

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**Pamuk Liflerinin Roselle (Hibiskus Sabdariffa) Bitkisi Özütü ile
Boyanabilirliğinde, Yüzey Özelliklerinin Etkisi ve Fizikokimyasal Değişkenlerin
Değerlendirilmesi**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Fatih ÖZCAN

Kimya Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet GÜLTEK

TEMMUZ 2025

T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**Pamuk Liflerinin Roselle (Hibiskus Sabdariffa) Bitkisi Özütü ile
Boyanabilirliğinde, Yüzey Özelliklerinin Etkisi ve Fizikokimyasal Değişkenlerin
Değerlendirilmesi**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Fatih ÖZCAN
(36223613903)

Kimya Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Ahmet GÜLTEK

TEMMUZ 2025

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının her aşamasında yardım, öneri, bilgi, tecrübe ve desteklerini esirgemedi beni her konuda yönlendiren danışman hocam Sayın **Prof. Dr. Ahmet GÜLTEK'e**,

Deneysel çalışmalarım boyunca desteklerini esirgemeyen hocalarım **Arş. Gör. Dr. F. Nülüfer KIVILCIM, Dr. İmren ÖZCAN** ve Fizikokimya Laboratuvar ekibine

Çalışmalarında, ayrıca tüm hayatım boyunca olduğu gibi bu çalışmalarım süresince benden her türlü desteklerini esirgemeyen sevgili **Annem, Babam, Ablam** ve eşim **Büşra** ile kızım **Duru'ya**,

Tez çalışmam boyunca sağladığı kurumsal destek, anlayış ve teşvik edici çalışma ortamı nedeniyle görev yaptığım **ILSAN TEKSTİL'e** ve **Değerli Yöneticilerine**,

Tezin uygulama aşamasında FYL-2021-2337 no'lu proje ile vermiş oldukları maddi ve manevi destekten dolayı, İnönü Üniversitesi **BAP** birimine teşekkür ederim.

ONUR SÖZÜ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “**Pamuk Liflerinin Roselle (Hibiskus Sabdariffa) Bitkisi Özütü ile Boyanabilirliğinde, Yüzey Özelliklerinin Etkisi ve Fizikokimyasal Değişkenlerin Değerlendirilmesi**” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığına ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Mehmet Fatih ÖZCAN



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ	i
ONUR SÖZÜ	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
TABLolar DİZİNİ	vi
RESİMLER DİZİNİ.....	vii
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Doğal Boyamacılığın Geçmişi	9
1.2 Doğal Boyamada Renklerin Eldesi	10
1.3 Doğal Boyamacılığın Günümüzdeki Yeri	12
2. KURAMSAL TEMELLER	15
2.1. Boya Tanımı	15
2.2. Boya Türleri.....	15
2.2.1.1. Kimyasal kökenine göre boya türleri	15
2.2.1.2. Uygulama yöntemine göre boya türleri	15
2.2.1.3. Tekstil boyacılığına özel boya türleri	16
2.2.1.3.1. Reaktif boyalar.....	19
2.2.1.3.2. Dispers boyalar	20
2.3. İnsan Yaşamında Renklerin Önemi ve Gelişimi	21
2.4. Doğal Boyalar.....	24
2.4.1. Doğal boyaların sınıflandırılması.....	25
2.4.1.1. Kökenine göre sınıflandırma	25
2.4.1.2. Uygulama yöntemine göre sınıflandırma.....	26
2.4.1.3. Kimyasal bileşime göre doğal boyalar	27
2.5. Doğal Boyaların Özellikleri.....	28
2.5.1. Doğal boyaların çıkarılması için yöntemler	29
2.4.3 Doğal boyaların tekstil endüstrisinde uygulanması	30
2.6. Doğal Boyamacılıkta Boyama Yöntemleri ve Mordanlama	31
2.6.1. Mordanlama.....	31
2.6.2. Boyama.....	33
2.6.2.1. Boyama işlemi	34
2.6.2.2. Mordanlı boyama yöntemleri	35
2.7. Boyarmadde Analiz Yöntemleri.....	36
2.7.1. İnce tabaka kromatografisi (İTK).....	36
2.7.2. Yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC)	37
2.7.3. Spektroskopik yöntemler.....	38
2.7.4. Özel yöntemler	39
3. MATERYAL ve YÖNTEM	41
3.1. Hibiskus (Hibiscus sabdariffa) Özütü ile Yapılan İlk Boyama Denemesi ..	44
3.2. Hibiskus Özütü ile Yapılan İkinci Boyama Denemesi	44
3.3. Hibiskus Özütü ile Yapılan Üçüncü Boyama Denemesi	45
3.4. Hibiskus Özütü ile Yapılan Dördüncü Boyama Denemesi (Başarılı Sonuç).....	45
3.5. Hibiskus Özütü ile Yapılan Beşinci ve Altıncı Boyama Denemeleri.....	47
3.6. Farklı Kimyasal Ortamda Hibiskus Özütü ile Boyama Denemesi.....	48

3.7. Yüksek Sıcaklıkta %100 Polyester Elyaf Üzerinde Boyama Denemesi ve Elyaf Ayırma İşlemi.....	49
3.8. NaCl Katkısı ile Hibiskus Özütü Kullanılarak Yapılan Boyama Denemesi.....	50
3.9 Yüksek pH Koşullarında Hibiskus Özütü ile Boyama Denemesi.....	52
3.10 Sulu Sodyum Sülfat Katkısı ile Hibiskus Özütü Kullanılarak Yapılan Boyama Denemesi.....	53
3.11 Alüminyum Tuzu ile Mordanlama Denemeleri.....	56
3.12 Demir İyonu ile Mordanlama Denemeleri	57
3.13 Potasyum Tuzu ile Mordanlama Denemeleri	58
3.14 Potasyum Tuzu ile Yüksek Sıcaklıkta (130 °C) Mordanlamalı Polyester Boyama Denemeleri.....	59
3.15 Demir Tuzu ile Yüksek Sıcaklıkta (130 °C) Mordanlamalı Polyester Boyama Denemeleri.....	60
3.16 Kalay Tuzu ile Boyama Öncesi, Sırası ve Sonrası Mordanlama Uygulamaları (130 °C).....	61
3.17 Alüminyum Tuzu ile Boyama Öncesi, Boyama Sırası ve Boyama Sonrası Mordanlama Uygulamaları (130°C).....	63
3.18 Polivinilamin ile Modifiye Edilmiş Kumaşlarla Yapılan Boyama Denemeleri	66
3.19Selüloz Yüzeyinin 1,4-bütan sültan ile sülfobütillasyonu.....	68
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	73
KAYNAKLAR.....	74
ÖZGEÇMİŞ	84

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 : Hibiskus çiçeğinin resmi ve cyanidin 3-sophoroside bileşiğinin kimyasal yapısı	7
Şekil 2.1 : Doğal boyaların kökenlerine göre sınıflandırılması.....	25
Şekil 2.2 : Doğal boyaların uygulama yöntemlerine göre sınıflandırılması	27
Şekil 2.3 : Kimyasal bileşime göre doğal boyaların sınıflandırılması	28
Şekil 3.1 : Selüloz yüzeyinin 1,4-butan sültone ile modifikasyonu.....	37
Şekil 3.2 : Poli (N-vinil formamit)’ten polivinilamin (PVAm) sentez şeması	64
Şekil 3.3 : Poli (N-vinil formamit)’ten polivinilamin (PVAm) sentezi	65
Şekil 3.4: Poli(N-vinil formamit)’ten polivinilamin (PVAm) sentezine ilişkin FT-IR spektrumu	66
Şekil 3.5: 1,4-Bütansülton ile selüloz’un sülfobütilyasyonu	69

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2.1 : Reaktif ve dispers boyar maddelerin karşılaştırılması.....	21
Tablo 3.1 : Yalnızca Hibiscus Özütü kullanılarak yapılan boyama denemelerinin özet tablosu.....	43
Tablo 3.2 : Hibiscus özütü ile mordanlamalı boyama çalışmalarının özet tablosu.....	55
Tablo 3.3 : Polivinilamin ile yüzey modifikasyonu ile yapılan boyama çalışmalarının özet verileri.....	67
Tablo 3.4 : 1,4-butan sültone ile yüzey modifikasyonu ile yapılan boyama çalışmalarının özet verileri.....	69
Tablo 3.5 : Selüloz yüzeyinin 1,4-butan sültone ile modifikasyonu.....	71

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1.1 : Hibiskus bitkisine ait görseller.....	2
Resim 1.2 : Koşinil böceği.....	12
Resim 2.1 : Günümüz fabrikalarından mordanlama işleminden bir görüntü.....	32
Resim 2.2 : Laboratuvarımızdan ince tabaka kromatografi örneği.....	36
Resim 2.3 : İnönü Üniversitesi İBTAM bünyesinde bulunan HPLC cihazı.....	38
Resim 2.4 : İlsan Tekstil bünyesinde bulunan spektrofotometri cihazı.....	40
Resim 3.1 : Hibiskus bitkisinin çiçekleri: Dalında ve kurutulmuş.....	42
Resim 3.3 : Boyama işlemlerinin gerçekleştirildiği kapların resmi	43
Resim 3.4 : Hibiskus özütü kullanılarak gerçekleştirilen ilk ve ikinci denemelere ait resimler.....	45
Resim 3.5 : a) 60 °C’de hibiskus özütü ile yapılan boyama denemesi; b) 90 °C’de hibiskus özütü ile yapılan boyama denemesi.....	46
Resim 3.6 : B ve C görsellerindeki boyamaların spektrofotometri sonucu.....	46
Resim 3.7 : 90 °C’de daha önce olumsuz sonuç alınan kumaş tiplerinde tekrarlanan boyama sonuçlarına ait resimler	47
Resim 3.8 : A ve C görsellerinin spektrofotometri sonucu	47
Resim 3.9 : 3 g/L sulu sodyum sülfat+ 3 g/Lt Na ₂ CO ₃ ile pH 8,2’de 95 °C’de yapılan boyama çalışması.....	48
Resim 3.10 : A ve B görselleri arasında alınan spektrofotometri görseli- C ve D görselleri arasında alınan spektro görseli.....	49
Resim 3.11 : Sodyum Sülfat (Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O) ve Soda (Na ₂ CO ₃) ile ortam koşulları değiştirilerek yapılan boyama çalışmaları.....	49
Resim 3.12 : Polyester elyafının boyanabilirliğinin analizi için 130 C de yapılan boyama çalışmaları.....	50
Resim 3.13 : Düşük pH ve yüksek sıcaklık koşullarında NaCl kullanılarak farklı kumaş türlerinin boyama sonuçları.....	51
Resim 3.14 : A ve C görselleri arasında alınan spektrofotometri sonucu	51
Resim 3.15 : Ortama kostik (sıvı Na ₂ CO ₃) ilave edilerek yapılan boyama denemeleri	52
Resim 3.16 : Sanayide yaygın olarak kullanılan sodyum sülfat ilavesiyle boyama yapılan kumaş resimleri.....	53
Resim 3.17 : A ve B görselleri için alınan spektrofotometri sonucu- D ve E görselleri için alınan spektrofotometri görseli.....	54
Resim 3.18 : Alüminyum metali kullanılarak, boyama esnasında, boyama öncesinde ve boyama sonrasında mordanlama işlemleri uygulanan kumaş resimleri	56
Resim 3.19 : Resim 3.18 A ve B görselleri arasında alınan spektrofotometri sonucu	57
Resim 3.20 : Demir çözeltisi kullanılarak, boyama esnasında, boyama öncesinde ve boyama sonrasında mordanlama işlemleri uygulanan kumaş resimleri.....	58
Resim 3.21 : Potasyum çözeltisi kullanılarak, boyama esnasında, boyama öncesinde ve boyama sonrasında mordanlama işlemleri uygulanan kumaş resimleri.....	59
Resim 3.22 : Potasyum tuzu kullanılarak boyama öncesinde ve boyama sonrasında mordanlama işlemleri uygulanan kumaş resimleri.....	60
Resim 3.23 : Demir metali kullanılarak boyama öncesinde ve boyama sonrasında mordanlama işlemleri uygulanan kumaş resimleri.....	61
Resim 3.24 : Kalay metali kullanılarak, boyama esnasında, boyama öncesinde ve boyama sonrasında mordanlama işlemleri uygulanan kumaş resimleri.....	62
Resim 3.25 : A ve C görselleri arasında alınan spektrofotometri sonucu.....	63
Resim 3.26 : Alüminyum metali kullanılarak, boyama esnasında, boyama öncesinde ve boyama sonrasında mordanlama işlemleri uygulanan kumaş resimleri.....	64
Resim 3.27 : Deneylerin yapılışına ait görseller.....	65
Resim 3.28 : Deneylerin yapılışına ait görseller.....	65
Resim 3.29 : 60 °C ve 90 °C görselleri arasında alınan spektrofotometri sonucu	68

Resim 3.30 : 60 °C ve 90 °C görselleri arasında alınan spektrofotometri sonucu	70
Resim 3.31 : NaCl ve Na ₂ CO ₃ görselleri arasında alınan spektrofotometri sonucu	70



SEMBOLLER VE KISALTMALAR

g	: Gram
L	: Litre
PVAm	: polivinilamine
PNVF	: poli(<i>N</i> -vinilformamid)
AIBN	: Azobisisobutyronitril
NaOH	: Sodyum Hidroksit
HCl	: Hidroklorik asit
pH	: Bir çözeltinin asitlik veya bazlık derecesini tarif eden ölçü birimidir
Na₂SO₄	: Sodyum Sülfat
Na₂CO₃	: Sodyum Karbonat
NaCl	: Sodyum Klorür
KAl(SO₄)₂	: Potasyum Alüminyum Sülfat
Al₂(SO₄)₃	: Alüminyum Sülfat
KAl(SO₄)₃.12H₂O	: Şap (potasyumalüminyumsülfat)
FeSO₄.7H₂O	: Demir Şapı (demir sülfat)
CuSO₄.5H₂O	: Bakır Şapı (bakır sülfat)
SiO₂	: Silikajel
Al₂O₃	: Alüminyum Oksit
İTK	: İnce Tabaka Kromatografisi
HPLC	: Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi
NMR	: Nükleer Magnetik Rezonans
ESR	: Elektron Spin Rezonans
LC-MS	: Sıvı Kromatografisi-Kütle Spektroskopisi
UV-GB	: Görünür Bölge (GB) Moleküler Absorpsiyon Spektroskopisi
IR	: Infrared Spektroskopisi
SnCl₂	: Kalay Klorür
K₂Cr₂O₇	: Potasyum Dikromat

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Pamuk Liflerinin Roselle (Hibiskus Sabdariffa) Bitkisi Özütü ile Boyanabilirliğinde,
Yüzey Özelliklerinin Etkisi ve Fizikokimyasal Değişkenlerin Değerlendirilmesi

Mehmet Fatih ÖZCAN

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalı

84 + xi sayfa

2025

Danışman: Prof. Dr. Ahmet GÜLTEK

Kumaş üretimi ve renklendirilmesinin tarihi günümüzden yaklaşık olarak 5000 yıl öncesine kadar gitmektedir. Tarih boyunca kumaşların renklendirilmesinin amacı sadece estetik değil, aynı zamanda sosyal konumun veya sınıfın bir ifadesi olarak da kullanılmıştır. Bazı böcek ve bitkilerin kök, yaprak veya çiçeklerinden elde edilen doğal boyalar binlerce yıldır kıyafetleri ve diğer tekstil kumaşlarını ve deriyi boyamak için kullanılmaktadır. Ancak, doğal boyaların yün, pamuk ve deri gibi malzemelerin yüzeylerine tutunması ve kalıcı olması güç olduğundan yıkama ve kullanım koşullarından kaynaklı olarak zaman içerisinde rengi solmaktadır. Bu tez kapsamında, doğal pigment olarak Roselle (kerkede) (Hibiskus Sabdariffa) bitkisi çiçeklerinin özütü kullanılarak mordanlama ve yüzey modifikasyonu ile yapılan boyamaların haslığına yüzey modifikasyonu, iyon şiddeti, sıcaklık ve pH gibi fizikokimyasal değişkenlerin etkisi araştırılmıştır. Bu bağlamda, pamuk iplik ve kumaşların yüzeyi mordanlama kimyasallarına alternatif olarak poliamin modifikasyonu ile katyonik hale getirilmiş ve ayrıca, pamuk liflerinin yüzeyleri 1,4-butan sültone ile modifiye edilerek doğal pigmentlerin selüloz yüzeyine reaktif boya gibi kovalent olarak bağlanması sağlanmıştır. Değişik mordanlama kimyasallarıyla yapılan boyamalarda farklı renkler oluşmasına rağmen poliamin ve 1,4-butan sültone ile yapılan yüzey modifikasyonlarından sonra yapılan boyamalarda sabit, parlak ve haslığı yüksek boyamalar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Pamuk, bitkisel boya, roselle, hibisküs, yüzey modifikasyonu

ABSTRACT

Master Thesis

Evaluation of the Effect of Surface Properties, and Physico chemical Parameters on the Dyeability of Cotton Fibers with Roselle (*Hibiscus Sabdariffa*) Plant Extract

Mehmet Fatih ÖZCAN

Inonu University
Graduate School of Nature and Applied Sciences
Department of Chemistry

84 + xi sayfa

2025

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet GÜLTEK

The fabric production and coloring history dates back to approximately 5000 years ago. Throughout history, the purpose of coloring fabrics has not only been aesthetic, but also an expression of social status or class. Natural dyes obtained from the roots, leaves or flowers of some insects and plants have been used for thousands of years to dye clothes, other textile fabrics and leather. However, since natural dyes have difficulty adhering to the surfaces of materials such as wool, cotton and leather and being permanent, their colors fade over time due to washing and usage conditions. Within the scope of this thesis, the effects of physicochemical variables such as surface modification, ionic strength, temperature and pH on the fastness of dyeings made by mordanting and surface modification using the extract of Roselle (kerkede) (*Hibiscus Sabdariffa*) plant flowers as a natural pigment were investigated. In this context, the surface of cotton yarns and fabrics was made cationic by polyamine modification as an alternative to mordanting chemicals and also, the surfaces of cotton fibers were modified with 1,4-butane sultone to enable natural pigments to be covalently bound to the cellulose surface like reactive dyes. Although different colors were formed in the dyeings made with different mordanting chemicals, fixed, bright and high-fastness dyeings were obtained in the dyeings made after surface modifications made with polyamine and 1,4-butane sultone.

Keywords: Cotton, plant dye, roselle, hibiscus, surface modification

1. GİRİŞ

Doğal boyalar binlerce yıldır kıyafetleri ve diğer tekstil kumaşlarını boyamak için kullanılmaktadır. Ancak, müzelerde sergilenen eski tekstillerin genellikle parlaklığını ve orijinal renklerini korumadığı görülmektedir. Bu da doğal boyaların zaman içerisinde, güneş ışığından ve UV ışınlarından etkilendiğini göstermektedir [1]. Boyamacılıkta doğal pigment kullanımı onların doğal kaynaklardan elde edilmesi, yenilenebilir olması, çevreye ve canlı yaşamına zararlı olmamaları büyük bir avantajken; büyük ölçeklerde kullanım için fiyatının pahalı olması, ürünün doğal yaşam şartları ve kullanım sırasında maruz kalacağı etkilere dayanımının bir ölçüsü olan haslığının düşük olması, aynı renklerin her zaman aynı tonda elde edilememesi ve işlem karmaşıklığı gibi birçok dezavantajları da vardır [2]. Bütün bunlara rağmen sağlık kaygıları ve halkın bilinçlendirilmesiyle, çevre dostu ve toksik olmayan biyo-kaynaklı ürünler hayatımızın farklı alanlarında yeniden popülerlik kazanıyor. Bu bağlamda, doğal kaynaklardan elde edilen boya ve pigmentlerle boyanmış tekstil ürünleri de giderek popüler olmaktadır [3]. Doğal boyaların doğal kaynaklardan elde ediliyor olmaları onların çevre ve sağlık açısından çok masum olduklarını göstermez [4]. Büyük miktarda tarımsal yetiştiricilik için pestisit kullanımı ve sentetik olarak üretilmiş ve çevreyi kirleten mordanlama kimyasallarının kullanımı gerekebilir.

Çok sayıda bitkinin çiçek, kök, kabuk ve yaprakları doğal boya kaynağı olarak kullanılmaktadır [5]. Hibiscus sabdariffa bitkisinde bunlardan biridir. Hibisküs, ebegümecigiller (Malvaceae) ailesinden olup yaklaşık 300 farklı alt türü vardır [6]. Kutuplar hariç dünyanın her yerinde yetişen çiçekli bitkiler familyasındandır [7]. Hibisküs, geniş taç yapraklı ve ortasında tüylü bir kapsülü olan çiçekleriyle karakterize edilir. Bu göz alıcı çiçeklerinden dolayı bahçe peyzajlarının vazgeçilmez bitkilerindendir. Hibiskusun ana bileşeni, polisakarit, organik asit, flavonoidler ve temel olarak antosiyaninlerdir [8].



Hibiskusmutabilis



Gülhatmi



Hibiscus syriacus



Hibiscus sabdariffa

Resim 1.1 : Hibiskus bitkisine ait görseller [2].

Kerkede olarak da adlandırılan Hibisküs bitkisi, Türkiye’de çok yaygın olmasa da dünyanın çeşitli bölgelerinde özellikle doğal boya üretiminde kullanılan bitkilerden biridir. Botanik özellikleri ve yetiştirme koşullarından bahsedecek olursak; Hibisküs, ebegümecigiller (Malvaceae) familyasına ait bir bitkidir. Tropikal ve subtropikal iklimlerde yetişir. Genellikle boyu 1,5-2 metreye kadar ulaşabilmektedir. Yaprakları parmak şeklinde bölünmüş 3-5 parçalı, dişli kenarlı, yeşil, parlak veya morumsu renkli olabilir. Çiçekleri büyük, genellikle sarımsı ya da açık pembe renkli, ortası genellikle kırmızımsıdır. Meyvesi; kaliks (çiçek çanağı) kısmı kalın, etli ve koyu kırmızı renktedir. Boyar maddeler bu kısımdan elde edilir ve boyar madde bakımından zengindir. Yetiştirme koşulları olarak sıcak iklimleri sever ve dona karşı hassastır. Kumlu, iyi drene edilmiş ve hafif asidik topraklarda iyi gelişir. Orta düzeyde su isteyen ve düzenli sulama gerektiren bitki, aşırı nemli topraklarda kök çürümeye uğrayabilirler. Güneşli ortamları tercih eder. Yetiştirme süresi olarak da ortalama 4-6 ayda hasat edilebilirler.

Hibisküs bitkisi proteinler, yağlar, karbonhidratlar, asitler, mineraller, vitaminlerin yanı sıra birçok türde fenolik bileşik içerir. Müsilajlı polisakkaritler ve pektinler de bileşiminin bir parçasını oluşturur. Ayrıca H. sabdariffa tohumları, steroller (sitosterol, ergosterol, kampesterol) gibi çok çeşitli daha az polar bileşikler içerir [9]. Kurutulmuş kaliks özlerinin organik asitler (sitrik asit, askorbik asit, maleik asit, hibsisik asit, oksalik asit, tartarik asit) gibi kimyasal bileşenlerin yanı sıra fitosteroller, polifenoller, antosiyaninler ve diğer suda çözünür antioksidanlar içerdiği bilinmektedir. Organik asitler, biyoaktif bileşenlerle birlikte serbest radikal temizleyici aktiviteye sahiptir. Yararlı sağlık etkisi esas olarak bu biyoaktif moleküllere atfedilir. H. sabdariffa yaprakları protein, yağ, karbonhidratlar, fosfor, demir, β -karoten, riboflavin ve askorbik asit gibi çeşitli besin maddelerinin iyi bir kaynağıdır. Antioksidan kapasiteye ve anti-inflamatuar aktiviteye katkıda bulunan, başta klorojenik asit ve izomerleri olan

kuersetin ve kampferol glikozitler olmak üzere yüksek düzeyde polifenolik bileşikler içerirler. Roselle tohumları iyi bir ham yağ, ham protein, karbonhidrat, ham lif ve kül kaynağıdır. Mineraller açısından en yaygın olanı potasyumdur, ardından sodyum, kalsiyum, fosfor ve magnezyum gelir. Tohum yağında tanımlanan başlıca doymuş yağ asitleri palmitik ve stearik asitlerdir ve ana doymamış yağ asitleri ise oleik asit ve linoleiktir asittir [10].

Hibisküs kalikslerinin rengi beyaz-sarıdan koyu kırmızıya kadar değişir ve bu, fitokimyasal içerikleriyle ilgilidir. Koyu kaliksler daha fazla antosiyanin içeriğine sahiptir, bunu kırmızı ve pembe kaliksler takip eder, oysa beyaz kaliksler bu pigmentlerin çok azını veya hiç içeriğini göstermez. Her iki çeşit de hidroksisitrik ve hibisküs asitleri gibi organik asitler; kuersetin, luteolin, hibisitrin gibi flavonoidler; fenolik asitler ve protokatekuik, klorojenik ve malik asitler gibi ortak bileşiklere sahiptir [11].

Yapılan bir çalışmada Hibisküs yapraklarının nem seviyesinin %12,50, kalikslerin nem seviyesinin %10,50 olduğu ve yaprakların kül konsantrasyonunun kalikslere göre biraz daha yüksek olduğu, bu da maddede mineral bulunduğunu gösterdiği belirtilmiştir. Tohumlarının besin değerlerinin; ham yağ (%21.85), ham protein (%27.78), ham karbonhidrat (%21.25), ham lif (%16.44) ve kül (%6.2) şeklinde olduğu belirtilmiştir. En yaygın mineral, konsantrasyonu 1329 mg/100 g olan potasyumdur. Diğer yaygın mineraller arasında sodyum (659 mg/100 g), kalsiyum (647 mg/100 g), fosfor (510 mg/100 g) ve magnezyum (442,8 mg/100 g) bulunur. Ana doymamış yağ asitleri linoleik (%39.31) ve oleik asit (%32.06) ve ana doymuş yağ asitleri palmitik (%20.84) ve stearik (%5.88) asitlerdir [12].

Kerkede bitkisi (*Hibiscus sabdariffa*), özellikle antosiyanin içerdiği için doğal antioksidan kaynağıdır. Tansiyon düşürücü etkisinin yanısıra karaciğer sağlığını destekler, bağışıklık sistemini güçlendirir, kolesterolü dengeler. İdrar söktürücü ve detoks etkili olduğu bilinmektedir. Kurutulmuş çiçeklerinden yapılan Hibisküs çayı, dünyada özellikle Afrika, Orta Doğu ve Latin Amerika'da popülerdir. Geleneksel tıpta ve gıda sektöründe olduğu kadar, doğal boyamacılık alanında da önemli bir yere sahiptir. Özellikle doğal boyamacılık alanında alternatif ve sağlıklı bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Geleneksel bilgi ve modern uygulamaların birleştirilmesiyle, bu bitki hem estetik hem de ekolojik olarak değerli bir kaynak haline gelmektedir. Anavatanı Afrika olan bu bitki, sıcak iklimlerde yetişir ve genellikle çiçek kısımlarının kurutulması ile elde

edilen pigmentlerle tanınır. Çiçek kısımları kurutularak ya da taze halde, özellikle tekstil ürünlerinde, ipliklerde ve el sanatlarında boyama amacıyla kullanılır. Hibiscus sabdariffa kendine özgü kırmızı renginden dolayı pamuk liflerinin boyanmasında doğal pigment olarak da kullanılmaktadır [13-16].

Hibiscus sabdariffa antioksidan, antibakteriyel, anti-inflamatuvar, hepatoprotektif ve antikolesterol aktivitelerinden sorumlu olan antosiyaninler ve diğer flavonoidler, organik asitler ve polisakkaritler gibi biyoaktif bileşikler açısından da zengin tıbbi bir bitkidir [17]. Hibiskusun ana bileşeni, polisakarit, organik asit, flavonoidler ve temel olarak antosiyaninlerdir [8]. Hibisküs bitkisinin çiçekleri, yoğun şekilde antosiyanin içermektedir. Antosiyaninler flavonoid grubuna ait pigmentlerdir ve kırmızı, mor, mavi tonlarda renkler oluştururlar. Bu renkler, tekstil boyamacılığında, kâğıt boyamada ve el sanatlarında kullanılabilir. Çiçekler kaynatılarak pigmentler salınır ve bu pigmentler ile pamuk, yün, ipek gibi doğal lifler boyanabilir. Renkleri, pH'ya ve ortam koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Asidik ortamda kırmızıya yakın, bazik ortamda ise mor-mavi tonlar oluşur. Bu özellikleri, farklı tonlarda boyama elde edilmesine olanak sağlar [18]. Ancak antosiyaninlerin ışık, ısı ve yıkama dayanıklılığı sınırlı olabileceği için, uygun sabitleyicilerle birlikte kullanılması önerilmektedir.

Antosiyaninlerin renklendirici olarak kullanılması ile ilgili literatürde çok sayıda çalışma mevcuttur [19-21]. Antosiyaninler, yapılarında konjuge çift bağ bulunmaları nedeniyle 500 nm dalga boyunda ışığı absorplayarak doğada mavi, mor, kırmızı renkler ve ara tonların oluşumunu sağlamaktadır [22]. Bu bileşikler ayrıca gıda ve içecek sektörlerinde doğal ve alternatif renklendiriciler olarak kullanılmaları sebebiyle antosiyanin üretimine olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır [23]. Hibisküs'ün çanak yapraklarında bulunan ana pigmentler antosiyaninlerdir. Hibiskus yapısında en çok bulunan antosiyanin türleri: Delphinidin-3-sambubioside (I) ve Cyanidin-3-sambubioside (II) olarak sıralanabilir. Bu maddeler su bazlı çözeltilerde kolayca çözünür. pH derecesine bağlı olarak; Asidik ortamda: kırmızımsı renk, Nötr ortamda: Mor ve Bazik ortamda: Mavimsi tonlar vermektedir.

Antosiyaninlerin pH'a duyarlı olduğu bilinmektedir. Bu duyarlılık sayesinde, farklı kırmızı ve mavi yapısal formlar arasında dönüşümüne ve mor renklerin oluşumuna imkan tanır. Asidik koşullardan pH arttıkça flavilyum katyonları (genellikle kırmızı görünür, $\text{pH} \leq 3$) protondan arındırılmakta, renk kaybetmekte ($\text{pH} 3-6$) ve sonunda kinonoidal bazlar oluşmaktadır (mor-mavi görünür; $\text{pH} \geq 6$). Bu yapısal

değişiklikler nedeniyle antosiyaninler, birçok gıda ürününün hafif asidik pH ortamlarında tipik olarak kırmızı veya büyük ölçüde renksiz görünmektedir [24]. Fakat antosiyaninlerin kararlılıklarının düşük olması bu bileşiklerin kullanımını sınırlandırmaktadır.

