

T.C.  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL ÜRÜNLERİNDE EKOLOJİK RENK AÇMA İŞLEMİ

Ahmet DAĞLI

Danışman  
Prof. Dr. Meliha OKTAV BULUT

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
ISPARTA - 2024



© 2024 [Ahmet DAĞLI]

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET .....	ii
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜRLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	5
3. KİMYASAL SÖKÜM İŞLEMİ.....	10
3.1.1. Renk sökümünde kullanılan indirgen maddeler .....	11
3.1.1.1. Sodyum hidrosülfid.....	11
3.1.1.2. Ticari Glikoz .....	12
3.1.1.3. Melas.....	14
3.2. Oksidatif Söküm.....	14
3.2.1. İleri Oksidasyon İşlemleri.....	15
3.2.2. UV ve UV'nin tekstilde kullanımı .....	17
3.3. Materyal ve Metot.....	18
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	24
4.1. Kapilarite Testi.....	24
4.2. Renk Ölçüm Değerleri .....	26
4.3. K/S Oranları .....	28
4.4. Numunelerin Söküm Oranı .....	29
4.5. Redoks Potansiyel Değerleri.....	30
4.6. FTIR Analizi.....	33
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	36
KAYNAKLAR .....	37
EK.....	41
EK A. Numunelerin Renklerinin Karşılaştırılması.....	41
ÖZGEÇMİŞ.....	50

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

## TEKSTİL ÜRÜNLERİNDE EKOLOJİK RENK AÇMA İŞLEMİ

Ahmet DAĞLI

Süleyman Demirel Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Meliha OKTAV BULUT

Tekstil, Cumhuriyetin kuruluşundan beri kalkınma ve refahın eldesinde itici gücü sağlayan sektörlerden biridir. Tekstil terbiye işlemleri büyük miktarda elektrik, yakıt ve su gerektiren maliyetli işlemler olduğu kadar sera gazı salınımları ve atık su yüklenmesi nedeniyle hava ve su kirliliği oluşturan işlemlerdir. Tekstil boyahanelerinde rutin bir üretim adımı olmayan ancak en fazla atık su kirliliği yaratan işlemlerden biri boya açma/sökümüdür.

Tekstil terbiye işlemleri boyarmadde ve kimyasal maddelerin belirli sıcaklık ve basınç altında life bağlanması esasına dayanmaktadır. Bu işlemlerde müşterinin onayladığı renk numunesi ya da renk koordinatlarının yanlış yorumlanması, reçete hataları, laboratuvar – işletme farkı gibi nedenlerle rengin kabulünün sağlanmasında problem yaşanmaktadır. Bu hatanın ürünün ekonomik değerini azaltmaması veya tamamen ortadan kaldırmaması için düzeltilmesi bir başka ifadeyle sökülmesi gerekmektedir.

Yapılan bu çalışmada indirgen şeker, melas, sodyum ditionit ve bu indirgeyici maddelere ek olarak UV işlemi yapılarak renk söküm işlemi yapılmıştır. Renk söküm işleminden sonra numunelerin kapilarite testi, renk ölçüm değerleri, K/S değerleri, boya söküm oranı ve söküm banyolarının redoks potansiyeli ölçülmüştür. Çeşitli koşullar altında renk sökümü yapılan numunelerin FTIR analizleriyle işlemin etkinliği açıklanmaya çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Renk söküm işlemi, kapilarite testi, K/S, söküm derecesi, FTIR

2024, 50 sayfa

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **ECOLOGICAL BLEACHING PROCESS IN TEXTILE PRODUCTS**

**Ahmet DAĞLI**

**Süleyman Demirel University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Textile Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Meliha OKTAV BULUT**

Textile is one of the sectors that has provided the driving force in achieving development and prosperity since the establishment of the Republic of Turkey. Textile finishing processes are costly processes that require large amounts of electricity, fuel and water, as well as processes that create air and water pollution due to greenhouse gas emissions and wastewater loading. Dye bleaching/removal is one of the processes that is not a routine production step in textile dyehouses but creates the most wastewater pollution.

Textile finishing processes are based on the principle of binding dyestuffs and chemicals to the fiber under certain temperature and pressure. In these processes, problems occur in ensuring the acceptance of the color due to reasons such as misinterpretation of the color sample or color coordinates approved by the customer, recipe errors, laboratory-operation differences. This error must be corrected, in other words, disassembled, so that it does not reduce or completely eliminate the economic value of the product.

In this study, in addition to reducing sugar, molasses, sodium dithionite and these reducing substances, color removal was carried out by UV treatment. After the color stripping process, the capillarity test of the samples, color measurement values, K/S values, dye stripping rate and redox potential of the stripping baths were measured. The effectiveness of the process was tried to be explained by FTIR analyzes of samples decolorized under various conditions.

**Keywords:** Color stripping process, hydrophilicity test, K/S ratio, dye stripping ratio

**2024, 50 pages**

## TEŐEKKÖRLER

Tez konusunun seçiminde, deney planının oluşturulmasında ve deneylerin yürütülmesinde ve karşılaştığım problemlerin çözümünde destek ve yardımını sunan Danışman Hocam Prof. Dr. Meliha OKTAV BULUT'a teşekkürlerimi sunarım. Tüm çalışmalarım boyunca yakın ilgi, destek ve yardımda bulunan değerli hocam Öğr. Gör. Ufuk ELİBÜYÜK'e de teşekkür ederim.

Ahmet DAĞLI  
ISPARTA, 2024



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Heteroçiklik halka esaslı reaktif boyarmaddenin pamuk lifine yer değiştirme reaksiyonu ile kovalent bağlanması .....	3
Şekil 1.2. Vinilsülfon esaslı reaktif boyarmaddenin pamuk lifine katılma reaksiyonu ile kovalent bağlanması.....	3
Şekil 3.1. Glikozun halkalı yapısı.....	13
Şekil 3.2. Ticari glikoz .....	14
Şekil 3.3. Melas.....	14
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan örme kumaş numunesi .....	19
Şekil 3.5. C.I. Reactive Red 195 kimyasal yapısı.....	19
Şekil 3.6. ATAÇ boyama makinası .....	20
Şekil 3.7. Çalışma grafiği .....	20
Şekil 3.8. Gyrowash yıkama makinesi .....	21
Şekil 3.9. ESCO class II Biohazard safety cabinet .....	22
Şekil 3.10. WTW multi 340 i pH/Cont 340i iletkenlik ölçüm cihazı .....	23
Şekil 4.1. Boyarmaddenin bozulma mekanizması .....	32
Şekil 4.2. Boyalı kumaş .....	34
Şekil 4.3. Glikoz.....	35
Şekil 4.4. Glikoz + UV .....	35
Şekil 4.5. Sodyum Ditionit .....	36
Şekil A.1. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L karşılaştırılması .....	41
Şekil A.2. Referans kumaş ve Glikoz 14 g/L karşılaştırılması .....	41
Şekil A.3. Referans kumaş ve Glikoz 18 g/L karşılaştırılması .....	42
Şekil A.4. Referans kumaş ve melas 18 g/L karşılaştırılması .....	42
Şekil A.5. Referans kumaş ve sodyum ditionit 3 g/L karşılaştırılması .....	43
Şekil A.6. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L + UV (2 saat) pH 11 karşılaştırılması .....	43
Şekil A.7. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L + UV (4 saat) pH 11 karşılaştırılması .....	44
Şekil A.8. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L + UV (6 saat) pH 11 karşılaştırılması .....	44
Şekil A.9. Referans kumaş ve İndirgen şeker 12 g/L + 95°C kasar (1 saat) pH 11 karşılaştırılması .....	45
Şekil A.10. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L + soğuk bekletme (1 saat) pH 11 karşılaştırılması .....	45
Şekil A.11. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L + soğuk bekletme (2 saat) pH 11 karşılaştırılması .....	46
Şekil A.12. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L + soğuk bekletme (3 saat) pH 11 karşılaştırılması.....	46
Şekil A.13. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L + UV (2 saat) pH 9 karşılaştırılması .....	47
Şekil A.14. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L + UV (2 saat) pH 7 karşılaştırılması .....	47
Şekil A.15. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L + UV (2 saat) pH 5 karşılaştırılması .....	48
Şekil A.16. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L + UV (2 saat) pH 3 karşılaştırılması .....	48

Şekil A.17. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L+ UV (2 g/L H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) (2 saat) pH 11 karşılaştırılması .....	49
Şekil A.18. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L+ UV (4 g/L H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) (2 saat) pH 11 karşılaştırılması .....	49



## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1. Sodyum Hidrosülfid Analiz .....	12
Çizelge 3.2. Ticari glikoz analizi .....	13
Çizelge 3.3. Bazı oksidanların oksidasyon potansiyelleri .....	15
Çizelge 4.1. Çeşitli koşullarda işlem gören numunelerin kapilarite değerleri (DIN 53924) .....	24
Çizelge 4.2. Boyanan numunelerin renk ölçüm değerleri .....	26
Çizelge 4.3. Numunelerin K/S oranları .....	28
Çizelge 4.4. Numunelerin Boya Söküm Oranı (%) .....	29
Çizelge 4.5. Boyama banyosunun farklı sıcaklık ve sürelerde redoks potansiyel değerleri .....	30

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$C_6H_{12}O_6$	Glikoz
dk	Dakika
DTPA	Dietilentriaminpentaasetik asit
EDTA	Etilendiamintetraasetik asit
g	Gram
$H_2O$	Su
$H_2O_2$	Hidrojen peroksit
$HSO_3$	Hidrojen sülfid
ISO	Uluslararası standartlar teşkilatı
kg	Kilogram
L	Litre
mm	Milimetre
$m^2$	Metrekare
NaOH	Sodyum hidroksit
$Na_2S_2O_4$	Sodyum ditionit
nm	Nanometre
$S_2O_3$	Tiyosülfat
$S_2O_4$	Sülfirik asit
sn	Saniye
UV	Ultraviyole

## 1. GİRİŞ

Tekstil terbiye işlemleri büyük miktarda elektrik, yakıt ve su gerektiren maliyetli işlemler olduğu kadar sera gazı salınımları ve atık su yüklenmesi nedeniyle hava ve su kirliliği yaratmaktadır. Çevre korumabilincinin artmasıyla sektörde kalabilmek için firmalar yeni arayışlara itilmiştir.

Yaşam döngüsü değerlendirme (LCA), ISO 14040:2014 (ilkeler ve kapsam), ISO 14044:2014 (ihtiyaç ve kılavuz) maddelerine şirketler gün geçtikçe katılmaktadır. Tedarikçiler ve müşteriler LCA, ekoverimlilik beşikten beşiğe akıllı tarım (Cradle to cradle: tasarım ve üretimde çevresel fayda, geri dönüşüm) yoğun ilgi görmektedir. Bu yaklaşım şirketlerin pazar payını arttırmakta ve büyümelerinde etkili olmaktadır.

Küresel sürdürülebilirliğin ilk başlangıcı olan Brundtland Raporunda belirtildiği gibi; “sürdürülebilir kalkınma, gelecekteki kuşakların ihtiyaçlarından odun verilmeyecek şekilde, bugünün ihtiyaçlarını karşılayabilecek kalkınmadır”. Bunu şu şekilde anlayabiliriz. “Yarını güvenceye alan doğru seçimlerin bugünden yapılması”. Dengeli ve güvenli bir toplumu oluşturmak için çevreyi ve kaynakları doğru kullanmak ve bunu destekleyecek gerekli ekonomik desteği sağlamaktır.

Yeryüzü kaynaklarının kalkınma ve yenilenebilir malzeme kullanımıyla korunması, atık ve salınımların azaltılması ve yeni süreçlerin uygulanması gerekmektedir. Tekstil yaş işlemleri de proseslerin su, kimyasal, enerji ve süre açısından değerlendirilerek en etkin olanın seçimi, yeşil kimya ve kimyasal kullanımı, su ve enerji döngüsü yaratılması ve yeni teknolojilerin ( ozon, plasma, UV gibi) kullanımınıdır.

Bir tekstil boyahanesinin etkin çalıştığını belirleyen en önemli göstergelerden biri boya söküm işlemidir. Bu işlem az hatta hiç olmaması müşteriye verilen teslim tarihinin zamanında karşılanması, su, enerji boya ve kimyasal ve işçilik gibi maliyetlerin azaltılması ve firma prestij ve başarısının yükselmesi demektir.

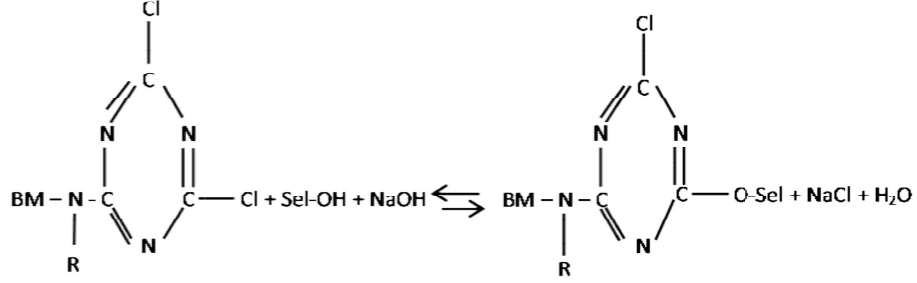
Ancak bazen müşteri ile kabul standartlarında yaşanan aksaklıklar bazen üretim zincirinde yaşanan aksaklıklar ( yanlış reçetenin çalışılması, tartım hataları ya da işçi hatası) nedeniyle hatalı üretilmiş/boyanmış tekstilin düzeltilmesi için yapılan üretim adımıdır. Bu işlemde tekstil materyalinin renkliliğini veren boyarmaddeyi liften uzaklaştırıp materyalin rengini yapılacak sonraki işlemin gerektirdiği kadar açmak amaçlanır. Böylece üretimdeki problem çözülerek materyal yeniden üretime alınabilmektedir.

Tekstil terbiye işlemleri boyarmadde ve kimyasal maddelerin belirli sıcaklık ve basınç altında life bağlanması esasına dayanmaktadır. Bu işlemlerde müşterinin onayladığı renk numunesi ya da renk koordinatlarının yanlış yorumlanması, reçete hataları, laboratuvar – işletme farkı gibi nedenlerle rengin kabulünün sağlanmasında problem yaşanmaktadır. Bu hatanın ürünün ekonomik değerini azaltmaması veya tamamen ortadan kaldırmaması için düzeltilmesi gerekmektedir.

Dünya’da ve Türkiye’de tekstil boyahanelerinin büyük birçoğu (%50’nin üzerinde) selüloz materyalinin renklendirilmesinde kullanılan boyarmadde reaktif boyarmaddelerdir. Reaktif boyarmaddeler; parlak renkleri, basit ve birçok boyama yöntemine uygunluğu, yeterli yaş ve ışık haslıkları ile tanımlanmaktadır.

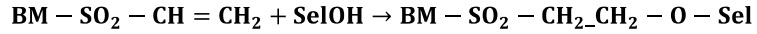
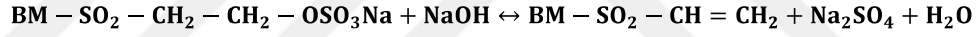
Bu boyarmaddeler prensip olarak renkli bir molekül kısmı ile reaktif bir gruptan oluşmaktadır. Boyarmaddelerin reaktifliği daha açık bir ifadeyle reaksiyon hızı birinci derecede reaktif grubun bir fonksiyonudur. Reaktif boyarmaddeler life bağlanma özelliklerine göre genel olarak heteroçiklik halkalı ya da vinilsülfon esaslı boyarmaddeler şeklinde iki gruba ayrılırlar.

Heteroçiklik halkalı bir boyarmaddenin selüloza bağlanması nükleofil substitüsyon (yer değiştirme) mekanizmasına göreler.



Şekil 1.1. Heteroçiklik halka esaslı reaktif boyarmaddenin pamuk lifine yer değiştirme reaksiyonu ile kovalent bağlanması (Yurdakul ve Atav, 2006)

B\_substitüye etan türevleri grubundaki boyarmaddelerde ise selülozla reaksiyon adisyon (katılma) mekanizmasına göre olur. Başlangıçta sülfatoetilsülfon şeklinde olan boyarmadde, parçalanarak vinilsülfon şekline dönüştürülür ve selüloza bağlanır.



Şekil 1.2. Vinilsülfon esaslı reaktif boyarmaddenin pamuk lifine katılma reaksiyonu ile kovalent bağlanması (Yurdakul ve Atav, 2006)

Renk açma, boyama ve baskı işlemleri sırasında çeşitli renk ve ton hatalarını düzeltmek için en uygun yaklaşımlardan biridir. Konvansiyonel renk açma işlemleri genellikle ciddi bir çevre kirliliği riski taşır. Çünkü işletmelerde renk tutmamasına bağlı olarak yapılan işlemleri bertaraf etmek için bazı maddeler kullanılmakta bu maddelerin atıkları ise ciddi çevre kirliliğine, ekonomik maliyete ve insan sağlığına zararlar vermektedir. Bundan ötürü daha çok ekolojik yönü ağır basan renk açma işlemleri yapılmalı ve bu işlemler için yeşil kimyasallar tercih edilmelidir. Bu çalışmanın amacı klasik indirgen maddeler yerine ekolojik kimyasalları kullanarak hem lif hasarını hem de çevre açısından optimum proses geliştirmektir.

