T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL SEKTÖRÜNDE KASAR VE MERSERİZASYON PROSESLERİ İÇİN ALTERNATİF KİMYASALLARIN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nur MUSAOĞLU

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Kimya Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

OCAK 2025

T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL SEKTÖRÜNDE KASAR VE MERSERİZASYON PROSESLERİ İÇİN ALTERNATİF KİMYASALLARIN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nur MUSAOĞLU
(22434968008)
ORCID: 0000-0002-9825-3545

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı
Kimya Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

Danışman: Doç. Dr. Derya ÜNLÜ
ORCID: 0000-0001-5240-5876

OCAK 2025

BTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 22434968008 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Nur MUSAOĞLU, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "TEKSTİL SEKTÖRÜNDE KASAR VE MERSERİZASYON PROSESLERİ İÇİN ALTERNATİF KİMYASALLARIN İNCELENMESİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmustur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Derya ÜNLÜ** .....
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi Mehtap ÖZEKMEKÇİ** .....
Bursa Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Rahmiye Zerrin YARBAY .....
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi

Teslim Tarihi :
Savunma Tarihi : 27.01.2025

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi'nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, Bursa Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünün 230Y006 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Nur MUSAOĞLU

İmzası:

Hayatım boyunca yanımda olan, bana güç veren ve her zaman destekleyen sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Her zaman ayakta kalmayı bana öğreten anneme ve babama, bugün yanımda olmayıp fakat varlığını her zaman hissettiren bana gücü ve umudu veren Halime Halama, bilimin ve okumanın önemini bana çocukluğumdan beri gösteren her iki dedeme çok teşekkür ederim. İyi ki ailemsiniz.

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanmasında desteklerini ve katkılarını esirgemeyen değerli insanlara teşekkürlerimi sunmak isterim.

Danışman hocam Doç. Dr. Derya ÜNLÜ'ye, yol gösterici önerileri ve desteği için minnettarım.

MYD Kimya ve MAİTÜRK Kimya firmalarının verdikleri desteklerden dolayı teşekkür ederim.

Eng. Arhan İPEKÇİOĞLU'na, tecrübelerini benimle paylaşarak tekstilde devam etmemi, bu sektörde ilerlememi ve çalışmama katkı sağladığı için teşekkür ederim.

Termoteks Tekstil ailesine, sağladıkları olanaklar ve yardımları için şükranlarımı sunuyorum.

Son olarak, Termoteks Tekstil işletme müdürü Levent MANAY'a, bilgi ve deneyimleriyle tezimin her aşamasında bana destek olduğu için ve çalışmama katkıda bulunduğu için içtenlikle teşekkür ederim.

Ocak 2025

Nur MUSAOĞLU
(Kimya Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **viii**
KISALTMALAR ..... **x**
SEMBOLLER ..... **xii**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xiii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xiv**
ÖZET ..... **xv**
SUMMARY ..... **xvi**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Elyaflar 2
1.1.1 Poliester (PES) 2
1.1.2 Pamuk (CO) 4
1.1.2.1 Pamuğun yapısı 4
1.1.2.2 Fiziksel ve kimyasal özellikler 5
1.1.2.3 Asitlerin pamuğa etkisi 7
1.1.2.4 Bazların pamuğa etkisi 7
1.2 Ön Terbiye İşlemleri 8
1.2.1 Gaze 8
1.2.2 Haşıl sökme 9
1.2.2.1 PES haşıl sökme 9
1.2.2.2 PVA haşıl sökme 9
1.2.2.3 Nişasta haşıl sökme 10
1.2.3 Kasar – ağartma 10
1.2.4 Asit parçalama 12
1.2.5 Merserizasyon 13
1.3 Kostik 15
1.4 Sertifikasyonlar 17
1.4.1 Tehlikeli kimyasalların sıfır deşarjı (ZDHC) 17
1.4.2 Global organik tekstil standardı (GOTS) 18
1.4.3 Organik içerik standardı (OCS) 19
1.4.4 Yüksek öneme sahip maddeler (SVHC) 19
1.4.5 Geri dönüşüm iddia standardı (RCS) 20
1.5 Literatür Araştırması 21
2. YÖNTEM **28**
2.1 Malzemeler 28
2.2 Metot 29
2.2.1 Çözelti hazırlama 29
2.2.1.1 Oksalik asit 29
2.2.1.2 Kostik 29
2.2.2 Kasar 31

2.2.3 Merserizasyon 33
2.3 Testler 34
2.3.1 Ağırlık kaybı 34
2.3.2 Islanabilirlik 34
2.3.3 Temas açısı 34
2.3.4 Beyazlık indeksi 35
2.3.5 Kopma uzama 36
2.3.6 Lineer yoğunluk 36
2.3.7 SEM analizi 36
2.3.8 Boya alımı 36
2.3.9 Sürtme haslığı 37
2.3.10 Yıkama haslığı 38
3. BULGULAR VE TARTIŞMALAR 39
3.1 Kasar Deneyleri 39
3.1.1 Ağırlık kaybı 39
3.1.2 Islanabilirlik 40
3.1.3 Temas açısı 42
3.1.4 Beyazlık indeksi 43
3.1.5 Kopma-uzama 44
3.1.6 Boya alımı 46
3.1.7 Sürtme ve yıkama haslığı 49
3.2 Merserizasyon Deneyleri 50
3.2.1 Ağırlık kaybı 50
3.2.2 Islanabilirlik 51
3.2.3 Temas açısı 52
3.2.4 SEM analizi 53
3.2.5 Kopma-uzama 55
3.2.6 Lineer yoğunluk 57
3.2.7 Boya alımı 58
3.2.8 Sürtme ve yıkama haslığı 59
4. SONUÇ VE ÖNERİLER 61
KAYNAKLAR 66
ÖZGEÇMİŞ ..... Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

KISALTMALAR

APEOs : Alkilfenol (AP) Alkilfenol Etoksilatlar
BOİ : Biyolojik Oksijen İhtiyacı
CCS : İçerik İddia Standardı
CO : Pamuk
ECHA : Avrupa Kimyasallar Ajansı
EDTA : Etilendiamintetraasetik Asit
EG : Etilen Glikol
GOTS : Global Organik Tekstil Standardı
KOİ : Kimyasal Oksijen İhtiyacı
LD : Lineer Yoğunluk
MRSL : Üretimde Kullanımı Kısıtlı Maddeler Listesi
OCS : Organik İçerik Standardı
PAHs : Policyclic Aromatik Hidrokarbonlar
PBT : Polibütilen Tereftalat
PES : Poliester
PET : Polietilen Tereftalat
PFOA : Perflorlanmış Kimyasallar
PFOS : Poliflorlanmış Kimyasallar
PTT : Politrimetilen Tereftalat
PVA : Polivinil Alkol
RCS : Geri Dönüşümlü Talep Standardı
REACH : Kimyasalların Kayıtlandırılması, Değerlendirilmesi, Ruhsatlandırılması ve Kısıtlanması
SEM : Taramalı Elektron Mikroskobu
SVHC : Yüksek Önem Arz Eden Maddeler
TDS : Toplam Çözünmüş Katı Madde
TGA : Termogravimetrik Analiz
TOK : Toplam Organik Karbon
TPA : Tereftalik Asit

VOC **:** Uçucu Organik Bileşikler

XRD **:** X-ışını Kırınımı

ZDHC **:** Tehlikeli Kimyasalların Sıfır Deşarjı

SEMBOLLER

Den	**:** Denye **;** 9.000m Uzunluğundaki Tekstil Malzemesinin Gram Cinsinden Ağırlık Değeri Olarak Tanımlanır.
DL*	**:** Renk Açıklık Farkı.
l	**:** Lif Uzunluğu.
m	**:** Kütle.
Nm	**:** 1 Gram Ağırlığındaki Tekstil Malzemesinin Metre Cinsinden Uzunluk Değeri Olarak Tanımlanır.
Tex	**:** 1000 m Uzunluğundaki Tekstil Malzemesinin Gram Cinsinden Ağırlık Değeri Olarak Tanımlanır.
$\mathbf{W_0}$	**:** İlk Ağırlık.
$\mathbf{W_i}$	**:** Yaş Kumaşın Ağırlığı.
$\mathbf{W_k}$	**:** Ağırlık Kaybı.
$\mathbf{W_s}$	**:** Son Ağırlık.

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Olgun kuru pamuk lifinin kompozisyonu için tipik değerler. **5**
Çizelge 2.1 : Tez kapsamında kullanılan kimyasallar ve boyalar. **28**
Çizelge 2.2 : Kasar deneylerinin koşulları. **32**
Çizelge 2.3 : Kasar prosesinde belirlenen optimum deney koşulları. **33**
Çizelge 2.4 : Merserizasyon deneylerinin koşulları. **33**
Çizelge 2.5 : Merserizasyon prosesi için deneylerde belirlenen optimum koşullar. . **34**
Çizelge 2.6 : CO kumaş boyama reçetesi. **37**
Çizelge 2.7 : CO/PES kumaş boyama reçetesi. **37**
Çizelge 3.1 : Kasar deneylerinin ağırlık kaybı sonuçları. **39**
Çizelge 3.2 : Kasar deneylerinin ıslanabilirlik testinin sonuçları. **40**
Çizelge 3.3 : Kasar deneylerinin beyazlık indeksi sonuçları. **43**
Çizelge 3.4 : Kasar deneylerinin kopma-uzama sonuçları **44**
Çizelge 3.5 : Kasar yapılmış CO kumaş deneylerinin renk karşılaştırması. **47**
Çizelge 3.6 : Kasar yapılmış CO/PES kumaş deneylerinin renk karşılaştırması. **47**
Çizelge 3.7 : Kasar yapılmış pamuk kumaşın haslık sonuçları. **49**
Çizelge 3.8 : Kasar yapılmış pamuk-poliester kumaşın haslık sonuçları. **49**
Çizelge 3.9 : Merserize edilmiş kumaşları ağırlık kaybı sonuçları. **50**
Çizelge 3.10 : Merserizasyon deneylerinin ıslanabilirlik testinin sonuçları. **51**
Çizelge 3.11 : Merserizasyon deneylerinin kopma-uzama sonuçları. **55**
Çizelge 3.12 : Merserizasyon deneylerinin lineer yoğunluk sonuçları. **57**
Çizelge 3.13 : Merserize yapılmış pamuk kumaş deneylerinin renk karşılaştırması. **58**
Çizelge 3.14 : Merserize yapılmış pamuk kumaşın haslık sonuçları. **59**

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Selülozun kimyasal yapısı. **5**
Şekil 1.2 : Pamuğun mikroskobik görüntüsü. **6**
Şekil 1.3 : Kumaşların yaş işlem şeması. **8**
Şekil 1.4 : Amilopektin kimyasal yapısı. **10**
Şekil 1.5 : Amiloz kimyasal yapısı. **10**
Şekil 1.6 : Merserizasyonun çeşitli aşamalarında pamuk lifinin şematik kesit görünümü. **14**
Şekil 2.1 : %6 derişimine sahip jelatin stok çözeltisi. **30**
Şekil 2.2 : %4 derişime sahip glutaraldehit ile modifiye edilmiş jelatin stok çözeltisi. **30**
Şekil 2.3 : Kasar prosesi diyagramı. **32**
Şekil 2.4 : BTÜ, gonyometre ile yapılan temas açısı tayini. **35**
Şekil 2.5 : Spektrofotometre Termoteks Tekstil. **35**
Şekil 2.6 : Kopma-uzama test cihazı. **36**
Şekil 2.7 : Boya alımı değerlendirmek için yapılan spektrofotometre ölçümü. **37**
Şekil 2.8 : Yaş ve kuru sürtme haslığı testi. **38**
Şekil 2.9 : Yıkama haslığı test cihazı. **38**
Şekil 3.1 : Yıkama ve sürtme haslıklarının değerlendirilmesi. **50**
Şekil 3.2 : Merserize kumaşların 3000 büyütmede SEM analizi görüntüleri sonuçları **53**
Şekil 3.3 : Merserize kumaşların 1000 büyütmede SEM analizi görüntüleri sonuçları **53**

TEKSTİL SEKTÖRÜNDE KASAR VE MERSERİZASYON PROSESLERİ İÇİN ALTERNATİF KİMYASALLARIN İNCELENMESİ

ÖZET

Tekstiller insanların hayatında çeşitli yerlerde kullanılır ve bu tekstiller kullanışlı bir hale gelmesi için farklı işlemlerden geçmektedir. Tekstil işletmelerinde özellikle de boyahane proseslerinde uygulanan birçok sulu işlem vardır. Tekstil yaş işlemlerinde ön terbiye bölümünde kostik farklı işlemlerde kullanılır ve kasar ve merserizasyon proseslerinin temel kimyasalıdır. Kostik kullanımından gelen kirliliğin önüne geçmek için kostik yerine daha az zararlı ve düşük maliyetli alternatif kimyasallar bulmak için farklı çalışmalar yapılmaktadır. Bu tez çalışması, tekstil sektöründe çevresel etkileri azaltmak amacıyla alternatif kimyasalların kasar ve merserizasyon süreçlerinde kullanımını incelemektedir. Geleneksel yöntemlerde kullanılan kostik, su tüketimi ve atık su kirliliği gibi sorunlara yol açmaktadır. Bu nedenle, çalışmada kostik yerine geçebilecek, daha az çevreye zarar veren alternatif kimyasallar araştırılmıştır.

Çalışma, %100 pamuk ve pamuk-poliester karışımı kumaşlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deneyler, Box-Benkhen yöntemi ile tasarlanmış, ardından her kimyasal için optiumum koşullar belirlenmiştir. Kullanılan kimyasallar arasında kostik, jelatin, asetik asit, oksalik asit ve etanol bulunmaktadır. Her kimyasal için farklı sıcaklık, konsantrasyon ve süre koşulları belirlenmiş; ardından ağırlık kaybı, temas açısı ve ıslanabilirlik testleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, her kimyasal için optimum koşulların belirlenmesine olanak tanımıştır. Biyo-kasar yöntemi, geleneksel kasarlama süreçlerine alternatif olarak değerlendirilmiştir. Bu yöntem, çevre dostu bir yaklaşım sunmakta ve geleneksel yöntemlere göre daha az enerji ve su tüketimi sağlamaktadır. Biyo-kasar yapılmış kumaşların beyazlık, parlaklık ve kopma mukavemeti, kimyasal olarak yıkanmış kumaşlara göre daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar, biyo-kasar yönteminin tekstil endüstrisinde uygulanabilirliğini göstermektedir.

Tezde ayrıca, farklı kimyasalların kumaş üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Örneğin, kostik kullanımı, merserizasyon işlemi sırasında yüksek renk gücü değerleri elde edilmesini sağlarken, jelatin ve diğer alternatif kimyasalların da benzer başarılar gösterdiği gözlemlenmiştir. Oksalik asit ve jelatin, kumaşın doğrusal yoğunluğunu artırarak yüzey özelliklerini iyileştirmiştir. Sonuç olarak, bu çalışma, tekstil endüstrisinde çevre dostu alternatiflerin kullanımının önemini vurgulamakta ve kostik yerine geçebilecek kimyasalların potansiyelini ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, tekstil üretiminde sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesine katkı sağlayacak ve çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik önemli bir adım olacaktır. Bu bağlamda, çalışmanın sonuçları, hem akademik hem de endüstriyel alanda dikkate alınması gereken değerli bilgiler sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Tekstil Sektörü, Kostik, Alternatif kimyasallar, Kasar, Merserizasyon.

INVESTIGATION OF ALTERNATIVE CHEMICALS FOR SCOURING AND MERCERIZATION PROCESSES IN THE TEXTILE INDUSTRY

SUMMARY

Textiles are used in various places in people's lives and these textiles go through different processes to make them useful. There are many aqueous processes applied in textile enterprises, especially in dyeing processes. In textile wet processes, caustic (NaOH) is used in different processes in the pre-finishing section and is the basic chemical of bleaching and mercerization processes. In order to prevent the pollution caused by the use of caustic, different studies are being carried out to find less harmful and low-cost alternative chemicals instead of caustic. This thesis examines the use of alternative chemicals in scouring and mercerization processes to reduce environmental impacts in the textile industry. The caustic used in traditional methods causes problems such as water consumption and wastewater pollution. Therefore, the study investigated alternative chemicals that can replace caustic and are less harmful to the environment.

The study was carried out on 100% cotton and cotton-polyester blend fabrics. The experiments were designed by Box-Benkhen method and then the optimum conditions were determined for each chemical. The chemicals used included caustic, gelatin, acetic acid, oxalic acid and ethanol. Different temperature, concentration and time conditions were determined for each chemical, followed by weight loss, contact angle and wettability tests. The results allowed the determination of the optimum conditions for each chemical.

The bio-scouring method was evaluated as an alternative to traditional scouring processes. This method offers an environmentally friendly approach and consumes less energy and water than conventional methods. The whiteness, brightness and tensile strength of bio- scoured fabrics were found to be higher than chemically washed fabrics. These results show the applicability of bio- scouring method in the textile industry.

In the thesis, the effects of different chemicals on the fabric were also studied in detail. For example, while the use of caustic led to high color strength values during the mercerization process, it was observed that gelatin and other alternative chemicals showed similar success. Oxalic acid and gelatin improved the surface properties by increasing the linear density of the fabric. In conclusion, this study emphasizes the importance of using environmentally friendly alternatives in the textile industry and reveals the potential of chemicals that can replace caustic. The findings will contribute to the adoption of sustainable practices in textile production and will be an important step towards reducing environmental impacts. In this context, the results of the study provide valuable information that should be taken into consideration in both academic and industrial fields.

Keywords: Textile Sector, Caustic, Alternative chemicals, Scouring, Mercerization.

1. GİRİŞ

Tekstiller insan hayatında çeşitli yerlerde kullanım bulmaktadır ve bu tekstillerin kullanıma uygun bir şekilde müşteriye ulaşması için farklı işlemlerden geçmektedir. Fakat tekstil materyallerine uygulanan işlemler sonucunda atık su deşarjı, katı atık üretimi, hava kirliliği ve gürültü kirliliği gibi çevreye zarar veren unsurlar görülmektedir (Tang ve diğ. 2020).

Tekstil işletmelerinde özellikle de boyahanelerde su tüketimi ve su kirliliği çok fazladır. Bu süreçte kumaşlara farklı sulu işlemler uygulanmaktadır. Haşıllama, haşıl sökme, yıkama, kasar, merserizasyon, boyama, baskı ve farklı apre işlemleri bu süreçte yer almaktadır. Bu işlemlerden atılan sular boya, krom, NaOH, nişasta, asit vb. zararlı kirleticiler içermektedir (Halepoto ve diğ. 2022). Avrupa Parlamentosu'nun yayınladığı bilgilere göre;

- Bir tişört üretimi başına yaklaşık 715 galon su gerekir,
- Tekstil sektörü sadece 2015 yılında yaklaşık 80 milyar metreküp su kullandı,
- Dünya çapındaki sera gazı emisyonlarının yaklaşık %10'u giysi üretimi sırasında ortaya çıkıyor,
- Sentetiklerin yıkanması sonucunda her yıl 500.000 ton mikrofiber okyanus sularına gönderiliyor,
- Tek başına tekstil endüstrisi, çevreye salınan tüm mikro plastiklerin %35'inden fazlasından sorumludur (Url-1).

Buna ilaveten Türkiye İstatistik Kurumu'na göre tekstil sektörü 191,5 milyar litre su tüketiminden sorumlu olup, imalat sektörü içinde en büyük ikinci sektördür (Ozturk ve diğ. 2016). Dolayısıyla tekstil endüstrisi ciddi miktarlarda su tüketen, atık suyu üreten ve ekosistemi kirleten bir endüstridir. Tekstil yaş işlemlerinde ön terbiye bölümünde sodyum hidroksit iki farklı prosesin temel kimyasalı olup bunun yanında pH'ı dengelemek için kullanılmaktadır. Bu prosesler kasar ve merserizasyondur. Kasar

işleminde pamuk elyaf üzerindeki selülozik olmayan bütün kirlilikler uzaklaştırılır ve kumaş beyazlatılır. Merserizasyonda ise pamuk elyafına parlaklık sağlanır, mukavemet kazandırılır ve elyafın boya alımı artırılır (Madhav ve diğ. 2018a). Merserizasyon işleminde kullanılan kostik kasar işlemindekine göre daha derişik olduğundan dolayı suyu kirletmede daha büyük bir rol oynamaktadır. NaOH (kostik), atık suyu toksik hale getiren güçlü alkali atıklarından (pH 12-13) sorumludur. Bunun yanı sıra, güçlü alkali ve yüksek sıcaklık nedeniyle, elyaf katıları durdurur ve önceki işlemlerde emilen boya, atık akışında yüksek çözünmüş katı içeriğine neden olur. Bu malzemeler BOİ yüküne fazla katkı sağlayacak bir yapıda olmamakla birlikte üretilen kuvvetli alkali ve renkli atıksular önemli çevre sorunları oluşturmakta ve ileri arıtma mekanizmalarını da olumsuz etkilemektedir. Bu atık su, yüksek kostik içeriği nedeniyle sorunludur ve nötralizasyon gerektirir. Tekstil fabrikaları için kostik kaybına karşılık gelen nötralizasyon gereksinimi nedeniyle arıtılması maliyetlidir (Varol ve diğ. 2015).

Tekstil sektöründe enerji tüketimi, su tüketimi, hava ve su kirliliği gibi sorunların önüne geçmek için farklı çalışmalar yapılmaktadır. Tekstil üreticileri daha çok çevre dostu, uygulanabilir ve çok maliyetli olmayan alternatif ürünlerin talebini karşılamak için faaliyetlerde bulunmaktadırlar.

Bu yüksek lisans çalışmasında kasar ve merserizasyon proseslerinde Kostik yerine geçebilecek bazı alternatif kimyasallar incelenmiştir. Bu alternatiflerin kasar ve merserizasyon işlemlerinde başarıyla kullanılabilmesi için farklı sıcaklıklarda, konsantrasyonlarda ve sürelerde çalışılmıştır. Deneyler Box-Benkhen yöntemi ile tasarlanmış ardından her kimyasal ve kumaş kalitesi için optiumum koşullar belirlenmiştir. Optimum koşullarda gerçekleştirilen deneylerin testlerine göre sonuçlar yorumlanmıştır.

1.1 Elyaflar

1.1.1 Poliester (PES)

Poliester, polietilen tereftalat isimli polimerin polimerizasyonuyla elde edilen sentetik bir elyaf türüdür. Isıya dayanıklı ve kimyasal maddelere karşı dayanıklı termoplastik bir elyaftır. Fiziksel özellikleri bakımından poliester yüksek ısıya dayanıklı, güçlü, hafif, kirden kolay temizlenen ve nemi az emer özelliktedir. Poliester elyafı genellikle

160-185 °C arasında eriyen yüksek erime noktasına sahiptir. Moleküler ağırlığı düşük olan poliesterler ise daha düşük erime noktasına sahiptir. Poliester elyafın en önemli özelliklerinden biri tam istenilen şekilde şekillendirilebilmesidir (Trotman 1970).

Poliester elyaf, en az %85'i etilendiol ve ftalik asidin esterinden oluşan uzun zincirli bir polimerden oluşan yapay bir elyaf türüdür. Poliester elyafın yapısı doğrusal homopolimer poli(etilen ftalat)tan oluşur. Kullanım için uygun özelliklerin sağlanabilmesi adına, moleküler ağırlığının yaklaşık 15.000 olması gerekmektedir. Poliester polimeri endüstride iki aşamalı bir polimerizasyon prosesi ile üretilir. İlk aşamada monomer oluşumu olup, ikinci aşamada polikondenzasyon gerçekleştirilerek aşırı miktardaki glikol uzaklaştırılmaktadır (Bendak ve El-Marsafı 1991).

Poliester elyafın fiziksel özellikleri şu şekildedir:

Rutubet emilme oranı düşüktür ve genellikle %0,2 ile %0,8 arasında değişir. Özgül ağırlığı 1,38 ile 1,22 arasındadır. Isı etkisi bakımından eriyene kadar 250 ile 300 °C arasında erir ve yanar. Mekanik özellikleri üretim yöntemine bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Çekme dayanımı ve ilk Young modülü uzama miktarı arttıkça artar (Bendak ve El-Marsafı 1991) .