Bazı böcekler ve bazı bitkilerin kök, yaprak veya çiçeklerinden elde edilen doğal boyalar binlerce yıldır kıyafetleri ve diğer tekstil kumaşlarını ve deriyi boyamak için kullanılmaktadır. Ancak, doğal boyaların yün, pamuk ve deri gibi malzemelerin yüzeylerine tutunması ve kalıcı olması güç olduğundan yıkama ve kullanım koşullarından kaynaklı olarak zaman içerisinde rengi solmaktadır. Ayrıca doğal boyalarla boyanmış kumaşların renkleri mat olmaktadır. Boyama esnasında doğal boyanın uygulandığı yüzeyde kalıcılığını sağlamak için, boyanacak kumaşların yüzeyi mordanlama olarak adlandırılan bazı metal tuzlarıyla (potasyumalüminyumsülfat ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$), bakır sülfat ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$), kalay klorür ($SnCl_2$), demir sülfat ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) ve potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$)) işleme tabii tutulmaktadır. Mordanlama işlemi, pamuk (selüloz) liflerinin yüzeylerini katyonik yaparak anyonik karakterli bitkisel pigmentlerin yüzeye sıkıca bağlanmasını ve boyanın kalıcı olmasını (haslığını) sağlamak için yapılmaktadır. Pamuk üzerinde doğal boyanın rengi kullanılan mordanlama kimyasalına göre farklı renk almaktadır. Ayrıca, mordanlama işlemi sonrasında çevreye çok miktarda zararlı ağır metaller atılmaktadır.

Özellikle çanak yapraklarında (kaliks) bulunan yüksek antosiyanin içeriği sayesinde tekstil boyamacılığında doğal bir renk kaynağı olarak kullanılmakta olan Hibiscus sabdariffa bitkisi ile ilgili literatürde, farklı tekstil lifleri üzerinde çeşitli mordant ve boyama teknikleri ile denendiği ve olumlu sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Managooli'nin 2009 yılında yaptığı tez çalışmasında, Mesta liflerinin (Hibiscus sabdariffa) doğal boya ile boyanabilirliğini ve renk dayanıklılığını incelemiştir. Asidik ortamda yapılan boyamalarda, renk yoğunluğunun arttığı ve yıkama, sürtünme ve güneş ışığına karşı dayanıklılığın iyi seviyelerde olduğu belirlenmiştir [25]. Yılmaz ve Kaya 2017 yılında, Hibiscus sabdariffa bitkisinin yün kumaşlarda doğal boya olarak kullanılabilirliğini araştırmıştır. Farklı konsantrasyonlarda roselle ekstraktı kullanılarak yapılan boyamalarda, renk yoğunluğu ve haslık değerleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, roselle bitkisinin yün kumaşlarda etkili bir doğal boya kaynağı olabileceğini göstermiştir [26]. 2018 yılında Hashim ve ekibi, Hibiscus sabdariffa ve Curcuma longa (zerdeçal) ekstraktlarının pamuklu kumaşlara

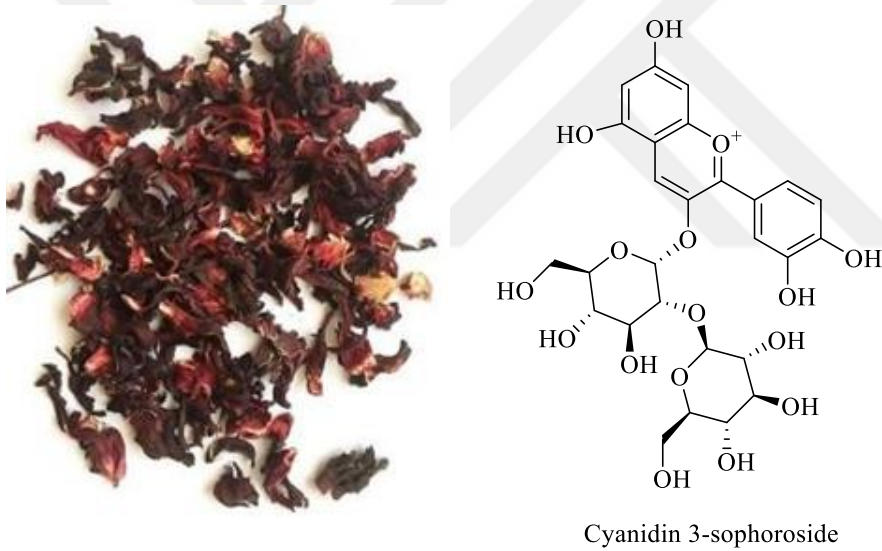
uygulanmasını ve farklı mordantlar (bakır sülfat, demir sülfat, potasyum dikromat) ile farklı mordantlama yöntemlerinin (ön, eşzamanlı, son) etkilerini incelemiştir. Sonuçlar, potasyum dikromatın renk stabilitesini artırdığını ve ön mordantlama yönteminin daha koyu tonlar elde edilmesini sağladığını göstermiştir [27].

Mansour ve Ali'nin 2021 yılında yaptıkları çalışma, Hibiscus sabdariffa (roselle) ile pamuklu kumaşların boyanabilirliğini artırmak amacıyla kitosan kullanımını araştırmıştır. Kitosanla işlenen kumaşlar, daha derin renk tonları ($K/S = 11$) ve daha iyi yıkama ile ışık haslığı göstermiştir. Ayrıca, boyama banyosunun pH değeri ve sıcaklığının renk yoğunluğu üzerinde önemli etkileri olduğu belirlenmiştir [28]. Ghaheh ve ekibi 2021 yılında, Hibiscus sabdariffa L. ekstraktının pamuklu kumaşlara uygulanmasında biyo-mordantlar (tanik asit, çam kozalağı, limon kabuğu, sodyum alginat) ve metal mordantların (demir(II) sülfat, bakır sülfat, çinko sülfat, alüminyum potasyum sülfat) etkilerini karşılaştırmıştır. Sonuçlar, biyo- mordantların renk dayanıklılığını artırdığını ve antibakteriyel özellikler kazandırdığını göstermiştir [29].

2022 yılında Moghaddam ve ekibi yaptıkları çalışmada, roselle kalikslerinden elde edilen doğal boyanın viskon-likra kumaşlar üzerindeki etkisini araştırmıştır. Boyama yönteminin numunelerin renk parametreleri üzerindeki etkisini değerlendirmek için, boyamada mordan malzemeleri olarak demir sülfat, bakır sülfat, alüminyum potasyum sülfat, çinko klorür ve sitrik asit kullanılarak üç ön mordanlama, eş zamanlı ve son mordanlama yöntemi kullanılmıştır. Numunelerin renk kuvveti ve renk parametrelerinin değerlendirilmesi yansıtıcı bir spektrofotometre kullanılarak yapılmış ve yıkama ve ışık haslığı standartlara göre yapılmıştır. Sonuçlar, mordan olmadan H. Sabdariffa'nın doğal boyasıyla boyanmış kumaşın renk kuvveti ve renk haslığı açısından tekstil endüstrisi için uygun olmadığını göstermektedir. Boyalı numuneler karşılaştırıldığında, eş zamanlı boyama yönteminde mordan tipi değişiminin, numunelerin renk özellikleri üzerinde mordanlama öncesi ve sonrası yöntemlere göre daha fazla etkiye sahip olduğu görülmektedir [30]. Yakasai ve ekibi, Hibiscus sabdariffa ile boyanmış pamuklu kumaşların yıkama, ışık ve sürtünme haslıklarını 2022 yılında yaptıkları bir çalışmada değerlendirmiştir. Farklı mordantlar (potasyum alüminyum sülfat, tanik asit ve demir sülfat) kullanılarak yapılan boyamalarda, renk yoğunluğu ve haslık değerlerinin mordant türüne göre değiştiği belirlenmiştir. En iyi sonuçlar, potasyum alüminyum sülfat ile elde edilmiştir [31].

Ghaheha ve ekibi 2022 yılında, Hibiscus sabdariffa L. kalikslerinden elde edilen

antosiyenin çözeltisi ile viskon rayon kumaşların boyanabilirliğini araştırmıştır. Doğal mordantlar (alginate, ceviz kabuğu, limon kabuğu, çam kozalağı) kullanılarak yapılan boyamalarda, özellikle ceviz kabuğu ve alginate ile renk dayanıklılığı ve renk yoğunluğunun arttığı belirlenmiştir. Son mordantlama yöntemi en iyi sonuçları vermiştir [32]. Önal ve ekibi tarafından 2022 yılında bildirilen başka bir çalışma da, Hibiscus sabdariffa çiçek ekstraktlarının pamuklu kumaş ve yün ipliklerin boyanmasındaki etkileri incelenmiştir. Çalışmada, farklı mordantlama yöntemleri (ön, meta ve son) ve mordantlar (FeSO_4 , CuSO_4 ve $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$) kullanılmıştır. Sonuçlar, pamuklu kumaşların yün ipliklere göre daha iyi boyama potansiyeline sahip olduğunu ve en yüksek renk yoğunluğunun $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$ ile son mordantlama yönteminde elde edildiğini göstermiştir. Ayrıca, yıkama, sürtünme ve ışık haslığı testleri yapılmış ve en iyi sonuçların $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$ ile elde edildiği belirlenmiştir [33]. Ekip, Hibiscus çiçeğindeki boya maddesinin siyanidin-3-sophoroside'den kaynaklandığını belirtmiştir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 : Hibiscus çiçeğinin resmi ve cyanidin 3-sophoroside ilişkisinin kimyasal yapısı [33].

Kombeya ve ekibi 2023 yılında bir derleme çalışma yapmış ve çiçek bitkilerinden elde edilen doğal boyaların çıkarılması ve uygulanması konusundaki son gelişmeleri kapsamlı bir şekilde ele almıştır. Çalışma, doğal boyaların yenilenebilir, biyolojik olarak parçalanabilir ve toksik olmayan özelliklerini vurgulamaktadır. Ayrıca, bu boyaların tekstil, kozmetik ve gıda endüstrilerindeki uygulamalarını ve karşılaşılan zorlukları tartışmaktadır [34]. 2023 yılında Berkli ve ekibinin yaptığı çalışmada ekip, Hibiscus sabdariffa L. ekstraktının yünlü kumaşlara uygulanabilirliğini ve

antibakteriyel etkilerini incelemiştir. Mordant kullanılmadan yapılan boyamalarda, kumaşların hem renklenme hem de antibakteriyel özellik kazandığı belirlenmiştir. Özellikle *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* bakterilerine karşı etkinlik gösterilmiştir. Ayrıca, yıkama ve sürtünme haslıkları ile renk ölçümleri yapılmış, kumaşların dayanıklılığı değerlendirilmiştir [35]. Sankaralingam ve ekibinin 2023 yılında yaptığı bir çalışmada, *Hibiscus sabdariffa* çiçeklerinden elde edilen antosiyanin pigmentlerinin pH ve sıcaklık gibi çevresel faktörlere karşı stabilitesini incelemiştir. Antosiyanin pigmentlerinin renginin pH seviyesine bağlı olarak değiştiği ve çevresel koşullara uyum sağladığı belirlenmiştir. Bu özellikler, roselle ekstraktının tekstil endüstrisinde doğal boya olarak kullanım potansiyelini artırmaktadır [36].

2024 yılında Mutlu ve ekibi, *Hibiscus sabdariffa* çiçeklerinden elde edilen boyanın devekuşu derisi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Krom ve bitkisel tanninlerle yapılan tabaklama işlemleri sonrasında, roselle ekstraktı ile boyama yapılmıştır. Sonuçlar, özellikle demir sülfat mordantı kullanıldığında, elde edilen renklerin daha canlı ve kalıcı olduğunu göstermiştir [37].

Halim ve ekibinin 2025 yılında sunduğu bir bildiride, *Hibiscus sabdariffa* (roselle) kalikslerinden elde edilen boyanın pamuklu kumaşlar üzerindeki performansını incelemiştir. Alüminyum sülfat, demir sülfat, bakır sülfat ve doğal mordantlar (örneğin, tanen) kullanılarak yapılan boyamalarda, mordant türünün renk tonu ve haslık özellikleri üzerinde belirleyici olduğu bulunmuştur. En iyi renk dayanıklılığı, alüminyum sülfat ile elde edilmiştir [38]. 2025 yılında Zuluaga-Vega ve ekibi tarafından yapılan başka bir çalışmada, roselle çiçeğinden elde edilen boyanın pH ve sıcaklık değişikliklerine karşı stabilitesi araştırılmıştır. Özellikle düşük pH'ta (asitik ortam) antosiyaninlerin stabil kaldığı ve rengin daha canlı görüldüğü saptanmıştır. Bu özellik, hem gıda hem tekstil alanında kullanım potansiyelini artırmaktadır [39].

Bu çalışmalar genel olarak, *Hibiscus sabdariffa*'nın doğal boyamacılıkta umut vaat eden bir bitki olduğunu ortaya koymakta, ancak renk haslıkları yönünden bazı iyileştirmelerin gerekli olduğunu belirtmektedir.

Hibiscus sabdariffa'nın boya olarak kullanılmasının bazı avantajlarını sıralayacak olursak öncelikle doğal ve çevre dostu bir bitkidir. Kimyasal boyalarla kıyaslanacak olursa daha az zararlıdır. Bunun yanı sıra ciltte alerjik reaksiyonlara sebebiyet vermez, ciltle temas ettiğinde alerjik reaksiyon riski düşüktür. Boyama sonucunda göze hoş gelen yumuşak tonlar sağlar. Hibisküs bitkisinden elde edilen renk

tonu genellikle suyun pH derecesine göre değişebilir. Asidik ortamda daha kırmızımsı, bazik ortamda ise morumsu-mavi tonlar verebilir. Ayrıca, gıda boyası olarak da kullanımı yaygındır; özellikle içeceklerde doğal renklendirici olarak tercih edilir.

1.1.Doğal Boyamacılığın Geçmişi

Tarih boyunca kumaşın renklendirilmesinin amacı sadece estetik değil, aynı zamanda sosyal konumun veya sınıfın bir ifadesi olarak da kullanılmıştır. Örneğin, kraliyet moru veya imparatorluk moru olarak adlandırılan ve tarihte ilk defa Lübnan'ın Tyre (Sur) şehrinde bir tür deniz salyangozundan elde edilen mor "Tyrian purple" renk sadece Bizans İmparatorluk ailesi tarafından kullanılabiliyordu [40]. Kumaş boyama yukarıda sayılan gerekçeler dışında, kumaşın ömrünü uzatma, bazı böceklerin ısırığından ve güneşin ultraviyole (UV) ışınlarından korunma için de yapılmıştır. Ve günümüzde de aynı gerekçeler aynen geçerlidir.

Kumaş üretimi ve renklendirilmesinin tarihi günümüzden yaklaşık olarak 5000 yıl öncesine kadar gitmektedir. Öyle ki birçok kültürde boyama teknolojileri bile geliştirilmişti. Tarih boyunca kumaşların renklendirilmesinin amacı sadece estetik değil, aynı zamanda sosyal konumun veya sınıfın bir ifadesi olarak da kullanılmıştır. Örneğin, Bizans İmparatorluğu döneminde mor rengi sadece imparatorluk ailesi kullanılabiliyordu. Günümüzde de İngiltere Kraliçesi II.Elizabeth'i mor kıyafetler içinde sıkça görmekteyiz.Tarih boyunca kumaş boyama estetik nedenler dışında kumaşın ömrünü uzatma, bazı böceklerin ısırığından ve güneşin ultraviyole (UV) ışınlarından korunma için de yapılmıştır [1] ve aynı gerekçeler günümüzde de aynen geçerlidir [41].

Doğal boyamacılığın kullanılmaya başlama tarihi dokumanın geçmişine kadar dayanmaktadır. Pakistan'ın Moenjodaro bölgesinde bulunan İndus Vadisinde 1947 yılında yapılan arkeolojik çalışmalarda zemin taş çatlağında eser miktarda mavi boya bulunmuştur. Günümüz Pakistan sınırında bulunan bu kalıntıların MÖ 3500 yıllarına dayandığı düşünülmektedir. Bulunan bu mavi indigo boyarmaddesi boyama ile ilgili elimize ulaşan en eski veridir. Alanda sonraki yıllarda yapılan çalışmalarda para keseleri bulunmuştur. Bu keselerin kırmızı pamuk elyafından yapıldığı ve yaklaşık MÖ 3000 yıllarına dayandığı bildirilmiştir. Kırmızı renkle yapılan bu boyamaların Rubia sp. Türü bir bitkiden kökboya ilen boyanmış olduğu düşünülmektedir [5].

Eski Sümerliler ile ilgili, o zaman dönemin en büyük şehirlerinden olan Nippur'da bulunan kilden yapılma tabletlerde, MÖ 4000 yıllarının sonlarına doğru boyama, dokuma ve eğirmenin Mezopotamya'da gelişmesi, Hindistan'da bahsi geçen mavi (indigo) boyanın kullanıldığı zamanlarla örtüşmektedir. Bunun yanısıra bahsi geçen tabletlerde mordanlı boyama ve küp boyama yöntemlerinin eski Mezopotamya'da kullanıldığı bulunmuştur. Yine tabletlerden anlaşıldığı üzere Eski Mezopotamya'da MÖ 3000 yıllarında kırmızı renk boyamaları kermes böceğinden elde edilmiştir.

Tarihte boyamaların ratgele kullanılmadığı, Mısır'da bulunan bazı duvar resimlerinden net olarak anlaşılmaktadır. Giysilerde kullanılan kırmızı ve mavi renkteki şeritlerin o toplumdaki insanların sosyal statülerine göre kullanıldığı görülmektedir.

Aççana Höyüğünde yapılan kazı çalışmalarında bulunan, MÖ 2000 yıllarına ait olduğu düşünülen kil tabletlerde dokuma, boyama ve eğirme işlemlerinin yapıldığı görülmektedir. Höyükten elde edilen tabletlerde çok sayıda renk kullanılmıştır. Gri, siyah, beyaz, kahverengi (doğal elyaf rengi) kullanılan renkler arasındadır. Ayrıca tabletlerde; kırmızı, yeşil, sarı, mavi-mor ve kırmızı-mor renkleri için boyama yöntemi ve kaynaklarından sözedilmektedir.

1.2.Doğal Boyamada Renklerin Eldesi

Renklerin elde edilmesinde tarih boyunca farklı yöntemler kullanılmıştır. Örneğin kırmızı renk boyamalarında Hindistan'da MÖ 1500 yıllarında lak böceğinin kullanıldığı bilinmektedir. Urartu krallığını MÖ 800 yıllarında yendikten sonra Asur kralı II. Sargon Krallık sarayından ele geçirilen birtakım tekstil ürünlerinin neler olduğunun kaydını yaptırmıştır. Yağmalanan kırmızı renkli bu ürünlerin Ağrı'dan geldiği kayıtlara geçirilmiştir. Bu bilgiler ışığında ele geçirilen bu ürünlerin boyamasında Ağrıdaki Kermesi'nin kullanılmış olabileceği düşünülmektedir.

Yapılan kazı çalışmalarından elde edilen bilgiler ışığında boyama için zamanla daha çok yöntemin kullanıldığı görülmüştür. Örneğin MÖ 7. yüzyıla ait olduğu düşünülen bir diğer kil tablette; küp, mordanlı ve direkt boyama yöntemlerinin bahsi geçtiği görülmüştür. Mavinin iki farklı tonu için indigo, kırmızı ve mor renkleri için kökboya, sarı rengi için zerdeçal, yeşil rengi içinse sarı ve indigonun kullanıldığı belirtilmiştir.

Altayların Pazırık bölgesinde bulunan, Pazırık halısı, Pazırık Kurganı yöresinde işlenmiştir. Bu halı Dünya tarihinin en eski halısı olarak kabul edilmektedir ve tarihlendirilmesi MÖ 500 yılına denk gelen Pazırık halısında kırmızı renk yoğun olarak kullanılmıştır [42]. Halı ve keçe örneğinden alınan örneklerde yapılan boyarmadde analizlerinde kullanılan kırmızı rengin kaynağının kökboya ve Polonya kermesi olduğu belirlenmiştir.

Tarihte boyamada yaygın kullanılan bir diğer renkde mor rengidir. Yapılan keşifler ışığında mor renk boyamasının tarihinin, MÖ 1800-1600 yılları arasında Akdeniz sahillerinde başladığı görülmektedir. Bu tarihlerde mor renk hammaddesinin deniz salyangozundan alındığı, pigment ve boyarmadde olarak kullanıldığı bulunmuştur. Ancak farklı kaynaklarda mor renk kullanımının en az bir asır önce Girit ve adalarında kullanıldığı yönünde bilgiler mevcuttur. Mor rengin “Kraliyet moru” olarak tanımlanması ilk olarak MÖ 13. Yüzyıla ait olduğu bulunan bir kil tablette yapılmıştır. Tablet Knosos’ta yapılan arkeolojik kazılarda ele geçirilmiştir. Asur uygarlığı MÖ 1. Yüzyılda Orta Doğu’yu yönetmiştir. Ve burada mor renk deniz kabuklularından elde edilmiş, çok önemli bir boya hammaddesi olarak yer almıştır. Sırf bu yüzden Persler, Yunanlılar, İbraniler ve farklı uygarlıkların bu bölgeye olan ilgisi yoğun bir şekilde artmıştır. Helenistik dönemde mor renk, Mısır’da gücün simgesiydi. Çok zor elde ediliyor ve eldesinde milyonlarca salyangoz kullanılıyordu. Bu nedenlerle oldukça pahalı bir boyamaydı. Ancak pahalı bir uygulama oluşu ve salyangozların boyama için ödürülmesi nedenleriyle 15. Yüzyılda kullanılması yasaklandı.

Doğal boyamada kullanılan bir başka böcek ise Koşinil böceğidir (Resim 1.2). MÖ 1000’li yıllara ulaşan koşinil böceği kullanılarak yapılan boyama işlemi Meksika yerlileri tarafından kullanılmıştır. Bu boyama türünün dünyanın çeşitli bölgelerine yayılması ise tarih olarak 16. yüzyılın erken dönemlerine denk gelmektedir.



Resim 1.2 : Köşinil böceği [43].

Yukarıdaki verilerden de anlaşılacağı üzere doğal boyamanın tarihi yeni taş devri'ne kadar uzanmaktadır. Doğal boyamada, mineraller, hayvanlar ve sebzelerden ele geçen renkler kullanılır. Son derece zararsız ve güvenli olmaları bile doğal boyamanın, 19. yüzyılın sonlarına doğru kullanımının sınırlanmasının önüne geçememiştir. Bu dönemde sentetik boyalara geçiş başlamıştır. 20. Yüzyılın erken dönemlerinde durma noktasına gelen doğal boyamacılıkta, sentetik boyamaya geçişteki en büyük etkenler renk sıklasının sınırlılığı ve yüksek haslık olduğu söylenebilir.

Bununla birlikte 1980'ler sonrası konuyla ilgili fikirler değişmeye başlamıştır. Kullanıcıların sentetik boyaların çevre ve dünya üzerindeki etkileri, insan sağlığına verdiği zararlar, konusunda artan bilinçleri sayesinde doğal boyalar daha geniş üretim alanlarında yeniden kullanılmaya başlamıştır.

1.3.Doğal Boyamacılığın Günümüzdeki Yeri

MÖ 4000 yıllarında Mezopotamya ve Hindistan'da doğal boyamacılığın kullanılmasıyla, doğal boyaların önemi gün yüzüne çıkmıştır. Yukarıda bahsettiğimiz üzere 19. yüzyılın geç dönemlerinde farklı renkte boyaların sentezlenebilmesiyle birlikte doğal boyama giderek azalmış hatta neredeyse ortadan kalkma noktasına gelmiştir. Günümüz insanların ise sentetik boyalardaki zararlı etkileri farketmeleri ile birlikte doğal boyama yeniden gündeme gelmiştir.

Doğal boyaların elde edildiği gerek bitkilerin toksik olmamaları, kansorejen olmamaları ve çabuk üretilabilir bitkiler olmalarından ötürü çevre kirliliğine neden

olmazlar. Çevreye duyulan önem ve temiz teknoloji isteği doğal boyaların önemini artırmıştır. Boya bitkileri geçmişte de olduğu gibi sadece tekstil boyamada kullanılmazlar. Bu bitkiler; gıda renklendirilmesi, kozmetik ve ilaç sektörlerinde de sıkça kullanılmaktadır. Esasında bu boyarmadde bitkilerinin çoğunun etken maddesi bitki çayları ile benzerdir. Bu bitkiler antimikrobiyal, antibakteriyel ve antioksidan özelliklere sahip bitkilerdir. Boyamada kullanılan bu bitkiler genellikle bir en fazla iki yıllık bitkiler olup toplanmamaları halinde kuruyarak toprağa karışırlar.

Doğal boyama için tercih edilen bitkiler genellikle boyamanın yapıldığı bölgede yetişen bitkilerden seçilir. Bitki boyamada kullanıldıktan sonra bu bitkilerin atıkları, en fazla bir yıl içerisinde doğal gübre olarak toprağa geri döner. Bu nedenlerle yetiştirilen bitkiler kullanılsa da kullanılmasa da tekrar döngüye girmekte boşa gitmemektedir. Kullanılmayan bitkiler doğal gübre olarak devreye girmektedir.

Günümüzde doğal boyama yapılırken metal tuzları tercih edilmektedir. Ancak bu metal tuzlarının bir kısmının, çok sayıda renk barındırmasına rağmen çevre kirliliğine sebep oluşları, kansorejen etkileri ve toksik özellikleri nedenleriyle kullanımda tercih edilmemektedirler. Boyamada sadece demir şapları ve aliminyum kullanılmaktadır [2].

Doğal boyama yöntemleri geçmişten günümüze kadar ulaşmıştır. Bu yöntemlerin birçoğu güncellenerek günümüzde doğal boyamada standart haline gelmişlerdir.

Bu tez çalışmasında, Hibiscus sabdariffa (ebegümeci, roselle) bitkisinin tekstil materyalleri üzerindeki doğal boyama potansiyeli araştırılmıştır. Yapılan çalışmanın amacı, Roselle (kerkede) (HibiscusSabdariffa) bitkisinininden elde edilecek olan yüksek albeniye sahip kırmızı renkli doğal pigment ile pamuk kumaşların, çevreye zararlı mordanlama kimyasalları kullanmadan yüzey modifikasyonu yapılarak boyanmasıdır. Kimyasal boyaların çevreye ve insan sağlığına olan olumsuz etkileri sebebiyle, bitkisel kaynaklı doğal boyalara olan ilgi son yıllarda artış göstermektedir. Bir tekstil teknolojisi terimi olan haslık, bir tekstil ürününün kullanım sırasında maruz kalacağı dış etkenlere karşı renk dayanıklılığını ifade etmektedir. Doğal kaynaklardan elde edilen pigmentlerle boyanan pamuk kumaşların renk, ışık, yıkama, sürtünme ve benzeri haslıkları genellikle düşüktür. Haslığı artırmak için pamuk kumaşlar zararlı metal tuzlarıyla mordanlanmaktadır. Mordanlama, bir boyanın uygulanacak yüzeye sağlam tutunmasını

sağlamak için yapılan bir uygulamadır. Mordanlamada kullanılan metal iyonu ile pigment arasında bir kelatlanma meydana gelmekte ve boya kumaşa daha sıkı bağlanmaktadır. Aynı pigment mordanlama kimyasalına bağlı olarak farklı renkler oluşturmaktadır.

Gerçekleştirilen bu çalışmada, literatürde var olan mordanlama çalışmalarından farklı olarak iki yöntem denenmiştir. Birinci yöntemde doğal boyalarla boyanacak olan pamuk liflerinin yüzeyleri katyonik bir polimer olan poliamin ile artı yüklü hale getirilecek ve zararlı mordanlama kimyasalına gerek kalmadan doğal Roselle (HibiskusSabdariffa) bitkisinin çiçeklerinden elde edilen kırmızı renkli pigmentin pamuk kumaşa bağlanarak haslığının artırılması amaçlanmıştır. İkinci yöntemde ise selülozun hidroksil grupları 1,4- butan sültone ile modifiye edilerek doğal pigmentin pamuk yüzeyine reaktif boya gibi kovalent olarak bağlanması sağlanmıştır. Bu sayede hem mordanlama kimyasalları kullanılmadan hem de boyaların renk, ışık ve yıkama haslığı artırılmıştır. Yüzey modifikasyonlarıyla yapılan boyamalar renk, ışık ve yıkama haslığı bakımından mordanlama ile yapılanlarla karşılaştırılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1.Boya Tanımı

Boya, yüzeylere renk kazandırmak, koruma sağlamak ve estetik görünüm sunmak amacıyla uygulanan, pigment, bağlayıcı (rezin), çözücü (solvent veya su) ve çeşitli katkı maddelerinden oluşan kimyasal bir karışımdır. Boya, uygulandığı yüzey üzerinde bir film tabakası oluşturarak hem görsel hem de fiziksel işlev görür. Bu film tabakası sayesinde yüzey dış etkenlere (ışık, nem, sıcaklık, mikrobiyal etkenler vb.) karşı korunur. Boyalar yalnızca sanayi ve inşaat sektöründe değil; tekstil, otomotiv, gıda, kozmetik ve tıbbi uygulamalar gibi çok çeşitli alanlarda da kullanılmaktadır.

2.2.Boya Türleri

Boya türleri farklı ölçütlere göre sınıflandırılabilir. En yaygın sınıflandırma şekilleri aşağıda sunulmuştur:

2.2.1. Kimyasal kökenine göre boya türleri

Doğal Boyalar: Bitki (çiçek, yaprak, kök, kabuk), hayvan (koşinil, lac) veya mineral (oksit, tuzlar) kaynaklardan elde edilir. Biyolojik olarak parçalanabilir, toksik olmayan ve çevre dostu boyalardır.

Sentetik Boyalar: Petrol türevi kimyasallar kullanılarak laboratuvar ortamında üretilir. Azo boyalar, anilin boyalar, reaktif ve dispers boyalar bu gruba dahildir. Genellikle daha ucuz ve uzun ömürlü olsalar da çevresel ve sağlık açısından riskler taşırlar.

2.2.2. Uygulama yöntemine göre boya türleri

Boya maddeleri, uygulama yöntemine göre iki temel gruba ayrılır. Bu sınıflandırma ilk olarak Bancroft tarafından yapılmış ve "Philosophy of Permanent Colours" adlı eserinde açıklanmıştır:

Substantive (Doğrudan) Boyalar: Kumaşa doğrudan uygulanabilen boyalardır. Herhangi bir yardımcı maddeye (mordant) gerek kalmadan lifle bağ kurabilirler. Örnekler: İndigo, zerdeçal.

Adjective (Dolaylı) Boyalar: Lif ile kalıcı bağ oluşturabilmek için metal tuzu ya da mordan kullanılmasını gerektirirler.

Monogenetik boyalar: Kullanılan mordanttan bağımsız olarak tek renk verirler.

Örneğin: Annatto.

Poligenetik boyalar: Elde edilen renk, kullanılan mordanta göre değişenlik gösterir.

Örneğin: Logwood, Cochineal, Lac.

2.2.2.1. Tekstil boyacılığına özel boya türleri

Reaktif Boyalar: Reaktif boya, özellikle tekstil endüstrisinde pamuk, keten gibi selülozik elyafların boyanmasında kullanılan bir boyar madde türüdür. Adını, lifle kimyasal olarak reaksiyona girerek kovalent bağ oluşturmaktan alır. Bu bağ sayesinde renk, kumaşa kalıcı şekilde tutunur. Reaktif boyalar, boya molekülü ile lif arasında güçlü ve kalıcı bir kovalent bağ oluşur. Yıkamaya, ışığa ve sürtünmeye karşı dayanıklıdır; renk solması az olur. Reaktif boyalar genellikle parlak ve canlı renkler sağlar. Reaktif boyama işlemi düşük veya yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilebilir. İşlem sırasında fazla su ve kimyasal kullanımı olabilir, bu yüzden atık su arıtımı önemlidir. Bu boyalar; pamuklu kumaşlar (tişört, gömlek vs.), viskon ve modal gibi selülozik esaslı kumaşlar, ev tekstili ürünlerinde (perde, nevresim, havlu vs.) kullanılabilirler. Örneğin bir pamuk tişörtün üzerine canlı mavi bir desen basılacaksa, bu desenin uzun ömürlü ve yıkamalarda solmaması isteniyorsa reaktif boya tercih edilir.