Bu çalışmada işletmelerin en önemli problemlerinden olan renk sökümü işlemleri ekolojik indirgen maddelerle yapılacaktır. Boyama banyolarının

redoks potansiyelleri ölçülmüş boya verimine etkisi saptanmıştır. Bu bilgiler ışığında özellikle glikozun yeterli redoks potansiyeline sahip olduğu saptanmıştır. Bu çalışma sonucunda daha temiz, çevreye daha az zarar veren ekolojik proses şartları oluşturulacaktır.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Balcı ve Oğulata (2005), yapmış oldukları araştırmada iki tip karışım kumaşın boyarmadde sökümü ve ardından ikinci kez renklendirme yapmışlardır. İşlemin yıkama, sürtünme, ter, kuru temizleme, su gibi haslıklarına etkisini belirlemeye çalışmışlardır.

Xu vd. (2005), yapmış oldukları çalışmada potasyum permanganat ile 10 tip boya çözeltilisinin renk giderimi araştırmışlardır. Reaksiyon koşullarının renk giderme verimliliği üzerindeki etkileri kesikli deneylerle incelenmiştir. pH değerinin dekolorizasyon verimliliği üzerinde önemli bir etkisi vardı. pH değeri <1.5 olduğunda renk giderme verimliliği çok yüksekti. pH değeri >4.0 olduğunda, boya çözeltilerinin rengi hemen hemen giderilmemiştir. Potasyum permanganat konsantrasyonu ve sıcaklığın da renk giderme verimliliği üzerinde önemli etkiler gösterdiği görülmüştür. Potasyum permanganat ile boya çözeltilerinin renginin giderilmesi oranı hızlıydı ve çoğu boya çözeltilisinin rengi etkili bir şekilde giderilebiliyordu. Toplam organik karbon sonuçları, boya çözeltilerinin potasyum permanganat tarafından tamamen parçalanmadığını göstermişlerdir.

Oğulata ve Balcı (2006), yapmış oldukları çalışmada farklı indirgeyici maddeler ve çalışma parametreleriyle oluşturulmuş farklı tarifler kullanılarak reaktif boyaların söküm uygulamasına odaklanmışlardır. Sodyum ditiyonitin çeşitli dezavantajları nedeniyle iki çeşit tiyoreadioksit kullanarak alternatif söküm yöntemleri geliştirmeye çalışmışlardır. Ön işleme tabi tutulan dokuma kumaşlar beş ticari reaktif boya kullanılarak çektirme yöntemiyle %0,25, %1, %4 ağırlık oranlarında toplam 180 numune boyanmıştır. Daha sonra bu numuneler alternatif tarifler kullanılarak söküm işlemi yapılmıştır. Bu tariflerde indirgeyici madde türlerinin, indirgeyici maddelerin ve kostik konsantrasyonunun, proses sıcaklığının ve tesviye maddesinin varlığının sıyırma verimliliği üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Söküm işlemlerinin verimliliğini incelemek amacıyla, ön işleme tabi tutulmuş, boyanmış ve sökülmüş numunelerin kolorimetrik değerlerini ( $L^*$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta E$ ) ticari spektrofotometre ve uluslararası ölçüm yöntemini

kullanarak ölçüm yapılmıştır. Deney sonuçları, anlamlılık düzeyi  $\alpha = 0.05$  olan varyans analizi (ANOVA) kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiş, ölçülen ve hesaplanan spektral sonuçlara göre sodyum ditiyonit yerine tiyoreadioksit kullanan alternatif yöntemler geliştirmeyi başarmışlardır. ANOVA açısından, yalnızca kostik konsantrasyonunun söküm verimliliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığını bulmuşlardır.

Karaoğlu ve Uğurlu (2010), yapmış oldukları çalışmada reaktif Kırmızı 195'in (RR195) fotokatalitik bozunması sulu süspansiyonlarda ultraviyole (UV), sodyum hipoklorit (NaOCl) ve  $TiO_2$ /Sep nanopartiküllerinin bir arada kullanılmasıyla incelenmişlerdir.

Chatha vd. (2012), yapmış oldukları çalışmada optimize edilmiş biyolojik yöntemin renk sıyırma verimliliğini tekstil endüstrilerinde yaygın olarak kullanılan kimyasal sıyırma ile karşılaştırmak için gerçekleştirmişlerdir. Reaktif siyah B boyası ile %2, 4 ve 6 'lık boyanan örme kumaş, ayrı ayrı kimyasal ve biyolojik söküm işlemlerine tabi tutulmuştur. Biyolojik sökümünün kimyasal söküm işleminden çok daha üstün olduğu bulunmuştur.

Vyas vd. (2013), yapmış oldukları çalışmada, Alizarin Siyanin Yeşili G (ACG), Reaktif Kırmızı 195 (RR195) ve Reaktif Siyah 5 (RB5) olmak üzere üç ticari tekstil boyasının fotokatalitik sökülmesini (PCD), UV ışığı altında sulu çözeltide  $TiO_2$  (Degussa P25) fotokatalisti kullanılarak araştırmışlardır. Çeşitli parametreleri (katalizör miktarı, boyanın başlangıç konsantrasyonu ve çözelti pH'ı) optimize etmek için deneyler yapılmıştır. Tüm boyaların bozunması UV spektrofotometre kullanılarak incelenmiştir. Fotokatalitik bozunma,  $TiO_2$  miktarının artmasıyla (0,5-1,5 g/L aralığında) artmış, boya konsantrasyonunun (20-100 mg/L aralığında) ve çözelti pH'sının (4-10 aralığında) artmasıyla azalmıştır. Sonuç olarak  $TiO_2$  katalizli PCD için üç boyanın bozulması şu şekilde olduğunu gösterilmiştir: Sırasıyla C.I. Reaktif Red195 > C.I. Reaktif Black 5 > Alizarin siyanin Green G.

Djafarzadeh (2016), yapmış olduğu çalışmada bir monoazo boya olan Reaktif Kırmızı 195'in (RR195) bozunması için elektro-Fenton (EF) işlemleri kullanmıştır. Hidrojen peroksit, asidik çözeltide çözünmüş oksijenin indirgenmesiyle elektronüretmiştir. EF prosesi, organik bileşiklerle reaksiyona girerek bunların mineralizasyonuna yol açan aktif ara maddelerin üretimine olanak sağlamıştır. Elektrokimyasal hücrede katot olarak karbon kâğıdı (CP), anot olarak ise Pt levha kullanılmış, deneyler oda sıcaklığında, 500 mL kapasiteli açık, bölünmemiş ve silindirik bir cam hücrede gerçekleştirilmiştir. Çözeltiye  $Fe^{3+}$  eklenirken katot elektrotta  $O_2$ 'nin iki elektronlu indirgenmesinden sürekli olarak  $H_2O_2$  üretilmiştir. Uygulanan akım, başlangıç pH'ı ve reaksiyon süresi gibi operasyonel parametrelerin etkisi, daha yüksek boya giderme verimliliğine ulaşmak amacıyla incelenmiştir. RR195'in bozunmasını toplam organik karbon (TOC) analizi takip etmiş, TOC ölçümlerinin sonuçları, karbon kağıtlı elektro-Fenton'un 240 dakikalık elektrolizden sonra %75 bozunmaya izin verdiğini göstermiştir. EF prosesi, organik bileşiklerle reaksiyona girerek bunların mineralizasyonuna yol açan aktif ara maddelerin üretimine olanak sağlamıştır.

Long vd. (2017), yapmış oldukları çalışmada C.I. Reaktif Kırmızı X-3B boyasının pamuk materyal üzerinde fotokatalitik olarak sökümü için yeni, yeşil ve çevre dostu bir yöntem, ilk kez kendi kendine oluşturulmuş bir fotoreaktörde bir nano-TiO<sub>2</sub>/UV sistemi kullanılarak geliştirmişlerdir. Çalışma solüsyonunun başlangıç pH değeri, sıcaklık ve söküm süresi gibi fotokatalitik söküm parametrelerinin, renk söküm verimliliği ve kumaş çekme mukavemeti üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ayrıca, nano-TiO<sub>2</sub>/UV sisteminde pamuk üzerindeki sabit reaktif boyanın fotokatalitik sökümü, zayıflatılmış toplam yansıma-Fourier dönüşümü kızılötesi spektrometresi (ATR-FTIR), X-ışını fotoelektron spektroskopisi (XPS), taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile de araştırılmıştır. Sonuçlar, pamuk üzerindeki sabit Reaktif Kırmızı X-3B boyasının, nano-TiO<sub>2</sub>/UV sistemi kullanılarak daldırılabilir söküm yöntemi kullanılarak fotokatalitik olarak verimli bir şekilde sökülebildiği veya renginin giderilebildiğini göstermektedir.

Dong vd. (2019) yapmış oldukları çalışmada, hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ), sodyum perkarbonat (SPC), sodyum perborat (SPB) ve sodyum persülfat (SPS) dâhil olmak üzere dört yaygın oksidan, suda bir azo boya olan CI Reaktif Kırmızı 195'i parçalamak ve maliyet etkinliği ve yüksek sürdürülebilirlik özelliklerini içeren yeni ve hızlı bir oksidatif sistem oluşturmak için tetraasetilendiamin (TAED) ile aktive edilmişlerdir. Yüksek sıcaklık ve yüksek pH seviyesi, boya bozunmasını hızlandırmak için TAED'in aktivasyon etkisini arttırmış ve perasetik asitlerin, dört TAED/oksidan sisteminde boya bozunması için ana oksidatif türler olduğu doğrulanmıştır.

Calderon vd. (2020), çapraz bağlı oksalik asit/kitosan hidrojelleri ( $ChO_xb$ ), kirlenmiş atık sudaki azo boyaların (Reaktif Kırmızı 195 RR195) adsorpsiyonu için sentezlendi, karakterize edildi ve test edildi; Bu yeni biyolojik olarak parçalanabilen malzeme oldukça verimliydi. FTIR-ATR, SEM-EDS ve Z-potansiyeli, boya ve  $ChO_xb$ 'nin amino grupları arasında elektrostatik etkileşimler gösterdi;  $ChO_xd$ , adsorpsiyon kapasitesini kaybetmeden yeniden kullanılabilir ve  $ChO_xb$ -nitrat arasında rekabetçi elektrostatik etkileşimler gözlemlendi. Bu yeni biyo-materyal, RR195'in uzaklaştırılması için mükemmel bir alternatif olup,  $Q_m$ 'yi daha iyi yapısal ve işlevsel özelliklerle geliştirmektedir.

Magnusson ve Löthwal (2020) pamuktan boyayı sökmek için klor ve hidrojen peroksit kullanılmışlardır. Diğer bir yöntem ise indirgeyici bir ajan olan hidrosülfitin kullanılması ve kullanımdan sonra kül suyu ile birlikte kullanılması olduğunu vurgulamışlardır. Polyesterden rengi çıkarmanın birkaç yolu olduğu, ancak neredeyse her zaman bir renk kalıntısı kalacaktır. Isı kullanılarak pigment fiberin içinde eritilebilir. Diğer bir yöntem ise liflerdeki amorf bölgeleri arttıracak ve rengin nüfuz etmesini sağlayacak kimyasalların kullanılmasıdır. Son olarak, polyester ve pamuklu tekstil karışımından boyanın çıkarılmasına yönelik bir yöntem araştırılırken çalışmada, liflerin kalitesini bozmadan yeni yöntemlerin geliştirilmesinin gerekliliği vurgulanmıştır.

Tayyaba vd. (2021), yapmış oldukları çalışmada geleneksel indirgeyici renk söküm yöntemleri, oksidatif ve foto-katalitik renk söküm gibi gelişmiş söküm

yöntemleri olmak üzere üç farklı teknik tartışılmışlardır. Renk söküm yöntemlerini, söküm işlemi sırasında zaman, pH'ın etkisi, kumaşın ağırlık kaybı ve mukavemeti gibi farklı parametreler kullanılarak değerlendirilen bu yöntemlerin renk söküm verimliliğini ve boncuklanma direncini karşılaştırarak gözden geçirmişlerdir.

Zhao vd. (2022), yapmış oldukları çalışmada, C.I. Reactive Red 195'in yıkama mikro ortamındaki renk transferinin engellenmesinden kaynaklanan desorpsiyon ve adsorpsiyon davranışlarını kapsamlı bir şekilde tartışmaktadır. Öncelikle Reaktif Red 195 ve pamuklu kumaşlar kullanılarak CFSC (doygun renkli)'ler ve LCF (açık renkli)'ler hazırlamışlardır. İkinci olarak, yıkama parametrelerinin, yıkama sıcaklığının, yıkama sıvısı oranının ve yıkama çözeltisi pH'ının boya desorpsiyonu ve adsorpsiyon hızı üzerindeki etkileri simüle edilmiş yıkama cihazı (SWD) ile incelemişler ve ardından yıkama parametrelerinin tepki yüzey analizi yapmışlardır. Üçüncü olarak, desorpsiyon ve adsorpsiyon kinetiği ve hızının modellenmesi ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Son olarak, boya desorpsiyonu ve adsorpsiyonu modeli tamburlu çamaşır makinesinde (DWM) doğrulanmıştır.

### 3. KİMYASAL SÖKÜM İŞLEMİ

Tekstil boya işletmelerinin asla sevmediği ancak zorunlu olarak gerçekleştirdikleri renk sökümünde kullandıkları proses kimyasal sökümdür. İşlemin esası, müşterinin elde etmek istediği rengin kabul standartları dışında kapması halinde işletmede elde edilen rengin açılması veya tamamen sökülmesidir.

Tekstil boyahanelerinde reaktif boyarmaddenin sökümünde çalışma şekli sodyum hidrosülfid kısa adıyla hidrosülfid ile yapılan indirgen işlemden sonra oksidatif ağartma ile kombine edilen üretim adımlarıdır. Bilindiği gibi indirgen renk sökümünde kullanılan temel kimyasal hidrosülfittir. Kuvvetli ve etkin bir indirgen olan bu kimyasal fiyatının uygun olması nedeniyle tercih sebebidir. Ancak işlem emniyetinin olmaması, istenmeyen kokusu, atık suyun sülfid yükünü arttırması, toksik olması nedeniyle bazı ülkelerde yasaklı kimyasallar kategorisindedir. İşlem materyalin fiziksel özelliklerine olumsuz etki edebilmektedir. İşlem şartları ağırdır. İşlem sonrası en az iki sıcak/kaynar yıkama yapılmaktadır. Daha da önemlisi işlem görmüş kumaşın rengi sabit değildir ve hava oksijeniyle kolayca okside olabilmektedir. Bu yüzden bir oksidatif ağartma yapılması rengin daha da açılması ve elde edilen rengin değişmemesi ve ardından yapılacak boyamanın sürekliliği için gereklidir.

Bilindiği gibi ağartma işlemleri için sodyum klorit, hipoklorit ve hidrojen peroksit kullanılır. Son yıllarda sodyum hipoklorit ve sodyum kloritin kullanımı atık suyun AOX değerlerini yükseltmesi, toksik ve kanserojen etkileri nedeniyle azaltılmıştır. En ekolojik ve düşük maliyetli ağartma hidrojen peroksit ağartmasıdır. Hidrojen peroksit ağartmasında stabilizatör, ıslatıcı, iyon tutucu gibi yardımcı kimyasalları kullanılır. EDTA, DTPA ve fosfat/fosfanat içeren iyon tutucular ve organik stabilizatörlerin biyolojik parçalanabilirliği azdır. Hidrojen peroksit atık suyun kimyasal oksijen miktarı(COD) arttırır. Günümüzde ön işlemlerin yarattığı çevresel ve bitmiş materyalin kalite problemleri nedeniyle ileri oksidasyon yöntemlerinin uygulanması (AOP) güncel konulardır. AOP, hidroksil radikalleri gibi kuvvetli oksidasyon maddelerinin üretimini esas alır.

Bu uygulamalarda ozon, UV, hidrojen peroksit ve Fenton, ultrasound ana yöntemlerdir.

### 3.1.1. Renk sökümünde kullanılan indirgen maddeler

#### 3.1.1.1. Sodyum hidrosülfid

Sodyum hidrosülfid diğer adıyla sodyum ditionit, kükürt dioksit benzeri bir kokuya sahip beyazımsı ila açık sarı, kristalimsi bir katıdır. Sodyum ditionit, dithionous asidin disodyum tuzu olan inorganik bir sodyum tuzudur. Bir indirgeyici ve bir ağartıcı olarak rol oynar (Kimya Borsası, 2020).

Sodyum ditionit kuru haldeyken kararlıdır, fakat şu reaksiyonlar sebebiyle sulu çözeltiler de bu kararlılığı bozulur:



Bu durum, ditionöz asit kararsızlığının bir göstergesidir. Bundan dolayı sodyum ditionit çözeltileri uzun bir süre saklanamaz (Kimya Borsası, 2020).

Anhidrit sodyum ditionit ve sodyum sülfat havadaki 90 ° C'nin üzerindeki sülfür dioksite ayrışır. Hava olmadığında, sodyum sülfid, sodyum tiyosülfat, sülfür dioksit ve eser miktarda sülfüre hızla 150 ° C'nin üzerinde ayrışır (Kimya Borsası, 2020).