Poliester elyafın kimyasal özellikleri şunlardır:

Zayıf alkalilere ve asitlere dayanıklıdır ancak güçlü alkaliler ve asitler hasara yol açabilir. Çözücülere karşı genellikle dayanıklıdır. Oksitleyiciler ve ağartıcılar hasara yol açmaz. Sabun, sentetik deterjanlar vb. kimyasallarına dayanıklıdır. Yağları kolaylıkla emme ve uzun süre tutma özelliği, poliesterin en önemli eksikliklerinden biridir (Bendak ve El-Marsafı 1991) .

Poliester, etilendiol gibi alkoller ve diaromatik asitler gibi asitlerin polimerizasyonu ile elde edilen sentetik bir polimerdir. Poliesterin elyaf yapısı şu şekilde açıklanmaktadır: Polietilen Tereftalat (PET), ticari olarak en önemli ve köklü poliester elyaf malzemesi olan Tereftalik Asit (TPA) ve Etilen Glikol'den (EG) oluşan alifatik-aromatik bir polimerdir. Yani PET elyaf, tereftalik asit ve etilendiolün polimerizasyonu sonucu elde edilen alifatik-aromatik bir polimere sahiptir. Polyester üretimi şöyle gerçekleştirilir: Tereftalik asit ve etilendiol karıştırılarak polimerizasyon reaksiyonu gerçekleştirilir. Sonra elde edilen polyester ergitilerek iplik veya elyaf halinde dokunmaktadır (Mekonnen ve diğ. 2023).

Poliesterin çeşitleri şunlardır:

PET (Polyethylene Terephthalate): En yaygın kullanılan tiptir, özellikle tekstil endüstrisinde kullanılır.

PBT (Polybutylene Terephthalate): Dayanıklılık ve ısıya dayanımı yüksektir, otomotiv endüstrisinde kullanılır.

PTT (Polytrimethylene Terephthalate): Yüksek esnekliğe sahiptir (İçoğlu 2022).

Poliester elyaf, polietilen tereftalat (PET) olarak bilinen suni bir aromatik polimer elyaf türüdür. Elyaf yapısı, doymuş polietilen tereftalat zinciri ve bunların birbirine bağlanmasıyla oluşur. Üretimi, tereftalik asidin ve glikolün polikondensasyonuyla gerçekleştirilir (Zhao ve diğ. 2023).

Fiziksel Özellikleri:

- Dayanıklı, mukavemetli ve esnek yapıya sahiptir.
- Isı iletkenliği düşüktür, yanmaz özellik gösterir.
- pH değeri 5-6 arasındadır.
- Yoğunluğu 1,38 g/cm^3 tür.

Kimyasal Özellikleri:

- Karmaşık kimyasal işlemlere dayanıklıdır.
- Asit, alkali ve çözücülere karşı dayanıklıdır.
- Işığa ve güneş ışınlarına dayanıklıdır.
- Isıya ve özellikle yüksek sıcaklıklara dayanıklı değildir(İçoğlu 2022; Zhao ve diğ. 2023).

1.1.2 Pamuk (CO)

1.1.2.1 Pamuğun yapısı

Pamuk, dünyadaki en önemli ve yaygın doğal tekstil elyafıdır. Tekstil ürünlerinin büyük bir kısmı pamuktan yapılır ve giyim, ev tekstili ile endüstriyel ürünlerde kullanılır. Pamuk, yetiştiği iklim koşulları, toprak kalitesi ve suya bağlıdır; bu faktörler pamuk lifi özelliklerinin çeşitliliğine katkıda bulunur (Wang ve diğ. 2020).

Organik pamuk, biyolojik çeşitliliği artırma ve biyolojik döngüleri korumada önemli rol oynar; genetiği değiştirilmemiş bitkilerle ve kimyasal gübre veya pestisit

kullanmadan üretilir (Wang ve diğ. 2020). Olgun kuru pamuk lifinin kompozisyonu için tipik değerler Çizelge1.1'de verilmiştir (Wang ve diğ. 2020).

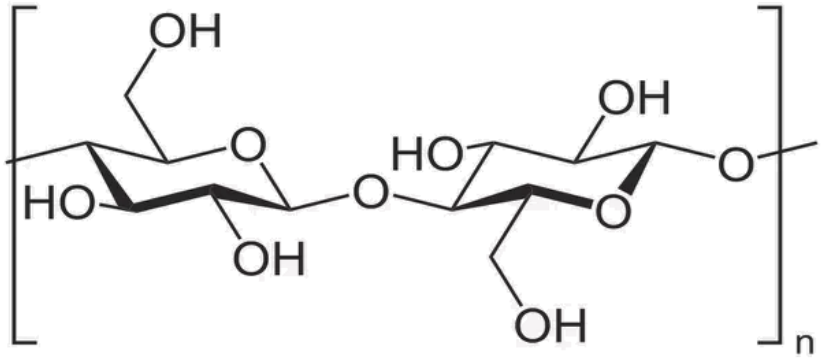
Çizelge 1.1 : Olgun kuru pamuk lifinin kompozisyonu için tipik değerler.

Bileşen	Tipik %	Düşük %	Yüksek %	Kütikül Bileşim %
Selüloz	94	88	96	-
Protein (N × 6,25)	1,3	1,1	1,9	30,4
Pektik maddeler	0,9	0,7	1,2	19,6
Mum	0,6	0,4	1	17,4
Mineral maddeler	1,2	0,7	1,6	6,5
Maleik, sitrik ve diğer organik asitler	0,8	0,5	1	
Toplam şekerler	0,3	-	-	
Kutin	-	-	-	8,7

Çizelge 1.1 olgun kuru pamuk lifinin çeşitli bileşenlerinin tipik, düşük ve yüksek yüzdelerini göstermektedir. Ayrıca, bazı bileşenlerin kütikül (pamuk lifinin dış yüzeyi) içindeki yüzdelerini de belirtmektedir. Selüloz pamuk lifinin büyük çoğunluğunu (%94) oluşturmaktadır, düşük seviyede %88, yüksek seviyede %96 oranında bulunabilir. Protein (N x 6,25) ise küçük bir miktarda bulunur. Tipik olarak %1,3, düşük %1,1, yüksek %1,9 olup, kütikülde % 30,4 bulunur.

1.1.2.2 Fiziksel ve kimyasal özellikler

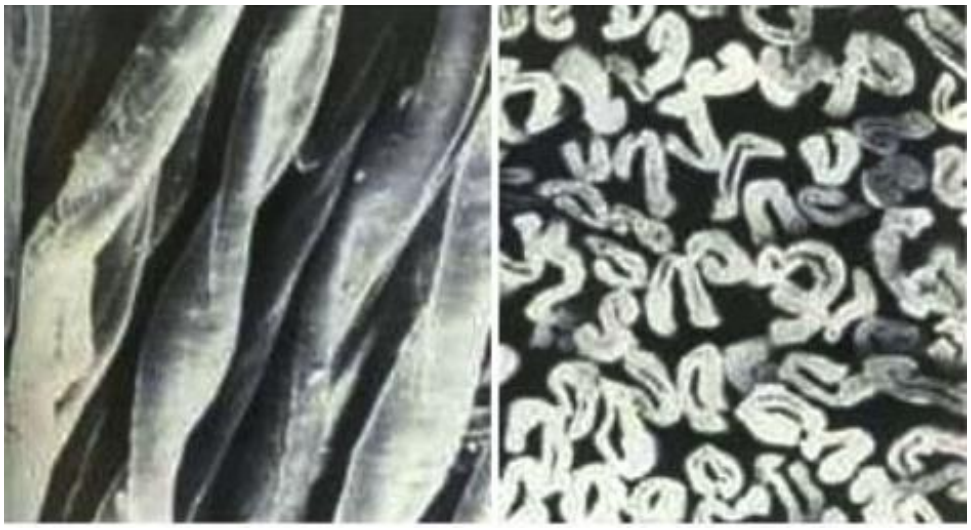
Pamuk lifleri büyük oranda selüloz yapısına sahiptir ve kimyasal reaktiflikleri selüloz polimeri tarafından belirlenir. Selüloz polimeri, 1 ve 4 numaralı karbon atomları aracılığıyla bağlanmış β-D glikoz birimlerinden oluşmaktadır. Şekil 1.1'de selülozun serbest hidroksil (OH) grupları gösterilmektedir.



Şekil 1.1 : Selülozun kimyasal yapısı.

Selülozun kimyasal yapısındaki 2-OH, 3-OH ve 6-OH grupları, selüloza polialkol karakteri kazandırır. Kimyasal maddelerin selüloz molekülleri üzerindeki etkisi çoğunlukla bu gruplar üzerinden gerçekleşir. Selüloz moleküllerinin oluşturduğu zincirler, moleküller arası hidrojen bağları ile bir arada tutulur ve bu sayede mikrofibriller meydana gelir. Mikrofibrillerin bir araya gelmesiyle makrofibriller oluşur ve bu makrofibriller lif yapısında organize edilir. Pamuk liflerinin, yumuşak koşullar altında dietilaminoetil klorid ile reaksiyonunun incelendiği kimyasal analizler, OH gruplarının reaktivitesinin sırasıyla 2-OH > 6-OH >> 3-OH şeklinde olduğunu ortaya koymuştur. Hidroksil gruplarının toplam reaktivitesi ile 2-OH, 3-OH ve 6-OH gruplarının göreceli reaktifliği, şişirme ön işlemleri, kimyasal maddeler ve reaksiyon koşullarına bağlı olarak değişkenlikgösterir.

Pamuğun mikroskobik görüntüsü Şekil 1.2'de verilmiştir (Textile School 2018). Mikroskop altındapamuğun yapısı incelendiğinde, pamuk liflerinin yassı, kıvrımlı hortum benzeri bir yapısı olduğu görülür ve bu kıvrımlar yüzeyde düzensiz bir görünüm oluşturur. Liflerin kesitleri böbrek veya fasulye şeklindedir ve ortalarında "lümen" adı verilen bir kanal bulunur. Elyaf uzunluğu 1 cm ile 6 cm arasında değişir; 1 cm'den kısa olanlar linter olarak adlandırılır. 1-2,5 cm arası kısa lifler, 2,5-3,5 cm arası orta uzunlukta lifler ve 3,5 cm'den uzun olanlar ise uzun lifler olarak sınıflandırılır (İçoğlu 2006).



Şekil 1.2 : Pamuğun mikroskobik görüntüsü.

Pamuk liflerinin inceliği genellikle 12-45 mikron arasında değişmektedir. Genelde beyaz renkte olmakla birlikte kahverengi ve krem tonlarında da bulunabilir. Parlaklığı düşük olup doğal bir matlık gösterir; ancak, merserizasyon işlemi ile parlaklığı

artırılabilir. Mukavemeti genel olarak 3-4,5 g/denye arasında olup, ıslakken mukavemeti %10-20 oranında artar. Uzama kapasitesi %3-10 arasında değişir; ketenden daha elastik, ancak yün ve ipekten daha az esneklik gösterir. Normal şartlar altında %8,5 oranında nem çekme özelliğine sahiptir.

Pamuk, statik elektriklenme ve tüylenme sorunlarına karşı dayanıklıdır. Yoğunluğu 1,54 g/cm³ olup, birçok tekstil lifine kıyasla daha ağır bir yapıya sahiptir (Textile School 2018).

1.1.2.3 Asitlerin pamuğa etkisi

Pamuk lifleri genel olarak asitlere karşı oldukça duyarlıdır. Selüloz, $(C_6H_{10}O_5)_n$ formülüne sahip bir polisakkarittir ve yapısı, glikoz birimlerinin oksijen köprüleri aracılığıyla uzun zincirler oluşturduğu bir düzen sergiler. Asitlerin selüloza zarar verme mekanizması, bu oksijen köprülerini kırarak glikoz yapı taşlarını birbirinden ayırması şeklindedir, bu da liflerin yapısında bozulmalara yol açar.

Güçlü anorganik asitler, selüloz liflerindeki oksijen köprülerini parçalayarak makromolekülleri daha küçük segmentlere ayırır ve bu süreç, ortalama polimerizasyon derecesinin azalmasına neden olur. Sonuç olarak, lifin fiziksel özellikleri olumsuz etkilenir. Asitlerin etkisiyle bozunan selüloz lifleri "hidroselüloz" olarak adlandırılır ve yapısında aldehit uç gruplarının oluşması nedeniyle indirgen özellikler gösterir.

Özellikle yüksek konsantrasyonlu HCl (Hidroklorik asit) ve H_2SO_4 (Sülfürik asit) gibi güçlü asitler pamuk liflerine hızlı bir şekilde zarar verebilirken, asetik asit ve sitrik asit gibi zayıf asitler pamuk üzerinde tahribat yaratmazlar. Ancak, oksalik asit gibi asitler, pamuk lifi içinde kristalleşirse liflerin dayanıklılığını zayıflatabilir. Buna bağlı olarak, selüloz liflerinin asitlere karşı hassasiyeti göz önüne alındığında, nötralizasyon gibi işlemler için organik asitlerin kullanılması önerilir. Organik asitler, selüloz yapısını daha az tahrip ederek, lifin özelliklerini koruma açısından daha uygundur (Halil İbrahim İçoğlu 2006; Trotman 1970).

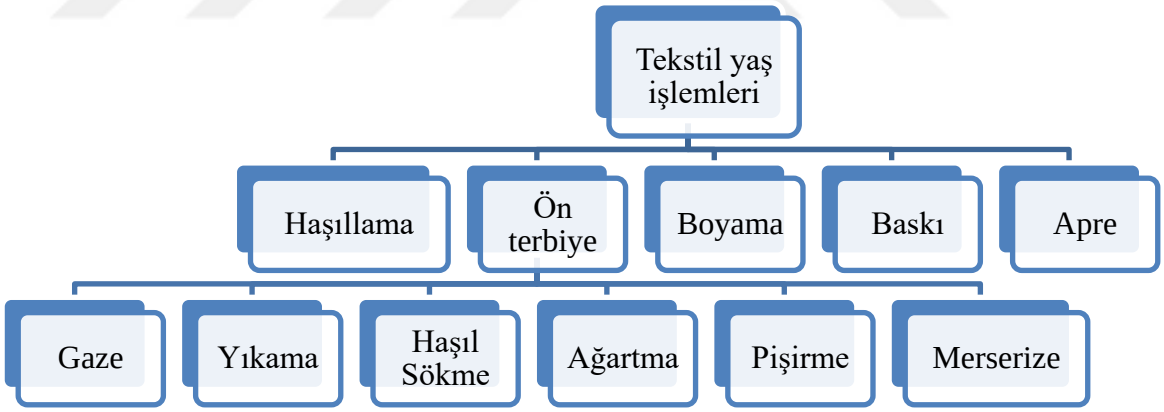
1.1.2.4 Bazların pamuğa etkisi

Pamuk lifleri bazlara karşı oldukça dayanıklıdır ve güçlü bazik çözeltilerle işlenebilir. Ancak, bazik ortamda işlem gören pamuk, oksijen ile temas ettiğinde oksidasyona karşı daha hassas hale gelir. Bu durum, selüloz makromoleküllerinin parçalanmasına yol açar ve ortalama polimerizasyon derecesinin azalmasına neden olarak lif mukavemetini düşürür.

Bazlar, selüloz liflerinin sudan daha fazla şişmesini sağlar. Bu özellik, pamuk liflerinin merserizasyon işlemine tabi tutulmasında kullanılır. Merserizasyon işlemi, liflerin hem mukavemetini artırır hem de parlaklığını geliştirir. Rayon kumaşlarda ise bazik işlem krep efekti elde etmek amacıyla uygulanır. Ayrıca, bazlar, pamuğun su emme kapasitesini artırmak için kullanılarak hidrofilik pamuk elde edilmesini sağlar (İçoğlu 2006; Trotman 1970).

1.2 Ön Terbiye İşlemleri

Tekstil üretimi, elyaftan kumaş oluşumuna kadar çeşitli süreçleri ve teknolojileri kapsar. İplik üretimi, doğal liflerin açılması, karıştırılması, taranması, çekilmesi ve eğrilmesi gibi adımlarla gerçekleştirilir. Sentetik elyaflar ise farklı monomerler veya polimerlerden kuru, ıslak veya eriyik eğirme teknikleri kullanılarak üretilir.
Genel olarak, kumaş üretildikten sonra boyahanelere gönderilir. Yaş işleme adımları geleneksel olarak yakma, haşıl sökme, yıkama, ağartma ve merserize işlemlerini içerir. Bu işlemler, zemini boyama, baskı ve terbiye için hazırlar. Şekil 1.3'te tekstil yaş işlemlerinin şeması gösterilmektedir (Url-2).



Şekil 1.3 : Kumaşların yaş işlem şeması.

1.2.1 Gaze

Yakma işlemi tamamen mekanik bir işlemdir. %100 pamuklu kumaşların gaze işlemi sırasında hiçbir önemli problemle karşılaşılmamasına karşılık PES/Pamuk karışımlarında, alev sıcaklığının PES lifinin ergime noktasının altına düşmemesi dikkat edilmelidir. Aynı zamanda alev ve kumaşın süre ve mesafe açısından aşırı

derecede temasını önlemeye özen gösterilmezse PES lifi kavrulur. Gaze işlemi, enzimatik haşıl sökme ile kombine edilebilmektedir. Haşıl sökme ile kombine edilmesine gaze emprenye denir (Öcal ve Ülkü 2006).

1.2.2 Haşıl sökme

Haşıl sökme işlemi, haşıllama sırasında kullanılan ve istenmeyen hale gelen kimyasal maddeleri ortadan kaldırmayı amaçlayan bir arıtma sürecidir. Haşıllama ve haşıl sökme işlemleri, tekstil proseslerinde kullanılan suyun yaklaşık %30'unu tüketir ve buna karşılık eşdeğer miktarda atık su üretir. Geleneksel olarak, nişasta bazlı haşıl maddeleri yaygın bir şekilde tercih edilmiştir. Ancak, Polivinil alkol (PVA) son yıllarda nişasta bazlı maddelere bir alternatif olarak öne çıkmıştır. PVA genellikle sentetik kumaşlar için tercih edilse de, pamuk ve pamuk karışımları için de kullanılabilmektedir.

Geleneksel haşıl maddeleri arasında doğal nişasta ve türevleri, karboksimetilselüloz, PVA, akrilik ve akrilat bazlı kaplama malzemeleri bulunur. Bu maddeler, çözgü ipliklerinin yapısına bağlı olarak tek başına veya çeşitli kombinasyonlarla uygulanabilir.

Daha önce de belirtildiği gibi, haşıl sökme işlemi, tekstil üretiminde en çok su tüketilen ön arıtma süreçlerinden biri olup, yüksek Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) seviyelerine sahip atık suyun ortaya çıkmasına neden olur (Panda ve diğ. 2021).

1.2.2.1 PES haşıl sökme

PES, poliglikollerin sülfat, fosfat, karboksilat gibi hidrofilik gruplar içeren alifatik veya aromatik asitlerle polikondenzasyonu ile elde edilir. Ana dezavantajları alkalilere ve elektrolitlere karşı hassasiyetleridir. PES haşılı sıcak deterjanla (yüzey aktif madde) alkali ortamda yıkama ile sökülür.

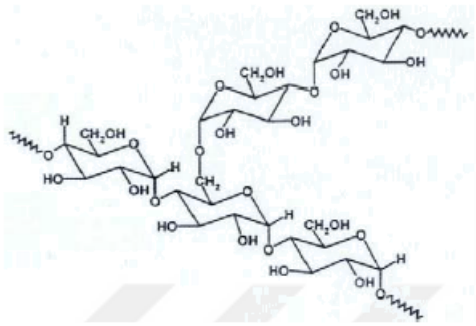
1.2.2.2 PVA haşıl sökme

Vinil monomerinin polimerizasyonu, polivinil asetat sentezi yoluyla kısmen veya tamamen hidrolize PVAS üretebilir. PVA, izotaktik veya sindiyotaktik konformasyonlar olmak üzere iki uzamsal formda bulunur. PVA, iyot reaktifi ve borik reaktifi ile koyu mavimsi menekşe rengi ile tanımlanabilir. Şiştikten sonra Hostapal veya Imerol yüzey aktif maddeleri ile elimine edilebilir. Bu sentetik boyut, alkalilere,

elektrolitlere ve her şeyden önce yakma ısıl işlemine karşı oldukça hassastır. PVA haşılı sıcak deterjanla (yüzey aktif madde) yıkama ile sökülür.

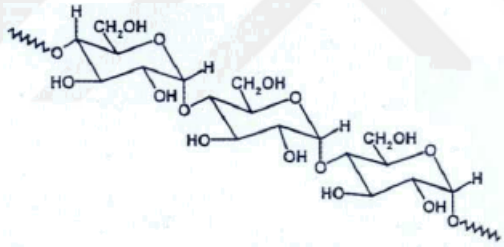
1.2.2.3 Nişasta haşıl sökme

Nişasta: nişastanın iki bileşeni - amilopektin ve amilozdur.
Amilopektin yapısı Şekil 1.4'te gibidir (Clariant 2007; Ul-Haq ve Nasir 2012);



Şekil 1.4 : Amilopektin kimyasal yapısı.

Amiloz yapısı Şekil 1.5'te gibidir (Clariant 2007; Ul-Haq ve Nasir 2012);



Şekil 1.5 : Amiloz kimyasal yapısı.

En yaygın kullanılan kimyasal modifikasyon, nişastanın eliminasyonunu iyileştirmek için karboksimetilasyondur (CMS). Nişasta haşılı, enzimler (amilazlar) veya oksidatif kimyasallar yardımı ile sökülür (Clariant 2007; Ul-Haq ve Nasir 2012).

1.2.3 Kasar – ağartma

Dokuma kumaşlar genellikle %8-12 oranında mum, pektin, protein ve mineral gibi safsızlıklar içerir, bu da onların su itici (hidrofobik) özellik kazanmasına neden olur. Bu doğal ve eklenen safsızlıkları ortadan kaldırmak amacıyla gerçekleştirilen işlem kasar olarak adlandırılır. Pamuklu kumaşlar için geleneksel yıkama işlemi, alkali bir ortamda (pH 10-12) sodyum hidroksit kullanılarak 100 °C'de 24 saat boyunca uygulanır. Bu alkali yıkama süreci, yoğun miktarda su ve enerji tüketimine yol açar.

Ham pamuk lifleri doğal renklendirici safsızlıklar içerdiğinden, bu maddelerin giderilmesi amacıyla ağartma işlemi yapılır. Renklendirici safsızlıkları uzaklaştırmak için genellikle oksitleyici veya indirgeme ajanları kullanılır. Tekstil endüstrisinde en yaygın ve çevre dostu ağartıcı hidrojen peroksittir. Selüloz liflerinin alkali ortamda hidrojen peroksit ile ağartılması, iyi bilinen ve yaygın olarak kullanılan bir endüstriyel yöntemdir (Panda ve diğ. 2021; Špička ve Tavčer 2013).

Ağartma işlemi, tekstil endüstrisinde kumaşların daha beyaz ve parlak bir görünüme kavuşması için uygulanan temel bir süreçtir. Bu işlem, tekstil materyallerinden doğal ve istenmeyen renkli bileşiklerin uzaklaştırılmasıyla beyazlık derecesini artırmayı amaçlar. Ağartma, genellikle oksitleyici veya indirgeme ajanları kullanılarak gerçekleştirilir ve bu sayede tekstil ürünleri, sonraki boyama ve baskı işlemleri için daha uygun hale getirilir.