Asidik Boyalar: Asidik boya (ya da asit boyası), özellikle protein esaslı lifler (yün, ipek) ve bazı sentetik lifler (örneğin naylon) için kullanılan su bazlı, anyonik (negatif yüklü) boyar madde türüdür. Adını, asit ortamda (düşük pH) uygulanmasından alır. Asidik boyalar negatif yüklüdür: anyonik yapıda oldukları için pozitif yüklü liflerle elektrostatik çekimle bağ kurarlar. Parlak ve canlı renkler verir. Özellikle yün ve ipek gibi doğal protein liflerinde çok iyi renk haslığı (yıkamaya ve ışığa dayanıklılık) sağlar. Uygulama sırasında hafif asidik bir ortam (pH 4–6) gereklidir. Reaktif boyalardan farklı

olarak lifle kimyasal değil, fiziksel (iyonik) bağ kurar. Asidik boyalar özellikle; yünlü kumaşlar (kabanlık kumaşlar, örgüler vs.), ipek kumaşlar, naylon (polyamid) gibi sentetik kumaşlar ve bazen kâğıt, deri ve bazı özel plastiklerin boyanmasında kullanılmaktadır. Parlaklık ve renk çeşitliliği yüksek bir boya türüdür. Özellikle protein liflerine yüksek afinite ( ekim gücü) gösterir. Boyama işlemi genellikle basittir ve enerji tüketimi düşüktür. Ancak reaktif boyalara göre yıkama haslıkları genellikle biraz daha düşüktür ve sadece sınırlı lif türlerinde kullanılabilirler (pamukta etkili değildir). Bu durum onları dezavantajlı kılar.

Bazik Boyalar: Bazik boyalar (ya da katyonik boyalar), adından da anlaşılacağı üzere bazik (alkali) karakterli, katyonik (pozitif yüklü) boyar maddelerdir. Genellikle sentetik lifler ( zellikle akrilik) ve bazı özel yüzeyler (kağıt, deri, plastik) için kullanılır. Pamuk gibi selülozik liflerle iyi bağ kurmazlar. Bu boyalar pozitif yüklüdür: lifin negatif yüklü bölgeleriyle elektrostatik (iyonik) bağ kurarlar. Asidik boyaların tersi gibi çalışır: Onlar negatif, bunlar pozitifdir. Parlak ve yoğun renkler sağlar. Kimyasal olarak aktif değil, fiziksel bağ kurar. Yüksek afinite gösterir; yani boyadıkları liflere kuvvetle tutunurlar ( zellikle akrilik liflere). Bazik boyalar; akrilik lifler ( rneğin polar kumaşlar, battaniyeler), kağıt boyama ( zellikle mavi kopya kağıtlar vb.), deri, plastik sanayi ve mikroskobik (biyoloji ve histoloji alanında hücre boyama –  rneğin metilen mavisi) boyamalarda kullanılmaktadır. Bazik boyalarda renkler çok canlı ve parlaktır. Uygulaması genellikle kolaydır. Akrilik kumaşlara m kemm l derecede bağlanır. Mikroskop altında hücre ve dokuların görünürlüğünü artırmak için etkilidir. Ancak bu boyaların yıkama haslığı düşüktür (bazı kumaşlarda kolayca akar). Pamuk gibi doğal liflerde iyi tutunmaz. Güneş işığına karşı dayanıklılığı sınırlı olabilir. Çevresel etkileri dikkate alınmalıdır ( oğu sentetik boyar madde gibi). Bazik boyalara; metilen mavisi, kristal viyole, safranin ve bazik fuksin bilinen örnekler olarak verilebilir.

Dispers Boyalar: Dispers boyalar, sentetik liflere-özellikle polyester ve asetat gibi higroskopik olmayan (nem çekmeyen), kristal yapılı liflere-uygulanan non-iyonik, suda zor çözünen boyar maddelerdir. Adını, suda “dispersiyon” (k  k parçacıklar h linde dağılma) yoluyla uygulanmalarından alır. Suda çok az çözünür; ince dispersiyon halinde (0.1-5  m parçacık boyu) kullanılır. Genellikle azo ve antrakınon türevi, k  k, aromatik, non-iyonik moleküller. Lif yüzeyine fiziksel olarak nüfuz eder; sıcaklık ve basınç artışıyla difüzyonla giriş sağlar. Kimyasal bağ oluşturmaz. Yüksek sıcaklık (130-

140 °C basınçlı boya kazanı) veya düşük kimyasal yardımcımlarla soğuk suda (düşük basınç) boyanabilir. Kullanım alanları şu şekilde sıralanabilir: polyester (PET), asetat ve triasetat, naylon (polyamid ve poliüretan esaslı liflerin boyanmasında kullanılabilmektedir. Çok canlı ve parlak renkler elde edilir. Işık haslığı (güneş solmasına karşı dayanıklı) oldukça yüksektir. Boyama hızı yüksektir yani lif içine difüzyon hızlı gerçekleşir. Geniş renk skalası'na -1000'den fazla ticari disperse boya-sahiptir. Bununla birlikte yıkama haslığı diğer bazı boya sistemlerine göre daha düşüktür (yüzeyde kalan boya partikülleri akar). Bu boya çevresel yük oluşturur, atık suda kolloidal boya partikülleri arıtım gerektirir. Özel uygulama ekipmanına ihtiyaç duyulur yüksek sıcaklık/basınçlı kazan ihtiyacı gibi.

Vat Boyaları: Vat boyası, suda çözünmeyen bir boya sınıfıdır ve adını “vat” (büyük boyama kazanı) teriminden alır. Vat boyalarının temel özellikleri şunlardır: Başlangıçta yüksek pH ve indirgen bir ortamda (örneğin sodyum hidroksit + sodyum dithionit) boya molekülü leuko adı verilen, suda çözünebilir hâline dönüştürülür. Kumaş ya da iplik bu sıvı leuko banyosuna daldırılır; leuko formu lif içine nüfuz eder. Boyanan malzeme havayla temas edince (oksijen etkisiyle) boya tekrar orijinal, suda çözülmeyen rengini alır ve lif içinde hapsolür. Artık kimyasallar ve yüzeydeki fazla boya yıkanarak temizlenir. Yıkama ve ışığa karşı son derece dayanıklıdır. Özellikle indigo mavisi gibi karakteristik tonlar verir ve derin, doygun renkler sağlar. pH ~11–13, özel indirgen kimyasallar ve oksidasyon adımı gerektirir. Yüksek pH'lı atık su ve indirgen kimyasalların arıtımı önemlidir. İndigo (kot karoları ve denim kumaşlarda), thioindigo (kırmızı-violet tonlar) ve indanthrene (poliaromatik yeşil tonlar) yaygın örnekleridir. Özetle, vat boyaları; indirgenip çözünür hale getirilen, boyandıktan sonra oksidasyonla tekrar çözünmez formuna dönen, böylece lif içinde çok kalıcı ve canlı renkler oluşturan boya sistemleridir.

Tekstil boyamacılığı, kumaşlara estetik ve fonksiyonel özellikler kazandırmak amacıyla çeşitli boyar madde sınıflarını kullanır. Bu sınıflar arasında reaktif boyalar ve dispers boyalar, özellikle farklı elyaf türleri üzerindeki uygulama mekanizmaları ve elde edilen haslık özellikleri bakımından öne çıkmaktadır. Bu bölümde, bu iki önemli boyar madde sınıfının temel özellikleri, uygulama alanları, avantajları ve dezavantajları detaylı olarak incelenecektir.

2.2.2.1.1. Reaktif boyalar

Reaktif boyalar, boyar madde molekülü ile lif arasında kovalent bağ oluşturarak kumaşa kalıcı şekilde bağlanan boyalardır. Boya molekülünün elyaf molekülü ile kovalent bir bağ oluşturarak kendine özgü bir renklendirme sağlayan yüksek renkli organik maddeler sınıfıdır. Bu bağ, lifle kimyasal olarak bütünleştiği için yüksek yıkama ve ışık haslıkları sağlar. Genellikle selülozik lifler (pamuk, viskon vb.) için tercih edilir. Bu kimyasal bağ, rengin kumaş üzerinde son derece kalıcı olmasını sağlar.

Reaktif boyalar, boya molekülü ile elyaf arasında güçlü, kalıcı bir kovalent bağ oluşturur. Bu, boyanın elyafın bir parçası haline gelmesini sağlar. Reaktif boyalar genellikle suda çözünür özelliktedir. Başlangıçta selülozik lifler (pamuk, viskon, keten gibi) için geliştirilmiş olsalar da günümüzde yün, ipek, orlon ve akrilik gibi protein ve sentetik liflerin boyanmasında da sınırlı olarak kullanılmaktadır. Kullanıcıya geniş bir renk yelpazesi sunar; özellikle parlak mavi, kırmızı, turuncu ve sarı tonları elde etmek için tercih edilirler. Kovalent bağ sayesinde yıkama, sürtünme ve ter haslıkları oldukça yüksektir. Boyama prosesi genellikle alkali ortamda ve belirli sıcaklıklarda gerçekleşir. pH ve sıcaklık kontrolü, boyamanın düzgünlüğü ve verimi açısından kritiktir.

Reaktif boyalar, hem çekim (egzost) hem de emdirme (pad-batch, pad-jig, termofiksaj) yöntemleriyle uygulanabilir. Özellikle pad-batch yöntemi, düşük flotte oranları sayesinde enerji tasarrufu sağlar. Boyama sırasında yüksek tuz konsantrasyonları, boyanın lif tarafından hızlı alınmasını ve yüksek çekim yüzdelerini sağlar.

Reaktif boyanın avantajları şu şekilde sıralanabilir: Elyaf ile güçlü kovalent bağ oluşturdukları için mükemmel yıkama, ışık ve ter haslıkları sunarlar. Geniş bir renk gamı ve canlı, parlak renk tonları elde etme imkânı sunar. Selülozik liflerin yanı sıra bazı protein ve sentetik liflerde de kullanılabilirler reaktif boyaların önemli avantajları arasındadır. Kumaşın lifleriyle bütünleştiği için ürünlerde yumuşak bir doku elde edilmesini sağlar. Doğru uygulandığında daha az su ve enerji tüketimiyle nispeten çevre dostu bir üretim süreci sunabilir.

Dezavantajları ise: Boyaların kullanım oranı genellikle %60-70 civarında kalabilir, bu da yüksek miktarda renkli atık su oluşumuna neden olur. Elyaf yüzeyindeki yükü bastırmak için önemli miktarda tuz (elektrolit) tüketilir, bu da atık sudaki klorür iyonu konsantrasyonunu artırır ve atık su arıtımını zorlaştırır. Bazı reaktif boyaların klor

haslığı düşük olabilir. Boyama öncesinde materyalin iyi bir ön terbiye işleminden geçmesi, özellikle nişasta ve diğer yabancı maddelerin uzaklaştırılması zorunludur.

2.2.2.1.2. Dispers boyalar

Dispers boyalar, suda çözünmeyen, genellikle küçük polar moleküllerden oluşan, su içinde çözünmeyen fakat dispers (dağılmış) halde bulunan ve özellikle sentetik liflerin (polyester, asetat, poliamid gibi) boyanmasında kullanılan sentetik boyar maddelerdir. Boyar madde, lifin amorf bölgelerine diffüze olur ve fiziksel bağlarla tutunur. Dispers boyalar, az suda çözünürlükleri olan küçük moleküllü yapılar olduklarından, genellikle azo, antrasinon veya nitro kromofor grupları içerir. Bu boyar maddeler boyama sırasında dispergatörlerle birlikte kullanılır. Boyama sıcaklığı genellikle 130°C civarındadır (HT boyama).

Adından da anlaşılacağı gibi, suda çözünmeyen, ancak bir yüzey aktif madde (dağıtıcı ajan) yardımıyla suda homojen bir şekilde dağılabilen partiküller halinde bulunur. Genellikle antrakinin veya azo grupları içeren, yüklü katyonik veya anyonik gruplara sahip olmayan küçük moleküllerdir. Başta polyester olmak üzere, asetat ve poliamid gibi hidrofobik sentetik liflerin boyanmasında tercih edilirler. Bu lifler, su moleküllerinin boya moleküllerini içeri almasını zorlaştırdığı için, dispers boyaların moleküler büyüklüğü ve apolar yapısı bu boyaları ideal kılar. Boyama işlemi genellikle yüksek sıcaklıkta (130°C civarında) ve/veya taşıyıcı maddeler yardımıyla yapılır, bu sayede boya molekülleri lifin içine difüze olabilir. Genellikle iyi ışık ve yıkama haslıkları sunarlar.

Dispers boyalar, yüksek sıcaklıkta ve basınç altında, liflerin moleküler yapısının gevşediği koşullarda uygulanır. Boyama banyosunda süspansiyon halinde bulunurlar ve lifin içine difüzyon yoluyla nüfuz ederler. Suda çözünmedikleri için, kumaşın yüzeyine eşit ve düzgün bir şekilde yayılmaları için dağıtıcı ajanlar kullanılır.

Dispers boyaların avantajları: Polyester gibi sentetik liflerin boyanmasında üstün performans gösterirler. Genellikle iyi yıkama, ışık ve sürtünme haslıklarına sahiptirler. Geniş bir renk yelpazesi ve parlak renkler elde edilebilir. Süperkritik karbondioksit gibi yeni çıkarma ve boyama yöntemleri, su tüketimini azaltarak çevresel faydalar sağlayabilir.

Dezavantajları ise: Birçok çeşidi pH'a karşı hassastır; boyama sıvısının pH değeri renk derinliğini etkileyebilir ve hatta renk değişikliğine neden olabilir. Zayıf asidik ortam (pH 4.5-5.5) genellikle en kararlı durumdur. Bazı dispers boyarmaddeler

(özellikle azo boyarmaddeler) toksikolojik ve potansiyel kanserojen özellikler gösterebilir, bu nedenle güvenlik testleri ve düzenlemeler büyük önem taşır. Ester, siyano veya amid grupları içeren bazı dispers boyalar, alkali hidrolizinden etkilenebilir ve renk ışığını değiştirebilir. Bazı uygulamalarda kuru sürtünme haslıkları düşük olabilir.

Sonuç olarak reaktif ve dispers boyalar, tekstil endüstrisinde kullanılan temel sentetik boya sınıflarıdır. Reaktif boyalar, özellikle selülozik liflerle kimyasal bağ oluşturarak yüksek yaş haslıkları ve parlak renkler sunarken, dispers boyalar suda çözünmez yapıları sayesinde polyester gibi sentetik liflerin etkili bir şekilde boyanmasını sağlar. Her iki sınıfın da kendine özgü avantajları ve dezavantajları bulunmakta olup, uygulama alanı ve istenen haslık özellikleri dikkate alınarak en uygun boya seçimi yapılmalıdır.

Tablo 2.1 : Reaktif ve dispers boyar maddelerin karşılaştırılması.

Özellik	Reaktif Boyar Maddeler	Dispers Boyar Maddeler
Uygulandığı Lif Türü	Selülozik lifler	Sentetik lifler (özellikle polyester)
Lif ile Bağ Tipi	Kovalent bağ	Fiziksel nüfuz
Çözünürlük	Suda çözünür	Suda çözünmez, dispers halde
Uygulama Koşulları	Alkali ortam, 60–80°C	120–140°C veya taşıyıcı ile
Haslık Değerleri	Yüksek yıkama ve sürtme haslığı	Yüksek ışık haslığı
Çevresel Etki	Orta-yüksek (tuz/alkali kullanımı)	Orta-yüksek (zor parçalanmış atıklar)

Bu boyaların çevresel etkileri, özellikle atık su yönetimi ve toksikoloji açısından sürekli olarak iyileştirilmeye çalışılmaktadır. Sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda, daha az kimyasal kullanımı, daha düşük enerji tüketimi ve atık minimizasyonu gibi konular bu boyar madde sınıflarının gelecekteki gelişiminde belirleyici rol oynayacaktır.

2.3. İnsan Yaşamında Renklerin Önemi ve Gelişimi

Renk, günlük yaşamımızda hayati bir görsel işaret olarak önemli bir rol oynar; değişimleriyle anlam ifade eder. İnsanlar, tarih boyunca doğanın canlı ve yatıştırıcı renklerinden büyülenmiştir [44]. Bu renkler, pigmentler ve boyalar olmak üzere iki ana gruba ayrılan renklendirici maddelerden elde edilir.

Boyalar, tekstil liflerine ve kumaşlara çeşitli fiziksel ve kimyasal etkileşimler yoluyla güçlü bir şekilde bağlanan renkli maddelerdir. Öte yandan, pigmentlerin böyle bir bağı yoktur; tekstil lifleriyle fiziksel ya da kimyasal bir etkileşim göstermezler [45]. Tarih boyunca insanlar; yiyecek, giysi ve kozmetik ürünlerini renklendirmek için bitkilerin kökleri, gövdeleri, kabukları, meyveleri, yaprakları ve çiçek özleri gibi çeşitli kısımlarını kullanmışlardır [46-47].

1856 yılında W. H. Perkin'in laboratuvarında ilk boyayı sentezlemesi, doğal ve sentetik boyalar olmuştur. Sentetik boya araştırmalarında, geliştirilmesinde ve uygulamalarında yaşanan hızlı ilerlemeler, doğal boyaların kullanımında büyük bir düşüşe neden olmuştur [48].

Ancak son yıllarda, özellikle azo ve benzidin bazlı sentetik boyaların çevresel etkilerine yönelik artan endişeler, doğal alternatiflerin yeniden ilgi görmesine neden olmuştur. Dünya genelinde bilim insanları, çevreye zarar vermeyen, yenilenebilir biyolojik kaynaklardan elde edilen boyar maddeleri araştırmaya yönelmiştir [49]. Bu bağlamda, ABD, Almanya, Hindistan ve birçok Avrupa ülkesi, zararlı sentetik boyaların kullanımını sınırlayan çevresel düzenlemeler getirmiştir [50].

Çevre ve atık yönetimiyle ilgili artan kaygılar sonucunda, doğal boyalar yalnızca tekstil boyamacılığında değil, daha geniş uygulama alanlarında da umut vadeden yeşil kimya alternatifleri olarak yeniden öne çıkmıştır [51-53].

Araştırmacılar arasında çevrenin korunması, ekolojik güvenlik, sağlık sorunları ve gıda dışı bitkilerden elde edilen, toksik olmayan, sürdürülebilir ve çevre dostu malzemeler konusunda artan farkındalık, tekstil sektörünü köklü bir şekilde dönüştürmüştür [47]. Fiyat farklılıkları, nihai ürün dayanıklılığı, tasarım, kullanım kolaylığı ve ürün güvenliği gibi faktörler nedeniyle tekstil sektörü dünya genelinde daha fazla ilgi görmeye başlamıştır [47, 54].

Birçok tekstil sektöründe boyama ve fonksiyonel terbiye işlemlerinde aşırı su ve yardımcı kimyasal kullanımı, yeni boyama teknolojilerinin geliştirilmesine yol açmıştır [48, 55, 56]. Islak tekstil işlemlerinden çıkan atık sularda çok çeşitli kirleticiler bulunur; bu nedenle, bu kirleticilerin azaltılması için son derece gelişmiş, temiz üretim stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir [44, 47, 57-59].

Birçok çiçek, yumuşak pastel tonlardan parlak ve canlı renklere kadar çeşitli güzel renkler elde etmek için pigmentler içerir. Doğal boyamada yaygın olarak kullanılan bazı çiçekler arasında kadife çiçeği (marigold), papatya (chamomile), ebegümece (hibiscus) ve kökboya (madder) yer alır.

Kadife çiçeği, parlak sarı veya turuncu boya verir. Taç yaprakları kurutularak kullanılabilir ya da taze yapraklar su içerisinde kaynatılarak renk çıkarılabilir [60].

Papatya, küçük beyaz veya sarı çiçekleriyle yumuşak sarı ve yeşil tonlarında boyalar elde edebilir. Taze ya da kurutulmuş çiçekler boyama için kullanılabilir [61].

Ebegümece, çeşidine bağlı olarak pembe, kırmızı ve mor tonlarında boyalar üretir. Kurutulmuş çiçekleri boyar madde elde etmek için kullanılabilir [62].

Kökboya bitkisi, küçük sarı çiçeklere sahip olup kırmızı, turuncu ve pembe tonlarında boyalar üretir [63]. Bitkinin kökleri boya elde etmek için kullanılır; kökler su içerisinde kaynatılarak boya çıkartılır [64].

Genel olarak, çiçekler doğal boyamada çeşitli renkler sağlayabilir ve kullanımları, sürdürülebilirliği teşvik ederek tekstil endüstrisinin çevresel etkisini azaltmaya yardımcı olabilir.

Doğal boyalar bitkilerden elde edilir, biyolojik olarak parçalanabilir ve toksik değildir. Petrol türevli kimyasallardan üretilen ve çevreye zararlı olan sentetik boyaların aksine, doğal boyalar çevre kirliliğine neden olmaz [65].

Bazı sentetik boyaların çocuklarda hiperaktivite ile ilişkili olduğu, hassas bireylerde alerjik reaksiyonlara yol açtığı bilinmektedir. Ayrıca bazı sentetik boyaların kanserojen olduğu ve hayvan deneylerinde hormonal dengeyi bozduğu tespit edilmiştir. Örneğin, Tartrazin (Sarı 5) maddesinin kurdeşen, astım ve anafilaksi ile ilişkili olduğu bulunmuştur [66]. Sentetik boya karışımlarının, dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu (DEHB) olan çocuklarda hiperaktiviteyi artırdığı gözlemlenmiştir [67]. Red 2G adlı sentetik boyanın sıçanlarda karaciğer kanserine, Red 3 boyasının ise tiroit hormonu sentezini bozduğu gösterilmiştir [68-69].

Buna karşılık, doğal boyalar güvenli ve sağlıklıdır. Zararlı kimyasal veya toksin içermedikleri için alerjik reaksiyonlara veya cilt tahrişine neden olmazlar. Bu nedenle,

özellikle hassas ciltler için güvenli ve hipoalerjenik giysiler, yatak takımları ve diğer tekstil ürünleri üretiminde kullanılmaları teşvik edilmektedir [70].

Birçok kültür, geleneksel tekstil ve giysiler üretmek için doğal boyaları kullanma konusunda zengin bir geçmişe sahiptir. Örneğin, Hindistan'da yüzyıllardır doğal boyalar, güzel ve canlı tekstiller üretmek için kullanılmaktadır. Bu gelenekleri yaşatarak, kültürel mirasımızı gelecek nesillere aktarabiliriz [71].

Doğal boya üretimi, küçük ölçekli çiftçiler ve yerel topluluklar için gelir kaynağı sağlayabilir. Doğal boya çıkarımında kullanılan çiçek bitkilerinin yetiştirilmesi, çiftçilerin gelirlerini çeşitlendirmesine ve sürdürülebilir bir geçim kaynağı yaratmasına olanak tanır [72].

Doğal boyaların kullanımı, moda endüstrisinde sürdürülebilirliği teşvik eder; çünkü bu boyalar sayesinde tekstil üretiminde su tüketimi, enerji kullanımı ve atık miktarı azaltılabilir [73]. Sonuç olarak, doğal boyaların çiçek bitkilerinden elde edilmesi, çevre, sağlık, kültür, ekonomi ve sürdürülebilirlik açısından birçok fayda sağlar.

2.4.Doğal Boyalar

Doğal boyalar; bitkiler, hayvanlar ve mineraller gibi doğal kaynaklardan elde edilen boyalardır. Binlerce yıldır tekstil, giysi ve diğer malzemeleri boyamak için kullanılmışlardır. Sentetik boyaların aksine, doğal boyalar yenilenebilir, biyolojik olarak parçalanabilir ve toksik değildir [74-75].

Doğal bitki ve hayvan kaynakları, uyumlu, zarif ve sade tonlar sunan geniş bir renk yelpazesi sağlar; bu tonlar hem sentetik hem de doğal tekstil materyallerine estetik katkı sunar. Ayrıca, doğal renklendiriciler çeşitli işlevsel terbiye özellikleri de kazandırır. Bunlar arasında:

- Böcek kovucu (insektisit),
- Koku giderici (deodorizan),
- Beslenmeyi engelleyici (anti-feedant),

Antimikrobiyal,
Floresan özellik,
UV koruyucu özellikler yer alır.

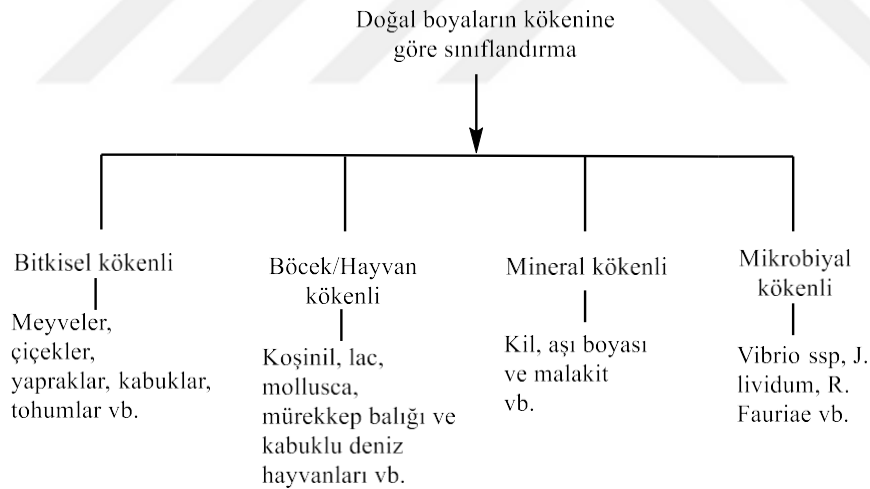
Bu işlevsel özellikler, doğal renklendiricilerin kullanım alanlarını genişletmiş ve bu boyaların bilimsel, sistematik ve çeşitli akıllı tekstil malzemelerinin üretiminde giderek daha popüler hale gelmesine katkıda bulunmuştur [50, 53, 76-78].

2.4.1. Doğal boyaların sınıflandırılması

Doğal boyalar, kökeni, uygulama yöntemi, kimyasal bileşimi ve rengine göre sınıflandırılır [79].

2.4.1.1. Kökenine göre sınıflandırma

Doğal renklendiriciler, bitkisel kökenli, hayvansal (böcek dahil) kökenli, mineral kökenli ve mikrobiyal kökenli olmak üzere dört kategoriye ayrılır. Şekil 2.1, kökenine göre yapılan sınıflandırmayı ve çeşitli örnekleri görsel olarak göstermektedir.



Şekil 2.1 : Doğal boyaların kökenlerine göre sınıflandırılması.

Bitkilerin çiçekleri, yaprakları, meyveleri, tohumları, kabukları, gövdesi ve köklerinden doğal renklendiriciler elde etmek mümkündür. Bu bitki parçaları arasında çiçekler, yaygın olarak kullanılmış ve günümüzde büyük ölçekli pigment elde etmede ana kaynak haline gelmiştir [80].

Araştırmacılar; kadife çiçeği (marigold), takke çiçeği (calendula), horoz ibiği (celosia) ve gerbera gibi birçok çiçeğin boya içeren özütlerinin kullanımıyla çevre dostu

ve biyoaktif renk tonları elde edilmesi konusunda umut verici sonuçlar bildirmiştir [82-84].

Ancak unutulmamalıdır ki, bitki boyalarının çoğu daha iyi sonuçlar elde etmek için mordant adı verilen yardımcı maddelere ihtiyaç duyar.

Kurutulmuş koşinil (Cochineal), kermes, lak (lac) ve bazı yumuşakça türlerinin vücut salgılarından elde edilen kırmızı boyalar, doğal boyaların hayvansal veya böcek kökenli grubuna dahildir. Bu kırmızı boyalar, yıllardır çeşitli kumaşları boyamak için kullanılmıştır [85,86].

Mineral kökenli boyalar, inorganik metal tuzları ve metal oksitlerden elde edilen pigmentleri ifade eder. Cinnabar (zencefre), kırmızı ve sarı okr (toprak boyaları), doğal sienna, malakit, ultramarin mavisi, azurit, jips, talk, kömür siyahı ve diğer bazı renkler bu kategoriye girer. Ayrıca, eski dönemlere ait duvar resimleri ve fresklerde de mineral kökenli renklendiricilerin kullanıldığı bilinmektedir [87].

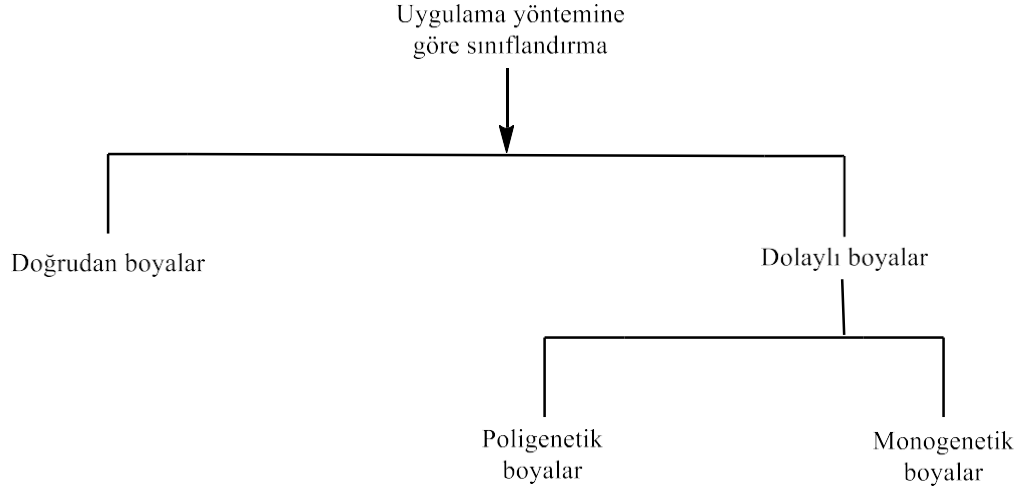
Karotenoidler, flavonoidler, kinonlar, riboflavin ve prodigiosin gibi doğal pigmentler; bakteriler, algler ve mantarlar gibi mikroorganizmalardan elde edilmiş ve farklı türde tekstil lifleri ve kumaşları boyamak ile biyoaktif malzemeler üretmek amacıyla kullanılmıştır [88].

Bu tür pigmentler, kanser karşıtı etkiler gibi önemli biyolojik özellikleri sayesinde ilaç, gıda ve kozmetik endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [89]. Tekstil uygulamalarında bu pigmentler, iyi haslık (dayanıklılık) özelliklerine sahiptir; ayrıca antibakteriyel ve antioksidan özellikler de taşırlar [88].

