MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TENCEL PAMUK KARIŞIMLI DOKUMA KUMAŞLARIN YIKAMA SONRASI TÜYLENME VE SOLMA EĞİLİMLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ VE PROSES OPTİMİZASYONU

AŞKIN MAHİR EROĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Tekstil Mühendisliği Programı

DANIŞMAN

Doç. Dr. Muhammet UZUN

EŞ-DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Çağla SÖZ

İSTANBUL, 2023

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TENCEL PAMUK KARIŞIMLI DOKUMA KUMAŞLARIN YIKAMA SONRASI TÜYLENME VE SOLMA EĞİLİMLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ VE PROSES OPTİMİZASYONU

AŞKIN MAHİR EROĞLU

(523418005)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Tekstil Mühendisliği Programı

DANIŞMAN

Doç. Dr. Muhammet UZUN

EŞ-DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Çağla SÖZ

İSTANBUL, 2023

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenciliğimin başından bu tez çalışmamın her aşamasına kadar bana destek olan Marmara Üniversitesi öğretim üyesi değerli danışman hocam Doç. Dr. Muhammet UZUN'a ve eş danışman hocam Türk Alman Üniversitesi öğretim üyesi değerli Dr. Çağla Söz'e, çalışmalarımın her aşamasında kolaylık gösteren Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Tekstil Mühendisliğinde görev yapan öğretim üyelerine sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yürütülen bu tez çalışması AKIN TEKSTİL A.Ş. tarafından desteklenmiştir. Söz konusu desteğinden dolayı AKIN TEKSTİL A.Ş. ve onun her birimine çok teşekkür ederim.

NİSAN, 2023

Aşkın Mahir EROĞLU

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ÖZET v
ABSTRACT vii
SEMBOLLER ix
KISALTMALAR xi
ŞEKİLLER LİSTESİ xiii
TABLOLAR LİSTESİ xv
1 GİRİŞ 1
1.1 Çevre Kirliliği 3
1.2 Tekstil Endüstrisi Hakkında 5
1.3 Sürdürülebilirlik 6
1.4 Selülozik Lifler 7
1.5 Tekstilde Liflerin Harmanlanması ve Taşıyıcı Lif 11
1.5.1 Harmandan karışım ipliklerin avantajları 11
1.6 Rejenere Selülozik Lifler 13
1.7 Tencel Lifi 18
1.7.1 Tencel lifinin tarihçesi 22
1.7.2 Tencel Liflerinin Özellikleri 23
1.7.3 Tencel liflerinin türevleri 28
1.8 Tencel Liflerinin Diğer Selülozik Lifler ile Kıyaslanması 29
1.9 Tencel Lifinin Üretim Basamakları 29
1.9.1 Çözündürme 31
1.9.2 Filtreleme 31
1.9.3 Eğirme 32
1.9.4 Yıkama 32
1.9.5 Bitim işlemi 32
1.10 Tencel İplik Üretimi 32
1.11 Tencel Kumaş Oluşturulması 32
1.11.1 Haşıl sökme 34

1.11.2 Birincil fibrilasyon 34
1.11.3 Enzim yıkama 36
1.11.4 İkincil fibrilasyon 36
1.11.5 Dehidrasyon ve kurutma 37
1.12 Tencel Pamuk Karışımlı Tekstil Yüzeyi 37
1.13 Pamuk lifi hakkında genel bilgi 37
1.13.1 Pamuk lifi üretimi 38
1.13.2 Pamuk lifinin özellikleri 39
1.14 Pamuklu Kumaş Ön Terbiye İşlemleri 40
1.14.1 Haşıl sökme 40
1.14.2 Yakma işlemi 40
1.14.3 Kostik pişirme işlemi 41
1.14.4 Kasar işlemi 41
1.14.5 Merserizasyon işlemi 41
1.15 Pamuğun Boyanması 41
1.16 Dokuma Kumaş 42
1.16.1 Saten dokuma örgüsü 43
1.17 Pamuk Tencel Karışımlı Kumaşın Boyanması 43
1.18 Tekstilde Terbiye İşlemleri 44
1.18.1 Emdirme yöntemi 44
1.18.2 Çektirme yöntemi 45
1.19 Boyarmaddeler 46
1.20 Boyarmaddelerin Sınıflandırılması 47
1.20.1 Çözünürlüklerine göre boyarmaddeler 47
1.21 Reaktif Boyarmaddeler 49
1.22 Reaktif Boyarmaddelerin Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri 50
1.22.1 Reaktif boyarmaddelerin sınıflandırılması 50
1.22.2 Soğuk yöntem reaktif boyalar 52
1.22.3 Sıcak yöntem reaktif boyalar 53
1.22.4 Yüksek çektirme yöntemi ile çalışan reaktif boyalar 53
1.22.5 Reaktif boyarmaddelerde reaktivite 53
1.23 Literatür Özeti 54

1.24 Tekstilde Fiziksel Testler 58
1.24.1 Dokuma kumaş yırtılma mukavemeti 58
1.24.2 Abrasyon (aşınma) dayanımı testi 62
1.24.3 Boncuklanma (tüylenme) testi 62
2 MATERYAL VE YÖNTEM 64
2.1 Materyal 64
2.1.1 Çalışmada kullanılan tencel ve pamuk lifleri ve teknik özellikleri 67
2.1.2 Çalışmalarda kullanılan ham kumaşlar 69
2.1.3 Çalışmalarda kullanılan kimyasallar 70
2.2 Metot 72
2.2.1 Numune kumaşlara uygulanan prosesler 72
2.2.2 İşlem isimleri ve işlem şartları 73
3 DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA 82
3.1 Numunelerde Yıkama Öncesi Görünüm Değerlendirme Testi 83
3.2 Numunelerde Yıkama Sonrası Görünüm Değerlendirme Testi 84
3.3 Tüketici Yıkaması Koşulları ve Yıkama Sonrası Renk Haslığında Renk Değişimi (solma) Testi 85
3.4 Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçları 96
3.5 Martindale Pilling (Boncuklanma) Test sonucu 97
3.6 Kumaş Gramaj Tayini 100
3.7 Geliştirilen Numunelerin pH Test Değerleri 101
3.8 Yıkama Çekmesi Testi 102
4 SONUÇLAR 104
KAYNAKÇA 107

ÖZET

TENCEL PAMUK KARIŞIMLI DOKUMA KUMAŞLARIN YIKAMA SONRASI TÜYLENME VE SOLMA EĞİLİMLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ VE PROSES OPTİMİZASYONU

Bu çalışmada 30°C sıcaklıktaki 5 tüketici yıkaması sonrası renginde solma ve yüzeyinde tüylenme oluşan tencel pamuk karışımlı dokuma bir kumaşın tüylenme ve solma eğilimlerini iyileştirici yöntemler üzerinde çalışılmıştır.