Tekstil sektöründe en yaygın kullanılan ağartıcılar arasında hidrojen peroksit, sodyum klorit ve sodyum hipoklorit bulunur. Özellikle hidrojen peroksit (H_2O_2), çevreye duyarlılığı ve kumaşlara daha az zarar vermesi nedeniyle tercih edilmektedir. Hem sıcak hem de soğuk koşullarda kullanılabilen hidrojen peroksit, genellikle alkali bir ortamda daha etkili olup, kumaşlara yüksek beyazlık sağlarken minimum hasara neden olur. Sodyum klorit ($NaClO_2$) ise, özellikle pamuklu tekstil ürünleri üzerinde etkili bir ağartma ajanı olarak kullanılır. Pamuk liflerine düşük afinitesi sayesinde, lif yapısında minimal hasara yol açarak ortalama polimerizasyon derecesinin korunmasına katkıda bulunur. Asidik ortamlarda klor dioksit (ClO_2) açığa çıkararak etkili bir beyazlık sağlayan sodyum klorit, pamuk lifleri üzerinde nazik bir etki gösterir. Ancak, metal iyonları ile temas ettiğinde korozyona neden olabileceği ve zararlı gazlar açığa çıkarabileceği için dikkatli kullanılması gerekir.

Tekstil endüstrisinde kullanılan kimyasal maddelerin çevresel etkileri giderek artan bir endişe kaynağı haline gelmiştir. Hidrojen peroksit gibi daha çevre dostu seçenekler ön plana çıkarken, sodyum klorit gibi klorlu ağartıcıların kullanımı, su kaynaklarında zararlı klorlu bileşiklerin oluşmasına yol açabilir. Bu nedenle, sürdürülebilir tekstil üretimi için çevreye daha az zarar veren alternatif ağartma yöntemlerinin araştırılması büyük önem ttaşımaktadır.

Sonuç olarak, ağartma işlemi tekstil ürünlerinin estetik ve kalite özelliklerini iyileştirmek için kritik bir adım olsa da, hem enerji tüketimi hem de çevresel etkileri dikkate alınarak optimize edilmelidir. Sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda daha

verimli ve çevreye duyarlı ağartma süreçlerinin geliştirilmesi, tekstil endüstrisi için bir öncelik haline gelmiştir (Dursun ve Yıldız 2011; Gürkan 2012).

1.2.4 Asit parçalama

Asit parçalama, selülozun yüksek konsantrasyonda güçlü asitler ile muamele edilmesi sürecidir. Ham pamuk genellikle proses güvenliği ve nihai ürün kalitesi üzerinde olumsuz etkiler yaratabilecek yüksek düzeyde toprak alkali (Ca, Mg) ve ağır metal iyonları (Fe, Cu, Mn) içermektedir. Bu iyonlar, katalitik hasar, makinelerde ve kumaş yüzeyinde çökelmeler gibi sorunlara yol açabilir. Asidik ortamlar, bu tür kirliliklerin giderilmesinde alkali ortamlara göre daha etkilidir.

Peroksit ağartma sürecine fazla miktarda bu tür kirliliklerin dahil edilmesi çeşitli problemlere sebep olabilir:

- Ağartma makinelerinde ve kumaş yüzeyinde çökelme ve pul pul dökülmeler (özellikle çözünmeyen kalsiyum tuzları)
- Düşük ağartma verimliliği
- Katalitik hasar riskinin artması

Genellikle inorganik asitlerin kullanımı, aşındırıcı etkisi, hidroselüloz oluşumu, yıkama işlemlerinin zorluğu ve kalıntı asit (özellikle H_2SO_4) nedeniyle liflere zarar vermesi gibi nedenlerden dolayı önerilmemektedir. Buna karşılık, organik asitler bazı avantajlar sunmakla birlikte, bunların da kendine özgü dezavantajları vardır. Örneğin; asetik asit uçucudur ve koku yapar, formik asit alkali tuzlar oluşturabilir, oksalik asit ise kalsiyum tuzlarının çökelmesine neden olabilir. Ayrıca bu asitler genellikle maliyetlidir.

Bu olumsuzlukları gidermek amacıyla özel olarak formüle edilmiş asit kraking ajanları tercih edilir. Bu ajanlar, geleneksel asitlerin dezavantajlarını ortadan kaldırarak şu avantajları sunar:

- Çelik yüzeyler için korozif değildir.
- Çözünmeyen tuzlar oluşturmaz.
- Nötralizasyon sonrasında pratik olarak nötr tuzlar üretir.
- İlave dağıtıcı ve temizleyici özellikler sağlar.

- Farklı pH aralıklarında kompleks oluşturma kapasitesine sahiptir ve çökelmeleri önleyebilir.

Bu tür formüle edilmiş ajanlar, hem işlem verimliliğini artırır hem de kumaşların ve ekipmanın korunmasına katkıda bulunur (Kolanjikombil 2019).

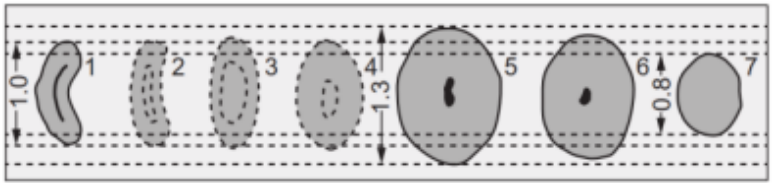
1.2.5 Merserizasyon

Merserizasyon, bitkisel kökenli liflerin (örneğin pamuk) belirli bir sıcaklıkta yüksek konsantrasyona sahip güçlü bir baz çözeltisine maruz bırakılarak liflerin yapısal olarak şişirilmesini sağlayan bir işlemdir. Tekstil endüstrisinde pamuklu kumaş ve ipliklerin merserizasyonu, boyutsal kararlılığı, mukavemeti ve parlaklığı artırmanın yanı sıra boyama özelliklerini iyileştirmek amacıyla kullanılan önemli bir hazırlık aşamasıdır. Bu işlem genellikle ıslak-ıslak veya ıslak-kuru işleme teknikleriyle uygulanır ve tekstil materyallerinin işlenmesinde kritik bir rol oynar.

Merserizasyon sırasında, selüloz zincirlerinin mikro yapısında, morfolojisinde ve konformasyonunda değişiklikler meydana gelir. Bu değişiklikler; kullanılan bazın türüne, sıcaklığa, işlem süresine, uygulanan gerilim miktarına ve selülozun başlangıçtaki fiziksel durumuna bağlıdır.

Pamuk lifleri sodyum hidroksit (kostik soda) ile muamele edildikten sonra, su ve alkali difüzyonu sebebiyle yanal olarak şişer ve boyuna büzülme sergiler. Şişmiş ipliğe gerilim uygulandığında kalıcı parlaklık oluşurken, gerilim uygulanmadığında ürün elastikiyet kazanır ve streç iplik veya kumaş üretiminde kullanılabilir hale gelir.

Şişme oranı, kostik soda çözeltisinin konsantrasyonuna bağlıdır. Düşük konsantrasyondaki sodyum hidroksit, su molekülleriyle yoğun şekilde hidratlanarak geniş çaplı iyonlar oluşturur; bu hidratlı iyonlar pamuk makromoleküllerine nüfuz edemez. Ancak daha yüksek kostik soda konsantrasyonlarında, su moleküllerinin azalması ile daha küçük çaplı hidratlı iyon çiftleri oluşur. Bu durum, selüloz zincirleri arasındaki hidrojen bağları ve Van der Waals kuvvetlerini kırarak lif yapısına nüfuz etmeyi sağlar ve böylece liflerin şişmesine ve çekmesine yol açar (Khalifa 2017). Şekil 1.6'da merserizasyon prosesinin çeşitli aşamalarında pamuk lifinin şematik kesit görünümü gösterilmektedir (Brahma ve diğ. 2018).



Şekil 1.6 : Merserizasyonun çeşitli aşamalarında CO lifinin şematik kesit görünümü.

Özetle merserize işlemi, pamuk liflerinin gerilim altında tutulurken, yüksek konsantrasyonda (26-30 °Be) NaOH çözeltisi ile muamele edilmesi olarak tanımlanabilir. Merserizasyonun amaçları şu şekilde özetlenebilir:

- Kumaş yüzeyinde parlaklık elde etme
- Boyutsal stabilite sağlama
- Daha yüksek mukavemet kazandırma
- Selüloz liflerinin düzenli şekilde şişmesini sağlama
- İç yüzey artışı nedeniyle daha iyi boya alma
- Olgunlaşmamış ve "ölü" pamukta boya absorblama kapasitesini artırma (Öcal 2006).

Merserizasyonun renk mukavemeti ile ilgisi, özellikle derin ve koyu tonlar hedeflendiğinde önemlidir. İşlem, pamuğun boyayı emme kabiliyetini geliştirerek yıkamadan önce daha yüksek renk mukavemeti (K/S değerleri) elde edilmesini sağlar. Bunun nedeni, merserize liflerin daha pürüzsüz bir yüzeye ve boya moleküllerinin daha iyi nüfuz etmesini ve sabitlenmesini sağlayan daha düzgün bir yapıya sahip olmasıdır.

Bununla birlikte, merserizasyonun dezavantajları vardır. Özel makineler ve yüksek konsantrasyonda kostik soda tüketimi gerektirir, ardından kumaşın pH'ını korumak için nötralizasyon ve yıkama gerekir, bu da yüksek su tüketimine yol açar. Proses ayrıca, boyama sırasında çektirme elde etmek için tuz kullanımını gerektirmektedir, bu da toksik atık su oluşumuna ve yüksek TDS (Toplam Çözünmüş Katı Madde) değerlerine katkıda bulunarak çevresel kaygılara yol açmaktadır.

Özetle, merserizasyon boya afinitesini geliştirerek boyanmış pamuğun renk gücünü arttırırken, çevresel ve kaynak tüketimine ilişkin ödünleşimleri de beraberinde getirmektedir. Farklı merserizasyon parametrelerinin boyalı pamuğun renk mukavemeti üzerindeki etkileri aşağıdaki gibidir:

- Kostik Konsantrasyonu: 18 °Be ile 28 °Be arasında değişen çeşitli kostik soda konsantrasyonları test edilmiştir. En yüksek renk mukavemeti değerini 24°Be'lik bir konsantrasyonun verdiği bulunmuştur.
- Daldırma Süresi: Kostik çözeltisine daldırma süresi 60 saniye ile 180 saniye arasında değişmiştir. Sonuçlar, 24 °Be'de 1 dakikalık daldırma süresinin en yüksek renk gücü değerini ürettiğini göstermiştir.
- Kostik Çözeltisinin Sıcaklığı: Kostik çözeltisinin sıcaklığı 40 °C ile 60 °C arasında değiştirilmiştir. En yüksek renk gücü değeri 50 °C sıcaklıkta elde edilmiştir.

Bu parametreler, reaktif boyalarla boyandığında merserize pamuk numuneleri için en yüksek renk mukavemeti (K/S) değerlerini elde etmek için optimize edilmektedir (Mustafa Ghori ve diğ. 2020).

1.3 Kostik

Kostik soda olarak da bilinen sodyum hidroksit, çok sayıda endüstriyel uygulamada yaygın olarak kullanılan bir kimyasaldır, ancak çevresel yansımaları önemli ve çeşitlidir. Yanlış yönetildiğinde veya çevreye salındığında, ekosistemler için önemli tehditler oluşturur (Petro Chemicals Supplying Co.).

Pamuk ve karışımlarının kasar ve boyama işlemleri, bazik bir ortamda gerçekleştirilir. Bu alkali ortamın oluşturulması için güçlü bir alkali olan sodyum hidroksit (kostik) kullanılır. Kostik, kasar ve pişirme sırasında kumaştaki kirlilikleri çözer ve çöpelleri parçalar. Ayrıca merserizasyon prosesinde ana kimyasaldır. Aynı zamanda koyu renklerin açılması veya renk soldurma işlemlerinde de etkilidir (Öcal 2006).

Kostik, kuvvetli alkali ve higroskopik bir maddedir. Kostik soda, sodyum (Na^+) ve hidroksit iyonlarından (OH^-) oluşan beyaz, katı iyonik bir kimyasaldır. Suda çözündüğünde, yüksek pH değerine sahip bir çözelti oluşturur. Kimyasal olarak kostik çözeltiler organik maddeleri hidrokarbonları çözme özelliğine sahiptir (Petro Chemicals Supplying Co.; Tanaçan ve diğ. 2015).

Tekstil endüstrisi üretim süreçlerinde kimyasal tüketimi yoğun bir şekilde gerçekleşmekte ve üretim maliyetlerinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Kostik çoğu ön-terbiye proseslerinde yer alır ve iki temel sürecin ana kimyasalı olarak kullanılır ve aynı zamanda pH düzenlemesi için kullanılır. Bu süreçler kasar ve merserizasyon olarak bilinir (Madhav ve diğ. 2018b). Özellikle pamuklu tekstil

materyallerinin ön terbiye işlemlerinden biri olan merserizasyon proseslerinde büyük miktarlarda kostik kullanımı gerçekleştirilmektedir. Kullanılan kostiğin büyük bir kısmı merserizasyon proseslerinden kaynaklanan atıksu akımlarıyla doğrudan uzaklaştırılmaktadır. Bu durum, merserizasyon proseslerine sahip tekstil işletmelerinde kimyasal tüketimin ve dolayısıyla maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. Ayrıca atıksuların taşıdığı kimyasal yükler, arıtma maliyetlerinin de artmasına etki etmektedir (Tanaçan ve diğ. 2015).

Öztürk (2018) tez çalışmasına göre kostik hem ağartma hem de merserizasyon proseslerinde kullanılır. O proseslerde kullanım miktarı ağartmada 0,03 kg/kg kumaş, redüktif yıkamada 0,02 kg/kg kumaş ve merserizasyonda 0,82 kg/kg kumaş olarak belirtilmiştir. MR ve diğ. (2016) çalışmasında ise ağartma işleminde kullanılan kostik miktarı 2 g/L'dir.

Kasar işleminde pamuk elyaflardaki selüloz dışı kirlilikler uzaklaştırılarak, kumaş beyazlatılır. Merserizasyon ise pamuk elyaflarına parlaklık ve mukavemet kazandırarak, elyafların boya alımını artırır (Madhav ve diğ. 2018b). Ancak, kostiğin (sodyum hidroksit, NaOH) su ekosistemlerine salınması, bu ortamlar üzerinde ciddi olumsuz etkiler yaratabilir. Yüksek alkali yapısı, su kütlelerinin pH değerini yükselterek sucul organizmalar için elverişsiz koşullar oluşturur. Düşük miktarlardaki kostik bile balıklar ve diğer hassas türler için ölümcül olabilir. pH seviyesindeki değişiklikler, biyolojik süreçleri bozarak türlerin popülasyonlarında azalmaya ve ekosistem dengesinde kayıplara neden olabilir. Kostik kullanımı ayrıca toksik özellikte atık suyun oluşumuna yol açar. Bu atık sular, genellikle pH 12-13 seviyesinde güçlü alkali özellikler taşır ve atık akışında çözünmüş katı içeriklerin artmasına neden olur. Elyaf kalıntıları ve önceki işlemlerden gelen boya, bu suların bileşimini daha karmaşık hale getirir. Bu tür bileşenler her ne kadar doğrudan biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) yüküne büyük bir katkıda bulunmasa da yüksek alkali değerler ve renkli atık su oluşumu önemli çevresel sorunlara yol açabilmektedir. Bu durum, atık suyun ileri arıtma süreçlerini olumsuz etkileyebilir ve doğal su kaynaklarının kalitesini düşürebilir. Dolayısıyla bu tür atık sular, yüksek kostik içeriği nedeniyle sorunlu olup, nötralizasyon gerektirmektedir. Tekstil fabrikaları için, kostik kaybına neden olan bu nötralizasyon ihtiyacı da maliyetli bir süreç oluşturmaktadır (Varol ve diğ. 2015).

Kostik sadece tekstil sektöründe değil, birçok endüstriyel proses için vazgeçilmez olsa da çevresel sonuçları dikkat gerektirmektedir. Sorumlu kullanım, etkili atık yönetimi

ve daha güvenli alternatiflere yönelik inovasyon yoluyla endüstriler çevresel ayak izini azaltabilir ve ekosistem sürdürülebilirliğini destekleyebilir.

1.4 Sertifikasyonlar

1.4.1 Tehlikeli kimyasalların sıfır deşarjı (ZDHC)

Tehlikeli Kimyasalların Sıfır Deşarjı (ZDHC) girişimi, giyim ve ayakkabı endüstrisinde kullanılan tehlikeli kimyasalları ortadan kaldırmayı hedefleyen bir yaklaşımdır. Bu kapsamda, ZDHC'nin Ortak Yol Haritası Versiyon 2 ile ZDHC üyesi markalar, Üretimde Kullanımı Kısıtlı Maddeler Listesi (MRSL) oluşturmuş ve geliştirmeye devam etmektedir.

ZDHC MRSL, yalnızca bitmiş ürünlerde tespit edilebilecek maddeleri değil, üretim süreçleri ve ilişkili işlemler sırasında kullanılan veya çevreye salınabilecek tehlikeli maddeleri de kapsar. Bu liste, imalat sırasında kimyasalların kasıtlı olarak kullanılmasını yasaklamaktadır. MRSL'de yer alan herhangi bir kimyasal madde veya madde grubu, ürünün üretimi sırasında belirli bir işlev veya etki için kasıtlı olarak kullanılamaz.

Bununla birlikte, kimyasal formülasyonlarda üretim sırasında oluşabilecek safsızlıklardan kaynaklanan, belirli konsantrasyon limitleri içinde kalan eser miktarda kısıtlı maddelere izin verilir. Ancak, bu limitleri aşan miktarlarda kısıtlı maddeler içeren kimyasal formülasyonlar MRSL ile uyumlu kabul edilmez.

ZDHC MRSL, çevresel sürdürülebilirlik ve insan sağlığını ön planda tutarak, endüstriyel süreçlerde güvenli kimyasal yönetimi için önemli bir standart oluşturmaktadır.

ZDHC MRSL'ye göre kısıtlanmış maddeler ve madde grupları aşağıda gibidir;

- Alkilfenol (AP) Alkilfenol Etoksilatlar (APEOs)
- Klorbenzenler & Klortoluenler
- Klorfenoller
- Azo - Boyarmaddeleri (Kısıtlı kullanımlı Amin içeren)
- Boyarmadde - Navy Blue
- Boyarmadde - Kanserojen veya eşdeğer olanlar

- Boyarmadde - Allerjenik Dispers Boyalar
- Güç tutuşurluk sağlayan maddeler (SCCP içeren)
- Glikoller
- Halojen içeren solventler
- Organotin bileşikler
- Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAHs)
- Perflorlu ve Poliperflorlu Kimyasallar (PFOA & PFOS)
- Ftalatlar - orto-ftalik asit ester içeren diğer bileşikler dahil
- Bütün ağır metaller
- Uçucu organik bileşikler (VOC) (Promar Endüstriyel Kimyasallar A.Ş. & Ravago Chemicals; Rudolf Turkey)

1.4.2 Global organik tekstil standardı (GOTS)

Organik tekstil ürünlerinin üretiminde çevresel ve sosyal kriterleri belirleyen uluslararası kabul görmüş bir sertifikasyon standartıdır. GOTS, üretimden son tüketiciye kadar olan tüm tedarik zincirinde organik tekstillerin güvenilirliğini sağlamak amacıyla oluşturulmuştur. İlk olarak 2006 yılında tanıtılmış ve günümüzde tekstil sektöründeki en kapsamlı organik standartlardan biri olarak kabul edilmektedir. GOTS, organik tekstil ürünleri için iki temel sertifikasyon seviyesi sunar:

1. Organik: Üründeki lif içeriğinin en az % 95'inin organik tarımdan elde edilmesi gereklidir.
2. Organik İçerikli: Üründeki lif içeriğinin en az % 70'inin organik tarımdan elde edilmesi gereklidir.

GOTS'un çevresel kriterleri aşağıda gibidir;

- Kullanılan lifler organik sertifikalı olmalıdır (örneğin pamuk veya yün).
- Üretim süreçlerinde zararlı kimyasalların kullanımı sınırlandırılmıştır; toksik ağır metaller, formaldehit, azo boyalar ve genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO) yasaktır.
- Su ve enerji tasarrufu sağlayan sürdürülebilir üretim yöntemleri teşvik edilir.

- Atık su yönetimi, tekstil fabrikalarının çevresel etkilerini en aza indirmek için sıkı düzenlemelere tabidir.

Bu standart, sürdürülebilir tekstil üretimine katkıda bulunarak çevreye ve topluma duyarlı bir endüstri oluşturmayı amaçlar (Url-2).

1.4.3 Organik içerik standardı (OCS)

Organik İçerik Standardı (Organic Content Standard, OCS), % 5 ile % 100 arasında organik materyal içeren gıda dışı ürünlerde organik içerik miktarını ve oranını doğrulamak için kullanılan uluslararası bir sertifikasyon standardıdır. OCS, ürünün üretiminden son satıcıya ulaşana kadar geçen tüm süreçleri kapsar. Bu süreçler arasında ham madde onayı, hasat sonrası işlemler, üretim, paketleme, etiketleme, depolama, elleçleme ve satış yer alır. Ayrıca, nihai ürünlerdeki organik içerik iddialarının, akredite üçüncü taraf sertifikasyon kuruluşları tarafından bağımsız, tutarlı ve şeffaf bir şekilde değerlendirilmesini ve onaylanmasını sağlar.

OCS'nin temel amacı, ürünlerdeki organik içerik iddialarının doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmaktır. Bu doğrulama sürecinde, İçerik İddia Standardı (Content Claim Standard, CCS) gözetim zinciri gereklilikleri temel alınır. Böylece organik materyallerin tedarik zinciri boyunca izlenebilirliği sağlanarak tüketicilere güvenilir bilgi sunulur.

Bu standart, hem üreticiler hem de tüketiciler için organik içerikli ürünlerin güvenilirliğini destekleyerek sürdürülebilirlik çabalarına katkıda bulunur.

1.4.4 Yüksek öneme sahip maddeler (SVHC)

Avrupa Kimyasallar Ajansı (ECHA) tarafından oluşturulan Yüksek Öneme Sahip Maddeler (SVHC) Listesi, insan sağlığına ve çevreye ciddi zarar verme potansiyeli olan maddeleri içerir. Bu liste, özellikle REACH Tüzüğü kapsamında hazırlanmış ve kullanımı kısıtlanmış veya izne tabi kimyasalları belirlemek için bir temel oluşturur. REACH, “Kimyasalların Kayıtlandırılması, Değerlendirilmesi, Ruhsatlandırılması ve Kısıtlanması” anlamına gelir ve Avrupa Birliği’nde kimyasal yönetimi düzenleyen kapsamlı bir politika çerçevesidir.

SVHC olarak sınıflandırılan maddeler aşağıdaki özelliklere sahip olabilir:

- Kanserojen (kansere yol açma riski)
- Mutajenik (genetik değişimlere sebep olabilir)

- Üreme sağlığı için toksik
- Çevrede bozunmaya dirençli ve uzun süre kalıcı
- Canlı organizmalarda biyo-birikim yapma potansiyeli
- Endokrin bozucu gibi benzer tehlikeli özelliklere sahip maddeler

SVHC Listesi ve Yükümlülükler

- Bildirim Yükümlülüğü:

Avrupa Birliği sınırlarında faaliyet gösteren üretici ve tedarikçiler, ürünlerinde % 0,1 (ağırlıkça) üzerinde SVHC maddesi bulunuyorsa, bu bilgiyi tedarik zincirindeki tüm aşamalara iletmekle yükümlüdür.

- ECHA Bildirimi:

Bir yılda üretilen, ithal veya ihraç edilen toplam SVHC miktarı 1 tonu aşıyorsa, ECHA'ya detaylı bilgi sağlanmalıdır.
SVHC testlerinde belirlenen maddeler REACH İzne Tabi Maddeler Listesi'nde yer alıyorsa, bu ürünlerin Avrupa Birliği'nde üretimi, ithalatı ve satışı için ECHA onayı gereklidir. ECHA onayı olmadan bu ürünlerin piyasada dolaşımı mümkün değildir.
Bu süreç, ürünlerin çevre ve insan sağlığına zararını minimize etmek ve sürdürülebilir üretim süreçlerini teşvik etmek için kritik öneme sahiptir (Url-4; Taksim danismanlik).