Elde edilen pigmentler; canlı kırmızı, mavimsi mor, menekşe ve pembe gibi çeşitli renklere sahiptir. Bu pigmentler, pH, ışık ve sıcaklık değişimlerine karşı dirençlidir. Ancak ışık haslıklarının zayıf olması, bu pigmentlerin yeniden kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir kâğıtların baskısında kullanılma alanını genişletmiştir [90].

2.4.1.2. Uygulama yöntemine göre sınıflandırma

Uygulama yöntemlerine göre, Bancroft, "Philosophy of Permanent Colours" (Kalıcı Renklerin Felsefesi) adlı kitabında doğal boyaları iki sınıfa ayırmıştır (Şekil 2.2):



Şekil 2.2 : Doğal boyaların uygulama yöntemlerine göre sınıflandırılması.

Substantive (doğrudan) boyalar, indigo ve zerdeçal (zerdeçöp) gibi kumaşları doğrudan boyayabilen renkli maddelerdir. Bu tür boyalar herhangi bir yardımcı madde olmadan kumaşa tutunabilir.

Adjective (dolaylı) boyalar ise, boyanın kumaşla daha iyi bağ kurmasını sağlamak için metal tuzu veya mordant (aşındırıcı madde) kullanımına ihtiyaç duyar.

Adjective boyalar ayrıca iki alt sınıfa ayrılır:

Monogenetik boyalar: Kullanılan mordanta bağlı olmaksızın tek bir renk verirler.

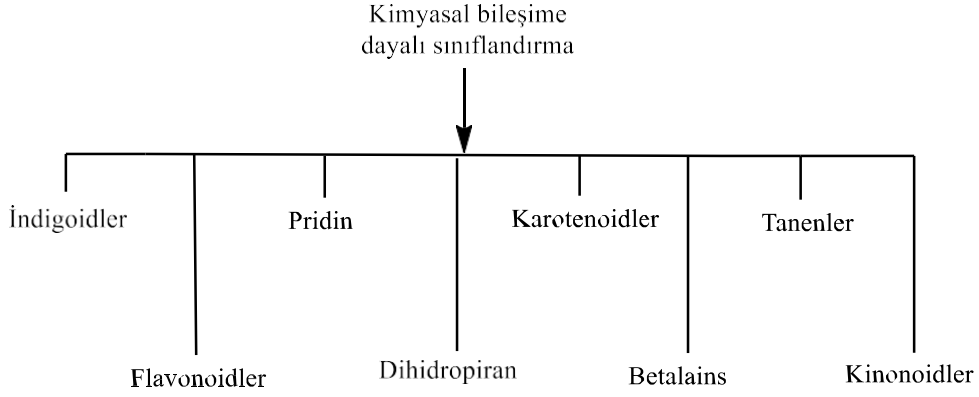
Örneğin: Annatto.

Poligenetik boyalar: Verilen renk, kullanılan mordanta bağlı olarak değişir.

Örnekler: Logwood (haematoksilin), lac, ve koşinil (cochineal) [91].

2.4.1.3. Kimyasal bileşime göre sınıflandırma

Kimyasal bileşime dayalı sınıflandırma, boyaların içerdiği kimyasal bileşenlerin doğasına göre belirlenmesi nedeniyle yaygın olarak kabul edilmektedir (Şekil 2.3) [92].



Şekil 2.3 : Kimyasal bileşime göre doğal boyaların sınıflandırılması

2.5. Doğal Boyaların Özellikleri

Doğal boyalar çeşitli bitkisel, hayvansal ve mineral kaynaklardan elde edilir. Her doğal boya türü kendine özgü ve sentetik alternatiflerden farklı özelliklere sahiptir, bu da onları sürdürülebilir tekstil üretiminde giderek daha popüler hale getirmektedir. Doğal boyaların bazı yaygın özellikleri şunlardır:

Renk tonu (Hue): Doğal boyanın renk tonu, kullanıldığı kumaş veya malzemeye verdiği rengi ifade eder. Padmini, Kumar ve Philip'e göre [93], "Doğal boyalar, toprak tonlarındaki kahverengi ve yeşillerden canlı mavi, mor ve kırmızı tonlarına kadar geniş bir renk yelpazesi üretebilir."

Işık haslılığı (Light fastness): Doğal boyaların ışığa maruz kaldıklarında solmaya karşı gösterdiği direnç değişebilir [94]. Nartey ve arkadaşlarına göre [95], indigo ve kök boya gibi bazı doğal boyalar mükemmel ışık haslılığına sahiptirken, bazıları daha çabuk solabilir.

Yıkama haslılığı (Wash fastness): Benzer şekilde, doğal boyaların yıkandıklarında solmaya karşı gösterdiği direnç de farklılık gösterebilir. Kılıç ve Sağlam'a göre [96], bazı doğal boyalar suya veya deterjanlara maruz kaldıklarında akabilir veya solabilirken, bazıları daha dirençlidir.

Boya yoğunluğu (Dye concentration): Kullanılan doğal boya miktarı, elde edilen rengin derinliğini ve yoğunluğunu etkileyebilir [97]. Bazı doğal boyalar güçlü bir renk elde etmek için daha yüksek konsantrasyon gerektirirken, bazıları daha etkili olup daha az boya ile yoğun renk verebilir.

pH duyarlılığı: Boyama banyosunun pH değeri, doğal boyaların elde ettiği rengi

etkileyebilir. Örneğin, koçinil gibi bazı doğal boyalar pH değişikliklerine duyarlıdır ve banyonun asidik ya da bazik olmasına bağlı olarak farklı tonlar verebilir [98].

Sıcaklık duyarlılığı: Boyama banyosunun sıcaklığı da bazı doğal boyaların verdiği rengi etkileyebilir. Örneğin, Kim ve arkadaşlarına göre, soğan kabukları gibi bazı doğal boyalar, yüksek sıcaklıkta ısıtıldığında farklı, düşük sıcaklıkta kaynatıldığında ise başka bir renk tonu verebilir [99].

Genel olarak, doğal boyalar sentetik boyalardan farklı olarak benzersiz bir renk ve özellik yelpazesi sunar ve sürdürülebilir ve çevre dostu tekstil üretiminde giderek daha fazla kullanılmaktadır.

2.5.1. Doğal boyaların çıkarılması için yöntemler

Ekolojik açıdan bakıldığında, doğal boyalar hipoalerjenik, toksik olmayan ve biyolojik olarak parçalanabilen özelliklere sahiptir [100]. Doğal boyaların kullanımının toplumsal faydaları arasında, boyahanelerdeki çalışanların zehirli sentetik renklerin olumsuz sağlık etkilerinden korunması yer almaktadır [101]. Bu sayede sağlıkları güvence altına alınacaktır. Doğal boyalar ayrıca aşamalı olarak uygulanabilir. Müşteriler kendi kıyafetlerini renklendirmek için doğal boyaları kullanabilirler.

Doğal kaynaklardan elde edilen boyaların değerlendirilmesinde ana kriterler standardizasyon [102-103], seri üretim uygulama potansiyeli [104-105], çevre dostu olma ve renk haslığı perspektiflerinden yapılır. Daha geniş bir yelpazede tekstil lifleri ve malzemeleriyle çalışmaları gerekmektedir [106]. Tekstil malzemelerini boyarken doğal sabitleyiciler kullanılmalıdır. Tekstillerin boyamaya hazırlanmasındaki en önemli adımlardan biri, boyaların doğal kaynaklardan çıkarılmasıdır [107]. Belirli bir doğal kaynak için, çıkarma sürecinin standardize edilmesi ve çıkarma değişkenlerinin maksimize edilmesi ekonomik açıdan da önemlidir ve bitmiş ürünlerin maliyetini etkiler [108]. Sulu metanol, etanol veya su, birçok biyoaktif bileşeni çıkarmak için kullanılır [109].

Doğal renklendirici maddelerin tek bir kimyasal formda bulunmaması ve bitki matrisinin ayrıca çeşitli boya dışı bitki maddelerini içermesi nedeniyle, doğal boyaların çıkarılması zorlu bir süreçtir [110]. Bir çıkarma işlemi gerçekleştirilmeden önce, renklendirici bileşenlerin bileşimi ve çözünürlük özellikleri açıkça belirlenmelidir

[111]. Boyayı kaynağından çıkarmak için benzersiz bir prosedür uygulamaları gerekir [112-113]. Aşağıda listelenen yöntemler, doğal renkleri kaynak malzemelerinden çıkarmak için kullanılabilir. Örneğin, enzimatik ekstraksiyon yöntemi, süperkritik akışkan ekstraksiyon yöntemi, sulu ekstraksiyon yöntemi, solvent ekstraksiyon yöntemi ve ultrasonik ekstraksiyon yöntemi, geleneksel yöntemlere göre daha yüksek etkinlikleri nedeniyle şu anda yoğun araştırmaların konusudur [107, 111, 114].

Doğal boyalar, çevre dostu olmaları, biyolojik olarak parçalanabilirlikleri ve estetik ve kültürel önemleri nedeniyle çeşitli sektörlerde oldukça tercih edilmektedir [115]. Tekstillerde, gıdada ve kozmetikte yaygın olarak kullanılırlar ve sentetik alternatiflere sürdürülebilir bir seçenek sunarlar.

2.5.2. Doğal boyaların tekstil endüstrisinde uygulanması

Çiçeklerden elde edilen doğal boyalar, tekstil endüstrisinde yüzyıllardır başlıca estetik ve kültürel anlamları nedeniyle kullanılmaktadır. Sentetik boyalarla elde edilemeyen bir dizi renk tonu sunarlar ve genellikle çevre dostu olmaları ve biyolojik olarak parçalanabilirlikleri nedeniyle tercih edilirler.

Sürdürülebilir ve çevre dostu tekstillere olan talebin artması nedeniyle, son yıllarda çiçek bazlı doğal boyaların kullanımına olan ilgi yeniden canlanmıştır. Bu boyalar pamuk, ipek, yün ve keten gibi çeşitli kumaşlara uygulanabilir.

Örnekler:

Kadife çiçeğinden elde edilen doğal boyalar, pamuklu kumaşları sarı, turuncu ve kırmızı tonlarında boyamak için başarıyla kullanılmıştır [116].

Benzer şekilde, hibiskus çiçeklerinden elde edilen boyalar, ipek kumaşları pembe, kırmızı ve mor tonlarında renklendirmek için kullanılmıştır [62].

Kökboyası bitkisinin köklerinden elde edilen kökboyası, boya banyosunun pH'ı değiştirilerek ayarlanabilen çeşitli kırmızı ve turuncu tonları üretmesiyle bilinir. Kökboyası, tekstil endüstrisinde yüzyıllardır kullanılmaktadır ve günümüzde hala yaygın olarak kullanılmaktadır [117].

Papatya çiçekleri de tekstil endüstrisi için doğal boya kaynağı olarak kullanılabilir. Papatya özü, doğal lifleri boyamak için kullanılabilecek çeşitli sarı tonları üretir [118].

Çiçeklerden elde edilen doğal boyaların kullanımındaki zorluklardan biri, tutarlı renk sonuçları elde etmektir. Bu, kullanılan çiçek türü, çiçeğin kullanılan kısmı ve çıkarma yöntemi gibi faktörlerden etkilenebilir [119]. Ancak, doğal boyama teknolojisi ve tekniklerindeki ilerlemeler bu zorlukların üstesinden gelmeye ve çiçek bazlı doğal boyaları tekstil endüstrisi için daha erişilebilir hale getirmeye yardımcı olmaktadır.

2.6. Doğal Boyamacılıkta Boyama Yöntemleri ve Mordanlama

2.6.1. Mordanlama

Mordan bazı metal tuzlarına verilen addır. Bu metal tuzları boyaların tekstil liflerine bağlanmasını sağlamaktadır. Aslında bahsettiğimiz metal tuzları; temelde kumaşa verilmek istenen rengi sabitleyen, kumaştaki renk solmasının önüne geçen, aynı zamanda farklı renklerin eldesinde kullanılan bileşiklerdir. Tüm bu yapılan işleme verilen adda mordanlamadır. Boyanın kalıcılığını artırmak için, kumaş ya da iplik artık kullanılan malzeme ne ise önce, bu metal tuzu ile hazırlanan mordanlama çözeltisine ardından ise boyaya batırılarak işlem gerçekleştirilir. Bu yöntem sayesinde farklı mordanlarla, farklı tonlarda (açık-koyu renk) hatta farklı renkler elde edilebilmektedir ki bu boyama açısından oldukça önemlidir. Boyanın liflere bağlanmasını kolaylaştırmak için yapılan mordanlama işlemi, boyama esnasında yapılabildiği yapılabildiği gibi, boyama öncesi ya da sonrası da yapılabilmektedir.



Resim 2.1 : Günümüz fabrikalarından mordanlama işleminden bir görüntü.

Mordanlama için genelleme yapılacak olursa kumaş sınıflarına göre; Alpaka, yün ve hayvansal liflerin boyanmasında; potasyum alüminyum sülfat ($KAl(SO_4)_2$) bir diğer deyişle şap ve eğer gerekliyse isteğe bağlı olarak tartar kremi uygulayarak, alüminyum sülfat ($Al_2(SO_4)_3$) ya da Symplocos bitkisi,

- İpek kumaşlar için; ($KAl(SO_4)_2$), ($Al_2(SO_4)_3$), alüminyum asetat ile gerçekleştirilen banyo işleminden sonra buğday kepeği uygulaması yoluyla veyahut symplocos bitkisi ile,
- Keten, bambu, tencel, pamuk, bitki liflerinin boyanmasında; alüminyum asetat ile gerçekleştirilen banyo işleminden sonra kalsiyum karbonat ya da buğday kepeği uygulaması yapılarak, ($Al_2(SO_4)_3$) ve tanen uygulanarak ya da Symplocos bitkisi kullanılmaktadır.

Mordanlama işlemlerinde mordan olarak suda çözünen metal tuzlarının kullanıldığını söylemiştik. Bunun yanısıra mordan maddesi olarak zayıf asit, baz çözeltileride kullanılabilmektedir.

Anadolu'da köylüler bu uygulamalar için; mayalandırılmış hamurun suyu, sirke, kül suyu, ekşi eriğin suyu, kireç suyu ve mantar suyunu kullanmışlardır. Boyama işinde

boyanın rengini etkileyen en önemli faktör kullanılan mordan miktarıdır.

Mordanlama işlemi için en sık kullanılan bileşikler; şarap taşı, $KAl(SO_4)_3 \cdot 12H_2O$ (şap), $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (demir şapı) ve $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (bakır şapı) olarak sıralayabiliriz [5]. Mordanlama işleminde şap kullanımı kumaşı renklendirirken soluk, uçuk tonlar elde edilmesine olanak sağlar. Kalay tuzu kullanımıyla elde edilen renklendirmeler sıklıkla parlak renkler olmakla birlikte bazen sert tonlarda elde edilebilmektedir. Bakır tuzları ise sıklıkla yeşil renkli bitkisel temelli boyar maddeler ile kullanılmaktadır. Boyama işleminde krom tuzu kullanılırsa renkler daha koyu tonda elde edilir. Demir tozunda krom tozuna benzer şekilde, boya rengini hem koyulaştırır hemde donuklaştırır. Ve mordan olarak kullanılan bu bileşiklerin sayesinde sayısız deneme olasılığı elde edilebilmesinin yanı sıra çok zengin bir renk çeşitliliği elde edilmektedir.

Doğal boyaların kullanıldığı boyama işlemlerinin bir çoğu mordanlı boyama sınıfına girmektedir. Yapılan işlemler sıralanacak olursa;

- İlk olarak boyama işlemine tabi tutulacak tekstil elyafının gramajı belirlenir.
- Mordanlama yapılacak banyonun içerisine kullanılan elyafın üzerini geçecek kadar su eklenir.
- Mordan maddesinin ağırlığı ölçülerek mordanlama banyosuna eklenir. İyice karıştırılır.
- Isıtılan mordanlama banyosunun içerisine mordanlanacak tartılan tekstil elyafı konur. Bu işlem 1 saat, yaklaşık 80-100 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmektedir.
- Son olarak mordanlanan elyaf banyodan alınır, iyice sıkılır ve mümkünse açık havada kuruması için asılır. Böylelikle mordanlama süreci tamamlanır.

2.6.2. Boyama

Direkt boyama, küp boyama ve mordanlı boyama doğal boyamacılık yöntemleri arasında yer almaktadır.

- **Direkt boyama:** Bitkilerin ya da böceklerin içerdikleri doğal

boyarmaddelerin sıcaklık ve zamanla direkt olarak tekstil elyafına aktarılması şeklinde tanımlanmaktadır. Yani boyanın elyafa direkt olarak eklendiği boyama yöntemidir. Boya elyaf tarafından hızlıca emilir ve kimyasal bağ oluşturmada depolanır. Bu boyama türü; basit boyama işlemleri, boyanan malzemenin yıpranmaması gibi üstün özelliklere sahiptir ve günümüzde tercih edilmektedir [5].

- **Küp boyama:** Bu boyama yönteminde küp boyar maddeleri kullanılmaktadır. Bu bileşikler elyafın baskısında ve boyanmasında kullanılabilir. Küp boyar maddeleri doğal kökenlidir. Çok eski zamanlardan beri bilinen küp boyar maddelerine en tanınmış örnek indigo verilebilir [5]. Bu bileşikler suda çözünmezler. Bu sebeple boyama işlemine başlamadan önce bu bileşikler suda çözünür hale getirmemiz gerekmektedir ki bu işleme de küpleme ya da küpeleme denmektedir (şekil 10.). Küp boyaları çözünür hale getirmek için öncelikle bazik ortama tabi tutulur daha sonra yükseltgeme işlemi uygulanır. Bu işlemler sonucunda küp boya tekstil liflerinin arasında suda çözünmeyen boya halini alır.

- **Mordanlı boyama:** Doğal boyarmaddelerle yapılan boyama işlemleri genellikle bu yöntemle yapılmaktadır. Bu yöntemde boyanacak elyaf boyarmaddeyi doğrudan emmez ya da kalıcılığı çok az olur. Bu nedenle elyaf ile boyarmadde arasında köprü görevi görececek bir aracı maddeye ihtiyaç duyulur ki bu maddeye mordan denir. Daha önce de bahsettiğimiz gibi mordanlar genellikle suda çözünmeyen metal tuzlarından oluşmaktadır. Bu yardımcı maddelerle yapılan boyamaya ise mordanlı boyama denmektedir. Biz de tezimiz deneylerinde mordanlı boyama yöntemiyle doğal boyama işlemlerimizi gerçekleştirdik.

2.6.2.1. Boyama işlemi

Boyama işlemi sırasıyla alttaki basamaklardan oluşmaktadır;

- İlk olarak boyama yapılacak elyafın gramajı belirlenir.
- Daha sonra boyama yapılacak banyo içerisine yeteri kadar su konur ki buda boyanacak elyafın üzerini geçecek kadar olmalıdır.
- Boya maddesi olarak kullanılacak bileşik tartılır ve sonrasında boyama yapılacak banyonun içerisine atılarak iyice karıştırılır.
- Bu işlemlerin ardından boyama banyosunun ısısı artırılarak

ısıtılmaya başlanır ve boyanacak elyaf içerisine atılır.

- Yapılan boyama işlemi genellikle 80-100 °C sıcaklık aralığında kısa sürede yaklaşık 10-60 dakika süre içerisinde gerçekleşir.
- Tüm bu işlemler sonucunda elyaf banyodan alınır ve iyice durulanır. Sıkılarak gölge bir ortamda tercihen açık havada kurumaya bırakılır. Böylelikle boyama işlemi tamamlanmış olur.

2.6.2.2. Mordanlı boyama yöntemleri

Mordanlı boyama yöntemi doğal boyama malzemelerinin çoğunda kullanılmaktadır. Daha önce de bahsettiğimiz üzere doğal boyarmaddeler kullanılarak yapılan boyama işlemlerinde ya elyaf istenilen gibi boyanamıyor ya da uygulanan boyanın kalıcılığı yeterli gelmiyor. Bu nedenle mordanlama işlemine ihtiyaç duyuluyor. Mordanlama işlemi kullanılacak doğal boya hammaddesine göre üç farklı yöntemle gerçekleştirilmektedir;

- **Boyama işleminden önce mordanlama yapılması**

Mordan olarak kullanılacak bileşikler tek tek ya da farklı oranlarda karıştırılarak kullanılabilir. Öncelikle mordan bileşiği mordan banyosunda çözülür, sonra elyaf eklenir ve elyafa uygun olan sıcaklık ve sürelerde tutularak mordanlama işlemi gerçekleştirilir. Mordanlama işleminin tamamlanmasıyla elyaf açık havada bekletilir bunun için uygun süre ise en az üç gündür. İyice kurutulan elyaf öncelikle yıkanır ardından boyanmak üzere boyama banyosuna alınır ve istenilen renge boyanır. Bu tür boyama işlemleri geleneksel reçetelerle uygulanan boyama yöntemleridir.

- **Birlikte boyama yöntemi**

Birlikte boyama yöntemi uygulanacağına; mordan olarak kullanılacak bileşik ve boya hammaddesi boyama banyosuna aynı zamanda eklenerek boyama işlemi gerçekleştirilir. Uygulanan bu yöntemin zaman ve enerji tasarrufu sağladığı bilinmesine rağmen çok tercih edilen bir yöntem değildir. Bunun sebebi mordan maddesi elyafa boyarmadde ile tamamen bağlanamamasıdır. Boyama işlemi istenildiği kadar başarılı olmaz.

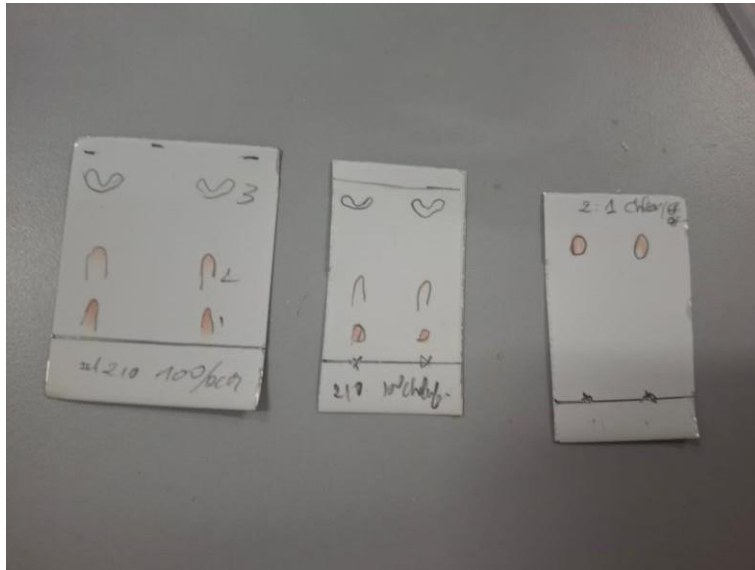
- **Boyama işleminden sonra mordanlama yapılması**

Bu işlem gallis asit (tanin) ihtiva eden bitkiler ile boyama yapılacaksa kullanılır. Bu bitkilerde önce boyama işlemi gerçekleştirilir daha sonra boyanan elyafa mordanlama işlemi uygulanır. Böylelikle boyama işlemi tamamlanmış olur. Bu işlemin en çok kullanıldığı boya rengi siyahtır. Siyah renk elde etmek için elyaf öncelikle mazı gobalağı ve meşe palamudu ile boyanır ki, bunlar tanin içeren bitkilerdir. Daha sonrada demir şapı ile mordanlama işlemine geçilir. Boyama böylelikle tamamlanmış olur.

2.7. Boyarmadde Analiz Yöntemleri

2.7.1. İnce tabaka kromatografisi (İTK)

Birbirine benzer ya da yakın özellikteki karışımları ayırmak için kullanılan saflaştırma ve ayırma yöntemine kromatografi denmektedir. Kromatografi genel olarak stabil bir faz üzerinden, hareketli bir çözücü yardımıyla karışımdaki farklı hareketlere sahip olan bileşenlerin ayrılması yöntemi olarak tanımlanır. Bu yöntemde sabit ve hareketli olmak üzere iki faz vardır. Sabit faz katı iken hareketli faz sıvı veya gaz olabilmektedir. Yapılışı itibariyle kağıt kromatografisine benzeyen bu yöntem ucuz, basit ve kısa süreli bir yöntemdir. Yöntemde sabit faz olarak toz selüloz, silikajel (SiO_2) ve alüminyumoksit (Al_2O_3) gibi bileşikler kullanılabilir. Bu yöntem ile boyar madde karışımlarını hızlı ve düşük maliyetle ayırma ve numunenin tanımlanarak safsızlık kontrolü sağlanmaktadır.



Resim 2.2 : Laboratuvarımızdan ince tabaka kromatografi örneği.

2.7.2. Yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC)

Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi (HPLC), kimyasal bileşenlerin karışımlarından ayrılması, tanımlanması ve miktarlarının belirlenmesi amacıyla kullanılan güçlü bir analitik tekniktir. Özellikle ilaç, gıda, çevre, biyokimya ve kimya alanlarında yaygın olarak kullanılır. HPLC'nin açılımı High Performance Liquid Chromatography ya da eski adıyla High Pressure Liquid Chromatography'dir. Bu yöntem, bileşenleri hareketli faz (mobil faz) ve durağan faz (stasyoner faz) arasındaki farklı etkileşimlerine göre ayırır. HPLC'nin çalışma sistemi şu şekilde sıralanabilir: Numune enjekte edilir. Mobil faz ile birlikte kolon üzerinden geçer. Bileşenler durağan fazla olan etkileşimlerine göre farklı hızlarda hareket eder. Kolon çıkışında detektör tarafından tespit edilir. Sonuç, kromatogram olarak adlandırılan bir grafik şeklinde sunulur (zaman vs. sinyal).

HPLC, tekstil boyalarının analizi için son derece etkili bir yöntemdir. Bu analizler ürün güvenliği, çevresel etki ve kalite kontrol açısından kritik rol oynar. Tekstil boyalarının birçoğu sentetik ve organik yapılıdır, bu da onları HPLC ile analiz için uygun hale getirir.

- HPLC'nin Tekstil Boyalarında Kullanım Alanları:

Boyar Madde Tayini (Kalitatif ve Kantitatif Analiz): Hangi boyanın kullanıldığını ve ne kadar kullanıldığını belirlemek için kullanılmaktadır. Özellikle reaktif, dispers, asit, bazik ve doğal boyaların analizinde kullanılır.

Azo Boyaların Tespiti: Bazı azo boyalar, insan sağlığına zararlı arilamin bileşiklerine dönüşebilir. Avrupa Birliği (REACH yönetmeliği), 22 zararlı arilamini yasaklamıştır. HPLC ile tekstil ürünlerinde bu maddelerin tespiti yapılır (özellikle HPLC-DAD veya HPLC- MS/MS kullanılır).

Migrasyon (Göç) Testleri: Giysilerdeki boyar maddelerin ter, su, sürtünme, yıkama gibi etkenlerle cilde geçip geçmediğini analiz eder. HPLC ile giysi liflerinden çözülen boya miktarı ölçülür.

Ekstrakte Edilebilir Boya Analizi: Kumaştan ekstraksiyon (çözündürme) yapılarak numune hazırlanır. Bu örnek HPLC ile analiz edilerek kanserojenik veya toksik olabilecek bileşikler tespit edilir.

Çevresel Numunelerde (Atıksu) Boya Kalıntısı Analizi: Tekstil boyama fabrikalarının

atık sularındaki boya kalıntılarının izlenmesinde HPLC kullanılır. Özellikle renkli atık suların arıtımı ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde çok önemlidir.

HPLC, boyaların formülasyon kontrolü ve reçete doğrulaması için de kullanılır.



Resim 2.3 : İnönü Üniversitesi İBTAM bünyesinde bulunan HPLC cihazı.

2.7.3. Spektroskopik yöntemler

Tekstil boyamacılığında spektroskopik yöntemler, boyaların karakterizasyonu, kalite kontrolü, renk doğruluğu ve çevresel analizler için kritik rol oynar. Bu yöntemler, boya maddelerinin yapısal özelliklerini, konsantrasyonlarını ve dağılımlarını belirlemek için kullanılır.

- Tekstil Boyamacılığında Kullanılan Başlıca Spektroskopik Yöntemler:

UV-Vis Spektroskopisi (Ultraviyole-Görünür Işık Spektroskopisi): Bu yöntem; boyar maddelerin konsantrasyon tayini, renk yoğunluğu ölçümü (absorbans ile), renk uygunluğu ve sapma analizleri, boya haslığı (yıkama, ışık, ter) testleri sonrası kalıntı analizlerinde kullanılmaktadır. Örneğin Allura Red gibi suda çözünebilen gıda ya da tekstil boyalarının çözeltide 520 nm’de maksimum absorpsiyonu vardır → konsantrasyon tayini yapılabilir.

FT-IR Spektroskopisi (Fourier Transform Infrared): Bu yöntem; boya molekülü ve kumaş arasındaki kimyasal bağların tanımlanması, tekstil lifleri üzerinde boyar madde varlığının doğrulanması, boyama sonrası kimyasal değişimlerin izlenmesi, selülozik kumaşta reaktif boyanın -SO₃H grubu ile OH grubu arasında bağ oluşumunun gözlenmesinde kullanılmaktadır.

NMR Spektroskopisi (Nükleer Manyetik Rezonans): Bu yöntem; boya moleküllerinin

yapı tayini, yeni boyar madde sentezlerinin analizinde ve genellikle araştırma laboratuvarlarında kullanılır.

AAS (Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi) ve ICP-OES/MS: Bu yöntem; ağır metal içeriği tayini (özellikle pigment bazlı boyalarda), kadmiyum, kurşun, krom, civa gibi toksik elementlerin analizinde sıklıkla kullanılmaktadır.

Raman Spektroskopisi: Bu yöntem; lif veya yüzey üzerindeki boya molekülünü tahribatsız analizinde kullanılır ve özellikle pigment boyalar için idealdir. Sanat eserlerinde veya adli analizlerde de kullanılır.

Fluoresans Spektroskopisi: Bu yöntem; floresan boyaların tespiti, çevre analizlerinde (boya çözünmesi sonrası izleme) ve iz miktardaki boyar maddelerin takibinde kullanılmaktadır.

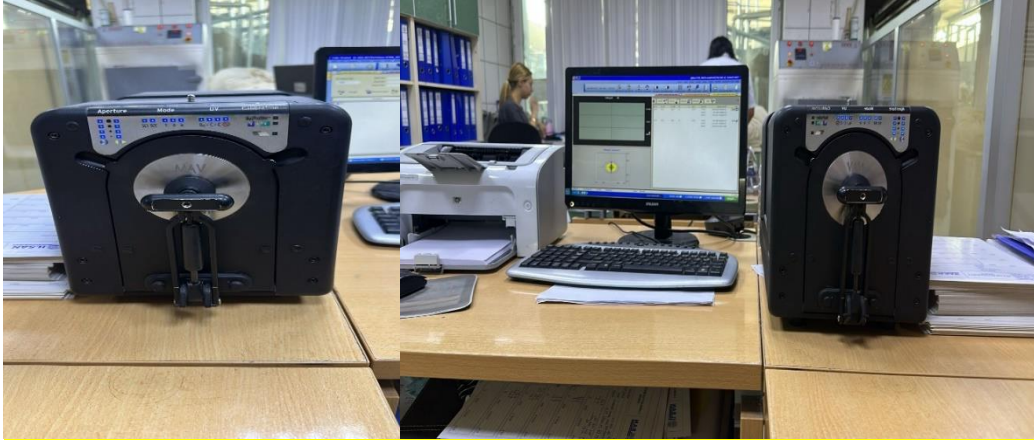
Özetleyecek olursak; renk yoğunluğu ve uygunluğu UV-Vis ile, kimyasal yapı analizi FT-IR ve NMR, ağır metal içeriği AAS ve ICP, Tahribatsız analiz Raman ve UV- Vis, Boyar madde konsantrasyonu UV-Vis ve Fluoresans yöntemleri ile analiz edilmektedir.

