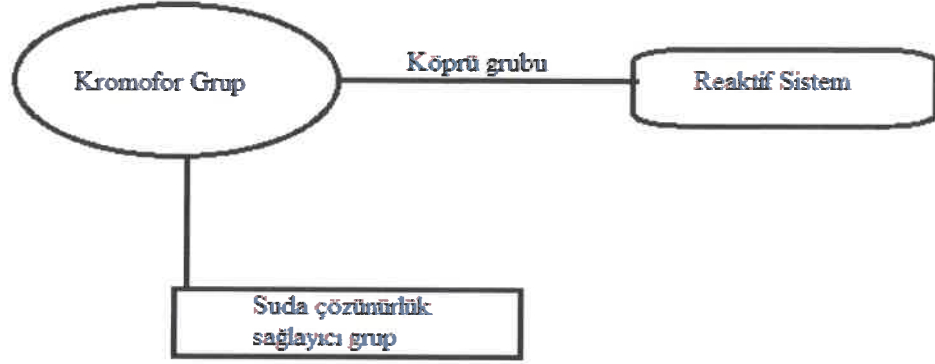
1. Bazik çözeltilere karşı haslıkları ve klor haslıkları iyi değildir. Ön terbiye işlemlerine (merserize, ağartma, hidrofilleştirme gibi) dayanıklı olmadıklarından dokuma üretimi için iplik formunda boyamada pek kullanılamazlar.
2. Perboratlı yıkama haslıkları bazı vinilsülfon tiplerinde çok iyi değildir. Zamanla renkte açılma meydana gelir.
3. Reaktif boyarmaddelerle boyama sonrası yapılan ard işlemler uzun ve zaman alıcıdır. Dikkat edilmezse yaş haslıklar düşük çıkar. Ard işlemlerin maliyeti yüksektir, su ve atık su problemi oluşturur.
4. Merseerize olmamış mamullere afiniteleri düşüktür. (İçoğlu 2016)

Reaktif boyalar dört kısımdan oluşmaktadır:

- 1.Kromojen ya da kromofor grup, boyaya rengi sağlayan kısımdır.
- 2.Reaktif sistem, boyanın substrat ile reaksiyona girmesini sağlar. Ayrıca, boya banyosundaki su molekülleri ile de reaksiyona girebilir.
- 3.Köprü grubu, reaktif sistem ve kromofor grubu birbirine bağlar.
- 4.Suda çözünürlük sağlayıcı grup, kromofor gruba bağlıdır ve boyarmaddeye suda çözünürlük sağlar. Reaktif boyarmaddenin şematik yapısı Şekil 2.3'te gösterilmektedir.

Reaktif boyalar renk kromoforu olarak asit ve direkt boyalara benzer kromoforları kullanırlar. Bunlardan en önemlisi azo kromofordur (-N=N-). Diğer kullanılan kromoforlar mono ve disazo, trifenoksazin, ftalosiyanın, antrakinin (parlak maviler)'dur.

Bütün reaktif boyarmaddeler çözünürlük için sodyum sülfonat grupları içerirler ve suda çözümlüklerinde renkli sülfonat anyonları ve sodyum katyonları verirler (Clark 2011).



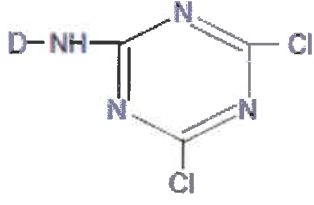
Şekil 2.3. Reaktif boyarmaddenin şematik yapısı (Clark 2011)

2.3.3 Reaktif boyarmaddelerin sınıflandırılması

Reaksiyon tiplerine göre reaktif boyarmaddeler genel olarak iki gruba ayrılırlar:

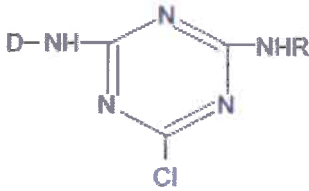
- Nükleofilik yer değiştirme (substitüsyon) mekanizmasına göre reaksiyon veren reaktif boyarmaddeler,
- Nükleofilik katılma (adisyon) mekanizmasına göre reaksiyon veren reaktif boyarmaddeler.

Triazin bazlı reaktif gruplar, nükleofilik yer değiştirme mekanizmasına göre reaksiyon verirler. Diklorotriazin ya da monoklorotriazin olabilirler. Diklorotriazin bazlı boyarmaddelerin reaktiflikleri monoklor boyalara göre daha yüksektir; bu nedenle uygulamada daha düşük sıcaklık ve daha hafif alkali ortama ihtiyaç duyarlar. Bu boyalar, soğukta boyayan reaktif boyarmaddeler olarak bilinir. Bu grubu dahil olan bazı ticari boyarmaddeler, Reactofix M (Jay Synth), Procion M (Atul) ve Procion MX (Zeneca). Soğukta boyayan reaktif boyarmaddelerin genel yapısı Şekil 2.4'te verilmektedir. D, renkli kısmı ifade etmektedir.



Şekil 2.4. Soğukta boyayan reaktif boyarmaddelerin genel yapısı (Küni 2009)

Monoklortriazin boyalar, diklortriazin boyalara göre daha yüksek sıcaklık ve daha kuvvetli alkali ortam gerektirirler. Piyasada mevcut bazı monoklortriazin boyalar Procion H (Atul), Reactofix H (Jay Synth), Amaryl X (Amar Dye Chem), vs. M ve H harfleri sırasıyla, diklortriazin ve monoklortriazin ticari boyarmaddelerinin soğukta boyayan ve sıcakta boyayan boyarmaddeler olduğunu ifade etmektedir. Monoklortriazin bazlı sıcakta boyayan reaktif boyaların genel yapısı Şekil 2.5’te verilmektedir. R alkil grubu belirtmektedir.



Şekil 2.5. Sıcakta boyayan reaktif boyarmaddelerin yapısı (Küni 2009)

Triazin halkasındaki klor, alkali şartlar altında selülozu selülozat iyonu (Sel-O⁻) gelmesiyle oluşan yapıya kovalent bağ oluşturacak şekilde bağlanması için yer değiştirir. Boyarmadde lifle kovalent bağ ile tutunur ve böylece yüksek yıkama haslığı sağlanmış olur. Reaktif boyalar su molekülleri ile de tepkimeye girebilirler. Boyaların su ile tepkimesine hidroliz denir. Hidrolize olan boyarmadde lifle reaksiyona girmek için gerekli olan enerjisini kaybeder. Bu boyarmaddeler lif üzerinde gevşek bir şekilde tutunurlar, eğer sabunlama işlemi ile iyice uzaklaştırılmazlarsa, yıkama haslıklarını düşürürler. Hidrolize olmuş boyanın absorpsiyonunda kullanılan elektrolit yapısının önemi büyüktür.

Shrivastava (1979) yaptığı çalışmada, farklı elektrolitlerin pamukta hidrolize olmuş boyarmaddelerin absorblanmasındaki etkilerini incelemiş ve etkilerini şu şekilde

belirtmiştir; amonyum klorür > amonyum sülfat > sodyum klorür > lityum klorür > magnezyum klorür. Ciba Geigy, yer değiştiren grup olarak klor yerine flor kullanılan Cibacron F boyarmaddesini üretmiştir. (Clark 2011)

Nükleofilik katılma mekanizması ile reaksiyon veren boyarmaddelerin büyük çoğunluğu vinilsülfon bazlıdır. Bu boyaların genel formülü $D-SO_2CH=CH_2$ olarak yazılabilir. Piyasada çözünür halde β -hidroksietilen sülfonamid türevleri $D-SO_2CH=CH_2CH_2OSO_3Na$ olarak bulunmaktadır. D- boya kromoforunu gösterir. Colour Chem firması bu boyarmaddeyi ticari olarak Remazol ismi ile satışa sunmuştur. Akrilamid bazlı reaktif boyalar BASF (Primazine boyalar) ve Ciba Geigy (Lanasyn/Lanason boyalar) tarafından geliştirilmiştir. Bu boyaların genel yapısı $D-NHCO-CHX=CH_2$ 'dir. Vinilsülfon boyarmaddelerle kıyaslandığında, elektron çeken karbonil grup daha az güçlü olduğundan, reaktiflikleri daha düşüktür. Hem klorotriazin ve hem de vinilsülfon içerikli heterobifonksiyonel gruplar içeren Sumifix (Sumitomo Chemical Co.) gibi boyalar oldukça revaçtadır. Vinilsülfon ve selüloz arasındaki bağ çok kuvvetlidir ve asit hidrolizine karşı stabildir. Hidrolize olmuş boyanın substantivitesi çok düşüktür ve fikse olmamış hidroliz boyalar kolayca yıkanıp uzaklaştırılabilir. Klorotriazin grubun avantajı boya substantivitesini arttırması ve böylece hem boya alımını hem de fikse verimini iyileştirmesidir (Clark 2011).

2.3.4 Reaktif boyarmaddelerle boyama yöntemleri

Reaktif boyarmaddeler hem çektirme hem de emdirme yöntemine göre boyama yapabilmektedir. Bir boyarmaddenin hangi boyama metoduna uygun olduğunun seçimi; boyarmaddenin içerdiği reaktif gruplar, boyarmaddenin difüzyon hızı ve substantivitesine bağlıdır. Boyama işlemi başlatılmadan önce ön terbiyenin uniform yapılması, kumaşın nötr olması, ağır metal iyonları içermemesi gerekir.

Reaktif boyarmaddelerle çektirme metoduna göre boyama iki temel prensipte yapılır.

1. Boyama ve fikse işleminin aynı anda yapılması
2. Boya çekimi tamamlandıktan sonra alkali ilavesi ile fikse edilmesi

Çektirme yöntemlerinde substantifliği az olan boyarmaddeler seçilir. Lifler tarafından alınan boyarmadde miktarını arttırmak için flotte oranı mümkün olduğunca azaltılabilir ve flotteye bol miktarda tuz ilave edilir.

Selülozun reaksiyona girmesi ve boyarmaddenin reaktifleşmesi için alkali kullanılarak boyama ortamı bazik hale getirilir. Reaktif boyarmaddelerin tepkimeye girme hızı pH değerine ve sıcaklığa bağlıdır. pH'ın bir basamak artışı reaksiyon hızını dokuz-on kat artırır. Reaktif boyamada en fazla kullanılan alkali kalsine soda (% 98 susuz sodyum karbonat)'dır. Bunu sodyum bikarbonat ve sodyum hidroksit izler. Reaktif boyarmaddelerle selülozun (pamuk) boyanması pH 8-12 aralığında yapılır. Tuz (elektrolit) ilavesi reaktif boyamada konsantrasyondaki artışa paralel olarak daha fazla boyarmadde çekimi sağlar. Boyama banyolarında kumaşın ıslanmasını sağlamak amacıyla, non-iyonik ıslatıcıların yanında boyarmadde indirgenmesi tehlikesine karşı 1-2 g/l Ludigol (m-nitrobenzensülfonat) ve iyon tutucular (EDTA;etilen diamintetraasetikası) kullanılabilir. EDTA renk değişimi ve ışık haslığı problemlerine yol açabileceğinden yumuşak su kullanılmalıdır. Boyama sırasında sıcaklığın 10° C yükselmesi reaktif boyarmaddelerin tepkimeye girme hızını dört kat artırır.

Boyama prosesi şu şekilde gerçekleşmektedir;

Çekim: Konvansiyonel proseslerde gerekli miktarda çözünmüş boya uygun sıcaklıkta boya banyosuna ilave edilir ve mamüllerle sirkülasyon yapılır. Sıcaklık yavaşça önerilen boyama ve fikse sıcaklığına yükseltilir ve gerekli miktardaki tuz porsiyonlar halinde çekim banyosuna ilave edilir. Reaktif boyarmaddelerin substantivileri düşük olduğu için yüksek miktarda tuz ilave edilir.

Fikse: Gerekli veya önerilen miktarda alkali iyi bir sirkülasyon ile mamüllere ilave edilir ve fikse oluşur. Çok küçük bir iyon olan hidroksil iyonu selülozun iyonizasyonunu hemen gerçekleştirir. Fikse basamağı serbest reaktif boya kalmayana kadar devam eder. Genelde başlangıç reaktif boyanın % 50 – 75'i life kovalent bağ ile bağlanır. Bir kısmı su ile hidroliz olur ve bir kısmı da lif içinde fikse olmamış; fakat

substantivite ile tutunur haldedir. İşlem şartlarına göre büyük miktarlarda boyarmadde ve tuz gidere verilir.

Yıkama: Bir reaktif boyama prosesinden beklenen yüksek yaş haslığı elde edebilmek için bütün hidrolize olmuş ve fikse olmamış boya mamulden uzaklaştırılmalıdır. Hidrolize olmuş boyanın substantivitesi arttıkça uzaklaştırılması da o kadar zorlaşır.

Yıkama proseslerinde genellikle boya üreticilerinin tavsiyelerine uyulur. Parça boyama sonrası bir yıkama prosesi örneği şu şekildedir:

25 – 60 ° C soğuk yıkama

60 – 80 ° C sıcak yıkama

80 – 90 ° C anyonik surfaktant ile sabunlama ve sıcak ve soğuk durulama

Bazı vinilsülfon boyaların lif-boya bağları başlangıç sıcak yıkamaya hassas olabilir ve bağların hidrolizi gerçekleşebilir. Bütün boya bağları çok yüksek sıcaklık ve çok yüksek veya çok düşük pH koşullarında hidroliz olabilirler. Vinilsülfon türevleri alkali bölgede, heteroçiklik karbon –azot türevleri de asit bölgelerde daha hassastır.

Reaktif boyamalar süre, sıcaklık, tuz ve alkali oranı gibi proses değişkenlerine hassastır. Genel olarak reaktif boyarmaddelerin yüzde fiksesi diğer boyarmadde kategorilerine göre düşüktür ve bu yüzden hidroliz boya (atık boya) ve dışarı atılan tuz atık miktarları yüksektir. Ayrıca, pek çok boyanın renk verimi boyama şartlarındaki küçük değişikliklere çok hassas olabilir.

Reaktif boyarmaddelerle emdirme yöntemine göre boyamalar sürekli prosesler üç kısımda incelenebilir.

1.Konvansiyonel (Pad – dry – pad – steam) metot: %100 pamuklu kumaşlara genelde uygulanan metottur. Boya ilk fularda uygulanır ve sonra mamuller kurutulur. İlk emdirme banyosu içinde biraz tuz ve antimigrant bulunması kumaşın üniform boya almasına yardımcı olabilir. Düşük boya substantivitesi kurutma sırasında migrasyona neden olabilir. Tuz ve alkali ikinci fularda uygulanır. Daha sonra buharlama ve yıkama yapılır. Yıkama çözeltisi ile temas kısa süreli olduğundan fikse olmamış boyanın

tamamı uzaklaştıramayabilir. Bu metot ayrıca polyester/pamuk karışımlarının dispers/reaktif boya kombinasyonları ile boyanmasında başarı ile kullanılmıştır.

2.Pad steam (Emdirme – buhar) metodu: Boya, alkali ve tuz aynı fuların içinde bulunurlar. Fular küçük ise ve alkali fular içine ayrı tanklardan sürekli besleme ile veriliyorsa boya hidrolizi problemi olmaz; fakat gerekli olan tuz miktarı boya çözünürlük problemlerine neden olabilir. Çoğu uygulamada renk verimi önemli ölçüde azalır.

3.Wet on wet (Yaş üstüne yaş) (Pad – pad – steam) metodu: Havlı kumaşlarda kullanılır. %100'den fazla yaş alımı yapabilen kumaşlarda ara kurutma uygulanması verimli sonuçlar vermez.

Yarı sürekli prosesler ise iki kısımda değerlendirilebilir;

1.Pad – batch (Emdirme – soğuk bekletme) metodu: Bu proses uzun metrelerdeki selülozik kumaşların yüksek reaktiviteye sahip boyarmaddeler ile soğuk ortamda boyanması için geliştirilmiş bir prostestir. Yaklaşık olarak % 135 yaş alımın olması gereklidir. Prensip olarak prosesin uygulama şekli gereken boyarmadde ve alkaliyi fularda emdirerek mamulü uygun şekilde sarmak ve kumaş topunu döner halde uzun süre bekletmektir. Mamuller buharlaşmayı ve kostik alkalinin havanın karbondioksiti ile olan temasını önlemek için kaplanır. Sıcaklığı kontrol edilen bir alanda döndürülerek bekletilir. Bekletme süresi 2- 48 saat arasında değişir. Bu süre boyarmaddenin reaktivitesine bağlıdır. Daha sonra konvansiyonel veya sürekli proseslerde yıkama yapılır.

2.Pad-jig (Emdirme – jiggerde fiksaj) metodu: Bu metotta şöyle bir işlem sırası uygulanabilir: Nötr boyarmadde çözeltisi ile emdirme, ara kurutma, jiggerde 5-10 ml/l 38 Be° sodyum hidroksit (veya 20-30 g/l kristal trisodyumfosfat) ve 300-200 g/l sodyumklorür ile 50°C de 30-40 dk muamele, ard işlemler, kurutma.

2.3.5 Reaktif boyarmaddelerin uygulamaları

Reaktif boyarmaddelerin yapıları ve uygulama şartları nedeniyle kumaşların ön terbiye işlemleri büyük önem taşır. Ön işlemlerde kullanılan maddelerin kumaştan iyice uzaklaştırılması gerekir.

Kesikli yöntemlere göre parti boyama metotları aşağıda belirtilmiştir.

1. Konvansiyonel yöntem: Sıcaklık fikse sıcaklığına çıkartılır, tuz eklenerek çekim sağlanır. Bir süre sonra alkali eklenerek fikse sağlanır. Tuz ekleme hızı, alkali dozajı ve sıcaklık yükselmesi dikkatli kontrol edilmezse düzensizlik oluşabilir.
2. Tek basamaklı (All-in) yöntemi: Bütün kimyasallar (alkali dahil) boyama sıcaklığına ulaşılmadan soğuk banyo içinde sirküle edilir. Tekrarlanabilirlik için başlangıç sıcaklığı önemlidir. Isıtma hızı kontrolü çok dikkatli yapılmalıdır. Boyama başlangıcından itibaren hem çekim hem de fikse oluşur. Renk veriminin düşük olma olasılığı her zaman vardır. Mevcut en basit ve en hızlı metottur, proses sırasında ilave yapılmaz.
3. Sabit sıcaklık yöntemi: Boyama fikse sıcaklığında yapılır. Sıcaklık yükselme hızı ve bunun düzgün kontrolüne bağlı problemler söz konusu olmaz. Tuz başlangıçta veya daha sonra porsiyonlar halinde ve alkali de uygun bir süre sonra ilave edilir. En kontrollü uygulamadır.
4. Yüksek sıcaklık yöntemi: Daha iyi düzgünlük ve migrasyon elde etmek için banyo tuz mevcudiyetinde fikse sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklıkta boyama başladıktan sonra sıcaklık fikse sıcaklığına indirilerek alkali eklenebilir. Bu metot en çok yüksek bükümlü ipliklerden sıkı dokunmuş kumaşlar ve viskoz rayonu kumaşlar için kullanılır.

2.3.6 Reaktif boyarmadde ile boyama sonrası ard işlemler

Reaktif boyarmaddelerle boyamanın sonunda hidrolize uğrayan fikse olmamış boyarmadde moleküllerinin ard işlemlerle liften iyi bir şekilde uzaklaştırılması gerekir. Bunun için sabunlama işlemleri yapılır. Reaktif boyarmaddelerle boyama elde edilen yaş haslıklar büyük ölçüde ard işlemlerin başarısına bağlıdır (Aspland 1992a)

2.4 Yıkamaya Karşı Renk Haslıkları

Renkli tekstil materyallerinin renklendirmeden sonra karşılaştıkları işlem koşullarına ve kullanım ömürleri boyunca karşılaşılabilecek etkilere karşı durmaları ve renklerinin kalıcı olması bunlardan beklenen temel özelliklerden birisidir. Renkli bir materyalin renk haslığı; bu materyal işletme içinde veya kullanım sırasında belirli koşullara (değişimlere) maruz bırakıldığında bu materyalin bu değişimlere karşı olan dayanımıdır. Renk haslığı, bu değişimlerin terimleri ile verilir ve büyüklükleri ile ifade edilir.

Boyanmış veya basılmış tekstil materyalleri kullanım sırasında bazı sebeplerden dolayı renk değişimine uğrarlar. Bu sebepler;

1. Renklendirici maddenin lif içinde kendi kendine bozulması veya farklı renkte bir maddeye dönüşmesi
2. Renklendirici maddenin liften ayrılması

Eğer ayrılan renklendirici materyal orijinal sabstrata veya o anda ortamda bulunan diğer bir sabstrata karşı substantif ise orijinal veya çevredeki materyalde lekelenmiş bölgeler oluşur. Lekelenme genellikle materyalin boyanma veya basılma sırasında maruz kaldığı işlem şartlarına benzer şartlara maruz bırakılması (sıcaklık, çözelti) sonucu oluşur.

Renkli bir tekstil materyalinin ışık, yıkama gibi belirli bir etkiye göre haslığını belirlemek için bu materyalin bir numunesine o etkiyi temsil eden şartlar uygulanır ve test edilen numunenin rengindeki değişme miktarı belirlenir.

Renk değişiminin değerlendirilmesi derinlik (koyuluk), renk açısı (renk tonu) veya parlaklık veya bunların bileşkesidir. Değişimin karakterinden bağımsız olarak değerlendirme orijinal materyal ve test edilmiş numune arasındaki görsel farklılığın büyüklüğüne dayanır. Bu görsel farklılık numunenin reflektans karakterinin bir cihaz ile ölçümü sonucunda sayısal olarak belirlenebilir. Renk değişiminin subjektif görsel değerlendirilmesinde gri skala kullanılır.

Lekelenmenin değerlendirilmesi de görsel olarak lekelenme değerlendirmesi için geliştirilmiş gri skala ile yapılır. Test numunesi ile beraber işleme sokulmuş refakat kumaşı orijinal refakat kumaşı (multifibre test kumaş) ile yan yana konarak gri skalada değerlendirilir.

Haslık temel olarak iki şekilde ölçülür

1. Numunede haslık testi sonrası meydana gelen 'renk değişiminin' ölçülmesi ve değerlendirilmesi,
2. Ölçüm ortamına konulan referans kumaşın numuneden ayrılan boyarmadde tarafından kirletilmesi sonucu 'lekelenmenin' ölçülmesi ve değerlendirilmesi (yıkama haslığı).

Haslık testi sonuçlarının değerlendirilmesi temel olarak iki şekilde gerçekleştirilir;

1. Renk ölçümü: Haslık testine tabi tutulmuş numune ile orijinal numunenin reflektans ölçümleri bir reflektans spektrofotometresinde alınarak haslık değerlendirme programları vasıtasıyla karşılaştırılır ve sonuç programdan alınır.
2. Gri skala ile değerlendirme: Haslık testine tabi tutulmuş numune ile orijinal numune gri skalada karşılık gelen değer haslık gri skala değeri olarak verilir. Haslık ölçümleri ve değerlendirmeleri için iki farklı gri skala değeri kullanılır bunlardan biri renk değişimi için gri skala, diğeri ise lekelenme için gri skaladır (Aspland 1992b)

Işık haslığı dışındaki haslık testleri 1' den 5' e kadar numaralanmış skalada 9 farklı değer üzerinden ölçülür. Bu değerler, 5, 4 – 5, 4, 3 – 4, 3, 2 – 3, 2, 1 – 2 ve 1'dir. 1 zayıf olarak nitelendirilirken 5 mükemmel olarak ifade edilir. Işık haslığı 1'den 8'e kadar değerlerde ölçülür. 1 'çok az', değerini ifade ederken 8 'harikulade' olarak yorumlanır. Sekiz mavi yün referans, değeri ölçülmek istenen numunelerin ışık haslık değerlendirilmesinde kullanılır. Bu sekiz mavi yün referans, daha önce kasar ve ağartma işlemlerinden geçmiş yün kumaşların ışık haslıkları bilinen (artan sıralamayla) C. I. Acid Blue 104, C. I. Acid Blue 109, C. I. Acid Blue 83, C. I. Acid Blue 121, C. I. Acid Blue 47, C. I. Acid Blue 23, C. I. Soluble Vat Blue 5, C. I. Soluble Vat Blue 8 boyalarıyla boyanması ile elde edilmiştir (Clark 2011).

Yıkamaya karşı renk haslık testleri aşağıda belirtilmiştir.

TS EN 20105-C01:Bu standart renkli tekstillerin orta etkinlik ile sert etkinlik arasındaki yıkama işlemlerine karşı renk haslığının tayini için tasarlanan beş yıkama deneyini kapsar.İptal edilmiş bir standarttır. Yerini C10 standardı almıştır.

TS EN 20105-C02: Bu standard, renk tekstillerin orta etkinlik ile sert etkinlik arasındaki yıkama işlemlerine karşı renk haslığının tayini için tasarlanan beş yıkama deneyinden deney 2'yi kapsar.İptal edilmiştir. Yerine C10 standardı kullanılmaktadır.

TS EN 20105-C03Bu standard, renkli tekstillerin orta etkinlik ile sert etkinlik arasındaki yıkama işlemlerine karşı renk haslığının tayini için tasarlanan beş yıkama deneyinden 3'ü kapsar.Standart iptal olmuştur, yerine C10 testi kullanılmaktadır.

TS EN 20105-C04 Bu standard renkli tekstillerin orta etkinlik ile sert etkinlik arasındaki yıkama işlemlerine karşı renk haslığının tayini için tasarlanan beş yıkama deneyinden deney 4'ü kapsar. Standart iptal olmuştur, yerine C10 testi kullanılmaktadır.)

TS EN 20105-C05 Bu standard, renkli tekstillerin orta etkinlik ile sert etkinlik arasındaki yıkama işlemlerine karşı renk haslığının tayini için tasarlanan beş yıkama

deneyinde deney 5'i kapsar. Standart iptal edilmiş olup, yerine C10 testi kullanılmaktadır.

TS EN ISO 105-C06 Bu standard, referans deterjan kullanılarak normal ev eşyaları için uygulanan evsel veya ticarî yıkama işlemlerine karşı her tür ve şekildeki tekstil mamullerinin renklerinin dirençlerinin tayini için amaçlanan yöntemleri kapsar.

TS EN ISO 105-C07 Bu standard, pigment boyalı veya pigment baskılı her tür tekstil mamulünün ıslak sürtmeye karşı renk haslıklarının tayini için bir metodu kapsar.

TS EN ISO 105-C09 Bu standard, ağartıcı aktivatör (oksijen sistem) kullanılarak, yapılmış evsel/ticari yıkama işlemlerinde tüketiciyle ilgili her çeşit ve her yapıdaki (ipek ve yün dahil) tekstil mamüllerinin, renk değişikliği tayini için bir metodu kapsar. Bu deneyde oksijen ile ağartmadan elde edilen renk haslığı sonuçları, çoklu evsel/ticari yıkamalardan sonra gözlenen renk değişikliği ile benzer sonuçlardır. Bu standard, refakat bezlerine boya akmasının değerlendirilmesi için uygulanmaz, bunun için metotlar ISO 105-A04'de tarif edilmiştir. Bu standard bazı ticari yıkama ürünlerinde renk değişikliğine sebep olan, optik ağartıcıların etkisini göstermez. Bu standard ağartıcı aktivatör tetra-asetiletilen diamin (TAED), sodyum perborat tetrahidrat ve fosfat içermeyen referans deterjanı ECE'nin kullanımına ait bir işlemin tarifini kapsar. Sodyum perborat mono hidrat ve ağartıcı aktivatör sodyum nonanoiloksibenzen sülfonat (SNOBS) katkılı sıfır fosfat referans deterjanı AATCC 1993 (optik ağartıcı içermeyenin kullanıldığı alternatif bir deney işlemi geliştirilme aşamasındadır.)

TS EN ISO 105-C10: Bu standard, normal ev tipi materyaller için kullanılan her çeşit ve her yapıdaki tekstil mamullerinin yıkama işlemlerine karşı renklerdeki dayanıklılığının belirlenmesi için 5 yöntemi kapsar. ISO 105'in bu bölümü, yıkamanın yalnızca tekstil mamullerinin renk haslığı üzerine etkilerini belirlemek için tasarlanmıştır. Kapsamlı yıkama işlemlerinin sonuçlarını göstermeyi amaçlamamaktadır (Anonim 2007).

TS EN ISO 105-C08: Bu standard düşük sıcaklıkta ağartıcı aktivatör katkılı referans deterjan kullanılarak evsel ve ticari yıkamaya karşı renk haslığı tayini için bir metodu kapsar (Anonim 2012a).

ISO 105-C12:2004: Endüstriyel yıkamaya karşı renk haslığı testidir (Anonim 2014).

Bu çalışmada yapılan testler C06 test metoduna göre yapıldığından, bu metotla alakalı bilgi, materyal ve yöntem kısmında bahsedilmiştir.

Philips ve ark. (1999), Fastness Tests Committee of the Society of Dyers and Colourists tarafından desteklenen çalışmalarında, ISO 105-C06 testinde kullanılan ticari deterjanların piyasada kullanılan ticari deterjanları tam olarak yansıtmadıklarından bahsetmişlerdir. Bu nedenle, piyasadaki deterjan özelliklerini yansıtacak yeni bir deneysel çalışma geliştirilmiş, buna istinaden yeni bir ISO standardı ISO 105-C08 belirlenmiştir. Bu standartta, düşük sıcaklıkta ağartıcı özellik gösteren aktivatör katkılı fosfat içermeyen referans deterjan kullanılarak evsel ve ticari yıkamaya karşı renk haslığı testi yapılmaktadır. C06 testinden farklı olarak, deterjana ayrıca sodyum perborat tetrahidrat ve %100 aktif tetra-asetilen diamin (TAED) ilavesi yapılmaktadır. Yıkama çözeltisi ilk etapta $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ olarak hazırlanıp on dakika boyunca karıştırılır. Daha sonra çözelti oranı 50:1 olacak şekilde numune, refakat bezi ve hazırlanan çözelti ve 25 adet 6mm çapında paslanmaz çelik bilye (hassas ve yün ve ipek karışımı kumaşlarda bilye kullanılmaz) paslanmaz çelik kaba konur ve kap yıkama haslığı makinesine yerleştirilir. Sıcaklık, test boyunca Çizelge 2.3'te belirtildiği gibi dakikada maksimum 2°C olacak şekilde son sıcaklığa kadar artırılır ve işlem 30 dakika boyunca devam eder.

Çizelge 2.3. C08 test şartları

Sıcaklık	Çözelti oranı	Süre (Dakika)	Çelik bilye sayısı
40	50	30	25
50	50	30	25
60	50	30	25
95	50	30	25

Daha sonra durulama işlemi yapılır ve kumaş C06'da olduğu gibi kurutulur. Çok lifli refakat bezlerinin lekelenme değerlerine bakıldığında C08 testi sonuçlarında, C06 testi ile benzer ya da daha küçük değerler elde edildiği gözlemlenmiştir. Nihai olarak, evsel uygulamalara daha yakın yıkamalar elde edebilmek için yapılan bu çalışmada, ağartıcı etkili aktivatör TAED kullanımının hem renk değişimi hem de çok lifli refakat bezinde lekeleme değerlerini etkilediği görülmüştür.

Philips ve ark. (2003) makalelerinde ISO 105-C08 test yöntemini kullanarak, farklı iki sıcaklıkta ve farklı çözelti oranlarındaki yıkama sonrası renk değişimi ve çapraz lekeleme değerlerini ölçmüşlerdir. Yapılan çalışmada, üç asit boyalı nylon kumaş, iki direkt boyalı ve bir kükürt boyalı pamuklu kumaş kullanılmıştır. Çözelti oranları 50:1, 30:1, 20:1 ve 10:1 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, çalışma 40°C ve 60°C olmak üzere iki farklı sıcaklıkta yapılmıştır. Çalışma sonucunda, çözelti oranlarındaki değişikliklerin renk değişiminde çok etkili olmadığını; ancak sıcaklık artışının renk değişiminde daha önemli bir faktör olduğunu gözlemlenmişlerdir. Çözelti oranının 20:1 kullanılmasının ilk yıkama sonrasında renk değişimi üzerinde herhangi bir ters etki yaratmadığını saptamışlardır. Ancak, çözelti oranının düşürülmesinin çapraz lekeleme derecesini arttırdığı gözlemlenmiştir.

Philips ve ark. (2004) C08 testinin farklı çözelti oranında tekrar edilebilirlik ve yeniden üretilebilirliğinin mümkün olup olmadığını araştırmak için yaptıkları çalışmada, 50:1 yerine 20:1 kullanılan çözelti oranının yıkamaya karşı renk haslığı sonuçlarının kabul edilebilir değerlerde olduğunu saptamışlar ve buna istinaden, tek bir çözelti oranı yerine çözelti-kumaş oranının 50:1, 30:1, 20:1 gibi farklı oranlarda çalışabileceğinden bahsetmişlerdir.