Son yıllarda endüstriyel üretimlerin çevreye verdikleri zararlar ve sebepleri inceleme altına alınmıştır. Genel olarak bu zararların en aza indirgenmesi yani sürdürülebilirlik çalışmaları, üretmek kadar önem kazanan inovatif bir çalışma alanı olmuştur. Sanayileşme, fabrikaların atıkları ve dumanları nedeniyle ormanların, havanın, doğal yaşam kaynaklarının kirlenmesine, canlı yaşamını tehdit etmesine, tarım arazilerinin verimsizleşmesine ve çevresel birçok soruna sebep olmuştur. Tekstil çevreyi en çok kirleten ikinci sektördür.

Özellikle gelişmiş ülkeler çevreye zararı en aza indirgeyen üretim anlamına gelen sürdürülebilirlik konusuna büyük önem vermektedir. Sanayi açısından değerlendirildiğinde sürdürülebilirlik, çevreye en az zararı veren, en verimli ve az maliyetli üretim şeklidir. Sürdürülebilirliğe önem veren kuruluşlar, müşterilerinin gözünde değer kazanmaktadır. Müşteriler açısından sürdürülebilirlik ise, satın alınan bir ürünün kendisine ulaşıncaya kadar hangi süreçlerden geçtiğini ve bu süreçlerin çevresel etkilerini bilmek olarak açıklanabilir. Lif çeşitleri, üretim yöntemleri, enerji kullanımı, kimyasal kullanımı tekstil endüstrisinde sürdürülebilirliğin temel bileşenleridir. Rejenere selülozik esaslı bir elyaf türü olan tencel lifleri sürdürülebilir lifler olarak tanımlanmıştır ve tekstil endüstrisinde bu lifin kullanım oranının arttırılması büyük önem arz etmektedir. Tencel liflerinin kullanım oranının arttırılması için bu lifler ile üretilen kumaşların testlerinde performans geliştirmeleri yapılması iyi bir seçenek olarak durmaktadır.

Bu tez çalışmasında renginde solma ve tüylenme eğilimi olan kumaşın kimyasal işlemlerinde ve iplik çeşitlerinde en uygun prosesi tanımlama çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmalar; yıkama öncesi görünüm değerlendirmesi, standart 5 yıkama sonrası görünüm değerlendirmesi, yırtılma mukavemeti, yıkama sonrası boyut stabilitesi, 5

yıkama sonrası renk haslığında renk değişimi, kütle tayini, pH ve martindale boncuklanma testlerine tabi tutulmuştur. Çalışmalarda, ön-terbiye bitim işlemlerinde optimum prosesi sağlamak ve farklı karışımdaki iplikleri ayrı ayrı kullanarak oluşturulan kumaşlarda, harmandan lif karışımlı iplikler kullanarak solma ve boncuklanma eğilimini iyileştirmek ve standart içerisinde bir test değeri elde etmek amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, renk haslığı, ön terbiye, bitim işlemleri, selülozik lifler, tencel, pamuk

ABSTRACT

IMPROVING THE FADING AND PILLING PROPERTIES OF TENCEL COTTON WOVEN BLENDED FABRICS AFTER WASHING AND PROCESS OPTIMIZATION

In this study, it has been studied on the methods to improve the pilling and fading properties of a tencel cotton blended woven fabric that has fading and pilling after 5 consumer washes at 30°C.

In recent years, the damage caused by industrial production to the environment and its causes has been under investigation and consideration. In general, minimizing these damages, that is, sustainability studies, has become an innovative field of work that has gained importance as much as production. Industrialization has caused pollution of forests, air, natural life resources, threatening living life, inefficient agricultural lands and many environmental problems due to the wastes and fumes of factories. Textile is the second most polluting sector.

Especially developed countries attach great importance to sustainability, which means production that minimizes damage to the environment. When evaluated in terms of industry, sustainability is the most efficient and least costly production method that causes the least damage to the environment. Organizations that attach importance to sustainability gain value in the eyes of their customers. Sustainability for customers can be explained as knowing what processes a purchased product goes through until it reaches it and the environmental effects of these processes. Fiber types, production methods, energy use, chemical use are the main components of sustainability in the textile industry. Tencel fibers, which are a type of regenerated cellulosic fiber, have been defined as sustainable fibers and it is of great importance to increase the rate of use of this fiber in the textile industry. In order to increase the usage rate of Tencel fibers, it is a good option to make performance improvements in the tests of fabrics produced with these fibers.

In this study, studies were carried out to define the most suitable process for the chemical processes and yarn types of the fabric, which has fading and pilling problem. Made works; Appearance before washing, appearance after 5 washes, tear strength, dimensional

stability after washing, color change in color fastness after 5 washes, fabric weight, pH and martindale pilling tests were applied. In the studies, it was aimed to provide the optimum process in pre-treatment, finishing processes and to improve the properties of fading and pilling by using blended fiber yarns in fabrics created by using yarns in different blends separately and to obtain a test value within the standard.

Keywords: Sustainability, color fastness, pre-treatment, finishing, celulosic fiber, tencel, cotton

SEMBOLLER

Mg: Miligram

m^3: Metreküp

Kg: Kilogram

G: Gram

%: Yüzde

Dtex: Desitex

(cN/Tex): Santinewton/tex

Mm: Milimetre

CO_2^{-eq}: Karbondioksit eşdeğeri

T: Ton

MJ: Megajul

L: Litre

OH^-: Gidroksil

CH_2OH: Glukonilkasit

KCl: Potasyum Klorür

H: Hidrojen

O: Oksijen

°C: Derece santigrat

daN: Dekanewton

$W/S^{1/2}m^2K$: Termal atalet

CO_2: Karbondioksit

H_2O_2: Hidrojen peroksit

NaOH: Sodyum hidroksit

μm^2: Mikro metrekare

dPa: Desipaskal

CV%: İplik düzgünsüzlüğü

Q99%: aşılması öngörülen akış yüzdesi

X: Ortalama

SS: Standart sapma

CO_2: Karbondioksit

KISALTMALAR

BOİ: Biyokimyasal oksijen talebini

AB: Avrupa Birliği (AB)

CRE: Sabit oranlı uzatma)