1.4.5 Geri dönüşüm iddia standardı (RCS)

Geri Dönüşüm İddia Standardı (Recycled Claim Standar, RCS), geri dönüştürülmüş içeriklerin ve gözetim zincirinin doğruluğunu garanti altına almak için üçüncü taraf sertifikasyon gerekliliklerini belirleyen uluslararası ve gönüllü bir standarttır. Standart, ürünlerdeki geri dönüştürülmüş materyallerin varlığını, oranını ve izlenebilirliğini doğrulayarak markalar ve tüketicilerin bilinçli kararlar almasını sağlamayı amaçlar.
RCS'nin Amaçları;

- Geri dönüştürülmüş tanımını standartlaştırmak: Farklı uygulamalardaki tanımları uyumlu hale getirmek.
- İzlenebilirlik sağlamak: Geri dönüştürülmüş materyallerin tedarik zincirindeki akışını takip etmek.

- Tüketici güvenini artırmak: Nihai ürünlerde kullanılan materyallerin gerçekten geri dönüştürüldüğüne dair güvence sağlamak (Url-3).

1.5 Literatür Araştırması

MR ve diğ. (2016) çalışmasında pamuklu kumaşların boyanması esnasında ortaya çıkan temel sorunların belirlenmesine odaklanmıştır. Ön işlem aşaması, kumaşların beyazlığı, boyanabilirliği ve çevresel etkileri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Alkali yıkama ve ağartma işlemi ile enzimatik yıkama ve ağartma işlemi olmak üzere iki farklı ön işlem süreci bulunmaktadır. Bu iki süreç arasındaki kumaş beyazlığı ve boyama üzerindeki etkilerin karşılaştırılması ve gözlemlenmesi, çevresel etkileri de kapsar. Yapılan ön işlemde kumaş beyazlığı üzerinde en iyi sonucu veren hidrojen peroksit ve sodyum hidroksit kombinasyonu (3 gL^{-1} hidrojen peroksit ve 2 gL^{-1} sodyum hidroksit) belirlenmiştir. Ardından aynı işlem enzimlerle uygulanmıştır. Enzimatik ön işlem süreçlerinde kullanılan enzim karışımı, pektinazlar, hemiselülazlar ve selülazlar içermektedir. Bu enzimler, ticari bir sinerjik karışım olan Baylase EVO altında kullanılmıştır. Enzimatik işlemin bir parçası olarak, işlem sırasında beyazlatma stabilizatörü (Clarite CBB) ve deterjan ile ıslatma maddesi (Invatex CRA) gibi diğer yardımcı kimyasallar da eklenmiştir. Farklı ön işlem görmüş pamuklu kumaş numuneleri reaktif boyalarla boyanmıştır. Enzimatik yıkama ve ağartma ön işlemi ile boyanmış numunelerin sonuçları, alkali yıkama ve ağartma işlemine iyi bir alternatif olabileceğini göstermiştir. Bu alternatif, çevresel faktörler üzerinde düşük BOİ, KOİ ve TOK etkileri oluşturarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, aynı düzeyde beyazlık sağlaması, boyarmaddenin daha az hidrolizasyonu ve iyi bir tükenme sağlama gibi avantajlar sunmaktadır.

Bristi ve diğ. (2019).çalışmasında pamuklu kumaş numuneleri, hem Scourzyme L enzimi ile biyo-yıkanmış, hem de geleneksel yöntemlerle yıkanmıştır. Yıkama işlemi için Scourzyme L (NaOH ile birlikte), deterjan, çözücü ajan, ıslatıcı ajan / iyonik olmayan yüzey aktif maddeler, reaktif boyalar, soda külü ve Glauber tuzu gibi kimyasallar kullanılmıştır. Ardından, geleneksel yöntemlerle reaktif boyalarla boyanmıştır. Numuneler, yansıtıcı spektrofotometre ve mekanik test cihazı kullanılarak analiz edilmiş ve ardından karşılaştırılmıştır. Bu işlem, kumaşın emiciliğini arttırırken önemli bir mukavemet kaybına neden olmamış ve ayrıca kumaşın uygun şekilde boyanmasına ve aprelenmesine yardımcı olmuştur.

Tanımlanan enzimatik prosedür, enerji, su, kimyasal madde, zaman ve dolayısıyla maliyetler açısından önemli ölçüde daha düşük taleplerle gelmektedir. Biyolojik olarak temizlenmiş kumaşın absorpsiyon yeteneğinin, geleneksel olarak temizlenmiş kumaşlara göre önemli ölçüde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, pamuklu kumaşın çekme mukavemetinin, Scourzyme L enzimi kullanılan numuneler için geleneksel olarak işlenen numunelerden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu nedenle, bu yaklaşımın ekonomik ve ekolojik açıdan sağladığı avantajlar bulunmaktadır.

Buschle-Diller ve diğ. (1998) yaptıkları çalışmada ise ise metal iyonlarını içeren ve içermeyen hidrojen peroksit ağartma işleminden önce, open-end ve ring-spun ipliklere üç farklı temizleme yöntemi uygulamıştır. Temizleme prosedürleri, şunları içermiştir: sulu sodyum hidroksit çözeltisi ile nüfuz edici bir işlem, şişmeyen bir çözücü ekstraksiyonu ve pektinaz enzimleri ile elyaf yüzeyini etkileyen bir işlem. İşlem görmüş ipliklerin özellikleri ve elyaf hasarı her işlem adımından sonra incelenmiştir.

Geleneksel yıkama yöntemi olarak sodyum hidroksit ile yapılan işlem ve ardından peroksit ağartma, moleküler düzeyde en yüksek bozulmaya yol açar, ancak yüksek beyazlık seviyeleri ile sonuçlanır. Solvent ile ekstrakte edilmiş iplikler, sonraki işlemler boyunca neredeyse değişmeden üstün gerilme mukavemetini korur. Enzimlerle gerçekleştirilen biyolojik yıkama işlemi iplikleri dikkat çekici derecede yumuşatır. Bu etkiler genellikle açık-uçlu eğrilmiş iplikler için daha belirgin görünmektedir, bu da iplik yapısının yıkama işleminin etkinliği üzerinde bir etkisi olabileceği izlenimini vermektedir. İncelenen her üç yıkama yöntemi de pamuğun emiciliğini artırırken önemli oksidatif lif hasarı olmadan etkili olmuştur. Ardından uygulanan ağartma işlemi, örneğin özelliklerini yıkama işlemine bağlı olarak etkilemiştir. Kostik yıkama, elyaflara en yüksek beyazlık derecesini sağlamış, ancak sonraki ağartma işlemi sırasında oksidatif hasara en hassas hale getirmiştir. Solvent ekstraksiyonu, iplik mukavemetini artırmış ve lif hasarını minimumda tutmuştur. Pektinaz/selülaz ile yıkama, orta düzeyde gerilme mukavemetine ve lif bozulmasına sahip çok yumuşak iplikler üretmiştir.

Hem ağır metal iyonlarının hem de sert su iyonlarının tamamen yokluğunda gerçekleştirilen ağartma işlemi, çok az lif hasarıyla kabul edilebilir derecede beyazlık sağlamıştır. Cu_2 ve Fe_3 iyonları, hidrojen peroksiti etkinleştirmede veya genel ağartma sonuçlarını etkilemede etkili olmamış ve ölçülebilir lif hasarına neden olmamıştır. Fe_2,

sadece az miktarda kalsiyum ve magnezyum iyonlarının varlığında etkili olmuştur ve bu durumda lif hasarı meydana gelmiştir.

Joshi ve diğ. (2013) çalışmasında Hindistan'ın Tarapore kentinden Chinchani plajından toplanan deniz tortusundan izole edilen yeni bir deniz bakterisi olan Bacillus subtilis'ten elde edilen pektinazın, pamuklu kumaşın yıkanması üzerindeki etkinliği incelenmiş ve geleneksel alkali yıkama yöntemiyle karşılaştırmıştır. Pektinaz üretimi için Citrus limetta kabuğu tozunu pektin substratı olarak kullanmak, pektinaz üretim sürecini ekonomik olarak daha uygulanabilir hale getirmiştir. Bacillus subtilis tarafından üretilen pektinazın tekstil endüstrisindeki potansiyelini araştırmak amacıyla, pamuğun etkili biyo-yıkaması için pH, enzim konsantrasyonu, sıcaklık ve süre gibi çeşitli faktörler optimize edilmiştir. Kumaşın ağırlığına göre %10 pektinaz dozu (2.8 IU/g kumaş) ile pH 7'de, 60 °C'de 120 dakika boyunca gerçekleştirilen yıkama işlemi, hidrofilik bir kumaş elde edilmesini sağlamıştır. Pektinaz ile yıkanan kumaşın fizikokimyasal ve mekanik özellikleri, alkali yıkanmış kumaşla benzerlik göstermiştir. Pektinaz ile yıkanan kumaş, fiber yapısını korurken, çekme mukavemetinin alkali yıkanmış kumaşa kıyasla daha düşük olmasını önler. Pektinaz ile yıkanan pamuklu kumaşta, boyanın daha iyi emilim gösterdiği ve daha fazla renk alımının olduğu gözlenmiştir, bu da alkali ovulmuş kumaşa kıyasla daha iyi boyama sonuçlarına işaret etmektedir. Aynı zamanda sürdürülebilir ve çevre dostu bir süreç olarak kabul edilebilir. Bu çalışmada açıklanan yaklaşım, tekstil endüstrisi tarafından kolayca benimsenebilecek, tekrarlanabilir ve çevre dostu bir seçenek sunmaktadır.

Singh ve diğ. (2018) çalışmasının temel amacı, pamuklu kumaşlardaki doğal safsızlıkları çevre dostu ve uygun maliyetli bir biyo-yıkama yöntemi ile etkili bir şekilde gidermektir. Bu kapsamda ksilano-pektinolitik enzimlerin kullanımıyla pamuklu kumaşın biyo-yıkama verimliliğini değerlendirilmiştir.

Pamuklu kumaşın optik ve fiziksel özelliklerini incelemek amacıyla, farklı koşulları optimize etmek için değişken bir yaklaşım kullanılmıştır. Her işlem için 1 gram pamuklu kumaş kullanılmıştır. Enzimatik işlem için en etkili biyo-yıkama koşullarını belirlemek için farklı pH değerleri (7,0-9,5) ve tampon molariteleri (10-100 mM) kullanılmıştır. Sodyum fosfat tamponu ve glisin-NaOH tamponu sırasıyla pH 7,0-8,0 ve pH 8,5-9,5 aralığı için kullanılmıştır. İşleme materyalinin sıvıya oranı, en iyi yıkama koşullarını elde etmek için 1:10-1:30 arasında optimize edilmiştir. Farklı enzim dozları (1,0-10,0 IU ksilanoz ve 0,8-8,0 IU pektinaz) ve farklı işlem süreleri

(15-150 dakika) için 40 ila 60 °C arasında değişen sıcaklıklar kullanılmıştır. İşlem, su banyosu içeren bir inkübatör çalkalayıcı kullanılarak şişelerde 50 ila 75 rpm arasında çalkalama hızıyla gerçekleştirilmiştir.

Farklı pamuklu kumaşların optik özelliklerini geliştirmek amacıyla, EDTA'nın farklı konsantrasyonları (0,1-5,0 mM) denenmiştir. Su emiciliğini artırmak için lissapol-D, Tween-20, Tween-80, Triton X-100 ve Brij-35 gibi farklı ıslatıcı maddeler kullanılmıştır. En etkili ıslatıcı maddenin konsantrasyonu da en iyi yıkama koşulunu belirlemek için %0,1-2,0 arasında optimize edilmiştir.

Optimum biyo-yıkama koşulları, 50 mM tampon içinde (glisin-NaOH tamponu, 1,0 mM EDTA ve %1 Tween-80 ile pH 8,5), 1:15 malzeme/sıvı oranıyla, 5,0 IU ksilanoz ve 4,0 IU pektinaz kullanılarak 50 °C'de 60 dakika süre ve 60 rpm çalkalama hızıyla elde edilmiştir.

Biyo- yıkanmış pamuklu kumaşlar, alkali yıkama yöntemi ile işlenmiş kumaşlara kıyasla %1,17 daha beyaz, %3,23 daha parlak ve %4,18 daha az sarı göstermiştir. Ayrıca, ağartma işleminden sonra, biyo- yıkanmış kumaşların beyazlık, parlaklık ve kopma mukavemeti, kimyasal olarak yıkanmış ve ağartılmış kumaşlara göre sırasıyla %2,18, %2,33 ve %11,74 daha yüksek bulunmuştur. Biyo-yıkanmış ve ağartılmış kumaşların sarılığı ise %4,61 oranında azalmıştır.

Bu sonuçlar, biyo- yıkamanın daha verimli, enerji tasarrufu sağlayan ve çevre dostu bir süreç olduğunu göstermektedir. Bu yöntemin, çevreye zarar veren geleneksel kasarlama süreçlerinin yerini alabilecek bir potansiyele sahip olduğu sonucuna varılabilir.

Ayrıca, bu enzimlerin tarımsal atıkları kullanan tek bir mikrop tarafından eş zamanlı olarak üretilebilmesi, üretim maliyetini düşürerek, stratejiyi çeşitli endüstriyel uygulamalar için uygun maliyetli ve uygulanabilir hale getirmiştir. Bu nedenle, bu biyouyumlu yaklaşım, geleneksel alkali kasar yöntemi ile karşılaştırıldığında daha güvenli, çekici, güvenilir bir şekilde tekrarlanabilir, ticari olarak uygulanabilir ve çevre dostu bir alternatif olarak görünmektedir. Bu nedenle pamuklu kumaş endüstrileri tarafından başarıyla benimsenebilmektedir.

Boryo ve diğ. yaptıkları çalışmalarda %1-5 arasında değişen konsantrasyonlardaki NaOH (kostik) yerine amonyum oksalat, sıvı amonyak, asetik asit, amonyum hidroksit, oksalik asit, etanol kimyasallarını kasar ve merserizasyon proseslerinde

boyanmış kumaş üzerindeki etkilerini inceleyerek alternatif olarak uygunluğunu değerlendirmiştlerdr. Yapılan bu çalışmaların sonucunda incelenmiş kimyasallar her iki proseste kullanılmak üzere umut verici sonuçlar elde edilmiştir. Ancak bu kimyasalların kasar işlemine göre merserizasyon işleminde kullanılmasının daha iyi bir sonuç verdiği görülmüştür (Boryo ve diğ. 2014; Boryo ve Gum 2017). Bu kimyasallar kostike kıyasla çevreye daha az zarar vermektedir ancak tamamen çevreci değildir (Boryo ve diğ. 2013, 2014).

Špička ve Tavčer (2013) yaptıkları çalışmada proses, arilesteraz enzimleri (EC 3.1.1.2) ve hidrojen peroksit ile enzimatik olarak gerçekleştirilir. Bu enzim sistemi, propilen glikol diasetatın perhidrolizini katalize eder. Reaksiyon sırasında, propilen glikol ve ağartma maddesi olarak perasetik asit oluşur. Perasetik asit ile ağartmanın önemli bir avantajı, 65 °C'de nötr bir pH seviyesinde pamuklu kumaşlarda tatmin edici bir beyazlık sağlanabilmesidir. Bu yeni biyo-ağartma işlemi, geleneksel olarak alkali ile işlenmiş ve biyo-yıkanmış %100 pamuklu kumaşların ağartma performansını ve tek banyolu biyo-ovalama/biyo-ağartma ön işleminin fizibilitesini araştırmıştır. İşlenmiş pamuklu kumaşların beyazlık seviyeleri, maksimum mukavemet değerleri ve su emme kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca, kalan işlem solüsyonlarının hidrojen peroksit ve perasetik asit konsantrasyonları, pH seviyeleri ve TOK değerleri ölçülmüştür. Bu araştırma, yeni biyo-ağartma sisteminin ılımlı işlem koşullarında güçlü bir ağartma yeteneğine sahip olduğunu ve biyo-yıkama ile biyo-ağartmanın tek banyolu bir proses içinde etkili bir şekilde birleştirilebileceğini göstermiştir.

Pamuklu Kumaş için Ön ve Son Merserizasyon İşlemlerinin Kombinasyonu başlıklı çalışmada, kostik çözeltisi ve sıvı amonyak kullanarak ön ve son merserizasyon işlemlerini birleştirmenin pamuklu kumaş üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Araştırma, kumaşın morfolojik yapısı, boyama performansı, çekme mukavemeti ve sertliği üzerine odaklanmıştır. Çalışmada ticari olarak yıkanmış ve ağartılmış %100 düz dokuma pamuklu kumaş ve iki reaktif boya (C.I. Reactive Red 2 ve C.I. Reactive Red 195) kullanılmıştır. Ön merserizasyon, kumaşın NaOH veya sıvı amonyağa daldırılmasını ve ardından yıkanmasını içermektedir. Son merserizasyon ise boyamadan sonra gerçekleştirilmiştir. Boyama işlemi bir laboratuvar kızılötesi boyama makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiş ve boya tükenmesi, fiksasyon ve toplam boya fiksasyon verimliliği ölçülmüştür. Ayrıca X-ışını kırınımı (XRD),

termogravimetrik analiz (TGA) ve sertlik ve kırılma kuvveti ölçümleri yapılmıştır. Çalışmanın bulguları aşağıda gibidir;

- Kostik Ön Merserizasyon: Boyanın kumaşa daha iyi sabitlenmesini sağlamıştır. Kostik işlemi, boyanın fiksasyon oranını artırarak daha yüksek renk yoğunluğu elde edilmesine yardımcı olmuştur. Mekanik açıdan da kumaşın sertliğini ve gerilme mukavemetini daha da artırmıştır. Dolayısıyla kumaşı daha dayanıklı hale getirmiştir. Sonuç olarak boya fiksasyonu ve mekanik özellikler açısından daha etkilidir.
- Sıvı amonyak Ön Merserizasyon: Boyanın emilimini iyileştirmiştir. Sıvı amonyak işlemi boyanın kumaşa daha fazla nüfuz etmesini sağlamış, ancak fiksasyon oranı kostik kadar yüksek olmamıştır. Mekanik açıdan bakıldığında kumaşın elastikiyetini korumuş ve daha az sertlik artışı sağlamıştır. Sonuç olarak boya emilimi ve esneklik açısından avantaj sağlamıştır.

Her iki işlem de kumaşın termal stabilitesini hafifçe azaltmıştır, ancak kostik işlemi daha belirgin bir etki göstermiştir (Lin ve diğ. 2022).

Yapılan araştırmalara bağlı olarak bu çalışmada da hem kasar hem de merserizasyonda asetik asit (CH_3COOH), okzalik asit ($(COOH)_2$), etanol (CH_3CH_2OH) kimyasalları kullanılarak, farklı sıcaklık ve süre koşullarında nasıl bir sonuç elde edileceği incelenecektir. Bu kimyasalların yanı sıra alternatif kimyasal olarak jelatin/glutaraldehitin kasar ve merserizasyon proseslerindeki kullanımı planlanmıştır. Jelatin hidrofilik gruplar içerdiğinden, kostik pH'ına yakın bir pH değerinde çalışılabildiğinden ve toksik olmayan, biyobozunur ve tahriş edici olmayan bir polimer olduğundan tercih edilmiştir. Jelatin, kolajenin hidrolizi ile elde edilir, bolluğu, non-toksik olması, düşük maliyete sahip olması ve biyobozunur olması nedeniyle çevreci ve ekonomik bir polimer olarak sınıflandırılır (Lin ve diğ. 2019). Ayrıca jelatin amino, karboksil ve hidroksil gibi çeşitli yan zincir grupları içerdiğinden suda çözülebilir ve bu gruplar sayesinde kumaşa gereken hidrofilik ortam sağlanabilir. Glutaraldehit, düşük maliyetli olması, kısa reaksiyon süresi ve çok düşük konsantrasyonda (ağırlıkça %0,1–%1,5), toksik olmaması, kolajen materyalin stabilizasyonu üzerindeki mükemmel etkinliği, jelatin filmlerin mukavemetini ve termal kararlılığını artırmada etkili olması nedeniyle en yaygın kullanılan kimyasal çapraz bağlayıcıdır. Ayrıca aldehit ve hidroksil grupları arasındaki hemiasetal reaksiyonu yeni bir hidroksil

üretebileceğinden ve bu yeni hidroksil de jelatinin diğer polar gruplarıyla hidrojen bağını yeniden oluşturabileceğinden jelatin glutaraldehit ile modifiye edilecektir (Lin ve diğ. 2019). Buna bağlı olarak jelatin/glutaraldehit çözeltisi kullanılarak kasar ve merserizasyon proseslerinin çevreci ve ekonomik bir şekilde gerçekleştirilmesi beklenmektedir. Önerilen bu tez çalışmasında ilk olarak literatürde incelenen kimyasallardan en iyi sonucu veren CH_3COOH, $(COOH)_2$, CH_3CH_2OH kimyasallarının farklı operasyon koşullarında (operasyon sıcaklığı ve operasyon süresi) incelenmesi ele alınacaktır. Ayrıca bu kimyasallara ilaveten hem kasar hem de merserizasyonda kullanılabilecek çevreci ve ekonomik bir alternatif olan jelatin polimeri incelenecektir. Kullanılacak jelatin çözeltisi hazırlanacak, ardından glutaraldehit ile modifiye edilecektir. Hazırlanan jelatin/glutaraldehit çözeltisi daha önce literatürde bu amaçla kullanılmamıştır. Önerilen bu projede jelatin/glutaraldehit daha önce bu amaçla kullanılmadığı için ve diğer kimyasallar literatürden farklı sıcaklıklarda ve sürelerde inceleneceği için bu tez çalışması oldukça özgün bir değere sahiptir. Elde edilecek çalışmanın sonuçlarıyla birlikte kostik yerine geçebilecek çevreci kimyasalların üretimi ve araştırması için yerli bir Ar-Ge çalışması başlatılmış olacaktır, aynı zamanda üniversite-sanayii işbirliğini desteklemiş olacaktır.

2. YÖNTEM

2.1 Malzemeler

%100 CO haşılı sökülmüş kumaş (Harput Holding, Kinteks), %46 CO %54 PES karışım kumaş (Harput Holding, Kinteks), beher, manyetik karıştırıcı (BTÜ, Heidolph, MR-HEI TEC), etüv (Miprolab MFL55) , filtre kağıdı (391 Grade, 80 g/m^2 (Filtrak)), sıkma silindiri (Termoteks Tekstil), gonyometre (BTÜ, Attension /Theta Lite), manyetik balık (8*4 mm), Laboratuvar tipi RAM (Termoteks Tekstil), Kopma-Uzama test cihazı (Harput Holding, Maitürk, Tinius Olsen), Boyama Makinesi (Termoteks Tekstil, Eco dyer +), SEM Cihazı (Carl Zeiss/Gemini 300 - Bruker/Xflash 6-100), Spektrofotometre (Termoteks Tekstil, KONICA MINOLTA), Terazi (Termoteks Tekstil, DESIS marka, 300 gr kapasite), Hassas Terazi (BTÜ, Weightlab WL303), tez sırasında kullanılan kimyasal malzemeler ve boyalar Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Tez kapsamında kullanılan kimyasallar ve boyalar.

Kimyasal/Boya	Alındığı yer	Kullanım amacı	Özellikleri
NaOH	SIGMA ALDRICH	Merserize ve kasar	≥98%, pellets
Etanol		Alternatif kimyasal	
Asetik asit	SIGMA ALDRICH	Alternatif kimyasal	≥99%
Jelatin	MERCK	Alternatif kimyasal	Pudra
Glutaraldehit	SIGMA ALDRICH	Çapraz bağlayıcı	50 ağ. % in H_2O 1 L
Combitex ELT	MYD	Kombin kasar	
Perozym H CONC	MYD	Antiperoksit	
Welltex power	MYD	Islatıcı	Kasar için uygundur
Exawet MWA	Maitürk	Islatıcı	Yüksek alkali dayanımı
T-ATC	Termoteks Tekstil	Asit tampon	
Hidrojen Peroksit	ISOLAB	Ağartıcı	%35'lik

Çizelge 2.1 (devam) : Tez kapsamında kullanılan kimyasallar ve boyalar.