Philips ve ark. (2001) ISO 105-C09 testi üzerinden yaptıkları çalışmalarında sodyum perborat ve TAED ağartma sistemi kullanılarak yapılan yıkamaların renk haslıkları ile sodyum perkarbonat ve piyasada yeni geliştirilmiş ağartma aktivatörleriyle yapılan yıkamaların renk haslıklarını karşılaştırmıştır. C09, düşük sıcaklıkta ağartıcı aktivatör katkılı fosfat içermeyen referans deterjan kullanılarak alınan yükseltgen ağartma cevabı testi 1996'da geliştirilmiştir. Bu çalışmada, 64 adet boyalı pamuk kumaş ECE referans

deterjanı ve perborat-tetraasetiletilendiamin (TAED) yükseltgen ağartma sistemi kullanılarak yıkanmış ve renk değişimi piyasada bulunan farklı deterjanlarla yirmi kez yıkanmış kumaşların test sonuçları ile kıyaslanmıştır. Bu test hem üreticiler hem de onların tedarikçileri tarafından kabul görmüştür. Deterjan üreticileri, boyalı substratlarda minimum solmayı sağlayacak, düşük sıcaklıklarda yıkama gerçekleştiren ürünler geliştirmektedirler. Yeni deterjanlarda kullanılan perkarbonattan türetilmiş peroksiasit ve amidoasitfenilestersülfonat (APES), TAED'den türetilmiş perasetik asitten ve perborattan daha lipofiliktir ve kıyafetler üzerindeki yağlı lekeler tarafından daha iyi absorblanarak, daha etkili bir yıkama işlemi gerçekleştirilmesini sağlar. Bu çalışmada, hem perborat ve TAED hem de perkarkonat ve APES içeren deterjanlarla yapılan yıkamaların renk haslık sonuçları arasında ihmal edilebilir bir farklılık olduğunu saptamıştır.

Philips ve ark. (2002) Fastness Test Committee of the Society of Dyers and Colourists tarafından desteklenen çalışmalarında yeni ISO 105-C12 standardını geliştirmişlerdir. Bu çalışma, endüstriyel yıkamaya karşı renk haslığını içermektedir. ISO 105-C06 testinden farklı olarak, ticari uygulamaya uygun düşük sıcaklıkta ağartma aktivatörü TAED kullanılmaktadır. Dört farklı test uygulamasında, yüksek sıcaklıklar ve farklı pH değerlerinde çalışılmıştır. Dördü pamuklu, ikisi polyester/pamuk karışımı kumaş kullanılmıştır. Uygulamaların bir tanesi iş kıyafetlerinin (tulum, vb) değerlendirilmesine yönelik olarak $95^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de, pH 12-12,5 aralığında yapılmıştır. Diğer üç uygulama ise, yatak ve masa örtüsü gibi, nispeten, daha az kirli materyallerin değerlendirilmesine yönelik $75^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de, pH 10-12,5 değerlerinde çalışılmıştır. ISO 105-C06 testinden farklı olarak numuneler 80 x 100 mm şeklinde biri çözü, diğeri atkı yönünde kesilmiş, ikisi birlikte küçük bir torba formu oluşturacak şekilde, içerisine yirmi beş adet paslanmaz çelik bilyeler konularak dikilmiş ve kapatılmıştır. 80 mm genişliğinde multifiber numune hazırlanmıştır. pH 12-12,5'ta, iki farklı sıcaklıkta, $75^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de ve $95^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de, 5 g/l endüstriyel yıkamalarda kullanılan deterjan kullanılmış, 10 dk. boyunca karıştırma işlemi uygulanmış, sonrasında 1 g/l sodyum hidroksit eklenmiştir. Bu iki uygulamada hidrojen peroksit kullanılmamıştır. Bir başka test uygulamasında, yine $75^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de pH 11-11,5 aralığında bu kez 2 ml/l %30'luk hidrojen peroksit çözeltisi ilave edilmiştir. Son testte ise, $75^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de, pH 10-10,5

aralığında, deterjana ilave olarak, 2 g/l sodyum perborat tetrahidrat ve 0,3 g/l TAED ilave edilip 10 dk. karıştırılmıştır. pH ayarı için sodyum hidroksit kullanılmıştır. Çözelti oranı, C08 testinden farklı olarak, 15:1 şeklinde ayarlanmıştır. Sonrasında, hem numune kumaşlar hem de multifiber kumaş, yirmi beş adet paslanmaz çelik bilye ilavesiyle birlikte sıcaklığın 1,5-2°C kademeli artışıyla 60 dk. işleme tabi tutulmuştur. Daha sonra durulama ve kurutma işlemleri yapılarak, renk değişimi ve lekeleme değerlerine bakılmıştır.

Renk değişimindeki laboratuvar testi sonuçları ile gerçek endüstriyel uygulamalar arasında bir bağlantı kurabilmek amacıyla, kumaşlara ayrıca iki farklı endüstriyel yıkama prosedürü uygulanmıştır. İlkinde 20 kg yoğun kirli poliester/pamuk iş tulumları ile birlikte, 85°C'de 600 g deterjan ilave edilmiş, 24 dk. aynı sıcaklıkta yıkama yapılmış, daha sonra kabinde durulama ve tamburlu kurutma yapılmıştır. Sonra, test numuneleri diğer parçalardan (iş tulumları) ayrılmıştır ve benzer dört yıkama daha gerçekleştirilmiştir. İkinci yıkama işleminde ise, 30 kg az kirli pamuk/polyester kıyafet, 75°C'de yıkanmıştır. Bu işlemde, 180 g endüstriyel yıkama deterjanı, 42 g perasetik asit ve 90 g yumuşatıcı ilave edilerek aynı sıcaklıkta 10 dk. yıkama yapılmıştır. Sonrasında ise yine durulama ve tamburlu kurutma gerçekleşmiştir. Numuneler, diğer parçalardan ayrılarak, benzer dört yıkama daha yapılmıştır. Renk değişimi ölçümü, CMC (2:1) renk farkı formülasyonuna göre yapılmış ve lekeleme değerleri gri skala kullanılarak her kumaşa göre ayrı ayrı not edilmiştir. 75°C ± 2°C'de, pH 10-10,5 aralığında sodyum perborat tetrahidrat ilaveli yapılan çalışmayla, beş endüstriyel yıkama arasında mükemmel bir korelasyon saptanırken; 95°C ± 2°C'de, pH 12-12,5 aralığında yapılan test ile endüstriyel yıkama arasında kabul edilebilir bir korelasyon gözlemlenmiştir.

Cui ve ark. (2004) makalelerinde, daha önce ISO 105-A05 formülü üzerinden hesaplanan gri-skala değerlendirmesi (GSR), CIE2000 formülasyonu üzerinden yeni bir formül (GRC) ile açıklamışlardır. GSR hesaplamasında formülü aşağıdaki gibi kullanılmıştır:

$$\Delta E_F = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta C_F^2 + \Delta H_F^2}$$
$$GSR = 5,0 - \frac{\ln(\Delta E_F / 0,85)}{\ln 2} \quad \text{eğer } \Delta E_F > 3,$$

$$GSR = 5,0 - \frac{\Delta E_F}{1,7} \text{ ğer } \Delta E_F \leq 3,4 \quad (2.1)$$

GRC hesaplamasında, renk ölçümleri DigiEye sistemi ile yapılmıştır ve sonuçlar GretagMacbeth CE7000A spektrofotometresi ile de kontrol edilerek doğrulanmıştır. GRC hesaplama formülü aşağıdaki gibidir:

$$GRC = 0,88 + 3,89e^{-0,2\Delta E_{GRC}}$$

$$\Delta E_{GRC} = \Delta E_{00} - 0,52 \sqrt{\Delta E_{00}^2 + \Delta L_{00}^2} \quad (2.2)$$

ve

$$\Delta E_{00} \text{ hesaplamasında } k_L = 1,0 \quad k_C = 0,5$$

kullanılmıştır.

GRC formülü ile yapılan hesaplama sonuçlarının GSR hesaplama sonuçlarına göre daha doğru sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

2.5 Renk

Renk, bir objeden yansıyan ışık dalgaları göze vurduğunda ortaya çıkan duyusal bir algılamadır. Renk psikofizyolojik bir duyumdur ve subjektif bir kavramdır. Tekstil ürünlerinin renklerinin tüketici üzerinde önemli bir etkisi vardır.

Rengin var olması için bir ışık kaynağı, bir nesne ve de bir gözlemci gerekmektedir. Işık, içinde bulunduğu ortamda yayılan bir elektromanyetik radyasyondur ve 10^{-5} nm'den 10^9 nm'ye kadar değişen elektromanyetik spektrumun bir parçasıdır. Görülebilir spektrum 380 – 780 nm arasındadır. Görülebilir spektrumun renklere göre dağılımı Çizelge 2.4'te gösterilmektedir.

Bir nesneden gelen ışıktaki değişiklik gözlemci tarafından algılanan rengi etkiler. Örneğin, ışığın dağılarak ya da düzgün yansıyor olması rengin algılanması açısından önemlidir.

Gözlemci çoğu zaman bir insan gibi düşünülse de renk ölçümü yapan spektrofotometre gibi elektronik araçlar da birer gözlemcidir. İnsan gözü 380 nm ile 780 nm arasındaki dalga boyunu görebilir. Retinadaki sinirler beyine sinyal göndererek gözlemcinin görüntü algılamasını sağlar. (Perkins 1996).

Çizelge 2.4. Görülebilir spektrum renkleri

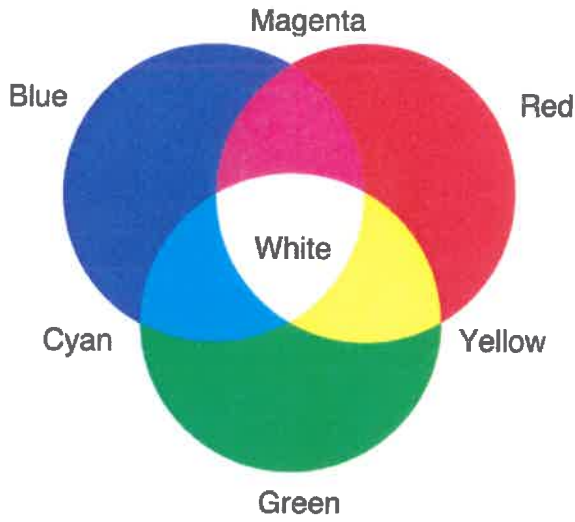
Renk	Dalga boyu (nm)
Mor	390 - 430
Mavi	480 - 430
Yeşil	570 - 480
Sarı	590 - 570
Turuncu	610 - 590
Kırmızı	700 - 610

İnsan tarafından görülebilen bütün elektromanyetik radyasyonu ortama geri yansıtan cisimler beyaz olarak görülürken, üzerine düşen ışığın tamamını absorblayan cisimler siyah olarak görülür. Eğer cisim, 400 – 700 nm arasındaki ışığın belirli sabit bir oranını absorbluyorsa, gri olarak gözükecektir. Akromatik renklerin aksine kromatik renklere sahip cisimler görünür bölgede absorbsiyon maksimum ve minimum noktalarına sahiptir. Örnek olarak, eğer bir cismin absorbsiyon bandı 400 - 430 nm arasında ise, cisme gelen ışığın bu dalga boyu aralığı absorblanır ve geri kalan radyasyon ortama geri yansıtılır. Bunun sonucunda cismin rengi sarı gözüktür. Diğer renkler de buna benzer şekilde görünür.

İnsan gözü tarafından rengin algılanmasında maksimum absorbsiyonun olduğu dalga boyu ile birlikte oluşan bandın şekli de önemlidir. Absorbsiyon bandının genişliği azaldıkça ve eğimleri arttıkça daha iyi bir renk tonu elde edilir. Renkli ışıkların karışımı aditif, renkli çözeltilerin karışımı da subtraktif renk karışımlarını verir. (Alpay ve ark, 2000). Şekil 2.6 ve Şekil 2.7 renk karışımlarını göstermektedir.

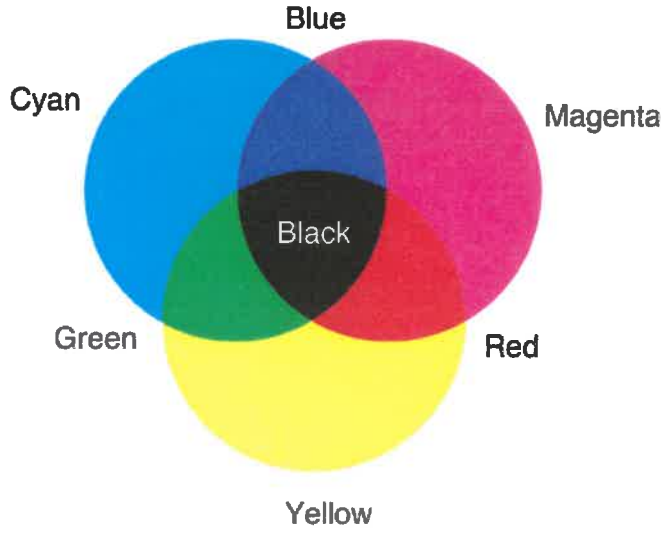
2.5.1 Standart ışık kaynakları ve aydınlatıcılar

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



Şekil 2.6. Aditif renk karışımları (Anonim 2016a)

Işık kaynağı fiziksel olarak ışık yayan bir cisimdir (güneş, lamba). Aydınlatıcı ise belirli bir spektral enerji dağılımına karşılık gelir. CIE mümkün tüm ışık kaynakları yerine bazı belirli ışık kaynaklarını önermiştir.



Şekil 2.7. Subtraktif renk karışımları (Anonim 2016a)

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

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

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

Ksenon ark lambası: Bu lamba görünür bölgede sürekli bir spektruma sahip olmasının yanı sıra ultraviyole (UV) ve infrared (IR) bölgede de radyasyona sahip olduğundan geniş kullanım alanı bulmuştur.

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

Lambalar ışığı üreten fiziksel kaynaklar olup aydınlatıcılar ise lambaların ürettiği ışığın özelliklerine bağlı olarak karakteristik spektral enerji dağılımlarına sahiptirler. Bu yüzden renk ölçümünde bir ışık kaynağından pek çok aydınlatıcının spektral enerji dağılımı elde edilebilir. Aydınlatıcıların spektral enerji dağılımları teorik olarak hesaplanmıştır ve her ışık kaynağı her aydınlatıcıyı veremeyebilir. İyi bir ışık kaynağının temel özelliklerinden birisi renk ölçümü için gerekli aydınlatıcıları verebilmesidir. Şekil 2.8, Şekil 2.9, Şekil 2.10 ve Şekil 2.11’de farklı aydınlatıcılara ait dalga boyu grafikleri yer almaktadır.

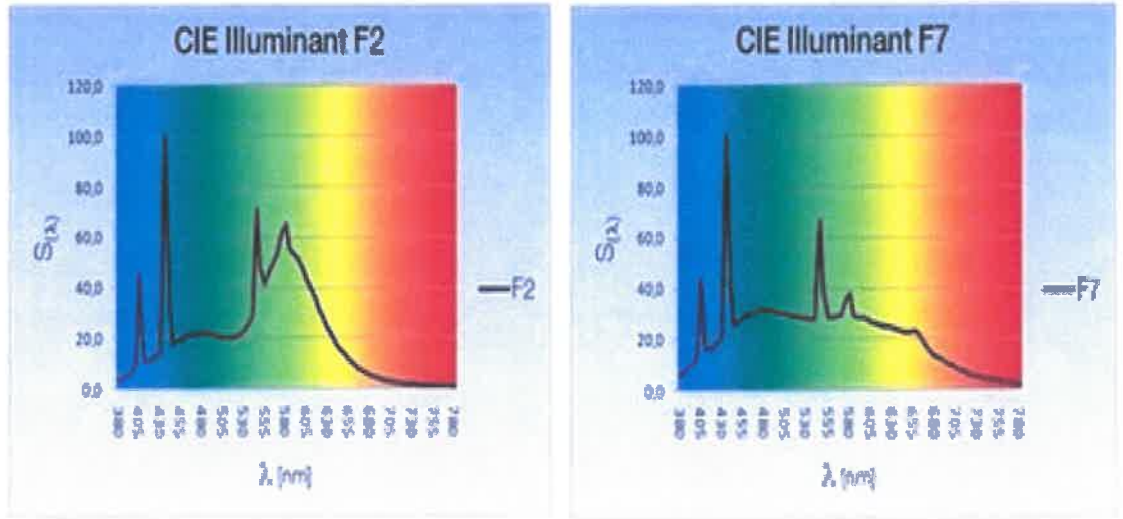
CIE A aydınlatıcısı içi gaz doldurulmuş bir tungsten filaman lambanın ışığını verecek şekilde ifade edilmiştir. CIE B aydınlatıcısı öğleden sonraki ortalama gün ışığını, CIE C aydınlatıcısı da ortalama gün ışığını vermektedir.

Standart gereksinimlerini karşılamak amacıyla CIE, aydınlatıcılara ait spektral enerji dağılım eğrilerini yayınlamış fakat bu aydınlatıcıların eldesi için fiziksel ışık kaynakları önermemiştir. A, B, C aydınlatıcılarından sonra D65 aydınlatıcısı CIE tarafından tanımlanmış ve ortalama gün ışığını doğruya en yakın şekilde ifade eden D65 günümüzde reflektans ölçümlerinde kullanılan en önemli aydınlatıcı olmuştur (Becerir, 1998).

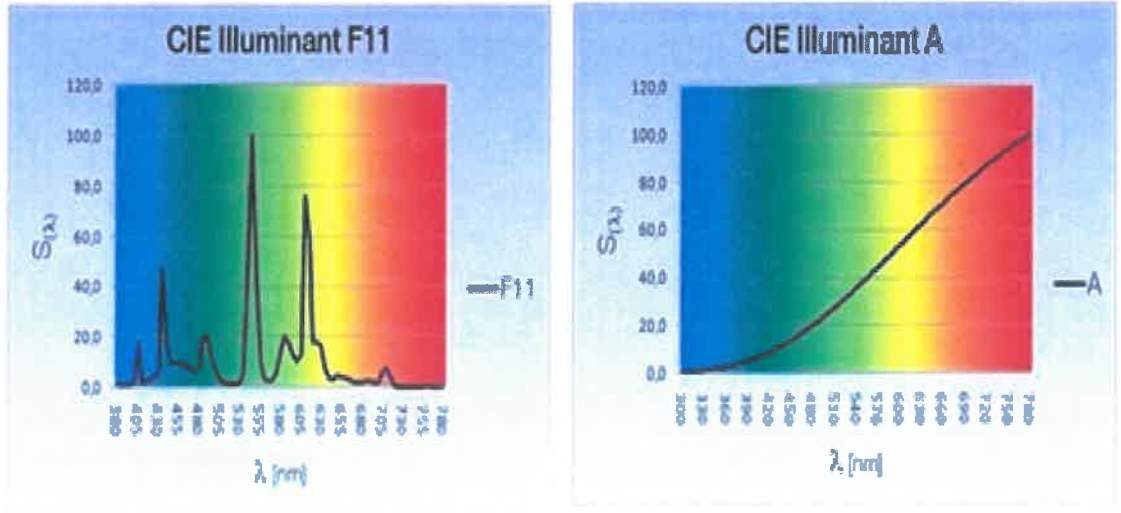
F serisi aydınlatıcılar flüoresan ışığın farklı türünü temsil ederler. F1 – F6 standart fluoresan lambalar kalsiyum halofosfat fosfordaki antimon ve manganezinin iki yarı geniş bant emisyonundan oluşur. F4,CIE renk işleme indeksinin (color rendering index) kalibrasyonunda kullanılmıştır. F7 –F9 geniş bantlı çoklu fosfor ve yüksek derece CRI

içeren (full spectrum light) floresan lambalardır. F10 ve F12, görünür spektrumdaki R, G, B bölgelerinde üç dar bant emisyonundan oluşan (triband) aydınlatıcılardır (Anonim 2017a). Aşağıdaki şekiller aydınlatıcıların dalga boyu – spektral enerjilerini göstermektedir.

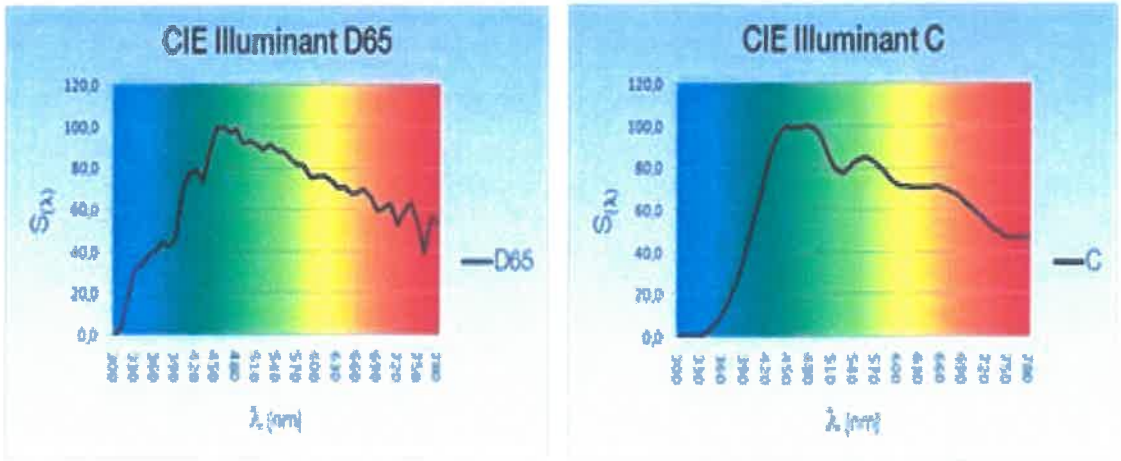
Renk ölçüm cihazları temel olarak iki kısma ayrılabilir. Bunlardan birincisi ışığı geçiren cisimlerin (transparan) renklerin ölçüldüğü cihazlar olup bunlar ışığı geçiren ortamın, bu ortama gönderilen radyasyonun bir kısmını da geçirmesi esasına dayanır. İkinci kısım cihazlar opak yani ışığı geçirmeyen cisimlerin renklerinin ölçüldüğü cihazlar olup opak cisimlerin yüzeyinden yansıyan ışık miktarını ölçerler ve rengin değerlendirilmesini buna göre yaparlar.



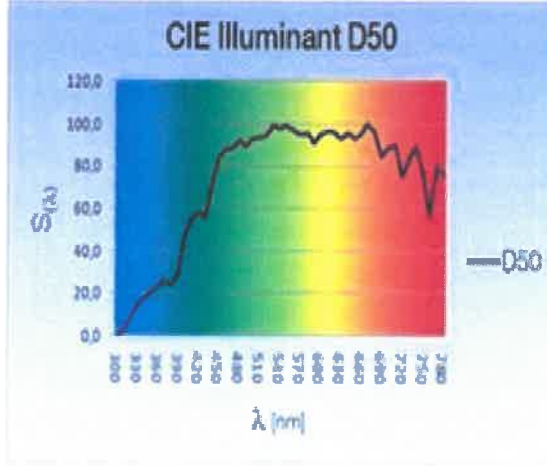
Şekil 2.8. F2 ve F7 aydınlatıcılarının dalga boyu grafiği (Anonim 2017b)



Şekil 2.9. F11 ve A aydınlatıcılarının dalga boyu grafiği (Anonim 2017b)



Şekil 2.10. D65 ve C aydınlatıcılarının dalga boyu grafiği (Anonim 2017b)



Şekil 2.11. D50 Aydınlatıcısının dalga boyu grafiği (Anonim 2017b)

2.5.2 Renk ölçüm cihazlarının temel özellikleri

Renk ölçümünde ışığın cisim tarafından ne şekilde etkilendiği önemlidir. Tamamen geçirgen cisimler üzerlerine gelen ışığı çevreye saçmazlar fakat opak cisimler ise hiçbir ışığın diğer tarafa geçişine izin vermezler ve üzerine gelen ışığı hem absorblarlar hem de saçarak ortama geri yansıtırlar. Renkli transparan cisimlere gelen ışık, temel olarak absorblanıp saçılmazken, renkli opak cisimlere gelen ışık, hem absorblanır hem de ortama geri saçılır.

Renkli transparan cisimlerin renk ölçümünde ışığın geçirilmesi esasına dayanan cihazlar kullanılırken, renkli opak cisimlerin renk ölçümünde reflektans esasına dayanan cihazlar kullanılır.

Tekstil sanayisinde renkli opak cisimlerin renk ölçümü için kullanılan reflektans spektrofotometreleri ve tristimulus kolorimetreler kumaşların renk ölçümü için kullanılırken, renkli transparan cisimlerin renk ölçümü için kullanılan transmitans spektrofotometreleri renkli çözeltilerin yani boyarmadde çözeltilerinin ölçümü için kullanılmaktadır.

Spektrofotometreler ikiye ayrılır:

1. Reflektans spektrofotometreleri: Renkli opak cisimlerin ölçümünde kullanılır.
2. Transmittans spektrofotometreleri: Renkli transparan cisimlerin ölçümünde kullanılır.

Tristimulus kolorimetreler, yine renkli opak cisimlerin renk ölçümünde kullanılırlar. Bir reflektans spektrofotometresi ile opak bir substratın rengini ölçmek için 400 – 700 nm arasında bu substratın reflektans / dalga boyu eğrisi ölçülür. Farklı aydınlatıcı ve gözlem şartları altında eğrinin değişimi cihaz ile beraber kullanılan renk yazılımı ile bulunabilir. Sabtsraktların reflektans ölçümlerinde karşılaşılan temel sorunlardan bir tanesi opak yüzeylerin renklerinin bakış açısı yönüne göre farklılık göstermesidir. Eğer ölçüm yapılan opak cismin yüzeyi pürüzsüz ise yüzeyden hem düzgün ışık yansımaları, hem de dağılarak ışık yansımaları olacaktır. Düzgün yansıyan ışık dalga boyundan bağımsız iken, dağınık yansıyan ışık opak substratın (kumaşın) absorpsiyon ve ışığı saçma karakteristiklerine ve sabstrakt içindeki mevcut renklendiricilerin parçacık büyüklüğü ve dağılımına bağlıdır. Genel olarak hem düzgün hem de dağınık ışık, hem aydınlatma hem de gözlem şartlarıyla değişiklik gösterir.

Transmittans spektrofotometrelerinin temel çalışma prensibi ışık yolu üzerindeki numunenin içinden geçen ışık miktarının ölçülmesi ve değerlendirilmesine dayanır.

Tristimulus (trikromatik) kolorimetreler reflektansa dayalı renk ölçümü için kullanılan ilk cihazlardır ve Hunter tarafından 1940 yılında geliştirilmişlerdir. Bu cihazlarda elde edilen reflektans değerleri analog olarak tristimulus değerlerine çevrilir. Reflektans ölçümü yapmalarına rağmen, ölçüm ve değerlendirme prensipleri reflektans spektrofotometrelerden farklıdır (Becerir 1998).

2.5.3 Renk toleransları ve geçer / kalır değerlendirmesi

İşletmelerde yapılan her boyama işleminin temel amacı müşterinin renk gereksinimlerini tam ve eksiksiz olarak karşılayan mamuller üretmektir. Boyanmış olan mamulün rengini değerlendirmek ve istenen renge göre oluşmuş olan sonuç rengin kabulünü yapmak için eskiden beri en bilinen ve uygulanan metot, boyamacının üretilen

renk ile hedef rengi görsel olarak karşılaştırması ve geçmiş tecrübelerine bağlı olarak mevcut olabilecek ve gözle farkedilebilen renk farklılığının kabul edilebilir olup olmadığına karar vermesidir. Bir boyahane zaman içinde boyanan kumaş partileri arasında ortaya çıkan renk varyasyonunun tamamen ortadan kaldırılması, boyahane içindeki proses şartları ve bunların değişkenliği nedeniyle mümkün değildir. Bu yüzden boyahane ile müşteri arasında kabul edilebilir görsel renk farkının ne olduğu ve değişimine ne kadar bağımlı kalınacağı konusunda bir fikir ve uygulama birliği sağlanmalıdır. Fakat böyle bir anlaşma, renk değerlendirmesini yapan her ayrı kişinin renk algılama kabiliyetine bağımlıdır ve kişiden kişiye değiştiği gibi, aynı kişi için günden güne ve renkten renge de değişebilir. Böyle bir işlemin kendi doğasında bulunan sürekli değişim özelliği, yapılan işlemin doğruluğunu ve kabul edilebilirliğini olumsuz yönde etkiler ve var olan kararlar üzerinde anlaşmazlıkların ortaya çıkması kaçınılmaz olur. Bilgisayar teknolojisinde ve renk eşleştirme programlarında gerçekleştirilen ilerlemeler, bireylerin algılama kabiliyetlerine dayalı subjektif kararların renk onaylama işlemlerinden çıkarılmasını ve bunun yerine sabitliğini koruyan ve objektif değerlendirmeler veren, tekrarlanabilir ve güvenilir geçer/kalır kararlarının konmasını mümkün kılmıştır.

Bütün geçer/kalır formülleri bir reflektans spektrofotometresi ve buna bağlı bir bilgisayarda çalışan uygun bir renk eşleştirme yazılımı tarafından türetilen temel kolorimetrik verilerden ve bunların çeşitli şekilde değerlendirilmesinden hesaplanır.

Geçer/Kalır formüllerinin çoğunluğunun temeli CIE 1976 L*a*b* (CIELAB) koordinatları olarak bilinen değerlerdir.

Genel renk tanımlaması için CIE tarafından kullanımı tavsiye edilen bu değerlerin açıklamaları ve standart ve numune renk arasındaki renk farkı bu değerlere göre değerlendirildiğinde elde edilen sonuçlar Çizelge 2.4'te verilmektedir.

Toplam renk farkı ifadesi ise;

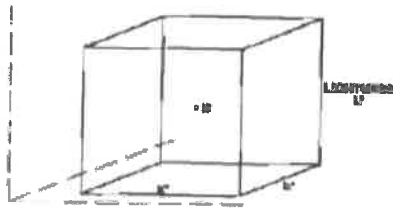
$$DE^* = [(DL^*)^2 + (Da^*)^2 + (Db^*)^2]^{1/2} \text{ dir.} \quad (2.3)$$

CIELAB renk uzayı içinde hesaplanan DE^* , bir standart renk ile bir numune renk arasındaki toplam renk farkını ifade eden değerdir.

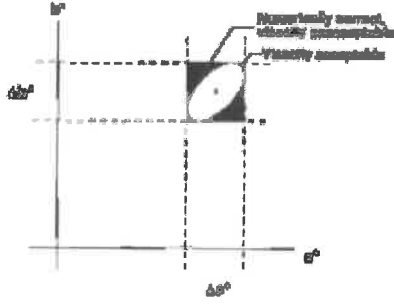
Çizelge 2.5. CIELAB Koordinatları ve Renk Farkı için Anlamları

Renk koordinatı	Fark ve anlamı
L^* Açıklık- koyuluk (Işıklılık)	DL^* (+) Daha açık (-) Daha koyu
a^* Kırmızı-yeşil	Da^* (+) Daha kırmızı (-) Daha yeşil
b^* Sarı-mavi	Db^* (+) Daha sarı (-) Daha mavi
C^* Kroma (Doygunluk-Saturasyon)	DC^* (+) Daha doygun (-) Daha donuk
h° Renk açısı (Renk tonu)	a^* - b^* renk düzleminde rengin konumu

Geçer/kalır programlarında sıkça kullanılan bir teknik, standart ve numune renkler arasında DL^* , Da^* ve Db^* değerleri için bazı sayısal sınırlar koymaktır. Bu sınırların içine giren numuneler eşleştirme işlemlerinde kabul edilirken bunların dışında kalanlar da reddedilirler. CIELAB renk uzayının özelliğinden ötürü bu uzay içindeki a^* - b^* renk düzlemi üzerinde tanımlanan Da^* ve Db^* toleranslarının oluşturduğu kabul alanı daima bir dikdörtgendir. Seçilen tolerans değerlerine göre bu dikdörtgenin büyüklüğü değişebilir. Şekil 2.12’de L^* , a^* , b^* renk toleransı gösterilmektedir. Şekil 2.13’te verilen kabul edilebilir numunelerin çevresine bir elips çizildiğinde bazı eşleştirmelerin elips içinde fakat kare dışında kaldığı görülür.



Şekil 2.12. L^* , a^* , b^* renk toleransı (Anonim 2016b)



Şekil 2.13. Kabul edilebilirlik hacmi (Anonim 2016b)

Elips içinde fakat kare dışında kalan numuneler gerçekte görsel olarak kabul edilebilir olmalarına rağmen CIELAB geçer/kalır programının toleransı nedeniyle program tarafından kabul edilemez olarak algılanırlar. Aynı şekilde, karenin içine düşen fakat elipsin dışında kalan numuneler de gerçekte görsel olarak kabul edilemez oldukları halde, program tarafından kabul edilebilir olarak algılanırlar. a^* - b^* renk düzleminin farklı kısımları dikkate alındığında kabul edilebilir renk farkını temsil eden elipslerin büyüklüğünün alan içinde değiştiği görülür. Çoğu gözlemci bazı renklerdeki renk değişimine diğer gözlemcilerden daha hassastır. Elipsler tarafından temsil edilen standartlar için CIELAB $L^*a^*b^*$ toleransları kullanıldığında, her standart için farklı bir tolerans kümesi gerekli olur.

Bir renk eşleştirme yazılımının içindeki geçer/kalır toleransları programının doğru geçer/kalır değerlendirmeleri yapabilmesi ve basit ve doğru olabilmesi için, görsel olarak kabul edilebilir renk farkını temsil eden elipslerin CIELAB1976 renk uzayı içinde tanımlanması ve her elipsin aynı tolerans ile tarif edilmesinin mümkün olması gerekir. Tolerans alanı veya hacminin elips formunda olması gerçek görsel değerlendirmeler ile olan uyumluluğun artmasını sağlayacak ve her elipsin aynı tolerans sayısal değeri ile ifade edilmesi farklı renk ve renk aileleri için farklı toleranslar kullanılması sonucu oluşan karışıklıkları önleyecektir.