2.7.4. Özel yöntemler

Tekstil boyamacılığında, sadece klasik spektroskopik veya kromatografik yöntemler değil; uygulamaya özel, daha karmaşık ve gelişmiş analiz yöntemleri de kullanılmaktadır. Bu özel analiz yöntemleri, boya kalitesi, renk kararlılığı, çevresel etki, ürün güvenliği ve proses optimizasyonu gibi kritik parametreleri değerlendirmek için kullanılır.

- Tekstil Boyamacılığında Kullanılan Özel Analiz Yöntemleri

Renk Ölçüm Yöntemleri (Spektrofotometrik Renk Analizi): Bu yöntem ile renk uyumu, rengin sapma miktarı (ΔE), ton farkı, doğruluk ölçümü gibi analizler yapılır. Spektrofotometri veya bir numunenin görünür spektrumdaki tepkisini okumak, renk formülasyonu için veri elde etmenin ve kaliteyi sağlamanın en iyi yoludur. Spektrolar, ışığı cihazın optiğinden geçerek analiz edilecekleri bir alıcıya geri dönen çok dar renk bantlarına filtreleyerek çalışır. 400 ila 700 nanometre arasındaki her bant analiz edilir ve bir yansıtma eğrisi olarak kaydedilir. Temelde, her bir ölçümün tristimulus kırmızı, yeşil ve mavi bileşenlerini nicelendirir ve bu verileri $L^*a^*b^*$ veya $L^*C^*h^\circ$ metriklerini kullanarak bir rengin renk uzayındaki konumunu belirlemek için kullanır.



Resim 2.4 : ILSAN Tekstil bünyesinde bulunan spektrofotometri cihazı.

Fastness (Hashk) Testleri: Bu yöntem ile boyanın kumaş üzerindeki kalıcılığını değerlendirmesi yapılmaktadır. Yıkama, ter, ışık, sürtünme, kuru temizleme gibi faktörlere karşı direnç ölçülür.

TGA / DSC (Termal Analizler): Bu yöntem ile boyanın kumaş üzerindeki termal kararlılığı ve dekompozisyon davranışı incelenir. Özellikle pigmentli tekstillerde veya kaplamalı kumaşlarda kullanılan bir yöntemdir.

Boya Çekimi (Exhaustion) ve Tutunma (Fixation) Oranı Analizi: Boyama sonrası kumaşta kalan ve çözeltide kalan boyanın oranını belirlemede kullanılan bir yöntemdir. Boyanın verimli kullanılıp kullanılmadığını görmek (çevresel ve ekonomik öneme sahip) için büyük öneme sahiptir.

Ekstraksiyon ve HPLC/GC-MS ile Kalıntı Analizi: Kumaştaki boya kalıntılarının, arilaminlerin veya zararlı katkı maddelerinin tespitinde kullanılmaktadır.

SEM-EDS (Taramalı Elektron Mikroskobu + Enerji Dispersif Spektroskopi): Boyanın lif yüzeyine nasıl dağıldığını, morfolojik yapıyı görmek ve pigmentli boyama veya nano- kaplamalı kumaş analizlerinde kullanılan bir yöntemdir. Boyama uniformluğu, lif kaplaması, nanotekstil uygulamaları hakkında detaylı bilgi edinmemize olanak sağlar.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez kapsamında ilk olarak Roselle (kerkede) (*HibiskusSabdariffa*) çiçeklerinin temin edilmesi gerçekleştirilmiştir. Roselle, aktarlarda “hibisküs çayı” adıyla yaygın olarak satılmaktadır. Kendine özgü kırmızı rengin albenisi olması ve yaygın bulunmasından dolayı tez çalışmasında doğal boya kaynağı olarak seçildi. Attardan alınarak taksonomik tespiti yapılan *HibiskusSabdariffa*’nın reaktif pigmentleri ultrasonik olarak saf su ile yapıldı.

Pamuk lifleri ve pamuk kumaşlar ILSAN tekstil fabrikasından temin edildi. Yağ ve kirlerinden arındırıldı, kurutuldu ve temiz bir kap içerisinde kullanıma hazır halde bekletildi. Pamuk lif ve kumaşlar bakır (II) sülfat, demir (II) sülfat, kalay (II) klorür ve potasyum dikromat ile mordanlandı ve roselle ekstarktı ile farklı sıcaklık (60 °C, 80 °C, 100 °C) ve pH’larda (8, 9, 10 ve 11) boyandı.

Yüzey modifikasyonu, özellikle tekstil boyamacılığı ve teknik tekstiller alanında büyük öneme sahiptir. Bu işlem, bir tekstil yüzeyinin kimyasal veya fiziksel özelliklerini boyama, kaplama, tutunma, su/geçirgenlik, fonksiyonel kaplama gibi amaçlarla değiştirmeyi içerir. Yüzey modifikasyonu; kumaş ya da elyafın dış katmanının fiziksel, kimyasal ya da fizikokimyasal yöntemlerle değiştirilerek istenen işlevlerin kazandırılması işlemidir. Kumaş yüzeyinin ıslanabilirliği, reaktivitesi, boya tutunması, hidrofobik/hidrofilik davranışı, biyoyumluluğu veya fonksiyonelliği gibi özelliklerini değiştirmek buradaki temel amaçtır. Yüzey modifikasyonu temelde boyanın daha iyi tutunması, su itici özellik kazandırmak, antibakteriyel özellik kazandırmak, alev geciktirici etki sağlamak, statik elektriği azaltmak ve fonksiyonel kaplama yapabilmek için kullanılmaktadır. Yani özetle yüzey modifikasyonu, klasik boyama işlemlerinden daha öte, tekstil yüzeylerine fonksiyon kazandırmak için vazgeçilmezdir. Bu amaçla tez çalışmasında pamuk lifleri sulu ortamda poliamin ile modifiye edildi ve HCl ile yüzeyler katyonik hale getirildi. Böylece artı yüklenmiş yüzeylere anyonik pigmentler daha sıkı bağlandı. Bunun yanı sıra pamuk lifleri 1,4-butan sültone ile modifiye edildi. Daha sonra

Roselle ekstraktı ile işleme tabi tutuldu. Bu sayede, doğal pigmentler pamuk yüzeyine reaktif boyalar gibi kovalent bağla bağlanarak doğal boyaların matlığı yerini parlak ve canlı renklere bıraktığı gözlemlendi.

Tez çalışmasında planlandığı gibi Hibiskus Sabdariffa bitkisi çiçeklerinin ekstraksiyonu yapılarak mordanlama yöntemiyle pamuk, pamuk/poliester kumaşlar boyandı. pH'a, sıcaklığa ve mordanlama kimyasalına bağlı olarak farklı renkler elde edildi. Yüzey modifikasyonu çalışmaları gerçekleştirildi. Bundan sonraki alt başlıklarda çalışmanın sonuçları detaylı bir şekilde verildi.



Resim 3.1 : Hibiskus bitkisinin çiçekleri: Dalında ve kurutulmuş



Resim 3.2 : Hibiskus bitkisi çiçeklerinin Soxhlet ekstraksiyon düzeneği ile ekstraksiyonu

Resim 3.1 ve 3.2'de hibiskus bitkisinin çiçek ve ekstraksiyon işlemi görülmektedir. Çiçeğin yaş hali pembe ve merkeze doğru kırmızı olduğu görülürken kuru hali mavi renk almıştır. Metanol/su (%50-50) ekstraksiyondan elde edilen özüt ise koyu kırmızı renklidir.



Resim 3.3 : Boyama işlemlerinin gerçekleştirildiği küçük boya tüpleri.

Yalnızca Hibiscus Özütü kullanılarak yapılan boyama denemelerinin özeti Tablo 1’de karşılaştırmalı olarak sunuldu. Sıcaklık ve pH değişimi sonucu kumaş boyamalarındaki farklılıklar net olarak gözlemlendi.

Tablo 3.1 : Yalnızca Hibiscus Özütü kullanılarak yapılan boyama denemelerinin özet tablosu.

Sıcaklık (°C)	pH	Ürün Görseli
60	3,5	
90	3,5	
95	8,2	
130	3,5	

95	2,3	
95	10,5	

3.1.Hibiskus (Hibiscus sabdariffa) Özütü ile Yapılan İlk Boyama Denemesi

Çalışmanın ilk boyama denemesi, Hibiskus bitkisi özütü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Boyama işlemi, laboratuvar tipi boyama makinasında, 60 °C sıcaklık ve pH 3.5 koşullarında uygulanmıştır. Deneysel işlem öncesinde, laboratuvar boyama makinasına ait küçük boyama tüplerine 30 mL hibiskus özütü eklenmiş, ardından 70 mL saf su ilave edilerek boyama banyosu hazırlanmıştır.

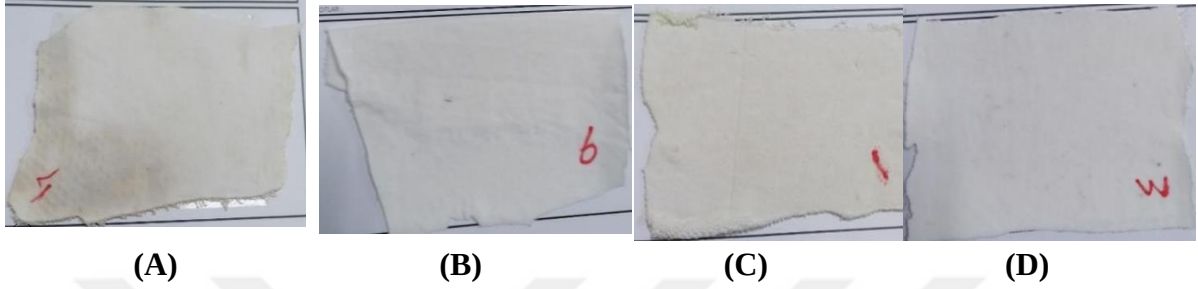
Ayrı ayrı iki tüpe hazırlanan çözeltilerden birine 9 gram olarak tartılan 30/70/14 oranında pamuk/polyester/pamuk-polyester (pam/pes/pampes) karışımı kumaş, diğerine 30/150 pamuk/polyester (pam/pes) kumaş hazırlanan banyo içerisine yerleştirilerek boyama makinasına yüklenmiştir. Boyama işlemi, 60 °C sıcaklıkta 45 dakika süreyle yürütülmüştür. Sürenin sonunda kumaş numunesi makineden çıkarılarak bol su ile durulanmıştır. Ancak bu deneme sonucunda elde edilen boyama, istenilen başarıya ulaşamamış ve başarısız olarak değerlendirilmiştir (Resim 3.4 a-b).

3.2.Hibiskus Özütü ile Yapılan İkinci Boyama Denemesi

İkinci boyama denemesi de ilk çalışmada uygulanan koşullar korunarak, Hibiskus bitkisi özütü ile gerçekleştirilmiştir. Boyama işlemi, laboratuvar tipi boyama makinasında 60 °C sıcaklık ve pH 3.5 koşullarında yürütülmüştür. Deneyde kullanılacak boyama banyoları için, laboratuvar boyama makinasına ait küçük tüplerin her birine 30 mL hibiskus özütü ve 70 mL saf su eklenerek iki ayrı banyo hazırlanmıştır.

Hazırlanan ilk tüpe, 9 gram ağırlığında 30/70/10 oranında pamuk/polyester/pamuk- polyester (pam/pes/pampes) karışımı kumaş yerleştirilmiştir.

İkinci tüpe ise yine 9 gram ağırlığında fakat bu kez 30/70/20 oranında pam/pes/pampes kumaş eklenmiştir. Her iki tüp, boyama makinasına yerleştirilmiş ve işlemler 60 °C’de 45 dakika boyunca sürdürülmüştür. Boyama süresi sonunda numuneler makineden çıkarılarak bol su ile durulama işlemi uygulanmıştır. Bu deneme sonucunda elde edilen boyamalar, beklentileri karşılamamış ve başarısız olarak değerlendirilmiştir (Resim 3.4 c-d).



Resim 3.4 : Hibiskus özütü kullanılarak gerçekleştirilen denemelere ait resimler.

3.3.Hibiskus Özütü ile Yapılan Üçüncü Boyama Denemesi

Üçüncü boyama denemesi de önceki uygulamalarda olduğu gibi Hibiskus bitkisi özütü ile gerçekleştirilmiştir. Boyama işlemi, laboratuvar tipi boyama makinasında, 60 °C sıcaklık ve pH 3.5 koşullarında yapılmıştır. Deneysel işlem öncesinde, laboratuvar boyama makinasına ait küçük boyama tüplerine 30 mL hibiskus özütü ve 70 mL saf su eklenerek boyama banyosu hazırlanmıştır.

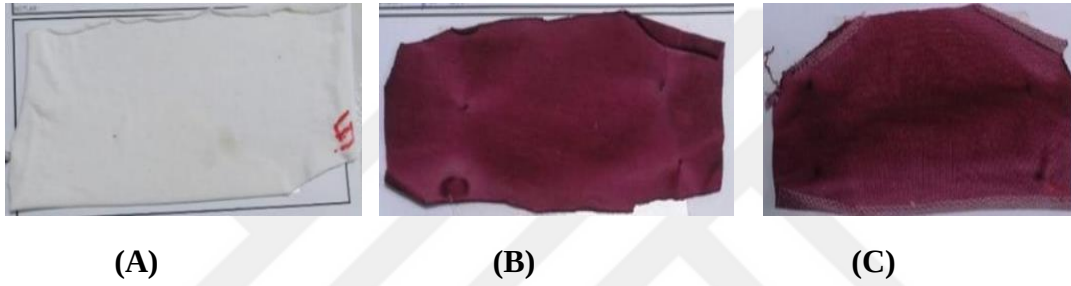
Hazırlanan banyo içerisine, 9 gram olarak tartılan 30/1 numara penye süprem kumaş yerleştirilmiş ve tüp boyama makinasına yerleştirilmiştir. Boyama işlemi 60 °C sıcaklıkta 45 dakika süresince gerçekleştirilmiştir. Süre sonunda kumaş numunesi makineden çıkarılmış ve bol su ile durulama işlemi yapılmıştır. Bu denemede uygulanan boyama işlemi sonucunda da istenilen renk haslığı ve tutunma sağlanamamış, işlem başarısız olarak değerlendirilmiştir (Resim 3.5 a) .

3.4.Hibiskus Özütü ile Yapılan Dördüncü Boyama Denemesi (Başarılı Sonuç)

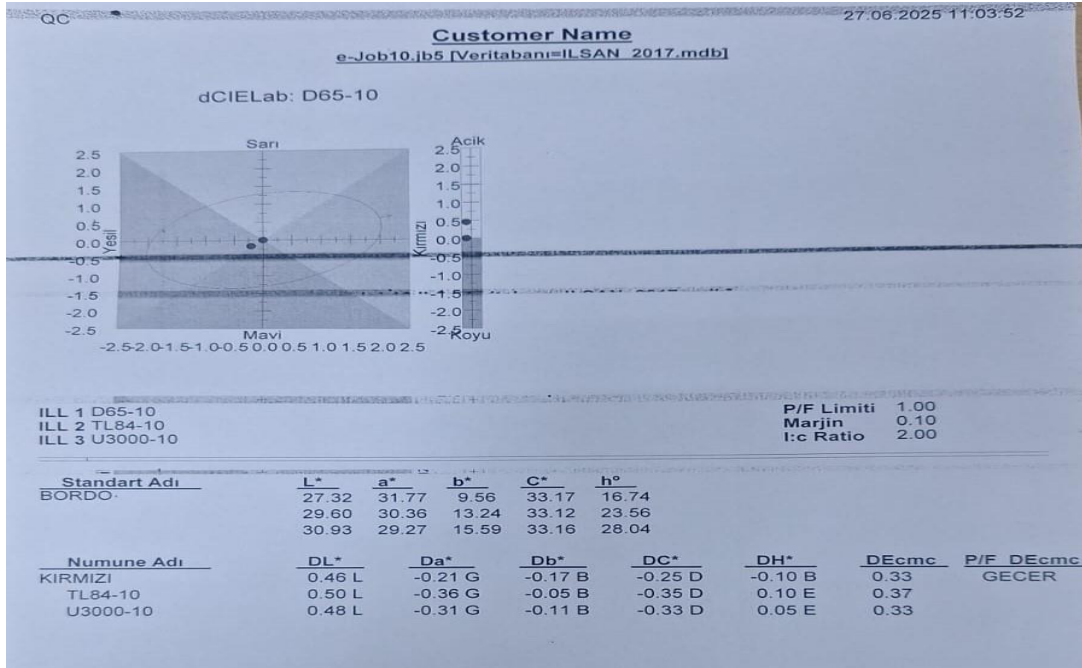
Dördüncü boyama denemesi, önceki uygulamalardan farklı olarak 90 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmiş ve bu deneme ilk başarılı sonuç alınan çalışma olmuştur. Boyama işlemi, laboratuvar tipi boyama makinasında, pH 3.5 ve 90 °C koşullarında

yürütülmüştür. Deney öncesinde, laboratuvar boyama makinasına ait küçük tüplere 30 mL hibiskus özütü ve 70 mL saf su eklenerek iki ayrı boyama banyosu hazırlanmıştır.

İlk tüpe, 9 gram olarak tartılan 30/1 numara penye süprem kumaş, ikinci tüpe ise yine 9 gram olarak tartılan 30/150 oranında pamuk/polyester (pam/pes) karışımlı kumaş eklenmiştir. Her iki tüp boyama makinasına yerleştirilmiş ve işlem 90 °C’de 45 dakika boyunca sürdürülmüştür. Süre sonunda numuneler makineden çıkarılarak bol su ile durulanmıştır. Bu deneme sonucunda, her iki kumaş türünde de gözle görülür biçimde boyanma gerçekleşmiş ve boyama işlemi başarılı olarak değerlendirilmiştir (Resim 3.5 b-c).



Resim 3.5 : a) 60 °C’de hibiskus özütü ile yapılan boyama denemesi; **b ve c)** 90 °C’de hibiskus özütü ile yapılan boyama denemesi.

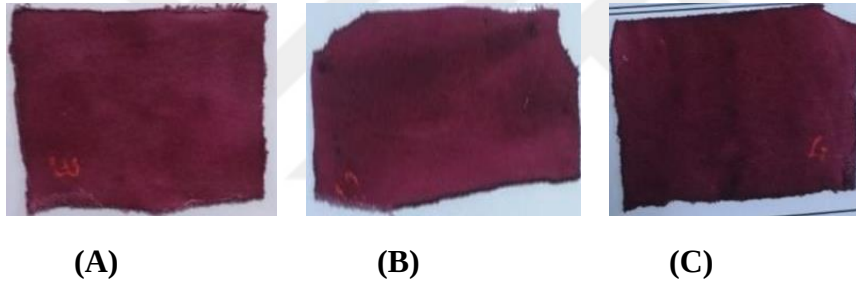


Resim 3.6 : B ve C görsellerindeki boyamaların spektrofotometri sonucu.

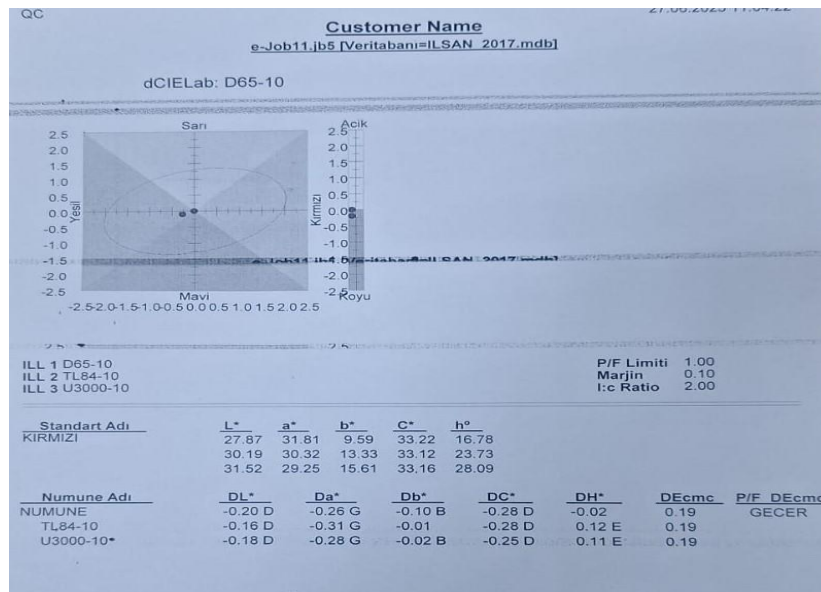
3.5.Hibiskus Özütü ile Yapılan Beşinci ve Altıncı Boyama Denemeleri

Dördüncü boyama denemesinde elde edilen başarılı sonuçlar doğrultusunda, beşinci ve altıncı denemeler farklı kumaş türleri üzerinde uygulanmış ve başarılı olunmuştur (3.5 b, ve 3.6 a-c). Bu denemelerde de Hibiskus bitkisi özütü kullanılarak, laboratuvar tipi boyama makinasında, 90 °C sıcaklık ve pH 3.5 koşulları sağlanmıştır. Deneyisel işlem için laboratuvar boyama makinasının küçük boyama tüplerine her birine 30 mL hibiskus özütü ve 70 mL saf su eklenerek üç ayrı boyama banyosu hazırlanmıştır. İlk tüpe 9 gram tartılarak 30/70/10 oranında pamuk/polyester/pamuk-polyester (pam/pes/pampes) karışımlı kumaş, ikinci tüpe 9 gram olarak 30/70/14 oranında aynı karışım, üçüncü tüpe ise 9 gram olarak 30/70/20 oranında kumaş yerleştirilmiştir.

Boyama işlemleri, 90 °C'de 45 dakika süreyle gerçekleştirilmiş ve işlem sonunda numuneler makineden çıkarılarak bol su ile durulanmıştır. Elde edilen sonuçlarda, tüm kumaş türlerinde belirgin boyanma gözlemlenmiş ve boyama işlemi başarılı olarak değerlendirilmiştir (Resim 3.7 a,b,c).



Resim 3.7 : 90 °C'de daha önce olumsuz sonuç alınan kumaş tiplerinde tekrarlanan boyama sonuçlarına ait resimler.



Resim 3.8 : A ve C görsellerinin spektrofotometri sonucu.

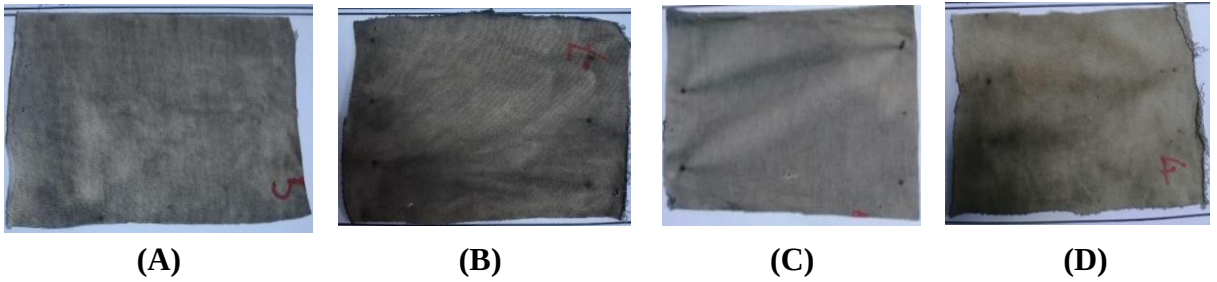
Çalışmada elde edilen boyama sonuçları Resim 3.4 a-d; 3.5 a'da gösterilmiştir ve bu denemeler başarısız olarak değerlendirilmiştir. Buna karşın, Resim 3.5 b; 3.7 a-c'deki denemelerde başarılı boyama sonuçları elde edilmiştir. Tüm denemelerde pH değeri sabit tutulmuş (pH 3.5) olmasına rağmen, sıcaklık değişiminin boyama başarısına önemli etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle, 60 °C'de gerçekleştirilen boyama işlemlerinde istenilen renk tutunması sağlanamazken, sıcaklık 90 °C'ye yükseltildiğinde boyama işleminin başarılı bir şekilde gerçekleştiği belirlenmiştir.

Bu sonuçlar, sıcaklığın boyama işlemindeki kritik parametrelerden biri olduğunu ve Hibiskus özütü ile yapılan boyamada yüksek sıcaklık kullanımının boyama verimliliğini artırdığını göstermektedir.

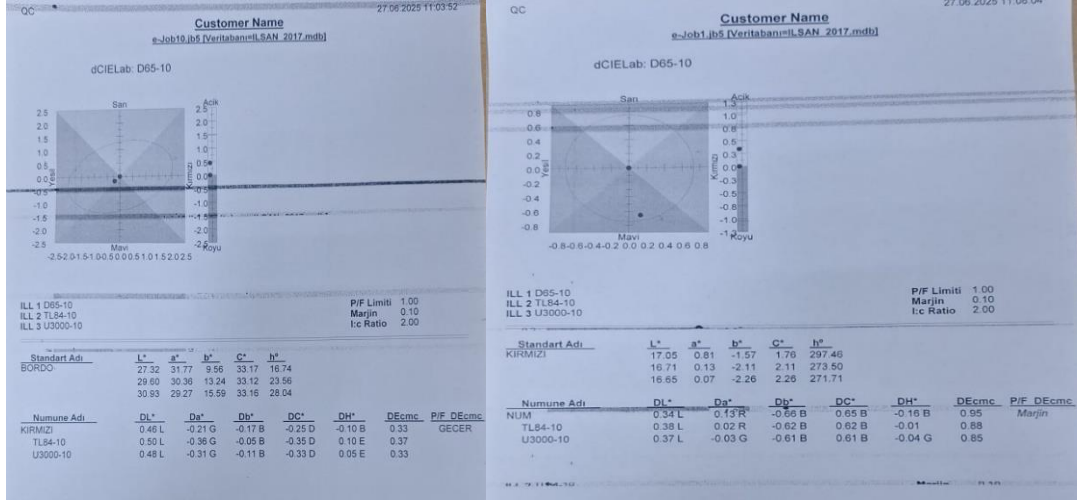
3.6.Farklı Kimyasal Ortamda Hibiskus Özütü ile Boyama Denemesi

Önceki başarılı boyama sonuçlarının ardından, farklı şartlar ve ortamlar altında boyama denemeleri gerçekleştirilmiştir. İlk denemede sulu sodyum sülfat ve sodyum karbonat (Na_2CO_3) kimyasal maddeleri kullanılmıştır. Boyama banyosu hazırlamak için 100 mL çözelti hazırlanmış ve bu çözeltiye; 3 gram sulu sodyum sülfat, 3 gram Na_2CO_3 , 30 mL hibiskus özütü ve kalan kısmı saf su olacak şekilde ilave edilmiştir. Böylece toplam 5 adet boyama tüpü hazırlanmıştır. Hazırlanan tüplere sırasıyla, 9 gram tartılarak 30/150 oranında pamuk/polyester (pam/pes), 30/70/20 pam/pes/pampes, 30/1 numara penye süprem, 30/70/14 pam/pes/pampes ve 30/70/10 pam/pes/pampes kumaşlar yerleştirilmiştir. Boyama işlemi, pH 8.2 ve 95 °C sıcaklıkta 45 dakika süreyle gerçekleştirilmiş, ardından numuneler makinadan çıkarılarak su ile durulanmıştır.

Bu deneme sonucunda, boyama işleminin hem başarılı olduğu hem de önceki başarılı boyamalardan farklı, yeni bir renk tonunun elde edildiği gözlemlenmiştir. Bu sonuç, kimyasal ortamın ve boyama koşullarının renk oluşumu ve boyama kalitesi üzerindeki etkisini göstermektedir (Resim 3.9 a-d ve 3.11).



Resim 3.9 : 3 g/L sulu sodyum sülfat+ 3 g/Lt Na_2CO_3 ile pH 8,2'de 95 °C'de yapılan boyama çalışması.



Resim 3.10 : A ve B gösellersi arasında alınan spektrofotometri görseli- C ve D görsellersi arasında alınan spektro görseli.



Resim 3.11 : Sodyum Sülfat ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) ve Soda (Na_2CO_3) ile ortam koşulları değiştirilerek yapılan boyama çalışmaları.

3.7.Yüksek Sıcaklıkta %100 Polyester Elyaf Üzerinde Boyama Denemesi ve Elyaf Ayırma İşlemi

Pamuk ve pamuk/polyester karışımli kumaşlarda elde edilen başarılı boyama sonuçlarının ardından, boyamanın yalnızca polyester elyaf üzerinde nasıl bir etki yarattığını gözlemlemek amacıyla yeni bir deneme gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, sanayi tipi polyester boyama koşulları esas alınarak, boyama işlemi 130 °C sıcaklıkta uygulanmıştır.

Denemede kullanılan kumaşlardaki polyester elyafın boyanıp boyanmadığını doğrudan gözlemleyebilmek için, boyama sonrası her kumaştan yaklaşık 1 gramlık parçalar alınarak laboratuvar ortamında formik asit kullanılarak selüloz elyafı çözündürülmüştür. Böylece, pamuk içerikleri uzaklaştırılmış ve %100 polyester elyaf kumaştan ayrıştırılarak elde edilmiştir. Kurutulan bu polyester elyaf parçalarının renk analizleri yapılmıştır.

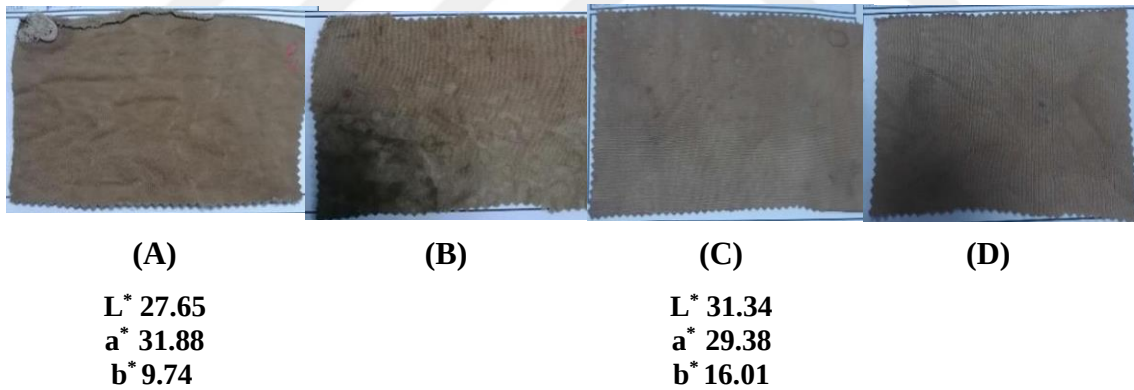
Boyama işlemi için her biri 30 mL hibiskus özütü ve su ile tamamlanarak 100

mL hacme ulaştırılan çözeltiler hazırlanmıştır. Hazırlanan dört ayrı tüpe sırasıyla;

- Tüp 1: 30/70/20 pamuk/polyester/pamuk-polyester (pam/pes/pampes) karışımlı kumaş,
- Tüp 2: 30/70/14 pam/pes/pampes kumaş,
- Tüp 3: 30/150 oranında pam/pes kumaş,
- Tüp 4: 30/1 numara penye süprem kumaş 9'ar gram olarak tartılarak eklenmiştir.