MST %: Nem tutma

MIC: Mikroner

MAT: Olgunluk indeksi

UHML (mm): Üst çeyrek uzunluk

UNF (%): Uniformite indeksi

SFI: Kısa lif oranı

STR (g/tex): Mukavemet

ELG (%): Uzama

RD: Parlaklık

C-GRADE: Renk derecesi

TR CNT: Çeper sayısı

TR AREA: % Çeper alanı (%) (TR AREA)

TR GRADE: Çeper derecesi (TR GRADE)

NMMO: N-metil morfolin n-oksit

DIN: tanımlama numarası

TDS: toplam çözünmüş katı madde miktarı1

MCT: Klorotriazin Boyaları

VS: Vinil Sülfon Boyaları

HHC: Heterosiklik Helojen İçeren Boyalar

Ne: Numara İngiliz iplik inceliği

TS EN: Türk Standartları

ISO: Uluslararası standartlar organizasyonu

HVI: Yüksek hacimli malzeme

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Tekstil atıkları nedeni ile kirlenmiş bir nehir 1

Şekil 1.2. Pamuk ve tencel üretiminde su tüketimi 7

Şekil 1.3. Pamuk ve tencel üretiminde kimyasal tüketimi. 8

Şekil 1.4. Liflerin nem emilimi 9

Şekil 1.5. Selülozik liflerde emilen suyun konumu. Transmisyon elektron mikrografları. su karanlık (elektron yoğun) selüloz parlak görünür 9

Şekil 1.6. Toksisite açısından NMMO ile etanolün karşılaştırılması 18

Şekil 1.7. Selülozun kimyasal yapısı 19

Şekil 1.8. Liflerin ıslak ve kuru kopma mukavemet değerlerinin karşılaştırılması 26

Şekil 1.9. Tencel ve pamuk kumaşların gerilme mukavemetleri 26

Şekil 1.10. Yatak çarşaflarının termal absorbtivitesi 27

Şekil 1.11. Tencel pamuk karışımlı gömleklik kumaşların termal absorbtivitesi. 28

Şekil 1.12. N-metil morfolin-N-oksit kimyasal reaksiyonu ..... .30

Şekil 1.13. Tencel lifi standart üretim prosesi 31

Şekil 1.14. Tencel pamuk karışımlı 2 atlamalı saten dokuma kumaş 33

Şekil 1.15. Fibrilasyon içermeyen kumaş görüntüsü. 35

Şekil 1.16. Birincil fibrilasyon sonrası kumaş görüntüsü 35

Şekil 1.17. Pamuklu tekstil endüstrisi için bir akış şeması 39

Şekil 1.18. Boyarmaddelerin kullanım oranlarına göre sınıflandırılması 47

Şekil 1.19. Boyarmaddeler. 48

Şekil 1.20. Reaktif boyarmaddeler ile 60°C de boyama grafiği 50

Şekil 1.21. (a) Tek yırtma (pantolon) metodu (b) Çift yırtma metodu (c) Tek yırtma (kanat) metodu (d) Sarkaç metodunda kullanılan numunelerin boyut ve şekil ölçüleri. 60

Şekil 1.22. (a) Tek yırtma (pantolon) metodu (b) Çift yırtma metodu (c)Tek yırtma (kanat) metoduna için numunenin mukavemet ölçme cihazının çenelerine sabitlenmesi. 61

Şekil 2.1. Pamuk lifi yüzey görüntüsü 67

Şekil 2.2. Tencel lifi yüzey görüntüsü..... 68

Şekil 2.3. Tencel pamuk harmandan karışım lif yüzey görüntüsü. 68

Şekil 2.4. Tüm kumaşların 2 atlamalı çözgü sateni örgü raporu..... 69

Şekil 2.5. Osthoff® gaze makinesi..... 74

Şekil 2.6. Kusters® kasar makinesi..... 75

Şekil 3.1. Çalışma 1'in yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayındaki karşılaştırması..... 89

Şekil 3.2. Çalışma 2 yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayındaki karşılaştırması 90

Şekil 3.3. Çalışma 3 yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayındaki karşılaştırması 91

Şekil 3.4. Çalışma 4 için yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayındaki karşılaştırması..... 92

Şekil 3.5. Çalışma 5 yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayındaki karşılaştırması 93

Şekil 3.6. Çalışma 6 yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayındaki karşılaştırması 94

Şekil 3.7. Çalışma 7 yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayındaki karşılaştırması 95

Şekil 3.8. Çalışma 8 yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayındaki karşılaştırması 95

Şekil 3.9. Çalışma 9 yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayındaki karşılaştırması 96

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Pamuk ile harmanlanan rejenere selülozik liflerin incelik değerleri 9

Tablo 1.2. Çeşitli selülozik ve rejenere selülozik liflerin karakteristik özellikleri 10

Tablo 1.3. Lyocell liflerine ait incelik ve uzunluk değerleri..... 10

Tablo 1.4. Tencel liflerinin karışım yapılabildiği lif türleri. 13

Tablo 1.5. Tekstil materyallerinin yaşam döngüsüne etkisi. 15

Tablo 1.6. Kesikli lif tedarikçileri ve markaları..... 16

Tablo 1.7. Doğaya etkisi bakımından liflerin sınıflandırılması 21

Tablo 1.8. Tencel lifinin özellikleri. 23

Tablo 1.9. Boyarmadde-lif ilişkisi). 52

Tablo 1.10. Kullanılan standart yırtılma mukavemeti metotları. 60

Tablo 2.1. Apre reçeteleri arasındaki farklar 65

Tablo 2.2. Çalışmalarda kullanılan iplik çeşitleri 65

Tablo 2.3. Çalışmaların üretim prosesleri arasındaki farklar..... 66

Tablo 2.4. Tüm çalışmalarda kullanılan 1.3 dtex ve 38 mm tencel lifinin özellikleri ... 67

Tablo 2.5. Kullanılan pamuk lifinin özellikleri (HVI değerleri) 69

Tablo 2.6. 1. ve 2. Konstrüksiyonlara ait dokuma parametreleri..... 70

Tablo 2.7. Çalışmalarda kullanılan kimyasallar ve tedarikçileri 70

Tablo 2.8. Tüm numunelerin proses akış şeması..... 73

Tablo 2.9. Gaze işlemi şartları 74

Tablo 2.10. Soğuk kasar işlem şartları..... 75

Tablo 2.11. Soğuk kasar reçetesi 75

Tablo 2.12. Yıkama şartları 76

Tablo 2.13. Kurutma şartları..... 76

Tablo 2.14. Kostikleme Reçetesi 77

Tablo 2.15. Fibrilasyon Reçetesi 77

Tablo 2.16. Defibrilasyon Reçetesi..... 78

Tablo 2.17. Tüm kumaşlarda kullanılan boyama reçetesi 79

Tablo 2.18. Boyama işlemi şartları..... 79

Tablo 2.19. Apre reçeteleri 80

Tablo 2.20. Ramözde yapılmış olan apre işlemi şartları..... 80

Tablo 2.21. Sanfor işlemi şartları..... 81

Tablo 2.22. Numunelere uygulanan proseslerin işlem sırasına göre listesi..... 81

Tablo 3.1. Numune kumaşlara uygulanan testler..... 82

Tablo 3.2. Numunelerde yıkama öncesi görünüm kontrolü (subjektif değerlendirme). 83