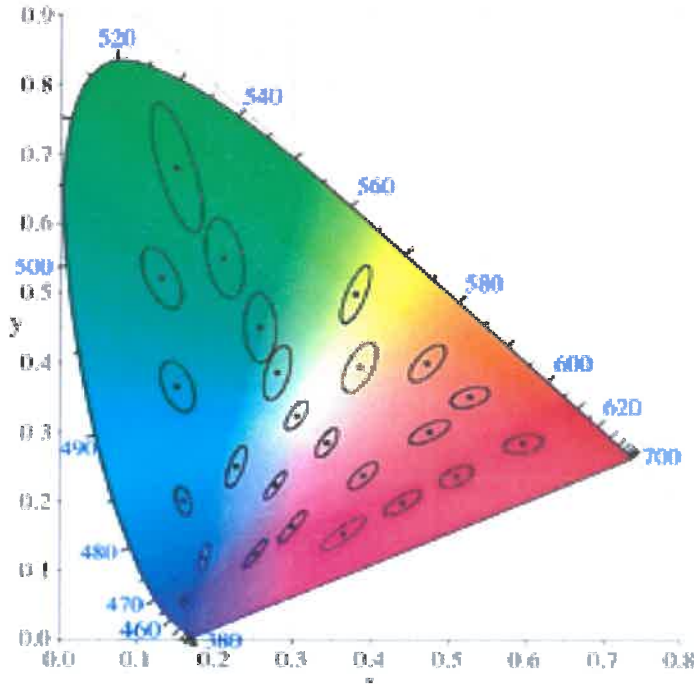
Bu kriterleri karşılamak üzere yeni bir formül geliştirilmesi konusundaki çalışmalar Society of Dyers and Colourists (SDC, İngiltere) Renk Ölçüm Komitesi (CMC) tarafından yapılmış ve çok sayıda renkli numune görsel ve cihaz ile değerlendirildikten

sonra, CIELAB denklemini renk farkı hesabı değiştirilerek standart renk ile numune renk arasındaki renk farkını tanımlayan yeni bir formül geliştirilmiştir. $CMC_{(l:c)}$ formülü olarak isimlendirilen bu formül ile a^* - b^* renk düzlemi küçük elipslere ayrılmış ve görsel kabul edilebilir renk değişimini temsil eden bu elipsler tek bir sayısal değer ile tarif edilmiştir. Böylece CIELAB 1976 DE^* 'ye göre yapılan değerlendirmelerin dezavantajlarının ortadan kaldırılması amaçlanmıştır.

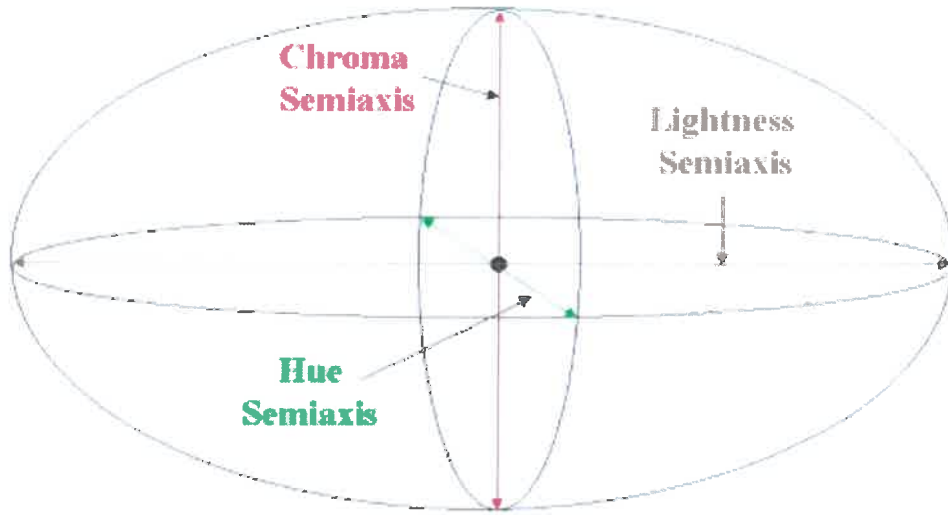
CMC formülü kullanılarak her elipsin toplam hacmi hesaplanabilmekte ve bu hacim de $1 DE^*_{(CMC)}$ birimine eşit olmaktadır. Renk uzayının bölgeleri değiştikçe bu elipsin boyutu görsel değerlendirmeyi de hesaba katarak değişmekte fakat $DE^*_{(CMC)}$ değeri sürekli 1 olarak kalmaktadır. Bunun sonucunda bütün renkler için görsel uyumluluğu ifade eden elips alanı ve bundan türetilen hacim kullanılmakta ve geçer/kalır toleransı olarak tek bir $DE^*_{(CMC)}$ değerinin uygulanması mümkün olmaktadır. Şekil 2.14'te $CMC_{(l:c)}$ Kromatisite diyagramı üzerinde McAdam kabul edilebilirlik elipsleri ve Şekil 2.15'te CIELAB uzayında yerleşimi gösterilmektedir.

$DE^*_{(CMC)}$ formülü tipik olarak $CMC_{(l:c)}$ şeklinde yazılır. Buradaki (l) ışıklılık (L^*) doğrultusu ve (c) de kroma (C^*) doğrultusu ile ilgili birer katsayıdır. l ve c için seçilen sayısal değerler ile ışıklılık, kroma ve renk açısı farklılıklarını (DL^* , DC^* , DH^*) ifade eden değerler CMC denkleminde sabitlenir ve tekstil materyallerinin görsel değerlendirmeleri ile uyumlu hale gelir. l için 2 veya 1, c için de 1 değeri CMC formülü içinde kullanılır. Elde edilen sayısal sonuçlar herhangi bir modifikasyon gerektirmedikçe ($l:c$) değerleri (2:1) olarak seçilir.

CMC formülü bütün renklerin tek bir tolerans değerini kullanmasını mümkün kıldığından, CMC esaslı bir geçer/kalır programının uygulanması ve anlaşılması daha kolay olduğu gibi görsel sonuçlarla da uyum daha iyi olur. Değerlendirilen renkten bağımsız olarak CMC toleransının görsel değerlendirme ile uyumlu olması, bu formülasyonu bilgisayarlı geçer/kalır programları için ideal bir seçim haline getirir (Becerir 2002a)



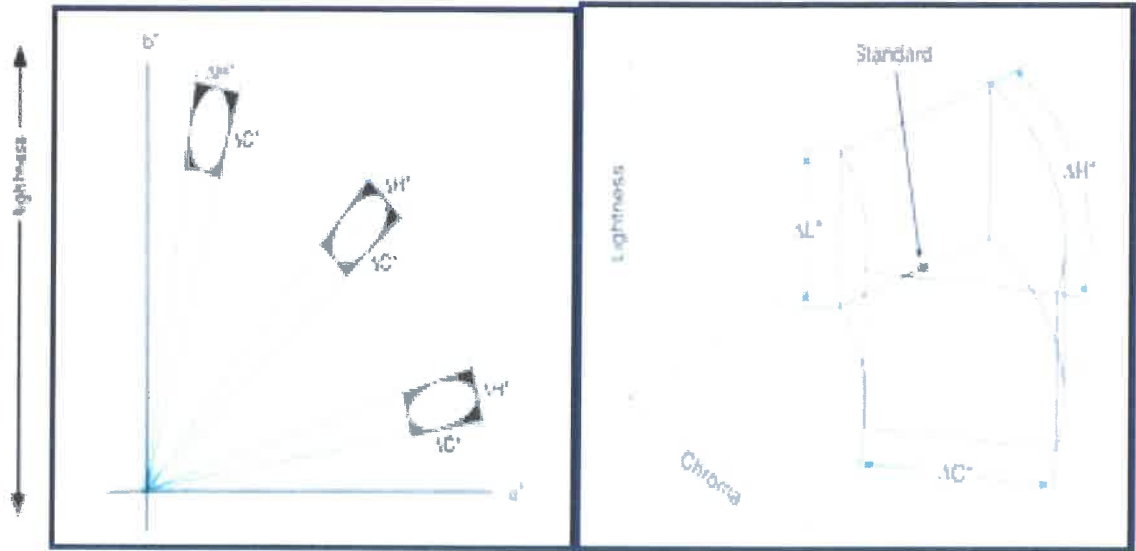
Şekil 2.14. Kromatisite diyagramı üzerinde McAdam kabul edilebilirlik elipsleri (Anonim 2017c)



Şekil 2.15. CMC kabul edilebilirlik hacmi (Anonim 2015)

$L^*a^*b^*$ değerlerinden yola çıkılarak, dikdörtgen koordinat sistemi silindirik polar koordinat sistemine çevrilmiş ve renk farkı geçer/kalır toleransları CIELAB $L^*C^*H^*$ formülasyonu ile ifade edilmiştir. Bu yaklaşım, standardın çevresinde daha farklı bir

tolerans oluşmasını sağlamıştır. Oluşan tolerans hacmi merkez etrafında renk açısı yönünde döndürülebilmektedir. Şekil 2.16'da CIELAB $L^*C^*H^*$ farkları ve geçer/kalır toleransları gösterilmektedir.



Şekil 2.16. CIELAB $L^*C^*H^*$ farkları ve geçer/kalır toleransları (Anonim 2017d)

Boyahane ve müşteri arasında doğru bir renk iletişimi sağlanmasının en önemli gereklerinden birisi güvenilir bir geçer/kalır programının kullanılmasıdır. Geçer/kalır tolerans programının uygulanabileceği pek çok renk uzayı opsiyonları olmasına rağmen bunların hiçbirisi tam olarak üniform değildir ve yapılan gözlemler, $DE^*_{(CMC)}$ geçer/kalır değerlendirmesine göre verilen kararların görsel değerlendirmeler ile en fazla uyumlu olduğunu göstermiştir. Bahsedilen bu üç formülasyonda CIELAB'ın görsel değerlendirme ile uyumu % 75, CIELCH'da % 85 ve CMC'de ise % 95 'tir. Kullanımına başlanan ve uygulama olarak yerleştirilen bir tolerans formülünün doğruluğundan emin olmak için tekrarlanabilir tekniklerle toplanmış sonuçlar değerlendirilmelidir (Becerir 2002b).

2.5.4 Renk farkı formülasyonları

Modern renk ölçüm cihazlarının tamamına yakını tarafından kullanılan CIE Renk Belirleme Sistemi, CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) tarafından 1931 yılında kurulmuş olup, zaman içinde ilaveler yapılmış olmasına rağmen temel yapı ve prensipler değişmemiştir. Sistemin en büyük özelliklerinden başlıcası sistemin empirik olmasıdır; yani sistem sadece renk görünümü teorilerine göre değil deneysel gözlemlere ve değerlendirmelere göre oluşturulmuştur. CIE sistemi temel olarak bize bir rengin nasıl ifade edileceğini değil, nasıl yeniden yapılacağını göstermeye çalışır.

Renklerin yeniden eldesini ifade etmek için spesifik boya konsantrasyonları yerine renkli ışıkların tanımlanması işlem ve uygulama açısından daha basittir. İnsan gözündeki hücrelerin yapısı ve bunların renk duygusu için ürettiği sinyaller ile bağlantılı olarak yeniden üretilebilirliği kolay üç primer ışık kaynağı tanımlanmıştır. (Bunlar, kırmızı ışık 700 nm, yeşil ışık 546,1 nm ve mavi ışık 435,8 nm'dir). Elde edilmek istenen renk üç ışığın karışımı ile elde edilir ve bu primerlerin miktarı değiştirilerek pek çok renk üretilebilir. Fakat gerçek primerler ile eşleştirmede negatif değerler ile çalışılması olasılığı nedeniyle CIE sisteminde sanal (soyut) primerler kullanılır.

Bir numunenin renk ölçümünün nasıl yapılacağı konusu gündeme geldiğinde tamamen fiziksel ölçümler olan reflektans ölçümlerinin tristimulus değerlerine dönüştürülmesi için gerekli olan ek bilgi 'standart gözlemci'dir. Deneysel çalışmaların titiz şekilde gözden geçirilmesi ile elde edilen standart gözlemci fonksiyonları dalga boyuna bağlı grafikler şeklinde elde edilmiştir. Daha sonra bu grafikler renk eşleştirme fonksiyonlarına dönüşmüştür ve sanal primerlere karşılık gelir. Bir rengi elde etmek için kullanılan tristimulus değerleri şöyle ifade edilir :

$$X = k \sum S_{\lambda} \bar{x}_{\lambda} R_{\lambda} \text{ (kırmızı primer)}$$

$$Y = k \sum S_{\lambda} \bar{y}_{\lambda} R_{\lambda} \text{ (yeşil primer)}$$

$$Z = k \sum S_{\lambda} \bar{z}_{\lambda} R_{\lambda} \text{ (mavi primer)}$$

Burada,

S_{λ} : Aydınlatıcının enerjisi (λ dalga boyunda)

$$\begin{aligned} \bar{x}_\lambda, \bar{y}_\lambda, \bar{z}_\lambda &: \text{Renk eşleştirme fonksiyonu } (\lambda \text{ dalga boyunda}) \\ R_\lambda &: \text{Reflektans } (\lambda \text{ dalga boyunda}) \\ k &: \text{sabit} \end{aligned} \quad (2.4)$$

Rengin X, Y, Z değerlerinin hesaplanmasından sonra L* a* b* değerleri hesaplanır. 1931 yılında açıklanmış olan CIE sistemi o günkü şartlara göre standart primerler, standart ışık kaynakları, standart gözlemci ve standart aydınlatma ve gözlem koşulları tanımlanmış olup geçen zaman içinde bunların bir kısmı değiştirilmiş bazı yeni kavram ve uygulamalar eklenmiş ve bazıları da önemlerini kaybetmiş ve kullanımları azalmıştır. Standart ışık kaynakları mevcut olan pek çok ışık kaynağının kullanımı sonucu oluşabilecek karışıklığı önlemek için seçilmiş ışık kaynakları olup bunlar farklı koşullar altında yeniden üretilen kaynaklardır. Fakat bu durum da sakıncalı olduğundan ışık kaynağı yerine standart aydınlatıcı tanımına gidilmiştir. Bir ışık kaynağı bir lamba veya güneş gibi fiziksel bir ışık yayıcısıdır, aydınlatıcı ise belirli bir spektral enerji dağılımına karşılık gelir.

1931 yılında CIE sisteminin hesaplamalarında kullanılmaya başlanan 2°'lik standart gözlemci bakış açısına 1964 yılında 10° bakış açısı eklenmiştir.

Standart aydınlatma ve gözlem koşulları öncelikle trikromatik kolorimetreler için 45/0 ve 0/45 olarak belirlenmiş ve daha sonra reflektans spektrofotometrelerin üretiminin başlamasıyla bu cihazlar için d/0 ve 0/d koşulları tanımlanmıştır.

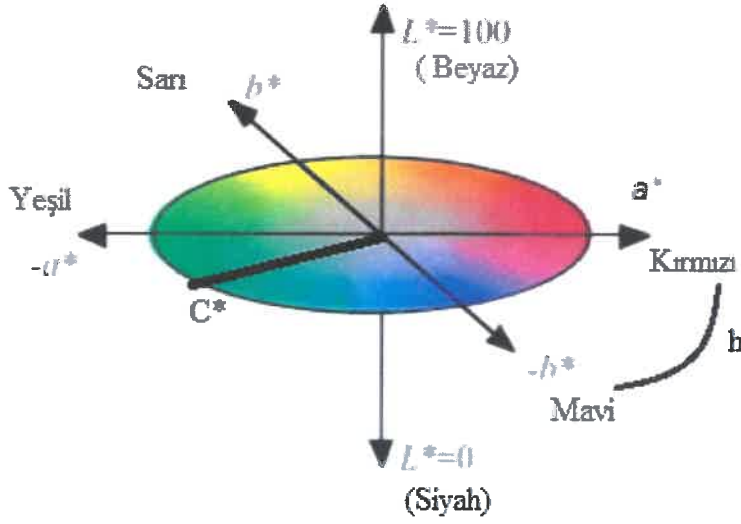
Rastgele seçilmiş renkli numunelerin bir tablo üzerinde mantıksal bir düzende yerleştirilmesi mümkün değildir ve böyle bir yerleştirme sadece üç-boyutlu bir düzenleme ile yapılabilir. Bu düzenlemenin bilinen ilk ve en kapsamlı olan 1600'lü yılların başında İsveçli S. A. Forcius tarafından yapılan küresel düzenlemedir. Bu düzenleme kendi içinde mantıklıydı ve zaman içinde birçok defa yeniden keşfedildi. Bu yeniden keşiflerin en önemlisi A. H. Munsell tarafından yapıldı. Munsell herhangi bir rengin bir küresel uzaydaki yerini renk açısı (hue), değer (value), ve kroma (chroma) olarak isimlendirdiği silindirik koordinat ile tamamladı. Munsell'in 1915 yılında

boyalı kartlar ile gösterdiği kendi renk uzamı kuramı içinde tutarlı şekilde değişen silindirik koordinatlara sahipti ve renk değişimi açısız bir boyut ile tanımlanmıştı.

CIELAB renk uzayı

1931 yılında CIE renk ölçüm sistemi ortaya konduktan sonra renk farklılıklarının nicel olarak değerlendirilmesi problemi üzerinde büyük çabalar harcandı. 1936 – 1976 yılları arasında geliştirilen yirmiden fazla renk farkı formülasyonlarının çoğu XYZ tristimulus değerlerinin daha uniform bir renk uzayı tanımlayan L^* , a^* , b^* değerlerine matematiksel dönüşümlerini içeriyordu. Ayrıca, tristimulus değerlerinden elde edilen x,y,z kromatisite koordinatlarının herhangi ikisi alınarak oluşturulan kromatisite diyagramları üzerinde de pek çok formülasyon çalışması yapıldı. 1970'li yıllara gelindiğinde, en güvenilir formülasyonun belirlenmesi ve kullanımının önerilmesi konusunda oluşan fikir birliği sonucunda CIE'nin 1973 ve 1975 yıllarında yapılan toplantılarının sonucunda CIE 1976 $L^*a^*b^*$ renk uzayı ve renk farkı formülü önerildi. CIELAB 1976 renk uzayı Şekil 2.17'de verilmektedir.

Burada L^* eksenini ışıklılık (açıklık – koyuluk) ifadesi olup beyaz - siyah eksenidir. a^* - eksenini kırmızı – yeşil ve b^* eksenini de sarı – mavi eksenidir. Eksenlerin yerleşimi kartezyen koordinat sistemi olup eksen ifadeleri karşıt renk teorisi ile uyumludur. C^* kromayı temsil etmekte ve bir rengin ne kadar canlı olduğunu göstermektedir. h° ise renk açısı olup, renkler 360° 'lik çember üzerinde bulunur. Bu çemberin içinde kalan alanda renkler merkezden uçlara doğru parlaklaşır (Becerir 2002b).



Şekil 2.17. CIELAB 1976 Renk Uzayı (Anonim 2013)

CIE $L^*a^*b^*$ renk koordinatları ve renk farkı formülasyonunun ifadesi aşağıdaki gibidir:

$L^* = 116(Y/Y_0)^{1/3} - 16$	Beyaz-siyah- eksen değeri
$a^* = 500 [(X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)^{1/3}]$	Kırmızı-yeşil eksen değeri
$b^* = 200 [(Y/Y_0)^{1/3} - (Z/Z_0)^{1/3}]$	Sarı-mavi eksen değeri
$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$	Kroma (Doygunluk)
$h^\circ = \arctan (b^*/a^*)$	Renk Açısı

Burada,

X,Y,Z: Rengin tristimulus değerleri

X_0, Y_0, Z_0 : Aydınlatıcının tristimulus değerleridir.

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (2.5)$$

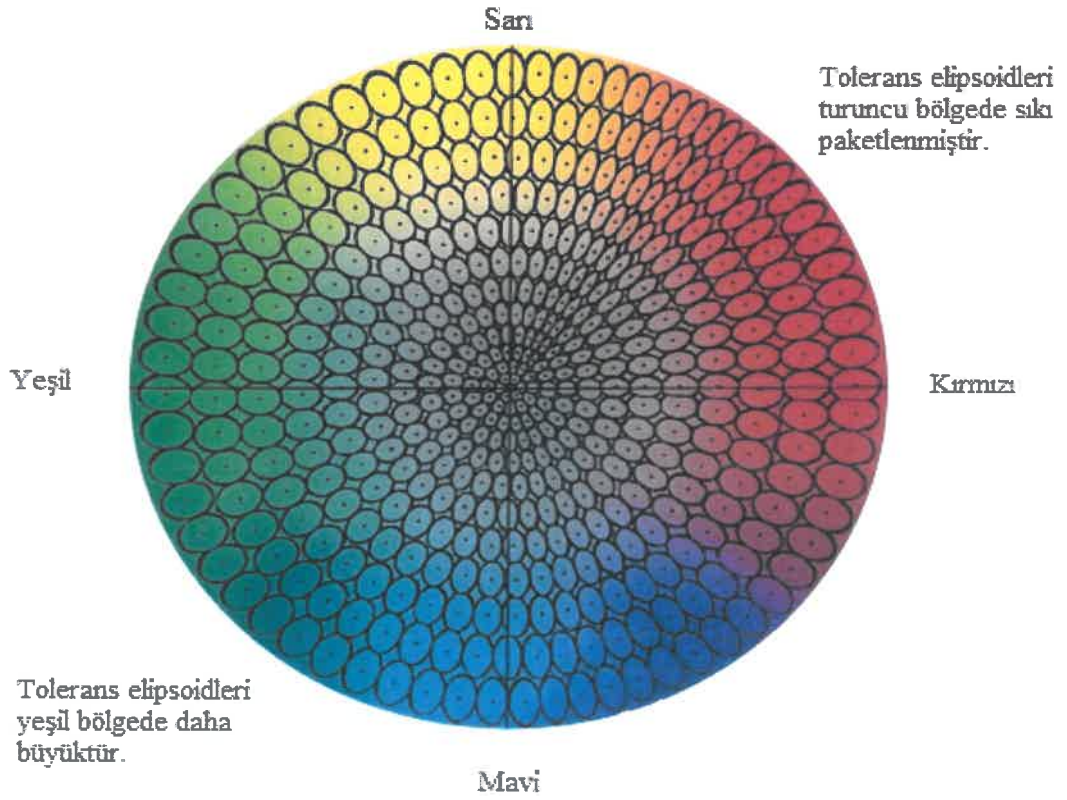
CMC renk farkı formülasyonu

Yapılan çalışmada, J&P Coats firmasındaki McDonald 55 renk standardı etrafında 600 üzerinde renkli polyester iplik üretimi yapmıştır. Görsel geçer/kalır renk eşleştirme değerlendirmeleri sekiz profesyonel kolorist tarafından yapılmıştır. İlâveten, tek bir gözlemci tarafından değerlendirilen yaklaşık 600 renk merkezi civarında 8000 çiftin üzerinde veri elde edilmiştir. Bu görsel sonuçlar JPC79 formülasyonunun oluşturulmasında kullanılmıştır. Sonraki süreçte, JPC79 formülasyonu SDC (Society of

Dyers and Colorists)' in Colour Measurement Committee üyeleri tarafından değiştirilmiştir. Bu değişimin amacı JPC79 sistemindeki iki anormalliği düzeltmektir. İlki akromatik eksene yakın olan kromatik farklılıkların süreksizliği, diğeri ise L* (lightness) farklarının siyaha yakın olan (L* < 16) yerlerde yüksek tahminlenmesidir. 1984 yılında bu yeni formülasyon CMC_(l:c) olarak tanımlanmıştır ve hesaplamalar aşağıdaki formüllerle yapılmaktadır :

$$\begin{aligned}
 DE_{CMC} &= [(DL^*/lS_L)^2 + (DC^*_{ab}/cS_c)^2 + (DH^*_{ab}/S_H)^2]^2 \\
 L^*_{ab,1} \leq 16 \text{ olduğu durumlarda, } S_L &= 0,511 ; \\
 L^*_{ab,1} > 16 \text{ olduğu durumlarda, } S_L &= 0,040975L^*_{ab,1}/(1+0,01765L^*_{ab,1}) \\
 S_c &= 0,638 + 0,0638C^*_{ab,1}/(1 + 0,0131C^*_{ab,1}) \\
 S_H &= S_c(Tf+1-f) \\
 f &= [(C^*_{ab,1})^4 / (C^*_{ab,1})^4 + 1900]^{1/2} \\
 164^\circ < h_{ab,1} < 345^\circ \text{ olduğu durumlarda, } T &= 0,56 + |0,2\cos(h_{ab,1} + \\
 168^\circ) | ; \text{ diğer durumlarda,} \\
 T &= 0,36 + |0,4\cos(h_{ab,1} + 168^\circ) | \quad (2.6)
 \end{aligned}$$

l , L* doğrultusu ve c de kroma doğrultusunda birer katsayıdır. Tekstilde renk farkı kabulünde genel olarak kullanılan (l:c) değerleri (2:1)'dir. S_c değeri 0,638 (C*=0 olduğunda) ile 3,4 (C*=100 olduğunda) arasında değişir. S_L ve S_H terimleri çok küçük miktardaki ışıklılık ve açı farklılıklarını ifade eder (Luo 2002). Şekil 2.18'de CIELAB renk uzayında CMC tolerans elipsoidleri gösterilmektedir.



Şekil 2.18. CIELAB renk uzayında CMC tolerans elipsoidleri

CMC DE hesaplaması, standart rengin etrafında, renk açısı (hue) (S_H), kroma (S_C) ve ışıklılığa (S_L) tekabül eden yarım eksenli bir elipsoidi tanımlar. Elipsoidler kabul edilebilirlik hacmini gösterir ve renk uzayındaki yerine bağlı olarak şekil ve boyutu farklılık gösterir. Ticari durumlarda, renk farklılıklarının kabul edilebilirlik durumu c_f' ye bakılarak karar verilir. $DE_{CMC} < c_f$ ise sonuç kabuldür (2007b).

CIE'94 Renk Farkı Formülasyonu

CIE TC1-29 isimli teknik komitesini 1989'da kurmuş ve günışığı aydınlatıcısında materyal renklerindeki renk farklılıklarını mevcut ölçüm yoluyla değerlendirilmesini geliştirmeyi hedeflemiştir. 1992'de bu konuyla alakalı iki aşamalı bir çalışma yapılmıştır. İlk çalışmada $CMC_{(1,c)}$ formülasyonunun geliştirilmesi hedeflenmiş; ikinci çalışmada ise daha radikal yaklaşımlarla yeni modellemeler üzerine kurulmuştur. 1995'te nihai olarak CIE tarafından teknik bir rapor yayınlanmıştır. Bu rapor, yeni geliştirilmiş renk farkı formülasyonu modellemesi üzerine yapılmış detaylı çalışmayı

içermektedir. Bu çalışmanın tam başlığı CIE 1994 (DL*DC*_{ab}DH*_{ab}) renk farkı modeli' dir ve resmi kısaltma olarak CIE'94, renk farkı sembolü ΔE^*_{94} kullanılmaktadır.

CIE'94 renk formülasyonu DV yeni terimini içermektedir. DV renk farkının görsel algılanan büyüklüğünü ifade eder.

$$DV = k_E^{-1} DE^*_{94} \quad (2.7)$$

Burada, k_E ticari bir faktör değildir.

$$DE^*_{94} = [(DL^*/k_L S_L)^2 + (DC^*_{ab}/k_C S_C) + (DH_{ab}^*/k_H S_H)^2]^{1/2} \quad (2.8)$$

Burada kullanılan k değişkenlerinin amacı CMC_(l:c) formülasyonundaki l,c ve h ile aynıdır. Ancak, bu terimler CMC'de l ve c 'göreceli toleranslar' olarak değerlendirilirken, CIE'94 formülasyonunda parametrik faktörler olarak değerlendirilmektedir. Referans şartları altında $k_L=k_C=k_H=1$ olarak değerlendirilmektedir. Diğer değerler, görsel toleranslara göre ayarlamalar yapmayı sağlamaktadır. Işıklılık hassasiyetinde azalma olduğunda $k_L=2$ ve $k_C=k_H=1$ değerlerinde CIE'94'te daha iyi korelasyonlar elde edildiği saptanmıştır.

CMC ile CIE'94 formülasyonlarının farkları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. L^*_s 'de,değişimi ile S_L değerinde bir değişiklik olmazken, CMC (l:c)'de S_L değeri L^*_s ile değişir.
2. S_C ve S_H değerlerinin $C^*_{ab,s}$ değeri ile lineer genişleme gösterirken, CMC non-lineer genişleme gösterir.
3. $H_{ab,s}$ değeri S_H üzerine bağımlı değilken, CMC(l:c) değeri sistematik değişiklik gösterir (McDonald ve Smith 1995).

CIE 2000 renk farkı formülasyonu

2001 yılında, CIE TC1-47 tarafından CIELAB'e dayanan yeni bir eşitlik geliştirilmiştir. CIELAB renk uzayında verilen L^*_1, a^*_1, b^*_1 ve L^*_2, a^*_2, b^*_2 değerleri CIE2000 renk farkı aşağıdaki şekilde ifade edilir;

$$\Delta E_{00}^{1,2} = \Delta E_{00}(L^*_1, a^*_1, b^*_1, L^*_2, a^*_2, b^*_2)$$

CIE 2000 formülasyonu aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$C_{i,ab}^* = \sqrt{(a_i^*)^2 + (b_i^*)^2} \quad i=1, 2$$

$$\bar{C}_{ab}^* = \frac{C_{1,ab}^* + C_{2,ab}^*}{2}$$

$$G = 0.5 \left(1 - \sqrt{\frac{\bar{C}_{ab}^{*7}}{\bar{C}_{ab}^{*7} + 25^7}} \right)$$

$$a'_i = (1+G)a_i^* \quad i=1, 2$$

$$C'_i = \sqrt{(a'_i)^2 + (b_i^*)^2} \quad i=1, 2$$

$$h'_i = \begin{cases} 0 & b_i^* = a'_i = 0 \\ \tan^{-1}(b_i^*/a'_i) & \text{diğer durumda} \end{cases} \quad i=1, 2$$

$$\Delta L' = L^*_2 - L^*_1$$

$$\Delta C' = C'_2 - C'_1$$

$$\Delta h' = \begin{cases} 0 & C'_1 C'_2 = 0 \\ h'_2 - h'_1 & C'_1 C'_2 \neq 0; |h'_2 - h'_1| \leq 180^\circ \\ (h'_2 - h'_1) - 360 & C'_1 C'_2 \neq 0; (h'_2 - h'_1) > 180^\circ \\ (h'_2 - h'_1) + 360 & C'_1 C'_2 \neq 0; (h'_2 - h'_1) < -180^\circ \end{cases}$$

$$\Delta H' = 2 \sqrt{C'_1 C'_2} \sin\left(\frac{\Delta h'}{2}\right)$$

$$\bar{L}' = (L^*_1 + L^*_2)/2$$

$$\bar{C}' = (C'_1 + C'_2)/2$$

$$\bar{h}' = \begin{cases} \frac{h'_1 + h'_2}{2} & |h'_1 - h'_2| \leq 180^\circ; C'_1 C'_2 \neq 0 \\ \frac{h'_1 + h'_2 + 360^\circ}{2} & |h'_1 - h'_2| > 180^\circ; (h'_1 + h'_2) < 360^\circ; \\ & C'_1 C'_2 \neq 0 \\ \frac{h'_1 + h'_2 - 360^\circ}{2} & |h'_1 - h'_2| > 180^\circ; (h'_1 + h'_2) \geq 360^\circ; \\ & C'_1 C'_2 \neq 0 \\ (h'_1 + h'_2) & C'_1 C'_2 = 0 \end{cases}$$

$$T = 1 - 0.17 \cos(\bar{h}' - 30^\circ) + 0.24 \cos(2\bar{h}') \\ + 0.32 \cos(3\bar{h}' + 6^\circ) - 0.20 \cos(4\bar{h}' - 63^\circ)$$

$$\Delta\theta = 30 \exp\left\{-\left[\frac{\bar{h}' - 275^\circ}{25}\right]^2\right\}$$

$$R_C = 2 \sqrt{\frac{\bar{C}'^7}{\bar{C}'^7 + 25^7}}$$

$$S_L = 1 + \frac{0.015(\bar{L}' - 50)^2}{\sqrt{20 + (\bar{L}' - 50)^2}}$$

$$S_C = 1 + 0.045\bar{C}'$$

$$S_H = 1 + 0.015\bar{C}'T$$

$$R_T = -\sin(2\Delta\theta)R_C$$

$$\Delta E_{00}^{12} = \Delta E_{00}(L_1^*, a_1^*, b_1^*; L_2^*, a_2^*, b_2^*)$$

$$= \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2} + R_T \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right).$$

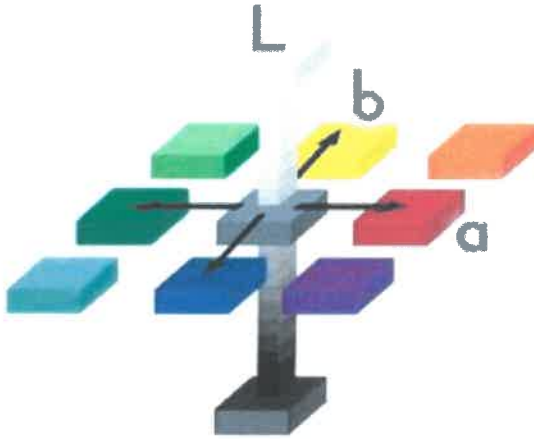
(2.9)

(Sharma ve ark. 2005)

Hunter renk uzayı

Hunter L, a, b renk skalası 1950 ile 1960'larda geliştirilmiştir. O dönemde pek çok bilim adamı uniform renk skalaları elde etmek için renk ölçümleri ile ilgilenmiştir. XYZ sistemi kullanılmıştır; fakat sadece rakamlara dayalı iyi bir renk sonucu eldesi mümkün olmamıştır. Sonrasında sadece rakamlar baz alınarak ifade edilen keşfedilen uniform renk skalaları daha iyi sonuçlar vermeye başladı. Öncesinde de pek çok çalışma yapılmış olmasına rağmen 1966'da Hunter L, a, b renk skalası tanıtılmıştır.