Sodyum ditionitin tüm kullanımları, indirgeyici özelliklerine dayanmaktadır. Tekstil endüstrisinde, sodyum ditionit temel olarak kazan boyaları ve kükürt içeren boyalar ve tekstil üzerindeki pigmentlerin uzaklaştırılması için indirgeyici ajan olarak kullanılır (Kimya Borsası, 2020).

Ayrıca indirgeyici ağartma işlemlerinde, örneğin mekanik kâğıt hamurunun ağartılmasında ve pamuk ve yün ile şeker ve ağartılmasında bir ağartma maddesi olarak kullanılır (Kimya Borsası, 2020).

Çizelge 3.1. Sodyum Hidrosülfid Analiz

CAS numarası:	7775-14-6
PubChem:	24489
EC Numarası:	231-890-0
UN numarası:	1384
Chebi:	66870
RTECS numarası:	JP2100000
Moleküler formülü:	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
Molar kütle:	174,107 g/mol (susuz) 210,146 g/mol (dihidrat)
Görünüş:	Grimsi kristal toz beyaz ışık-limon renkli gevreği
Koku:	Soluk kükürt kokusu
Yoğunluk:	2.38 g/cm <sup>3</sup> (susuz) 1.58 g/cm <sup>3</sup> (dihidrat)
Erime noktası:	52 ° C, 325 K, 126 ° F
Kaynama noktası:	Ayrışabilir
Suda çözünürlük:	18.2 g/100 mL (susuz, 20 ° C) 21.9 g/100 mL (Dihydrate, 20 ° C)
Çözünürlük:	Alkol az çözünür
Diğer isimleri:	Sodyum ditionit

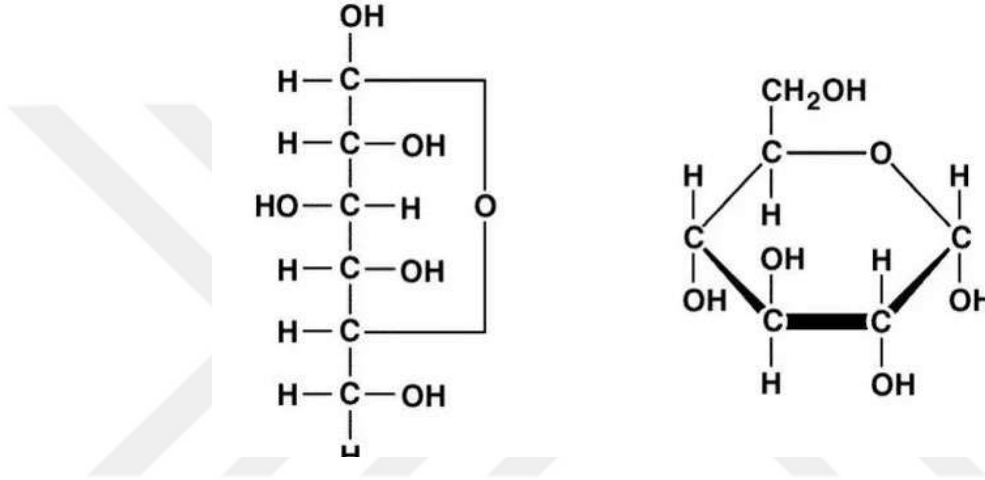
Boya sökümünde geleneksel indirgen olan sodyum hidrosülfid fiyatının ucuz olması ve yüksek etkinliği nedeniyle kullanılır. Ancak bu kimyasal, bazı ülkelerde atık suyun sülfür içeriğini arttırması, işlem güvenilirliği, istenmeyen koku, toksite, korozif etki, su arıtımında yarattığı problemler nedeniyle su kirletici maddeler olarak sınıflandırılmakta ve kullanımları yasaklanmıştır.

### 3.1.1.2. Ticari Glikoz

Ticari adı (Archroma) adı Reducing D powder olan indirgen glikoz esastır. Toz ve sıvı halde çeşitleri vardır ve kükürt boyamada kullanılan ekolojik bir indirgen

maddedir. Kükürt boyaların Diresul RDT boya gamı ile kombine olarak ekolojik boyamada kullanımı için önerilen indirgen maddedir (Bozic ve Kokol, 2007).

Glikoz, altı karbondan oluşan monosakkarittir. Doğada serbest şekilde veya diğer maddelerle birlikte bulunabilen bir monosakkarit olup erime noktası 146°C'dir (Özyurt, 2018). Kimyasal formülü  $C_6H_{12}O_6$  olup, açık formülü şekil 3.1 'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Glikozun halkalı yapısı (Çelik, 2018)

Çizelge 3.2. Ticari glikoz analizi

Görünüm	Beyaz, kristalimsi toz
Kimyasal Özellik	Glikoz türevleri
Özgül Ağırlığı	0.6 – 0.7 g/cm <sup>3</sup>
5 g/L Solüsyonun pH'sı	Yaklaşık 6.8
50 g/L Solüsyonun pH'sı	Yaklaşık 7.1
Çözünürlük	Oda sıcaklığında suda çözünür, 500 g/L



## Şekil 3.2. Ticari glikoz

### 3.1.1.3. Melas

Endüstride ham maddeler belli bir amaca göre işlenirken geriye kullanılmayan atık maddeler ortaya çıkmaktadır. Bunlardan biri de şeker fabrikalarının atık maddesi olan melastır. Melas; şeker elde etmek için şeker pancarının işlenmesi sırasında ortaya çıkan koyu kahve renkli koloidal bir atık maddedir. Şeker fabrikasında işlenen her 100 kg şeker pancarında 4 kg kadar melas oluşmaktadır. İçeriğinde kompleks polisakkaritler, indirgen şekerler, nişasta, dekstran, selüloz, lignin, vanilin, heksitol, miyo-inositol ve mannitol bulunmaktadır. Melas, ispirto ve maya üretiminde aynı zamanda kepek, saman ve kuru küspelere eklenerek hayvan yemlerinde de kullanılmaktadır (Ullmann, 2000).



Şekil 3.3. Melas

### 3.2. Oksidatif Söküm

Tekstil işletmelerinde renk söküm uygulama şekli indirgen sökümden sonra oksidatif olarak hidrojen peroksit ağartmasıyla kombine edilmesidir. Bilindiği gibi ağartma işlemleri için sodyum klorit, hipoklorit ve hidrojen peroksit kullanılır. Son yıllarda sodyum hipoklorit ve sodyum kloritin kullanımı atık suyun AOX değerlerini yükseltmesi, toksik ve kanserojen etkileri nedeniyle azaltılmıştır. En ekolojik ve düşük maliyetli ağartma olan hidrojen peroksit ağartmasında birçok yardımcı madde kullanılır. Stabilizatör, ıslatıcı, iyon tutucu

yardımcı kimyasalları kullanılır. EDTA, DTPA ve fosfat/fosfanat içeren iyon tutucular ve organik stabilizatörlerin biyolojik parçalanabilirliği azdır. İşlemden sonra kalan atık hidrojen peroksit atık suyun kimyasal oksijen miktarı(COD) arttırır. Günümüzde ön işlemlerin yarattığı çevresel problemler yerine ileri oksidasyon yöntemlerinin uygulanması (AOP) güncel konulardır. AOP, hidroksil radikalleri gibi kuvvetli oksidasyon maddelerinin üretimini esas alır. Henüz laboratuvar ölçeğindeki bu uygulamalarda; UV lamba, ozon, hidrojen peroksit ve Fenton yöntemi uygulanır. Daha az uygulanan  $\alpha$   $\gamma$ -radioliz and sonoliz işlemlerinde hidroksil radikalleri sırasıyla su ve gaz fazında oluşturulur. Ultrasound kimyasal sentezleme, su arıtımı, katı ve sıvı işleme, yiyeceklerin işlenmesi, renk arıtımı gibi pekçok sektörde kullanımı nedeniyle önemi giderek artmaktadır. (AOP 19.3.) AOP ön işlemlerinde UV kullanılabilir. UV ışık görünür bölgeden kısa, X-ray den uzun dalga boylarına sahip ışınlar anlaşılır. 100-400 nm dalga boyundaki ışınları kapsar. İşlemden genellikle 254 nm dalga boyuna sahip düşük basınçlı UV lamba kullanılır.

### 3.2.1. İleri Oksidasyon İşlemleri

İleri oksidasyon prosesleri, değişik işlemlerle hidroksil radikallerinin üretildiği yeni teknolojiler olarak isimlendirilir. Özellikle su arıtımı/temizleme işlemlerinde bu teknolojilerden önemli bir şekilde yararlanır. Suda bulunan organik kirleticiler, bozunması esnasında daha az toksik ara ürün üretirler; geleneksel arıtma tekniklerine göre daha verimlidirler. Hidroksil radikalleri ile organik bileşikler arasındaki reaksiyon süreleri biyolojik arıtma proseslerine göre daha düşüktür ve böylece kirleticilerin uzaklaştırılması daha kısa sürede gerçekleştirilir.

Çizelge 3.3. Bazı oksidanların oksidasyon potansiyelleri (Babuponnusami ve Muthukumar, 2014)

Oksidan	<i>E<sub>o</sub></i> (Volt)
Flor (F <sub>2</sub> )	3,03
Hidroksil radikali ( $\cdot$ OH)	2,80
Atomik oksijen (O)	2,42
Ozon (O <sub>3</sub> )	2,07
Hidrojen peroksit (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	1,77

Potasyum permanganat (KMnO <sub>4</sub> )	1,67
Klor dioksit (ClO <sub>2</sub> )	1,50
Hipoklorik asit (HClO)	1,49
Klor (Cl <sub>2</sub> )	1,36
Oksijen (O <sub>2</sub> )	1,23
Brom (Br <sub>2</sub> )	1,09

Seçici olmayan hidroksil radikali ( $\cdot\text{OH}$ ), biyolojik olarak parçalanması zor olan organik bileşiklerin çoğuyla hızlı reaksiyona girebilir. Alkanlar ve alkenler gibi alifatik bileşiklerle reaksiyonunda hidrojen atomunu uzaklaştırır. (Hullar ve Anastasio, 2011). Ayrıca bu reaksiyonlar sırasında Fe(II) iyonları yenilenebilir.

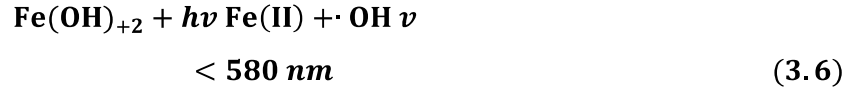


Eğer ortamda olefinler ve aromatik bileşikleri var ise hidroksil radikali bunları kendi yapısına katar. Ayrıca bileşiklerin yapılarına bağlı olarak elektron transfer reaksiyonlarını meydana getirir. (Hullar ve Anastasio, 2011).



Sonuç olarak fenton prosesleri; oksidan olarak hidroksil radikallerinin üretimi ve atıksudaki organik kirleticilerin oksidanlarla olan reaksiyonlarından oluşur (Oturan ve Aaron, 2014).

Foto-fenton prosesi, Fe(II), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve UV ışınlarının birlikte uygulandığı ileri oksidasyon prosesidir. Aşağıda verilen iki tepkime ile  $\cdot\text{OH}$  radikalleri üretilir.



### 3.2.2. UV ve UV'nin tekstilde kullanımı

Ultraviyole (UV), görünür ışıktan (400 nm) daha kısa dalga boyuna sahip ışıktır. Ultraviyole ışınları da kendi arasında farklı dalga boylarına sahip ışıklardan oluşmaktadır., Yakın UV (320-380 nm), orta UV (200-320 nm) ve vakum UV'si (10-200 nm) olarak da uygulanabilmektedir (Perinçek vd., 2007).

UV-A Işını Dalga boyu 320-400 nm arasındadır. UV ışınları içinde dalga boyu en uzun ve enerjisi en az olan ışıklardır. Güneş kaynaklı UV-A ışınları atmosfer tarafından tutulmamakta, camdan geçebilmektedir. Işıklar dermis olarak bilinen iç deriye kadar nüfuz edebilmektedir. Bu yüzden erken yaşlanmaya ve deride kırışıklıklara, deri kanserine neden olmaktadır. Endüstrideki kullanımı genellikle ışıklandırma sistemlerindedir.

UV-B Işını dalga boyu 280-320 nm arasında olan ve hem enerji hem de dalga boyu açısından UV bandının ortasında yer alan ışıklardır. UV-A'dan yaklaşık 1000 kez daha güçlüdür. Biyolojik olarak zararlı olan UV-B radyasyonu stratosferik ozonun konsantrasyonuna bağlı olarak yer yüzeyine ulaşmaktadır. UV-B'yi absorbe ederek yer yüzeyine ulaşmasını engelleyen sadece stratosferik ozon değildir. UV ışınlarının büyük bir kısmı da bulutlar tarafından absorbe edilmektedir. En önemli etkisi insanların bağışıklık sistemini zayıflatmasıdır. Diğer bir önemli etkisi, insanlarda geçici körlük, korneanın zedelenmesi ve ileri yaşlarda katarakta sebep olmasıdır. UV-B ışınlarının insanlar üzerine bir başka zararlı etkisi de deri kanseridir. Uzun süreli UV-B ışınları altında kalındığı takdirde önce deri hücrelerinde bozulma, 40 yaşlarında tümör oluşumu ve 50 yaşlarında da ileri safhada kanser görülebilmektedir. Endüstride ışıklandırma sistemlerinde ve solaryum lambalarında kullanılmaktadır.

UV-C Işını Dalga boyu 200-280 nm arasında UV'nin C bandında, dalga boyu en kısa, enerjisi en yüksek olan ışınlardır. Deri veya göz ile teması sonucunda kansere yol açmaktadır. Koruyucu önlemler alınmadan hiçbir şekilde UV-C radyasyonuna maruz kalınmamalıdır. Güneş kaynaklı UV-C ışınları ozon tabakası tarafından filtre edilir ya da atmosferdeki gazlar tarafından tutulmaktadır. Bu yüzden ancak elektronik endüstriyel işlemler sonucunda elektrik enerjisi kullanılarak üretilmektedir. Herhangi bir yüzeye değer değmez enerjisini kaybettiği için özellikle son zamanlarda yüzey modifikasyonlarında kullanılmaktadır.

UV teknolojisinin tekstil endüstrisindeki kullanım alanları; UV çeşitli polimerlerin yüzey işlemlerinde geniş bir kullanım alanına sahip olmasına rağmen, tekstilde şu ana kadar çok fazla kullanılmamıştır. Ancak UV'nin, özellikle doğal liflerden üretilen kumaşlarda kumaşın yüzey özelliklerini değiştirmek için kullanımı, ticari öneme sahip alternatif bir uygulama alanı sunmaktadır.

UV teknolojisi boyalı polyesterin temizlenmesinde, tekstil atık sularının renk giderimi ve arıtımı renklendirme öncesi ön arıtma ve yüzey modifikasyon prosesi kürtleme ve boncuklanma sorununun önlenmesi gibi alanlarda kullanılmaktadır (Colonna vd., 1999; Jang ve Jeong, 2006; Eren ve Özenç 2023).

Bu çalışmada boyahane işletme reçetesi kullanılarak C.I. Reactive Red 195 ile boyalı örme pamuklu kumaşın kimyasal renk söküm işlemi geleneksel kimyasallarla yanında ekolojik indirgen maddeler olan glikoz ve melas ve ileri oksidasyon yöntemi olan UV ile kombine edilerek tamamen doğal, ekolojik, daha az yıkamanın yapıldığı ve materyalin özelliklerinin zarar görmediği, ekonomik, sürdürülebilir yeni bir üretim adımı oluşturulmaya çalışılmıştır.

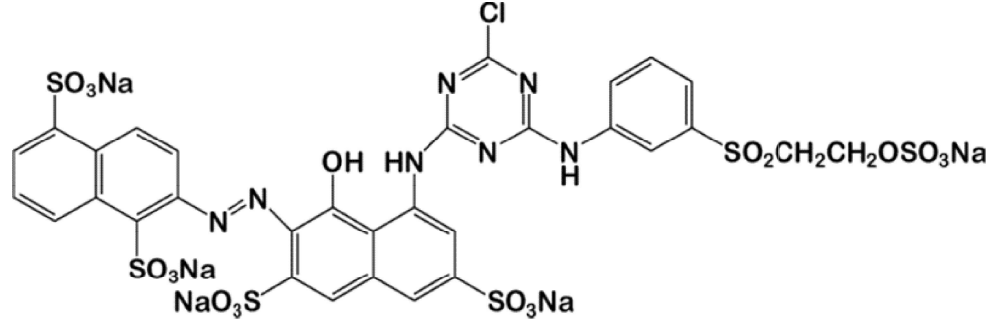
### **3.3. Materyal ve Metot**

Çalışmada 169 g /m<sup>2</sup> süprem 100% pamuklu örme kumaş kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan örme kumaş numunesi

Kumaş, C.I. Reactive Red 195 boyarmaddesiyle çektirme yöntemine göre 2% 'lik olacak şekilde 40 g/L sodyum sülfat ve 10 g/L soda ve 0.33 ml/L NaOH (50%) boyanmıştır.