Boyama işlemleri pH 3.5 ve 130 °C sıcaklıkta, 45 dakika süreyle laboratuvar tipi boyama makinasında gerçekleştirilmiştir. İşlem sonrası numuneler makinadan çıkarılmış, bol su ile durulanmış ve karışım kumaşlardan selüloz elyafın uzaklaştırılması işlemi uygulanmıştır. Eritilen parçalar kurutulmuş ve renk karşılaştırması için orijinal kumaş örneklerinin yanına yaşıştırılmıştır. Ayrıca %100 pamuk kumaşında 130 C de haki renge boyandığı gözlemlenmiştir.

Yapılan gözlemler sonucunda, tüm karışım kumaşlardan elde edilen polyester elyafların da hibiskus boyarmaddesi ile boyandığı, ayrıca boyamanın haki tonlarında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu bulgu, yüksek sıcaklık ve uygun pH koşullarında doğal kaynaklı boyarmaddelerin polyester elyaf üzerinde de etkin olabileceğini göstermektedir (Resim 3.12 a-d).



Resim 3.12 : Polyester elyafının boyanabilirliğinin analizi için 130 C de yapılan boyama çalışmaları.

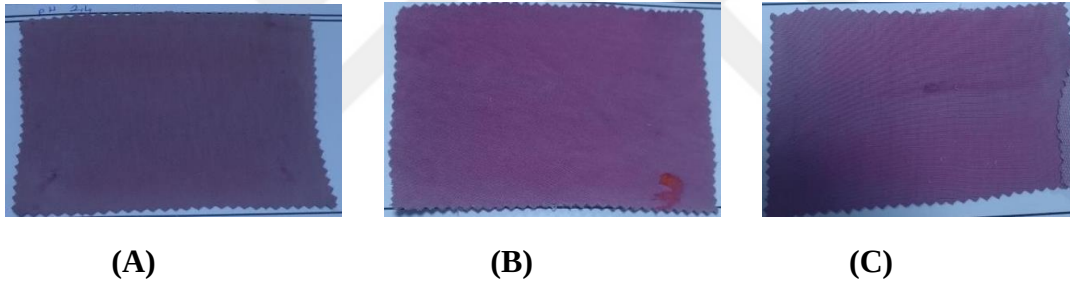
3.8.NaCl Katkısı ile Hibiskus Özüü Kullanılarak Yapılan Boyama Denemesi

Sanayi tipi boyahane uygulamalarında, boyama işlemlerinde boyar madde ile birlikte genellikle tuz (NaCl)'da kullanılmaktadır. Tuzun temel işlevi, kumaşın iyonik yapısını değiştirerek boyar maddenin kumaşa olan afinitesini artırmaktır.

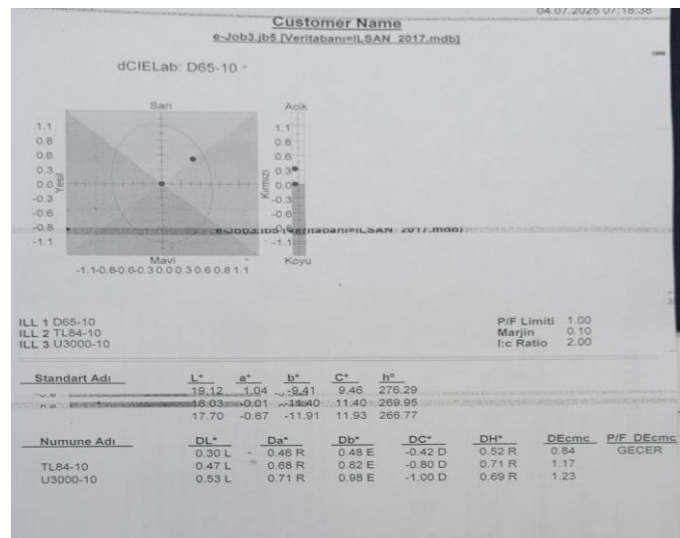
Bu bilgi doğrultusunda, çalışmanın devamında sadece NaCl içeren bir boyama ortamı oluşturularak yeni bir deneme gerçekleştirilmiştir. Deneyde, her biri 3 gram NaCl, 30 mL hibiskus özütü ve saf su ile 100 mL'ye tamamlanan çözeltiler hazırlanmıştır. Üç ayrı boyama tüpüne sırasıyla;

- 9 gram 30/1 numara penye süprem kumaş,
- 9 gram 30/70/10 pamuk/polyester/pamuk-polyester (pam/pes/pampes) kumaş,
- 9 gram 30/150 oranında pamuk/polyester (pam/pes) kumaş eklenerek tüpler laboratuvar boyama makinasına yerleştirilmiştir.

Boyama işlemi pH 2.3 ve 95 °C sıcaklıkta, 45 dakika süreyle gerçekleştirilmiş, ardından tüpler makinadan çıkarılarak kumaşlar bol su ile durulanmıştır. Boyama sonrası yapılan gözlemler sonucunda, tüm kumaşların pembe tonlarında boyandığı tespit edilmiştir. Bu sonuç, NaCl katkısının boyama işlemi üzerinde olumlu etkiler yarattığını ve doğal boyar maddelerle yapılan boyamalarda da sanayide kullanılan tuz katkısının faydalı olabileceğini göstermektedir (Resim 3.13 a-c).



Resim 3.13 : Düşük pH ve yüksek sıcaklık koşullarında NaCl kullanılarak farklı kumaş türlerinin boyama sonuçları.



Resim 3.14 : A ve C görselleri arasında alınan spektrofotometri sonucu.

3.9.Yüksek pH Koşullarında Hibiskus Özütü ile Boyama Denemesi

Sanayi uygulamalarında kumaş boyama işlemleri genellikle yüksek pH değerlerinde gerçekleştirilmektedir. Bu bağlamda, hibiskus özütünün yüksek pH koşullarında boyama performansını değerlendirmek amacıyla yeni bir deney planlanmıştır.

Deneyde, 3 gram Na_2CO_3 , 30 mL hibiskus özütü ve saf su kullanılarak toplam hacmi 100 mL'ye tamamlanan çözeltiler hazırlanmıştır. Üç ayrı boyama tüpüne sırasıyla 9'ar gram olacak şekilde;

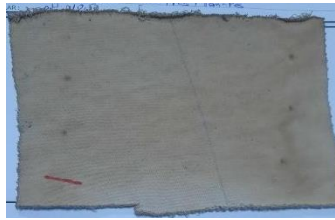
- 30/70/10 pamuk/polyester/pamuk-polyester (pam/pes/pampes)
- 30/70/14 pam/pes/pampes
- 30/70/20 pam/pes/pampes kumaş örnekleri yerleştirilmiştir.

Boyama işlemi pH 10.5 ve 98 °C'de, 45 dakika süreyle laboratuvar boyama makinasında gerçekleştirilmiş, işlem sonunda kumaşlar makinadan çıkarılarak su ile yıkanmıştır. Yıkama sonrası yapılan değerlendirmelerde, her üç kumaş tipinde de açık haki tonlarında boyama elde edildiği gözlemlenmiştir. Bu sonuç, yüksek pH değerlerinin hibiskus özütü ile yapılan boyamada renk tonunu etkilediğini ve açık haki renginin oluşmasına olanak sağladığını göstermektedir (Resim 3.15 a-c).



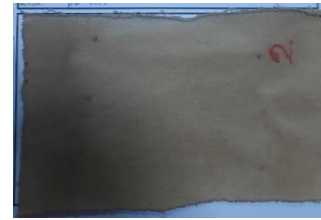
(A)

L* 30.00
a* 30.45
b* 13.63



(B)

L* 13.38
a* 0.72
b* 8.01



(C)

Resim 3.15 : Ortama kostik (sıvı Na_2CO_3) ilave edilerek yapılan boyama denemeleri.

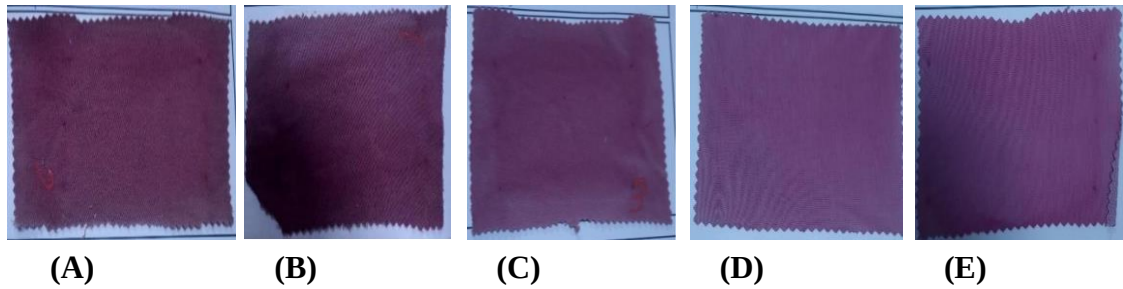
3.10. Sulu Sodyum Sülfat Katkısı ile Hibiskus Özütü Kullanılarak Yapılan Boyama Denemesi

Sanayi uygulamalarında kumaş boyama işlemlerinde, tuz olarak kullanılan kimyasallardan biri de sulu sodyum sülfattır ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Bu çalışmada, boyama ortamına sulu sodyum sülfat eklenerek hibiskus özütü ile yapılan boyamanın etkileri incelenmiştir.

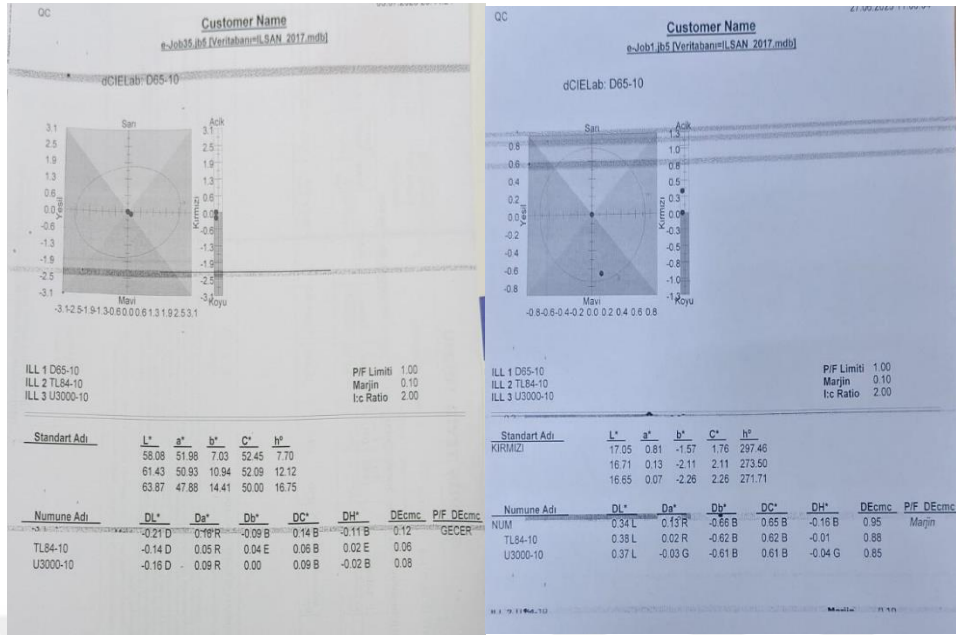
Deney kapsamında, üç adet tüp için 3 gram $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, 30 mL hibiskus özütü ve saf su kullanılarak toplam 100 mL çözelti hazırlanmıştır. Üç farklı boyama tüpüne, 9'ar gram olacak şekilde;

- 30/70/10 pamuk/polyester/pamuk-polyester (pam/pes/pampes)
- 30/70/14 pam/pes/pampes
- 30/70/20 pam/pes/pampes, kumaş örnekleri yerleştirilmiştir.

Boyama işlemi pH 3 ve 98 °C sıcaklıkta, 45 dakika süreyle laboratuvar boyama makinasında uygulanmış, işlem sonrasında numuneler makinadan çıkarılarak su ile durulanmıştır. Yapılan gözlemler sonucunda, tüm kumaşların koyu pembe tonlarında boyandığı belirlenmiştir. Bu bulgu, sulu sodyum sülfatın hibiskus özütü ile yapılan boyama işlemlerinde koyu renk oluşumuna katkıda bulunduğunu göstermektedir (Resim 3.16 a-e).



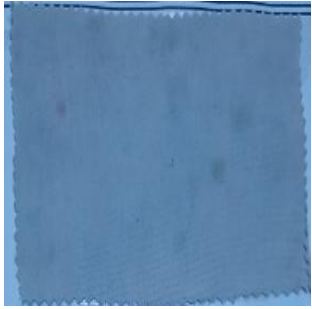
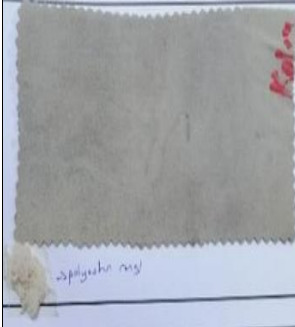
Resim 3.16 a-e: Sanayide yaygın olarak kullanılan sodyum sülfat ilavesiyle boyama yapılan kumaş resimleri.



Resim 3.17: A ve B görselleri için alınan spektrofotometri sonucu- D ve E görselleri için alınan spektrofotometri görseli.

Bu çalışmalardan sonra mordanlama kimyasalı kullanılarak boyama denemelerine geçilmiştir. Yapılan çalışmalarda kullanılan mordan kimyasallarının boyama öncesi, boyama sırası ve boyama sonrasında ki sonuçları Tablo 3.2’de özet olarak sunuldu.

Tablo 3.2 : Hibiscus özütü ile mordanlamalı boyama çalışmalarının özet tablosu

Mordanlama Metali	Boyama Öncesi Mordanlama	Boyama Sırası Mordanlama	Boyama Sonrası Mordanlama
Alüminyum			
Demir			
Potasyum			
Kalay			

3.11. Alüminyum Tuzu ile Mordanlama Denemeleri

Başarılı boyama sonuçlarının elde edilmesinin ardından, tarih boyunca kullanılan farklı metallerle mordanlama çalışmalarına başlanmıştır. İlk mordanlama metalimiz alüminyum olmuştur. Mordanlama işlemleri, boyama öncesi, boyama sırasında ve boyama sonrası olmak üzere üç farklı şekilde gerçekleştirilmiştir.

İlk çalışmada, 30/150 pamuk/polyester (pam/pes) kumaştan 9 gram tartılarak hazırlanmış örnek, 30 mL hibiskus özütü içeren ve toplam hacmi 100 mL'ye tamamlanmış boyama çözeltisi içerisinde pH 4 ve 95 °C'de 45 dakika süreyle boyanmıştır. Boyama işlemi tamamlandıktan sonra kumaş, makinadan çıkarılıp su ile yıkanmış ve kurutulmuştur. Ardından, 3 g/L konsantrasyonda hazırlanmış alüminyum mordanlama çözeltisine 15 dakika süreyle daldırılmış ve tekrar kurutulmuştur. Kurutma sonrası yapılan görsel değerlendirmede, kumaş renginin açık mint tonunda olduğu gözlemlenmiştir.

Bir sonraki aşamada ise aynı mordanlama kimyasalı kullanılarak boyama öncesi ve boyama sırasında mordanlama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Boyama öncesi mordanlamada, kumaş 15 dakika süreyle 3 g/L alüminyum çözeltisinde bekletilmiş ve ardından hibiskus boyası ile boyama yapılmıştır. Bu kumaşın rengi açık pembe olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan, boyama banyosuna 3 g/L alüminyum mordanlama çözeltisi ilave edilerek yapılan boyamada ise kumaş rengi daha koyu pembe tonunda oluşmuştur. Tüm denemelerde 30/150 pam/pes kumaş kullanılmış, her bir örnek 9 gram olarak tartılmış ve boyama işlemleri pH 4 ve 95 °C'de, 45 dakika süreyle laboratuvar boyama makinasında gerçekleştirilmiştir (Resim 3.18 a-c).



(A)

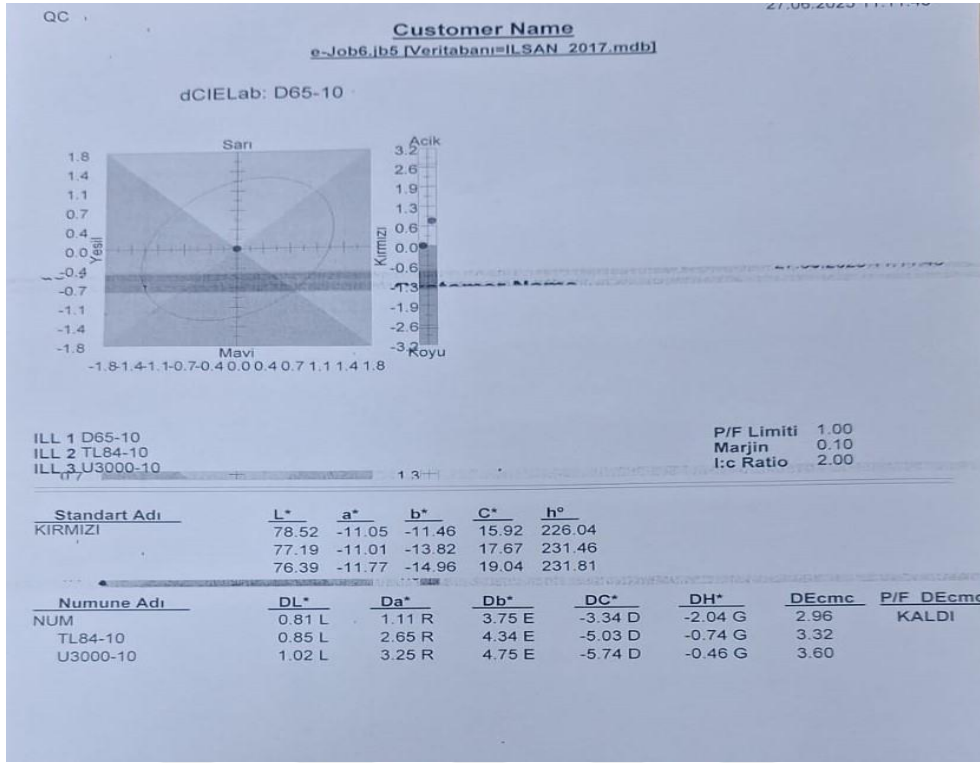


(B)



(C)

Resim 3.18 : Alüminyum metali kullanılarak, boyama esnasında, boyama öncesinde ve boyama sonrasında mordanlama işlemleri uygulanan kumaş resimleri.



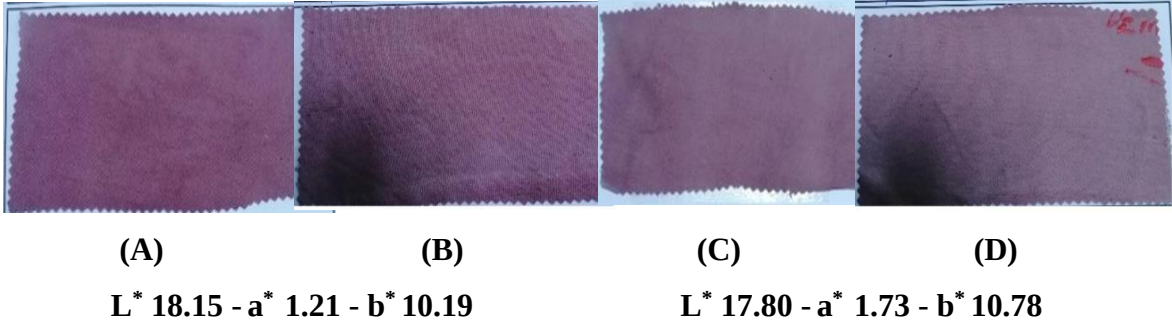
Resim 3.19 : Resim 3.18 A ve B görselleri arasında alınan spektrofotometri sonucu.

3.12. Demir Tuzu ile Mordanlama Denemeleri

Bir sonraki mordanlama çalışması demir (Fe) iyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlk deneyde, boyama sırasında mordanlama yapılmıştır. Bu amaçla, 3 g/L demir çözeltisi hazırlanmış ve bu çözeltiden alınan 10 mL, 30 mL hibiskus özütü ile karıştırılarak toplam hacmi 100 mL olacak şekilde çözeltiler hazırlanmıştır. İki farklı tüpe 9'ar gram olacak şekilde 30/1 penye süprem ve 30/150 pamuk/polyester (pam/pes) kumaşlar yerleştirilmiştir. Boyama işlemi pH 4.7 ve 98 °C'de, 45 dakika süreyle laboratuvar boyama makinasında uygulanmıştır. Boyama tamamlandıktan sonra kumaşlar makinadan çıkarılarak su ile yıkanmıştır. Yapılan gözlemlerde, kumaşların açık gül kurusu renginde boyandığı belirlenmiştir.

İkinci aşamada ise aynı demir çözeltisi ile boyama öncesi mordanlama işlemi gerçekleştirilmiştir. 3 g/L konsantrasyonda hazırlanan demir mordanlama çözeltisine 9'ar gram tartılmış 30/1 penye süprem ve 30/150 pam/pes kumaş örnekleri 15 dakika süreyle daldırılmıştır. Ardından, 30 mL hibiskus özütü kullanılarak hazırlanan 100 mL'lik boyama çözeltilerine kumaşlar yerleştirilmiş ve pH 4.7 ile 98 °C'de, 45 dakika süreyle boyama işlemi gerçekleştirilmiştir. Boyama sonrası kumaşlar yıkanmış ve

yapılan değerlendirmede koyu gl kurusu renginin elde edildiği gözlemlenmiştir. Bu çalışmada da mordanlamanın farklı noktalarda yapılmasının renk tonunda farklılık yarattığı gözlemlenmiştir (Resim 3.20 a-d).



Resim 3.20 a-d : Demir zeltisi kullanılarak, boyama esnasında, boyama öncesinde ve boyama sonrasında mordanlama işlemleri uygulanan kumaş resimleri.

3.13. Potasyum Tuzu ile Mordanlama Denemeleri

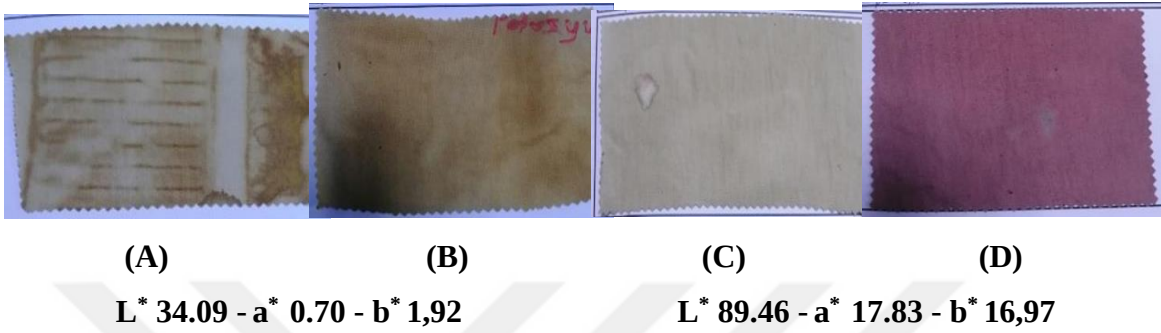
nc mordanlama denemesi, potasyum metali kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mordanlama işlemleri; boyama öncesi, boyama sırasında ve boyama sonrası olmak üzere üç farklı yöntemle uygulanmıştır.

İlk çalışmada, 30/150 pamuk/polyester (pam/pes) ve 30/1 penye süprem kumaş türlerinden 9’ar gram tartılarak hazırlanmış numuneler, 30 mL hibiskus özütü içeren ve toplam hacmi 100 mL’ye tamamlanmış zelteler içerisinde pH 4.5 ve 95 C’de 45 dakika süreyle boyanmıştır. İşlem sonrasında kumaşlar makinadan çıkarılarak su ile yıkanmış ve kurutulmuştur. Daha sonra, 3 g/L konsantrasyonunda hazırlanmış potasyum çözeltisi içerisinde kumaşlar 15 dakika süreyle bekletilmiş ve ardından tekrar kurutulmuştur. Kurutma sonrası yapılan görsel değerlendirmede, kumaşların açık kahverengi ile yeşil tonlarının karışımında bir renk aldığı gözlemlenmiştir.

Aynı kimyasal kullanılarak gerçekleştirilen sonraki çalışmalarda, boyama öncesi ve boyama sırasında mordanlama yöntemleri uygulanmıştır. Boyama ncesi mordanlamada, kumaşlar 3 g/L potasyum çözeltisinde 15 dakika bekletilmiş ve ardından hibiskus çözeltisi ile boyanmıştır. Bu işlem sonucunda kumaşların gl kurusu renginde boyandığı belirlenmiştir. Öte yandan, boyama banyosuna doğrudan 3 g/L potasyum çözeltisi ilave edilerek yapılan boyama işleminde, kumaşların açık haki tonlarında

renklendiği gözlemlenmiştir.

Bu denemelerde yalnızca 30/150 pam/pes kumaş kullanılmış olup, tüm numuneler 9'ar gram olarak hazırlanmıştır. Boyama işlemleri pH 4.5 ve 95 °C'de, 45 dakika süreyle gerçekleştirilmiştir (3.21 a-d).



Resim 3.21 a-d : Potasyum çözeltisi kullanılarak, boyama esnasında, boyama öncesinde ve boyama sonrasında mordanlama işlemleri uygulanan kumaş resimleri.

3.14. Potasyum Tuzu ile Yüksek Sıcaklıkta (130 °C) Mordanlamalı Polyester Boyama Denemeleri

Farklı koşullarda gerçekleştirilen önceki boyama denemelerinde elde edilen olumlu sonuçlar doğrultusunda, bu aşamada 130 °C'de gerçekleştirilen polyester boyamaları potasyum metali ile mordanlama yöntemiyle desteklenerek tekrar değerlendirilmiştir. Mordanlama işlemleri, boyama öncesi ve boyama sonrası olmak üzere iki farklı yöntemle uygulanmıştır. Her iki yöntemde de 3 g/L konsantrasyonunda potasyum çözeltisi hazırlanmış, boyama öncesi mordanlamada kumaşlar bu çözelti içerisinde 15 dakika bekletildikten sonra boyama işlemine alınmış; boyama sonrası mordanlamada ise boyama işleminden geçen kumaşlar aynı şekilde potasyum çözeltisinde 15 dakika bekletilmiştir.

Boyama işlemi için 30 mL hibiskus özütü kullanılmış, çözelti saf su ile 100 mL'ye tamamlanmıştır. Her tüpe 9'ar gram 30/150 pamuk/polyester (pam/pes) kumaşı eklenmiş ve boyama işlemleri pH 4.5, 130 °C'de, 45 dakika süresince gerçekleştirilmiştir.

Boyama işlemi tamamlandıktan sonra, her bir kumaştan 1'er gramlık örnek alınarak laboratuvar ortamında formik asit kullanılarak pamuk elyafları eritilmiş ve

yalnızca polyester lifleri ayrıştırılarak kurutulmuştur. Yapılan gözlemlerde, boyama öncesi mordanlama uygulanan kumaşların kahverengi tonlarında, boyama sonrası mordanlama uygulanan kumaşların ise sütlü kahverengi tonlarında renklendiği tespit edilmiştir. Her iki yöntemde de polyester liflerinin boyayı tuttuğu ve boyanmanın gerçekleştiği gözlemlenmiştir (Resim 3.22 a-b).



L* 29.52 - a* 8.53 - b* 10.98

Resim 3.22 a-b : Potasyum metali kullanılarak boyama öncesinde ve boyama sonrasında mordanlama işlemleri uygulanan kumaş resimleri.

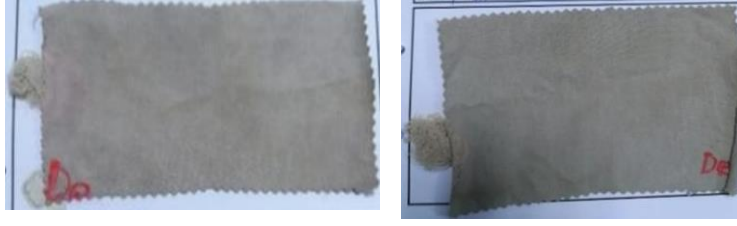
3.15. Demir Tuzu ile Yüksek Sıcaklıkta (130 °C) Mordanlamalı Polyester Boyama Denemeleri

Bu çalışmada, demir metali ile mordanlama işlemleri kullanılarak 130 °C’de gerçekleştirilen hibiskus özütü ile boyama denemeleri yapılmıştır. Mordanlama işlemleri, boyama öncesi ve boyama sonrası olmak üzere iki farklı şekilde uygulanmıştır. Her iki uygulamada da 3 g/L konsantrasyonunda demir çözeltisi hazırlanmıştır. Boyama öncesi mordanlama işlemi için kumaş örnekleri bu çözeltide 15 dakika bekletildikten sonra boyama işlemine alınmıştır. Boyama sonrası mordanlama işlemlerinde ise boyama tamamlandıktan sonra kumaşlar aynı demir çözeltisinde 15 dakika bekletilmiştir.

Boyama işlemleri için her tüpe 30 mL hibiskus özütü eklenmiş ve çözelti saf su ile 100 mL’ye tamamlanmıştır. Hazırlanan çözeltilere 9’ar gram 30/150 pamuk/polyester (pam/pes) karışımlı kumaş eklenmiş ve boyama işlemleri pH 4.7’de, 130 °C’de, 45 dakika süreyle gerçekleştirilmiştir.

Boyama sonrası kumaş örneklerinden 1’er gram alınarak laboratuvar ortamında formik asit ile pamuk elyafları ayrıştırılmış, sadece polyester iplikler izole edilip kurutularak elde edilen renkler incelenmiştir. Boyama öncesi mordanlama uygulanan kumaşlarda daha kızılımsı bir kahverengi ton gözlemlenirken, boyama sonrası

mordanlama uygulanan kumaşlarda yeşilimsi kahverengi tonlara yakın bir renk elde edilmiştir. Her iki yöntemde de polyester elyafın boyayı tuttuğu ve etkili bir şekilde boyandığı tespit edilmiştir (Resim 3.23a-b).



(A)

(B)

$L^* 31.51 - a^* 0.97 b^* 1.13$

Resim 3.23 a-b : Demir metali kullanılarak boyama öncesinde ve boyama sonrasında mordanlama işlemleri uygulanan kumaş resimleri.

3.16.Kalay Tuzu ile Boyama Öncesi, Sırası ve Sonrası Mordanlama Uygulamaları (130 °C)

Bu bölümde, kalay (Sn) metali kullanılarak yapılan mordanlama işlemlerinin boyama öncesi, boyama sırası ve boyama sonrası olmak üzere üç farklı şekilde uygulanmasının boyama üzerindeki etkileri incelenmiştir. Tüm uygulamalarda kullanılan kumaş cinsi 30/150 pamuk/polyester (pam/pes) karışımlı kumaştır. Boyamalar 130 °C sıcaklıkta, pH 4.2’de ve 45 dakika sürede gerçekleştirilmiştir.