Kimyasal/Boya	Alındığı yer	Kullanım amacı	Özellikleri
Dianix Yellow Brown S-2R	Dystar	PES boya	
Dianix Blue E-R	Dystar	PES boya	
Remazol Yellow 3RS	Dystar	Reaktif boya	
Remazol B. Red 3BS	Dystar	Reaktif boya	
Remazol Ultra N. Blue RGB	Dystar	Reaktif boya	

2.2 Metot

2.2.1 Çözelti hazırlama

2.2.1.1 Oksalik asit

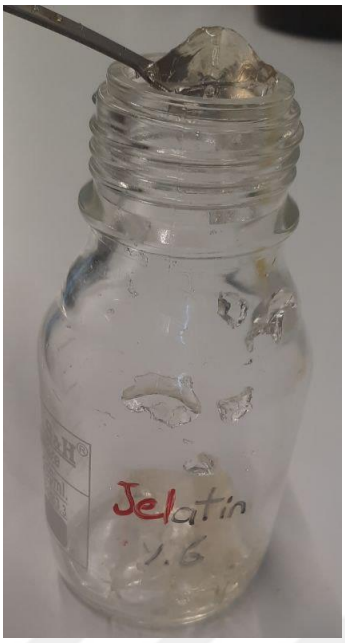
Oksalik asit katı halinde kullanıldı. Proses banyosunda derişimi %2, % 4 ve % 6 olacak şekilde sulu oksalik asit çözeltileri hazırlanmıştır .

2.2.1.2 Kostik

48 Bome, 200 ml (48 Bome = %46,73 (gr/gr)) sulu kostik çözeltisi 20 dk manyetik karıştırıcı yardımıyla oda koşullarında karıştırılarak hazırlanmıştır.

Jelatin-Glutaraldehit

Stok jelatin çözeltisinin derişimini belirlemek için literatür incelenmiş ve maksimum derişimi belirlemek için farklı konsantrasyonlarda çözeltiler hazırlanmıştır. %6 (gr/mL) konsantrasyonuna sahip çözelti kısa bir süre sonra jelleşmeye başladığı için stok çözelti olarak kullanılamayacağına karar verilmiştir. Şekil 2.1'de %6 (gr/mL) konsantrasyonuna sahip jelatin çözeltisi gösterilmektedir. Ardından %4'lük (gr/mL) çözelti hazırlanmış ve oda koşullarında 3 gün bekletilmiştir. %4'lük çözeltide jelleşme gözlemlenmediği için stok çözelti olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.1 : %6 derişimine sahip jelatin stok çözeltisi.

%4'lük 200 ml jelatin çözeltisi 40 ºC'ye ısıtılmış saf su kullanılarak, 20 dk manyetik karıştırıcı ile karıştırılarak hazırlanmıştır. Çözeltinin pH derecesi sodyum hidroksit çözeltisi ile 13'e ayarlanmıştır. Hazırlanan bu çözeltiden 50 ml alınmış ve glutaraldehit ile modifiye edilmiştir.

Jelatin/Glutaraldehit hazırlamak için 50 ml, %4 (gr/mL) jelatin çözeltisi alınmış ve üzerine %50 (gr/mL) glutaraldehit çözeltisinden bir miktar eklenmiş ve manyetik karıştırıcı ile karıştırılmıştır.



Şekil 2.2 : %4 derişime sahip glutaraldehit ile modifiye edilmiş jelatin stok çözeltisi.

Şekil 2.2'de Jelatin/Glutaraldehit çözeltisi bekletildikten sonra görüntüsü verilmiştir. Jelatin/Glutaraldehit çözeltisi oda koşullarında bekletildiğinde jelleşme gözlemlenmiştir. Dolayısıyla proseslerde incelenecek çözelti %4 konsantrasyonuna sahip jelatin çözeltisidir.

2.2.2 Kasar

Design expert programında Box-benkhen yöntemi ile deney koşulları belirlenmiştir. Deney koşulları her kimyasal için ayrı ayrı tekrarlanmıştır. Ayrıca bu deneyler hem %100 pamuk (CO) hem de % 46 pamuk (CO) - %54 poliester (PES) içeriğine sahip olan kumaşlar için uygulanmıştır. Toplam olarak 150 deney yapılmıştır. Ardından ağırlık kaybı, temas açısı ve ıslanabilirlik testleri yapılmış olup elde edilen deney sonuçlarına göre her kumaş kalitesinde her kimyasal için optimum koşul belirlenmiştir ve optimum koşullarda tekrar 10 kasar deneyi yapılmıştır.

Kasar prosesi hem %100 pamuk hem de pamuk – poliester (%46 CO ve %54 PES) karışım kumaşına uygulanmıştır.

Kumaşlar haşılı sökülmüş bir şekilde Kinteks firmasından temin edilmiştir. Ardından kumaşlar 10*10 cm olacak şekil kesilmiştir. Sonrasında kumaşlar tartılmış ve ağırlıkları kaydedilmiştir.

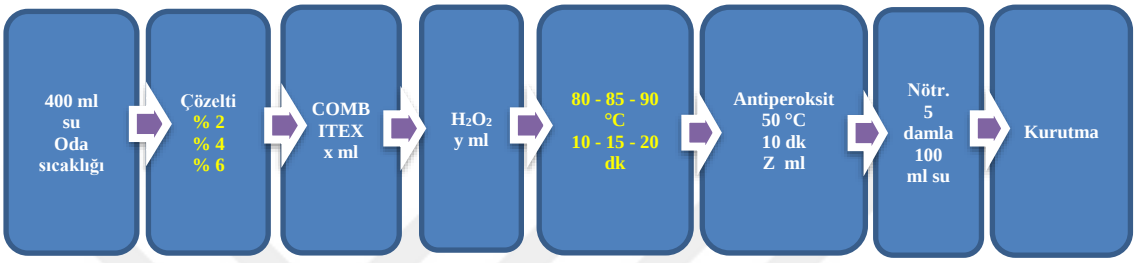
Kumaşlar ilk başta 400 ml'lik suyun içine hava koşullarında daldırılmıştır. Kumaşın suda hareketini sağlamak için manyetik karıştırıcı 270 rpm ayarlanarak kullanılmıştır ve istenen sıcaklığa ayarlanmıştır. Sıcaklık yükselirken kimyasallar eklenmiştir. İlk olarak hazırlanan stok çözeltiden banyodaki derişimi %2 olacak şekilde eklenmiş ve banyonun pH derecesi ölçülüp kaydedilmiştir. 5 dk beklemeden sonra kombin kasar malzemesi üretici firmanın tavsiyesi üzerine bir miktar eklenmiştir. Kombin kasar malzemesi (COMBITEX ELT) MYD Kimya firmasından temin edilmiştir. Sonrasında 5 dk beklenmiş ve ağartma maddesi olan hidrojen peroksit eklenmiştir.

Beherdeki çözelti istenen sıcaklığa geldikten sonra gereken sürede bekletilmiştir. Örneğin; %2 çözelti derişiminde 85 °C'de 20 dk koşulları incelenecekse, kumaş 85 °C'de 20 dk boyunca beherde manyetik karıştırıcı yardımıyla karıştırmaya bırakılmıştır. Ardından 50 °C'de 10 dk antiperoksit işlemi yapılmıştır. Bu işlem ayrı beherde temiz suda yapılmıştır, kasar banyosunun üzerine ekleme yapılmamıştır. Antiperoksit kimyasalı olarak PEROZYM HO CONC kullanılmış ve MYD Kimya firmasından temin edilmiştir. Antiperoksit miktarı üretici firmanın tavsiyesi üzerine

ayarlanmıştır. Sonrasında yeni bir behere 100 ml su alınmış, üzerine birkaç damla asetik asit eklenmiş ve kumaş hava koşullarında 1 dk süreliğine karştırılmıştır. Son olarak etüvde 70 °C'de 10 dk bekletilerek kurutulmuştur.

Derişim, sıcaklık ve süre kasar deney setindeki deney koşullarında gerçekleştirilmiştir. Deney seti her kimyasal için ayrı ayrı tekrarlanmıştır. Ayrıca %100 CO ve CO/PES karışımı için ayrı ayrı yapılmıştır. Dolayısıyla 150 deney gerçekleştirilmiştir.

Gerçekleştirilen kasar prosesin deneylerinin diyagramı Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3 : Kasar prosesi diyagramı.

Yapılan kasar deneylerinin koşulları çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 : Kasar deneylerinin koşulları.

Std	Run	% (gr/mL)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)
4	6	6	90	15
8	9	6	85	20
6	11	6	85	10
2	12	6	80	15
15	1	4	85	15
12	2	4	90	20
9	3	4	80	10
11	4	4	80	20
10	8	4	90	10
13	10	4	85	15
14	14	4	85	15
7	5	2	85	20
1	7	2	80	15
3	13	2	90	15
5	15	2	85	10

Testlerin sonucunda belirlenen kasar deneylerinin optimum koşulları çizelge 2.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.3 : Kasar prosesinde belirlenen optimum deney koşulları.

Kumaş	No.	Kimyasal	Derişim (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)
CO	1	NaOH	6	80	20
	2	Jelatin	6	80	10
	3	CH_3CH_2OH	4	90	10
	4	$(COOH)_2$	2	80	10
	5	CH_3COOH	6	90	20
CO-PES	6	NaOH	6	80	10
	7	Jelatin	6	83	10
	8	CH_3CH_2OH	6	90	10
	9	$(COOH)_2$	3	80	20
	10	CH_3COOH	2	90	20

2.2.3 Merserizasyon

Design expert programında Central Composite yöntemi ile deney koşulları belirlenmiştir. Deney koşulları her kimyasal için ayrı ayrı tekrarlanmıştır. Merserizasyon deneyleri sadece %100 CO içeriğine sahip olan kumaşlar için uygulanmıştır. Kumaşlara Termoteks Tekstil'de işletme koşullarında kasar işlemi yapılmıştır. Sonrasında 15*15 cm olacak şekilde kesilip 3 ip overlok PES ipliği ile kenarları dikilmiştir. Toplam olarak 65 deney yapılmıştır. Yapılan bu deneylerin ağırlık kaybı, ıslanabilirlik ve temas açısı sonuçlarına bağlı olarak optimum koşullar belirlenmiş ve optimum koşullarda tekrar 5 merserize deneyi yapılmıştır.

Merserizasyon prosesinde, kumaşlar Exawet MWA ıslatma ile kostik soda çözeltilerinin farklı konsantrasyonlarında 20 °C'de farklı sürelerde merserize edilmiştir. Kumaşlar merserize çözeltisi ile muamele edildikten sonra, iki kez sıcak su ve bir kez soğuk su ile durulanmış, %10 T-ATC çözeltisi kullanılarak nötralize edilmiş ve son olarak soğuk su ile durulanmıştır ('Khalifa 2017).

Çizelge 2.4 : Merserizasyon deneylerinin koşulları.

Std	Run	% (gr/mL)	Süre (sn)
13	1	20	90
8	2	20	132
2	3	25	60
5	4	12.9	90
1	5	15	60
3	6	15	120
6	7	27.1	90
9	8	20	90

Çizelge 2.4 (devam) : Merserizasyon deneylerinin koşulları.

Std	Run	% (gr/mL)	Süre (sn)
7	9	20	48
11	10	20	90
10	11	20	90
12	12	20	90
4	13	25	120

Çizelge 2.5 : Merserizasyon prosesi için deneylerde belirlenen optimum koşullar.

Kimyasal	Derişim (%)	Süre (sn)
NaOH	15	60
Jelatin	15	60
CH_3CH_2OH	15	60
$(COOH)_2$	25	60
CH_3COOH	15	120

2.3 Testler

2.3.1 Ağırlık kaybı

Kumaş herhangi işleme tabi tutulmadan önce tartılmıştır. Havayla kurutma işleminden sonra, işlem görmüş pamuklu kumaşlar, ekstra nemin tamamen giderilmesini sağlamak için 24 saat kurutulmuş ve ardından kumaşlar tartılmıştır (Joshi ve diğ. 2013). Ağırlık kaybı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\%W_k = (W_i - W_s)/W_s \quad (2.1)$$

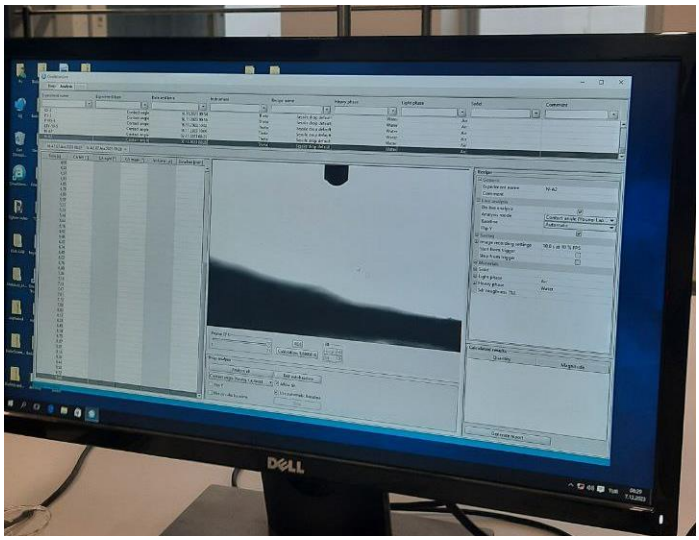
Burada, Wi ve Ws, sırasıyla yıkamadan önceki ve sonraki kumaş ağırlıklarıdır. Wk, ağırlık kaybıdır.

2.3.2 Islanabilirlik

Kumaşlar tartıldıktan sonra 250 ml saf suda 5 dakika süreyle beher içinde ıslatılmıştır. Çıkartılmasından sonra fazla suyu uzaklaştırmak için hafifçe filtre kâğıdı ile silinmiştir ve ardından hemen tekrar tartılmıştır. Ardından etüvde 80 °C'de 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 dakika kademeli kurutma yapılmıştır. Bu aralıkların her birinde numunenin ağırlıkları analitik terazi kullanılarak kaydedilmiştir. İşlem her örnek için üç kez tekrarlanarak ortalaması alınmıştır (Boryo ve diğ. 2013).

2.3.3 Temas açısı

Kumaşın hidrofilikliği Bursa Teknik Üniversitesi, Kimya Mühendisliği laboratuvarındaki gonyometre cihazı kullanılarak ölçülmüştür (Singh ve diğ. 2018).



Şekil 2.4 : BTÜ, gonyometre ile yapılan temas açısı tayini.

2.3.4 Beyazlık indeksi

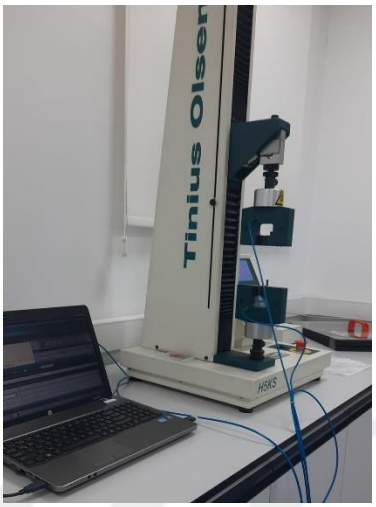
Beyazlık indeksi testi sadece kasar 5 numune %100 CO ve 5 numune PES/CO karışımı için yapılmıştır. Yapılan testler D65-10° ışık kaynağında Termoteks Tekstil firmasının laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.5 : Spektrofotometre Termoteks Tekstil.

2.3.5 Kopma uzama

Kopma uzama testi Maitürk firmasında Tinius Olsen cihazı kullanarak EN ISO 13934-2:2014 standardına göre yapılmıştır.



Şekil 2.6 : Kopma-uzama test cihazı.

2.3.6 Lineer yoğunluk

Kumaşların doğrusal yoğunluğu, tekstilin inceliğini veya kabalığını tanımlar. Birim uzunluk başına kütle olarak tanımlanır (Boryo ve diğ. 2014). Linear yoğunluk merserize yapılmış kumaşlar için hesaplanmıştır.

$$LY = m \times \frac{1000}{l} \tag{2.2}$$

LY; lineer yoğunluk, m; kütle (g) ve l; lif uzunluğu (mm).

2.3.7 SEM analizi

BTÜ, Merlab'da bulunan SEM cihazı kullanarak %100 CO merserize yapılmamış ve %100 CO merserize edilmiş 5 numunenin görüntüleri incelenmiştir. Mikroskop 15 kV'luk bir hızlandırma voltajı altında çalıştırılmıştır. Elyafı iletken ve analize uygun hale getirmek için yaklaşık 20 nm'lik ince bir altın tabakası ile ön kaplama yapılmıştır (Rebelo ve diğ. 2019).

2.3.8 Boya alımı

Bu makinelerde yapılan boyama islemlerinin hepsi baştan koyma yöntemine (all - in) göre 60 °C' de, 60 dk; alkali dozajlanarak yapılmıştır. Yapılan boyamalar sonrası kumasların renk verimleri Termoteks Tekstilde bulunan spektral fotometreler ile

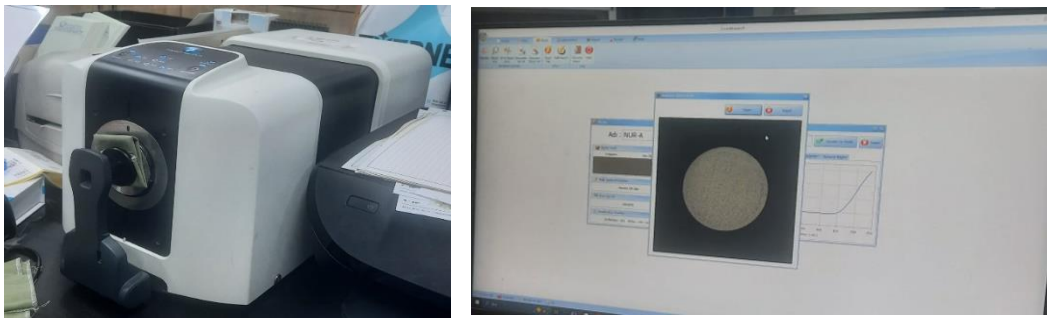
değerlendirilmistir (Bahar 2006). Boyama reçeteleri pamuk kumaşları ve pamuk-poliester karışım kumaşları için sırasıyla Çizelge 2.6 ve Çizelge 2.7'de verilmiştir.

Çizelge 2.6 : CO kumaş boyama reçetesi.

Boya Tipi	Boya İsmi	%
Reaktif	Remazol Yellow 3RS	0,63
Reaktif	Remazol B. Red 3BS	0,098
Reaktif	Remazol Ultra N. Blue RGB	0,34

Çizelge 2.7 : CO/PES kumaş boyama reçetesi.

Boya Tipi	Boya İsmi	%
Dispers	Dianix Yellow Brown S-2R	0,417
Dispers	Dianix Blue E-R	0,18
Reaktif	Remazol Yellow 3RS	0,63
Reaktif	Remazol B. Red 3BS	0,098
Reaktif	Remazol Ultra N. Blue RGB	0,34



Şekil 2.7 : Boya alımı değerlendirmek için yapılan spektrofotometre ölçümü.

2.3.9 Sürtme haslığı

Kuru ve yaş sürtme haslıkları Termoteks Tekstil'de ISO 105 X12:2001 standartına göre yapılmıştır.



Şekil 2.8 : Yaş ve kuru sürtme haslığı testi.

2.3.10 Yıkama haslığı

Yıkama haslığı Termoteks Tekstil'de ISO 105-A2S standartına göre yapılmıştır.



Şekil 2.9 : Yıkama haslığı test cihazı.

3. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

3.1 Kasar Deneyleri

3.1.1 Ağırlık kaybı

Ağırlık kaybı testleri yapılmış olup Çizelge 3.1'de optimum koşullarda gerçekleştirilen ağırlık kaybı sonuçları verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Kasar deneylerinin ağırlık kaybı sonuçları.

Kumaş	Kimyasal	Derişim (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Ağırlık kaybı (%)
CO	NaOH	6	80	20	2,55
	Jelatin	6	80	10	3,76
	CH_3CH_2OH	4	90	10	4,08
	$(COOH)_2$	2	80	10	2,69
	CH_3COOH	6	90	20	4,23
CO-PES	NaOH	6	80	10	1,47
	Jelatin	6	83	10	0,44
	CH_3CH_2OH	6	90	10	9,43
	$(COOH)_2$	3	80	20	10,47
	CH_3COOH	2	90	20	1,66

%100 CO kumaşı için %6 kostik derişiminde, 80 °C ve 20 dakika işlem sonucunda %2,55 ağırlık kaybı görülmüştür. NaOH, pektin ve balmumu gibi doğal safsızlıkları etkili bir şekilde çözer. Ancak pamuklu kumaşta düşük derecede ağırlık kaybı, işlem sırasında sadece safsızlıkların giderildiğini gösterir. Jelatin için bakıldığında ise %6 derişimde 80 °C ve 10 dakika işlem sonucunda %3,76'lik bir ağırlık kaybı gerçekleşmiştir. Jelatin organik bir madde olup, düşük sıcaklıklarda pamuk üzerindeki bazı safsızlıkları çözebilir. Ağırlık kaybı NaOH'den yüksek olsa da, jelatin işlemi, kumaşın selüloz yapısına zarar vermeden çalışır. Meydana gelen ağırlık kaybı işlem sırasında kumaşların kenarlarından kaçan ipliklerden kaynaklanmış olabilmektedir. %4 etanol derişiminde ise 90 °C ve 10 dakikalık işlem sonucunda %4,08'lik ağırlık kaybı görülmüştür. Etanol, balmumu ve yağ gibi safsızlıkları çözmede etkilidir. Bu deneydeki yüksek ağırlık kaybı, pamuklu kumaşın yüzeyindeki lipofilik safsızlıkların temizlenmesinden kaynaklanmaktadır. %2 oksalik asit derişiminde, 90 °C ve 10 dakika işlem sonucunda %2,69'lık bir ağırlık kaybı olmuştur. Oksalik asit, pamuk

üzerindeki mineral ve metal iyonlarını temizler. Ağırlık kaybı, NaOH'den biraz yüksek ancak etanolden düşüktür. Bu, oksalik asidin safsızlıkları temizlemede orta seviyede etkili olduğunu gösterir. Asetik asit değerlendirildiğinde %6 derişimde, 90 °C ve 20 dakika işlem sonucunda %4,23'lük ağırlık kaybı görülmüştür. Asetik asit, organik safsızlıkları çözmede etkili olup, yüksek sıcaklık ve uzun süre nedeniyle ağırlık kaybı diğer kimyasallara kıyasla daha yüksek çıkmıştır.

CO-PES kumaşı değerlendirmeye alındığında %6 kostik derişiminde, 80 °C ve 20 dakika işlem sonucunda %1,47'lik ağırlık kaybı gerçekleşmiştir. Pamuk-polyester karışımında NaOH, yalnızca pamuk kısmındaki safsızlıkları temizler. Bu nedenle, ağırlık kaybı saf pamuklu kumaşa göre daha düşüktür. %6 jelatin derişiminde, 80 °C ve 10 dakika işlem sonucunda %0,44'lük bir ağırlık kaybı olmuştur. Bu sonuç, jelatinin poliester kısmına etki etmediğini ve pamuk kısmında da sınırlı bir temizlik yaptığını göstermektedir. %4 etanol derişiminde, 90 °C ve 10 dakikalık işlem sonucunda ise %9,43'lük bir ağırlık kaybı görülmüştür. Etanol, karışık kumaşta lipofilik safsızlıkları çözmede oldukça etkilidir. Ağırlık kaybı çok yüksektir, çünkü pamuk ve poliester yüzeyindeki yağ ve balmumu kalıntılarını temizlemiştir. %2 derişimde oksalik asit kullanıldığında, 90 °C ve 10 dakika işlem sonucunda %10,47 oranında bir ağırlık kaybı olmuştur. Oksalik asit, pamuk- poliester karışımında etkili bir temizlik yapmıştır. Ağırlık kaybının yüksek olması, her iki lif yüzeyindeki safsızlıkların temizlenmesinden kaynaklanır. Son olarak da %2 asetik asit derişiminde, 90 °C ve 20 dakika işlem sonucunda %1,66'lık ağırlık kaybı gerçekleşmiştir. Asetik asit, pamuk- poliester karışımında daha az etkilidir, çünkü safsızlıkların çözünürlüğü sınırlıdır.