Şekil 3.5. C.I. Reactive Red 195 kimyasal yapısı

Çektirme yöntemine göre boyama işleminde şekil 3.6.'daki ATAÇ LAB-Dye HT 10 marka numune boyama cihazı kullanılmıştır.



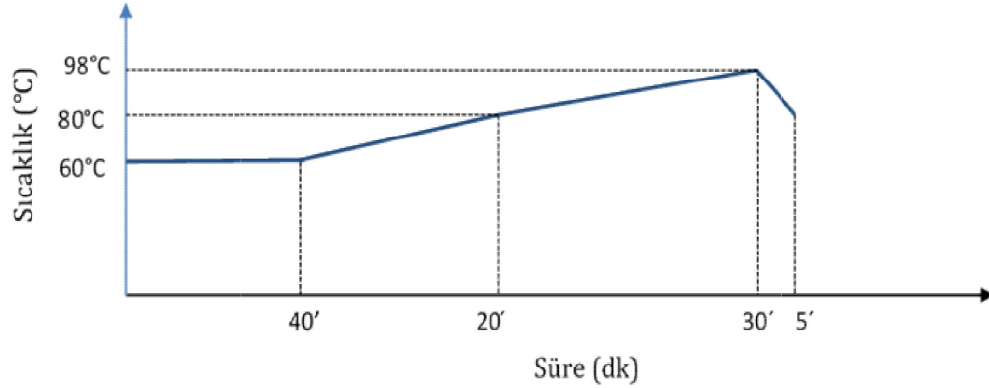
Şekil 3.6. ATAÇ boyama makinası

Boyalı örme kumaşın renk sökümü çalışmasında Reducing Agent D p (glikoz, Archroma, 90% glikoz), melas (Burdur Şeker Fabrikası, 82,27 % kuru madde miktarı) ve sodyum ditionit (Merck) ile Ataç Lab Dye-HT laboratuvar boyama makinesinde 1:10 flotte oranında indirgen renk açma işlemi uygulanmıştır.

Glikoz 12-14-16% → pH 13-13.10 ( NaOH, 38 Be°)

Melas 18% → pH 13-13.10 ( NaOH, Merck 38 Be°)

Sodyum ditionit 3% → pH 13-13.10 ( NaOH, 38 Be°) şartlarında çalışılmıştır.



Şekil 3.7. Çalışma grafiği

İşlem görmüş numunelerin yıkanması Gyrowash Cihazında (Şekil 3.8) 95°C de 10 dakika olup numuneler 100°C de 5 dakika kurutulmuştur.



Şekil 3.8. Gyrowash yıkama makinesi

Yükseltgen renk açma işlemi için kurutulması yapılan numuneler

- 3 g/L hidrojen peroksit (50%, Merck)
- 3 g/L NaOH (38 Be°)
- 1 g/L Leonil EHC liquid conc. (ıslatıcı, alifatic ester esaslı, anyonik)  
pH 11

Ataç dikey fullardda AF 90% olacak şekilde emdirilmiştir. Oksidasyon çözültisi ile işlem gören numuneler polietilen folye ile sarılarak 2-4-6 saat soğuk bekletme (pad-batch) usulüne göre ya da UV lamba altında aynı koşullarda bekletilmiştir. Kullanılan ESCO class II Biohazard safety cabinet (sterilizasyon kabini) şekil 3.9'da gösterilmiştir. Bir diğer çalışma şekli ise indirgen sökümü yapılmış numunenin aynı reçete ile F.O 1:10 olacak şekilde Ataç Lab Dye HT cihazında 95°C de 1 saat işlem görmesidir. Yükseltgen renk sökümü yapılan numunelerin Orperen 470 (katalaz enzim, Orkim) 0,30 g/kg pH 5 de antiperoksit işlemi uygulanmıştır.



Şekil 3.9. ESCO class II Biohazard safety cabinet

Numunelerin renk ölçümleri Datacolor Spectroflash 850 renk ölçüm cihazı ile yapılmıştır.

Renk farklılıkları  $\Delta E^*$  olarak gösterilir ve denklem 3.8 ile hesaplanır:

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (3.8)$$

- $\Delta a^*$  kırmızı/yeşil eksenindeki farktır.
- $\Delta b^*$  sarı/mavi eksenindeki farktır.
- $\Delta L^*$  açıklık farkıdır.
- $\Delta E^*$ , CIELAB tarafından standart ile numune arasındaki renk farkıdır.

Göreceli renk gücü (K/S), Kubelka-Munk denklemi (denklem 3.9) kullanılarak analiz edilmiştir.

$$\frac{K}{S} = \frac{(1 - R)^2}{2R} \quad (3.9)$$

- K soğurma katsayısı,

- S saçılma katsayısı ve
- R yansıma değeridir.

Boyalı kumaştan boya söküm oranı denklem 3.10'da verilmiştir.

### Söküm Oranı

$$= \frac{(K/S)_{\text{referans kumaş}} - (K/S)_{\text{işlemlenmiş kumaş}}}{(K/S)_{\text{referans kumaş}}} \quad (3.10)$$

Boyama banyosunun redoks potansiyel değerleri şekil 3.10'daki WTW multi 340 i pH/Cont 340i set2 cihazında ölçülmüştür.



Şekil 3.10. WTW multi 340 i pH/Cont 340i iletkenlik ölçüm cihazı

Numunelerin kapilariteleri DIN 53924' e göre yapılmıştır. Numunelerin yüzey analizleri FTIR ATR tekniği ile FT/IR 4700 cihazında 7800 - 350 cm<sup>-1</sup> bölgesinde yapılmıştır.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1. Kapilarite Testi

Referans olarak boyalı kumaş alınmış ve DIN 53924 nolu standarda göre kapilarite testi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Çeşitli koşullarda işlem gören numunelerin kapilarite değerleri (DIN 53924)

İşlemler	Süre		
	10 sn	30 sn	60 sn
Referans Kumaş	28	50	60
	26	47	62
	30	45	58
	30	48	60
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma	28	55	63
	30	55	65
	30	56	65
	30	53	66
Glikoz 14 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma	35	50	63
	32	48	60
	35	45	60
	35	47	60
Glikoz 18 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma	35	53	68
	37	55	65
	37	58	67
	40	52	64
Melas 18 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma	25	40	51
	25	41	54
	24	42	50
	25	45	53
Hidrosülfid 3 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma	30	45	58
	25	45	55
	30	46	62
	27	47	59

Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV <b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°)/ 1 g/L ıslatıcı pH 11 ile emdirilen kumaşın 2 saat işlem)</b>	36	50	60
	35	55	65
	35	50	65
	35	50	65
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV <b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°)/ 1 g/L ıslatıcı pH 11 ile emdirilen kumaşın 4 saat işlemi)</b>	38	53	67
	35	52	65
	36	50	65
	35	53	64
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV <b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°)/ 1 g/L ıslatıcı pH 11 ile emdirilen kumaşın 6 saat işlemi)</b>	38	53	68
	35	52	66
	36	50	66
	35	53	67
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + ( <b>3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°)/ 1 g/L ıslatıcı pH 11 95°C 1 saat çektirme yöntemi</b> )	25	43	60
	35	50	63
	30	40	60
	28	45	63
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + ( <b>3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°) 1 g/L ıslatıcı pH 11 ile soğuk bekletme, 2 saat</b> )	29	40	60
	25	45	62
	30	42	60
	28	45	60
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + ( <b>3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°) 1 g/L ıslatıcı pH 11 ile soğuk bekletme, 4 saat</b> )	27	45	57
	28	44	56
	30	47	60
	30	45	59
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + ( <b>3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°) 1 g/L ıslatıcı pH 11 ile soğuk bekletme, 6 saat</b> )	28	42	55
	30	47	60
	30	40	57
	29	40	62
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV <b>(3 g/L hidrojen peroksit /- g/L NaOH (38 Be°) 1 g/L ıslatıcı pH 9, 2 saat)</b>	30	68	75
	30	50	70
	35	50	70
	30	50	67
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV <b>(3 g/L hidrojen peroksit /- g/L NaOH (38 Be°) 1 g/L ıslatıcı pH 7, 2 saat)</b>	38	60	75
	35	50	67
	32	50	67
	45	60	70
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV <b>(3 g/L hidrojen peroksit /1 g/L ıslatıcı pH 5, 2 saat)</b>	28	53	75
	37	53	65
	30	50	68
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV <b>(3 g/L hidrojen peroksit /1 g/L ıslatıcı pH 3, 2 saat)</b>	33	50	70
	28	45	64
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV <b>(3 g/L hidrojen peroksit /1 g/L ıslatıcı pH 3, 2 saat)</b>	35	53	67

	30	45	65
	32	48	62
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV (2g/L hidrojen peroksit /3g/L NaOH (38 Be°) 1 g/L ıslatıcı pH 11 ile 2 saat)	35	55	70
	35	54	68
	33	53	63
	35	52	63
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV (4g/L hidrojen peroksit /3g/L NaOH (38 Be°) 1 g/L ıslatıcı pH 11 ile 2 saat)	30	45	63
	32	47	60
	30	45	62
	30	46	61

Referans kumaş 10 saniyede ortalama 28,5 mm, 30 saniyede 47,5 mm ve 60 saniyede 60,75 mm test sıvısı emmiştir. En düşük hidrofilite 18 g/L melas ile işlem görmüş kumaşa elde edilmiştir. Bunun sebebi 3.1.1.3. Melas bölümünde belirtildiği gibi melasın kompleks yapısına bağlanabilir. Melas, kompleks polisakkaritler, indirgen şekerler, karbonhidrat olmayan bileşikler, koyu kahve renkli azot içeren polimerik bileşikler, inorganik iyonlar, malik asit, laktik asit, formik asit, asetik asit, propiyonik asit gibi organik asitler içermektedir. Yüksek konsantrasyonda kullanılan bu safsızlığı yüksek kompleks bileşik ardından yıkama yapılmasına rağmen hidrofiliteyi düşürebilmektedir. Glikoz ile çeşitli koşullarda yapılan işlem ile hidrofilitenin arttığı Çizelge 4.1 değerlerinde izlenmektedir. Çeşitli çalışma koşulları arasında önemli bir fark yoktur. Kapilaritenin azalmaması kumaşın bir sonraki işlem olan ikinci boyama verimini düşürmeyecek olması açısından önemli bir sonuçtur.

## 4.2. Renk Ölçüm Değerleri

İşlem görmüş kumaşların referans kumaşa göre renk ölçüm değerleri Çizelge 4.2.'de verilmiştir (Dağlı ve Bulut, 2024).

Çizelge 4.2. Boyanan numunelerin renk ölçüm değerleri

		L*	a*	b*	C*	h	
		42.28	60.03	- 0.12	60.03	359.88	
Referans		46.01	54.41	4.98	54.64	5.23	
		50.03	58.03	15.44	60.05	14.90	
		$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta E^*$
Glikoz 12 g/L	D65 10 Deg	12.61	- 25.50	2.20	- 25.44	2.83	28.53

Çektirme	A 10 Deg	11.03	- 19.35	0.62	- 19.13	2.96	22.28
	msTL84-10	9.12	- 22.71	- 5.33	- 23.31	0.88	25.05
Glikoz 14 g/L Çektirme	D65 10 Deg	16.99	- 23.34	4.69	- 23.16	5.93	29.32
	A 10 Deg	15.65	- 17.35	3.46	- 16.63	6.04	23.62
Glikoz 18 g/L Çektirme	msTL84-10	13.90	- 20.15	- 2.11	- 19.90	3.84	24.57
	D65 10 Deg	13.11	- 16.89	- 2.20	- 16.83	- 2.64	21.49
Melas 18 g/L Çektirme	A 10 Deg	11.03	- 12.19	- 3.43	- 12.39	- 2.62	17.37
	msTL84-10	9.12	- 14.16	- 7.67	- 15.50	- 4.38	19.23
Hidrosülfid 3 g/L çektirme	D65 10 Deg	10.67	- 8.69	- 6.65	- 8.24	- 7.20	15.28
	A 10 Deg	9.90	- 5.57	- 7.67	- 5.72	- 7.55	13.70
Glikoz 12 g/L Çektirme+ UV (pH 11, 2 saat)	msTL84-10	8.87	- 8.12	- 9.98	- 9.84	- 8.29	15.63
	D65 10 Deg	29.41	- 34.58	15.25	- 30.24	22.42	47.68
Glikoz 12 g/L Çektirme+ UV (pH 11, 4 saat)	A 10 Deg	27.76	- 27.50	13.81	- 21.82	21.70	41.44
	msTL84-10	25.53	- 29.28	6.21	- 24.06	17.81	39.35
Glikoz 12 g/L Çektirme + UV (pH 11, 6 saat)	D65 10 Deg	20.89	- 25.30	4.68	- 25.00	6.07	33.15
	A 10 Deg	19.45	- 19.17	3.18	- 18.46	6.06	27.49
Glikoz 12 g/L Çektirme + UV (pH 11, 1 saat)	msTL84-10	17.58	- 21.54	- 2.51	- 21.34	3.88	27.92
	D65 10 Deg	23.42	- 25.60	2.88	- 25.49	3.73	34.81
Glikoz 12 g/L Çektirme + UV (pH 11, 2 saat)	A 10 Deg	21.87	- 19.33	1.19	- 19.02	3.65	29.21
	msTL84-10	19.95	- 22.14	- 4.52	- 22.53	1.68	30.14
Glikoz 12 g/L Çektirme + UV (pH 11, 4 saat)	D65 10 Deg	23.45	- 22.50	- 3.04	- 22.37	- 3.90	32.64
	A 10 Deg	21.86	- 16.47	- 5.03	- 16.97	- 4.20	27.99
Glikoz 12 g/L Çektirme + UV (pH 11, 6 saat)	msTL84-10	19.98	- 20.26	- 10.00	- 21.89	- 5.59	30.16
	D65 10 Deg	14.70	- 10.94	- 7.98	- 10.27	- 8.81	19.98
Glikoz 12 g/L Çektirme + UV (pH 11, 1 saat)	A 10 Deg	13.71	- 7.17	- 9.36	- 7.20	- 9.34	18.09
	msTL84-10	12.46	- 10.35	- 12.09	- 12.25	- 10.15	20.21
Glikoz 12 g/L Çektirme + UV (pH 11, 2 saat)	D65 10 Deg	17.62	- 20.29	- 3.73	- 20.11	- 4.63	27.13
	A 10 Deg	16.11	- 14.99	- 5.39	- 15.15	- 4.72	22.61
Glikoz 12 g/L Çektirme + UV (pH 11, 4 saat)	msTL84-10	14.44	- 17.41	- 10.29	- 19.11	- 6.63	24.85
	D65 10 Deg	18.77	- 18.43	- 4.72	- 18.15	- 5.78	27.43
Glikoz 12 g/L Çektirme + UV (pH 11, 6 saat)	A 10 Deg	17.30	- 14.13	- 6.47	- 14.33	- 6.01	33.35
	msTL84-10	15.62	- 17.38	- 11.06	- 19.06	- 7.88	25.75
Glikoz 12 g/L Çektirme + UV (pH 9, 2 saat)	D65 10 Deg	17.28	- 20.47	- 6.59	- 19.91	- 8.14	27.59
	A 10 Deg	15.57	- 15.36	- 8.62	- 15.41	- 8.51	23.51
Glikoz 12 g/L Çektirme + UV (pH 7, 2 saat)	msTL84-10	13.89	- 17.68	- 13.42	- 19.61	- 10.32	26.18
	D65 10 Deg	12.82	- 11.39	- 0.24	- 11.39	- 0.30	17.15
Glikoz 12 g/L Çektirme + UV (pH 5, 2 saat)	A 10 Deg	12.16	- 7.23	- 0.82	- 7.27	- 0.16	14.17
	msTL84-10	11.04	- 9.68	- 3.98	- 10.36	- 1.49	15.21
Glikoz 12 g/L Çektirme + UV (pH 5, 2 saat)	D65 10 Deg	13.23	- 13.92	- 0.65	- 13.92	- 0.78	19.22
	A 10 Deg	12.34	- 9.44	- 1.53	- 9.54	- 0.73	15.61
Glikoz 12 g/L Çektirme + UV (pH 5, 2 saat)	msTL84-10	11.09	- 11.96	- 5.12	- 12.83	- 2.12	17.09
	D65 10 Deg	15.40	- 19.35	- 0.08	- 19.35	- 0.15	24.74
Glikoz 12 g/L Çektirme + UV (pH 5, 2 saat)	A 10 Deg	14.09	- 14.19	- 1.53	- 14.27	- 0.27	20.05
	msTL84-10	12.58	- 16.84	- 6.00	- 17.79	- 1.75	21.86
Glikoz 12 g/L	D65 10 Deg	13.66	- 16.01	- 0.61	- 16.01	- 0.75	21.05

çektirme + UV (pH 3, 2 saat)	A 10 Deg msTL84-10	12.61 11.24	- 11.23 - 13.81	- 1.67 - 5.67	- 11.34 - 14.76	- 0.72 - 2.22	16.97 18.68
Glikoz 12 g/L çektirme + UV (2 g/L H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) (pH 11, 2 saat)	D65 10 Deg A 10 Deg msTL84-10	12.50 11.59 10.25	- 14.53 - 9.94 - 12.51	- 1.02 - 1.88 - 5.71	- 14.52 - 10.06 - 13.50	- 1.21 - 1.07 - 2.62	19.19 15.39 17.15
Glikoz 12 g/L çektirme + UV (4 g/L H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) (pH 11, 2 saat)	D65 10 Deg A 10 Deg msTL84-10	14.12 13.28 12.03	- 11.28 - 7.24 - 10.32	- 5.08 - 6.30 - 9.11	- 11.00 - 7.45 - 11.92	- 5.66 - 6.05 - 6.88	18.77 16.38 18.28

### 4.3. K/S Oranları

Renkli ve rengi giderilmiş kumaşın renk yoğunluğu değeri (K/S değeri) ve açıklık değeri, simüle edilmiş bir cihazla donatılmış Datacolor 850 cihazı kullanılarak belirlendi.