Tablo 3.3. Numunelerde yıkama sonrası görünüm test sonuçları..... 84

Tablo 3.4. Numunelerde 5 yıkama sonrası renk haslığı gri skala spektrofotometre sonuçları 87

Tablo 3.5. Numunelerde yıkama sonrası renk haslığı D65 ışığında 10° açı ile spektrofotometre sonuçları 87

Tablo 3.6. Yırtılma mukavemeti test sonuçları..... 97

Tablo 3.7. Martindale pilling-boncuklanma test sonuçları 100

Tablo 3.8. Gramaj test sonuçları..... 100

Tablo 3.9. Geliştirilen numunelerin pH test değerleri 102

Tablo 3.10. Yıkama çekmesi test değerleri..... 103

1 GİRİŞ

İnsanlığın var oluşundan beri insanoğlunun en temel gereksinimlerinden birisi giyinme ihtiyacıdır. Uzun yıllar boyu dış etmenlerden korunma amaçlı olarak kullanılan tekstil materyalleri yıllar içerisinde gelişmiş, ev tekstilinden teknik tekstillere kadar uzanan geniş bir kullanım alanına sahip olmuştur. Giyinme; sadece çevresel etkenlerden korunmanın dışında, moda tanımı içerisinde, insanın kendisini giyinme ile ifade etme sanatına dönüşmüştür. Bu gelişmeler ile tekstil materyallerinin kullanımı artmıştır. Bu artış sonucunda ise sanayi üretimleri doğaya zararlı atıklar oluşmasına ve doğal hayata zarar verilmesine sebep olmuştur. 21. Yüzyıl ile beraber çevrenin ve çevreciliğin önemi fark edilmiş ve her alanda daha çevreci, doğaya en az zararı verecek üretim yöntemlerine yönelmeye dünyaca ünlü markalar tarafından sistemli bir şekilde karar verilmiştir. Özellikle 2015 yılından itibaren tekstil sektöründe büyük markalar sürdürülebilir tekstil liflerine ilgilerini arttırmış ve bu alanda tedarikçi firmalardan çalışmalar ve öneriler talep etmeye başlamıştır. Şekil 1.1'de tekstil atıklarının kirletmiş olduğu bir gölün durumu mevcuttur.



Şekil 1.1. Tekstil atıkları nedeni ile kirlenmiş bir nehir (www.ecowatch.com, 2021).

Sürdürülebilir tekstil lifi demek, üretim metotlarında doğal veya geri dönüştürülmüş hammaddelerin kullanıldığı veya zararlı kimyasalların azami düzeyde kullanılarak üretildiği tekstil lifi demektir. Sürdürülebilir olarak üretilebilecek lifler arasında özellikle poliamid, polyester gibi sentetik liflerin geri dönüştürülmüş tipleri, organik pamuk, geri

dönüştürülmüş pamuk ve insan yapımı selülozik lifler arasında çevreci bir rejenere selülozik lif olan tencel lifi ön plana çıkmıştır (Drambei ve ark, 2003).

Tekstil endüstrisinin doğal yaşam, insani yaşam ve ekonomi açısından zararlarını en düşük noktaya indirgemek insanlık için çok önemli bir görevdir. Doğaya zararlı olan hammadde ve kimyasal yapıların endüstriyel üretimlerde kullanılmasının zaruri olduğu kadar, bu maddelerin mümkün olduğunca doğa dostu olması da aynı derecede önemlidir. Doğaya en zararsız üretimi yapabilmek için, doğal lifler grubunda yer alan bitkisel liflerin üretiminde kullanılan ilaçların daha az kullanılması, organik ve geri dönüştürülmüş liflerin kullanılması gereklidir. Sentetik lifler ile oluşturulan ürünlerde de geri dönüştürülmüş lifler kullanılmalıdır. Kimyasal işlemlerde daha az su tüketilmesi gereklidir. Tasarım noktasında ise modacıların tasarımlarını yaparken çevresel açıdan etik davranması ve uzun ömürlü, tüketim döngüsünü yavaşlatacak tasarımlar yapması önem arz etmektedir (Can ve Ayvaz, 2017).

Lyocell lifler tekstil sektöründe daha çok tencel olarak isimlendirilmektedir. Tencel, lyocell liflerinin en büyük üreticisi konumunda olan Lenzing® AG firmasının kendi ürettiği lyocell liflerine verdiği marka ismidir. Tez çalışması boyunca bu liften tencel olarak bahsedilecektir. Tez çalışmasında kullanılan rejenere selülozik lif, standart tencel lifidir.

Bu çalışmanın amacı, tencel pamuk karışımlı dokuma kumaşlara uygulanan ön terbiye ve bitim işlemlerinin ve kullanılan iplik tipinin, mamul kumaş üzerinde 30°C sıcaklıkta yapılan 5 tüketici yıkaması sonrası oluşan renk solması ve tüylenme problemini iyileştirip iyileştiremeyeceği konusunda bir sonuç almaktır.

Çalışmada, birincil işlem olarak ön terbiye işleminde farklı °Be derecelerinde kostikleme yapılması ve numune kumaşlarda kostikleme derecesinin mamul kumaşa etkisi incelenmiştir. Bu işlemler haricinde bitim işlemlerinde kullanılan reçine miktarının mamul numune kumaşa etkisi, merserizasyon etkisi, fibrilasyon ve defibrilasyon etkisi ve son olarak atkı ve çözgü iplik çeşidinin mamul numune kumaşa etkisi incelenmiştir.