Hunter L, a, b renk skalası XYZ renk skalasından görsel olarak daha üniformdur. Hunter renk sisteminin renk uzayı küp formunda düzenlenmiştir. L ekseni yukarıdan aşağıya uzanır. L için maksimum değer 100'dür ve dağıtıcı yüzeyi ifade eder. L için minimum değer 0'dır ve siyahı gösterir. a ve b eksenlerinin özel bir sayısal limiti yoktur. Pozitif a kırmızıyı temsil ederken negatif a yeşil temsil eder. Pozitif b sarı iken, negatif b mavidir. Aşağıdaki şekilde Hunter L, a, b renk uzayı görülmektedir (Anonim 2012b).



Şekil 2.19. Hunter L, a, b renk uzayı (Anonim 2012c)

DL, Da, Db değerleri numune ve standart değer numune arasında ne kadar farklılık olduğunu gösterir. Bu değerler, genel olarak formül ayarlanırken kalite kontrol amaçlı kullanılır. Toleranslar fark değerleri için kurulmuştur. Tolerans dışındaki fark değerleri standart ve numune arasında büyük bir fark olduğunu gösterir. Hangi fark değeri tolerans dışında kalırsa, o değer için bir düzeltme yapılacağı konusunda bilgi vermiş olur. Örneğin, Da değeri tolerans dışı ise, bu durumda, yeşillik/kırmızılık

ayarlanmalıdır. Numunenin standart değerden daha kırmızı ya da yeşil olması delta değerinin işareti ile anlaşılır. Örneğin, eğer Δa değeri pozitif ise numune standart renkte daha kırmızıdır. Burada da CIELAB renk uzayında olduğu gibi renk farkını ifade eden DE değeri, standart ve numune arasındaki L, a, b farklılıklarından yola çıkarak hesaplanır. Ancak, burada ΔE değeri tolerans dışı olduğunda, hangi değer tolerans dışı olduğu bilinemez. Bazı durumlarda da DL, Da, Db değerleri tolerans dışında iken, DE değeri toleranslar dahilinde olabilir.

Hunter L, a, b renk uzayı herhangi bir rengin ölçülmesi için kullanılabilir. 1976 yılında CIE L* a*b* skalası bulunduğu için Hunter L, a, b renk uzayı daha az kullanılır hale gelmiştir.

Hunter renk farkı formülasyonları aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$L = 100 \sqrt{\frac{Y}{Y_2}}$$

$$a = K_a \left(\frac{X/X_2 - Y/Y_2}{\sqrt{Y/Y_2}} \right)$$

$$b = K_b \left(\frac{Y/Y_2 - Z/Z_2}{\sqrt{Y/Y_2}} \right)$$

$$DE = [(DL)^2 + (Da)^2 + (Db)^2]^{1/2} \quad (2.10)$$

(Anonim 2012b)

Hunter ve CIELAB renk uzayları kıyaslanacak olursa, aşağıdaki noktalara ulaşılır:

1. CIE L*a*b* CIE XYZ'nin küp kök fonksiyonlarını kullanırken, Hunter karekök fonksiyonlarını kullanır.
2. Hunter sistemi daha az kullanılırken, CIELAB sistemi daha fazla kullanılır.
3. Hunter sistemi sarılardan çok mavi renkleri ölçerken, CIE L*a*b* koyu renklerden ve mavilerden çok sarıların ölçümünü yapar (Anonim 2017e).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu çalışmada 158 g/m² gramajda farklı renklere boyanmış (kırmızı, yeşil, mavi, siyah) düz örme (RL süprem) pamuklu örme kumaş kullanılmıştır. Kumaşın ilmek çubuk sıklığı 18 ilmek/cm'dir.

Boyamalar Biesseci (Bursa) firmasında endüstriyel olarak yapılmış olup, boyanan kumaşların ön terbiye, boyama, yıkama ve kurutma işlemleri endüstriyel şartlar altında gerçekleştirilmiştir. Bu yüzden, bu tez çalışmasında tüketici kullanımına hazır renkli kumaş numuneleri ile deneysel çalışma gerçekleştirilmiş olup, hedeflenen araştırmanın doğrudan tüketici kullanımı üzerinden yapılması amaçlanmıştır.

3.2 Yöntem

3.2.1 Kullanılan boyarmaddeler

Kumaşların boyanmasında renklere göre kullanılan boyarmaddeler ve oranları Çizelge 3.1'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneysel çalışmada kullanılan kumaşların boyarmadde oranları

Renk	Kullanılan Boyarmadde	Oran (%)
Kırmızı	Everzol Orange BDF	2,9570
	Remazol Brilliant Red 3BS-A 150%	2,2600
Yeşil	Remazol Turquoise Blue G 133%	2,4150
	Remazol Brilliant Yellow 3GL	0,1260
	Remazol Brilliant Red BB 150% Granulated	0,0231
Mavi	Procion Yellow HEXL	0,0052
	Procion Sapphire HEXL	1,5800
	Procion Orimson HEXL	0,0094
Siyah	Remazol Yellow 3RS-A 150%	0,6952
	Remazol Brilliant Red 3BS-A 150%	0,3277
	Starfix Black WM	3,700

3.2.2 Yıkama haslığı testi

Bu çalışmada, yapılan yıkama haslığı testleri; ISO 105 C06 A1M (Anonim 1997) renk haslığı test standardına göre yapılmıştır. BS ISO 105-C06:1997 test standardına göre, refakat bezleri (ISO 105-A01:1994) farklı şekillerde kullanılabilir:

Testin yapıldığı sıcaklığa bağlı olarak, ISO 105-F10 ile uyumlu farklı multifiber refakat bezleri kullanılabilir.

- 1)Yün ve asetat içeren refakat bezi bazı durumlarda 40°C ve 50°C bazı özel durumlarda 60°C’lerde test edilir.
- 2) Multifiber refakat bezinde yün veya asetat yoksa, bazı özel testler 60°C’de, tüm testler ise 70°C ve 90°C’lerde yapılır. Ya da,

ISO 105-F :1985’te F01-F08 bölümleri ile uyumlu 2 tek lifli refakat bezi kullanılabilir. Refakat bezlerinden bir tanesi test edilen numune ile aynı çeşit lif olmalıdır ya da karışımli kumaşlarda karışım oranı fazla olan life uygun olan lifin Çizelge 3.2’de gösterildiği gibi seçilmesi gerekir. Ya da karışım oranı ikinci en fazla olan life tabloda karşılık gelen lif tercih edilir.

Eğer gerekli görülürse polipropilen gibi boya almayan bir kumaş da kullanılabilir.

Deterjan optik beyazlatıcısız olmalıdır. En az 1 lt hacminde deterjan çözeltisi hazırlanmalıdır. Aşağıdaki deterjanlardan her ikisi de kullanılabilir;

A)AATCC Referans Deterjanı WOB. Deterjan düşük köpürme özelliğine sahiptir, deterjanı oluşturan surfaktantlar anyonik olmakla beraber küçük oranda non-iyonik ve geri dönüşümlüdür. Aşağıdaki özelliklere ve karışım oranlarına sahiptir;

Linear alkylsulfonate, sodium tuzu (LAS)	14,00 ± 0,02
Alkol ethoxylate	2,30 ± 0,02
Sabun — yüksek moleküler kütle	2,50 ± 0,02
Sodyum tripolyphosphate	48,00 ± 0,02
Sodium silicate	
(SiO ₂ /Na ₂ O = 2/1)	9,70 ± 0,02
Sodium sulfate	15,40 ± 0,02
Carboxymethylcellulose (CMC)	0,25 ± 0,02
Su	<u>7,85 ± 0,02</u>
	100,00

Çizelge 3.2. Refakat bezi çiftleri

1. parça	1. parçaya karşılık olması gereken 2. parça
	A ve B testleri için
pamuk	yün
yün	pamuk
ipek	pamuk
viskon	yün
asetat ve triasetat	viskon
polyamid	yün ya da pamuk
polyester	yün ya da pamuk
akrilik	yün ya da pamuk

B) Yıkamada perborat kullanılan tülkelerde referans deterjanı olarak, içerisinde optik beyazlatıcı bulunmayan ECE deterjanı kullanılmaktadır. Bu çalışmada yıkamalar ECE deterjanı ile yapılmıştır. ECE deterjanının içeriği aşağıdaki gibidir;

Linear sodium	
alkylbenzenesulfonate (alkan halkasının ortalama uzunluğu C 11,5)	8,0 ± 0,02
Ethoxylated tallow alcohol	
(14 EO)	2,9 ± 0,02
Sodium sabun, zincir uzunluğu	
C12 – C16 : 13 % – 26 %	
C18 – C22 : 74 % – 87 %	3,5 ± 0,02
Sodium tripolyphosphate	43,7 ± 0,02
Sodium silicate	
(SiO ₂ /Na ₂ O = 3,3/1)	7,5 ± 0,02
Magnesium silicate	1,9 ± 0,02
Carboxymethylcellulose (CMC)	1,2 ± 0,02
Ethylenediaminetetraacetic acid	0,2 ± 0,02
(EDTA), sodium tuzu	
Sodium sulfate	21,2 ± 0,02
Su	<u>9,9 ± 0,02</u>
	100,00

ISO 3696 standardıyla uyumlu 3 derecelik su kullanılır. Renk değişimi ölçümü için ISO 105-A02'ye göre gri skala ve lekelemeyi ölçmek için ise ISO 105- A03 ile uyumlu gri skala kullanılır.

Numune 100 x 40 mm ebadında kesilmiş olup, bir adet 100 x 40 mm'lik çok lifli refakat bezi arasında kısa kenarlarından biri boyunca dikilmiştir.

Testin yapılışı: Yıkama çözeltisi, 1 l suda 4 g ECE deterjan olacak ölçülerde, 150 ml'lik hacimde hazırlanmıştır. Çelik konteynerin içine 10 adet çelik bilye konmuştur. Sıcaklık 40°C +/-2 °C olacak şekilde işlem başlamış konteynerin kapağı kapatılıp 45 dakikayı

geçmeyecek şekilde işleme tabi tutulmuştur. Yıkama işlemi sonunda numune 2 farklı 100 ml'lik porsiyonlarda 1 dakika boyunca yıkanmıştır. Sonrasında fazla su numuneden uzaklaştırılmıştır. 60°C'yi geçmeyen bir ortamda numuneler sadece dikişli yerlerinden birbirine değecek şekilde asılarak kurutulmuştur. Numune kumaşın L*, a*, b*, C*, h° değerleri Macbeth MS 2020 spektrofotometre kullanılarak ölçülmüştür. Spektrofotometrenin görüntüsü şekil 3.1'de gösterilmektedir.

Numuneler yıkama işlemi öncesinde, orijinal değerleri ölçülerek, yıkama sonrası değerleri ile kıyaslama yapılmıştır. Numunelerin 1. yıkama, 2. yıkama, 5. yıkama, 10. yıkama, 15. yıkama ve 20. yıkama sonuçları değerlendirilmiştir. Yıkama sonuçlarının hassas değerlendirilebilmesi için yukarıda bahsi geçen yıkamalar sonucunda her defasında 4 farklı ölçüm alınmış, bu ölçümlerin de ortalaması hesaplanarak ilenmiştir. Ölçümler, D65, A, F11 ve F2 aydınlatıcıları altında yapılmış; kırmızı, yeşil, mavi ve siyah renkteki numunelerin farklı aydınlatıcılar arasındaki ölçüm sonuçları grafiklere aktarılmış ve yorumlanmıştır.



Şekil 3.1. Macbeth MS 2020 spektrofotometre

Değerlendirmeler esnasında numunelerin L*, a*, b*, C*, h°, %R, K/S ve gri skala değerlerine bakılmıştır. Değerlendirmelerde numunelerin $DE^*_{CIE_{LAB}}$, DE^*_{CMC} , $DE^*_{CIE_{94}}$, $DE^*_{CIE_{2000}}$, DE_{Hunter} değerleri de ayrı ayrı hesaplanmıştır.

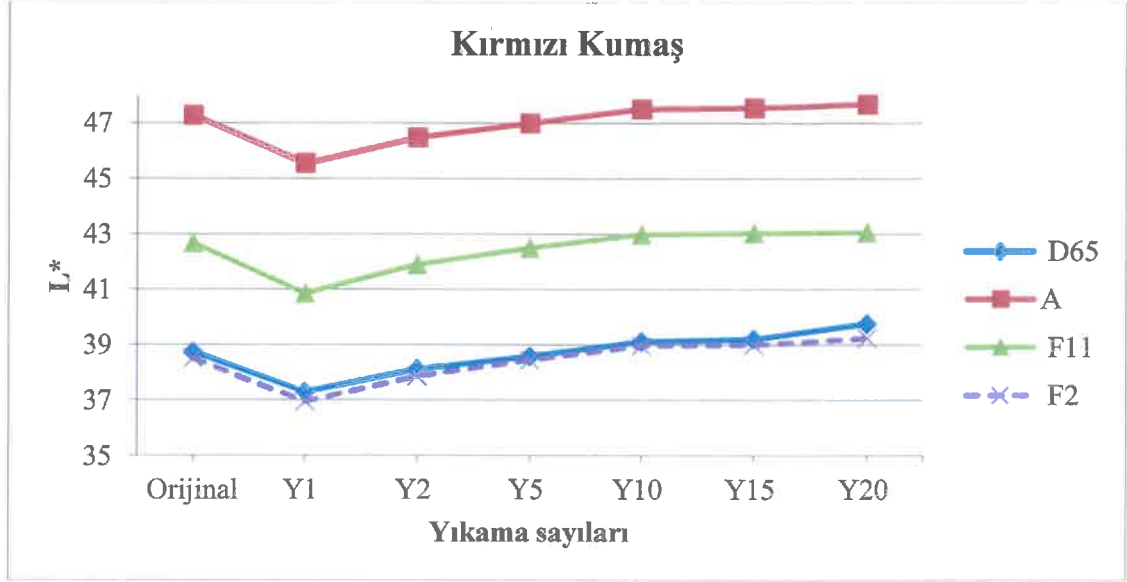
4.BULGULAR ve TARTIŞMA

C06 A1M yıkama haslığı testine göre yapılan 1, 2, 5, 10, 15 ve 20. yıkamaya istinaden, farklı renk parametreleri CIELAB ve Hunter renk sistemlerine göre spektrofotometre ile ölçülmüş olup, değerler farklı aydınlatıcılar (D65, A, F2 ve F11 ve) altında değerlendirilmiştir. Test sonuçları tablo ve grafiklerle ifade edilmiştir.

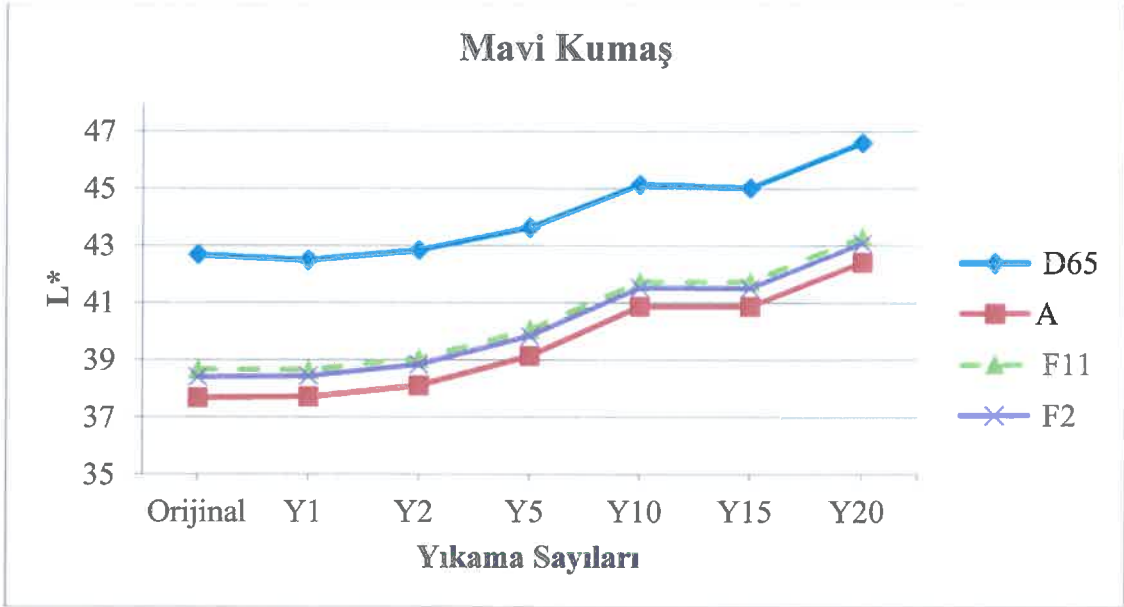
4.1 CIELAB Sonuçları

Kırmızı reaktif boyarmadde ile boyanmış kumaşın A, F2, F11, D65 aydınlatıcıları altında ölçüm yapıldığında, L* değeri 1. Yıkama sonunda azalmış olup, sonraki yıkamalarda tüm aydınlatıcılar altında artmıştır. L* değerinin yukarılara çıkması, kumaşta rengin daha açık hale geldiğini göstermektedir (Şekil 4.1). En yüksek L* değeri kırmızı kumaşta A aydınlatıcısı altında elde edilmektedir. En düşük değerler ise F2 aydınlatıcısı altında ölçülmektedir.

Reaktif mavi boyanmış kumaşta ilk yıkamadan itibaren L* değerlerinin gittikçe arttığı görülmektedir (Şekil 4.2). En yüksek L* değeri D65 aydınlatıcısı altında elde edilirken, en düşük değer A aydınlatıcısı altında elde edilmiştir. L* değerinin artması ile rengin beyaz eksene daha yaklaştığı görülmektedir. F11, F2 ve A aydınlatıcısı altındaki değerler birbirine daha yakın çıkmaktadır.



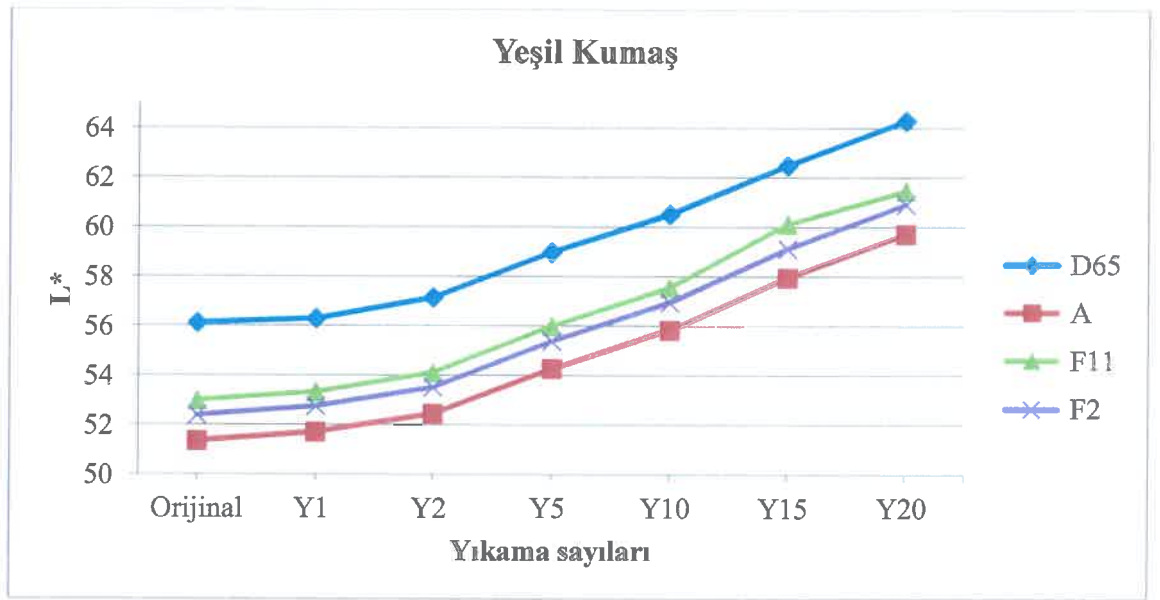
Şekil 4.1. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre L* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi



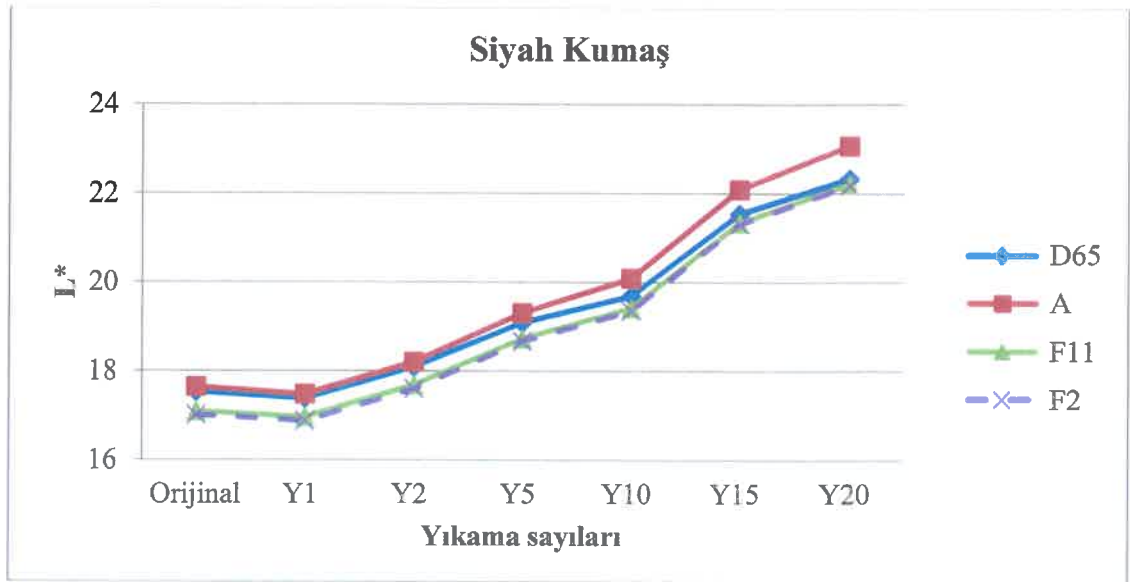
Şekil 4.2. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre L* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi

Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'teki değerler incelendiğinde; yeşil ve siyah boyarmaddelerle boyanmış kumaşlarda da mavi ile boyanmış kumaş ile benzer sonuçlar elde edilmekte, değerler yıkama sayısının artmasıyla birlikte L* ekseninde 100'e doğru yaklaşmakta, yani renk aşama aşama kumaşta beyaza daha yakın görülmektedir.

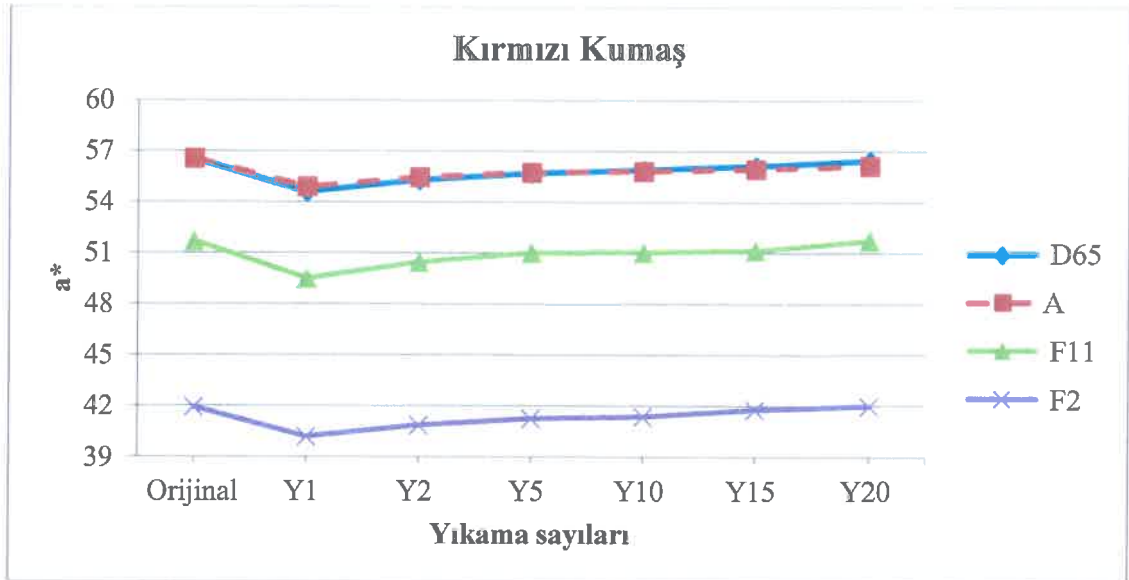
a* eksenini kırmızı ve yeşil renkleri ifade etmekte olup, (0 'dan artıya giden değerler kırmızı, sıfırdan eksiye doğru giden değerler yeşili ifade etmektedir.) Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu kumaş farklı aydınlatıcılar altında benzer bir değişim göstermekte olup, ilk yıkama sonrası a* değeri azalırken, sonraki yıkamalarda bu değer yavaş yavaş artmaktadır. Değer F2 aydınlatıcısında, daha düşük ölçülürken, diğer aydınlatıcılar altında nispeten daha yüksek değerler ölçülmüş olup kırmızı bölgeye daha yakın olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.5)



Şekil 4.3. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre L* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi



Şekil 4.4. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre L* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi

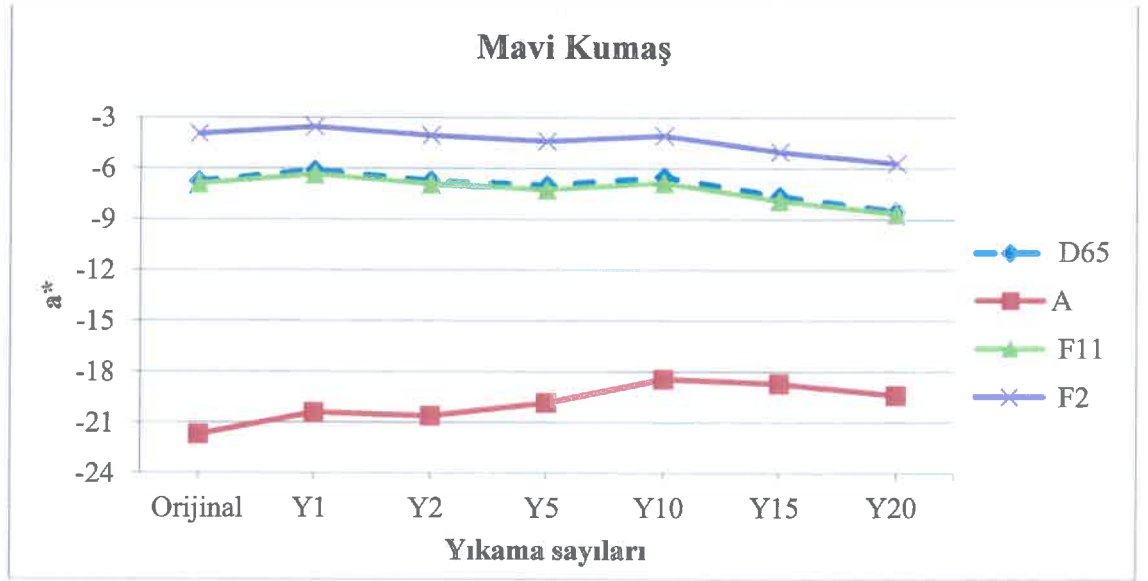


Şekil 4.5. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre a* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi

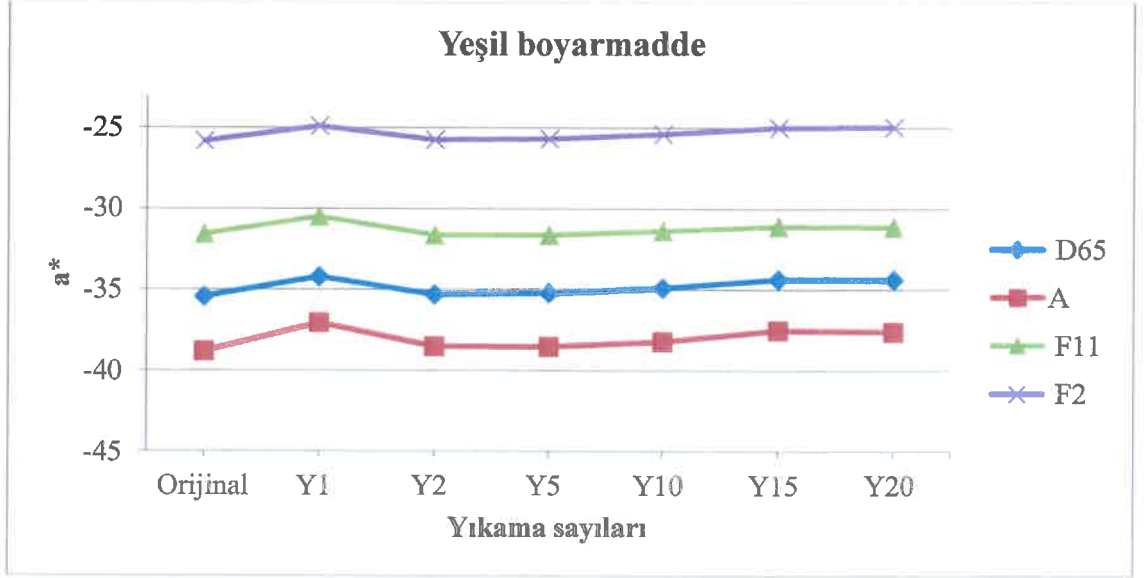
Şekil.4.6 ve Şekil.4.7 incelendiğinde, mavi ve yeşil boyarmaddelerle boyanmış kumaşlar benzer sonuçlar gösterirken, değerler birbirinden farklılık göstermektedir. Mavi boyarmaddede sarı kırmızı nüanslı A aydınlatıcısı altında a* değerleri daha düşük çıkmış olup, diğer aydınlatıcılar altında nispeten daha yüksek değerler tespit

edilmektedir. Değerlerin (-) bölgede ölçülmesi rengin yeşil bölgede görüldüğünü göstermektedir. Yeşil boyarmadde ile boyanmış kumaşların a^* değerleri, mavi boyarmadde ile boyanmış kumaşlara göre daha düşük çıkmıştır. Rengin yeşil bölgede daha yoğun olduğunu göstermektedir.