Çizelge 4.3. Numunelerin K/S oranları

	K/S
Referans kumaş	14,40
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma	2,03
Glikoz 14 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma	1,97
Glikoz 18 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma	3,00
Melas 18 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma	4,41
Hidrosülfid 3 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma	0,64
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV <b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°)/ 1 g/L ıslatıcı pH 11 ile emdirilen kumaşın 2 saat işlem)</b>	1,46
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV <b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°)/ 1 g/L ıslatıcı pH 11 ile emdirilen kumaşın 4 saat işlemi)</b>	1,23
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV <b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°)/ 1 g/L ıslatıcı pH 11 ile emdirilen kumaşın 6 saat işlemi)</b>	1,32
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + <b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°)/ 1 g/L ıslatıcı pH 11 95°C 1 saat çektirme yöntemi)</b>	3,11
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + <b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°)/1 g/L ıslatıcı pH 11 ile soğuk bekletme, 2 saat)</b>	2,05
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + <b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°)/1 g/L ıslatıcı pH 11 ile soğuk bekletme, 4 saat)</b>	1,96

Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + <b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°) 1 g/L ıslatıcı pH 11 ile soğuk bekletme, 6 saat)</b>	2,08
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV <b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°)/1 g/L ıslatıcı pH 9, 2 saat)</b>	3,57
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV <b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°) 1 g/L ıslatıcı pH 7, 2 saat)</b>	3,26
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV <b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°) 1 g/L ıslatıcı pH 5, 2 saat)</b>	2,47
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV <b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°) / 1 g/L ıslatıcı pH 3, 2 saat)</b>	3,00
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV <b>(2g/L hidrojen peroksit /3g/L NaOH (38 Be°) 1 g/L ıslatıcı pH 11 ile 2 saat)</b>	3,37
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV <b>(4g/L hidrojen peroksit /3g/L NaOH (38 Be°) 1 g/L ıslatıcı pH 11 ile 2 saat)</b>	3,24

#### 4.4. Numunelerin Söküm Oranı

Çizelge 4.4. Numunelerin Boya Söküm Oranı (%)

	Söküm Oranı (%)
Referans kumaş	
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma	85,902
Glikoz 14 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma	86,319
Glikoz 18 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma	79,166
Melas 18 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma	69,375
Hidrosülfid 3 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma	95,555
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV <b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°) / 1 g/L ıslatıcı pH 11 ile emdirilen kumaşın 2 saat işlem)</b>	91,527
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV <b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°) / 1 g/L ıslatıcı pH 11 ile emdirilen kumaşın 4 saat işlemi)</b>	91,458
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV <b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°) / 1 g/L ıslatıcı pH 11 ile emdirilen kumaşın 6 saat işlemi)</b>	90,833
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + <b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°) / 1 g/L ıslatıcı pH 11 95°C 1 saat çektirme yöntemi)</b>	78,402
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + <b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°)/1 g/L ıslatıcı pH 11 ile soğuk bekletme, 2 saat)</b>	85,763
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + <b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°)/1 g/L ıslatıcı pH 11 ile soğuk bekletme, 4 saat)</b>	86,388
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma +	85,555

<b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°) 1 g/L ıslatıcı pH 11 ile soğuk bekleme, 6 saat)</b>	
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV	
<b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°)/1 g/L ıslatıcı pH 9, 2 saat)</b>	75,208
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV	
<b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°) 1 g/L ıslatıcı pH 7, 2 saat)</b>	77,361
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV	
<b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°) 1 g/L ıslatıcı pH 5, 2 saat)</b>	82,847
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV	
<b>(3 g/L hidrojen peroksit /3 g/L NaOH (38 Be°) / 1 g/L ıslatıcı pH 3, 2 saat)</b>	79,166
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV	
<b>(2g/L hidrojen peroksit /3g/L NaOH (38 Be°) 1 g/L ıslatıcı pH 11 ile 2 saat)</b>	76,597
Glikoz 12 g/L ile pH 13,4-13,7 çektirme yöntemine göre çalışma + UV	
<b>(4g/L hidrojen peroksit /3g/L NaOH (38 Be°) 1 g/L ıslatıcı pH 11 ile 2 saat)</b>	77,500

Çizelge 4.4 'deki boya söküm oranlarına bakacak olursak, en iyi söküm oranı sodyum ditionit 3 g/L (%95,555)'dir. İndirgen şeker 12 g/L + UV pH 11 de 2, 4 ve 6 saat yapılan işlemler %90'ın üzerindedir. Çizelgeye baktığımızda İndirgen şeker 12 g/L + UV ile yapılan işlemin pH'ı düştükçe boya söküm oranı düşmüştür. Çizelegeye baktığımızda boya söküm oranınının pH'11 de verimli olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.4'e baktığımızda en düşük boya söküm oranı melas ile yapılan işlemde olmuştur. İndirgen şeker 12 g/L + 95°C kasar (1 saat) pH 11, İndirgen şeker 12 g/L + UV (2 saat) pH 9, İndirgen şeker 12 g/L + UV (2 saat) pH 7, İndirgen şeker 12 g/L + UV (2 saat) pH 3, İndirgen şeker 12 g/L + UV (2 g/L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) (2 saat) pH 11 ve İndirgen şeker 12 g/L + UV (4 g/L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) (2 saat) pH 11 ile yapılan işlemlerde ise boya söküm oranları birbirine yakındır.

#### 4.5. Redoks Potansiyel Değerleri

Boyama banyosunun iletkenlik değerleri şekil 4.2.'deki WTW multi 340 i pH/Cont 340i set2 cihazında yapılmıştır.

Çizelge 4.5. Boyama banyosunun farklı sıcaklık ve sürelerde redoks potansiyel değerleri

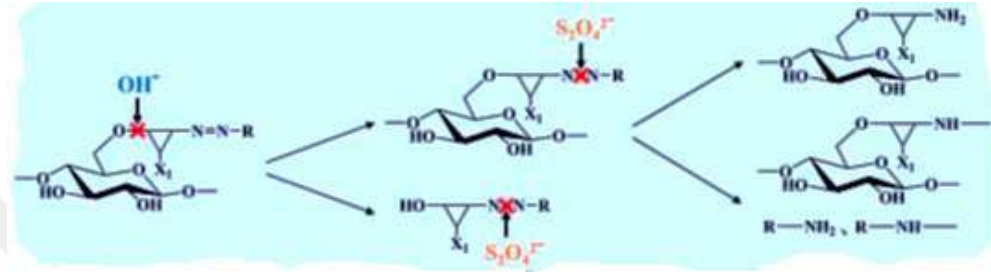
50 °C/0	60 °C	80 °C	98 °C	Atık banyosu /60 °C
---------	-------	-------	-------	---------------------

Glikoz	%12	- 442	- 528,1	- 690,4	- 690,6	- 609,8
	%18	- 435,1	- 540,5	- 692,3	- 690,0	- 611,3
Melas	%18	- 402,5	- 464,2	- 529,3	- 568,8	- 551,1
Hidrosülfid	%3	- 700,1	- 695,2	- 698,1	- 681,0	-650,5

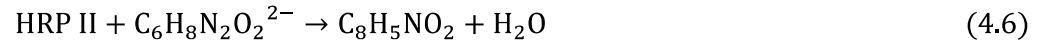
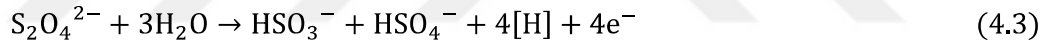
Çizelge 4.5'de boyama grafiğine göre boya banyolarının redoks potansiyelleri ölçülmüştür. Çizelge 4.5'deki ilk sütunda anlatıldığı gibi boya banyosu 50°C sıcaklıkta hazırlandı ancak kumaş yerleştirilmedi. Başlangıç aşamasında, hidrosülfid içeren boya banyosunun redoks potansiyeli değerleri, glikoz ve melastan oluşan banyolarınkinden önemli ölçüde daha yüksek ve her sıcaklıkta birbirine yakın değerler vermektedir. İndirgen şeker içeren banyoların redoks potansiyel değerleri boyama işleminin başlangıcında ve diğer dönemlerde benzer ve hidrosülfide göre oldukça düşüktür. Bu değerler 60 °C'de keskin bir şekilde arttı ve iyileşme 80 °C'de hızlandığı gözlemiştir. Bu durum monosakkaritlerin izomerizasyonu ve bozunması ve indirgen özellik göstermesi ile ilgilidir. Bilindiği gibi bu süreç çeşitli koşullardan etkilenen karmaşık reaksiyondur. 60°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda alkali ortamda güçlü bir indirgeyici ortam üretilir. Sıcaklık ve pH'ın reaksiyon üzerinde önemli etkileri vardır. Glikoz için ideal bir sistem pH 13,4-13,7'de ve 80 °C sıcaklıkta elde edilmiştir. Bilindiği gibi melasta içerdiği düşük miktardaki glikoza ve daha yüksek miktardaki früktoza karşın belirli koşullarda früktoz glikoza dönüşmekte bu da indirgen ortamı sağlamaktadır. Ancak elde edilen K/S değerleri oldukça yüksektir. Saf glikoz ise açıklandığı ve Çizelge 4.5'de görüldüğü üzere 60° ve özellikle 80°C de indirgen yeteneği artmakta ve söküm işlemini başarılı bir şekilde gerçekleştirmektedir. Elde edilen sonuç literatürle uyumludur(Bulut ve Çelik, 2020).

Çizelge 4.2, 4.3, 4.4 ve 4.5 incelendiğinde klasik sistemin renk sökümünde en etkin olduğu anlaşılabilir. Literatüre göre klasik hidrosülfid/ sodyum hidroksit sisteminde sodyum hidroksit kullanılır. Bilindiği gibi reaktif boyarmaddeler selülozun hidroksil gruplarıyla kovalent bağ oluştururlar. Bu nedenle sökümleri de zordur. Kuvvetli baz çözeltisinde selülozun hidroksil grupları ve boyarmadde arasındaki kovalent bağ indirgenme ile parçalanır. Bu ortamda selüloz monomerinde (glikoz halkasında) bulunan 3 hidroksil grubu zayıf asit gibi

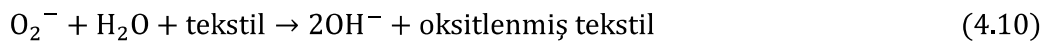
davranarak iyonlarına ayrılır ve selülozun hidroksil grupları ile boyarmaddenin arasındaki kovalent bağları hidroliz ile parçalar ve selüloz kısmi olarak çözülür. Hidrosülfite ise indirgeme reaksiyonu ile boyarmaddenin kromofor grubunu oluşturan azo grubunu -N=N- parçalayarak -NH-NH-boyarmaddeyi renksizleştirir.



Şekil 4.1. Boyarmaddenin bozulma mekanizması (Wang vd., 2023)

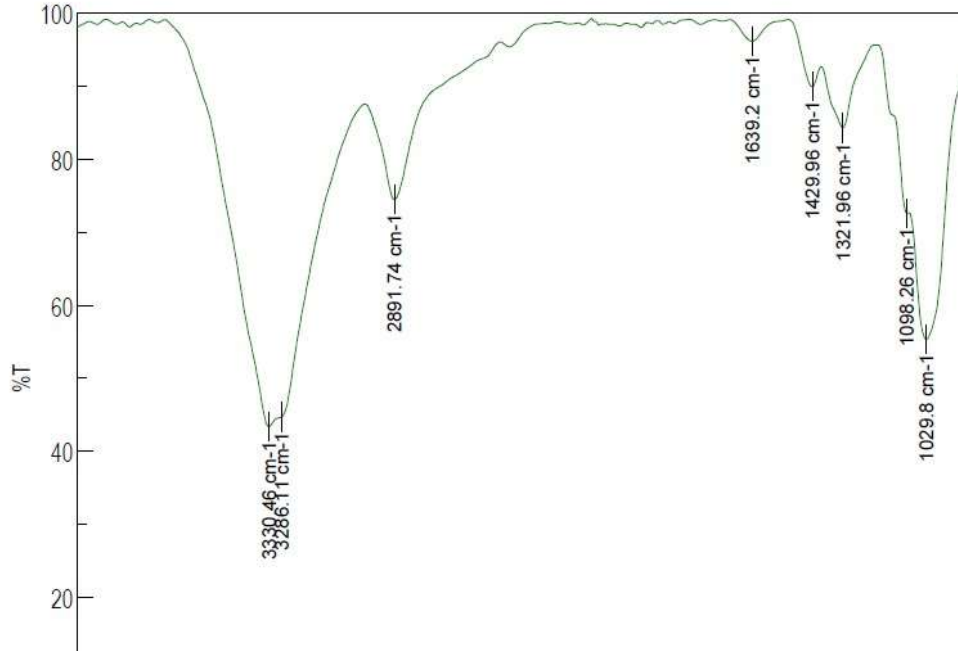


Ağartma çözeltisiyle emdirilip ardından soğuk bekletme ve UV ışık altında tutulan örneklerin söküm dereceleri karşılaştırıldığında UV ışık altında bekletilen numunelerin söküm derecesinin arttığı gözlenmektedir. Alkali ortamda yapılan hidrojen peroksit ağartması aşağıdaki tepkimelere göre gerçekleşir.



Ağartma etkisini sağlayan formüllerde görüldüğü gibi,  $\text{HO}_2^-$ ,  $\text{O}_2^-$  ve  $\text{OH}^-$  iyonlarıdır. Bilindiği gibi selüloz glikoz halkasından oluşmaktadır. C-O-C bağları UV absorbe edici özelliğe sahip değildir. Dolayısıyla başlatıcı (inisiyatör) kullanmak gereklidir. Hidrojen peroksit 300 nm'nin altındaki UV'yi absorbe ederek yüksek reaktiflikteki  $\text{OH}^-$  iyonlarının oluşumunu sağlar. Deney sonuçlarında görüldüğü gibi UV şartları hidrojen peroksitin iyonlaşmasını arttırmakta reaksiyonu hızlandırmaktadır. Dolayısıyla UV koşullarında hidrojen peroksit ve sodyum hidroksit ile emdirilen numunelerin renk açma değeri soğuk bekletme yöntemine işlem gören numunelerden daha yüksektir. Sıcaklığın etkisini incelemek için sıcak hidrojen peroksit ağartması yapıldığında da istenen renk sökme miktarının UV ile elde edilenden düşük olduğu Çizelge 4.4. değerlerinden izlenebilmektedir. pH'nın etkisi incelendiğinde hidrojen peroksitin parçalanmasının en yüksek olduğu seviye pH 11 olduğu Çizelge 4.4'te görülmektedir. Bu değerde pratik uygulamalarda ve sanayide ağartma gerçekleştirilmektedir.