Boyama Sırasında Mordanlama:

İlk uygulamada, 3 g/L konsantrasyonunda kalay çözeltisi hazırlanmış, bu çözeltiden 10 mL alınarak üzerine 30 mL hibiskus özütü eklenmiş ve saf su ile 100 mL’ye tamamlanmıştır. Hazırlanan bu boyama banyosuna 9 gramlık kumaş numunesi yerleştirilmiş ve yukarıda belirtilen koşullarda boyama işlemi gerçekleştirilmiştir. Boyama işlemi sonrası kumaş kurutulmuş ve laboratuvar ortamında 1 gramlık kısmı formik asit ile eritilerek polyester elyafı ayrıştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda, pamuk bileşeninin sarı tonlarında, polyester bileşeninin ise yeşil tonlarda renklendiği gözlemlenmiştir.

Boyama Öncesi Mordanlama:

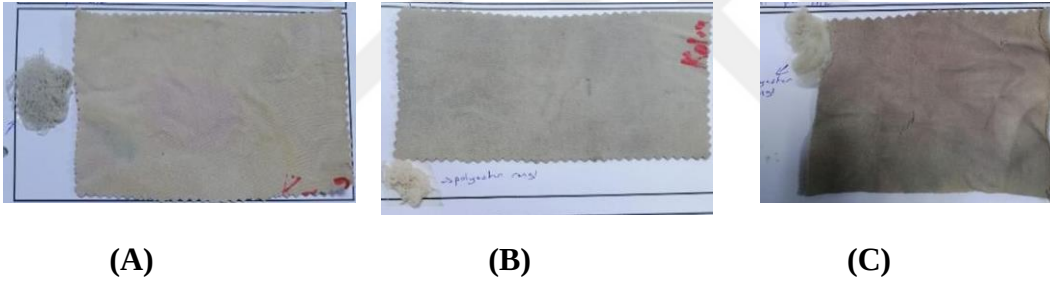
Aynı kumaş cinsi, boyamaya başlamadan önce 3 g/L kalay çözeltisine 15 dakika süreyle daldırılmış, ardından 30 mL hibiskus özütü ve su ile hazırlanan 100 mL’lik

boyama banyosuna alınarak aynı koşullarda boyama işlemi gerçekleştirilmiştir. Boyama sonrası yapılan incelemede, elde edilen renk tonunun oldukça açık olduğu tespit edilmiştir.

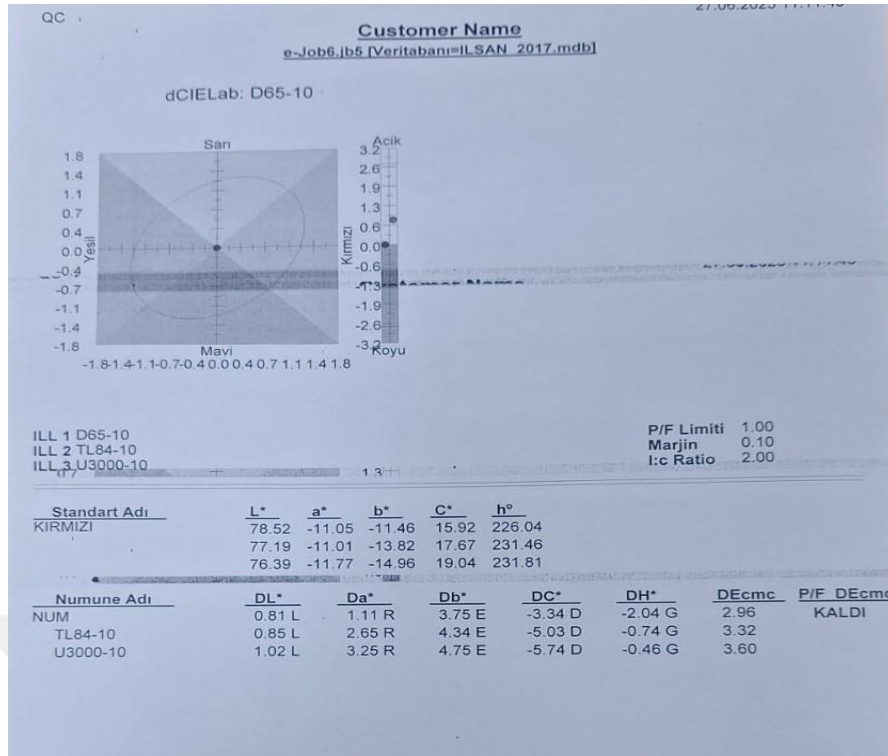
Boyama Sonrası Mordanlama:

Bu uygulamada ise kumaş önce standart şekilde boyanmış, sonrasında 3 g/L kalay çözeltisinde 15 dakika süreyle bekletilmiştir. İşlem sonrası elde edilen kumaş kurutulmuş, ardından 1 gramlık kısmı eritilerek polyester elyafı izole edilmiştir. Gözlemlenen sonuçlara göre, boyama sonrası mordanlamada elde edilen renklerin çok daha koyu tonlarda olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak, kalay metali ile yapılan mordanlama işleminin uygulanma zamanı (önce, sırasında veya sonra) elde edilen renk tonu üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğu; boyama sonrası mordanlamanın en yoğun renk tonlarını verdiği, buna karşın boyama öncesi mordanlamanın en açık tonları sağladığı tespit edilmiştir (Resim 3.24 a-d).



Resim 3.24 a-d : Kalay metali kullanılarak, boyama esnasında, boyama öncesinde ve boyama sonrasında mordanlama işlemleri uygulanan kumaş resimleri.



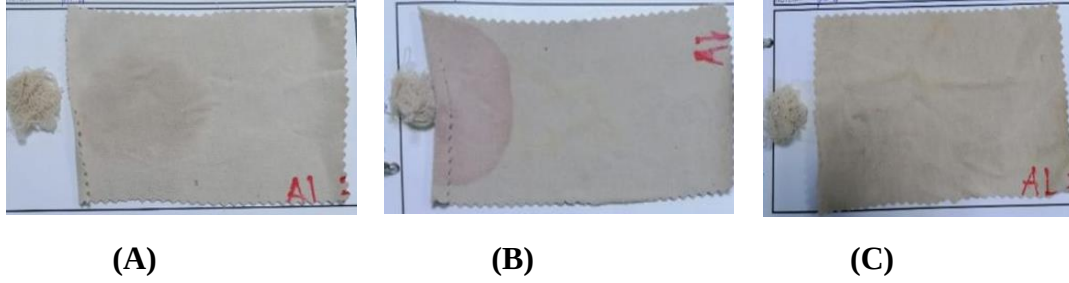
Resim 3.25 a-d : A ve C görselleri arasında alınan spektrofotometri sonucu.

3.17. Alüminyum Tuzu ile Boyama Öncesi, Boyama Sırası ve Boyama Sonrası Mordanlama Uygulamaları (130 °C)

Son yüksek sıcaklıkta mordanlama çalışmamızda, alüminyum metali kullanarak boyama öncesi, boyama sırasında ve boyama sonrası mordanlama uygulamaları gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, 3 g/L alüminyum metali çözeltisi hazırlanmış, bu çözeltiden 10 mL alınarak üzerine 30 mL hibiskus özütü ve saf su eklenmiş ve toplam hacim 100 mL'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan çözeltiye 9 gramlık 30/150 pamuk/polyester karışımlı kumaş yerleştirilmiş ve pH 4, 130 °C'de 45 dakika süreyle boyama işlemi yapılmıştır. Boyama tamamlandıktan sonra kumaş makinadan çıkarılmış, kurutulmuş ve 1 gramlık bir kısmı eritilerek polyester elyafı ayrıştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, hem pamuk hem de polyester liflerin sarı tonlarda renklendiğini göstermiştir.

Bunun ardından alüminyum metali ile boyama öncesi ve boyama sonrası mordanlama çalışmaları yapılmıştır. Boyamalar aynı kumaş türü, pH ve sıcaklık koşullarında gerçekleştirilmiş, ancak bir tüp içindeki kumaş boyamadan önce 3 g/L alüminyum çözeltisi içinde 15 dakika bekletilmiştir. Diğer tüpteki kumaş ise boyama işleminden sonra aynı koşullarda alüminyum çözeltisinde 15 dakika tutulmuştur.

Kurutulan kumaşlardan alınan 1'er gramlık parçalar eritilerek polyester ipliklerin renkleri incelenmiştir. Her iki yöntemde de benzer renkler elde edilmekle birlikte, renk tonlarında bazı nüans farklılıkları gözlemlenmiştir (Resim 3.26 a-c).

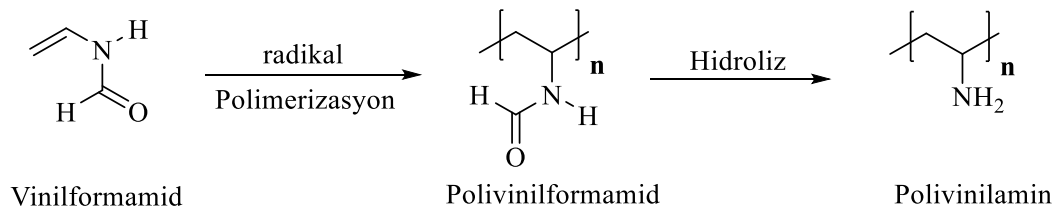


Resim 3.26 a-c : Alüminyum metali kullanılarak, boyama esnasında, boyama öncesinde ve boyama sonrasında mordanlama işlemleri uygulanan kumaş resimleri.

Tezin gerçekleştirilen ilk çalışma döneminde Hibiskus Sabdariffa bitkisi çiçeklerinin ekstraksiyonu yapılmış ve mordanlama yöntemiyle pamuk, pamuk/poliester kumaşlar boyanmıştı. pH'a, sıcaklığa ve mordanlama kimyasalına bağlı olarak farklı renkler elde edilmiş, yüzey modifikasyonu çalışmaları ise devam etmekte idi. Yapılan çalışmalarda çok güzel renkler elde edilmiş ancak haslıkları düşük çıkmıştı. Sonraki çalışmalarda haslık çalışmaları ve yüzey modifikasyonu çalışmalarına ilişkin sonuçları vermekteyiz.

Yüzey modifikasyonunda yüklü polimerik malzemeler önemli bir yere sahiptir. Bu bağlamda, selüloz liflerini artı yüklü hale getirmek için polivinilamine (PVAm) kullanılmıştır. Herhangi bir polimerin birincil amin fonksiyonel gruplarının en yüksek içeriğine sahip olan PVAm, makroskopik ve nanopartikül yüzeylerin modifikasyonu için güçlü bir araçtır. PVAm, sudaki çoğu yüzeyde kendiliğinden ve geri dönüşümsüz şekilde adsorbe ederek katyonik arayüzler oluşturur.

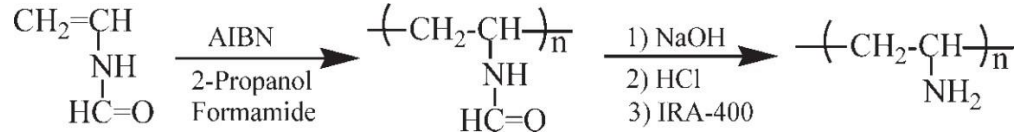
Polivinilamin (PVAm) doğrudan sentezlenemediğinden *N*-vinilformamit polimerizasyonu ve formamit grubunun amin grubuna indirgemesiyle elde edilir.



Şekil 3.1 : Poli (*N*-vinil formamit)'ten polivinilamin (PVAm) sentez şeması

Daha önce ifade edildiği gibi, PVAm sentezlemek için çözücü olarak 2-Propanol

kullanıldı. Kısaca, poli(*N*-vinilformamid) (PNVF) ilk olarak, başlatıcı olarak AIBN (57 mg, 0,35 mmol) ile formamid/2-propanol (1:9, v/v) karışık çözücülerinde *N*-vinilformamidin (2,5 g, 35 mmol) serbest radikal polimerizasyonundan 4 saat sonra 65 °C'de elde edildi. Daha sonra, Şekil 3'te gösterildiği gibi, PVAm, PNVF'nin kuvvetli NaOH çözeltisinde hidrolizinden, konsantre HCl ile asitleştirilmesinden ve kuvvetli Amberlite IRA-400 (OH) anyonik reçinesi ile değiştirilmesinden elde edildi.



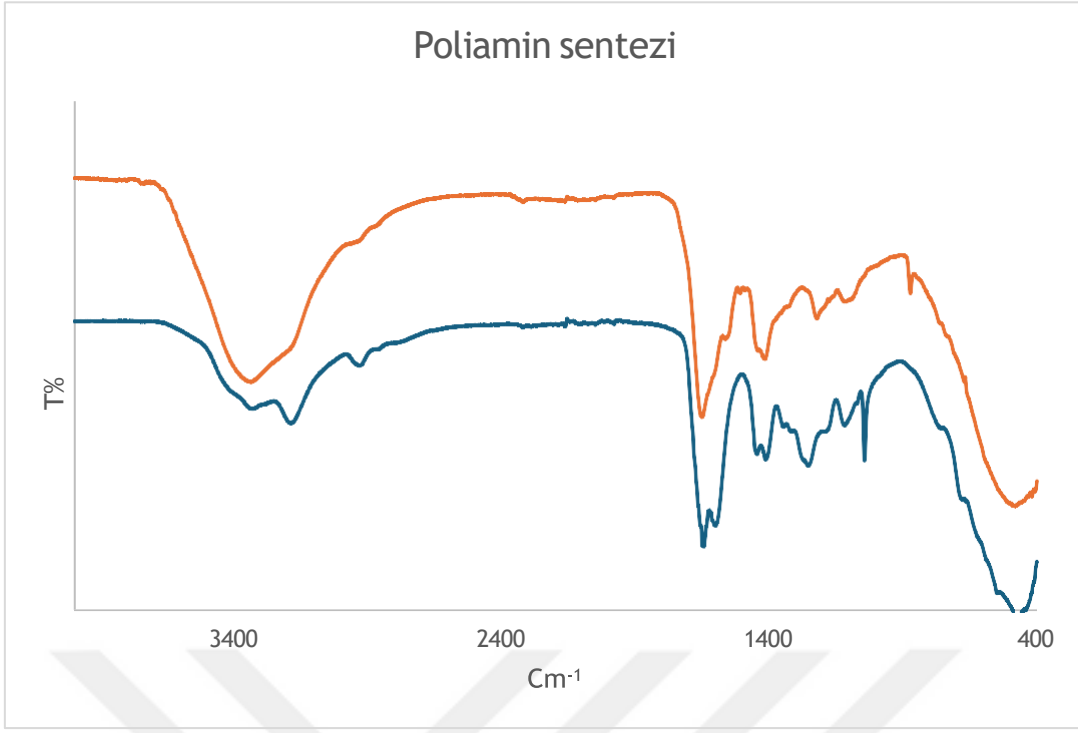
Şekil 3.2 : Poli (*N*-vinil formamit)'ten polivinilamin (PVAm) sentezi



Resim 3.27 : Deneylerin yapılışına ait görseller.



Resim 3.28 : Deneylerin yapılışına ait görseller.



Şekil 3.3 : Poli(*N*-vinil formamit)'ten polivinilamin (PVAm) sentezine ilişkin FT-IR spektrumu

Şekil 3.4'teki FT-IR spektrumundan görüldüğü gibi 1650 cm^{-1} 'deki amit grubuna ait asimetrik gerilme titreşimleri poliaminin spektrumunda oldukça azalmış, poli(*N*-vinil formamit)'te olmayan 3400 cm^{-1} 'deki asimetrik -NH_2 grubuna ait titreşim pikleri polivinilamin'in FT-IR spektrumunda görülmektedir.

Tez çalışmasının önemli bir hedefi olan polimerik katyonik yüzey modifikasyonu polivinilamin'in başarıyla sentezlenmesi sonucu elde edilmiştir.

Tüm boyama işlemleri sonrasında gerçekleştirilen haslık testlerinde; mordanlama yapılmadan, mordanlama yapılarak ve polimerik yüzey modifikasyonu uygulandıktan sonra yapılan boyamaların farklı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Haslık; boyanmış kumaşın yıkama, sürtme, ışık ve benzeri dış etkenlere karşı rengini koruyabilme direnci olarak tanımlanmakta olup, elde edilen sonuçlar uygulanan yöntemlerin bu direnç üzerinde doğrudan etkili olduğunu ortaya koymuştur.

3.18. Polivinilamin ile Modifiye Edilmiş Kumaşlarla Yapılan Boyama Denemeleri

Bu çalışma, tezimizin son deneysel bölümünü oluşturan ve modifiye edilmiş kumaşlar üzerinde yapılan boyama denemelerini kapsamaktadır. Bu bölümde, modifiye

edilen kumaş örnekleri farklı ortam koşullarında boyanarak değerlendirilmiştir.

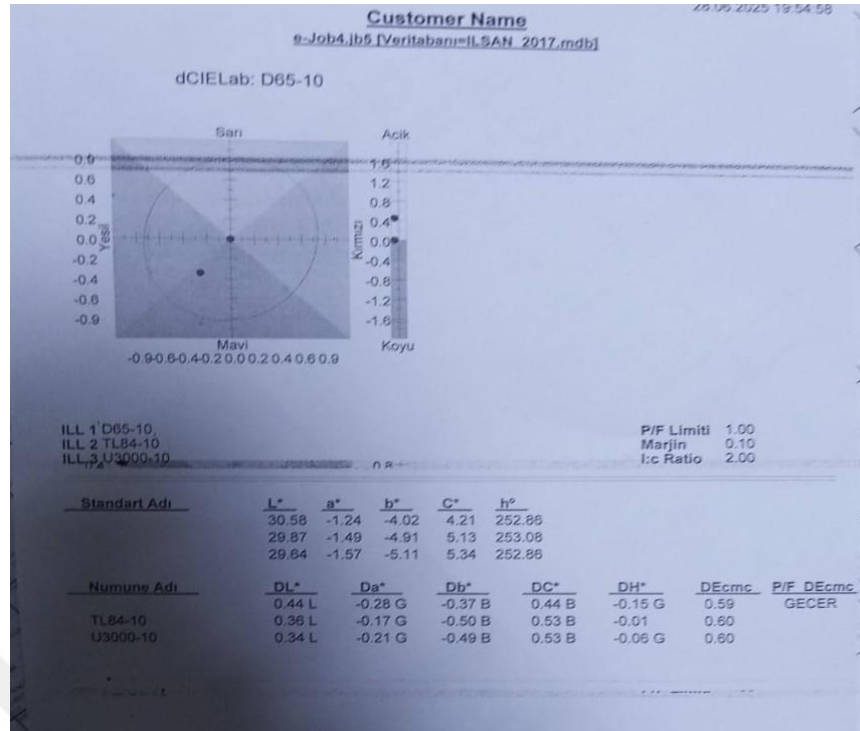
Boyama işlemleri, hibiskus özütü ve su içeren boya banyolarında gerçekleştirilmiş, bu ortamlara modifiye kumaşlardan hazırlanan numuneler eklenerek toplam dört farklı deneme yapılmıştır. Bu denemeler; 60 °C ve 90 °C sıcaklıklarda, ayrıca NaCl ve Na₂CO₃ kimyasal katkılarıyla gerçekleştirilen boyama uygulamalarını içermektedir.

Her bir denemede farklı renk tonları elde edilmiş ve modifiye edilen kumaşlar üzerinde yapılan boyamaların, hem renk canlılığı hem de koyuluk bakımından daha üstün olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda, haslık değerleri açısından da olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Özellikle dikkat çeken bir diğer bulgu ise, önceki çalışmalarda 60 °C’de boyama gerçekleşmezken, bu çalışmada modifiye edilen kumaşlarda 60 °C sıcaklıkta da başarılı bir boyamanın gerçekleştiğinin gözlemlenmesidir (Tablo 3.3).

Tablo 3.3 : Polivinilamin ile yüzey modifikasyonu ile yapılan boyama çalışmalarının özet verileri.

Değişken	Boyama Görselleri	Değişken	Boyama Görselleri
60 °C		NaCl	
90 °C		Na ₂ CO ₃	



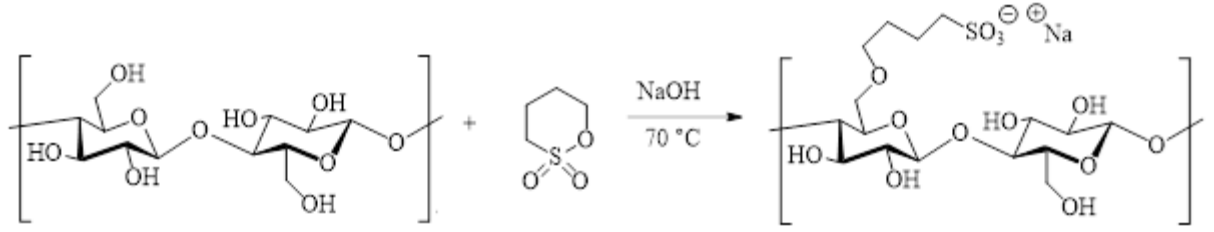
Resim 3.29 : 60 °C ve 90 °C görselleri arasında alınan spektrofotometri sonucu.

3.19. Selüloz yüzeyinin 1,4-butan sültone ile modifikasyonu

Bu çalışma, tezimizin son deneysel bölümünü oluşturan ve modifiye edilmiş kumaşlar üzerinde yapılan boyama denemelerini kapsamaktadır. Bu bölümde, modifiye edilen kumaş örnekleri farklı ortam koşullarında boyanarak değerlendirilmiştir.

Pamuk liflerinin yüzeyleri 1,4-butan sültone ile modifiye edilerek doğal pigmentlerin selüloz yüzeyine reaktif boya gibi kovalent olarak bağlanması sağlanmıştır. Değişik mordanlama kimyasallarıyla yapılan boyamalarda farklı renkler oluşmasına rağmen poliamin ve 1,4-butan sültone ile yapılan yüzey modifikasyonlarından sonra yapılan boyamalarda sabit, parlak ve haslığı yüksek boyamalar elde edilmiştir.

1,4-butan sültone ile yüzey modifikasyon işlemi; selülozun, sodyum hidroksit çözeltisi içinde 70 °C’de 1,4-bütansültone ile tepkimeye sokularak gerçekleştirilmiştir ve % 80’e varan verimle sülfobütülatlanmış selüloz elde edilmiştir.

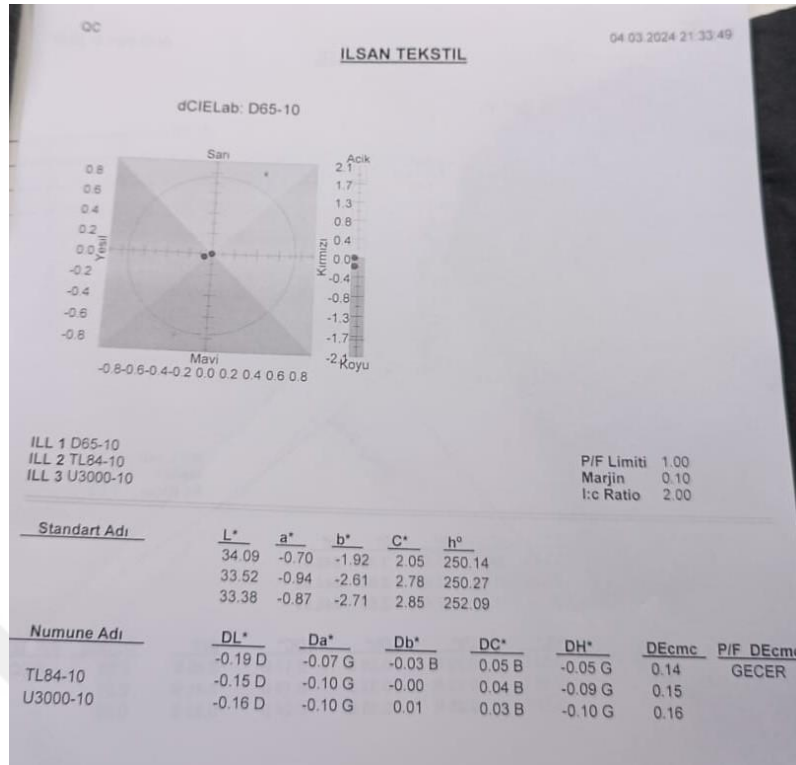


Şekil 3.4 : 1,4-Bütansülton ile selüloz'un sülfobütilasyonu.

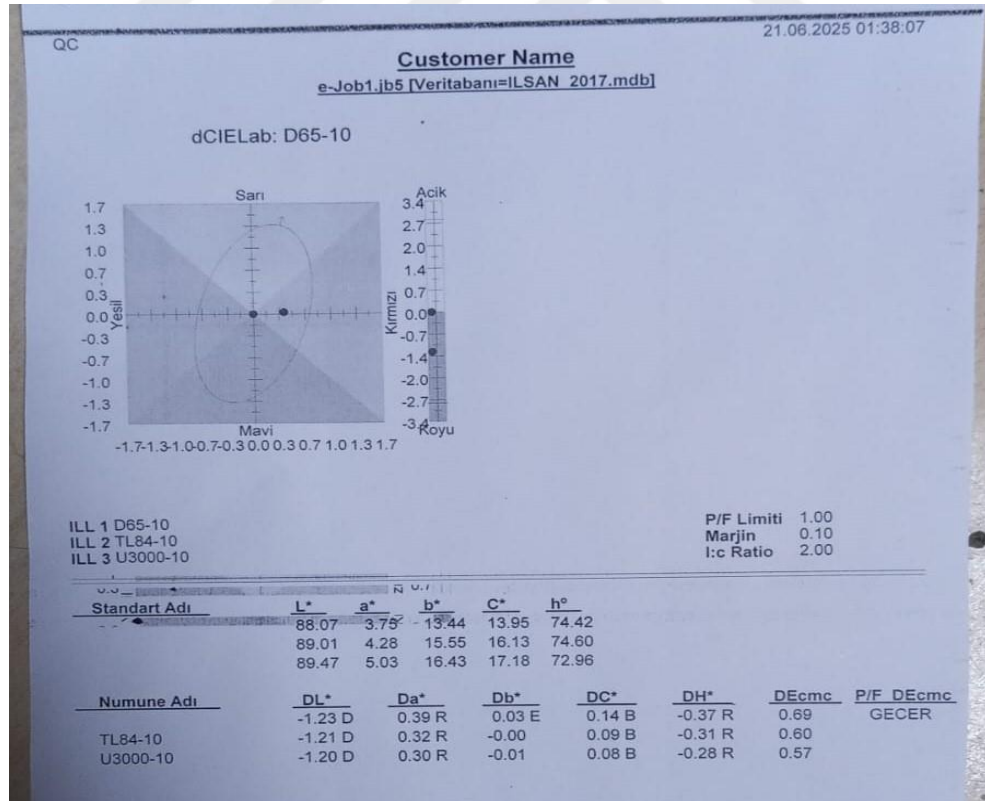
1,4-butan sültone ile yapılan yüzey modifikasyonlarından sonra yapılan boyamalarda elde edilen sonuçlar Tablo 3.4'de sunuldu.

Tablo 3.4 : 1,4-butan sültone ile yüzey modifikasyonu ile yapılan boyama çalışmalarının özet verileri.

Değişke n	Boyama Görselleri	Değişke n	Boyama Görselleri
60 °C		NaCl	
90 °C		Na ₂ CO ₃	



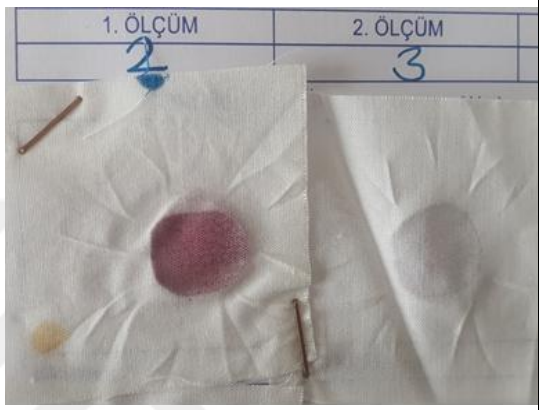
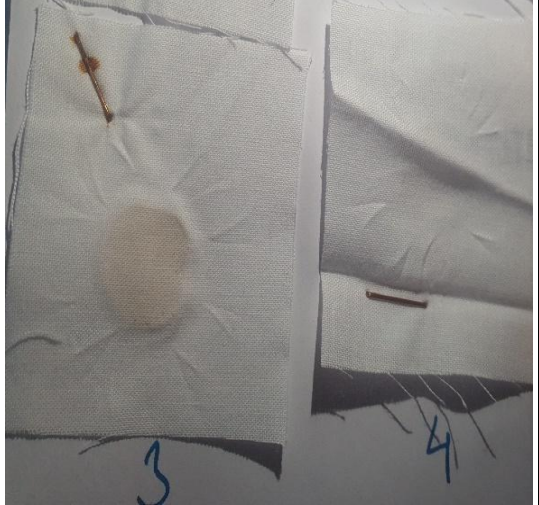
Resim 3.30 : 60 °C ve 90 °C görselleri arasında alınan spektrofotometri sonucu.



Resim 3.31 : NaCl ve Na₂CO₃ görselleri arasında alınan spektrofotometri sonucu.

Boyama işlemleri gerçekleştirildikten sonra haslık sonuçları incelendi. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.5’de sunuldu.

Tablo 3.5 : Boyama sonrası elde edilen haslık sonuçları.

No	Boyama Yöntemi	Yıkama Haslığı	Yaş-Kuru Sürtme Haslığı
1	Direk Boyama		
2	Mordanlı Boyama		
3	Polivinilamin ile Yüzey Modifikasyonu Yoluyla Boyama		

ASETAT (Acetate)	PAMUK (Cotton)	NAYLON (Nylon)	POLYES. (Polyester)	AKRİLİK (Acrylic)	YÜN (Wool)
4.5	4.15	5	5	5	5
pH TEST					
1. ÖLÇÜM			2. ÖLÇÜM		

Tablo 3.5’de görülen resimler incelenek olursa **1** numaralı sütunda, yer alan haslık değerleri, hibiskus özütü kullanılarak herhangi bir mordanlama ya da yüzey modifikasyonu yapılmadan gerçekleştirilen ilk başarılı boyama denemelerine ait haslık ölçümleridir. Haslık testleri, standartlara göre 5 üzerinden değerlendirilmekte olup, görseldeki sonuçlardan da anlaşılacağı üzere 5 üzerinden 2 ve 5 üzerinden 3 değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlar, haslık açısından istenilen düzeye ulaşamadığını ve boyamanın dayanımının sınırlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.5; 3 numaralı sütunda yer alan yıkama, yaş ve kuru sürtme haslıklarında elde edilen 5 üzerinden 3 ve 4 değerleri, ticari açıdan kabul edilebilir sınırdaki sonuçları vermiştir. Bu veriler, polimerik yüzey modifikasyonu sonrası gerçekleştirilen boyamanın yıkama dayanımının diğer tüm boyamalara kıyasla belirgin şekilde daha iyi olduğunu göstermekte olup, bu yöntemin endüstriyel boyama uygulamaları için de uygun olduğu gözlemlendi.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Hibiskus sabdariffa bitkisinden elde edilen doğal boyar madde kullanılarak, pamuklu tekstil materyalleri üzerine mordanlı ve yüzey modifikasyonlu boyama işlemleri gerçekleştirilmiş ve bu işlemlerin renk şiddeti, renk tonları ve haslık değerleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Araştırma sonucunda elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir:

Hibiskus bitkisi boyar maddesi, doğal antosiyanin içeriği sayesinde farklı pH ve mordan koşullarında geniş bir renk skalası sunmuştur. Boyamalar sonucunda kırmızı, mor ve gri tonlarında renklenmeler elde edilmiştir.