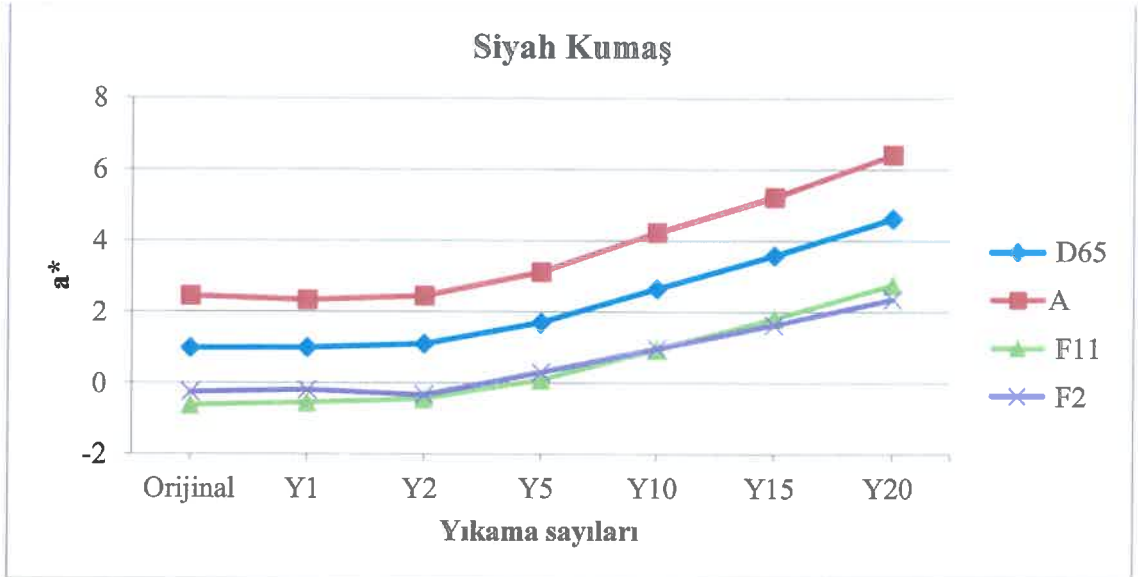
Siyah boyarmadde ile boyanmış kumaşlarda, a^* değeri pozitif eksen tarafında ölçülürken, 1. ve 2. yıkama sonuçları neredeyse aynı kalmış, yıkama sayılarının artmasıyla a^* değeri de artış göstermiş, kırmızı bölgeye doğru yaklaşmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.6. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre a^* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi



Şekil 4.7. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre a* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi



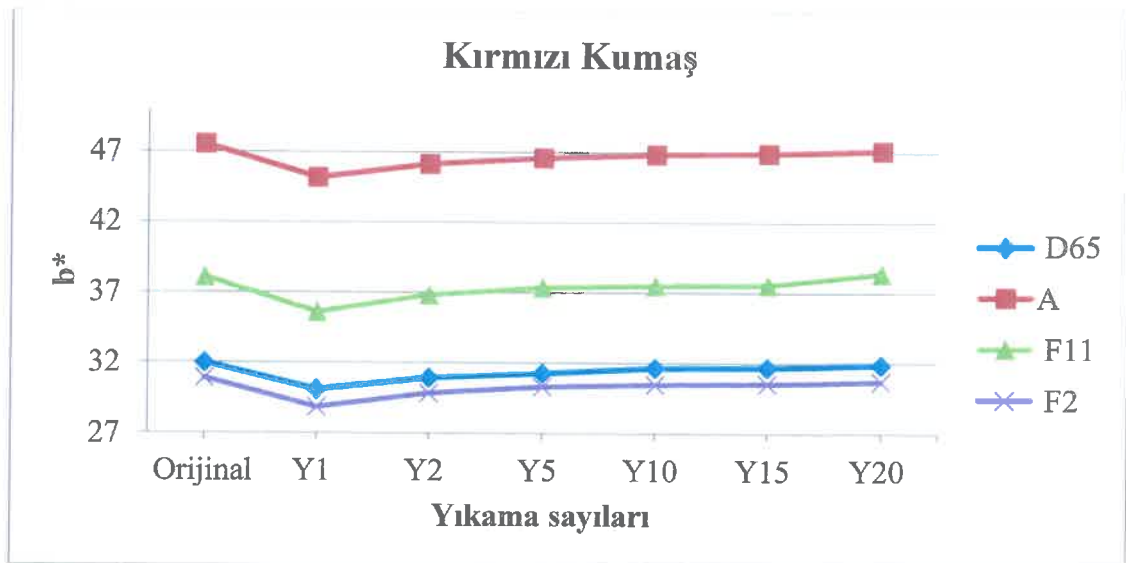
Şekil 4.8. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre a* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi

Şekil 4,9'a göre, b* eksenini, sarı ve mavi renkleri ifade etmekte olup; 90° sarı, 270° ise mavi rengi ifade etmektedir. Değerin (-) olması rengi mavi nüansta tanımlarken, (+) olması rengi sarı olarak tanımlamaktadır. Test verileri incelendiğinde, kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu kumaşın değerleri (+) olarak ölçülmüş olup, sarı-

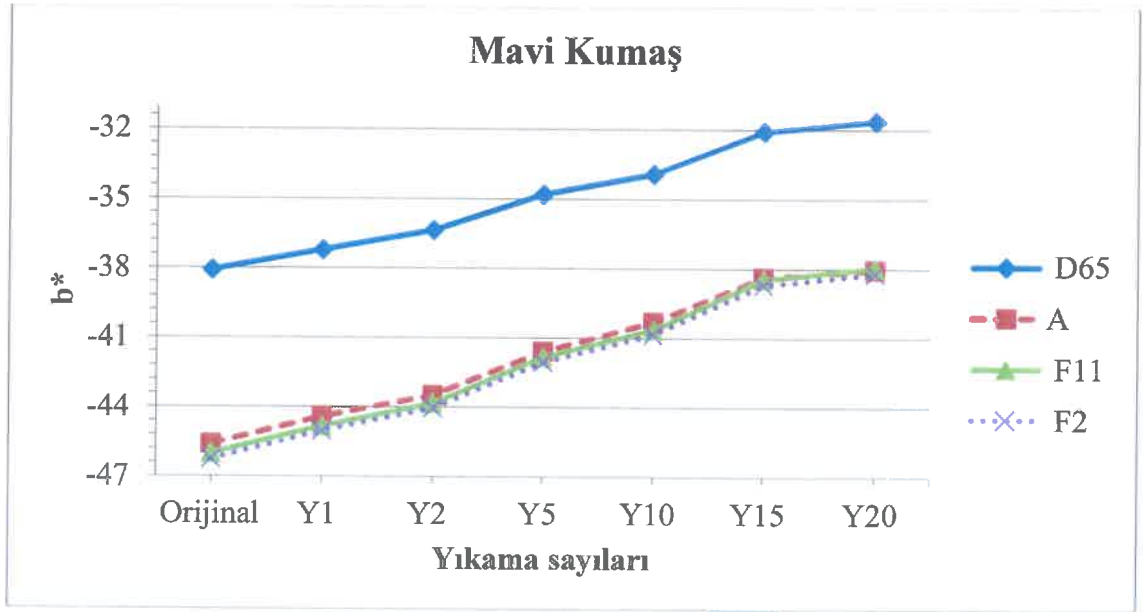
kırmızı nüanslı A aydınlatıcısı altında, renk diğer aydınlatıcılara göre sarı nüanslı olarak görülmektedir. İlk yıkama sonunda, b^* değeri düşerken sonraki yıkamalarda nispeten artış göstermektedir.

Şekil 4.10'da ise mavi boyarmadde değerleri incelendiğinde, mavi-mor nüanslı D65 aydınlatıcısı altında renk değerleri diğer aydınlatıcı değerlerinden daha yüksek çıkmaktadır.

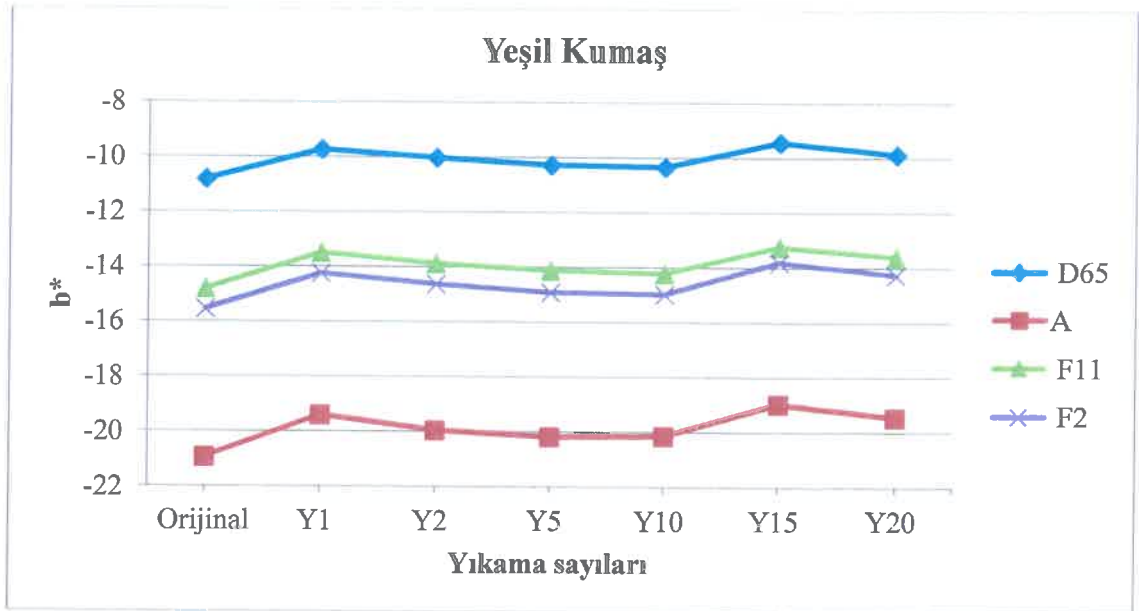
Yeşil boyarmadde b^* değerlerine farklı aydınlatıcılar altında bakıldığında, en yüksek değer mavi-mor nüanslı D65 aydınlatıcısında bulunurken, en düşük değer sarı- kırmızı nüanslı A aydınlatıcısında gözlemlenmektedir (Şekil 4.11).



Şekil 4.9. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre b^* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi



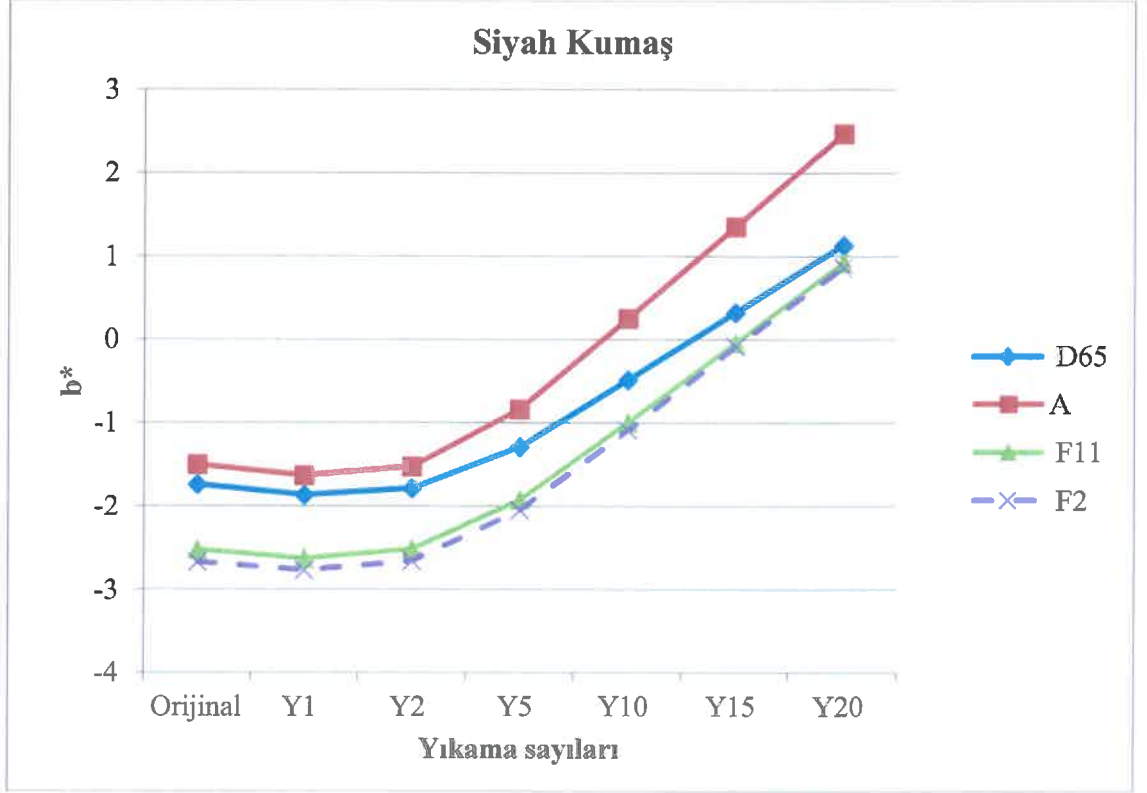
Şekil 4.10. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre b* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi



Şekil 4.11. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre b* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi

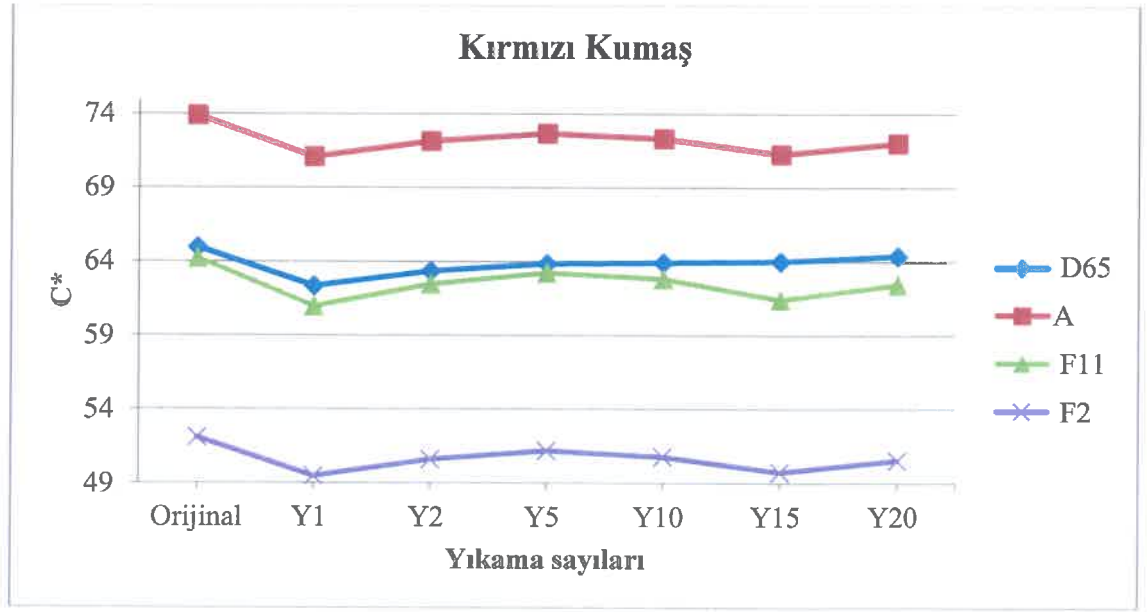
Siyah boyarmaddenin b* değerleri yıkama sayısı arttıkça negatif değerden pozitif değere doğru değişmektedir. Burada, tüm aydınlatıcılar altında, yıkama sayılarının

artışıyla değerin mavi nūanstan sarı nūansa doğru geçişi gözlemlenmektedir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre b* değerin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi

C*, kromayı bir başka anlatım ile doygunluğu ifade etmektedir. Renk değeri merkeze yaklaştıkça (0), renk gri görülmektedir. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşta ilk yıkama sonrasında C* değeri önce düşmüş, sonraki yıkamalarda biraz artmış ve 20. Yıkama sonunda nispeten tekrar artmıştır (Şekil 4.13).

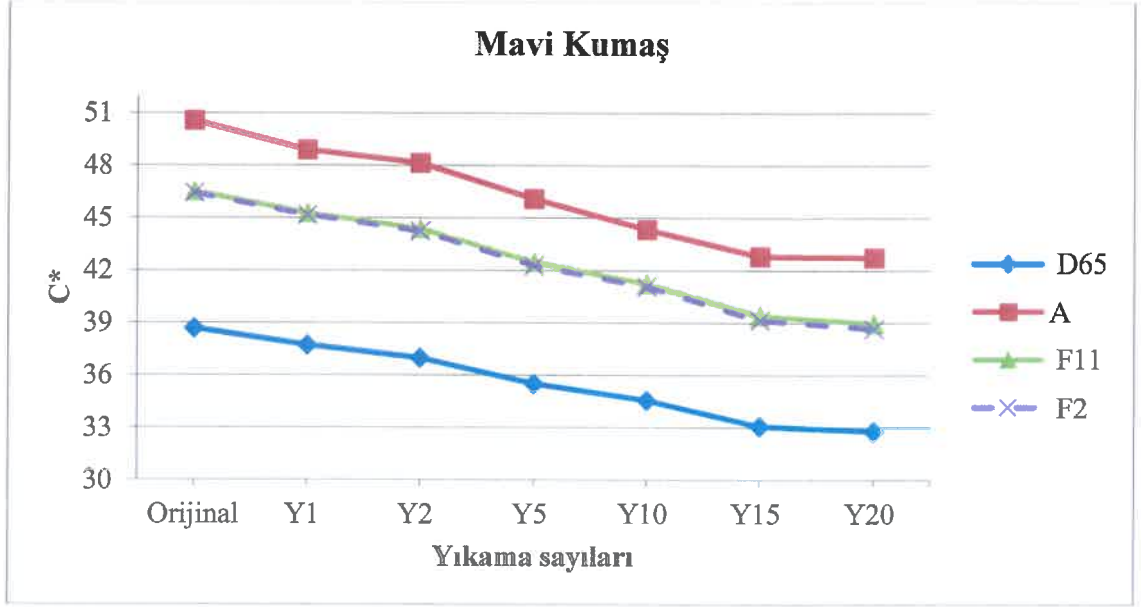


Şekil 4.13. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre C* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi

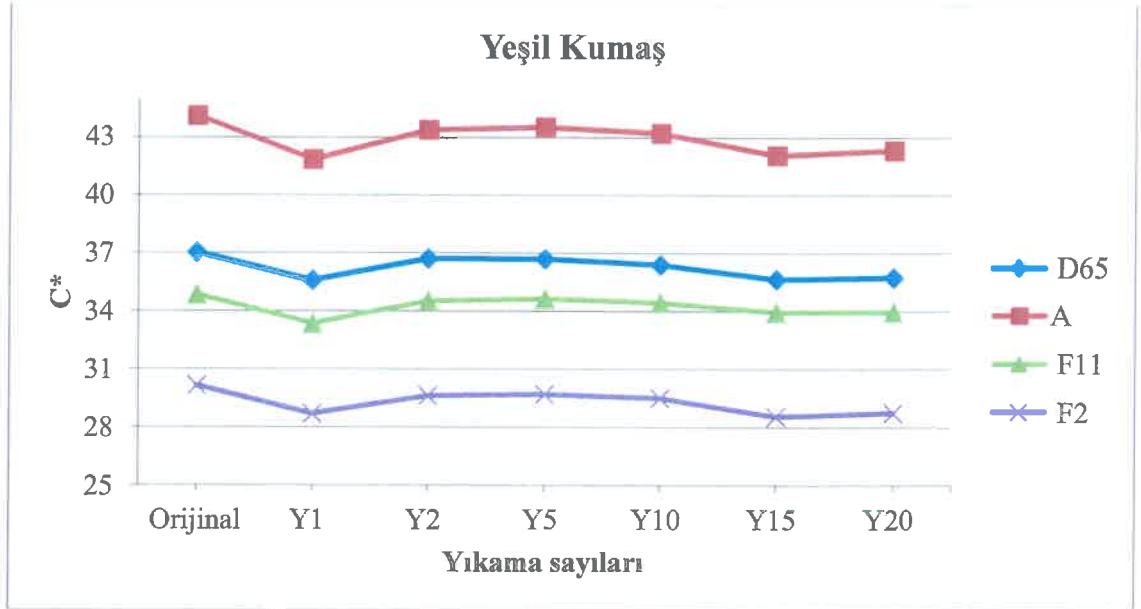
Şekil 4.14'te mavi boyarmadde ile boyanmış kumaşta, renk tüm aydınlatıcılar altında aynı değişimleri göstermekte olup, en düşük değerler mavi-mor nüanslı D65 aydınlatıcısında görülmektedir.

Yeşil boyarmadde ile boyanmış kumaşlar farklı C* değerlerinde kırmızı boyanmış kumaş ile yaklaşık benzer eğrileri vermektedir (Şekil 4.15).

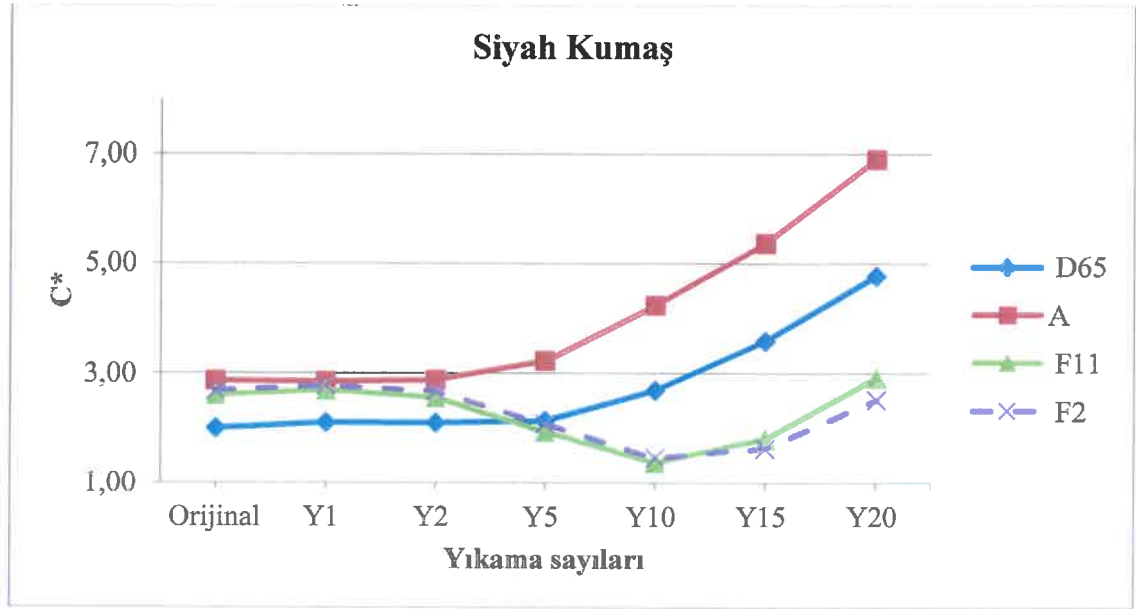
Şekil 4.16'da siyah boyarmadde ile boyanmış kumaşta, C* değerleri ilk yıkamalarda pek fazla değişkenlik göstermezken, sonraki yıkamalarda değerler yukarılara çıkmaktadır.



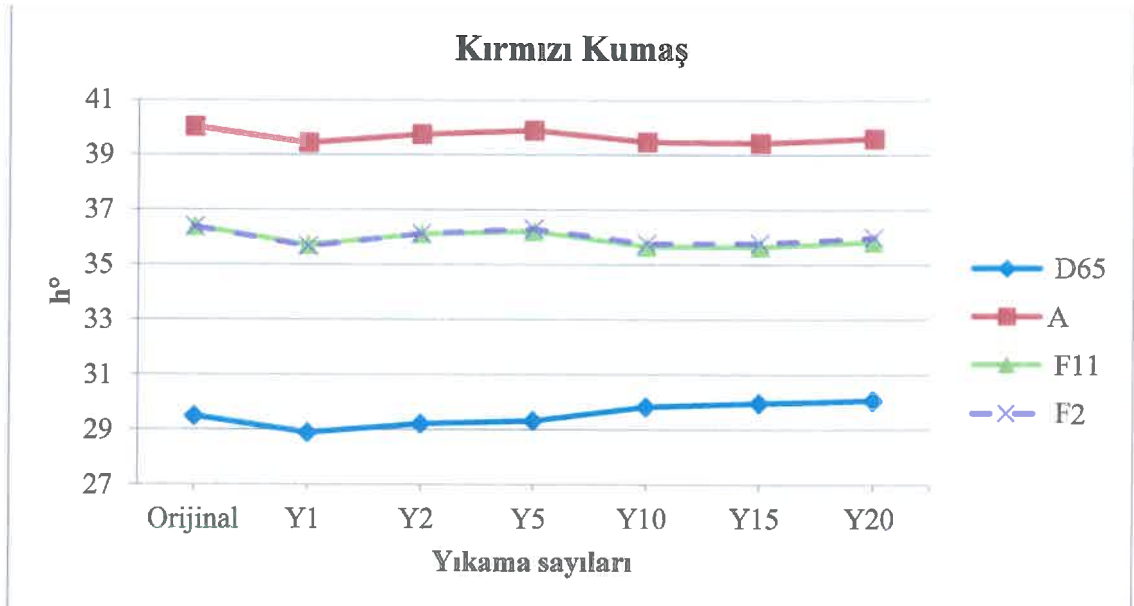
Şekil 4.14. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre C* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi



Şekil 4.15. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre C* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi



Şekil 4.16. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre C* değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi

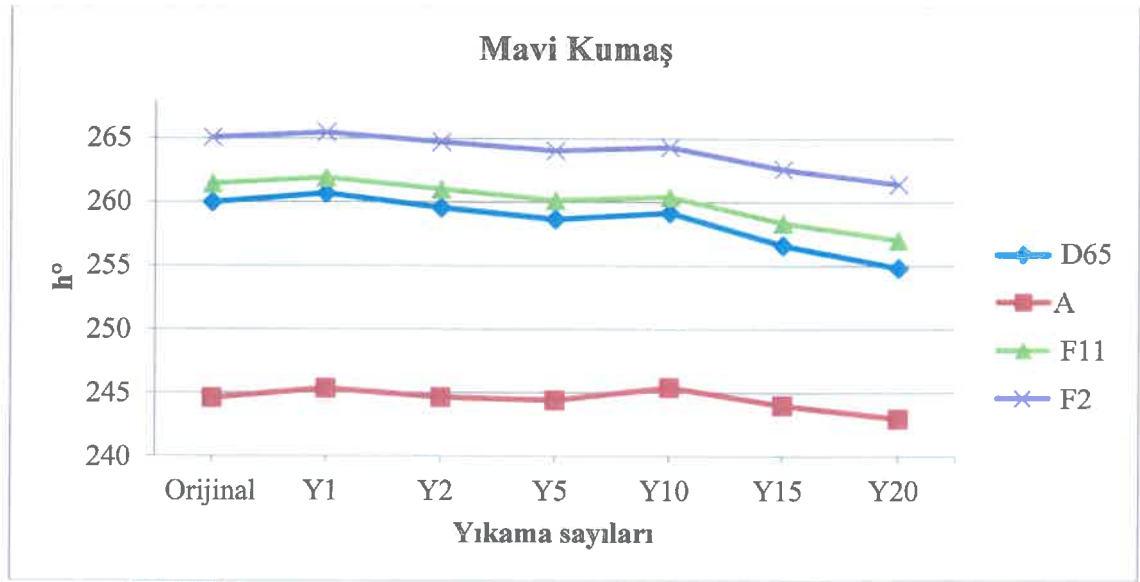


Şekil 4.17. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre h° değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi

h° değeri, renk açısını ifade etmekte olup, rengin bulunduğu bölgeyi belirler. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış kumaş, sarı- kırmızı nüanslı A aydınlatıcısında en yüksek değerleri verirken, mavi mor nüanslı D65 aydınlatıcısında en düşük değerler

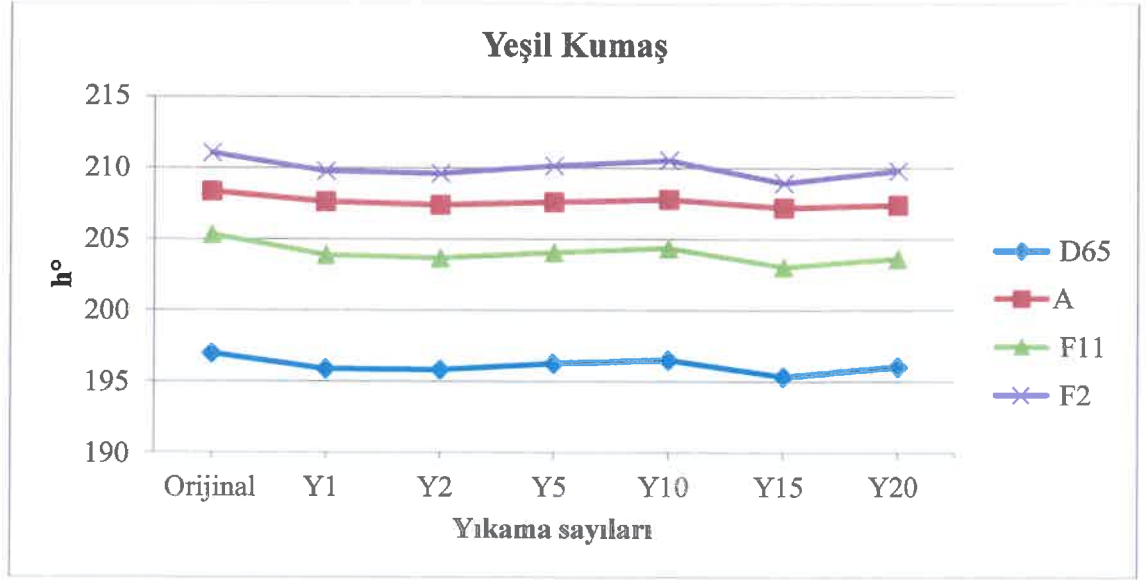
gözlemlenmiştir. Mavi boyarmadde ile boyanmış kumaş, F2 aydınlatıcısı (ofis aydınlatıcısı) altında en yüksek değerleri verirken, en düşük h° değerlerini sarı kırmızı nüanslı A aydınlatıcısı altında vermiştir (Şekil 4.18)

Şekil 4.19 incelendiğinde, yeşil boyarmadde ile boyanan kumaşta renk açısı değeri, F2 aydınlatıcısında yüksek çıkmış olup, en düşük değer D65 (gün ışığı) aydınlatıcısında gözlemlenmiştir.

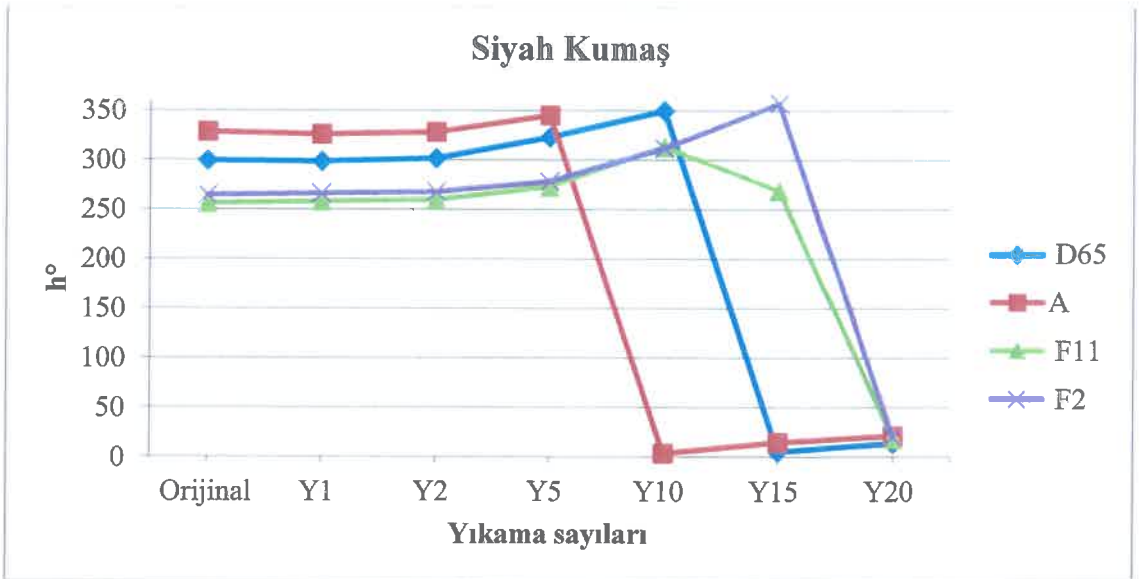


Şekil 4.18. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre h° değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi

Kırmızı, mavi ve yeşil boyarmaddelerle boyanan kumaşlarda renk açısı değerleri benzer ölçümler gösterirken, Şekil 4.20’de siyah boyarmadde ile boyanan kumaşta bu değer özellikle 10. yıkama sonrası yapılan yıkamalarda fark edilir şekilde azalmıştır. Bu değişimden renk açısının farklı bir bölgede yer aldığı görülmektedir.



Şekil 4.19. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre h° değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi

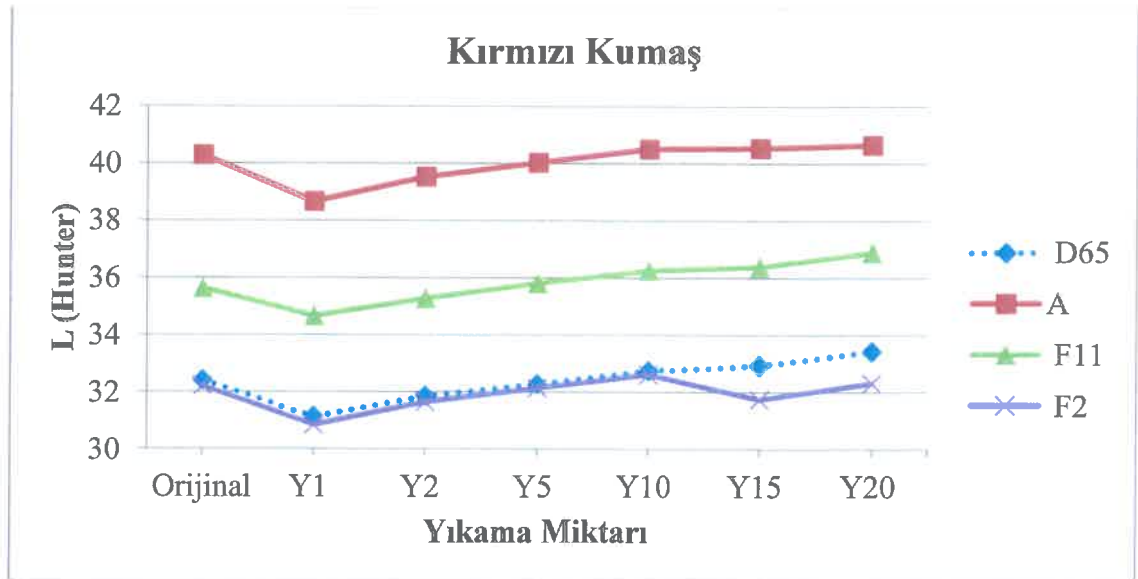


Şekil 4.20. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre h° değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi

4.2 Hunter Sonuçları

Farklı renklerde reaktif boyarmadde ile boyanmış kumaşların L değerleri, D65, A, F2, F11 aydınlatıcıları altında Hunter renk sistemine göre de ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarına ait grafikler aşağıda belirtilmiştir.