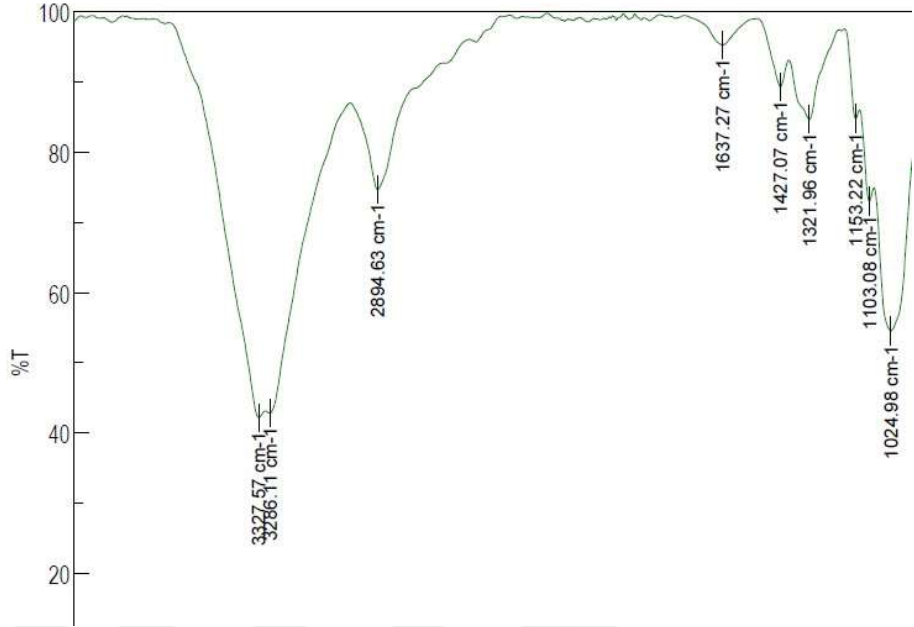
#### 4.6. FTIR Analizi



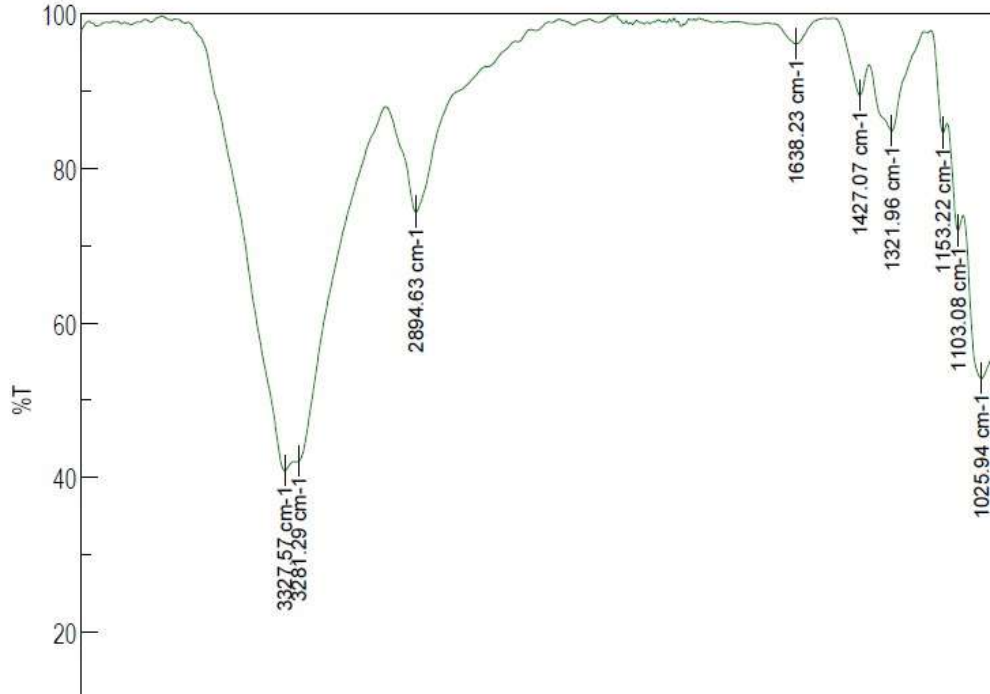
## Şekil 4.2. Boyalı kumaş

Bilindiği gibi tekstilde kullanılan boyarmaddeler anyonik (direkt, asit ve reaktif), katyonik (bazik boyarmadde) ve non-iyonik boyarmadde olarak sınıflandırılabilir. Azo esaslı boyarmaddeler en önemli sınıflardan biridir ve kromofor olarak azo (N=N) ve sülfonat (-SO<sub>3</sub>) grubu da moleküle anyonik karakter kazandıran oksokrom gruba sahiptir. Bu çalışmada mono azo yapısına sahip C.I. Reactive Red 195'in kumaştan sökümü incelenmiştir. C.I. Reactive Red 195'in karakteristik grupları 3200-3300 cm<sup>-1</sup> bölgesinde -NH, -OH ve rezonans aromatik yapı=CH arasındaki çekim kuvvetleri, 2890 cm<sup>-1</sup> bölgesinde alifatik -CH asimetrik çekim kuvvetleri, 1630 cm<sup>-1</sup> 'de aromatik halka titreşimleri, 1492 and 1394 cm<sup>-1</sup> titreşimi, 1319 cm<sup>-1</sup> SO<sub>2</sub> grubunun S=O titreşimi, 1039 cm<sup>-1</sup> de -C-OH ya da -CN çekimi, 1180 cm<sup>-1</sup> de fenolik -C-OH grubun titreşimi, 600 cm<sup>-1</sup> civarında S=O çekimi bulunmaktadır (Perez-Calderon vd., 2018). Bunlar ortak pik olup her bir şekilde bulunmaktadır. İşlem görmemiş boyalı nıminde bulunan 1098 ve 1029 cm<sup>-1</sup> de mevcut titreşimler C-O-R daha açık bir ifadeyle boyarmadde ve selüloz makromolekülleri arasında bulunan kovalent bağları ve selülozdaki C-H planer çekimi simgelemektedir . 1098 cm<sup>-1</sup> piki farklı koşullarda işlem görmüş numunelerin hiç birinde bulunmamaktadır. Bu da reaktif boyarmaddeyi kumaşa bağlayan bağın her işlem koşulunda da koptuğunu göstermektedir.

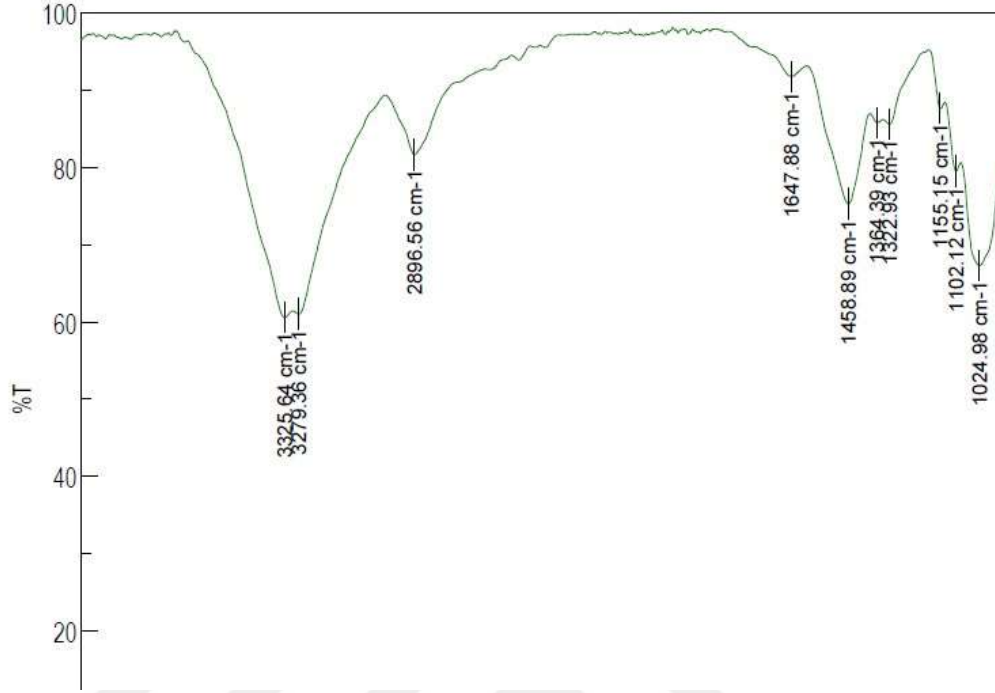
Söküm işlemi görmüş numunelerdeki ortak pikler ise 1153 ve 1103 cm<sup>-1</sup> de dir. Bu pikler incelendiğinde selülozun yapısında bulunan C-H ve C-O oluşturduğu gözlenmektedir. Bu durum boyarmaddenin uzaklaşarak selülozun yapısındaki grupların etkin olmaya başladığını kanıtlamaktadır.



Şekil 4.3. Glikoz



Şekil 4.4. Glikoz + UV



Şekil 4.5. Sodyum Ditionit

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışmada boyahane işletme reçetesi kullanılarak C.I. Reactive Red 195 ile boyalı örme pamuklu kumaşın kimyasal renk söküm işlemi geleneksel kimyasallarla yanında ekolojik indirgen maddeler olan glikoz ve melas ve ileri oksidasyon yöntemi olan UV ile kombine edilerek renk açma/boya sökümü yapılmıştır.

Söküm banyolarının redoks potansiyelleri, söküm derecesi, sökülmüş kumaşın kapilarite değerleri ölçülmüş ve numunelerin FTIR analizleri yapılmıştır. Buna göre tamamen ekolojik saf glikozun zararlı hidrosülfite yakın söküm derecesi gösterdiği gözlenmiştir. Melasın numunenin sökümünü yeterli oranda gerçekleştirmediği gözlenmiştir. Kombine söküm işlemi olarak hidrojen peroksit ağartması UV ile gerçekleştirildiğinde numunenin söküm derecesi artmıştır. Peroksit ağartmasında en yüksek söküm derecesi pH 11'de elde edilmiştir.

Tekstil boya/baskı işletmelerinin hiç sevmediği ancak yapmak zorunda kaldıkları işlem olan renk açma söküm işleminin ekolojik olarak yapılmasının yaratacağı değer tartışmasız en büyük kazançtır.

Tekstil ürünlerinin renklendirilmesinde sarı, mavi ve kırmızı boyarmaddeler ana bileşenleri oluşturmaktadır. Tüm renkler ana renklerin uygun oranda karışımından elde edilmektedir. Bu çalışmada kırmızı boyarmadde incelenmiştir. Daha sonraki çalışmalarda mavi ve sarı incelenecektir. Çalışmalar sonunda reçetenin tüm bileşenleri inceleyecektir. Sonrasında tekstil işletmelerine önerilerek çalışanın ve çevrenin korunduğu ekolojik boya açma işleminin gerçekleştirilmesi sağlanacaktır.

Bu durum sürdürülebilir kalkınma ve temiz üretim eldesinde Türkiye gibi tekstil üretimde lider bir ülke için iyi bir temiz ürün/üretim ve yeşil kimyasal için iyi bir örnektir.

## **KAYNAKLAR**

- Babuponnusami, A., Muthukumar, K., 2014. A Review on Fenton and Improvements to the Fenton Process for Wastewater Treatment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2(1), 557-572.
- Balcı, O., Oğulata, T., 2005. İndirgen Yıkamayla Yapılan Boyarmadde Sökümü ve Yeniden Boyama İşleminin Kullanım Haslıklarına Etkisi. *Tekstil ve Mühendis*, 12 (58), 10-18.
- Bozic, M., Kokol, V., 2008. Ecological Alternatives to the Reduction and Oxidation Processes in dyeing with vat and Sulphur Dyes. *Dyes and Pigments*, 76(2), 299-309
- Bulut, O.M., Çelik, K., 2020. Evaluation of Molasses as a Green Reducing Agent in Sulfur Dyeing. *Fibers and Polymers* 2020, 21(9), 2024-2035
- Chung, C., et al., 2004. Characterization of cotton fabric scouring by FT-IR ATR spectroscopy. *Carbohydrate polymers*, 58(4), 417-420.
- Colonna, G.M., Caronna, T., Marcandalli, B., 1999. Oxidative Degradation of Dyes by Ultraviolet Radiation in the Presence of Hydrogen Peroxide. *Dyes Pigments*, 41(3), 211-220
- Çelik, K., 2018. Kükürt Boyamada Ekolojik İndirgen Maddelerin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 53s., Isparta.

- Chatha, S.A.S., Asgher, M., Ali, S., Hussain, A.I., 2012. Biological Color Stripping: A Novel Technology for Removal of Dye from Cellulose Fibers. *Carbohydrate Polymers*, 87, 1476– 1481.
- Dağlı A., Bulut M.O. 2024. CI Reaktif Red 195 ile Boyanmış Örne Kumaşın Ekolojik Renk Açma/Söküm İşlemi, 13. Uluslararası Akademik Araştırmalar Kongresi (ICAR).
- Djafarzadeh, N., 2016. Mineralization of an Azo Dye Reactive Red 195 by Advanced Electrochemical Electro-Fenton Process. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 7(4), 217-220.
- Dolphen, R., Sakkayawong, N., Thiravetyan, P., Nakbanpote, W., 2007. Adsorption of Reactive Red 141 from Wastewater onto Modified Chitin. *Journal of Hazardous Materials*, 145, 250–255.
- Eren, S., Özen, A.A., 2023. UV Teknolojisinin Yünlü Tekstil Mamüllerinde Kullanımı. 2nd International Conference on Recent Academic Studies. October 19-20, Konya, Turkey
- Hullar, T., Anastasio, C., 2011. Yields of hydrogen peroxide from the reaction of hydroxyl radical with organic compounds in solution and ice, *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 7209–7222.
- Jang, J., Jeong, Y., 2006. Nano roughening of PET and PTT fabrics via continuous UV/O<sub>3</sub> irradiation. *Dyes Pigments*, 69(3),137 143
- Karaoğlu, M.H., Uğurlu, M., 2010. Studies on UV/NaOCl/TiO<sub>2</sub>/Sep Photocatalysed Degradation of Reactive Red 195. *Journal of Hazardous Materials*, 174, 864-871.
- Kimya Borsası, 2024. Eriřim Tarihi: 22.03.2024. <https://www.kimyaborsasi.com.tr/tr/s/sodyum-hidrosulfit-139.html>
- Körlü, A., 2018. Use of ozone in the textile industry. *Textile Industry and Environment*: 1-23.
- Long, J.J., Liu, B., Wang, G.F., Shi, W., 2017. Photocatalytic Stripping of Fixed Reactive Red X-3B Dye from Cotton with nano-TiO<sub>2</sub>/UV System. *Journal of Cleaner Production*, 165, 788-800.
- Long, J.-J., et al., 2015. Clean fixation of dye on cotton in supercritical carbon dioxide with a heterogeneous and phase transfer catalytic reaction. *Dyes and Pigments*, 115, 88-95.
- Magureanu, M., Mandache, N.B., Parvulescu, V.I., 2007. Degradation of Organic Dyes in Water by Electrical Discharges. *Plasma Chem Plasma Process*, 27, 589-598.

- Mu, B., et al., 2019. High sorption of reactive dyes onto cotton controlled by chemical potential gradient for reduction of dyeing effluents. *Journal of environmental management*, 239, 271-278.
- Oğulata, R.T., Balcı, O., 2007. Investigation of the Stripping Process of the Reactive Dyes Using Organic Sulphur Reducing Agents in Alkali Condition. *Fibers and Polymers*, 8(1), 25-36.
- Oturan, M.A. and Aaron, J.J., 2014. Advanced Oxidation Processes in Water/Wastewater Treatment: Principles and Applications: A Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 44, 2577-2641.
- Özyurt, A., 2018. Tekstil Endüstrisi Atıksuyunun Elektrokoagülasyon Ve Kimyasal Koagülasyon Yöntemleriyle Arıtılabilirliğinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Ramjaun, S.N., Yuan, R., Wang, Z., Liu, J., 2011. Degradation of Reactive Dyes by Contact Glow Discharge Electrolysis in the Presence of Cl<sup>-</sup> ions: Kinetics and AOX Formation. *Electrochimica Acta*, 58, 364- 371.
- Perez-Calderon, J., Santos, M.V., Zaritzky, N., 2018. Reactive RED 195 Dye Removal Using Chitosan Coacervated Particles as Bio-Sorbent: Analysis of Kinetics, Equilibrium and Adsorption Mechanisms. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6, 6749-6760.
- Pérez-Calderón, J., J., Santos, M.V., Zaritzky, N., 2020. Synthesis, Characterization and Application of Cross-Linked Chitosan/Oxalic Acid Hydrogels to Improve Azo Dye (Reactive Red 195) Adsorption. *Reactive and Functional Polymers*, 155, 1-14.
- Perincek, S., Bahtiyari, İ., Korlu, A., Duran, K., 2007. Ultraviolet Technology. *Textile and Apparel*, 17(4), 219-223.
- Perincek, S., Bahtiyari, İ., Korlu, A., Duran, K., 2009. New Techniques in Cotton Finishing. *Textile Research Journal*, 79(2), 121-128.
- Tayyaba, N., Younas, T., Ali, S., 2021. Chemical Color Stripping of Cellulose Fabric Dyed with Reactive Dyes. *International Journal of Science and Innovative Research*, 02(05), 4-16.
- Wang, W., Xu, X., Xu, J., Wang, H., Guo, X., Gong, Z., Zhang, C., 2023. Efficient Decolorization of Reactive Dyed Cotton Fabric with a Two-Step NaOH/Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Process. *Research Square*, 31, 1253-1265
- Xu, X.R., Li, H.B., Wang, W.H., Gu, J.D., 2005. Decolorization of Dyes and Textile Wastewater by Potassium Permanganate. *Chemosphere*, 59, 893-898

Uddin, M. G., et al., 2015. Effects of reductive stripping of reactive dyes on the quality of cotton fabric. *Fashion and Textiles*, 2(1), 1-12.