Çalışmalar, normal işletme şartlarında yapılmıştır ve 9 çalışma için farklı iplik tiplerinde veya farklı ön terbiye ve bitim işlemleri uygulanan %65 tencel - %35 pamuk karışımlı ham kumaşlar kullanılmıştır. Çalışmalarda kullanılan kumaşlar, özel bir sanayi kuruluşundan temin edilmiştir. Kullanılan bu kumaşların ön terbiye, boyama ve bitim

işlemleri, normal işletme şartlarında özel bir sanayi kuruluşunda yapılmıştır. Mamul edildikten sonra kumaşlara, yıkama haslığında renk değişimi, martindale pilling, yırtılma mukavemeti, boyut değişimi, kütle tayini testleri, yıkama öncesi görünüm değerlendirmesi, yıkama sonrası görünüm değerlendirmesi ve pH testleri yapılmıştır. İyileştirilmek istenen test değeri yıkama sonrası görünüm, martindale pilling ve yıkama haslığında renk değişimi testleridir. Yapılan işlemlerin kumaşların yıkama öncesi görünümüne ve mukavemet değerine olumsuz yönde etki etme ihtimali mevcuttur.

Çalışma kapsamında konunun daha basit anlaşılabiliyor olması amacı ile daha önceki yapılmış çalışmalar, ön terbiye ve bitim işlemleri ve makinaları, pamuk ve tencel liflerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri ve uygulanan fiziksel ve kimyasal testler hakkında bilgilere çalışma boyunca yer verilmiştir.

1.1 Çevre Kirliliği

Çevre kirliliği çevrenin fiziksel, kimyasal ve biyolojik kalitesindeki herhangi bir bozulma olarak bilinir. Kirletici maddeler geniş bir ksenobiyotik bileşik kategorisine girer. İnsan eylemi ile çevreye salınarak "doğal seviyelerden" daha yüksek konsantrasyonlarda ortaya çıkar. Çevre kirliliğinin çevredeki herhangi bir değişimle var olduğu kabul edilebilir. Her türlü çevre kirliliği, doğrudan veya dolaylı olarak canlı organizmaları ve özellikle insan sağlığını etkileyebilir. Tekstil endüstrisi çevre kirliliğine çok sebebiyet veren sektörler arasında yer almaktadır ve birçok ülke ekonomisi için tekstil sektörü çok önemlidir. Çünkü giysi insanoğlunun temel ihtiyaçlarındadır (Nemr, 2012).

Boyarmaddeler, tekstil endüstrisinde ve diğer birçok endüstride örneğin; deri, kozmetik ve gıda endüstrileri gibi sektörlerde renklendirici olarak kullanılan temel malzemedir. Renkler çok çeşitli doğal ve sentetik kaynaklardan elde edilmektedir. Doğal renkler yeryüzünde her yerdedir. Tekstil malzemeleri 19. yüzyılın ortalarına kadar sadece doğal renklendiriciler kullanılarak renklendirilmekteydi. Doğal boyarmaddelerin çoğu kararsız olduğundan ve sabit miktarlarda boyaya ihtiyacımız olduğundan, sentetik boyarmaddeler renklendirmelerde en önemli alternatif olmuştur.

Sentetik boyarmaddelerden kaynaklanan çevresel sorun, boyama işleminden sonra oluşan büyük miktarlarda atık suyun yarattığı çevre kirliliğidir. Tekstil ürünlerine olan talebin artmasıyla, tekstil endüstrisi ve atık suları orantılı olarak artmakta ve bu durum onu dünya

üzerinde ciddi kirlilik sorunlarının ana kaynaklarından biri haline getirmektedir. Özellikle renkli atıkların çevreye salınması, sadece renkleri nedeniyle değil, aynı zamanda tekstil atık suyundaki birçok boyarmaddenin ve bunların bozunma ürünlerinin yaşam için toksik ve mutajenik olması nedeniyle istenmeyen bir durumdur (Nemr, 2012).

Atık sudaki boyarmaddelerin konsantrasyonu genellikle mevcut diğer kimyasallardan daha düşüktür ancak çok düşük konsantrasyonlarda bile oldukça görünür durumdadırlar ve bu nedenle atık su bertarafında su şeffaflığı ve gaz çözünürlüğü gibi ciddi estetik ve kirlilik sorunlarına neden olurlar. Bu rengin atık sudan uzaklaştırılması, genellikle biyokimyasal oksijen talebinin (BOİ) büyük kısmına katkıda bulunan çözünür renksiz organik maddelerin uzaklaştırılmasından daha önemlidir. Geleneksel biyolojik atık su arıtma sistemleri, bu boyaların kimyasal stabilitesi ve düşük biyolojik bozunabilirliği nedeniyle sentetik boyaların atık sularının arıtılmasında verimsizdir. Boya atık suları genellikle kimyasal koagülasyon/flokülasyon, ozonlama, oksidasyon, iyon değişimi, ışınlama, çökeltme ve adsorpsiyonu içeren fiziksel veya kimyasal arıtma prosesleriyle arıtılır (Nemr, 2012).

Tekstil işleme atık suları tipik olarak 10-200 mg L^{-1} aralığında boyalar içerir. Bu nedenle, tekstil atık suları genellikle doygun renklidir ve açık suya deşarj edildiğinde estetiksel bir problem oluşturur. Boya içeren atık sudan renkleri çıkarmak için çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemler bulunmuştur. Biyolojik arıtma, atık sulardan boya giderimi için yaygın olarak kullanılan kimyasal ve fiziko-kimyasal yöntemlere göre belirgin avantajlar sunar. Son yıllarda mikroorganizmaların biyolojik bozunma için kullanımı ve atık sularda boyaların biyosorpsiyonu üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır. Boya renginin giderilmesinde rol oynayan çeşitli mikroorganizmalar; bazı bakteriler, maya, mantarlar ve alg türlerini içerir. Boyarmaddeler, çevreye ciddi etki yapan kimyasal bileşiklerdir. Bu nedenle günümüzde araştırmacıların çoğu dikkatlerini boyarmaddelerle ilgili toksikolojik çalışmalara odaklamıştır. Boyarmaddelerin sitotoksisitesi, genotoksisitesi ve fitotoksisitesi anahtar toksisite çalışmaları arasındadır. Araştırmacıların çoğu, çeşitli bitki biyoanalizlerini kullanarak boyarmadde moleküllerinin toksisitesini incelemiştir (Nemr, 2012).