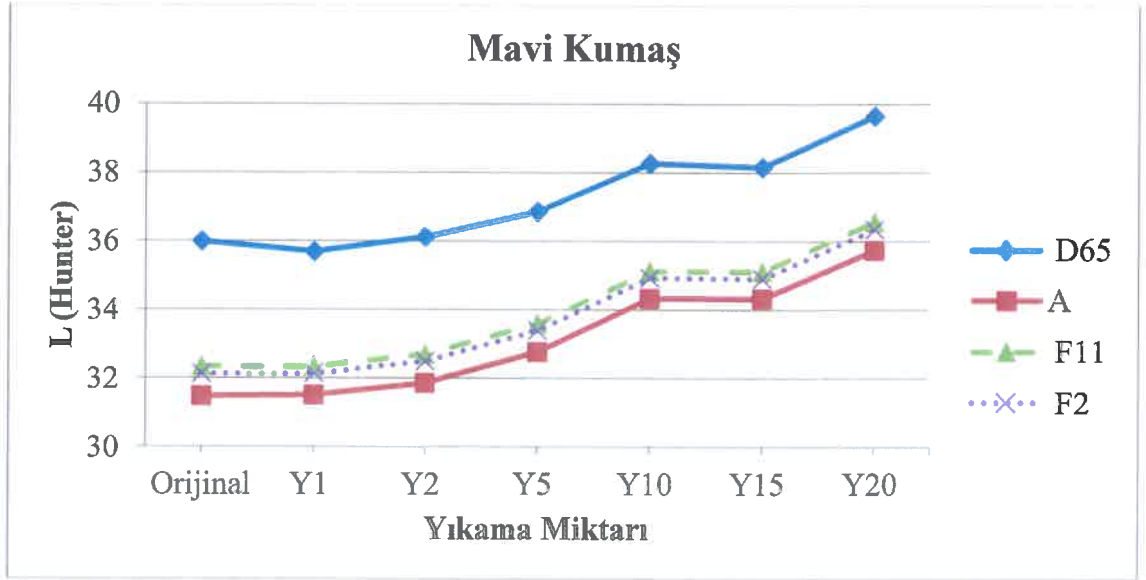
Kırmızı boyarmadde ile boyanmış kumaşa, ilk yıkama sonrasında, L değerleri düşmüş olup, ilk yıkamadan sonraki yıkamalarda, yıkama sayıları arttıkça, L değerlerinin de yavaş yavaş arttığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.21).



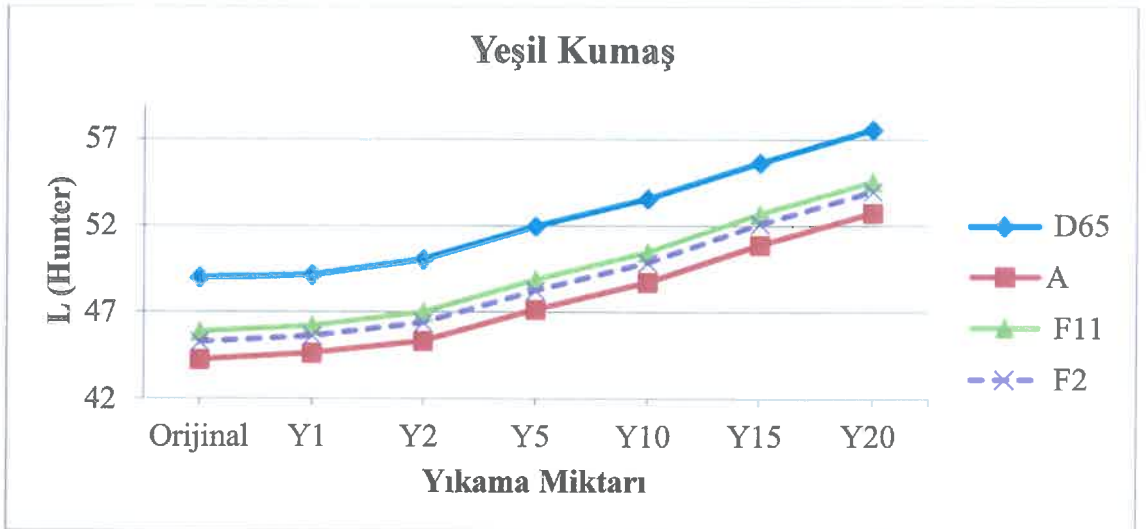
Şekil 4.21. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre L değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi

Şekil 4.22 incelendiğinde, mavi renkteki L değerleri, tüm aydınlatıcılar altında benzer bir değişim gösterirken, mavi-mor nüanslı D65 aydınlatıcısı altındaki L değerlerinin en yüksek çıktığı görülür.

Yeşil renkteki kumaşın L değerleri de tüm aydınlatıcılar altında benzer değerler sergilemiş, yıkama sayıları arttıkça, L değerlerinin yükseldiği gözlemlenmiştir; en düşük değerler sarı-kırmızı nüanslı A aydınlatıcısı altında ölçülmüştür (Şekil 4.23).

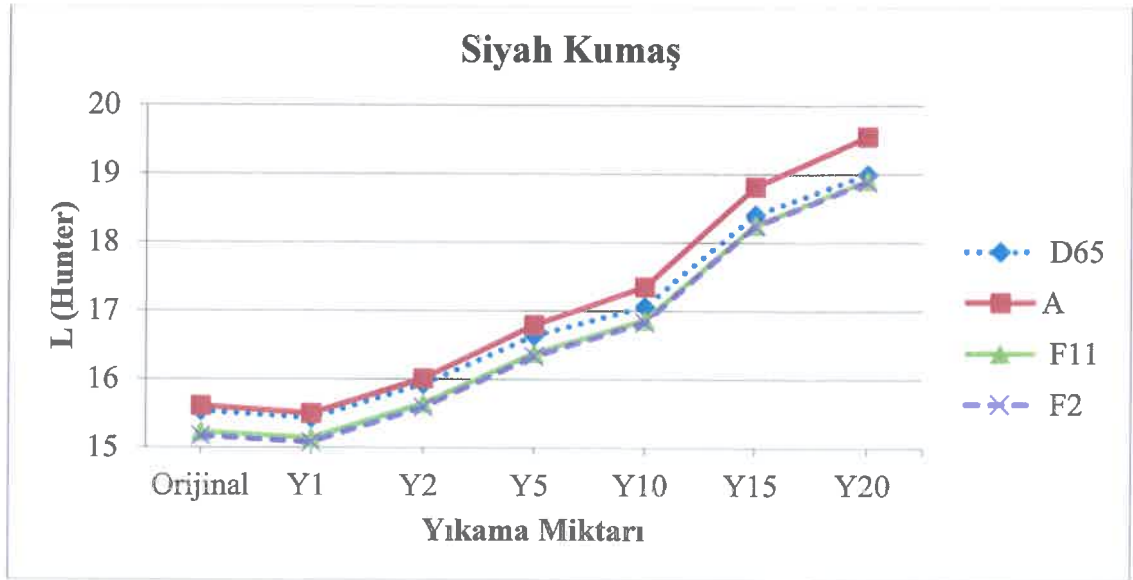


Şekil 4.22. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre L değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi



Şekil 4.23. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre L değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi

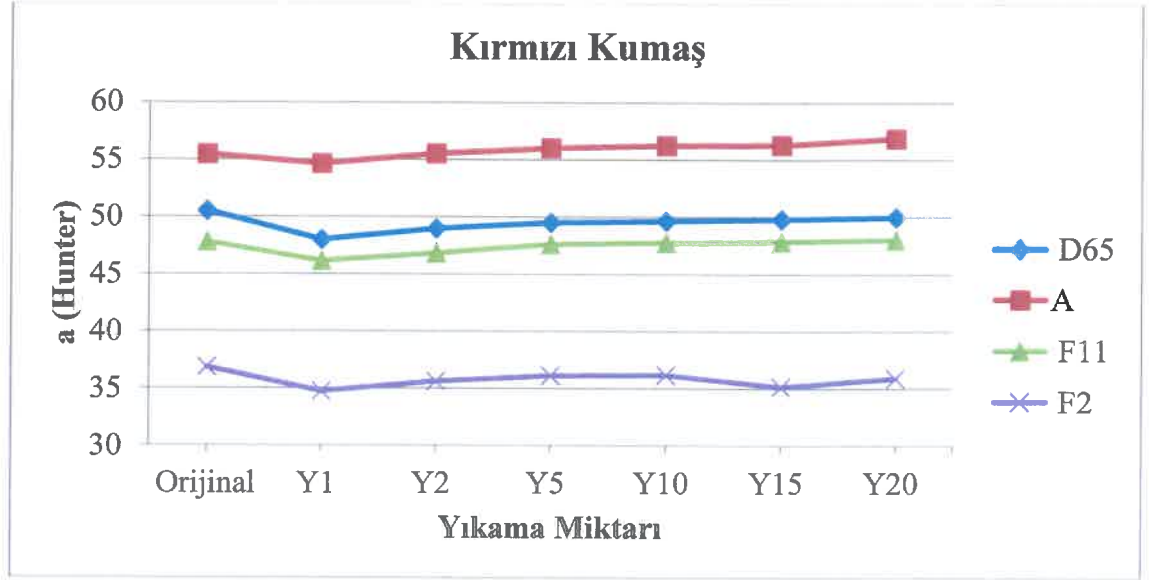
Siyah boyarmadde ile boyanmış kumaşın L değerleri diğer renklerde boyanmış kumaşlara göre en düşük sonuç verirken, siyah kumaşta en yüksek L değerleri A aydınlatıcısı altında ölçülmüştür (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre L değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi

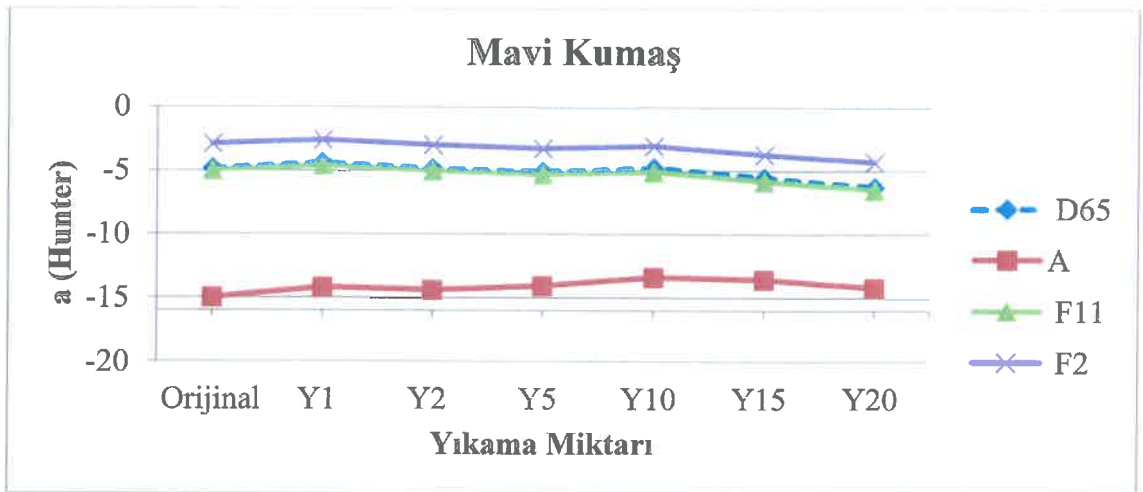
Hem CIELAB hem de Hunter sistemlerinin L^* ve L değerleri karşılaştırıldığında, kırmızı boyarmadde ile boyanmış kumaştaki değerler en yüksek sarı kırmızı nüanslı A aydınlatıcısı altında gözlemlenmiştir. Mavi boyarmadde ile boyanmış kumaşlarda ise her iki renk ölçüm sistemine göre de en yüksek değerler mavi-mor nüanslı D65 aydınlatıcısı altında gözlemlenmiştir. Yeşil renkteki kumaşta, hem CIELAB hem de Hunter renk farkı formülasyonlarında yıkama sayılarının artışı ile L^* ve L değerleri birbirine benzer bir değişim göstermektedir. En yüksek değerler D65 aydınlatıcısında, en düşük değerler ise A aydınlatıcısında gözlemlenmektedir. Siyah renkteki kumaşta ise 2. Yıkamadan itibaren her iki renk ölçüm sisteminde de L^* ve L değerleri artış göstermekte; en yüksek değerler A aydınlatıcısında gözlemlenmektedir. Hem CIELAB hem de Hunter sistemlerindeki L^* ve L değerlerine bakıldığında, CIELAB sistemine göre ölçülen L^* değerlerinin, Hunter sistemine göre ölçülen L değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Hunter renk ölçüm sistemine göre, kırmızı renkteki kumaşın a değerleri en yüksek A aydınlatıcısında görülürken, en düşük değerler F2 aydınlatıcısında ölçülmüştür (Şekil 4.25).



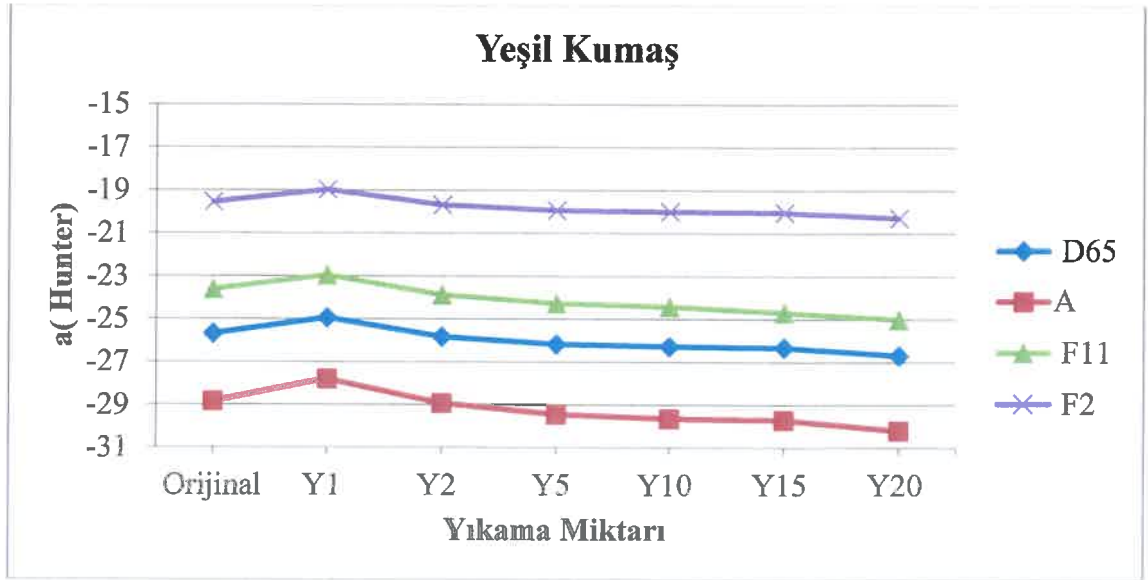
Şekil 4.25. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre a değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi

Mavi renkteki kumaşın a değerleri (-) bölgede ölçülmüş olup, rengin yeşil bölgede olduğunu göstermektedir (Şekil 4.26).



Şekil 4.26. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre a değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi

Yeşil renkli kumaşta da a değerleri (-) ve yeşil bölgede olua, en düşük değerler A aydınlatıcısında ölçülmüştür (Şekil 4.27).

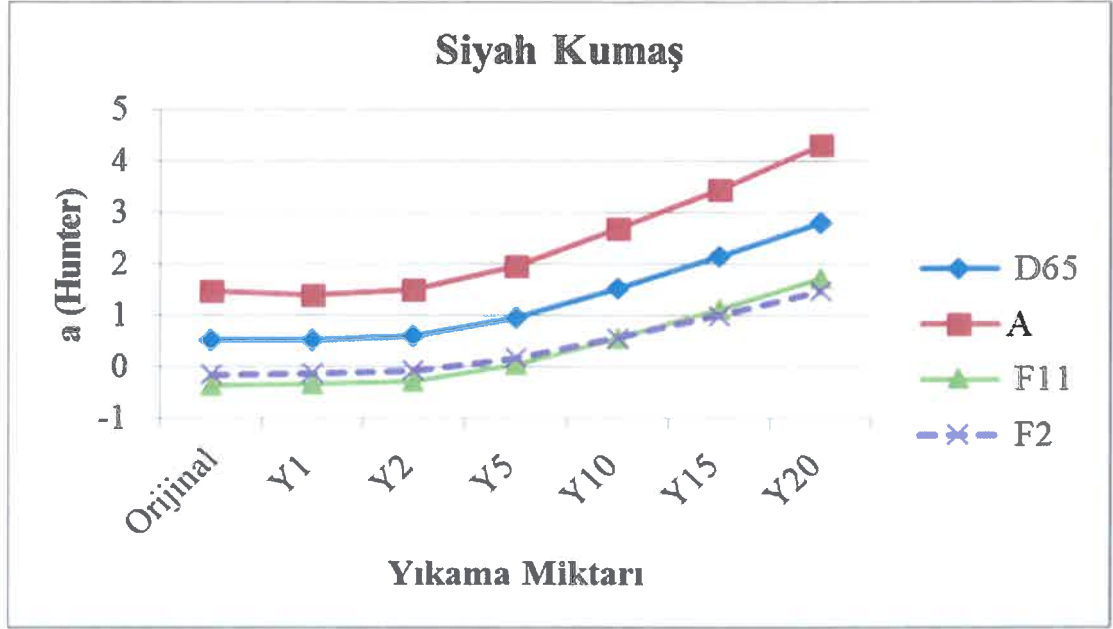


Şekil 4.27. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre a değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi

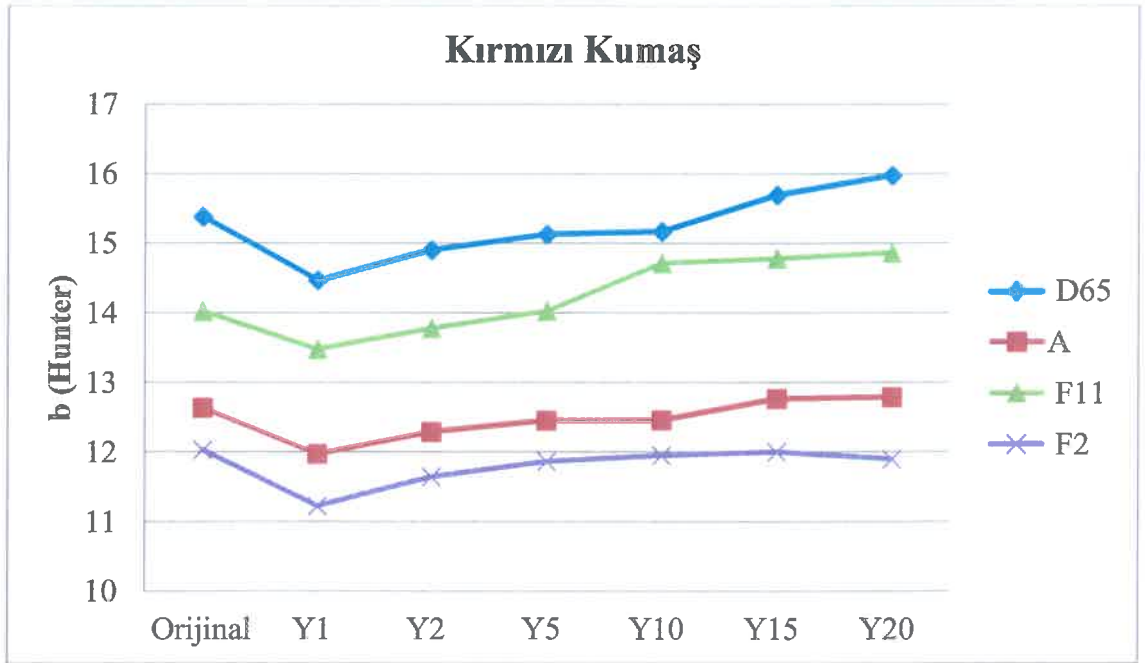
Siyah renkte ise, 2. yıkamaya kadar yalnızca F11 ve F2 aydınlatıcılarında değerler (-) yeşil bölgede çıkarken, diğer aydınlatıcılarda renk değerleri (+) ve yıkama sayıları arttıkça kırmızı bölgede daha kuvvetli hale gelmektedir (Şekil 4.28).

CIELAB ve Hunter renk ölçüm sistemlerine göre sırasıyla a* ve a değerleri kıyaslandığında, en yüksek değerler CIELAB sisteminde A aydınlatıcısı altında ölçülmüştür. Mavi renkli kumaşta ise, her iki renk ölçüm sisteminde de a* ve a* değerleri birbirine çok benzer değişimler göstermekte; ancak CIELAB sisteminde rengin nispeten daha fazla yeşil bölgede olduğu gözlemlenmektedir. Yeşil ve siyah renkli kumaşlarda da her iki ölçüm sisteminde değerler birbirine yakın ve benzer değişimler sergilemektedir.

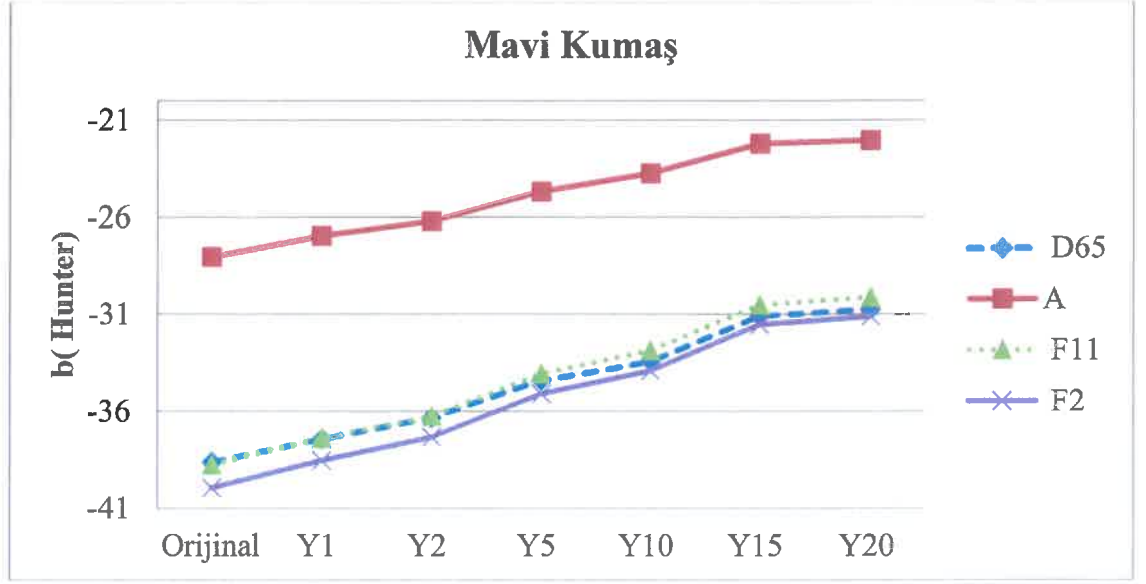
Şekil 4,29, Şekil 4.30, Şekil 4,31 ve Şekil 4.32 Hunter renk ölçüm sistemine göre b değerleri incelendiğinde, kırmızı kumaşta en yüksek değerler D65 aydınlatıcısı altında; mavi ve yeşil renkli kumaşlarda ise değerler (-) çıkmakta yani rengin mavi bölgede yer aldığını ifade etmektedir. Siyah renkli kumaşta yıkama sayısı arttıkça rengin 0'a doğru yaklaşmakta olduğu, özellikle D65 ve A aydınlatıcıları altında, mavi bölgeden sarı bölgeye doğru hafif bir geçiş gözlemlenmektedir.



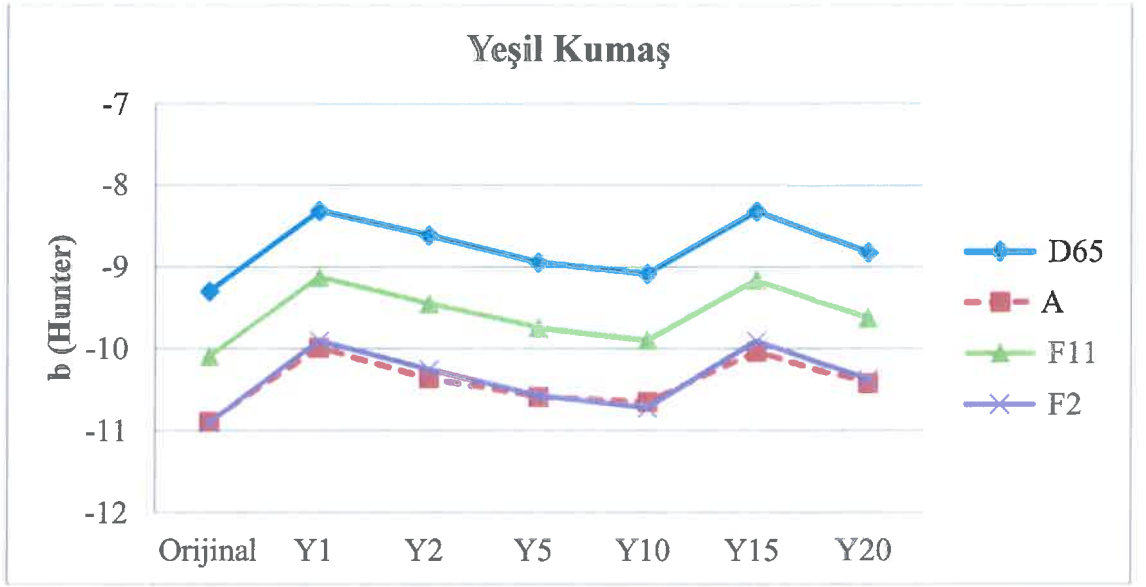
Şekil 4.28. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre a değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi



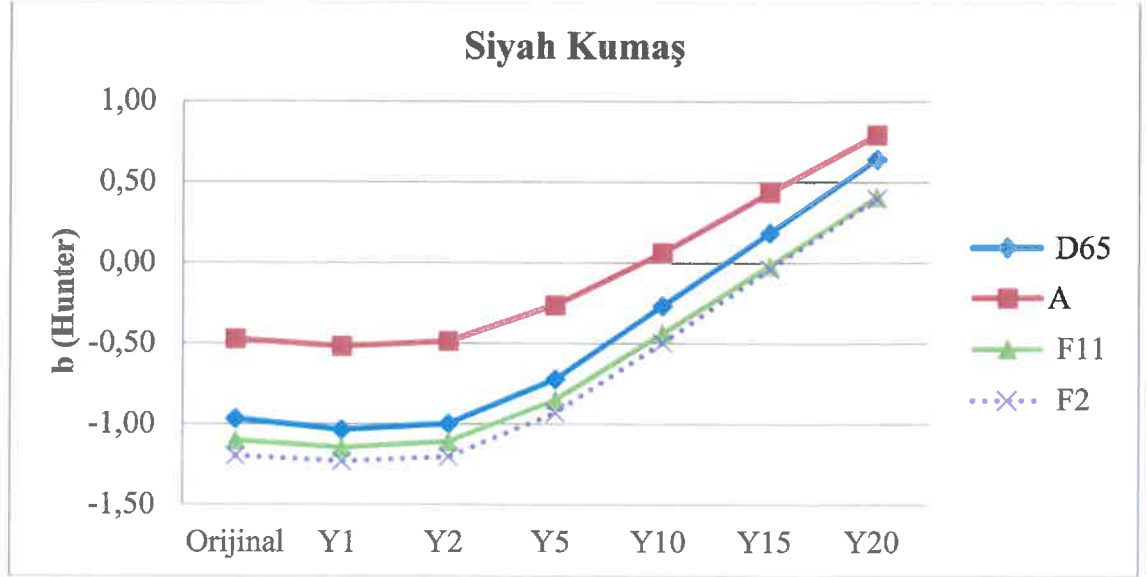
Şekil 4.29. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre b değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi



Şekil 4.30. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre b değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi



Şekil 4.31. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre b değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi



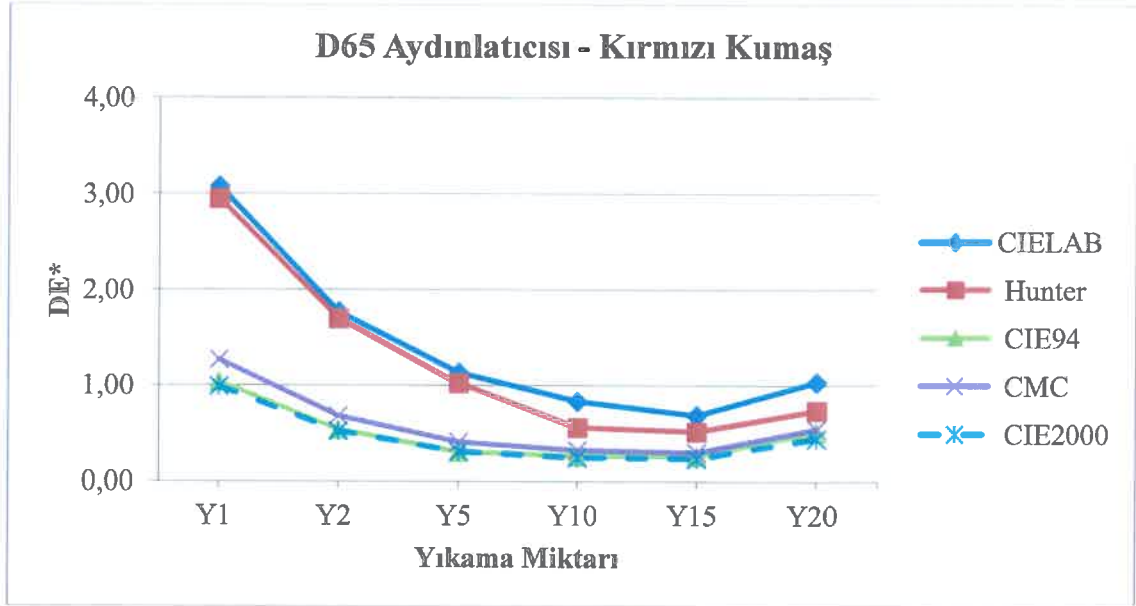
Şekil 4.32. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın yıkama sayılarına göre b değerinin farklı aydınlatıcılar altında ölçülmesi

CIELAB ve Hunter sistemlerine göre b^* ve b değerleri ölçüm sonuçları incelendiğinde, kırmızı kumaşta b^* değerlerinin b değerlerine çok daha yüksek ölçüldüğü rengin sarı bölgede daha kuvvetli olduğu görülmektedir. b^* değeri A aydınlatıcısında en yüksek değerleri verirken, b değerinin en yüksek değerleri D65 aydınlatıcısında gözlemlenmektedir. Mavi kumaşta b^* değerleri farklı aydınlatıcılar altında mavi bölgede daha yoğun görülmektedir. Her iki renk sisteminde de yıkama sayıları arttıkça, rengin mavi bölgedeki şiddeti azalmaktadır. Yeşil renkli kumaşta yıkama sayıları artışı ile b^* ve b değerleri benzer bir değişim göstermekte ve her iki renkte siyah boyarmaddede ise hem b^* hem de b değerleri (-) değerlerden (+) değerlere doğru geçiş göstermekte; yani mavi bölgeden sarı bölgeye bir geçiş söz konusu olmaktadır.

4.3 Farklı Aydınlatıcılar Altında Renk Farkı Formülasyonları Değerleri

DE* değeri, renk farkını ifade etmekte olup, farklı aydınlatıcılar altında farklı renkte reaktif boyarmaddelerle boyanmış örme kumaşların, farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçümleri incelenmiştir .

Kırmızı boyarmadde ile boyanmış kumaşın D65 aydınlatıcısı altında, DE* ve DE değerlerine bakıldığında, ilk yıkamadan itibaren tüm renk formülasyonlarına göre renk farkı gözlemlenmiştir. Renk farklarında birinci, ikinci ve beşinci yıkamalar sonucunda büyük farklılık görülürken, sonraki yıkamalarda daha küçük farklılıklar gözlemlenmiştir. DE*>1 olması durumunda renk farkı kabul edilebilir kriterler dışına çıkar. Ölçümler sonucunda CIELAB ve Hunter formülasyon değerlerine bakıldığında; birinci, ikinci, ve beşinci yıkama sonrası ölçüm değerlerinin DE*>1 olması sebebiyle kalır sonucu çıktığı gözlemlenmiştir. Kırmızı kumaşta, D65 aydınlatıcısı altında en yüksek renk farkı değeri CIELAB formülasyonunda elde edilirken, en düşük renk farkı CIE2000 formülasyonunda gözlemlenmiştir (Şekil 4.33).