3.1.2 Islanabilirlik

Islanabilirlik testleri yapılmış olup Çizelge 3.2'de optimum koşullarda gerçekleştirilen kasar deneylerinin ıslanabilirlik sonuçları verilmiştir.

Çizelge 3.2 : Kasar deneylerinin ıslanabilirlik testinin sonuçları.

Kumaş	Deney No.	Kimyasal	W_0	W_i	W_5	W_{10}	W_{15}	W_{20}	W_{25}	W_{30}
CO	1	NaOH	1,24	3,33	1,28	1,23	1,23	1,22	1,22	1,22
	2	Jelatin	1,16	3,26	1,29	1,15	1,14	1,14	1,14	1,14
	3	CH_3CH_2OH	1,19	3,15	1,55	1,18	1,17	1,17	1,17	1,16
	4	$(COOH)_2$	1,28	3,20	2,25	1,56	1,28	1,26	1,26	1,26
	5	CH_3COOH	1,20	3,15	2,21	1,29	1,19	1,18	1,17	1,17

Çizelge 3.2 (devam) : Kasar deneylerinin ıslanabilirlik testinin sonuçları.

CO-PES	6	NaOH	1,35	3,40	1,46	1,35	1,34	1,34	1,34	1,34
	7	Jelatin	1,29	3,68	2,34	1,34	1,28	1,28	1,28	1,28
	8	CH_3CH_2OH	1,39	3,99	2,53	1,48	1,38	1,38	1,38	1,37
	9	$(COOH)_2$	1,42	4,04	2,96	1,98	1,42	1,41	1,41	1,41
	10	CH_3COOH	1,29	3,42	2,44	1,50	1,29	1,28	1,28	1,29

Başlangıç ağırlıkları (W_0):

CO kumaşı için başlangıç ağırlıkları (1,16–1,28 aralığında) daha düşük olup, CO-PES kumaşı için (1,29–1,42) biraz daha yüksektir. Bu, CO-PES kumaşının daha yoğun bir yapıya sahip olabileceğini veya başlangıçta daha fazla sıvı tutabilme kapasitesine sahip olduğunun göstergesi olabilir.

Wi Değerleri (maksimum ağırlık):

CO kumaşı, farklı kimyasallarla 3,15 ile 3,33 arasında değişen maksimum ağırlıklara ulaşmıştır.

CO-PES kumaşı ise daha yüksek Wi değerleri (3,40–4,04) sergilemiştir. Bu durum, CO-PES kumaşının sıvıyı daha fazla absorbe ettiğini ve bu nedenle daha geçirgen bir yapıya sahip olabileceğini ifade etmektedir.

W_5 ve sonraki değerler (ağırlık azalışı):

Her iki kumaşta da 5. dakikadan itibaren ağırlık değerleri azalma eğilimi göstermektedir. Bu durum, kumaşın emdiği sıvının bir kısmının buharlaştığını gösterebilir.

CO kumaşında ağırlık azalımı daha hızlı gerçekleşirken, CO-PES kumaşında azalma daha yavaş ve stabil bir seyir izlemiştir.

Kimyasalların Etkisi:

NaOH:

- CO kumaşı: maksimum ağırlık (Wi: 3,33) elde edildikten sonra ağırlık düzenli olarak azalmış ve 30. dakikada 1,22'ye düşmüştür.
- CO-PES kumaşı: Wi değeri daha yüksek (3,40) ve ağırlık kaybı daha azdır. Bu, CO-PES kumaşının NaOH'a daha dayanıklı olduğunu gösterir.

Jelatin:

- CO kumaşı: Jelatin etkisiyle Wi (3,26) sonrası ağırlıkta hızlı bir azalma görülmüştür ve W_{30} 1,14 olarak kaydedilmiştir.
- CO-PES kumaşı: CO kumaşına kıyasla daha yüksek emilim kapasitesi sergileyerek Wi 3,68'e ulaşmış ve ağırlık kaybı daha yavaş gerçekleşmiştir.

CH_3CH_2OH:

- CO kumaşı: Maksimum ağırlık (3,15), 5. dakikadan sonra hızla azalmış ve 1,17'ye ulaşmıştır.
- CO-PES kumaşı: Wi değeri daha yüksek (3,99) olmakla birlikte ağırlık azalışı CO kumaşına göre daha stabil kalmıştır.

$(COOH)_2$:

- CO kumaşı: Wi 3,20'den başlayarak, hızlı bir şekilde azalmış ve 30. dakikada 1,26'ya düşmüştür.
- CO-PES kumaşı: Wi (4,04) değeri en yüksek olan testlerden biridir. Ancak, ağırlık düşüşü daha yavaş gerçekleşmiştir.

CH_3COOH:

- CO kumaşı: Wi 3,15 değerinden 5. dakikadan itibaren ağırlık kaybetmiş ve 30. dakikada 1,17'ye düşmüştür.
- CO-PES kumaşı: Daha fazla sıvı emme kapasitesiyle Wi 3,42'ye ulaşmış, ancak buharlaşma sonrası ağırlık daha stabil bir seviyede (1,29) kalmıştır.

Sonuç olarak CO ve CO-PES kumaşlarının kimyasal madde etkisi altında sıvı absorpsiyonu ve ağırlık kaybı davranışları karşılaştırılmıştır. CO-PES kumaşının genellikle daha fazla sıvı absorbe ettiği ve ağırlık kaybı açısından da daha stabil olduğu görülmüştür.

3.1.3 Temas açısı

Kumaşın hidrofilitesini belirlemek için, ıslatılan kumaşın yüzeyi ile sıvı damlası arasındaki açı olan yapısal temas açısı belirlenmiştir. Testi uygularken su kumaşa damlatıldığı anda emilmiştir dolayısıyla bütün kumaşlarda açı 0 olduğundan dolayı kumaşların hepsi süperhidrofilik olarak kabul edilmiştir.

3.1.4 Beyazlık indeksi

Beyazlık indeksi okumaları yapılmış olup Çizelge 3.3'te optimum koşullarda gerçekleştirilen kasar deneylerinin beyazlık indeksi sonuçları verilmiştir. Ham CO kumaşın Berger değeri 29,52, PES/CO karışımı için ise bu değer 27,36'dur.

Çizelge 3.3 : Kasar deneylerinin beyazlık indeksi sonuçları.

Kumaş	Kimyasal	Derişim (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	CIE Beyazlık Indeksi
CO	NaOH	6	80	20	50,54
	Jelatin	6	80	10	43,25
	CH_3CH_2OH	4	90	10	44,92
	$(COOH)_2$	2	80	10	39,35
	CH_3COOH	6	90	20	40,27
CO-PES	NaOH	6	80	10	50,12
	Jelatin	6	83	10	41,87
	CH_3CH_2OH	6	90	10	42,68
	$(COOH)_2$	3	80	20	38,40
	CH_3COOH	2	90	20	40,09

Beyazlık indeksi sonuçlarına bakıldığında;

CO Kumaşı:

- Kostik (NaOH) ile İşlem: Beyazlık indeksi en yüksek değeri (50,54) vermiştir. Bu, NaOH'un CO kumaşın beyazlatılmasında etkili olduğunu göstermektedir.
- Jelatin ile İşlem: Beyazlık indeksi 43,25'tir, bu da jelatinin NaOH kadar etkili olmadığını göstermiştir.
- Etanol (CH_3CH_2OH) ile İşlem: Beyazlık indeksi 44,92 ile Jelatin'e kıyasla daha yüksek, ancak NaOH'un gerisindedir.
- Oksalik Asit ($(COOH)_2$) ile İşlem: En düşük beyazlık indeksi (39,35) değerini vermiştir.
- Asetik Asit (CH_3COOH) ile İşlem: 42,42 değeri ile oksalik asitten daha iyi, ancak diğerlerine göre daha düşük bir performans göstermiştir.

Sonuç olarak NaOH, beyazlatma açısından diğer kimyasallardan belirgin şekilde daha iyi bir performans sergilemiştir.

CO-PES Kumaş Karışımı:

- Kostik (NaOH) ile İşlem: Beyazlık indeksi yine yüksek bir değer (50,12) ile başlamıştır, ancak CO kumaşındaki kadar yüksek değildir.
- Jelatin ile İşlem: Beyazlık indeksi kostiğe göre 41,87'ye düşmüş ve CO kumaşına benzer şekilde performansı azalmıştır.
- Etanol (CH_3CH_2OH) ile İşlem: Beyazlık indeksi 42,68 ile jelatine yakın bir performans göstermiştir.
- Oksalik Asit ($(COOH)_2$) ile İşlem: En düşük beyazlık indeksi (38,40) değeri CO kumaşına paralel bir şekilde oksalik asidin etkisizliğini göstermiştir.
- Asetik Asit (CH_3COOH) ile İşlem: Beyazlık indeksi 40,09 ile oksalik asitten daha iyi, ancak diğer işlemlerden daha düşüktür.

NaOH ile kasar yapıldığında her iki kumaş türünde de en yüksek beyazlık indeksi değerini sağlamıştır, ancak CO kumaşında (50,54) CO-PES'e (50,12) kıyasla biraz daha etkili olmuştur. Diğer kimyasallarda ise CO kumaşında beyazlık indeksi değerleri daha yüksek olmuştur.

3.1.5 Kopma-uzama

Kopma-uzama testi yapılmış olup Çizelge 3.4'te optimum koşullarda gerçekleştirilen kasar deneylerinin kopma-uzama sonuçları verilmiştir.

Çizelge 3.4 : Kasar deneylerinin kopma-uzama sonuçları.

Kumaş	Kimyasal	Derişim (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Yön	Kuvvet (N)	Uzama (%)
CO	NaOH	6	80	20	Atkı	150	12,2
					Çözgü	210	8,7
	Jelatin	6	80	10	Atkı	170	11,8
					Çözgü	210	8,2
	CH_3CH_2OH	4	90	10	Atkı	160	12,1
					Çözgü	210	8,3
	$(COOH)_2$	2	80	10	Atkı	140	11,6
					Çözgü	200	7,6
	CH_3COOH	6	90	20	Atkı	150	11,7
					Çözgü	190	10,2
CO-PES	NaOH	6	80	10	Atkı	110	6,3
					Çözgü	640	18,4
	Jelatin	6	83	10	Atkı	160	6,1
					Çözgü	770	19,1
	CH_3CH_2OH	6	90	10	Atkı	150	6

Çizelge 3.4 (devam) : Kasar deneylerinin kopma-uzama sonuçları.

				Çözgü	830	20,5
$(COOH)_2$	3	80	20	Atkı	150	6
				Çözgü	850	21
CH_3COOH	2	90	20	Atkı	190	6,5
				Çözgü	810	19,6

Kopma-uzama testi sonuçları, farklı kimyasal işlem ve koşullara tabi tutulan CO (pamuklu) ve CO-PES (pamuk-polyester karışımlı) kumaşların mekanik özelliklerindeki değişimi değerlendirmek amacıyla incelenmiştir.

CO Kumaşı:

- NaOH İşlemi (%6, 80 °C, 20 dk):

  Atkı yönünde kopma kuvveti 150 N, uzama %12,2 olarak ölçülmüştür. Çözgü yönünde kopma kuvveti 210 N olup uzama %8,7'dir. Bu sonuç, NaOH'nin pamuk liflerinin yüzeyindeki amorf bölgeleri etkileyerek çözgü yönünde daha fazla kuvvet taşımasına neden olduğunu göstermektedir. Ancak, atkı yönünde uzama daha yüksek olsa da kuvvet daha düşük kalmıştır.

- Jelatin İşlemi (%6, 80 °C, 10 dk):

  Atkı yönünde kopma kuvveti 170 N ve uzama %11,8, çözgü yönünde kuvvet 210 N ve uzama %8,2 olarak tespit edilmiştir. Jelatin işlemi, liflerin bir miktar kaplanmasını sağlayarak mukavemeti kısmen iyileştirmiş, ancak çözgü yönündeki uzamayı azaltmıştır.

- Etanol (CH_3CH_2OH, %4, 90 °C, 10 dk):

  Atkı yönünde kopma kuvveti 160 N, uzama %11,5; çözgü yönünde kuvvet 200 N ve uzama %7,9'dur. Etanol işlemi, pamuklu kumaşların çözgü yönündeki mekanik özelliklerini sınırlı oranda etkilemiştir. Atkı yönünde nispeten iyi uzama sağlamıştır.

- Oksalik Asit (%2, 80 °C, 10 dk):

  Atkı yönünde kopma kuvveti 140 N, uzama %11,6; çözgü yönünde kuvvet 200 N ve uzama %7,6'dır. Oksalik asit kullanımı çözgü yönünde kopma kuvvetini yüksek tutarken, atkı yönünde kopma kuvvetini azaltmış ve uzama performansını sınırlı şekilde etkilemiştir.

- Asetik Asit (CH_3COOH, %6, 90 °C, 20 dk):

Atkı yönünde kuvvet 150 N, uzama %11,7; çözgü yönünde kuvvet 190 N, uzama %10,2'dir. Asetik asit işleminde çözgü ve atkı yönündeki uzama değerlerinin birbirine yakın olduğu, ancak çözgü yönünde kopma kuvvetinin yüksek olduğu görülmektedir.

CO-PES Kumaşı (Pamuk-Polyester Karışımlı Kumaş)

- NaOH İşlemi (%6, 80 °C, 10 dk):

  Atkı yönünde kopma kuvveti 110 N, uzama %6,3; çözgü yönünde kuvvet 640 N ve uzama %18,4'tür. Çözgü yönünde kopma kuvveti oldukça yüksek olup bu durum poliester liflerinin katkısıyla ilişkilidir. Atkı yönünde uzama ve kuvvet daha düşüktür.

- Jelatin İşlemi (%6, 83 °C, 10 dk):

  Atkı yönünde kuvvet 160 N, uzama %6,1; çözgü yönünde kuvvet 770 N, uzama %19,1'dir. Jelatin kaplama, çözgü yönünde kuvvet ve uzama değerlerini artırarak CO-PES kumaşların performansını iyileştirmiştir.

- Etanol (CH_3CH_2OH, %6, 90 °C, 10 dk):

  Atkı yönünde kopma kuvveti 150 N, uzama %6,0; çözgü yönünde kuvvet 830 N, uzama %20,5'tir. Etanol işlemi, çözgü yönünde önemli derecede kopma kuvveti ve uzama değerini artırmış, atkı yönünde değerler sabit kalmıştır.

- Oksalik Asit (% 3, 80 °C, 20 dk):

  Atkı yönünde kuvvet 150 N, uzama %6,5; çözgü yönünde kuvvet 850 N, uzama %21,4'tür. Oksalik asit çözgü yönünde en yüksek kopma kuvveti ve uzama değerlerini sağlamış, poliester liflerinin kimyasal dayanımını daha fazla desteklemiştir.

- Asetik Asit (CH_3COOH, 2, 90 °C, 20 dk):

  Atkı yönünde kuvvet 190 N, uzama % 6,5; çözgü yönünde kuvvet 810 N, uzama %19,6'dır. Asetik asit kullanımı çözgü yönünde yüksek kuvvet ve uzama sağlarken atkı yönündeki uzama değerlerini sınırlı tutmuştur.

3.1.6 Boya alımı

Kumaşların boya alımını değerlendirmek için Termoteks Tekstil laboratuvarında bulunan spektrofotometre cihazı kullanıldı ve numunelerin ölçümü yapıldıktan sonra

sadece kasar yapılmış pamuk kumaşlar kendi içinde karşılaştırıldı. Ayrıca kasar işlemi görmüş pamuk-poliester kumaşlarının karşılaştırılması da kendi içinde yapılmıştır. Renk karşılaştırmada kostik ile işlem görmüş kumaş standart olarak kabul edilmiştir. Çizelge 3.5'te ve Çizelge 3.6'da ölçümlerin sonucu verilmiştir.

Çizelge 3.5 : Kasar yapılmış CO kumaş deneylerinin renk karşılaştırması.

Kimyasal	Işık Kaynağı	DL*
Jelatin	D65-10°	0,967
	A-10°	0,99
	TL84-10°	0,99
Etanol	D65-10°	1,595
	A-10°	1,634
	TL84-10°	1,643
Asetik Asit	D65-10°	1,113
	A-10°	1,123
	TL84-10°	1,128
Oksalik Asit	D65-10°	1,655
	A-10°	1,68
	TL84-10°	1,698

Çizelge 3.6 : Kasar yapılmış CO/PES kumaş deneylerinin renk karşılaştırması.

Kimyasal	Işık Kaynağı	DL*
Jelatin	D65-10°	0,807
	A-10°	0,787
	TL84-10°	0,825
Etanol	D65-10°	0,232
	A-10°	0,21
	TL84-10°	0,257
Asetik Asit	D65-10°	0,428
	A-10°	0,481
	TL84-10°	0,48
Oksalik Asit	D65-10°	0,69
	A-10°	0,663
	TL84-10°	0,689

Boya verimi, kasar yapılmış pamuk kumaşın, çeşitli ışık kaynakları altında renk değişimlerini (DL*) göstermektedir. Kostik ile kasar yapılmış kumaş, referans olarak alınmıştır.

DL* değeri, kumaşın ışık altında ne kadar farklı bir renk algıladığını ifade eder. DL* değeri ne kadar düşükse, kumaşın referansa yakın olduğu söylenebilir. Bu değer pozitif

ise renk standart renge göre açık, negatif ise renk standart renge göre koyu olduğunu ifade eder.

- Jelatin: En düşük DL * değerine sahiptir (0,967 ve 0,99). Bu, referans kumaşa en yakın renk değişiminin jelatin ile elde edildiğini gösterir.
- Etanol: DL * değerleri (1,595–1,643) referanstan daha uzak bir renk değişimini gösterir.
- Asetik Asit: DL * değerleri orta seviyededir (1,113–1,128).
- Oksalik Asit: En yüksek DL * değerlerine sahiptir (1,655–1,698). Bu, referanstan en uzak renk değişimini ifade eder.

Sonuç olarak, bu verilere göre jelatin kullanılarak yapılan kasar işlemi, renk alımı açısından referans kumaşa en yakın sonucu vermektedir. Ancak kostik ile yapılmış kumaş daha koyu olduğunu gösterir. Bu da kostik kullanarak renk alımının daha iyi olduğunu ifade eder. Oksalik asit ise renk alımı üzerinde en büyük farklılığı yaratmaktadır.

CO-PES (pamuk-poliester karışımlı) kumaşların renk alımı sonuçlarına bakıldığında;

- Jelatin: DL* değerleri (0,787–0,825) oldukça düşük seviyededir. Referansa yakın sonuçlar elde edilmiştir.
- Etanol: En düşük DL* değerine sahiptir (0,21–0,257). Bu, etanol kullanılarak yapılan kasar işleminin referansa en yakın renk alımı sağladığını gösterir.
- Asetik Asit: DL* değerleri (0,428–0,481) orta seviyededir. Referanstan bir miktar uzak renk değişimi gözlemlenmiştir.
- Oksalik Asit: DL* değerleri (0,663–0,689) jelatin ve etanole göre daha yüksektir, ancak aşırı bir renk değişimi göstermemektedir.

Etanol, CO-PES kumaşlarda referansa en yakın renk alımını sağlamaktadır. Jelatin de benzer şekilde düşük DL* değerleri ile iyi bir performans göstermektedir. Asetik asit ve oksalik asit ise diğer kimyasallara kıyasla daha yüksek DL* değerleri ile referanstan daha uzak bir renk değişimi göstermektedir. Fakat kostik ile yapılmış kumaş daha koyu olduğunu gösterir. Bu da kostik kullanıldığında renk alımının daha iyi olduğunu ifade etmektedir.

3.1.7 Sürtme ve yıkama haslığı

Şekil 3.1'de kasar yapılmış CO ve CO/PES kumaşları için sürtme ve yıkama haslıkları değerlendirilmesi gösterilmiştir. Değerlendirmelerin sonucu Çizelge 3.7 ve Çizelge 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3.7 : Kasar yapılmış pamuk kumaşın haslık sonuçları.

Kimyasal	Yıkama haslığı							Sürtme haslığı	
	Pamuk	Asetat	Pamuk	Naylon	Poliester	Akrilat	Yün	Kuru	Yaş
İşlemsiz	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Kostik	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Jelatin	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4
Etanol	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4
Asetik Asit	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4
Oksalik Asit	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4

Çizelge 3.8 : Kasar yapılmış pamuk-poliester kumaşın haslık sonuçları.

Kimyasal	Yıkama haslığı							Sürtme haslığı	
	Pamuk	Asetat	Pamuk	Naylon	Poliester	Akrilat	Yün	Kuru	Yaş
İşlemsiz	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Kostik	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Jelatin	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Etanol	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4
Asetik Asit	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Oksalik Asit	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4



Şekil 3.1 : Yıkama ve sürtme haslıklarının değerlendirilmesi.

Çizelge 3.7 ve 3.8'de ilk sütunda boyalı pamuk kumaş parçasına ait değerlendirmeler, onu takip eden 5 sütunda renk bulaşmasını gösteren test kumaşın değerlendirmeleri, son iki sütunda ise kuru ve yaş sürtme haslığının değerlendirmeleri yer almaktadır. Yıkama haslığı derecelerinin, geleneksel olarak işlenmiş numuneler de dahil olmak üzere, çoğu durumda ağırlıklı olarak 4/5 ve 5 olduğunu göstermektedir. Sürtme haslığı dereceleri de her bir numune için oldukça kabul edilebilir seviyededir. Kuru sürtme dereceleri neredeyse sabit bir şekilde 4/5 olarak gözlemlenirken, yaş sürtme dereceleri çoğu durumda 4 olarak belirlenmiştir.

3.2 Merserizasyon Deneyleri

3.2.1 Ağırlık kaybı

Ağırlık kaybı testleri yapılmış olup Çizelge 3.9'da optimum koşullarda gerçekleştirilen ağırlık kaybı sonuçları verilmiştir.

Çizelge 3.9 : Merserize edilmiş kumaşları ağırlık kaybı sonuçları.

Kumaş	Deney NO	Kimyasal	Derişim (%)	Süre (sn)	Ağırlık Kaybı (%)
CO	1	NaOH	15	60	1,22
	2	Jelatin	15	60	2,51
	3	CH_3CH_2OH	15	60	0,32
	4	$(COOH)_2$	25	60	1,94
	5	CH_3COOH	15	120	1,45

Pamuklu kumaşlarda (CO) merserizasyon işleminde kullanılan %15 derişime sahip kostik çözeltisi ile 60 saniyede işlem sonucunda 0,04 gr ağırlık kaybı elde edilmiştir. Bu deneyde düşük ağırlık kaybı, işlem süresinin kısa ve sıcaklık etkisinin bulunmamasından kaynaklanmaktadır. %15 derişime sahip jelatin çözeltisi 60 saniyede işlem sonucunda ise ağırlık kaybı 0,08 gr'dır. Jelatin ile yapılan işlemde ağırlık kaybı, kostik ile yapılan işleme göre daha fazladır. Bu, jelatinin doğal safsızlıkları çözme etkisine bağlanabilir. Asetik asit etkisine bakıldığında %15 derişimde 60 saniyede işlem sonucunda ağırlık kaybı 0,02 gr olarak gözlenmiştir. Asetik asit, hafif bir asit olduğundan pamuklu kumaşlarda çok düşük ağırlık kaybına yol açmıştır. %25 oksalik asit derişimi ile 60 saniyede yapılan işlemin sonucunda ağırlık kaybı 0,06 gr olarak görülmüştür. Oksalik asit, metal iyonları ve mineral safsızlıkları çözmede etkili bir kimyasaldır. Derişimin yüksek olması, ağırlık kaybının diğer maddelere kıyasla artmasına neden olmuştur. Son olarak etanol ile %15 derişimde 120 saniye işlem sonunda 0,045 gr'lık bir ağırlık kaybı gözlenmiştir. Etanol, lipofilik (yağ bazlı) safsızlıkları çözmede etkili bir çözücüdür. Daha uzun süre işlem görmesi, kostik veya oksalik asitten daha yüksek bir ağırlık kaybına yol açmıştır.