1.2 Tekstil Endüstrisi Hakkında

Türkiye, tekstil/hazır giyim üretimi ve ihracatında %3.6'lık payla (dünyada 8. sırada) lider bir ülkedir. Ayrıca Türkiye, Avrupa Birliği (AB) ülkelerine tekstil ve konfeksiyon ihracatında 3. sırada, pamuk üretiminde 7. sırada, pamuk tüketiminde 4. sırada ve open-end iplik üretiminde 4. sırada yer almaktadır. Ayrıca Türkiye organik pamuk üretiminde dünyada 2. sıradadır. 2010 yılı Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı kayıtlarına göre Türkiye'de tekstil, hazır giyim ve deri sektörlerinde faaliyet gösteren 43.035 kayıtlı işyerinde 746.617 kişi istihdam edilmektedir. Türkiye'de tekstil sektörü, basit elyaf üretimi, iplik üretimi, konfeksiyon için kumaş üretimi, sanayi ürünleri, ev mobilyası gibi süreçler arasında oldukça parçalı ve karmaşık bir üretim sistemine sahiptir. Çeşitli üretim süreçlerinde yüksek miktarda çeşitli kimyasallar, hammaddeler, enerji ve su kullanılmaktadır. Sonuç olarak, farklı sektörlere kıyasla nispeten yüksek miktarda atık emisyonu meydana gelmektedir ve bu durum da çevre ve insan sağlığı üzerinde önemli risklere yol açmaktadır. Tüm endüstriyel sektörler arasında tekstil endüstrisi, atık suyun hem deşarj edilen hacmi hem de atık su bileşimi dikkate alındığında en kirletici sektörlerden biri olarak değerlendirilmektedir. Başlıca çevresel endişelerden biri de boşaltılan su miktarı ve taşıdığı kimyasal yük ile ilgilidir. Türkiye İstatistik Kurumu'na göre, tekstil ve hazır giyim sanayi, endüstriyel su tüketiminin %15'inden (191.5 milyon m^3) sorumludur ve bu da onu tüm Türk imalat sektörü içinde 2. en büyük endüstriyel su tüketicisi yapmaktadır. Tekstil endüstrisinden kaynaklanan su kirliliği Türkiye'de büyük bir sorun haline gelmiştir. Örnek olarak, Ergene Havzası'ndaki tekstil endüstrisi, su kalitesinde büyük değişikliklere ve akifer alanlarında yeraltı suyu seviyesinin bölgesel olarak azalmasına neden olmuştur. Tekstil endüstrisi ile ilgili bir diğer önemli çevre sorunu, yüksek enerji tüketimi ve buna bağlı CO_2 emisyonlarıdır. Türkiye'de tekstil endüstrisi demir/çelik ve çimento sektörlerinden sonra en fazla enerji yoğun 3. sektör olarak rapor edilmiştir. Çoğu üretim fabrikasında olduğu gibi sürdürülebilir üretim yaklaşımı, tekstil fabrikalarında kaynak tüketimini, atık oluşumunu ve ilgili maliyetleri azaltmaya yardımcı olacaktır. Tekstil endüstrisinde sürdürülebilir üretimin uygulanmasıyla elde edilen ekonomik avantajlar iki yönlüdür ve bunlar hem üretim maliyetlerini düşürecek hem de maliyetli hat sonu kirliliği kontrol tesislerine olan ihtiyacı azaltacaktır. Aynı zamanda, fabrika çalışanları ve çevredeki topluluk üzerindeki sağlık ve çevresel etkiler azalacaktır. Sürdürülebilir üretim yaklaşımları yoluyla elde edilen

başarıların dikkate değer örnekleri olarak, çeşitli çalışmalar %15 ile %79 arasında su tasarrufu sağlamanın mümkün olduğunu göstermiştir Ayrıca, tekstil fabrikalarındaki sürdürülebilir üretim uygulamaları sonucunda atık su hacminde %70'e varan düşüşler rapor edilmiştir (Aktaran Alkaya ve Demirer, 2013).

Sektör sürekli olarak büyümekte ve işlenmemiş tekstil liflerine yönelik yıllık küresel talebin 2030 yılına kadar 145 milyon tona ulaşacağı tahmin edilmektedir. Tekstil liflerinin üretimi çok yoğun kaynak gerektirmekte ve enerji, toprak ve suyun yüksek kullanımı düzenli olarak tartışılmaya devam edilmektedir. Global Fashion Agenda ve Boston Consulting Group, 2017 yılında küresel tekstil üreticilerinin konuyla ilgili görüşlerini de içeren kapsamlı bir rapor yazarak bu konuyu ele almıştır. Üreticilere, endüstrinin neden daha sürdürülebilir çalışma yöntemlerine doğru daha hızlı ilerlemediği sorulmuş ve bunun için birden fazla yanıt ortaya çıkmıştır. En popüler üç yanıt şu şekildedir; tüketicilerin sürdürülebilir ürünler için yüksek fiyatlar ödemeye istekli olmaması, teknolojik yeniliklerin yeterli olmaması ve ekonomik olarak uygun bir iş senaryosunun olmamasıdır. Bu nedenle, tüketicilere gelecekte uygun fiyatlı, düşük emisyonlu tekstil ürünleri sağlamak için yeni ve yenilikçi süreç konseptlerine ihtiyaç vardır (Reipsar, 2020).

Selülozik liflerin en çok kullanıma sahip olanı pamuk lifidir. Ancak giderek popülerliğini rejenere selülozik liflere kaybetmeye başlamıştır. Son 50 yılda elyaf pazarının gelişimine bakıldığında, sentetik liflerin güçlü bir hakimiyeti vardır. Sentetiklerin 1960 yılında %0'a yakın bir pazar payından 2010 yılında %70'e kadar uzanan bu başarı öyküsü, mükemmel performans-maliyet ilişkisinden kaynaklanmaktadır. Pamuk da dahil olmak üzere selülozik lifler bu dönemde zayıflamaktadır. Lif tüketimi sanayileşmiş ülkeler tarafından yönlendirilmiştir ve tüketici düzeyinde, dünya çapında yaklaşık 10,7 kg/kişi ile karşılaştırıldığında, 40 kg/kişiden fazlasına ulaşan ABD'de bu oran en yüksektir (Eichinger ve Leitner, 2000).