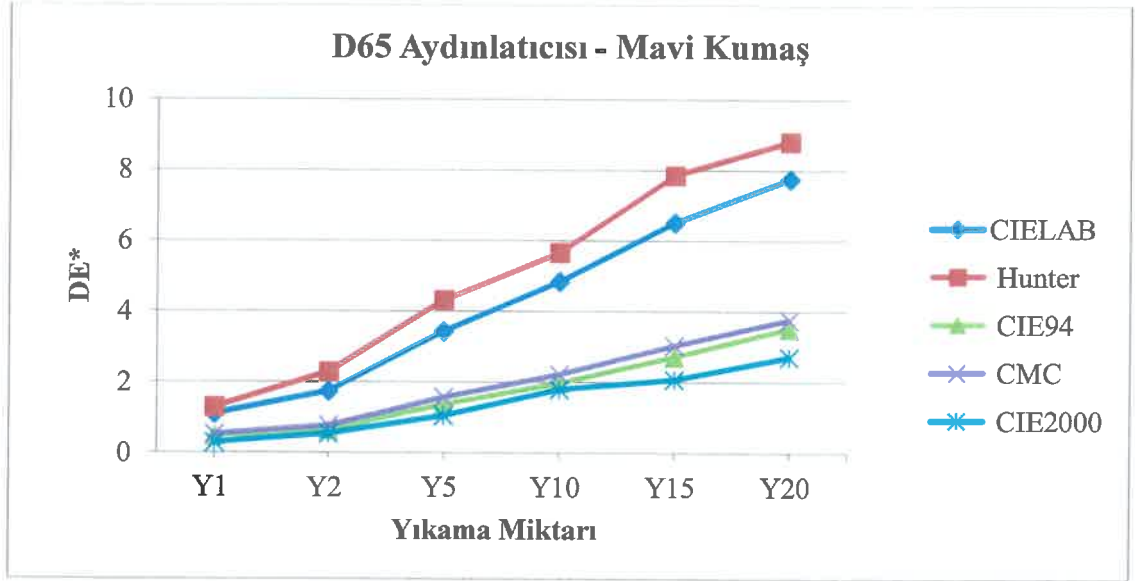


Şekil 4.33. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre D65 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi

Mavi boyanmış kumaşın D65 aydınlatıcısı altında, DE* ve DE değerleri incelendiğinde, ilk yıkama sonucunda DE* değeri Hunter ve CIELAB renk farkı formülasyonları hesaplamasında DE*>1 olması sebebiyle, kalır sonucunu verirken, CIE94, CMC ve CIE2000 formülasyonlarındaki DE* değerleri, 5. Yıkama test sonucunda kalır değer vermektedir. En yüksek renk farkı değeri Hunter renk farkı formülasyonunda ortaya

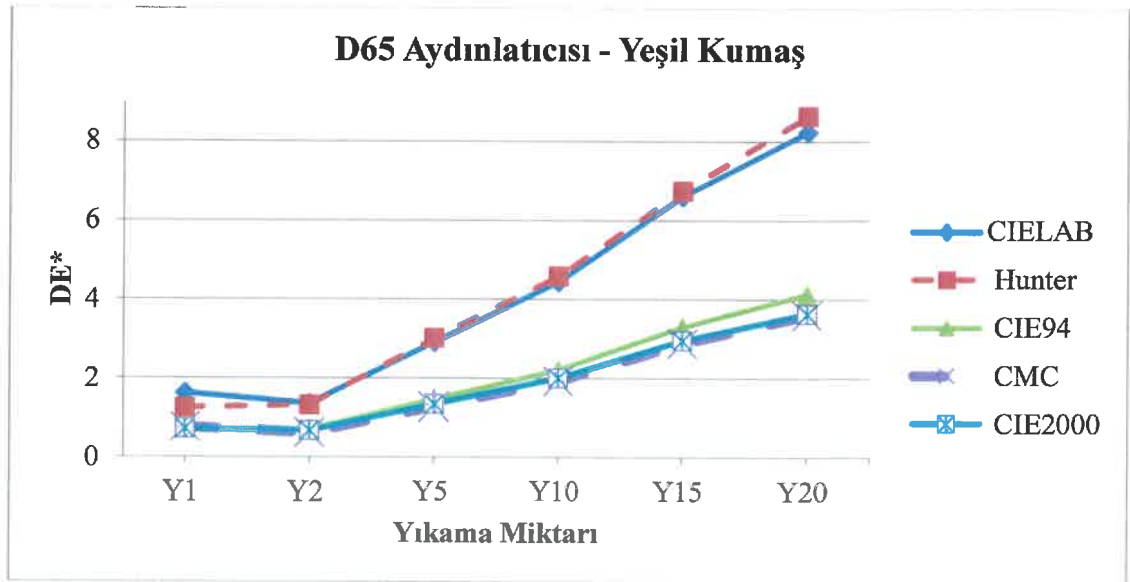
çıkıştır. Tüm formülasyonlara göre yıkama sayısı arttıkça DE* ve DE değerleri büyümekte, renk kabul değerlerin dışına çıkmaktadır (Şekil 4.34).

Yeşil boyarmadde ile boyanan kumaştaki değerlerin,D65 aydınlatıcısı altında renk değişimi mavi boyarmadde ile boyanan kumaşın değerlerine benzemekte, birinci ve ikinci yıkamada DE* ve DE değerleri CIELAB ve Hunter sistemlerine göre kalır değer verirken, diğer formülasyonlara göre geçer değer vermiş; beşinci yıkama ve sonrasındaki yıkamalarda ise DE* ve DE değerleri 1'in üzerine çıkmış ve kalır sonucu elde edilmiştir. Hunter ve CIELAB renk farkı formülasyonlarındaki DE ve DE* değerleri birbirine yakın çıkmakla birlikte, yirminci yıkama sonunda en büyük DE* değeri CIELAB'da görülmektedir (Şekil 4.35).



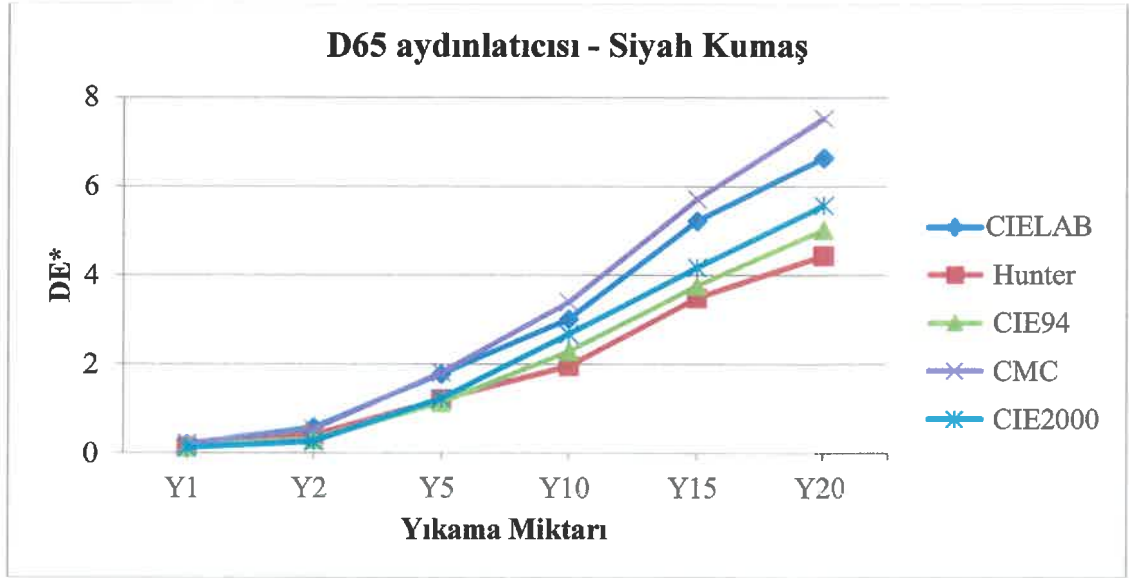
Şekil 4.34. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre D65 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi

Siyaha boyanmış kumaşın, D65 aydınlatıcısı altında, birinci ve ikinci yıkama sonuçlarında DE* ve DE değerleri tüm formülasyonlar için 1 değerinin altındadır ve çok fazla renk değişimi gözlemlenmemiştir. Beşinci yıkama sonuçlarından itibaren DE* ve DE değeri 1 değerinden büyük ölçülmüştür. Yirminci yıkama sonunda en büyük DE* değeri CMC formülasyonunda ölçülmüştür (Şekil 4.36).

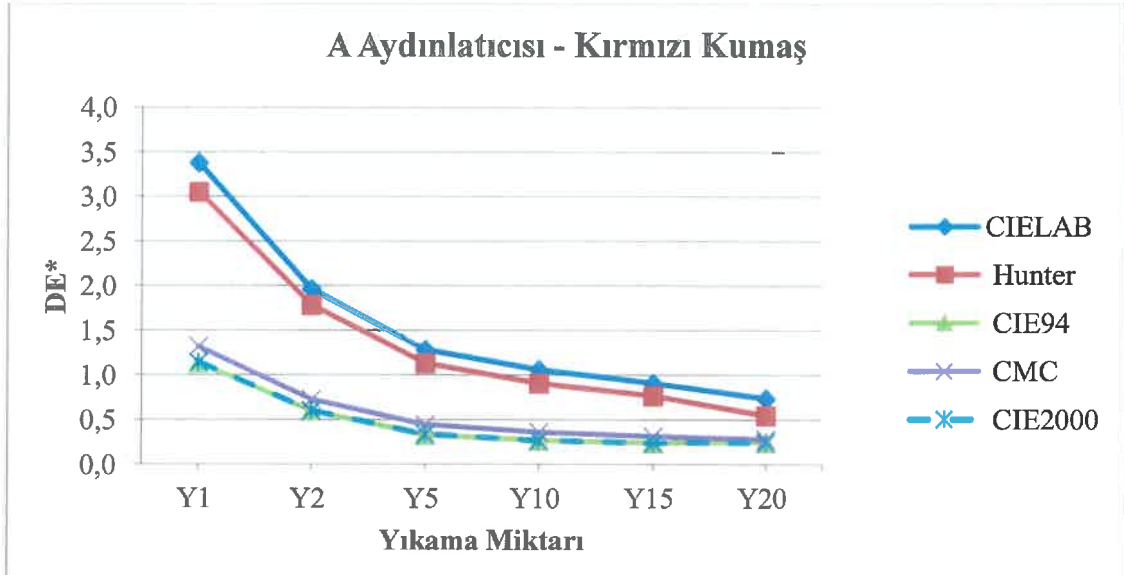


Şekil 4.35. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre D65 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi

A aydınlatıcısı altında ölçülen DE* değerleri, D65 aydınlatıcısı altında ölçülen DE* değerlerine benzer bir değişim göstermiştir. Kırmızı boyarmadde ile boyanan kumaşta birinci yıkamadan itibaren tüm renk sistemlerine göre DE* ve DE renk farkı değerleri gittikçe azalmaktadır. En büyük DE* ve DE değerleri ilk yıkamada görülürken, yirminci yıkamada bu renk farkı değeri daha düşük çıkmaktadır. En yüksek DE* değeri CIELAB formülasyonunda elde edilmiştir (Şekil 4.37)



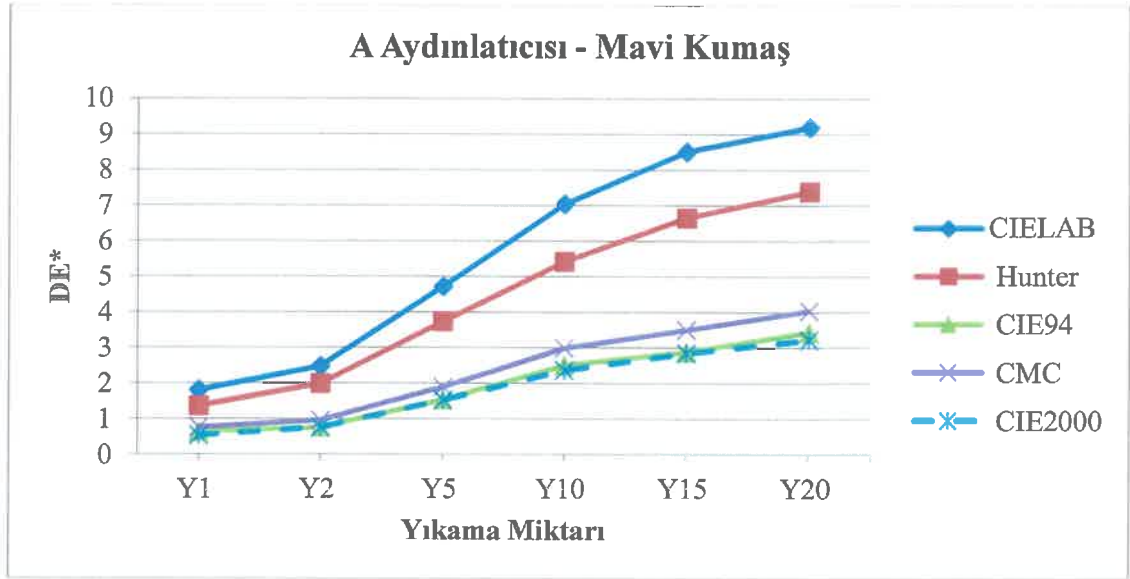
Şekil 4.36. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre D65 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi



Şekil 4.37. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre A aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi

Mavi boyarmadde ile boyanmış kumaşta, A aydınlatıcısı altında, DE* ve DE renk farkı değerleri ilk yıkamada CIELAB ve Hunter renk farkı formülasyonlarına göre kalır değer

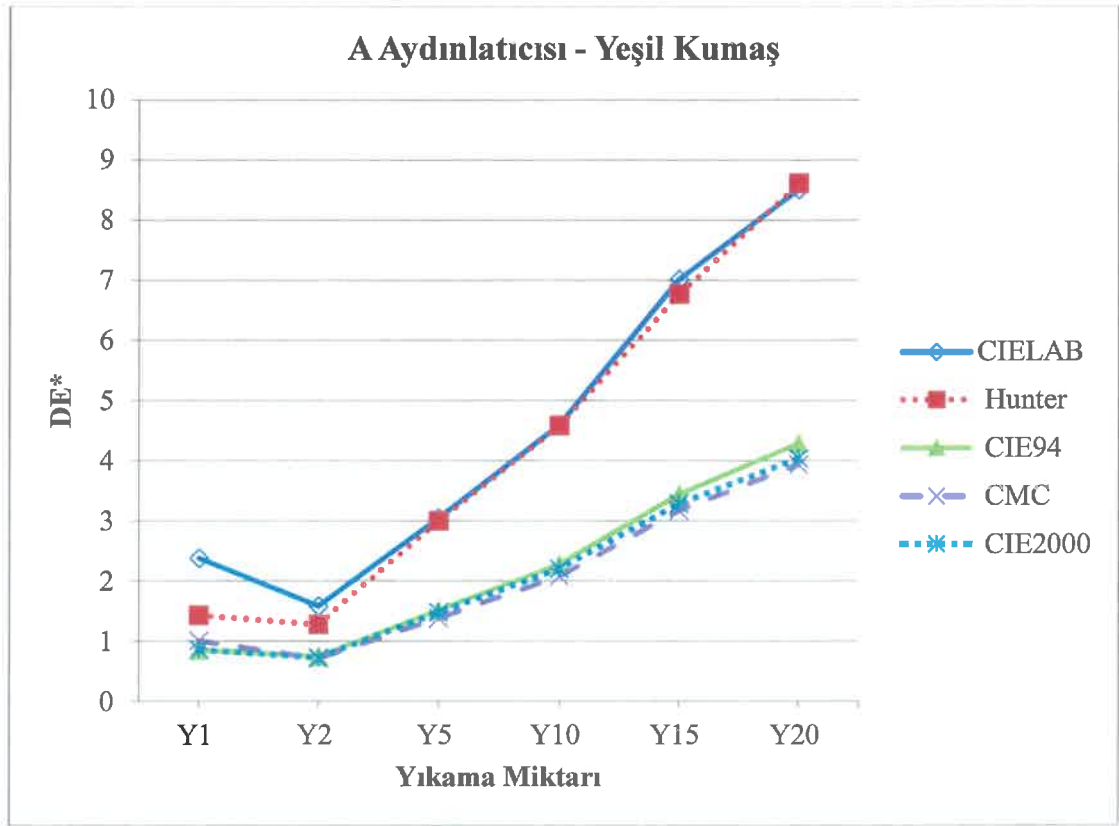
verirken CIE94, CMC ve CIE2000 formülasyonlarına göre geçer değer vermektedir. Yıkama sayısı arttıkça DE* ve DE renk farkı değerleri de artmakta ve özellikle CIELAB sistemine göre ciddi renk değişimleri gözlemlenmektedir. En yüksek DE* değeri D65 aydınlatıcısında da olduğu gibi yine CIELAB formülasyonunda ölçülmüştür (Şekil 4.38)



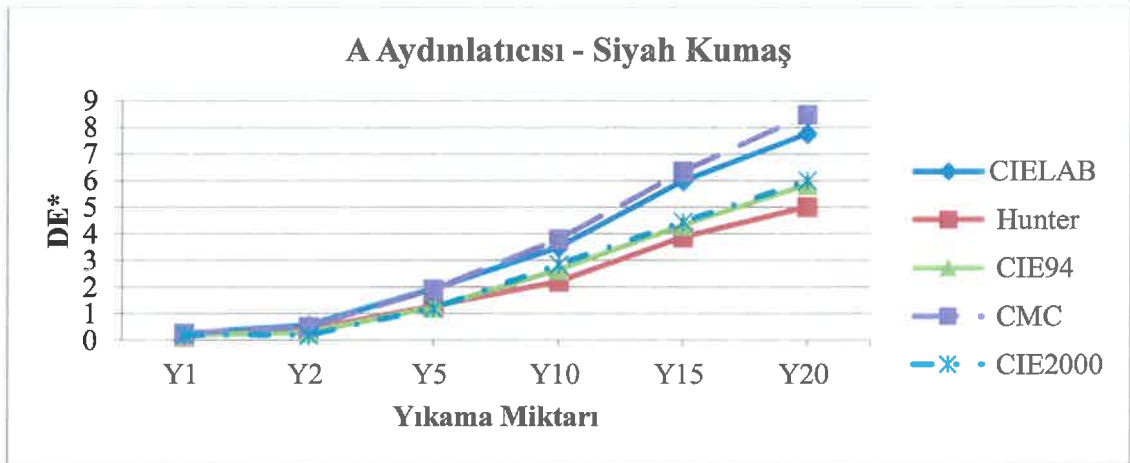
Şekil 4.38. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre A aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi

Şekil 4.39'da ise, yeşil boyarmadde ile boyanan kumaşta, renk farkı değerleri mavi boyarmadde ile boyanan kumaşın renk değerlerine benzer bir eğri çizmekte, yıkama sayıları arttıkça renk farkları da artmaktadır. En yüksek DE* ve DE değerleri CIELAB ve Hunter formülasyonlarında görülmektedir.

Siyah boyarmadde ile boyanan kumaşta ise ilk iki yıkamada tüm renk farkı formülasyonlarına göre DE* ve DE değerleri 1'in altında ölçülerek geçer değerler çıkmasına rağmen beşinci ve sonraki yıkamalarda renk farkı değerleri daha yüksek elde edilmiş olup, renk değişimi gözlemlenmiştir. Yirminci yıkama sonunda DE* değeri en yüksek çıkan değer CMC formülasyonunda görülmektedir (Şekil 4.40).



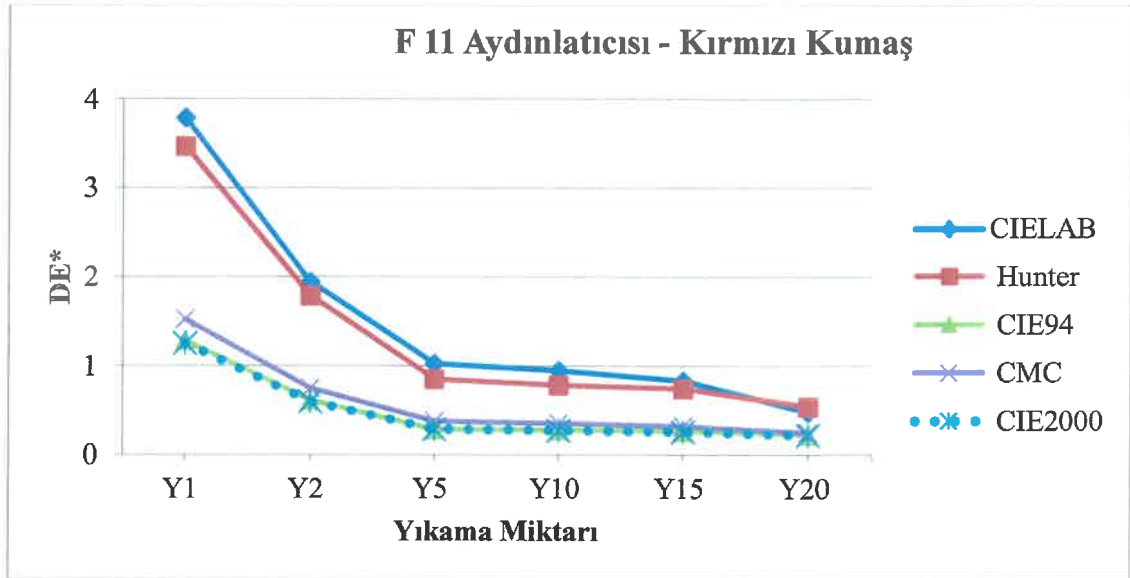
Şekil 4.39. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerinin yıkama sayılarına göre A aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi



Şekil 4.40. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre A aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi

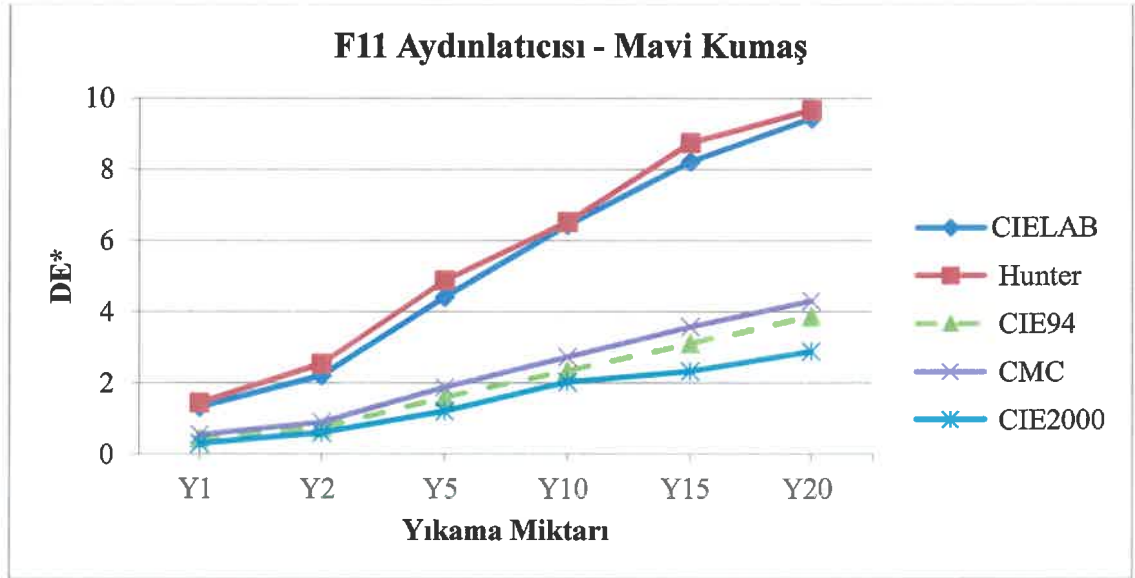
F11 aydınlatıcısı DE* renk değişimi değerleri de A aydınlatıcısı altındaki DE* ve DE değerlerine benzer çıkmaktadır. Kırmızı boyarmadde ile boyanan kumaşta renk farkı değerleri ilk yıkamada 1'in üzerinde çıkarken, ikinci yıkamada CIE94, CMC ve CIE2000 renk farkı formülasyonlarının ölçümü 1 değerinin altında geçer değer vermektedir. Yirminci yıkama sonunda, en yüksek DE değeri Hunter formülasyonunda elde edilmektedir (Şekil 4.41)

Mavi boyarmadde ile boyanan kumaşta yıkama sayısı arttıkça renk değişimi de artmaktadır. En yüksek DE değeri Hunter formülasyonunda gözlemlenmektedir (Şekil 4.42)

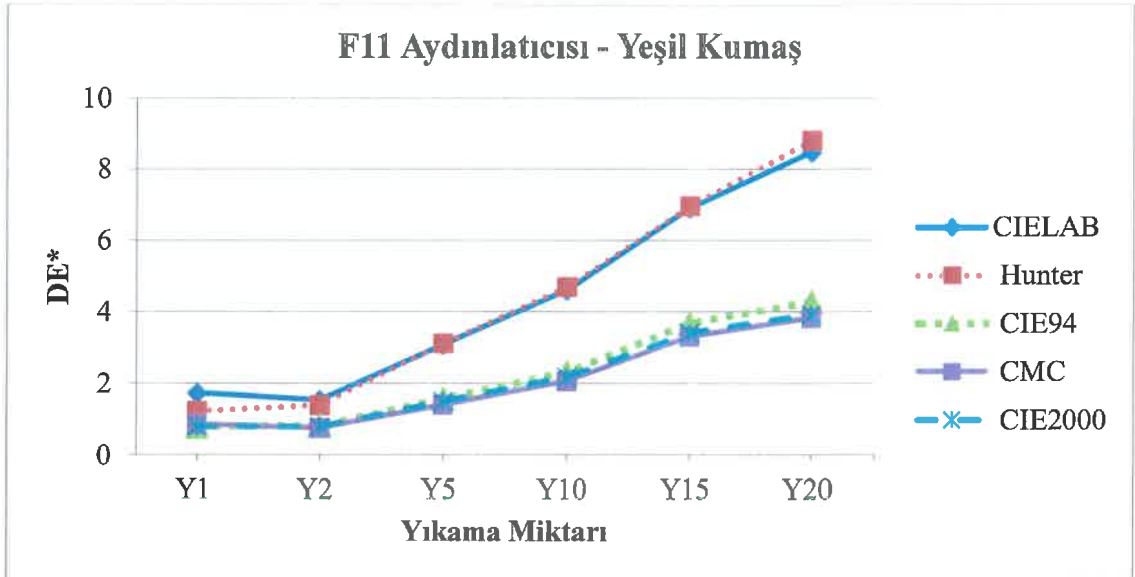


Şekil 4.41. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre F11 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi

Şekil 4.43'te yeşil boyarmadde ile boyanan kumaşta, özellikle beşinci yıkama sonrası tüm DE* ve DE değerleri 1'in üzerinde ve kalır değer verirken, yirminci yıkama sonunda en yüksek DE değeri Hunter formülasyonunda gözlemlenmiştir.

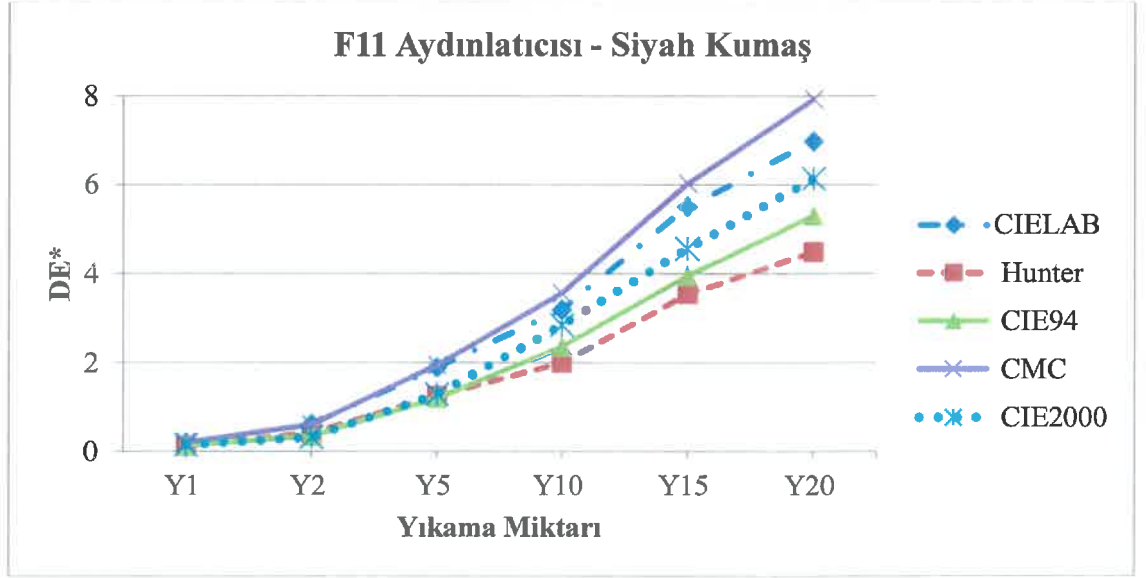


Şekil 4.42. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre F11 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi



Şekil 4.43. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre F11 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi

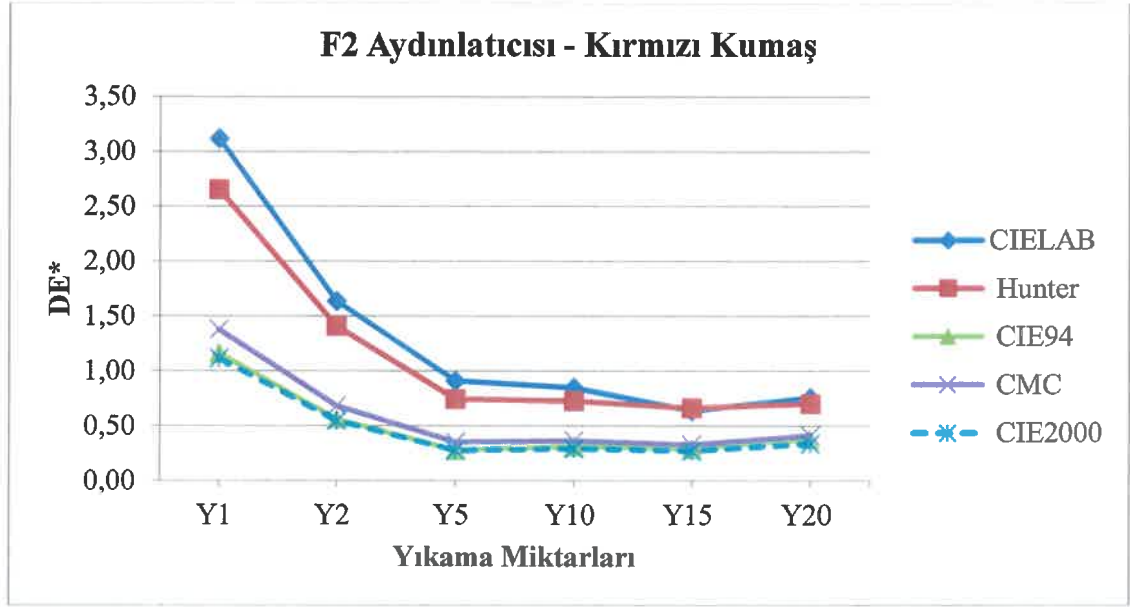
Şekil 4.44'te siyah boyarmadde ile boyanan kumaşın DE* ve DE değerleri de benzer sonuç vermektedir; ancak en yüksek DE* değeri CMC formülasyonunda gözlemlenmiştir.



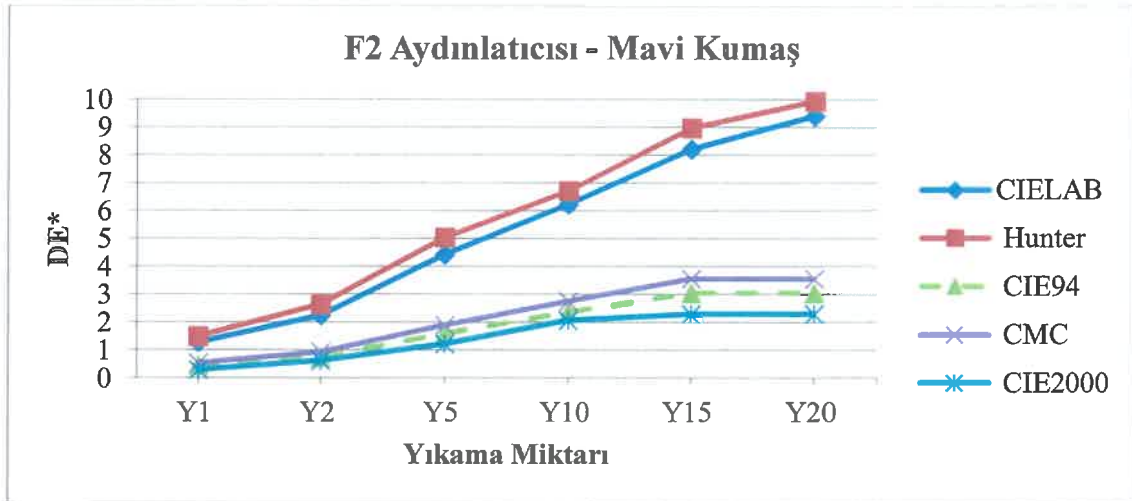
Şekil 4.44. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre F11 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi

F2 aydınlatıcısı altında DE* değerleri incelendiğinde, kırmızı boyarmadde ile boyanan pamuklu örme kumaş DE* değerlerinin ilk yıkama sonrası 1 değerinin üzerinde ve kalır sonuç verdiği gözlemlenmektedir. Diğer taraftan, özellikle 5. yıkama sonuçlarından itibaren tüm renk farkı formülasyonlarına göre DE* ve DE değerleri 1'in altında ve geçer değer göstermektedir. 20. yıkama sonunda en yüksek DE* değerleri CIELAB formülasyonunda elde edilmiş olup; en düşük fark CIE2000 formülasyonunda gözlemlenmektedir (Şekil 4.45).