3.2.2 Islanabilirlik

Islanabilirlik testleri yapılmış olup Çizelge 3.10'da optimum koşullarda gerçekleştirilen merserizasyon deneylerinin ıslanabilirlik sonuçları verilmiştir.

Çizelge 3.10 : Merserizasyon deneylerinin ıslanabilirlik testinin sonuçları.

Kumaş	Deney No.	Kimyasal	W_0	W_i	W_5	W_{10}	W_{15}	W_{20}	W_{25}	W_{30}
CO	1	NaOH	3,10	7,96	4,74	3,16	2,98	2,99	2,99	3,00
	2	Jelatin	3,23	6,70	4,47	3,16	3,14	3,14	3,17	3,15
	3	CH_3CH_2OH	3,17	7,01	3,91	3,18	3,14	3,13	3,14	3,14
	4	$(COOH)_2$	3,04	6,20	3,54	2,96	2,96	2,96	2,96	2,96
	5	CH_3COOH	3,18	6,34	4,07	3,14	3,11	3,13	3,13	3,13

Pamuk kumaşa yapılan ıslanabilirlik testi sonuçları, farklı kimyasal maddelerin etkisi altında kumaşın farklı sürelerdeki (başlangıç, 5 dakika, 10 dakika, 15 dakika, 20 dakika, 25 dakika ve 30 dakika) ağırlık değişimlerini göstermektedir.

Kimyasalların Etkisi:

- NaOH: Kumaş, başlangıç ağırlığından (3,10) belirgin bir şekilde artarak 7,96'ya ulaşmıştır (Wi). Ancak, 5. dakikadan itibaren ağırlık hızlı bir şekilde

azalarak 30. dakikada tekrar yaklaşık başlangıç ağırlığına (3,00) dönmektedir. Bu, NaOH'un kumaşa hızlı nüfuz ettiğini ve ardından çözünmenin veya yıpranmanın gerçekleştiğini göstermektedir.

- Jelatin: Başlangıç ağırlığına göre orta düzeyde bir artış (3,23'ten 6,70'e) görülmüş ve ağırlık değişimi diğer kimyasallara kıyasla daha dengeli bir şekilde azalmıştır. Bu, jelatinin kumaş yüzeyinde daha stabil bir etki gösterdiğini işaret edebilir.
- CH_3CH_2OH: Etanol ile yapılan deneyde kumaşın ağırlığında belirgin bir artış gözlenmiştir (3,17'den 7,01'e). Ancak bu artış hızla azalarak 10. dakikadan itibaren ağırlık stabil bir seviyeye (3,14) düşmüştür. Bu, alkolün hızlı emilimi ve ardından buharlaşmasıyla açıklanabilir.
- $(COOH)_2$: Kumaşın ağırlığında sınırlı bir artış (3,04'ten 6,20'ye) olmuş ve 5. dakikadan sonra hızlı bir şekilde düşerek stabil bir ağırlık (2,96) seviyesine ulaşmıştır. Bu durum, bu kimyasalın kumaş üzerinde çözünmeyi hızlandırdığını düşündürmektedir.
- CH_3COOH: Kumaş ağırlığında orta düzeyde bir artış görülmüş (3,18'den 6,34'e), ancak 5. dakikadan sonra ağırlık azalarak dengelenmiştir (3,13). Bu, asetik asidin kumaş üzerinde hafif bir etki gösterdiğini ifade eder.

Tüm kimyasallarda, ilk birkaç dakika boyunca ağırlıkta belirgin bir artış gözlenmektedir, bu da kumaşın sıvıyı hızlı bir şekilde emdiğini göstermektedir.

Çoğu kimyasalda, 5. dakikadan sonra ağırlık azalmakta ve 15. dakikadan itibaren stabil bir duruma ulaşmaktadır. Bu, emilen sıvının bir kısmının buharlaştığını ya da kumaşın kimyasalın etkisiyle çözündüğünü işaret etmektedir.

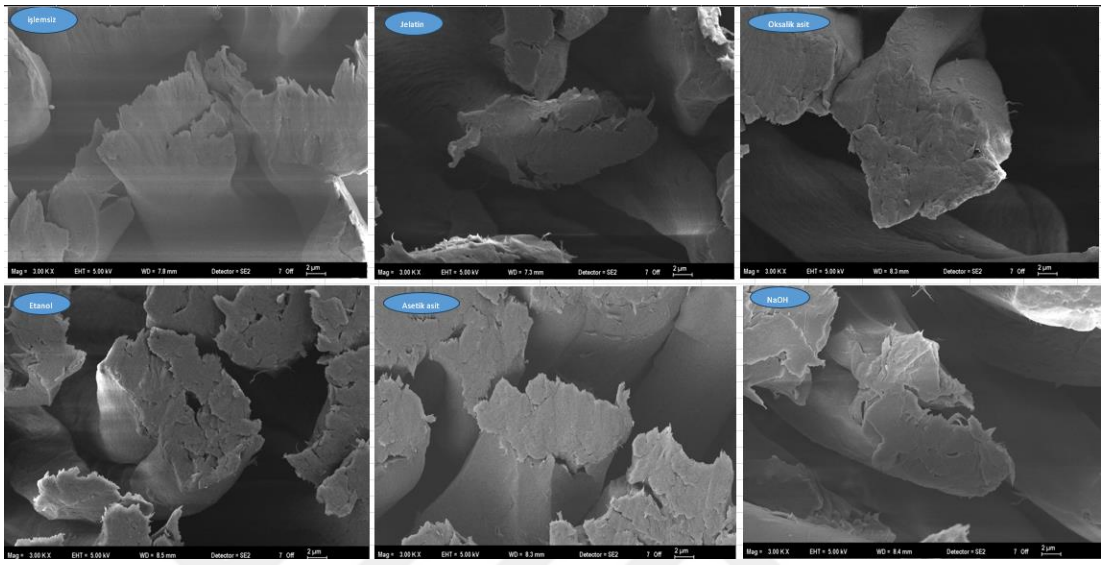
NaOH gibi güçlü bazların kumaş üzerinde hızlı çözünme veya yıpranma etkisi yaratabileceği, jelatin gibi protein bazlı maddelerin ise kumaş üzerinde daha stabil bir kaplama etkisi yaratabileceği söylenebilir.

3.2.3 Temas açısı

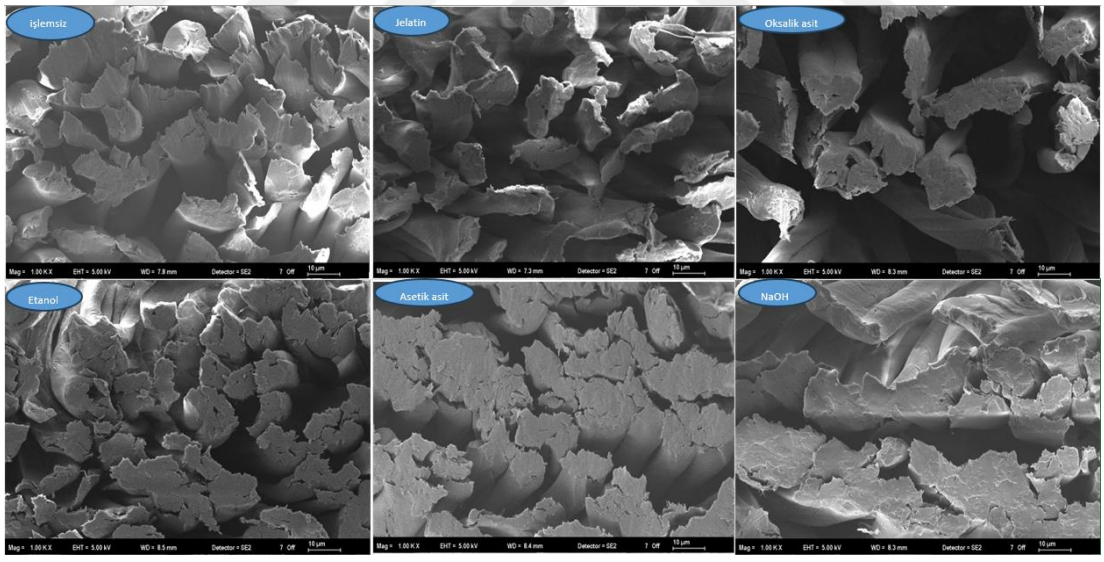
Kumaşın hidrofilitesini belirlemek için, ıslatılan kumaşın yüzeyi ile sıvı damlası arasındaki açı olan yapısal temas açısı belirlenmiştir. Testi uygularken su kumaşa damlatıldığı anda emilmiştir dolayısıyla bütün kumaşlarda açı 0 olduğundan dolayı kumaşların hepsi süperhidrofilik olarak kabul edilmiştir.

3.2.4 SEM analizi

SEM analiz görüntüleri, işlemsiz kumaş ve 5 farklı kimyasalla merserize edilmiş kumaşların mikroyapısal farklılıklarını incelenmiştir. Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'te SEM görüntüleri verilmiştir.



Şekil 3.2 : Merserize kumaşların 3000 büyütmede SEM analizi görüntüleri sonuçları.



Şekil 3.3 : Merserize kumaşların 1000 büyütmede SEM analizi görüntüleri sonuçları.

İşlemsiz Kumaş

- Görseldeki işlemsiz kumaş yüzeyi düzgün, sıkı ve liflerin doğal yapılarını koruduğu görülmektedir.

- Liflerin kenarlarında belirgin çatlama veya parçalanma gözlenmemektedir. Bu, kumaşın herhangi bir kimyasal işlem görmediğini ve liflerin orijinal morfolojisinin bozulmadığını göstermektedir.
- Lif yüzeyi nispeten daha pürüzsüzdür ve yoğunluk farkı minimaldir.

Jelatin ile İşlem Görmüş Kumaş

- Jelatin ile işlem görmüş kumaşta liflerin kenarlarında çözülme ve çatlama gözlenmektedir.
- Lif yüzeyi daha gevşek ve lif arası boşluklar daha belirgin hale gelmiştir. Bu durum, jelatin çözeltisinin etkisiyle lif yapısının bir miktar aşındığını ve mekanik dayanıklılığın azaldığını düşündürmektedir.
- Liflerin daha fazla pürüzlü bir yüzey kazandığı söylenebilir.

Oksalik Asit ile İşlem Görmüş Kumaş

- Oksalik Asit ile merserize edilmiş kumaşta liflerde sert parçalanmalar ve bükülmeler gözlenmektedir.
- Liflerin yapısal bütünlüğünün kısmen bozulduğu ve aralarındaki boşlukların genişlediği fark edilmektedir.
- Bu durum, kimyasalın liflerin iç yapılarına daha derin nüfuz ederek fibrilasyon oluşturduğunu gösterebilir.

Etanol ile İşlem Görmüş Kumaş

- Etanol uygulanmış kumaşta lif yüzeyi parçalı ve düzensizdir.
- Kırılmalar ve yüzeyde mikroskobik çatlaklar oluşmuştur. Bu durum, etanolün merserizasyon sırasında liflere belirli bir oranda kimyasal aşındırma etkisi yaptığını düşündürmektedir.
- Lifler arasında gözenekliliğin arttığı dikkat çekicidir.

Asetik asit ile İşlem Görmüş Kumaş

- Asetik asit ile işlem görmüş kumaşta liflerin daha küçük parçalara ayrıldığı ve kırılganlık gösterdiği gözlenmektedir.

- Lif yüzeyi oldukça düzensizdir ve yapısal bütünlük ciddi şekilde bozulmuştur.
- Bu kimyasalın, lif yapısını önemli ölçüde aşındırdığı ve kimyasalın yüksek etki gücüne sahip olduğu söylenebilir.

Kostik ile İşlem Görmüş Kumaş

- Kostik uygulanmış kumaşta lifler nispeten daha pürüzsüz ve bütünlüklü yapıdadır.
- Ancak yüzeyde hafif çözülmeler ve fibrillerin ayrıştığı bölgeler mevcuttur.
- Kostik çözeltisinin merserizasyon sırasında lif yapısını daha az aşındırdığı ve kontrollü bir etki oluşturduğu söylenebilir.

3.2.5 Kopma-uzama

Kopma-uzama testi yapılmış olup Çizelge 3.11'de optimum koşullarda gerçekleştirilen merserizasyon deneylerinin kopma-uzama sonuçları verilmiştir.

Çizelge 3.11 : Merserizasyon deneylerinin kopma-uzama sonuçları.

Kumaş	Kimyasal	Derişim (%)	Süre (dk)	Yön	Kuvvet (N)	Uzama (%)
CO	NaOH	15	60	Atkı	120	10,2
				Çözgü	170	11,8
	Jelatin	15	60	Atkı	130	9,7
				Çözgü	170	11,9
	CH_3CH_2OH	15	120	Atkı	120	9,3
				Çözgü	150	10,6
	$(COOH)_2$	25	60	Atkı	120	9,8
				Çözgü	170	14,1
	CH_3COOH	15	60	Atkı	110	9,1
				Çözgü	170	11,2

Merserize edilmiş kumaşların kopma uzama sonuçları kopma kuvveti ve uzama yüzdesinin, atkı ve çözgü yönünde nasıl değiştiğini göstermektedir.

NaOH İşlemi:

- Atkı yönü: Kopma kuvveti 120 N, uzama %10,2
- Çözgü yönü: Kopma kuvveti 170 N, uzama %11,8

NaOH işlemi çözgü yönünde kopma kuvvetini atkıya göre %41,7 oranında artırmıştır. Uzama değerleri ise çözgü yönünde daha yüksektir. Bu durum, NaOH'nin pamuk

liflerinin kristalin yapılarını dönüştürerek çözgü yönündeki liflerin daha yüksek mekanik dayanım kazanmasına neden olduğunu göstermektedir.

Jelatin İşlemi:

- Atkı yönü: Kopma kuvveti 130 N, uzama %9,7
- Çözgü yönü: Kopma kuvveti 170 N, uzama %11,9

Jelatin işlemi, kopma kuvveti açısından çözgü yönünde belirgin bir artış sağlamış, uzama değerlerini de %11,9 ile çözgü yönünde iyileştirmiştir. Atkı yönünde uzama düşük seviyede kalmıştır. Jelatin, liflerin yüzeyini kaplayarak mekanik dayanımı artırmış ancak atkı yönünde mukavemeti sınırlı oranda geliştirmiştir.

Etanol İşlemi:

- Atkı yönü: Kopma kuvveti 120 N, uzama %9,3
- Çözgü yönü: Kopma kuvveti 150 N, uzama %10,6

Etanol işlemi çözgü yönünde kopma kuvvetini 150 N seviyesinde tutmuş, ancak uzama değerlerinde NaOH ve jelatin işlemine göre daha düşük iyileşme sağlamıştır. Atkı yönünde hem kopma kuvveti hem uzama değerleri en düşük seviyede kalmıştır. Bu durum, etanolün pamuk liflerinin yapısını sınırlı oranda etkilemesiyle açıklanabilir.

Oksalik Asit İşlemi:

- Atkı yönü: Kopma kuvveti 120 N, uzama %9,8
- Çözgü yönü: Kopma kuvveti 170 N, uzama %14,1

Oksalik asit işlemi çözgü yönünde uzama değerlerini %14,1'e çıkararak en yüksek uzama performansını sağlamıştır. Kopma kuvveti ise çözgü yönünde 170 N olarak ölçülmüştür. Atkı yönünde uzama %9,8 seviyesinde kalmıştır. Oksalik asit, çözgü yönündeki liflerin elastikiyetini artırmış ancak atkı yönünde kuvvet üzerinde belirgin bir iyileşme sağlamamıştır.

Asetik Asit İşlemi:

- Atkı yönü: Kopma kuvveti 110 N, uzama %9,1
- Çözgü yönü: Kopma kuvveti 170 N, uzama %11,2

Asetik asit işleminde çözgü yönü kopma kuvveti 170 N olarak korunmuş, uzama değeri ise %11,2'ye yükselmiştir. Ancak atkı yönünde hem kopma kuvveti (110 N)

hem de uzama (%9,1) en düşük seviyelerde kalmıştır. Bu durum, asetik asitin lif yüzeyini sınırlı derecede etkilemesiyle açıklanabilir.

Tüm kimyasal işlemler sonucunda çözgü yönü kopma kuvveti, atkı yönüne göre anlamlı derecede daha yüksektir. Bu durum çözgü yönündeki liflerin daha fazla yük taşıma kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. Uzama değerleri de genel olarak çözgü yönünde daha yüksektir, bu da çözgü liflerinin mekanik özelliklerinin kimyasal işlemlerle daha fazla iyileştirildiğini göstermektedir.

3.2.6 Lineer yoğunluk

Merserizasyon yapılmış CO kumaşlarının lineer yoğunluk değerleri hesaplanmış olup Çizelge 3.12'de verilmiştir.

Çizelge 3.12 : Merserizasyon deneylerinin lineer yoğunluk sonuçları.

Kimyasal	Lort (cm)	Ltop (m)	W (gr)	Denye	Nm	Tex
NaOH	11,76	0,588	0,007	107,14	84	11,90476
Jelatin	12,68	0,634	0,012	170,34	52,8	18,92744
CH_3CH_2OH	11,34	0,567	0,006	95,24	94,5	10,58201
$(COOH)_2$	9,18	0,459	0,005	98,04	91,8	10,89325
CH_3COOH	12,4	0,62	0,012	174,19	51,7	19,35484
Ham	23,1	1,155	5,045	39309,35	0,23	4367,7056

Çizelge 3.12 incelendiğinde, "Ham" olarak ifade edilen numune en yüksek doğrusal yoğunluğa (4367,706 Tex) sahiptir. Bu, diğer maddelerle işlenmiş numunelere kıyasla çok daha yüksek bir değer olarak dikkat çekmektedir. En düşük doğrusal yoğunluk değeri ise etanol ile işlem görmüş numunede kaydedilmiştir (10,58201 Tex). Bu durum, etanolün kumaş yüzeyinde lif yoğunluğunu önemli ölçüde azaltarak daha ince bir yapı sağladığını göstermektedir.

Farklı kimyasallarla (Kostik, Jelatin, Etanol, Asetik Asit, Oksalik Asit) işlem gören numunelerin doğrusal yoğunluklarının, "Ham" numuneye kıyasla çok daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu, kimyasalların kumaş liflerini etkileyerek yüzey özelliklerini iyileştirdiğini ve liflerin daha düzgün bir şekilde organize olmasını sağladığını göstermektedir.

Oksalik asit ve jelatin gibi maddeler, 19,35484 ve 18,92744 Tex değerleri ile optimal doğrusal yoğunluk sağlamış ve kostiğin doğrusal yoğunluk değeri 11,90476 Tex ile benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Kimyasal işlemler, kumaşın doğrusal yoğunluğunu etkileyerek yüzey özelliklerinde belirgin değişiklikler yaratmıştır. Etanol ve oksalik asit gibi maddeler, daha ince ve düzgün bir kumaş yüzeyi sağlarken, "Ham" numunenin kaba bir yapıya sahip olduğu dikkat çekmiştir. Bu durum, alternatif kimyasalların endüstriyel uygulamalar için potansiyel ikame maddeler olabileceğini göstermektedir. Özellikle etanol ile işlem görmüş numuneler, en düşük Tex ile ince kumaş elde etmede etkili olmuştur.

3.2.7 Boya alımı

Kumaşların boya alımını değerlendirmek için Termoteks Tekstil laboratuvarında bulunan spektrofotometre cihazı kullanılmıştır. Numunelerin ölçümü yapıldıktan sonra merserizasyon yapılmış, pamuk kumaşlar kendi içinde karşılaştırılmıştır. Renk karşılaştırmada kostik ile işlem görmüş kumaş, standart olarak kabul edilmiştir.. Renk karşılaştırmada kostik ile işlem görmüş kumaş standart olarak kabul edilmiştir. Çizelge 3.13'te ölçümlerin sonucu verilmiştir.

Çizelge 3.13 : Merserize yapılmış pamuk kumaş deneylerinin renk karşılaştırması.

Kimyasal	Işık Kaynağı	DL*
Jelatin	D65-10°	-2,470
	A-10°	-2,431
	TL84-10°	-2,453
Etanol	D65-10°	-1,520
	A-10°	-1,486
	TL84-10°	-1,513
Asetik Asit	D65-10°	-1,437
	A-10°	-1,380
	TL84-10°	-1,409
Oksalik Asit	D65-10°	-1,587
	A-10°	-1,512
	TL84-10°	-1,552

Merserize yapılmış pamuk kumaşların farklı kimyasallar ile yapılan merserizasyon işlemleri sonrası renk değişimlerini (DL*) göstermektedir. Kostik ile merserizasyon yapılmış kumaş standart olarak alınmıştır.

DL***** değerleri negatif olduğu için referans kumaşa göre bir koyulaşma veya renk derinliğinde artış yaşandığı anlaşılmaktadır.

Jelatin:

DL* değerleri (-2,431 ila -2,470) en yüksek sapmalara sahiptir. Bu, jelatin kullanıldığında renk değişiminin referansa göre daha belirgin olduğunu gösterir. Dolayısıyla en iyi renk alımı jelatin ile yapılmış merserize kumaştadır.

Etanol:

DL* değerleri (-1,486 ila -1,520) jelatine kıyasla daha düşük sapmalar göstermektedir. Referansa daha yakın bir renk alımı sağlanmıştır.

Asetik Asit:

DL* değerleri (-1,380 ila -1,437) ile en düşük sapmaya sahiptir. Bu, asetik asit ile yapılan kasar işleminin referansa en yakın renk değişimini sağladığını gösterir.

Oksalik Asit:

DL* değerleri (-1,512 ila -1,587) orta seviyededir.

Sonuç olarak en düşük DL***** değerleri asetik asit ile elde edilmiştir. Merserize kumaşlarda asetik asit kullanımı, renk alımını referansa en yakın şekilde sağlamaktadır. Jelatin ise en yüksek sapmalara sahip olup, referansa göre en uzak renk değişimini göstermektedir. Jelatinde DL* değeri referans kumaşa göre bir koyulaşma veya renk derinliğinde artış göstermektedir. Etanol ve oksalik asit, orta seviyede performans göstermiştir.

3.2.8 Sürtme ve yıkama haslığı

Merserizasyon yapılmış CO kumaşları için sürtme ve yıkama haslıkları değerlendirilmesi gösterilmiştir. Değerlendirmelerin sonucu Çizelge 3.14'te verilmiştir.

Çizelge 3.14 : Merserize yapılmış pamuk kumaşın haslık sonuçları.

Kimyasal	Yıkama haslığı							Sürtme haslığı	
	Pamuk	Asetat	Pamuk	Naylon	Poliester	Akrilat	Yün	Kuru	Yaş
İşlemsiz	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Kostik	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4/5
Jelatin	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4/5
Etanol	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Asetik Asit	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Oksalik Asit	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5

Çizelge 3.14'te ilk sütunda boyalı pamuk kumaş parçasına ait değerlendirmeler, onu takip eden 5 sütunda renk bulaşmasını gösteren test kumaşın değerlendirmeleri, son iki sütunda ise kuru ve yaş sürtme haslığının değerlendirmeleri yer almaktadır.Yıkama haslığı derecelerinin, geleneksel olarak işlenmiş numuneler de dahil olmak üzere, çoğu durumda ağırlıklı olarak 4/5 ve 5 olduğunu göstermektedir. Sürtme haslığı dereceleri de her bir numune için oldukça kabul edilebilir seviyededir; kuru sürtme dereceleri neredeyse sabit bir şekilde 4/5 olarak gözlemlenirken, yaş sürtme dereceleri çoğu durumda 4 olarak belirlenmiştir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın sonuçları, pamuklu kumaşların ve pamuk-poliester kumaşlarının kasar ve merserizasyon işlemlerinde kostik yerine alternatif kimyasalların kullanımının etkilerini kapsamlı bir şekilde incelemektedir. Araştırma, kostik (NaOH) ile yapılan geleneksel işlemlerin çevresel etkilerini azaltmak amacıyla, asetik asit, oksalik asit, etanol ve jelatin gibi alternatif kimyasalların performansını değerlendirmiştir.