Mordan uygulamaları (alüminyum sülfat, demir sülfat ve bakır sülfat), hem renk tonlarını değiştirmiş hem de boyamanın kalıcılığını olumlu yönde etkilemiştir.

Yüzey modifikasyonları, boyar madde alımını ve kumaşla boyar madde arasındaki etkileşimi artırmıştır. Ayrıca modifiye edilmiş yüzeyler, boyar maddenin kumaşa daha homojen bağlanmasını sağlamıştır.

Doğal boyamacılık açısından çevre dostu bir yaklaşım benimsenmiş ve zararlı kimyasal içerik kullanılmadan renk elde edilmiştir. Bu yönüyle çalışma, sürdürülebilir tekstil uygulamaları için umut verici sonuçlar sunmuştur.

Farklı lif türleri (örneğin yün, ipek) üzerinde hibiskus boyar maddesinin davranışı araştırılabilir.

pH ayarlamalarıyla birlikte daha fazla doğal mordan (tanen, sirke, nar kabuğu gibi) kullanılarak renk yelpazesi genişletilebilir.

Endüstriyel ölçekte uygulanabilirliği değerlendirmek amacıyla proses optimizasyonu ve maliyet analizleri yapılmalıdır.

Doğal boyar madde stabilitesini artırmak için biyopolimer bazlı bağlayıcılar gibi ileri teknikler kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Taylor, G.W.** (1986). Natural dyes in textile applications, *Rev. Prog. Coloration.*, 16, 53-61.
- [2] **Hill, D.J.** (1997). Is there a future for natural dyes? *Rev. Prog. Colorat.*, 27, 18-25.
- [3] **Fröse, A.** (2019). Application of natural dyes on diverse textile materials. *Optik.* 181, 215-219.
- [4] **Glover, B.** (1998). Doing what comes naturally in the dyehouse. *J. Soc. Dyers Color.* 114, 4-7.
- [5] **Karadağ, R.** (2007). Doğal Boyamacılık. TC Kültür ve Turizm Bakanlığı, Geleneksel El Sanatları Döner Sermaye İşletmesi Merkez Müdürlüğü, Ankara.
- [6] **Christenhusz, M. J. M.** (2016). The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa.*, 261 (3): 201-217.
- [7] **Gedik, S.** (2014). Çukurova Koşullarında Farklı Ekim Zamanlarının Kerkede (*Hibiscus Sabdariffa* L.) Bitkisinin Çanak Yaprak Verimi Ve Kalitesine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Adana.
- [8] **Tosun, İ.** (2005). Çay ve çay fenoliklerinin antioksidan aktivitesi. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi.* 20(1),78-83.
- [9] **Linares, B., Arroyoa, S. F., Romana, D. A., Suárez, P.A.P., Díaz, R.D.V., Gonzáles, I.A., Gutiérrez, A.F., Leyvac, J.F.G., Carretero, A.S.** (2015). Characterization of 78 phenolic compounds, anthocyanidin, antioxidant and antimicrobial activity of 25 varieties of Mexican roselle (*Hibiscus sabdariffa*). *Industrial Crops and Products*, 69: 385-394.
- [10] **Riaz, G., Chopra, R.** (2018). A review on phytochemistry and therapeutic uses of *Hibiscus sabdariffa* L. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 102: 575-5867.
- [11] **Luna, E. M., Ramirez, I.FP., Salgado, L.M, Tostado, E C., Aldapa, C.A G., Camacho R. R.** (2019). The main beneficial effect of roselle (*Hibiscus sabdariffa*) on obesity is not only related to itsanthocyanin content. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(2): 596-605.
- [12] **Edo, G.I., Samuel, P.O., Jikah, A.N., Oloni, G.O., Ifejika, M.N., Oghenegueke, O., Ossai, S., Ajokpaoghene, M.O., Asaah, E.U., Uloho, P.O., Akpogheli, P.O., Ugbune, U., Ezekiel, G.O., Onoharigho, F.O., Johnson, A.J., Essaghah, A.E.A.** (2023). Proximate composition and health benefit of roselle leaf (*Hibiscus sabdariffa*) Insight on food and health benefits. *Food Chemistry Advances*, 3:100437.
- [13] **Hayat, L.** (2019). Dyeing wool and cotton fibres with acidic extract of *Hibiscus rosa sinensis* flower. *Natural Product research.* 33 (7), 980-986.
- [14] **Haddar, W.** (2014). A novel approach for a natural dyeing process of cotton fabric with *Hibiscus mutabilis* (Gulzuba): process development and optimization using statistical analysis. *Journal of Cleaner Production.* 68, 114-120.
- [15] **Shanker, R.** (2007). Dyeing cotton, wool and silk with *Hibiscus mutabilis* (Gulzuba). *Dyes and Pigments.* 74, 464-469.

- [16] **Sunerli, E.** (2019). Doğal Boyamanın Farklı Tekstil Lifleri İle Oluşturulan Yüzeylere Etkisi. *The Journal of International Lingual, Social and Educational Sciences*, 5(1): 196-203.
- [17] **Jabeura, I., Pereira, E., Barrosa, L., Calhelha, R.C., Soković, Oliveira, M.B.P.P., Ferreira, I. C.F.R.** (2017). Hibiscus sabdariffa L. as a source of nutrients, bioactive compounds and colouring agents. *Food Research International*, 100 (1): 717-723.
- [18] **Demirci, Ş. N., Metin, B. and Demirci, M.** (2022). Antosiyanin Stabilite Artırma Metotları: Fenolik Kopigmentasyonu, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (38), 276-281.
- [19] **Cortez, R., Luna-Vital, D. A., Margulis, D. and Gonzalez de Mejia, E.** (2017). Natural pigments: stabilization methods of anthocyanins for food applications, *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 16(1), 180-198.
- [20] **Jimenez-Gonzalez, O., Ruiz-Espinosa, H., Luna-Guevara, J. J., Ochoa-Velasco, C. E., Vital, D. L. and Luna-Guevara, M. L.** (2018). A potential natural coloring agent with antioxidant properties: Microencapsulates of Renealmia alpinia (Rottb.) Maas fruit pericarp, *NFS journal*, 13, 1-9.
- [21] **Mojica, L., Berhow, M. and Gonzalez de Mejia, E.** (2017). Black bean anthocyanin-rich extracts as food colorants: Physicochemical stability and antidiabetes potential, *Food chemistry*, 229, 628-639.
- [22] **Kay, C. D., Mazza, G., Holub, B. J. and Wang, J.** (2004). Anthocyanin metabolites in human urine and serum, *British Journal of Nutrition*, 91(6), 933-942.
- [23] **Cortez, R., Luna-Vital, D. A., Margulis, D. and Gonzalez de Mejia, E.** (2017). Natural pigments: stabilization methods of anthocyanins for food applications, *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 16(1), 180-198.
- [24] **Sigurdson, G. T., Tang, P. and Giusti, M. M.** (2017). Natural colorants: Food colorants from natural sources, *Annual review of food science and technology*, 8, 261-280.
- [25] **Managooli, V. A.** (2009). Dyeing mesta (Hibiscus sabdariffa) fibre with natural colourant. University of Agricultural Sciences, Dharwad. <http://krishikosh.egranth.ac.in/handle/1/82851krishikosh.egranth.ac.in+1krishikosh.egranth.ac.in+1>
- [26] **Yılmaz, F., & Kaya, A.** (2017). Investigation of the Usability of Hibiscus Plant as a Natural Dye Source. Proceedings of the International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, 3(1), 953-960. <https://isites.info/PastConferences/ISITES2017/ISITES2017/papers/C3-ISITES2017ID179.pdf>isites.info
- [27] **Hashim, F. J., Zarkani, A. A., Al Azzawi, O. T., & Shawkat, M. S.** (2018). Fabrics dyeing with Hibiscus sabdariffa and Curcuma longa extracts using different mordants and mordanting methods. *Tikrit Journal of Pure Science*, 23(1), 61–69. <https://doi.org/10.25130/tjps.v23i1.480Academia+2tjps.tu.edu.iq+2ResearchGate+2>

- [28] **Mansour, R., & Ben Ali, H.** (2019). Investigating the use of chitosan: Toward improving the dyeability of cotton fabrics dyed with Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Journal of Natural Fibers*, 18(7), 1007–1016. <https://doi.org/10.1080/15440478.2019.1675217>
- [29] **Ghaheh, F. S., Moghaddam, M. K., Tehrani, M.** (2021). Comparison of the effect of metal mordants and bio-mordants on the colorimetric and antibacterial properties of natural dyes on cotton fabric. *Coloration Technology*, 137: 689- 698.
- [30] **Moghaddam, M. K., Ghaheh, F. S., Tehrani, M. T.** (2022). Evaluation of the Effect of Mordant Types and Dyeing Methods on the Color Properties of Viscose Lycra Fabric Dyed with Hibiscus Sabdariffa Calyces, *Journal of Textiles and Polymers*, Vol. 10, No. 4, 61-73.
- [31] **Yakasai, S. M., Aliyu, A. S., & Isah, A. A.** (2022). Dyeing of Cotton Fabric with Hibiscus sabdariffa and Its Fastness Properties. *International Journal of Scientific Engineering and Applied Science*, 8(2), 45–52. <https://ijseas.com/volume8/v8i2/IJSEAS202202106.pdfijseas.com+1ResearchGate+1>
- [32] **Ghaheh, F. S., Moghaddam, M. K., Tehrani, M.** (2022). Eco-Friendly Dyeing of Viscose Rayon Fabrics Using Anthocyanin from Hibiscus sabdariffa Linn., *Journal of Natural Fibers*, 19, 16, 13052-13062.
- [33] **Önal, A., Durdykulyeva, S., Özbek, O., & Nached, S.** (2022). The use of Hibiscus sabdariffa Flower extracts in Cotton Fabric and Wool Yarn Dyeing. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series E*, 103(2), 315–321. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022JIEIE.103..315O/abstractResearchGate+1Astronomy+Veriteleri+Sistemi+1>
- [34] **Kombeya, P., Raib, K., Chaudhary, V.** (2023). Natural Dyes Extracted from Flower Crops: A Review of Recent Advances. *Eur. Chem. Bull.* 12(5), 5110-5133.
- [35] **Berkli, Y., Zencirkiran, A. and Yilmaz, F.** (2024). "The history of natural dyeing and investigation of the antibacterial activity of Hibiscus sabdariffa L. on woolen fabrics", *Pigment & Resin Technology*, Vol. 53 No. 6, pp. 833-840. <https://doi.org/10.1108/PRT-11-2022-0134>
- [36] **Sankaralingam, B., & Balan, L.** (2021). Eco-Friendly Dyeing of Viscose Rayon Fabrics Using Anthocyanin from Hibiscus sabdariffa Linn. *Journal of Natural Fibers*, 18(7), 1007-1016.
- [37] **Mutlu, M. M., Kılıçaslan, D., Efendioglu, N. O.** (2024). Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences, Assessment of Dyeing Properties of Hibiscus sabdariffa on Ostrich Leather. *Journal of Leather Engineering*, 10, 4, 938-953.
- [38] **Halim, W.N.H.W.A., Ameram, N., Jaafar, H., Hassan, S.R.** (2025.) Exploration of roselle calyx (*Hibiscus sabdariffa*) extract as a sustainable natural dye for cotton fabric with the addition of different types of mordants. International Conference on Bioengineering and Technology (IConBET2023)

- [39] Zuluaga-Vega, J., Fernández-Fernández, J., Santana-Fuentes, N., Arteaga-Márquez, M., De Paula, C., Simanca-Sotelo, M., Durango-Villadiego, A., Pastrana-Puche, Y., Álvarez-Badel, B., Bustamante-Vargas, C., Andrade-Pizarro, R. (2025). Effect of pH and temperature on the stability of the natural dye from the roselle flower (*Hibiscus sabdariffa* L.) and its application in flavored milk. *Journal of Food Processing and Preservation. J Food Sci Technol.*, 62(1):178–184, <https://doi.org/10.1007/s13197-024-06020-1>
- [40] Aubet M.E. (2008). *The Phoenicians and the West 2ed: Politics, Colonies and Trade.* Cambridge University Press.
- [41] Bhardwaj H.C; Jain K. K. (1982). Indian Dyes and Industry during 18th-19th century. *Indian Journal of History of Science.* 17(1), 70-81.
- [42] Url-3 <<http://www.edebiyatvesanatakademisi.com/hali-kilim-giysi-dokuma/Turklerde-hali-sanati-prof-dr-serare-yetkin-19121.aspx>. 21 Ağus-tos 2016>, date retrieved 24.05.2025.
- [43] Url-3 <<https://www.bilgeyik.com/kosinil-cochineal-bocegi-ve-karmin-291>>, date retrieved 24.05.2025.
- [44] Yusuf, M., Shabbir, M., & Mohammad, F. (2017). Natural colorants: Historical, processing and sustainable prospects. *Natural products and bioprospecting*, 7, 123-145. <https://doi.org/10.1007/s13659-017-0119-9>
- [45] Gürses, A., Açıkyıldız, M., Güneş, K., Gürses, M. S., Gürses, A., Açıkyıldız, M., & Gürses, M. S. (2016). Classification of dye and pigments. *Dyes and pigments*, 31-45. https://doi.org/10.1007/978-3-319-33892-7_3
- [46] Ramamoorthy, S., Mudgal, G., Rajesh, D., Nawaz Khan, F., Vijayakumar, V., & Rajasekaran, C. (2009). Characterisation of novel pH indicator of natural dye *Oldenlandia umbellata* L. *Natural Product Research*, 23(13), 1210-1217. <https://doi.org/10.1080/14786410802696635>
- [47] Shahid, M., & Mohammad, F. (2013). Perspectives for natural product based agents derived from industrial plants in textile applications—a review. *Journal of cleaner production*, 57, 2-18. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.004>
- [48] Holme, I. (2006). Sir William Henry Perkin: a review of his life, work and legacy. *Coloration Technology*, 122(5), 235-251. <https://doi.org/10.1111/j.1478-4408.2006.00041.x>
- [49] Ahlström, L. H., Eskilsson, C. S., & Björklund, E. (2005). Determination of banned azo dyes in consumer goods. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 24(1), 49-56. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2004.08.010>
- [50] Rather, L. J., Akhter, S., Padder, R. A., Hassan, Q. P., Hussain, M., Khan, M. A., & Mohammad, F. (2017). Colorful and semi durable antioxidant finish of woolen yarn with tannin rich extract of *Acacia nilotica* natural dye. *Dyes and Pigments*, 139, 812-819. <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.dyepig.2017.01.018>
- [51] Kumar, J. K., & Sinha, A. K. (2004). Resurgence of natural colourants: a holistic view. *Natural product research*, 18(1), 59-84.
- [52] Mirjalili, M., Nazarpour, K., & Karimi, L. (2011). Eco-friendly dyeing of wool using natural dye from weld as co-partner with synthetic dye. *Journal of Cleaner*

- [53] **Rather, L. J., Azam, M., Shabbir, M., Bukhari, M. N., Shahid, M., Khan, M. A., ... & Mohammad, F.** (2016). Antimicrobial and fluorescence finishing of woolen yarn with *Terminalia arjuna* natural dye as an ecofriendly substitute to synthetic antibacterial agents. *Rsc Advances*, 6(45), 39080-39094.
- [54] **Gorjanc, M., Gorenšek, M., Jovančić, P., & Mozetič, M.** (2013). Multifunctional textiles-modification by plasma, dyeing and nanoparticles (Vol. 1). chapter. <http://dx.doi.org/10.5772/53376>
- [55] **Mohammad, F.** (2015). Natural colorants in the presence of anchors so-called mordants as promising coloring and antimicrobial agents for textile materials. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 3(10), 2361-2375.
- [56] **Yusuf, M., Shahid, M., Khan, M. I., Khan, S. A., Khan, M. A., & Mohammad, F.** (2015). Dyeing studies with henna and madder: A research on effect of tin (II) chloride mordant. *Journal of Saudi Chemical Society*, 19(1), 64-72.
- [57] **Gong, K., Rather, L. J., Zhou, Q., Wang, W., & Li, Q.** (2020). Natural dyeing of erino wool fibers with *Cinnamomum camphora* leaves extract with mordants of biological origin: a greener approach of textile coloration. *The Journal of the Textile Institute*, 111(7), 1038-1046.
- [58] **Nambela, L., Haule, L. V., & Mgani, Q.** (2020). A review on source, chemistry, green synthesis and application of textile colorants. *Journal of Cleaner Production*, 246, 119036. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119036>
- [59] **Samanta, A. K., & Agarwal, P.** (2009). Application of natural dyes on textiles.
- [60] **Baig, U., Khatrri, A., Ali, S., Sanbhal, N., Ishaque, F., & Junejo, N.** (2021). Ultrasound-assisted dyeing of cotton fabric with natural dye extracted from marigold flower. *The Journal of the Textile Institute*, 112(5), 801-808. <https://doi.org/10.1080/00405000.2020.1779907>
- [61] **Menegazzo, M. A. B., Giacomini, F., & Barros, M. A. S. D. D.** (2020). Study of wool dyeing with natural dye extracted from chamomile flowers. *Journal of natural fibers*, 17(2), 271-283.
- [62] **Vankar, P. S., & Shukla, D.** (2011). Natural dyeing with anthocyanins from *Hibiscus rosa sinensis* flowers. *Journal of Applied Polymer Science*, 122(5), 3361-3368. <http://dx.doi.org/10.1002/app.34415>
- [63] **Blackburn, R. S.** (2017). Natural dyes in madder (*Rubia* spp.) and their extraction and analysis in historical textiles. *Coloration Technology*, 133(6), 449-462. <https://doi.org/10.1111/cote.12308>
- [64] **Yusuf, M., Shahid, M., Khan, S. A., Khan, M. I., Islam, S. U., Mohammad, F., & Khan, M. A.** (2013). Eco-dyeing of wool using aqueous extract of the roots of Indian madder (*Rubia cordifolia*) as natural dye. *Journal of Natural Fibers*, 10(1), 14-28. <https://doi.org/10.1080/15440478.2012.738026>

- [65] Adeel, S., Rehman, F. U., Rafi, S., Zia, K. M., & Zuber, M. (2019). Environmentally friendly plant-based natural dyes: extraction methodology and applications. *Plant and Human Health, Volume 2: Phytochemistry and Molecular Aspects*, 383-415. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-03344-6_17
- [66] Sicherer, S. H., & Sampson, H. A. (2014). Food allergy: epidemiology, pathogenesis, diagnosis, and treatment. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 133(2), 291-307. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2013.11.020>
- [67] McCann, D., Barrett, A., Cooper, A., Crumpler, D., Dalen, L., Grimshaw, K., ... & Stevenson, J. (2007). Food additives and hyperactive behaviour in 3-year- old and 8/9-year-old children in the community: a randomised, double- blinded, placebo-controlled trial. *The lancet*, 370(9598), 1560-1567. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(07\)61306-3](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(07)61306-3)
- [68] International Agency for Research on Cancer. (1983). IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans (Vol. 31). International Agency for Research on Cancer.
- [69] Gaitan, E. (1989). Inhibition of iodide transport by various anions in the thyroid of the rat: Kinetics and effects on iodide organification. *Endocrinology*, 124(6), 2960-2967.
- [70] Chengaiah, B., Rao, K. M., Kumar, K. M., Alagusundaram, M., & Chetty, C. M. (2010). Medicinal importance of natural dyes-a review. *International Journal of PharmTech Research*, 2(1), 144-154.
- [71] Melo, M. J. (2009). History of natural dyes in the ancient mediterranean world. *Handbook of natural colorants*, 1.
- [72] Geissler, S. (2009). Economic aspects of natural dyes. *Handbook of natural colorants*, 8, 367. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470744970.ch21>
- [73] Křížová, H. (2015). Natural dyes: their past, present, future and sustainability. Recent Developments in Fibrous Material Science. Prague: *Kosmas Publishing*, 59-71.
- [74] Kadolph, S. (2008). Natural dyes: a traditional craft experiencing new attention. *Delta Kappa Gamma Bulletin*, 75(1), 14.
- [75] Taylor, G. W. (1986). Natural dyes in textile applications. *Review of Progress in Coloration and related topics*, 16(1), 53-61. <https://doi.org/10.1111/j.1478-4408.1986.tb03744.x>
- [76] Guesmi, A., Ladhari, N., Saidi, F., Maaref, H., & Sakli, F. (2013). Spectral characterization of wool fabric dyed with indicaxanthin natural dye: Study of the fluorescence property. *Industrial Crops and Products*, 46, 264-267.
- [77] Hwang, E. K., & Lee, Y. H. (2008). Dyeing, fastness, and deodorizing properties of cotton, silk, and wool fabrics dyed with gardenia, coffee sludge, Cassia tora. L., and pomegranate extracts. *Fibers and Polymers*, 9(3), 334.
- [78] Specos, M. M., García, J. J., Tornesello, J., Marino, P., Vecchia, M. D., Tesoriero, M. D., & Hermida, L. G. (2010). Microencapsulated citronella oil for mosquito repellent finishing of cotton textiles. *Transactions of the Royal*

Society of Tropical Medicine and Hygiene, 104(10), 653-658.
<https://doi.org/10.1016/j.trstmh.2010.06.004>

- [79] Samanta, A. K., Konar, A., Chakraborti, S., & Datta, S. (2011). Dyeing of jute fabric with tesu extract: Part 1-Effects of different mordants and dyeing process variables.
- [80] Lee, D. (2005). Plant pigments and their manipulation. Annual Plant Reviews Vol 12. Davies KM, ed. 2004. Oxford/Boca Raton: Blackwell Publishing/CRC Press, Boca Raton.£ 110 (hardback). 352 pp.
<https://doi.org/10.1093%2Faob%2Fmci287>
- [81] Farooq, A., Ali, S., Abbas, N., Zahoor, N., & Ashraf, M. A. (2013). Optimization of extraction and dyeing parameters for natural dyeing of cotton fabric using marigold (*Tagetes erecta*). *Asian Journal of Chemistry*, 25(11), 5955.
<http://dx.doi.org/10.14233/ajchem.2013.14202>
- [82] Ganie, S. A., Ara, S., & Mehmood, M. A. (2017). Extraction, Application, Chemical Characterization of Natural Dye from *Calendula Offcinalis* L. *Int. J. Adv. Res. Sci. Eng*, 6, 1357-1364.
- [83] Shanker, R., & Vankar, P. S. (2005). Dyeing with *Celosia cristata* flower on modified pretreated wool. *Colourage*, 52(7), 53.
- [84] Shivaji, P. T., Rajaram, P. S., Singh, S., & Shyale, S. S. (2023). Acid-Base indicator property of Dye obtained from *Gerbera jamesonii* and *Tagetes erecta*. Natural Dyes Extracted from Flower Crops: A Review of Recent Advances Section A-Research paper *Eur. Chem. Bull.*, 12(5), 5110-5133 5126
- [85] Bekker-Nielsen, T. (2016). ANCIENT FISHING-A. Marzano Harvesting the Sea. The Exploitation of Marine Resources in the Roman Mediterranean. Pp. *The Classical Review*, 66(1), 223-225.
- [86] Dapson, R. W. (2007). The history, chemistry and modes of action of carmine and related dyes. *Biotechnic & Histochemistry*, 82(4-5), 173-187.
- [87] Yuan, L., Han, A., Ye, M., Chen, X., Yao, L., & Ding, C. (2018). Synthesis and characterization of environmentally benign inorganic pigments with high NIR reflectance: lanthanum-doped BiFeO₃. *Dyes and Pigments*, 148, 137-146.
- [88] Tuli, H. S., Chaudhary, P., Beniwal, V., & Sharma, A. K. (2015). Microbial pigments as natural color sources: current trends and future perspectives. *Journal of food science and technology*, 52, 4669-4678. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1601-6>
- [89] Ahmad, W. A., Wan Ahmad, W. Y., Zakaria, Z. A., Yusof, N. Z., Ahmad, W. A., Ahmad, W. Y. W., ... & Yusof, N. Z. (2012). *Application of bacterial pigments as colorant* (pp. 57-74). http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-24520-6_4
- [90] Agboyibor, C., Kong, W. B., Chen, D., Zhang, A. M., & Niu, S. Q. (2018). Monascus pigments production, composition, bioactivity and its application: A review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 16, 433-447.

- [91] **Bancroft, E.** (1814). Experimental researches concerning the philosophy of permanent colours: and the best means of producing them, by dyeing, calico printing, &c (Vol. 1). T. Dobson.
- [92] **Perkin, A. G.** (1918). The natural organic colouring matters. Longmans, Green and Company.
- [93] **Ahmed, S., Ahmad, M., Swami, B. L., & Ikram, S.** (2016). A review on plants extract mediated synthesis of silver nanoparticles for antimicrobial applications: a green expertise. *Journal of advanced research*, 7(1), 17-28. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jare.2015.02.007>
- [94] **Kanchana, R., Fernandes, A., Bhat, B., Budkule, S., Dessai, S., & Mohan, R.** (2013). Dyeing of textiles with natural dyes-an eco-friendly approach. *International Journal of ChemTech Research*, 5(5), 2102-2109.
- [95] **Nartey, F. D., Boadi, A., & Diamenu, S. K.** (2020). Dyeing of cotton fabrics with natural dyes extracted from avocado, mango and neem leaves. *Journal of Natural Fibers*, 17(1), 10-20.
- [96] **Kılıç, M., & Sağlam, İ.** (2019). Investigation of the dyeing properties of cotton with natural dyes extracted from *Ziziphus jujuba* and *Punica granatum*. *Textile Research Journal*, 89(2), 76-84.
- [97] **Samanta, A. K., & Konar, A.** (2011). Dyeing of textiles with natural dyes. Natural dyes, 3(30-56). <http://dx.doi.org/10.5772/21341> Natural Dyes Extracted from Flower Crops: A Review of Recent Advances Section A-Research paper *Eur. Chem. Bull.*, 12(5), 5110-5133 5127
- [98] **Singh, P., & Bhatti, M. S.** (2016). Optimization of dyeing conditions for natural dyes extracted from apple and pomegranate peels. *Journal of Textile Institute*, 107(4), 426-432.
- [99] **Kim, J. H., Jung, K. M., & Kim, J. Y.** (2019). Color properties of fabrics dyed with onion skins according to extraction methods and mordants. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 43(1), 99-110.
- [100] **Verma, R., & Singh, V. K.** (2021). Natural dyes: Properties, extraction, and their applications in textile coloration. In V. K. Singh, R. Verma, & S. K. Rath (Eds.), *Biobased pigments and dyes* (pp. 47-69).
- [101] **Tripathi, R., & Singh, S. P.** (2018). Plant-derived natural dyes as safer and eco-friendly alternatives to synthetic dyes: A review. *Journal of Cleaner Production*, 172, 566-578. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.10.293
- [102] **Arora J, Agarwal P, Gupta G.** (2017). Rainbow of natural dyes on textiles using plants extracts: Sustainable and eco-friendly processes. *Green and Sustainable Chemistry*. 26;7(1):35-47. <https://doi.org/10.4236/gsc.2017.71003>
- [103] **Elsahida K, Fauzi AM, Sailah I, Siregar IZ.** (2020). Sustainable production of natural textile dyes industry. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science* (Vol. 472, No. 1, p. 012036). IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/472/1/012036>
- [104] **Ismail Ö.** (2016). Patterns from nature: contact printing. *Journal of the TEXTILE Association*. 77(2):81-91.

- [105] **Moussa A.** (2021). Textile color formulation using linear programming based on Kubelka- Munk and Duncan theories. *Color Research & Application*. Oct;46(5):1046-56. <https://doi.org/10.1002/col.22626>
- [106] **Rahman NA, Tajuddin R, Tumin SM.** (2013). Optimization of natural dyeing using ultrasonic method and biomordant. *International journal of chemical Engineering and applications*. Jun 1;4(3):161. <http://dx.doi.org/10.18178/IJCEA>
- [107] **Elnagar, K., Abou Elmaaty, T., & Raouf, S.** (2014). Dyeing of polyester and polyamide synthetic fabrics with natural dyes using ecofriendly technique. *Journal of textiles*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/363079>
- [108] **Kasiri, M. B., & Safapour, S.** (2014). Natural dyes and antimicrobials for green treatment of textiles. *Environmental chemistry letters*, 12(1), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s10311-013-0426-2>
- [109] **Heydari, S., & Haghayegh, G. H.** (2014). Extraction and microextraction techniques for the determination of compounds from saffron. *Can Chem Trans*, 2, 221- 247.
- [110] **Saxena, S., & Raja, A. S. M.** (2014). Natural dyes: sources, chemistry, application and sustainability issues. Roadmap to sustainable textiles and clothing: *eco- friendly raw materials, technologies, and processing methods*, 37-80. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-287-065-0_2
- [111] **Muthu, S. S.** (2017). Textiles and clothing sustainability (pp. 1-137). Springer Singapore: Berlin, Germany.
- [112] **Zayed, M., Bakr, M., & Ghazal, H.** (2023). Recent developments in the utilization of polymer nanocomposites in textile applications. *Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science*. <http://dx.doi.org/10.21608/jtcps.2023.193744.1172>
- [113] **Samanta, P.** (2020). A review on application of natural dyes on textile fabrics and its revival strategy. *Chemistry and technology of natural and synthetic dyes and pigments*, 1-25. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90038>
- [114] **Helmy, H. M.** (2020). Extraction approaches of natural dyes for textile coloration. *Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science*, 17(2), 65-76. <https://doi.org/10.21608/jtcps.2020.30990.1037>
- [115] **Khan, S. U., & Ahmad, N.** (2016). Natural dyes: Sources, chemistry, application and sustainability issues. Springer International Publishing.
- [116] **Jothi, D.** (2008). Extraction of natural dyes from African marigold flower (*Tagetes erecta* L) for textile coloration. *Autex Research Journal*, 8(2), 49-53.
- [117] **Khatrri, A., Baranwal, V. K., & Sharma, R.** (2017). Natural dyes and their application in textile industry: A review. *Journal of Cleaner Production*, 142, 463-476. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.103>
- [118] **Akhila, R., Nandini, M. G., & Shivakumar, M.** (2019). Dyeing of natural fibers using chamomile flower extract: A green approach. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(2S3), 702-707.

- [119] **Pandey, A., Chakraborty, S., & Paul, P.** (2020). Natural dyes for textile dyeing: A review. *Journal of Cleaner Production*, 257, 120399.
- [120] **Ma, X.** (2020). Sustainable ultrasound-assisted ultralow liquor ratio dyeing of cotton fabric with natural turmeric dye. *Textile Research Journal*. 90, 685-694.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Mehmet Fatih ÖZCAN

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2012, İnönü Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü

MESLEKİ DENEYİM:

- 2014-2018 ILSAN Tekstil Boyahane.
- 2018-2025 ILSAN Tekstil Boyahane İşletme Şefi.
- 2025- ILSAN Tekstil Boyahane Müdür Yardımcısı.