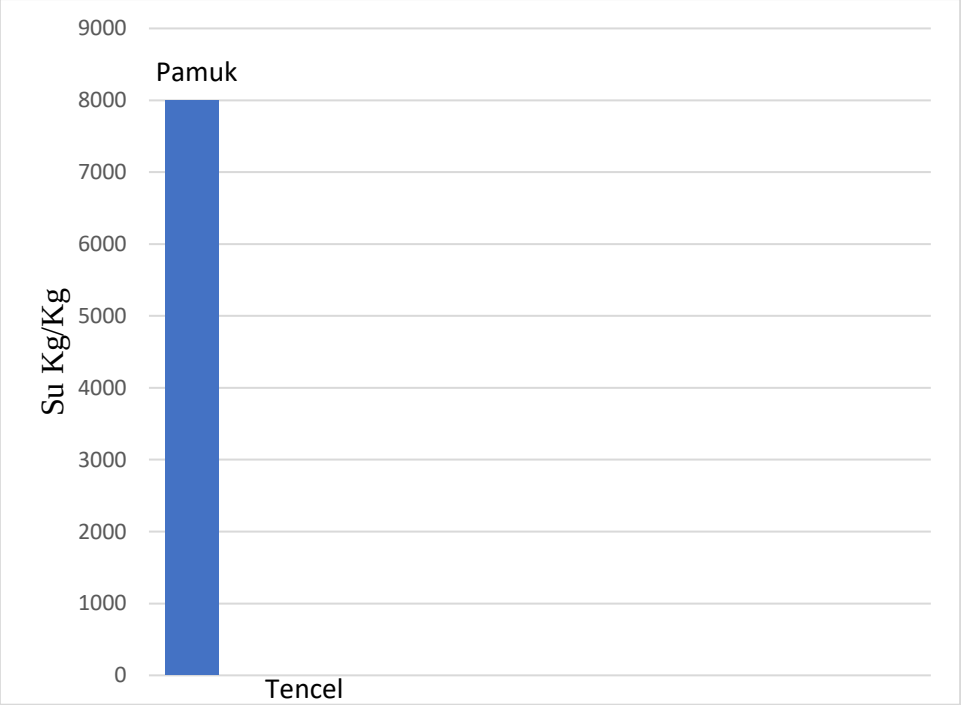
1.3 Sürdürülebilirlik

Tekstil endüstrisinde sürdürülebilirlik çalışmaları kapsamında “circular economy” olarak dünyada tanımlanan döngüsel ekonomi planı ortaya konulmaktadır. Bu plana göre; giysi üretim süreci bir döngüye bağlı olarak kullanım ömrü biten ürünler geri işleme ile tekrar

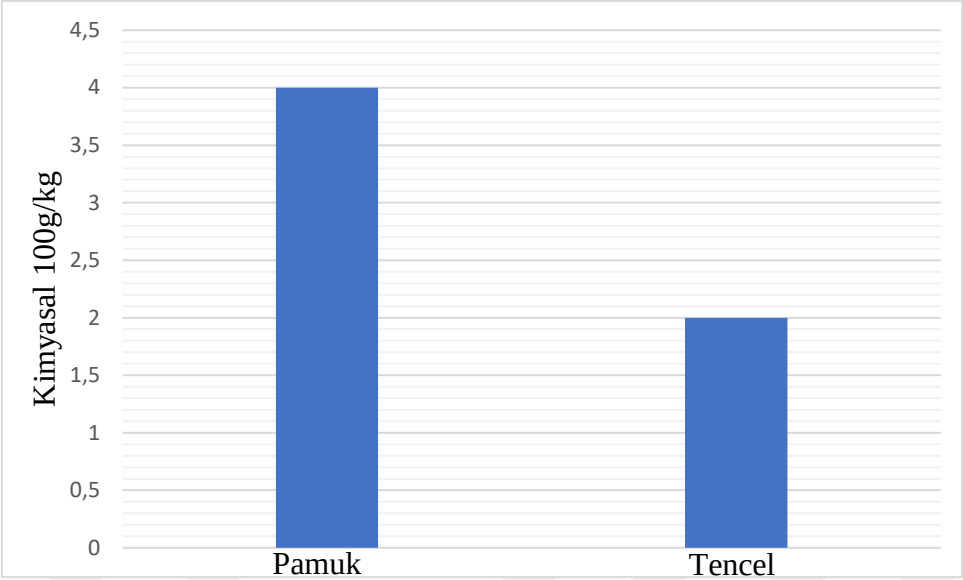
hammadde olarak piyasaya kazandırılıp yeni bir ürün ortaya çıkarılacaktır (www.sei.org, 2021).

1.4 Selülozik Lifler

Doğal liflerin yanı sıra tüm insan yapımı selülozikler geri dönüştürülebilme özelliğine sahiptir ancak bu bağlamda pratikte üretim yöntemleri, su ve kimyasalların kullanımı ile ilgilenilmektedir. Pamuk ile tencel, su ve kimyasal kullanımı açısından kıyaslamaya uygun liflerdir. Karşılaştırılabilir üretim standartları temelinde tartışabilmek için, kağıt hamuru üretimi, tencel lifi üretim sürecinde hemen dikkate alınmıştır. Şekil 1,2'de pamuk ve tencel liflerinin su tüketimi ve şekil 1,3'de kimyasal madde tüketimi açısından karşılaştırılması yer almaktadır (Eichinger ve Eibl, 1995).



Şekil 1.2. Pamuk ve tencel üretiminde su tüketimi (Eichinger ve Eibl, 1995).

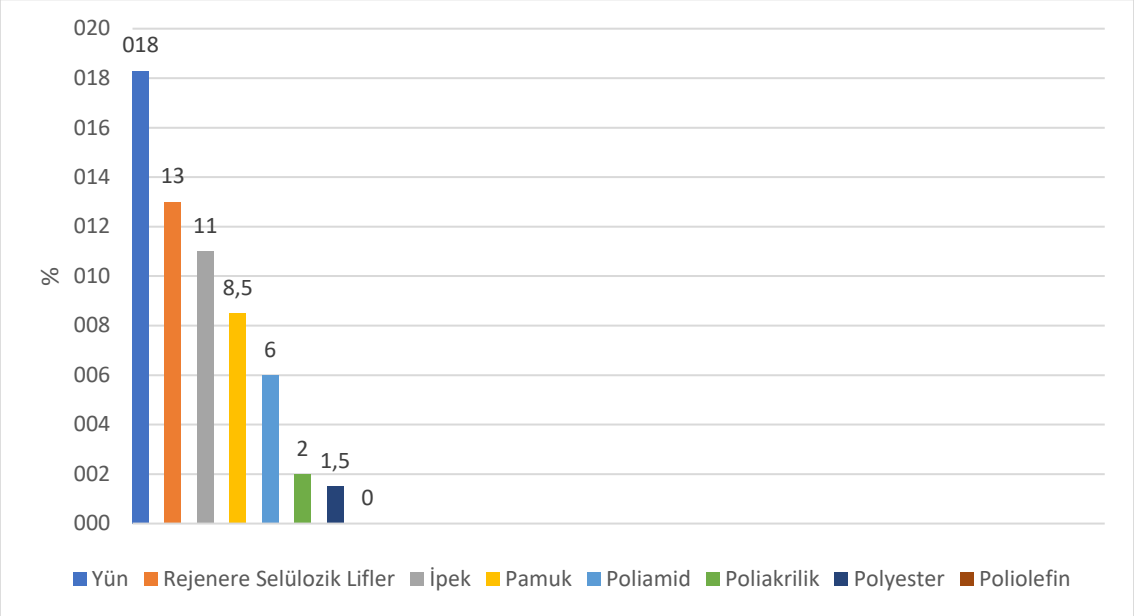


Şekil 1.3. Pamuk ve tencel üretiminde kimyasal tüketimi (Eichinger ve Eibl, 1995).