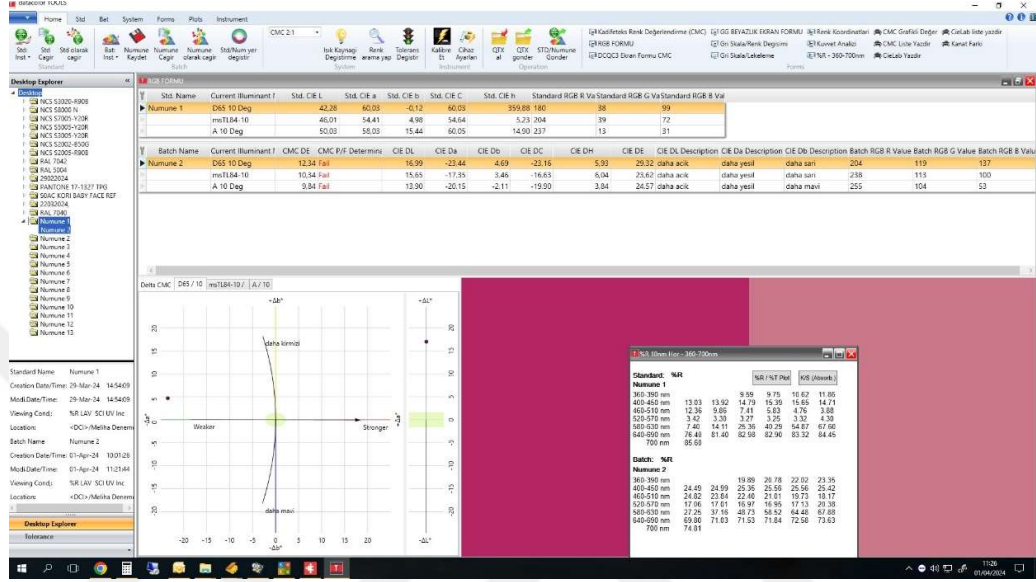
Vyas, J., Mishra, M., Gandhi, V., 2013. Photocatalytic Degradation of Alizarin Cyanine Green G, Reactive Red 195 and Reactive Black 5 using UV/TiO<sub>2</sub> Process. *Materials Science Forum*, 764, 284-292.

Yurdakul, A., Atav, R., 2006. Pamuklu Kumaşların Reaktif Boyarmaddelerle Boyanmasında İyon Tutucuların Renk Verimi Üzerine Etkileri. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 137, İzmir.

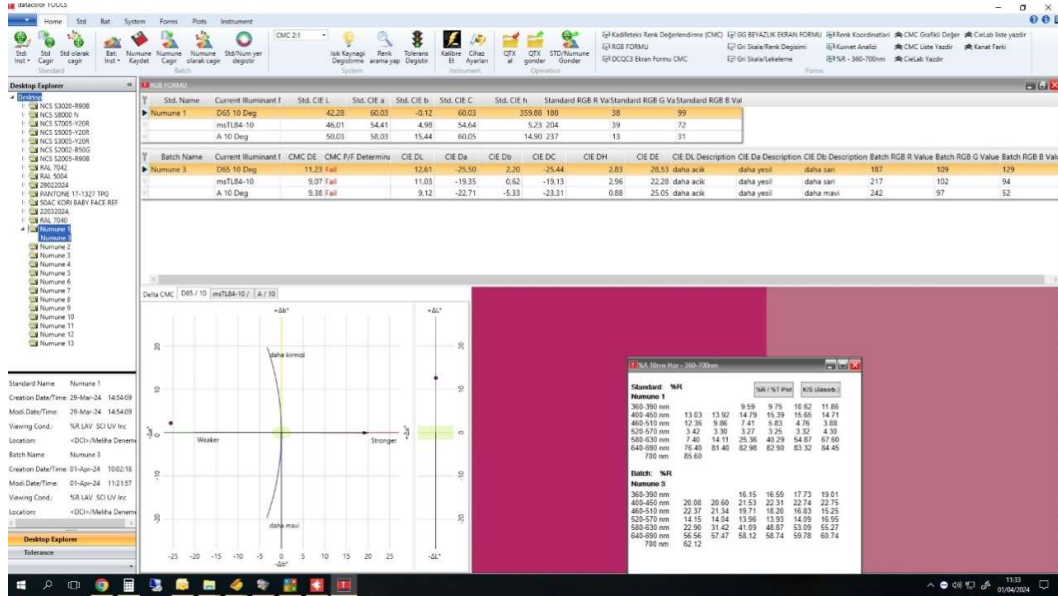


## EK

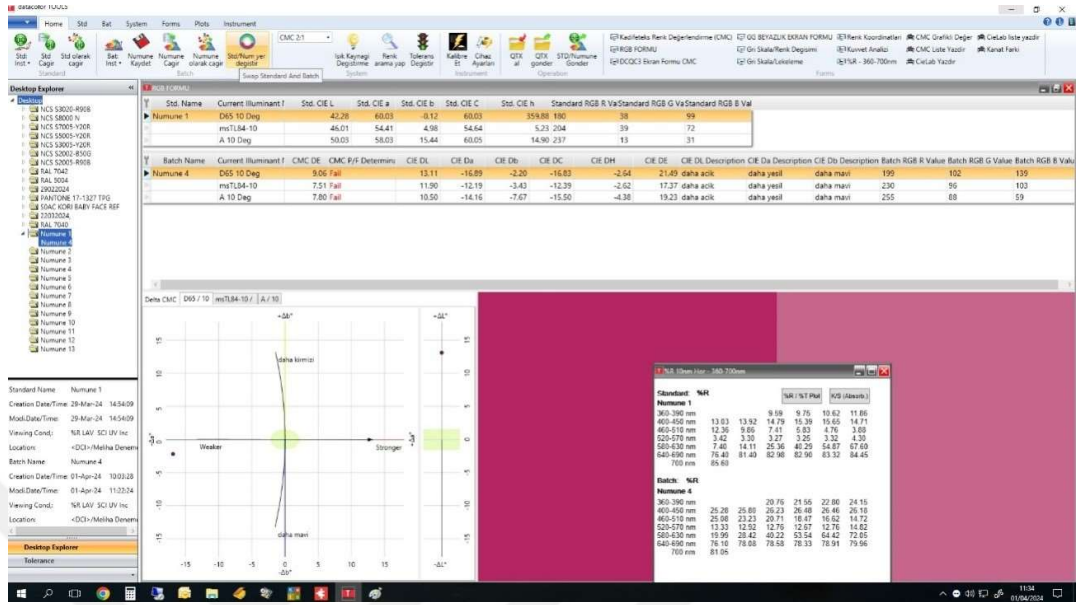
### EK A. Numunelerin Renklerinin Karşılaştırılması



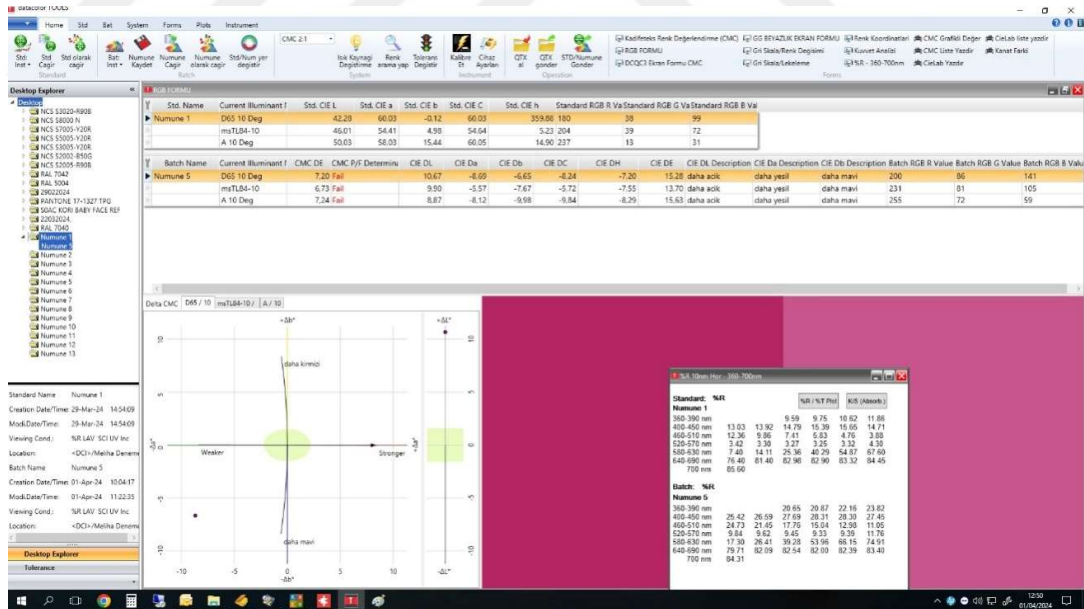
Şekil A.1. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L karşılaştırılması



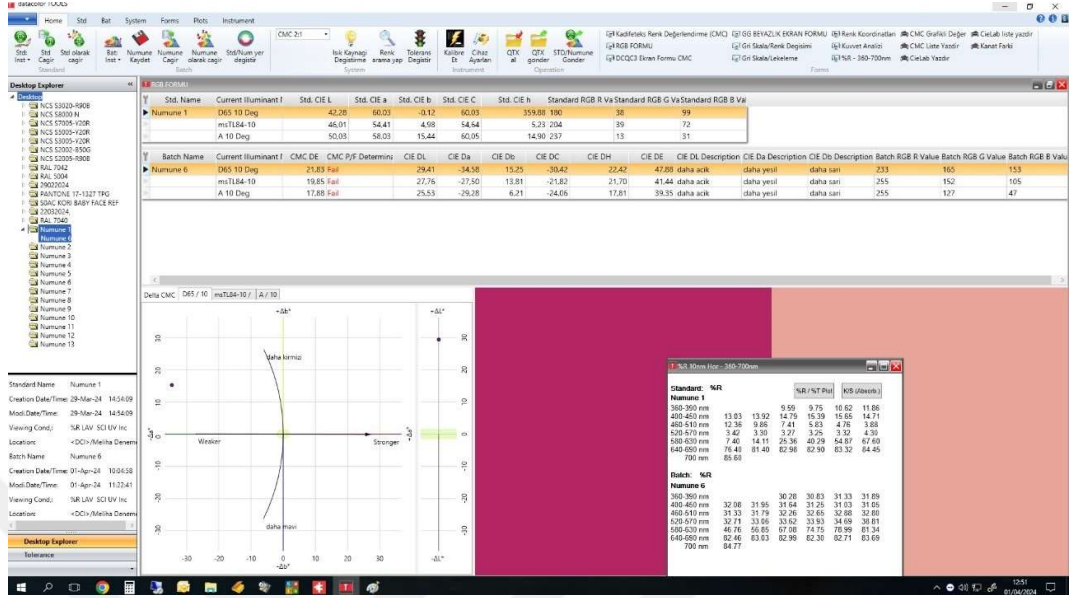
Şekil A.2. Referans kumaş ve Glikoz 14 g/L karşılaştırılması



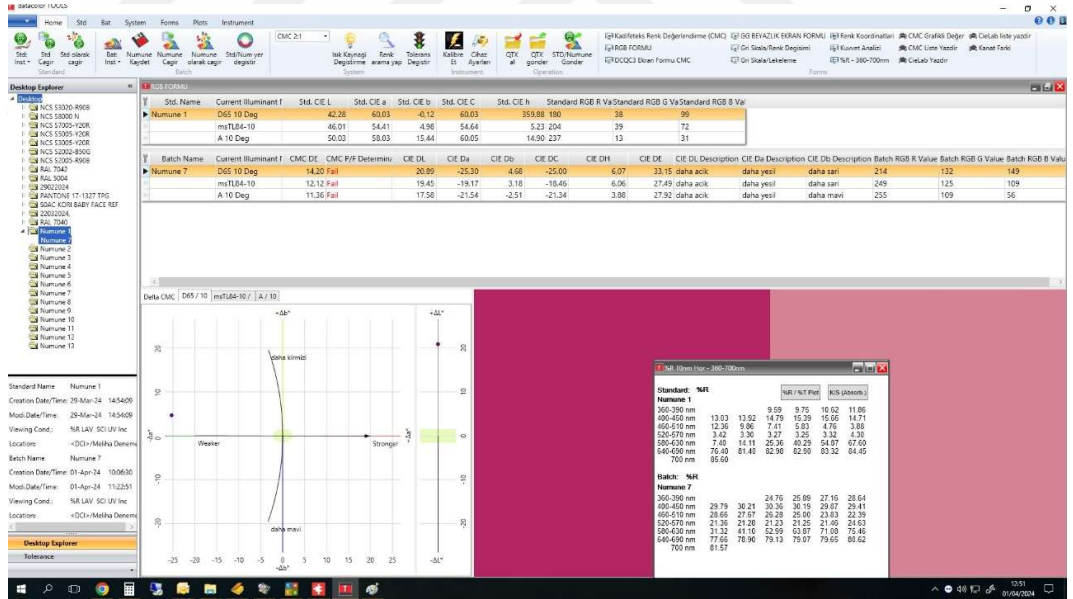
Şekil A.3. Referans kumaş ve Glüköz 18 g/L karşılaştırılması



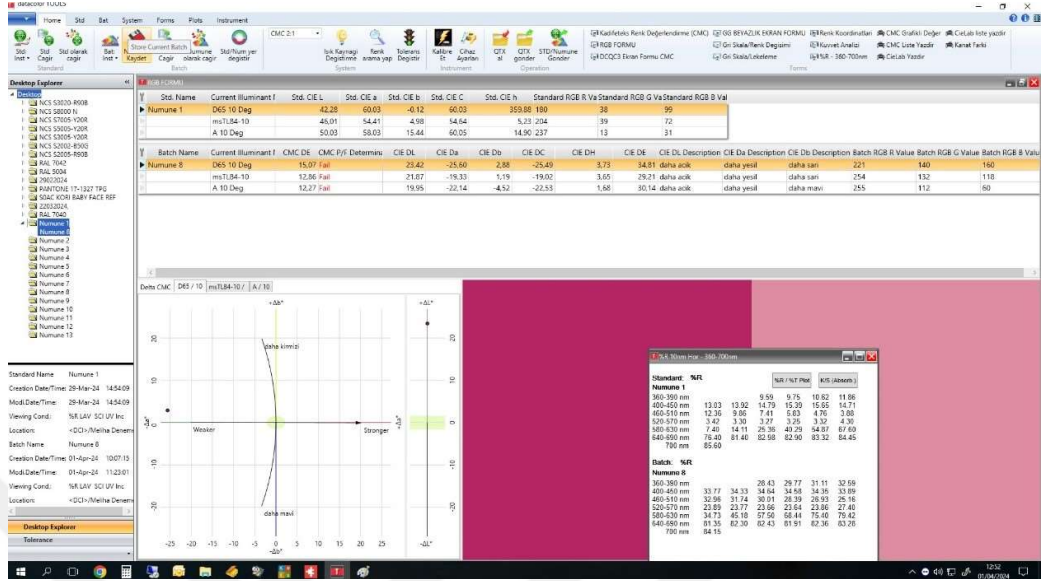
Şekil A.4. Referans kumaş ve melas 18 g/L karşılaştırılması



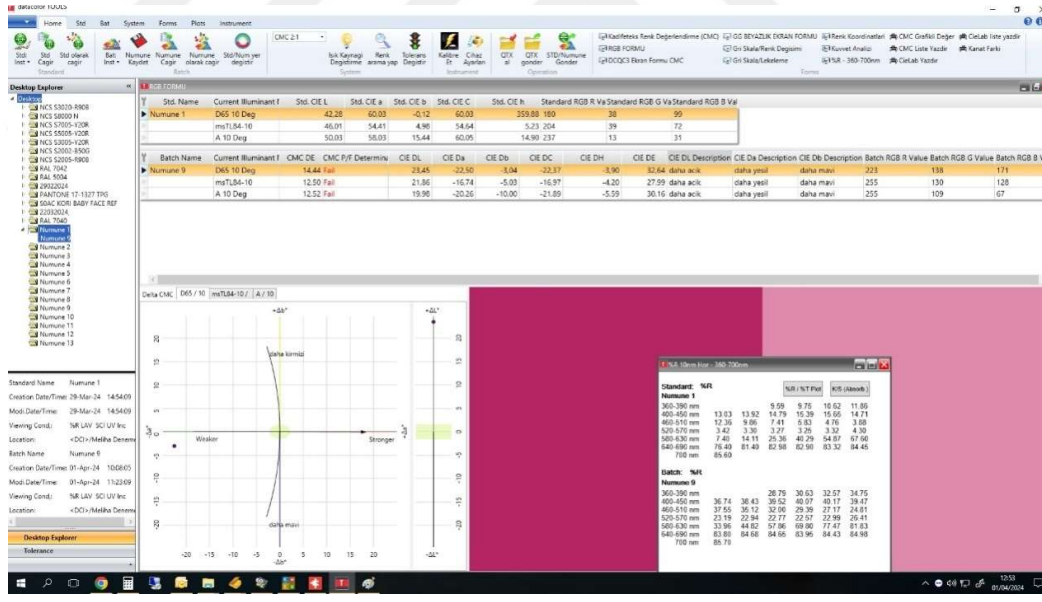
Şekil A.5. Referans kumaş ve sodyum ditionit 3 g/L karşılaştırılması



Şekil A.6. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L + UV (2 saat) pH 11 karşılaştırılması