Kasar işleminde kumaşın en iyi ıslanabilirlik göstermesi, kimyasalın kumaşın ağırlığını en yüksek seviyeye çıkarabilmesi ve bu ağırlığın mümkün olduğunca stabil kalabilmesi ile değerlendirilir.

CO kumaşı için NaOH, en yüksek ıslanabilirlik değerine ulaşmıştır (Wi: 3,33). Bu, NaOH'un kumaş yapısında hidrofilik bölgeler oluşturarak suyun emilimini arttırdığına işaret eder. Ancak, uzun süreli ağırlık kaybı göz önüne alındığında NaOH'un kumaşın yapısına zarar verebileceği unutulmamalıdır. Jelatin, ikinci sırada yer almakta ve nispeten stabil bir davranış sergilemektedir. Bu, jelatinin kumaş üzerinde kaplama etkisi yaratabileceğini düşündürmektedir. CH_3CH_2OH ve CH_3COOH daha düşük W_i değerleri göstermiştir ve ağırlık kaybı da diğer kimyasallara göre daha hızlıdır. Bu kimyasalların ıslanabilirlik artırıcı etkisi sınırlıdır.

CO/PES kumaşı için oksalik asit $(COOH)_2$, CO/PES kumaşında en yüksek ıslanabilirlik değerine ulaşmıştır (Wi: 4,04). Bu, oksalik asitin CO/PES kumaşının yapısında etkili bir şekilde sıvı emilimi sağladığını göstermektedir. Aynı zamanda, bu kimyasalın ağırlık kaybı nispeten daha stabil seyretmiştir. Bu da kimyasalın kumaşa zarar vermeden etkili bir şekilde çalışabileceğini gösterir. CH_3CH_2OH (Etanol) ikinci sırada yer almakta olup, hızlı bir sıvı emilimi sağladığı görülmektedir. Ancak, ağırlık kaybı oksalik aside göre daha fazladır. NaOH, CO/PES kumaşında daha düşük ıslanabilirlik göstermiştir. CO kumaşıyla kıyaslandığında, bu kumaşta NaOH'un etkisi sınırlıdır. Bunun nedeni CO/PES'in daha düşük kimyasal reaktivitesi olabilir.

Oksalik asit $(COOH)_2$, her iki kumaş türü için de en yüksek ortalama ıslanabilirliği sağlamıştır. CO/PES kumaşı üzerindeki etkisi özellikle belirgin olup, en yüksek Wi

değerine ulaşmıştır. Bu durum, oksalik asidin kumaş lifleri ile güçlü bir etkileşim kurarak sıvının daha etkili bir şekilde emilmesine olanak tanıdığını göstermektedir. CH_3CH_2OH (Etanol) hızlı emilimi ile dikkat çekmektedir. Ancak, buharlaşma nedeniyle ağırlık kaybı daha hızlıdır. Dolayısıyla uzun süreli ıslanabilirlik gereken proseslerde sınırlı bir etki gösterebilir. Jelatin, her iki kumaş türünde de dengeli bir ıslanabilirlik sağlamıştır. Bu durum, jelatinin kumaş üzerinde kaplama etkisi ile uzun süreli nem tutma kapasitesine sahip olabileceğini düşündürmektedir. NaOH, CO kumaşında etkili olsa da CO/PES kumaşında daha sınırlı bir etki göstermiştir. Bunun sebebi, NaOH'un CO kumaşındaki selülozik yapıyı daha kolay modifiye etmesine karşın CO/PES kumaşının daha kompleks bir yapıya sahip olması olabilir. CH_3COOH (Asetik Asit) diğer kimyasallara göre daha düşük ıslanabilirlik sağlamıştır. Bunun nedeni, asetik asidin nispeten daha zayıf bir asit olması ve kumaş lifleri üzerinde daha az modifikasyon yapması olabilir.

Sonuç olarak kasar işlemi için oksalik asit $(COOH)_2$, her iki kumaş türünde de en iyi ıslanabilirliği sağlayan kimyasal olarak öne çıkmaktadır. Özellikle CO-PES kumaşında yüksek emilim kapasitesi ve stabilite ile üstünlük sağlamıştır. Kimyasal seçiminde kumaş türü ve proses gerekliliklerine göre bu sıralama göz önünde bulundurulabilir.

Yüksek bir beyazlık istendiğinde, NaOH kullanımı hem CO hem de CO-PES kumaşlarda en etkili sonuçları vermiştir. Jelatin ve etanol orta düzeyde performans sergilemiş, ancak ideal beyazlık indeksi için yeterli olmamıştır. Oksalik ve asetik asit, özellikle oksalik asit, beyazlatma işlemi için en az etkili olan kimyasallar arasında yer almaktadır. Kumaş türüne ve işlem koşullarına bağlı olarak, kimyasal seçimleri optimize edilebilir. Daha iyi beyazlık sonuçları için NaOH'un yanı sıra sıcaklık ve süre gibi parametreler de detaylı bir şekilde araştırılabilmektedir.

Pamuklu Kumaş (CO): NaOH ve jelatin işlemleri çözgü yönünde kopma kuvvetini artırırken atkı yönünde uzama oranını iyileştirmiştir. Oksalik asit ve etanol gibi kimyasallar çözgü yönünde yüksek kopma kuvvetleri sağlamış, ancak atkı yönünde uzama performansı sınırlı kalmıştır.

CO/PES Kumaşı: Poliester içeriği sayesinde çözgü yönündeki kopma kuvveti ve uzama değerleri, pamuklu kumaşa kıyasla önemli ölçüde yüksektir. Jelatin, etanol ve oksalik asit işlemleri çözgü yönünde % 20'yi aşan uzama değerleri sağlayarak

polyesterin mekanik performansını güçlendirmiştir. NaOH işlemi çözgü yönünde kuvveti artırırken atkı yönündeki uzamayı sınırlamıştır.

Sonuç olarak, kimyasal işlemler özellikle CO/PES kumaşlarda çözgü yönünde mekanik özellikleri büyük ölçüde iyileştirirken, CO kumaşlarda atkı ve çözgü yönlerindeki uzama ve kopma kuvvetleri daha sınırlı kalmıştır.

Bu verilere göre jelatin kullanılarak yapılan kasar işlemi, renk alımı açısından referans kumaşa en yakın sonucu vermektedir. Ancak kostik ile yapılmış kumaş daha koyu olduğunu gösterir. Bu da kostik kullanarak renk alımının daha iyi olduğunu ifade eder. Oksalik asit ise renk alımı üzerinde en büyük farklılığı yaratmaktadır.

Etanol, CO/PES kumaşlarda referansa en yakın renk alımını sağlamaktadır. Jelatin de benzer şekilde düşük DL* değerleri ile iyi bir performans göstermektedir. Asetik asit ve oksalik asit ise diğer kimyasallara kıyasla daha yüksek DL* değerleri ile referanstan daha uzak bir renk değişimi göstermektedir. Fakat kostik ile yapılmış kumaş daha koyu olduğunu gösterir. Bu da kostik kullanarak renk alımının daha iyi olduğunu ifade etmektedir.

Yıkama haslığı derecelerinin, geleneksel olarak işlenmiş numuneler de dahil olmak üzere, çoğu durumda ağırlıklı olarak 4/5 ve 5 olduğunu göstermektedir. Sürtme haslığı dereceleri de her bir numune için oldukça kabul edilebilir seviyededir.

Kostik, pamuk lifleri üzerindeki doğal balmumu ve safsızlıkları etkili bir şekilde giderir. Ancak oksalik asit daha yüksek derişimde kullanıldığından, safsızlık giderme potansiyeli artmıştır. Jelatin ve Etanol'e bakıldığında her iki madde de yüzeydeki organik safsızlıkları çözmede etkili olmuştur. Jelatin ağırlık kaybında en yüksek değeri sağlamış, bu da safsızlıkların önemli bir kısmını çözdüğünü göstermiştir. Asetik asit ise pamuk liflerine daha az zarar vermiş ve ağırlık kaybı en düşük seviyede kalmıştır. Bu, asetik asidin merserizasyon sırasında temizleme amacıyla değil, dengeleme veya yüzey işlemi için uygun olduğunu göstermektedir. Etanol ile yapılan işlemde süre uzatıldığında ağırlık kaybı artmıştır. Bu, süre parametresinin işlem verimliliği üzerindeki önemli etkisini göstermektedir.

Ağırlık kaybı, kullanılan kimyasalın derişimine ve işlem süresine bağlıdır. Daha yüksek derişim ve uzun süre, safsızlıkların daha etkili şekilde giderilmesini sağlarken, liflerin zarar görme riskini de artırabilir. Merserizasyon sırasında kumaşın dayanıklılığı korunurken istenen temizlik seviyesi elde edilmelidir. Jelatin, oksalik asit

ve etanol gibi kimyasallar, liflere zarar vermeden etkili bir temizleme sağlayabilir. Asetik asit gibi hafif kimyasallar ise daha yüzeysel işlemler için uygundur.

Merserizasyon işlemi, kumaşın suyla temas ettiğinde maksimum su emilimini (W_i) ve bu ağırlığın zaman içinde stabilitesini gözlemlemekle ilgilidir.

Kostik, merserizasyon sırasında selülozik liflerin yapısını değiştirerek çok yüksek su emilimi sağlar. Ancak zaman içinde bu etki kaybolur. Bu da kumaşın zarar görmüş olabileceğini işaret eder. Yine de kısa süreli işlemler için çok etkili bir kimyasaldır. Jelatine bakıldığında, su emilimi kapasitesi yüksek olmasa da uzun süreli stabilitesi ile dikkat çekmektedir. Bu durum, jelatinin kumaş yüzeyinde koruyucu bir kaplama oluşturabileceğini düşündürmektedir. Etanol ise, su emiliminde iyi bir performans göstermiştir. Ancak buharlaşma nedeniyle ağırlık kaybı daha hızlı gerçekleşebilir. Stabil sonuçlar, bu kimyasalın dengeli bir kullanım potansiyeline sahip olduğunu gösterir. Oksalik asit, diğer kimyasallara göre daha düşük bir su emilimi kapasitesine sahiptir. Ancak selüloz liflerine zarar verme riski azdır. Merserizasyon etkisi sınırlıdır. Asetik asit, merserizasyon sırasında orta düzeyde bir performans göstermiştir. Uzun süreli stabilitesi, kimyasalın kumaş yapısına zarar vermediğini düşündürmektedir.

Sonuç olarak merserizasyon işlemi için NaOH en iyi ıslanabilirliği sağlarken; uzun süreli stabilite ve kumaş koruma gereksinimleri göz önüne alındığında jelatin ve etanol daha dengeli bir alternatif olabilir.

Merserizasyon işlemi, liflerin yapısal özelliklerini değiştirerek yüzey pürüzlülüğünü artırmakta ve lif arası boşlukları büyütmektedir. İşlemsiz kumaş doğal lif bütünlüğünü korurken, kimyasalların uygulanması ile çatlaklar, yüzey pürüzlülüğü ve boşluklu yapılar ortaya çıkmaktadır.

Kimyasalların etkileri arasında farklılıklar gözlemlenmiş, özellikle asetik asit ve oksalik asit kimyasallarının lif yapısını daha fazla bozduğu anlaşılmıştır. Kostik diğerlerine kıyasla daha az hasar oluşturmuş ve daha kontrollü bir yüzey değişimi sağlamıştır.

Kostik ve oksalik asit işlemleri, çözgü yönünde kopma kuvvetini artırmış ve uzama değerlerini iyileştirmiştir. Jelatin işlemi ise, mekanik dayanım açısından çözgü yönünde kopma kuvvetinde önemli iyileşmeler sağlamış ancak atkı yönünde sınırlı kalmıştır. Etanol ve asetik asit işlemlerine bakıldığında kopma kuvveti ve uzama açısından diğer kimyasallara kıyasla daha düşük performans göstermiştir.

Bu sonuçlar doğrultusunda, yüksek mekanik performans elde etmek için oksalik asit ve kostik gibi kimyasal maddeler, çözgü yönünde özellikle uzama özelliklerini artırmak amacıyla tercih edilmelidir. Ancak atkı yönündeki iyileşmeler için farklı işlem koşulları veya kombinasyonları denenebilmektedir.

Kimyasal işlemler, kumaşın doğrusal yoğunluğunu etkileyerek yüzey özelliklerinde belirgin değişiklikler yaratmıştır. Etanol ve oksalik asit gibi maddeler, daha ince ve düzgün bir kumaş yüzeyi sağlarken, "Ham" numunenin kaba bir yapıya sahip olduğu dikkat çekmiştir. Bu durum, alternatif kimyasalların endüstriyel uygulamalar için potansiyel ikame maddeler olabileceğini göstermektedir. Özellikle etanol ile işlem görmüş numuneler, en düşük Tex ile ince kumaş elde etmede etkili olmuştur.

Sonuç olarak en düşük DL***** değerleri asetik Asit ile elde edilmiştir. Merserize kumaşlarda asetik asit kullanımı, renk alımını referansa en yakın şekilde sağlamaktadır. Jelatin ise en yüksek sapmalara sahip olup, referansa göre en uzak renk değişimini göstermektedir. Jelatinde DL* değeri referans kumaşa göre bir koyulaşma veya renk derinliğinde artış göstermektedir. Etanol ve oksalik asit, orta seviyede performans göstermiştir.

Yıkama haslığı derecelerinin, geleneksel olarak işlenmiş numuneler de dahil olmak üzere, çoğu durumda ağırlıklı olarak 4/5 ve 5 olduğunu göstermektedir. Sürtme haslığı dereceleri de her bir numune için oldukça kabul edilebilir seviyededir.

Elde edilen testlerin sonuçlarına bağlı olarak, merserizasyon ve kasar işlemlerinde, alternatif kimyasalların optimum sıcaklık ve süre koşullarının belirlenmesi için daha fazla deney yapılmalıdır. Bu, hem maliyetleri düşürecek hem de çevresel etkileri azaltacaktır. Ayrıca yerli Ar-Ge çalışmaları desteklenmeli ve yeni, çevre dostu kimyasalların geliştirilmesi için teşvikler sağlanmalıdır. Bu, tekstil endüstrisinin çevresel etkilerini azaltma çabalarına katkıda bulunacaktır.Buna ilaveten tekstil üreticilerine, çevre dostu kimyasalların kullanımı ve atık yönetimi konularında eğitimler verilmelidir. Bu, sürdürülebilir üretim süreçlerinin benimsenmesine katkı sağlayacaktır. Tekstil endüstrisinde çevre dostu alternatif kimyasalların kullanımı teşvik edilmelidir. Bu çalışma, tekstil endüstrisinde çevre dostu alternatiflerin kullanımının önemini vurgulamakta ve kostik yerine geçebilecek kimyasalların potansiyelini ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesine yönelik önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

Bahar, Mustafa. (2006). *Rejenere selüloz liflerindeki kükürdün sıcak ve soğuk boyamada renk değişmine olan etkisinin incelenmesi.* (Yüksek lisans tezi), Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Bendak, A., El-Marsafı S. M. . (1991). Effects of chemical modifications on polyester fibres. *Journal of Islamic Academy of Sciences* 4(4):275-84.

Boryo, D. E. A., K. A. Bello, A. Q. Ibrahim, N. S. Gin, T. M. Dauda, ve V. O. Elabo. (2013). Effect of alternative scouring agents on dyeing properties of cotton/polyester blend fabric. *IOSR Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC* 5(2):11-21.

Boryo, D. E. A., K. A. Bello, A. Q. Ibrahim, N. S. Gin, A. I. Ezeribe, ve K. A. Wasiu. (2014). Effects of alternative mercerizing agents on some mechanical properties of cotton / polyester blend fabric. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies* 3.

Boryo, Doris, ve Mashat Gum. (2017). Improvement on the dyeing and water of ımbibition properties of cotton/polyester blend fabric by alternative mercerizing agents. *Great Britain Journals Press*.

Brahma, Shuvo, Md. Rashedul Islam, ve Rasheda Begum Dina. (2018). Role of mercerizing condition on physical and dyeing properties of cotton knit fabric dyed with reactive dyes. *International Journal of Current Engineering and Technology* 8(04).

Bristi, Ummelewara, Ashikul Kabir Pias, ve Ferdous Hossain Lavlu. (2019). A sustainable process by bio- scouring for cotton knitted fabric suitable for next generation. *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology* 5(1).

Buschle-Diller, G., Y. el Mogahzy, M. K. Inglesby, ve S. H. Zeronian. (1998). Effects of scouring with enzymes, organic solvents, and caustic soda on the properties of hydrogen peroxide bleached cotton yarn. *Textile Research Journal* 68(12):920-29.

Clariant. (2007). *Handbook of Pretreatment Chemistry*. Munich.

Dursun, Sami, ve Salih Zeki Yıldız. (2011). *HT (high temperature) prosesinde sodyum klorit ile pamuk kasarı şartlarının geliştirilmesi*. (Bitirme tezi), Sakarya Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Sakarya.

Gürkan, Semra. (2012). *Organik pamuklu örme kumaşların ultrasound teknolojisi ile terbiye yöntemleri*. (Yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Halepoto, Habiba, Tao Gong, ve Hafeezullah Memon. (2022). Current status and research trends of textile wastewater treatments—A bibliometric-based study. *Frontiers in Environmental Science* 10.

İçoğlu, Halil İbrahim. (2006). *Pamuklu dokunmuş kumaşların reaktif boyarmaddelerle boyanması ve uygulama yöntemlerinin incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

İçoğlu, Halil İbrahim. (2022). Comparative analysis of PET, PTT and PBT yarns hydrolyzed by alkali. *Tekstil ve Konfeksiyon* 32(1):57-64.

Joshi, Manasi, Madhura Nerurkar, Pallavi Badhe, ve Ravindra Adivarekar. (2013). Scouring of cotton using marine pectinase. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic* 98:106-13.

Khalifa, Mohamed Ezzat. (2017). Mercerization of cotton yarn fibers: optimization of caustic soda concentration via degree of mercerization, dyability and mechanical properties. *International Journal of Textile Science* 6(1):15-19.

Kolanjikombil, Mathews. (2019). *Pretreatment of textile substrates*. New Delhi: Woodhead Publishing India.

Lin, Junjie, Daodong Pan, Yangying Sun, Changrong Ou, Ying Wang, ve Jinxuan Cao. (2019). The modification of gelatin films: Based on various cross-linking mechanism of glutaraldehyde at acidic and alkaline conditions. *Food Science and Nutrition* 7(12):4140-46.

Lin, Lina, Tiancheng Jiang, Yonghong Liang, Wenju Zhu, Umarsharif Y. Inamdar, Md Nahid Pervez, Rahul Navik, Xiaojun Yang, Yingjie Cai, ve Vincenzo Naddeo. (2022). Combination of pre-and post-mercerization processes for cotton fabric. *Materials* 15(6).

Madhav, Sughosh, Arif Ahamad, Pardeep Singh, ve Pradeep Kumar Mishra. (2018). A review of textile industry: wet processing, environmental

impacts, and effluent treatment methods. *Environmental Quality Management* 27(3):31-41.

Mekonnen, Bayeleyegn, Aragie ;. Asaye, Dessie Wolela, ve Asaye Dessie. (2023). *Alkaline Hydrolysis of Polyester Fabric and Dyeing with Natural Colorants Extracted from Henna Leaves*. C. 8.

MR, Asaduzzaman, Mohammad Raza Miah, Forhad Hossain, Li X, Zakaria Onto, ve H. Quan. (2016). A study on the effects of pre-treatment in dyeing properties of cotton fabric and ımpact on the environment. *Journal of Textile Science & Engineering* 06(05).

Mustafa Ghori, Ghulam, Faraz Khan Mahar, Asif Ali, Azhar Ali, Ghulam Mustafa, Shamshad Ali, Azhar Ali Ayaz Pirzado, ve Qiuran Jiang. (2020). Research potential of reactive cationization of cotton over mercerization for dyeing characteristics. *North American Academic Research* 3(10):139-53.

Ozturk, Emrah, Hasan Koseoglu, Mustafa Karaboyacı, Nevzat Ozgu Yigit, Ulku Yetis, ve Mehmet Kitis. (2016). Minimization of water and chemical use in a cotton/polyester fabric dyeing textile mill. *Journal of Cleaner Production* 130:92-102.

Öcal, Fatma. (2006). *Tekstil sanayiinde madde ve enerji bilançoları, örnek boya sanayii.* (Yüksek lisans tezi), Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Öztürk, Çağla. (2018). Tekstil sektöründe temiz üretim tebliği uygulamaları. (Yüksek lisans tezi), Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

Panda, Sanjay Kumar Bhikari Charan, Kushal Sen, ve Samrat Mukhopadhyay. (2021). Sustainable pretreatments in textile wet processing. *Journal of Cleaner Production* 329.

Petro Chemicals Supplying Co. *The caustic soda solution handbook*. Tehran.

Promar Endüstriyel Kimyasallar A.Ş. & Ravago Chemicals. ZDHC Tehlikeli Kimyasalların Sıfır Atık Taahhüdü.

Rebelo, Viviane, Yuri da Silva, Saulo Ferreira, Romildo Toledo Filho, ve Virginia Giacon. (2019). Effects of mercerization in the chemical and morphological properties of amazon piassava. *Polimeros* 29(1).

Rudolf Turkey. ZDHC Girişimi.

Singh, Avtar, Amanjot Kaur, Arun Kumar Patra, ve Ritu Mahajan. (2018). A sustainable and green process for scouring of cotton fabrics using xylano-pectinolytic synergism: switching from noxious chemicals to eco-friendly catalysts. *Biotech* 8(4).

Špička, Nina, ve Petra Forte Tavčer. (2013). New combined bio-scouring and bio-bleaching process of cotton fabrics. *Materials and technology* 47(4):409-12.

Taksim danismanlik. SVHC testi ve belgelendirmesi.

Tanaçan, Ertaç, Cihan Özgür, Emrah Ozturk, ve Mehmet Kitis. (2015). Temiz Üretim Yaklaşımı Kapsamında Tekstil Merserizasyon Atıksularından Kostik Geri Kazanım Yöntemlerinin Değerlendirilmesi. içinde *11. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*. Bursa.

Tang, Chunjing, Xuerong Huang, Haoying Wang, Huijie Shi, ve Guohua Zhao. (2020). Mechanism investigation on the enhanced photocatalytic oxidation of nonylphenol on hydrophobic TiO2 nanotubes. *Journal of Hazardous Materials* 382:121017.

Textile School. (2018). Microscopic appearance of Fibers.

Trotman,Edward Russell. (1970) . *Dyeing and chemical technology of textile fibres*. Griffin.

Ul-Haq, Noaman, ve Habib Nasir. (2012). Cleaner production technologies in desizing of cotton fabric. *Journal of the Textile Institute* 3:304-10.

Varol, Cihangir, Nigmet Uzal, Filiz B. Dilek, Mehmet Kitis, ve Ulku Yetis. (2015). Recovery of caustic from mercerizing wastewaters of a denim textile mill. *Desalination and Water Treatment* 53(12):3418-26.

Wang, Hua, Muhammad Qasim Siddiqui, ve Hafeezullah Memon. (2020). Physical Structure, Properties and Quality of Cotton. Ss. 79-97 içinde.

Zhao, Bing, Liyun Xu, Panpan Lin, Hua Zhang, Xiangyu He, Tao Ji, ve Yu Zhang. (2023). Properties of Superhydrophobic and Acid–Alkali-Resistant Polyester Fabric Produced Using Plasma Processing. *Coatings* 13(12).

Url-1 < *https://www.europarl.europa.eu/*>, erişim tarihi 10.05.2024

Url-2 < *https://global-standard.org/*> , erişim tarihi 15.07.2024

Url-3 < https://gcl-intl.com.tr/>, erişim tarihi 17.07.2024

Url-4 < https://www.crad.com.tr/tr/> , erişim tarihi 17.07.2024