Şekil 4.46'da mavi boyarmadde ile boyanmış kumaşa ise tüm renk farkı formülasyonlarında yıkama sayıları arttıkça renk değişimi de artmaktadır. En yüksek DE* ve DE değerleri CIELAB ve Hunter sistemlerinde görülürken, en düşük değer CIE2000'de görülmektedir.



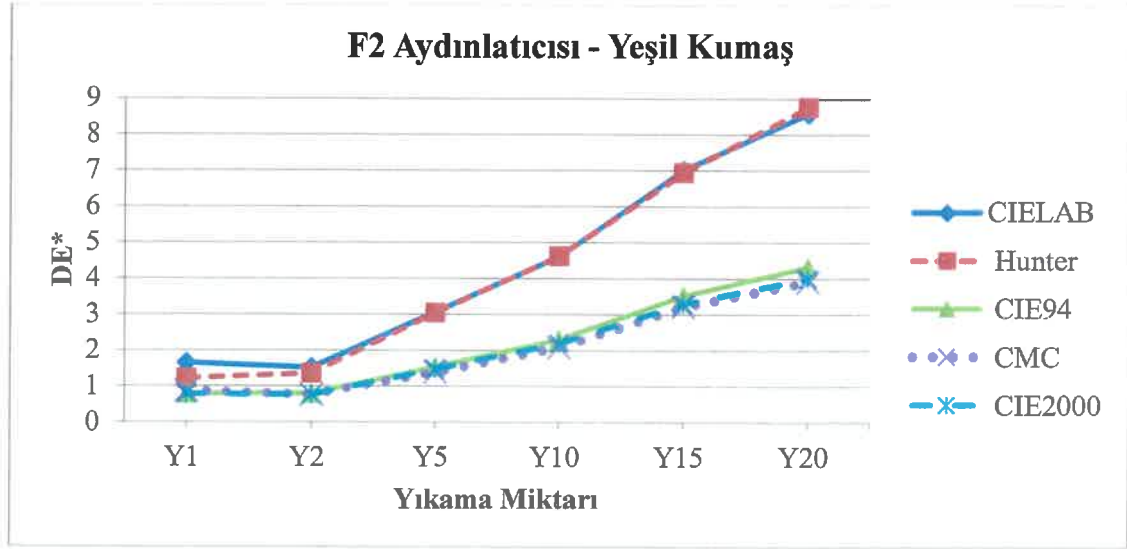
Şekil 4.45. Kırmızı boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre F2 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi



Şekil 4.46. Mavi boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre F2 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi

Yeşil boyarmadde ile boyanan kumaşlarda CIELAB ve Hunter sistemlerine göre hesaplanan renk farkı değişimi değerleri birbirine çok benzer sonuç oluşturarak, DE* ve DE değeri 1'in üzerinde ve kalır sonucu elde edilmiş olup, yıkama sayıları arttıkça, renk

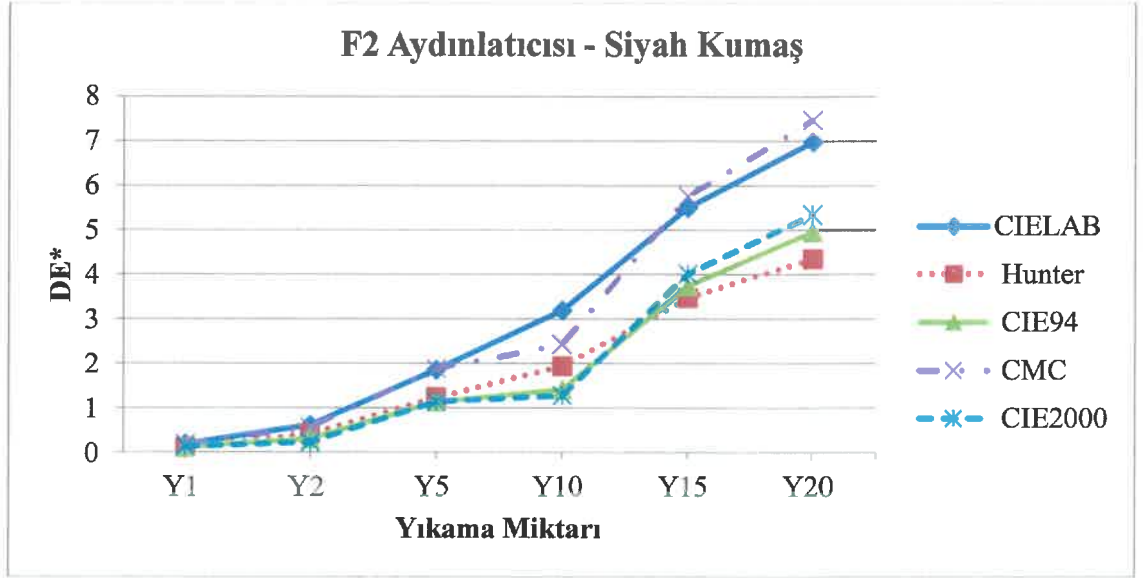
farklarının da arttığı gözlemlenmiştir. En yüksek DE değeri Hunter sisteminde ölçülmektedir (Şekil 4.47).



Şekil 4.47. Yeşil boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre F2 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi

Siyah boyarmadde ile boyanan kumaşta, ilk iki yıkamada tüm renk farkı formülasyonlarına göre DE* ve DE değerleri 1'in altında ve geçer değer verirken beşinci ve sonraki yıkamalarda renk farkı değerleri 1'in üzerinde ve kalır şeklinde ifade edilmektedir. En yüksek DE* değeri CMC formülasyonunda, en düşük renk farkı değeri ise Hunter formülasyonunda ölçülmüştür (Şekil 4.48).

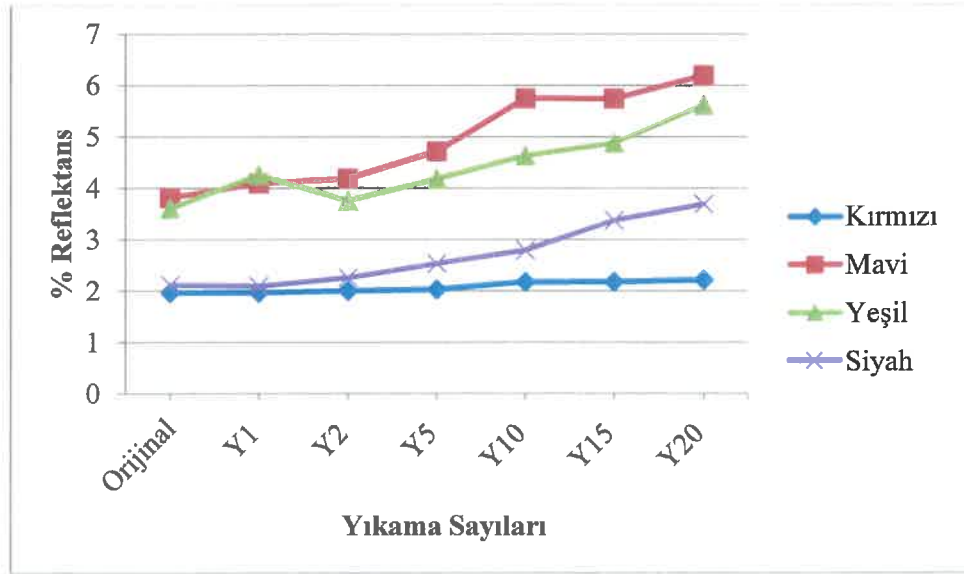
Farklı aydınlatıcılar altında (D65, A, F2, F11) incelenen renk farkı değerlerinde, mavi ve yeşil reaktif boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşların en yüksek DE* değerlerine sahip olduğu gözlemlenmektedir. Siyah ve yeşil boyarmadde ile boyanmış kumaşlarda ise tüm aydınlatıcılar arasında CMC renk farkı formülasyonlarının en yüksek değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.48. Siyah boyarmadde ile boyanmış pamuklu örme kumaşın DE* ve DE değerlerinin yıkama sayılarına göre F2 aydınlatıcısı altında farklı renk farkı formülasyonlarına göre ölçülmesi

4.4 Reflektans (%) Değerleri

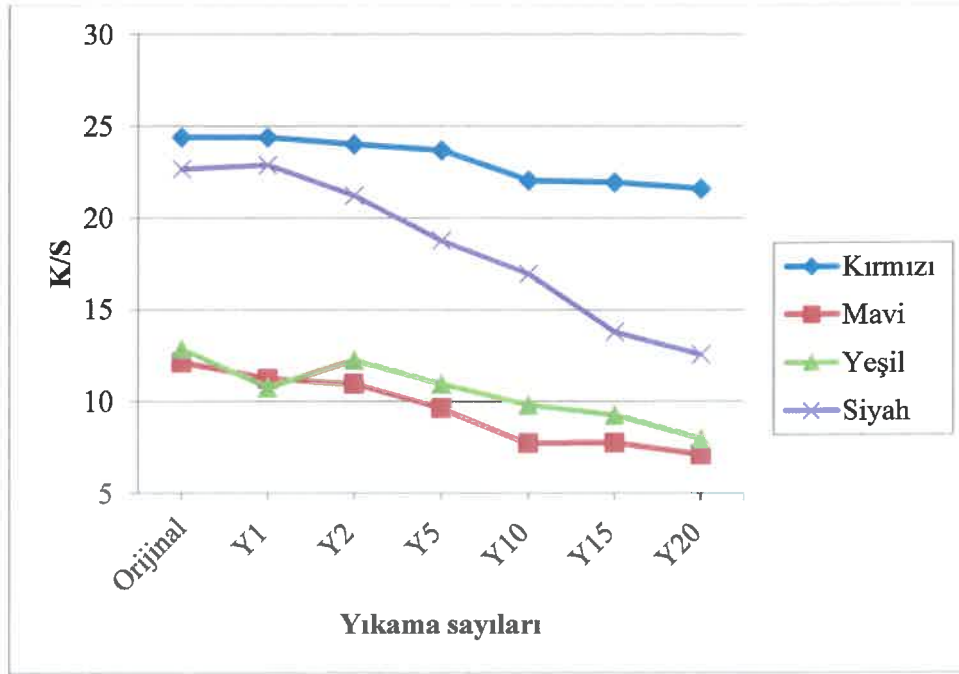
Şekil 4.49 incelendiğinde, farklı renklerde reaktif boya ile boyanmış olan pamuklu örme kumaşların yıkama sayılarına göre reflektans değerleri incelendiğinde, yıkama sayısı arttıkça reflektans değerlerinin de arttığı gözlemlenmektedir. Mavi ve yeşil boyarmadde ile boyanmış kumaşlarda reflektans değerleri kırmızı ve siyah boyarmaddeler ile boyanmış kumaşlara göre daha yüksek elde edilmiştir.



Şekil 4.49. Farklı renklerde boyanmış pamuklu örme kumaşların reflektans (%) değerlerinin yıkama sayılarına göre değişimi

4.5 K/S Değerleri

Genel bir kural olarak, kumaşların K/S değerleri aydınlatıcılara göre değişmezken, farklı renkte boyanmış tüm kumaşların yıkama sayıları arttıkça K/S değerleri azalmaktadır. K/S değerlerinin azalması rengin açıldığını gösterir. Şekil 4.50'ye göre, mavi ve yeşil boyarmadde ile boyanmış kumaşların K/S değerleri yıkama sonuçlarında en düşük değerleri verirken, renk kuvveti değeri en yüksek kırmızı boyalı kumaşta elde edilmiştir. Diğer renklerde açılma daha fazla olurken, bu oran kırmızı renkli kumaşta daha düşük çıkmıştır .



Şekil 4.50. Farklı renlerde boyanmış pamuklu örme kumaşların K/S değerlerinin yıkama sayılarına göre değişimi

4.6. Metamerizma Değerleri

Kumaşların ilk ölçümleri D65 aydınlatıcısı altında yapılmış, daha sonra A, F11 ve F2 aydınlatıcıları altında metamerizma değerleri ölçülmüştür.

Kırmızı boyarmadde ile boyanmış kumaşta 20. yıkama sonunda, en yüksek metamerizma değeri D65- A eşleşmesinde gözlemlenmektedir. En düşük değer D65-F2 aydınlatıcısında görülmektedir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Kırmızı kumaşın farklı yıkama miktarları sonunda D65 - A, F11, F2 aydınlatıcıları altında metamerizma değerleri

Kırmızı Renkli Kumaş Yıkama Miktarları	D65-A Aydınlatıcısı Altında Metamerizma Değerleri	D65-F11 Aydınlatıcısı Altında Metamerizma Değerleri	D65-F2 Aydınlatıcısı Altında Metamerizma Değerleri
1. Yıkama	0,38	0,65	0,32
2. Yıkama	0,29	0,18	0,04
5. Yıkama	0,26	0,20	0,18
10. Yıkama	0,49	0,34	0,23
15. Yıkama	0,53	0,45	0,03
20. Yıkama	0,45	0,28	0,20

Yeşil boyarmadde ile boyanmış kumaşta, 20. yıkama sonunda, en yüksek metamerizma değeri D65-A eşleşmesinde ölçülmüştür (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Yeşil kumaşın farklı yıkama miktarları sonunda D65 - A, F11, F2 aydınlatıcıları altında metamerizma değerleri

Yeşil Renkli Kumaş Yıkama Miktarları	D65-A Aydınlatıcısı Altında Metamerizma Değerleri	D65-F11 Aydınlatıcısı Altında Metamerizma Değerleri	D65-F2 Aydınlatıcısı Altında Metamerizma Değerleri
1. Yıkama	0,86	0,34	0,43
2. Yıkama	0,46	0,32	0,30
5. Yıkama	0,71	0,53	0,55
10. Yıkama	1,04	0,68	0,80
15. Yıkama	1,67	1,15	1,33
20. Yıkama	1,83	1,22	1,51

Mavi kumaşta ise, 20. yıkama sonundaki metamerizma değerleri D65-F11 ve D65-F2 aydınlatıcıları altında birbirine çok yakın değerler verirken, D65 - A aydınlatıcısı altında ise çok daha büyük metamerizma değerleri elde edilmektedir (Çizelge 4.3)

Çizelge 4.3. Mavi kumaşın farklı yıkama miktarları sonunda D65 - A, F11, F2 aydınlatıcıları altında metamerizma değerleri

Mavi Renkli Kumaş Yıkama Miktarları	D65-A Aydınlatıcısı Altında Metamerizma Değerleri	D65-F11 Aydınlatıcısı Altında Metamerizma Değerleri	D65-F2 Aydınlatıcısı Altında Metamerizma Değerleri
1. Yıkama	0,82	0,33	0,38
2. Yıkama	1,23	0,52	0,57
5. Yıkama	2,55	1,10	1,13
10. Yıkama	1,63	1,63	1,71
15. Yıkama	1,94	1,94	1,97
20. Yıkama	5,06	2,17	2,18

Siyah renkte ise, tüm aydınlatıcılar altında yıkama sayılarındaki artışla birlikte, D65- diğer aydınlatıcılar altında metamerizma değerleri artmakta, en yüksek sonuç D65 - A eşleşmesinde elde edilmektedir (Çizelge 4.4)

Çizelge 4.4. Siyah kumaşın farklı yıkama miktarları sonunda D65 - A, F11, F2 aydınlatıcıları altında metamerizma değerleri

Siyah Renkli Kumaş Yıkama Miktarları	D65-A Aydınlatıcısı Altında Metamerizma Değerleri	D65-F11 Aydınlatıcısı Altında Metamerizma Değerleri	D65-F2 Aydınlatıcısı Altında Metamerizma Değerleri
1. Yıkama	0,12	0,08	0,06
2. Yıkama	0,15	0,12	0,09
5. Yıkama	0,25	0,22	0,25
10. Yıkama	0,52	0,34	0,53
15. Yıkama	0,79	0,52	0,52
20. Yıkama	1,08	0,68	0,68

Işık haslığı dışındaki haslık değerleri 1'den 5'e kadar rakamlarla değerlendirilir. Rakamlar ve değerlendirme ifadeleri Çizelge 4.5'te belirtilmektedir.

ISO/AATCC standartlarına göre yapılan ölçümlerde, kırmızı renkteki kumaşta, farklı yıkama sayıları sonucunda hem renk değişimi hem de lekeleme gri skala (renk haslıkları) sonuçları değerlendirilmiş ve sonuçların "iyi" ve "çok iyi" olarak ölçüldüğü görülmüştür. 20. yıkama sonunda renk değişimi 4-5 arasında ölçülürken, lekeleme değeri 5 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.6)

Çizelge 4.5. Haslık Derecesi ve Değerlendirmesi

Haslık Derecesi	Değerlendirme
1	Çok az
2	Az
3	Orta
4	İyi
5	Çok iyi

Çizelge 4.6. Kırmızı renkli kumaşta yıkama miktarlarına göre gri skala yıkama haslık değerleri

Kırmızı Renkli Kumaşta Yıkama Miktarları	Yıkama Haslık Değerleri (Renk Değişimi)	Yıkama Haslık Değerleri (Lekeleme)
Y1	4	4-5
Y2	4-5	4-5
Y5	4-5	5
Y10	4-5	5
Y15	4-5	4-5
Y20	4-5	5

Mavi kumaşta yıkama sayıları arttıkça renk değişimi gözlenmiş, 20. yıkama sonunda 2-3 sonucu elde edilmiştir; lekeleme değerleri ise renk değişimi değerlerine göre daha yüksek ölçülmüş; ancak onda da yıkama sayısı arttıkça daha fazla lekeleme gerçekleştiği gözlemlenmiştir (Çizelge 4.7)

Çizelge 4.8’de yeşil kumaşta birinci ve ikinci yıkama sonuçları “iyi” olarak değerlendirilirken, 20. yıkama sonunda lekeleme değerleri “orta” ölçülmüştür.

Çizelge 4.7. Mavi renkli kumaşta yıkama miktarlarına göre gri skala yıkama haslık değerleri

Mavi Renkli Kumaşta Yıkama Miktarları	Yıkama Haslık Değerleri (Renk Değişimi)	Yıkama Haslık Değerleri (Lekeleme)
Y1	4-5	5
Y2	4-5	5
Y5	4	4-5
Y10	3	4-5
Y15	3	4
Y20	2-3	3-4

Çizelge 4.8. Yeşil renkli kumaşta yıkama miktarlarına göre gri skala yıkama haslık değerleri

Yeşil Renkli Kumaşta Yıkama Miktarları	Yıkama Haslık Değerleri (Renk Değişimi)	Yıkama Haslık Değerleri (Lekeleme)
Y1	4-5	5
Y2	4-5	5
Y5	3-4	4-5
Y10	2-3	4
Y15	2	3-4
Y20	1-2	3

Siyah renkli kumaşta renk değişimi yıkama sayısı arttıkça, renk değişimi de daha çok artmış, 20. yıkama sonunda “az” sonucu elde edilmiştir. Lekeleme değerleri ise, 20. Yıkama sonunda “iyi” olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Siyah renkli kumaşta yıkama miktarlarına göre gri skala yıkama haslık değerleri

Siyah Renkli Kumaşta Yıkama Miktarları	Yıkama Haslık Değerleri (Renk Değişimi)	Yıkama Haslık Değerleri (Lekeleme)
Y1	5	5
Y2	4-5	5
Y5	4	4-5
Y10	3	4-5
Y15	2-3	4
Y20	2	4

5. SONUÇ

Bu çalışmada farklı renk formülasyonlarının küçük renk farklılıkları karşısında olan hassasiyetinin araştırılması gerçekleştirilmiştir. Bu küçük renk farklılıkları yıkama haslığı testi yaparak elde edilmiştir. Formülasyonların hassasiyetini araştırırken hem renk çeşitliliği hem de aydınlatıcı çeşitliliği sağlanmıştır.

Yapılan ölçüm sonuçlarında, siyah kumaşta 20. yıkama sonunda, D65, A, F11 ve F2 aydınlatıcıları altında, en yüksek renk farkı DE* değerleri CMC formülasyonunda elde edilirken, en düşük değerler ise Hunter formülasyonunda elde edilmiştir. Yeşil renkli kumaşta ise 20. yıkama sonunda, D65, A, F11 ve F2 aydınlatıcıları altında, en yüksek renk değişimi DE değeri Hunter formülasyonunda elde edilirken, en düşük değerler CMC formülasyonunda elde edilmiştir. Kırmızı ve mavi renkli kumaşlarda, 20. yıkama sonunda, D65 ve A aydınlatıcıları altında, en yüksek DE* değeri CIELAB formülasyonunda elde edilirken en düşük değer D65, A, F11 ve F2 aydınlatıcıları altında, CIE2000 formülasyonunda gözlemlenmiştir. 20. yıkama sonundaki mavi renkli kumaşta, en yüksek DE değeri F2 aydınlatıcısı altında ve Hunter formülasyonunda ortaya çıkarken, kırmızı renkli kumaşta ise en yüksek DE değeri F11 aydınlatıcısı altında, yine Hunter formülasyonunda ölçülmüştür. Tüm aydınlatıcılar altında, en yüksek DE* değeri, 20.yıkama sonunda mavi kumaşta elde edilmiştir. Tüm aydınlatıcılar altında mavi kumaştaki DE* ve DE değerleri hem CIELAB hem de Hunter formülasyonlarında birbirine yakın değerler ölçülmüştür. Tüm aydınlatıcılar altında, CIE2000 formülasyonlarında DE* değerleri en düşük veya en düşüğe yakın çıkmaktadır.

L* ve L değerleri, 20. yıkama sonunda en yüksek D65 aydınlatıcısı altında yeşil kumaşta ölçülürken, CIELAB L* değerleri Hunter L değerlerine göre daha yüksek elde edilmektedir.

20. yıkama sonunda, a* değeri kırmızı kumaşta D65 ve A aydınlatıcıları altında en yüksek değerleri verirken, Hunter sisteminde de a değerleri yine kırmızı kumaşta en yüksek çıkmaktadır. (-) bölgedeki en yüksek değerler ise hem CIELAB hem de Hunter formülasyonlarında yeşil renkli kumaşta ve A aydınlatıcısı altında ölçülmektedir.

b^* ve b değerlerine 20. yıkama sonunda bakıldığında, hem CIELAB hem de Hunter formülasyonlarında, (+) bölgede kırmızı renkli kumaşın en yüksek değerlere sahip olduğu gözlemlenirken, (-) bölgede en yüksek değerler mavi kumaşta elde edilmiştir. Ancak, ölçülen b^* ve b değerleri birbirine yakın değildir.

h° değerleri incelendiğinde, siyah kumaşta yıkama sayıları arttıkça, özellikle 5. yıkamadan sonraki yıkamalarda, değerlerde ani bir düşüş gözlemlenmektedir. Bunun sebebi IV. bölgeden I. Bölgeye geçiş olmasıdır.

20. yıkama sonundaki en düşük metamerizma değerleri kırmızı boyarmadde ile boyanmış kumaşta ölçülürken; D-65-A, D65-F11, D65-F2 aydınlatıcılarında en yüksek metamerizma değerleri mavi renkli kumaşta gözlemlenmiştir. Tüm ölçümlerde D65-A aydınlatıcısı arasındaki metamerizma değerleri en yüksek çıkmıştır.

Gri skala değerlerine bakıldığında, 20. yıkama sonunda, en düşük yıkama haslığı (renk değişimi) değerleri yeşil kumaşta elde edilirken, en iyi değerler kırmızı renkli kumaşta elde edilmiştir. 20. yıkama sonunda, en düşük lekeleme haslığı yeşil renkli kumaşta; en iyi değerler ise kırmızı kumaşta elde edilmiştir.

Sonuç olarak, yapılan bu tez çalışmasından elde edilen deneysel sonuçlara göre farklı renk farkı formülasyonları (CIELAB, Hunter, CMC, CIE94, CIEDE2000) CIELAB renk uzayındaki farklı renk açısı bölgelerine ve renkleri açıklık-koyuluk değerleri değişimine hassastır. Benzer bir hassasiyet farklı aydınlatıcılar altında yapılan hesaplamalar için de elde edilmiştir. Genel olarak, en düşük renk farkı değerleri CIEDE2000, en yüksek renk farkı değerleri de farklı renk açısı bölgelerinde olacak üzere CIELAB, CMC ve Hunter formülasyonlarında elde edilmiştir. CMC formülasyonu özellikle yeşil bölgede ve düşük açıklık-koyuluk koordinat değerlerinde belirgin şekilde farklı sonuçlar vermiştir.

Elde edilen deneysel veriler özellikle CIELAB renk uzayının farklı renk açısı bölgelerinde farklı formüllerin kullanımının renk farkı sonuçlarının daha doğru değerlendirilmesini sağlayabileceği konusunda bir yargı ortaya koymuştur.

KAYNAKLAR

- Alpay, R., İskender, M.A., Becerir, B. 2000.** Askeri Tekstil Materyallerinin Üretiminde Renk ve Renk Uyumluluğunun Belirlenmesi. Levazım Maliye Sempozyumu, 66-70, İstanbul.
- Anonim,1997a.** BS EN ISO 105 C06:1997
- Anonim,1997b.** <http://learn.colorotate.org/wp-content/uploads/2013/06/lab.jpg> - (Erişim Tarihi:19.10.2016)
- Anonim, 2004.** <https://www.iso.org/standard/37645.html> -(Erişim tarihi: 12.06.2016)
- Anonim, 2007a.** <https://www.tse.org.tr/> -(Erişim tarihi: 02.04.2017)
- Anonim, 2007b.** http://www.xrите.com/-/media/xrite/files/literature/110/110-200_110-299/110-281_color_tolerancing_poster/110-281_colortolerancingposter_en.pdf -(Erişim tarihi: 03.03.2013)
- Anonim, 2009.**
http://80.251.40.59/veterinary.ankara.edu.tr/finans/Ders_Notlari/Ders_Notlari/Karbonhidratlar.html -(Erişim tarihi: 05.06.2014)
- (Anonim, 2012a.** <http://www.baib.gov.tr/files/downloads/PageFiles/%7B6f651356-9917-4851-b9d2-a855b4b89065%7D/Files/Ek1.pdf> -(Erişim tarihi: 17.01.2014)
- Anonim, 2012b.** <https://www.hunterlab.se/wp-content/uploads/2012/11/Hunter-L-a-b.pdf> -(Erişim tarihi: 05.12.2013)
- Anonim, 2012c.** <http://learn.colorotate.org/wp-content/uploads/2013/06/lab.jpg> - (Erişim tarihi:12.11.2013)
- Anonim, 2013.** <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/13018/002.cfm> - (Erişim tarihi: 25.12.2013)
- Anonim, 2015.** <http://www.rpdms.com/ellipsoid.gif> (Erişim tarihi: 18.03.2015)
- Anonim, 2016a.** <http://i.imgur.com/AsZWV76.png> -(Erişim tarihi: 01.02.2016)
- Anonim, 2016b.** http://www.technidyneblog.com/2016_05_01_archive.html -(Erişim tarihi: 05.06.2016)
- Anonim, 2017a.** https://en.wikipedia.org/wiki/Standard_illuminant -(Erişim tarihi: 29.03.2017)
- Anonim, 2017b.** <http://www.konicaminolta.eu/en/measuring-instruments/learning-centre/light-measurement/light/light-sources-and-illuminants.html> -(Erişim tarihi: 27.03.2017)
- Anonim, 2017c.** https://en.wikipedia.org/wiki/Color_difference -(Erişim tarihi: 02.04.2017)
- Anonim, 2017d.** <http://www.colourinterlink.com/dp8t.html>-(Erişim tarihi: 01.04.2017)
- Anonim, 2017e.** <https://www.hunterlab.com/duplicate-of-an-1005-hunterlab-vs-cie-lab.pdf>-(Erişim tarihi: 05.02.2017)
- Aspland, J.K. 1992a.** Reactive dyes and their application. *Textile Chemist and Colorist*, 24(5):31-36.
- Aspland, J.K. 1992b.** Practical application of reactive dyes. *Textile Chemist and Colorist*, 24(6):35-40.
- Becerir, B. 1998.** Renk ölçüm cihazlarının temel özellikleri. *Tekstil Terbiye ve Teknik* (09):58-63.
- Becerir, B. 2002a.** Renk toleransları ve geçer/kalır değerlendirmeleri, *Tekstil ve Teknik*, (12): 176-181.

- Becerir, B. 2002b.** "CIELAB Renk Uzayında Farklı Renk Formülasyonlarının Renk Değerlendirmeleri Üzerindeki Etkisi", 4. Ulusal Aydınlatma Kongresi, 86-93, İstanbul.
- Clark, M. 2011.** Handbook of textile and industrial dyeing, (volume 1). Woodhead Publishing Limited, UK, 680pp.
- Cui, G., Luo, M.R., Rigg, B., Butterworth, M., Dakin, J. 2004.** Grading textile fastness. Part 3: Development of a new fastness formula for assessing change in colour. *Coloration Technology*, 120(5): 226-230.
- Demirhan, F., Meriç, B. 2005.** Örme kumaş ve giysilerde yıkama ve kurutma sonrası boyut değişimlerinin incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(3): 381-390.
- İçoğlu, H.İ. 2006.** Pamuklu dokunmuş kumaşların reaktif boyarmaddelerle boyanması ve uygulama yöntemlerinin incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Adana
- Kireççi, A , Parlakyigit Erdal, P , İçoğlu, H . 2009.** Vorteks ve ring ipliklerinden üretilmiş pamuklu örme kumaşların renk değerleri ve renk haslıkları açısından karşılaştırılması. *Ege üniversitesi tekstil ve konfeksiyon dergisi*, 19 (4): 304-311.
- Küni, G. 2009.** Reaktif Kırmızı 195 Azo Boyarmaddesinin İleri Oksidasyon Yöntemleriyle Parçalanması. *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Lewis, D.M. 2014.** Developments in the chemistry of reactive dyes and their application processes. *Coloration Technology*, 130(6): 382-412.
- Luo, M.R. 2002.** Development of colour-difference formulae. *Coloration Technology*, 32(1): 28-39.
- Mangut, M., Karahan, N. 2005.** Tekstil Lifleri. Ekin Kitabevi, Bursa, s:1-77.
- Marmaralı B.A., 2004.** Örmeciliğe Giriş, E.Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayını, Yayın no:9, ISBN no: 975-483-448-2, İzmir.
- Mavruz, S., Oğulata, R. 2009.** Pamuklu örme kumaşlarda hava geçirgenliğinin incelenmesi ve istatistiksel olarak tahminlenmesi. *Ege Üniversitesi Tekstil Ve Konfeksiyon Dergisi*, 19 (1): 29-38.
- McDonald, R., Smith, K.J. 1995.** CIE94-a new colour-difference formula. *Coloration Technology*, 111(12): 376-379.
- Perkins, W.S. (1996).** Textile Coloring and Finishing. Carolina Academic Press, North Carolina, USA, 240pp.
- Phillips, D., Lakhnopal, R., Bevan, G., Lloyd, J. 1999.** An international inter-laboratory trial of the proposed ISO 105-C08 test procedure: a single wash test protocol using a detergent incorporating a lowtemperature bleach activator. *Coloration Technology*, 115(11): 339-341.
- Phillips, D., Scotney, J., Kenyon, D. 2001.** Application of the proposed ISO 105-C09 single cycle test to predict the oxidative-bleach colour fading of dyed cotton fabrics to repeated laundering with a detergent base containing different bleach and bleach-activator systems. *Coloration Technology*, 117(5): 247-250.
- Phillips, D., Scotney, J., Percival, R., Bevan, G., Lloyd, J. 2002.** Colour fastness to industrial laundering: an international inter-laboratory trial of the proposed ISO 105-C12 test procedure. *Coloration Technology*, 118(6): 277-280.
- Phillips, D., Percival, R., Scotney, J., Bevan, G., Lloyd, J. 2003.** Effect of liquor ratio on the shade change and cross-staining observed in the ISO 105-C08 test. *Coloration Technology*, 119(3): 177-181.

- Phillips, D., Percival, R., Scotney, J., Bevan, G., & Lloyd, J. 2004.** An interlaboratory trial of the effects of reducing liquor to cloth ratio in the ISO 105-C08 test on repeatability and reproducibility. *Coloration Technology*, 120(2): 77-79.
- Sharma, G., Wu, W., Dalal, E.N. 2005.** The CIEDE2000 color-difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. *Color Research & Application*, 30(1): 21-30.
- Taylor, J. A. 2000.** Recent developments in reactive dyes. *Coloration Technology*, 30(1): 93-108.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Esra ÜNLÜPİNAR
Doğum Yeri ve Tarihi :Ankara/1983
Yabancı Dili :İngilizce, Almanca
Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)
Lise :Ankara Gölbaşı Anadolu Lisesi (2001)
Lisans :Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
Tekstil Mühendisliği (2005)
Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl :Demirtaş Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü
(2015-halen)
İletişim (e-posta) :esraunlupinar@yahoo.com.tr