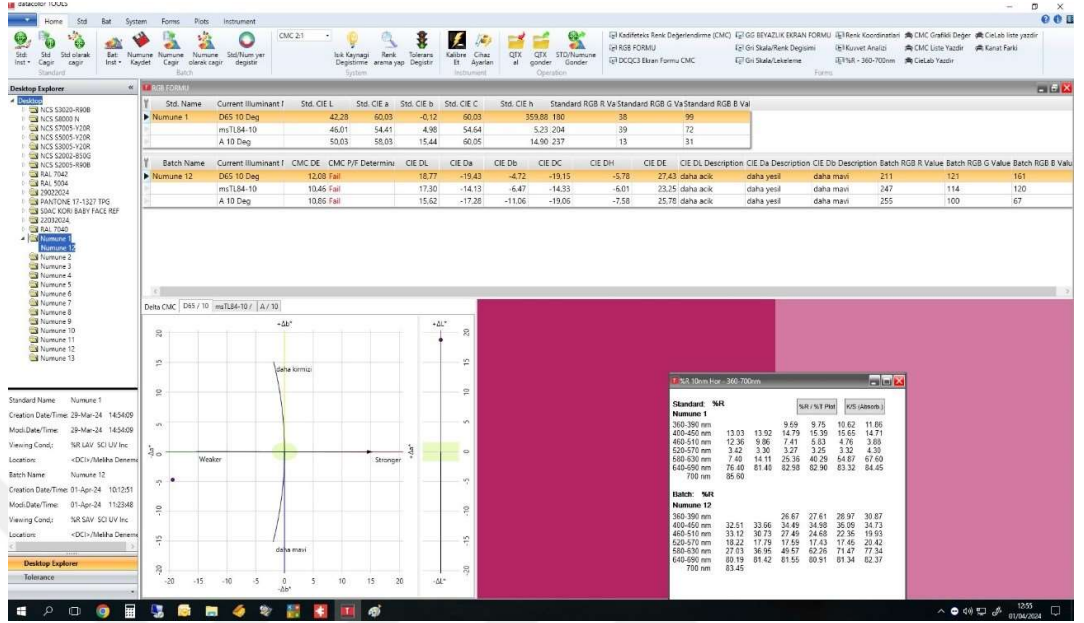


Şekil A.7. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L + UV (4 saat) pH 11 karşılaştırılması

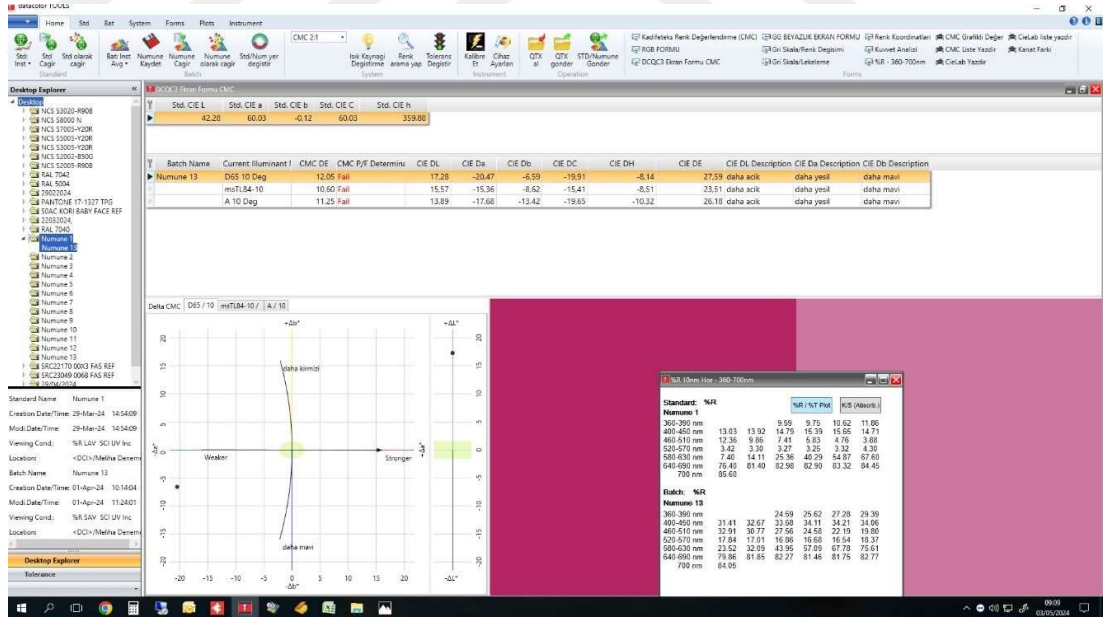


Şekil A.8. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L + UV (6 saat) pH 11 karşılaştırılması

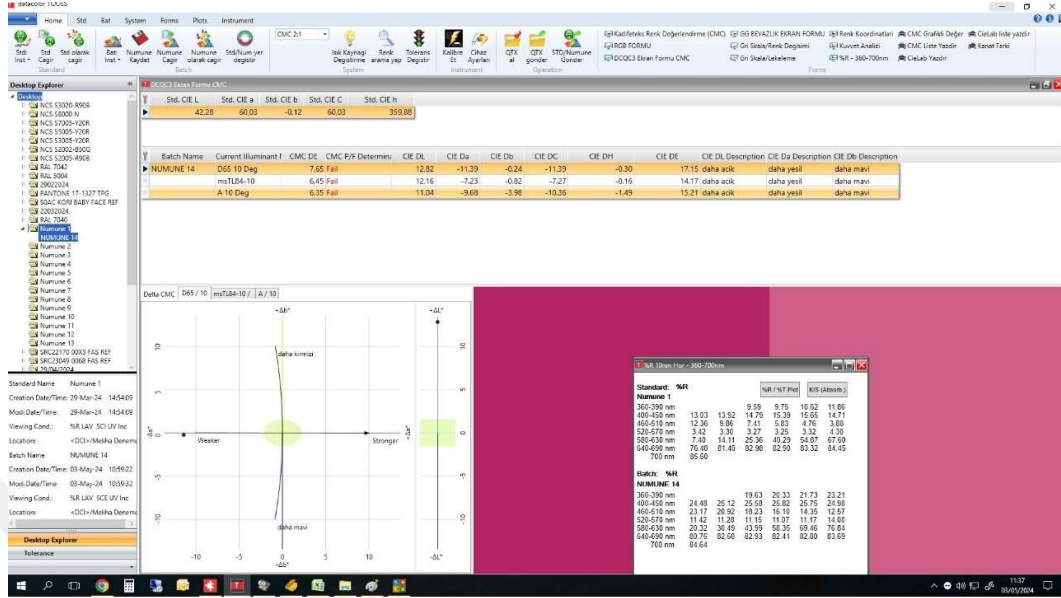




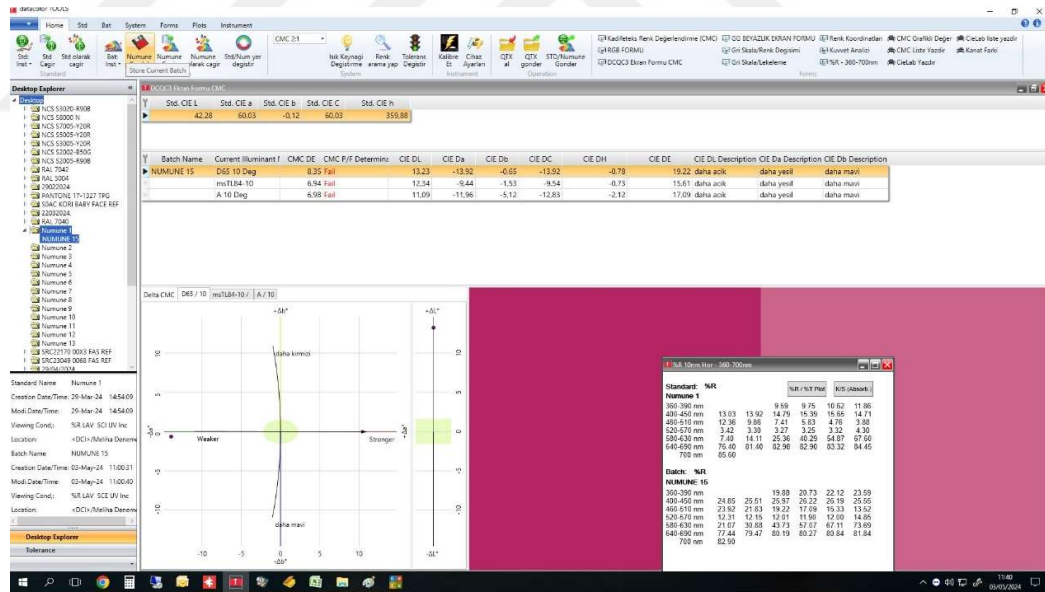
Şekil A.11. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L + soğuk bekletme (2 saat) pH 11 karşılaştırılması



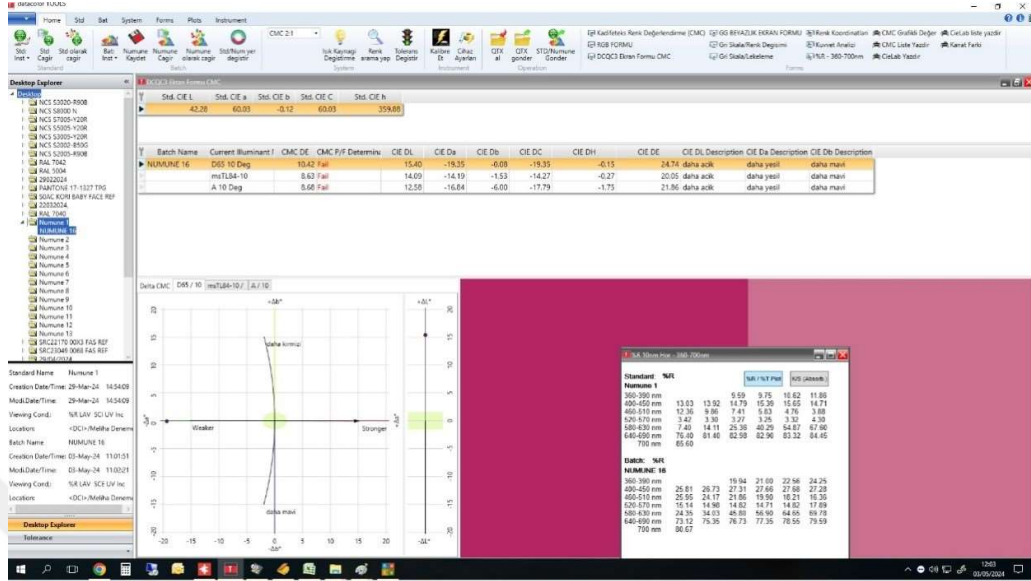
Şekil A.12. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L + soğuk bekletme (3 saat) pH 11 karşılaştırılması



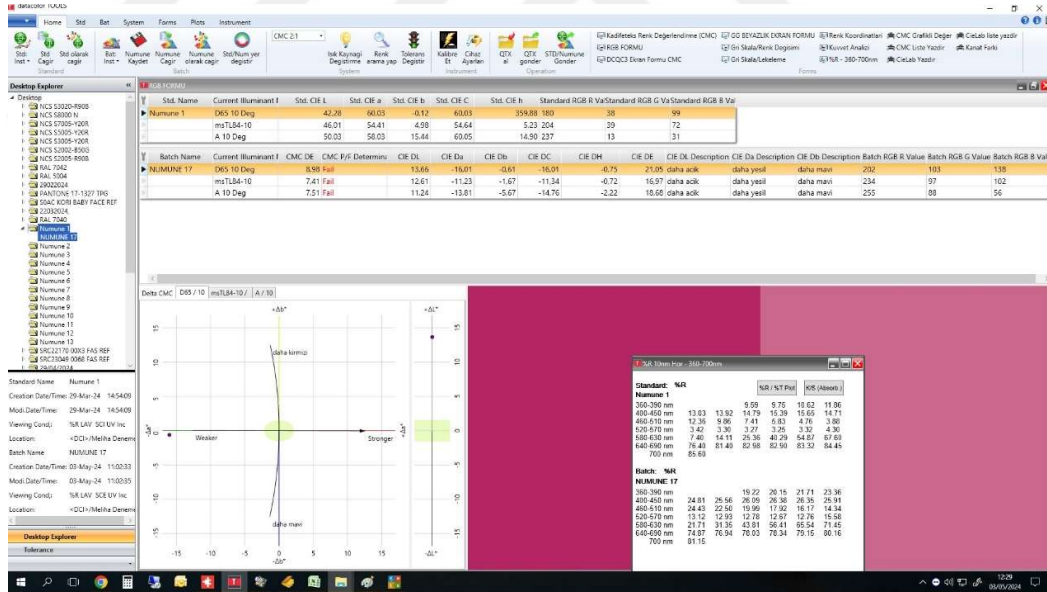
Şekil A.13. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L + UV (2 saat) pH 9 karşılaştırılması



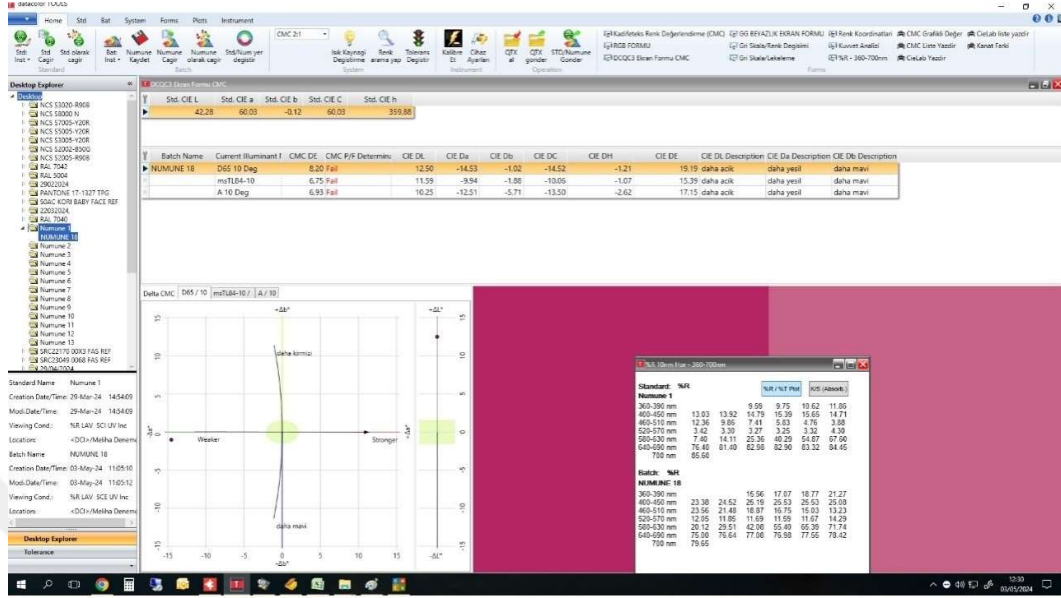
Şekil A.14. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L + UV (2 saat) pH 7 karşılaştırılması



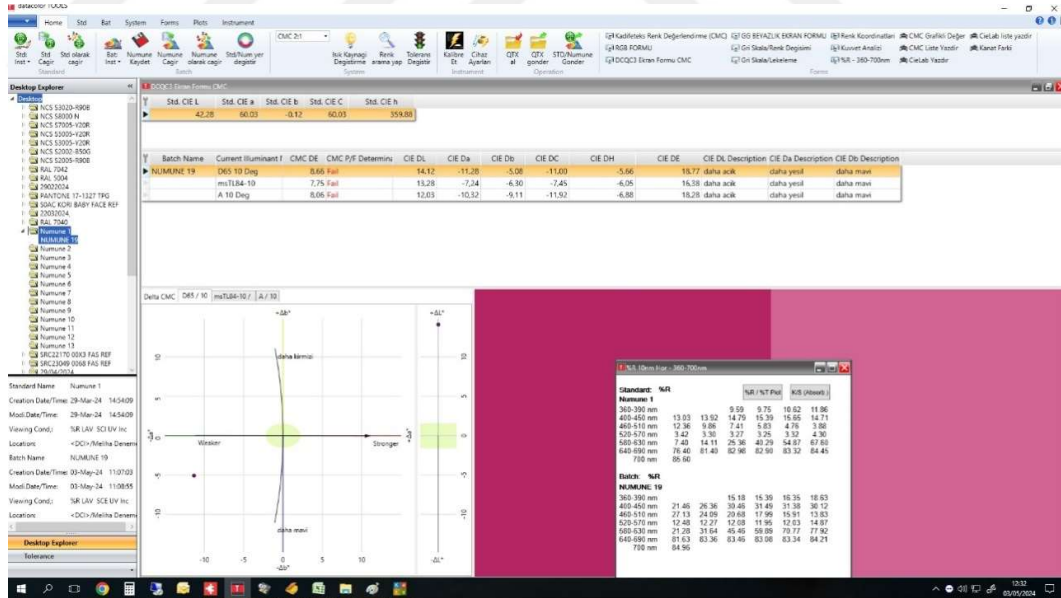
Şekil A.15. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L + UV (2 saat) pH 5 karşılaştırılması



Şekil A.16. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L + UV (2 saat) pH 3 karşılaştırılması



Şekil A.17. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L+ UV (2 g/L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) (2 saat) pH 11 karşılaştırılması



Şekil A.18. Referans kumaş ve Glikoz 12 g/L+ UV (4 g/L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) (2 saat) pH 11 karşılaştırılması