Pamuk üretimi için gereken son derece yüksek su miktarı yukarıdaki şekilde gözümüze çarpmaktadır. Pamuğa kıyasla tencel lifi, her iki durumda da daha düşük tüketim faktörleri ortaya koymaktadır. Tencel, çevreye zararlı kimyasalların yalnızca yarısına ihtiyaç duyan bir liftir çünkü örneğin pamuk, onu zararlılardan korumak için zararlı kimyasallar kullanmayı gerektirir. Pestisitler, böcek ilaçları ve gübre gibi sağlığa ve çevreye zararlı kimyasalların pamuk üretiminde kullanılması gereklidir. Pamuk kullanmadan önce hammaddesini test etmeyi gerekli kılar. Tencel ise, Ökotex 100 Standardı ile testsiz kullanıma uyum sağlar. Sonuç olarak; çözücü için toksikolojik verileri inceledikten ve tencel ile doğal elyaflarının verilerini karşılaştırdıktan sonra tencel lifinin tekstil endüstrisi için ekolojik olarak mükemmel bir lif olduğundan emin olunur. (Eichinger ve Eibl, 1995).

Pamuk ve insan yapımı selülozik liflerin her ikisi de aynı polimere (selüloza) dayanmaktadır ve konfor için temel faktör olan nem emilimini sağlamaktadır. Pamuk lifinin mükemmel hammadde karışım ortakları tencel ve viskon lifleridir. Pamuk ve rejenere selülozik lifleri, üstün nem yönetimi sayesinde giyim tekstili için en uygun olan liflerdir ve harmanlama ortağı olarak kullanılacağı durumlarda lif inceliği ve elyaf uzunluğu açısından özel olarak üretilebilen liflerdir. Liflerin nem emilim oranları şekil 1,4'te ve lif incelik değerleri tablo 1,1'de gösterilmiştir (Eichinger ve Leitner, 2010). Şekil 1,5 transmisyon elektron mikrografları ile görüntülenmiş olan selülozik liflerde

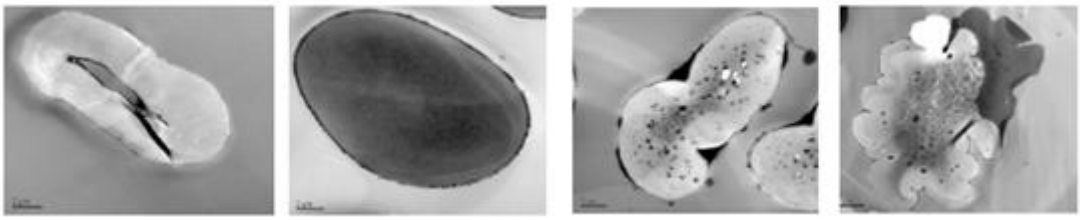
suyun konumunu göstermiştir. Tablo 1,2'de çeşitli selülozik ve rejenere selülozik liflerin karakteristik özellikleri belirtilmiştir.



Şekil 1.4. Liflerin nem emilimi (Eichinger ve Leitner, 2010).

Tablo 1.1. Pamuk ile harmanlanan rejenere selülozik liflerin incelik değerleri (Eichinger ve Leitner, 2010).

Lif	Lif İnceliği (dtex)
Pamuk	1,3-3
Viskoz	1,3-8
Lenzing® Modal	0,8-7
Tencel	0,9-20



Pamuk Tencel Modal Viskoz

Şekil 1.5. Selülozik liflerde emilen suyun konumu. Transmisyon elektron mikrografları. Su karanlık (elektron yoğun) selüloz parlak görünür (Abu-Rous ve ark. 2006).

Tablo 1.2. Çeşitli selülozik ve rejenere selülozik liflerin karakteristik özellikleri (Shabbir ve Mohammed 2017).

Lifler	Kuru Mukavemet (cN/Tex)	Islak Mukavemet (cN/Tex)	% Kopma Uzaması	% Nem çekme
Pamuk	20-43	27-56	6-10	7-8
Rayon	18-26	9-15	15-25	10-16
Rayon yüksek ıslak modülü	24-36	12-24	13-25	12-13
Tencel yüksek ıslak modülü	37-45	30-39	12-16	11-12
Bambu yüksek ıslak modülü	22-25	13-17	14-24	13

Tencel lifleri farklı lif türleri ile harmanlanarak yüksek teknik özelliklere sahip ve çevreci bir kumaş oluşturulmasında çok önemli bir yere sahiptir. Tencel lifleri birçok lif türü ile harmanlanabilmekte ve bu noktada pamuk ile mükemmel bir uyum sağlamaktadır. (Aktaran Dündar, 2008). Tablo 1,3'te lyocell liflerinin incelik ve uzunluk değerleri belirtilmiştir.

Tablo 1.3. Lyocell liflerine ait incelik ve uzunluk değerleri (Aktaran Dündar, 2008).

Tencel Lif Türü	Dtex	Mm
Standart	1,3	38
	1,4	38
	1,7	38/51
	2,2	50
Micro	0,9	34
LF	1,3	38
	2,2	50
	0,9	34
A100	1,4	38

1.5 Tekstilde Liflerin Harmanlanması ve Taşıyıcı Lif

Farklı lifler ile oluşturulan ipliklerin bir arada işlenip karışımda yer alan lif hammaddelerinin iplik olarak meydana getirilmeden önce harmanlanması ve eğirilmesi ile harmandan karışım iplikler üretilir. Bir lif karışımı elde etmekte bir üreticinin amacı, karışımda yer alan farklı elyaf türlerinin sahip olduğu teknik özellikleri harmanlayarak elyaf özelliklerini geliştirmek ve yeni avantajlı özelliklere sahip kumaşlar üretebilmektir. Karışım oluşturabilmek için elyafın işlenebilirliği, iplik inceliği ve ekonomiksel faydası incelenip avantajlı bir durum elde etmek önemlidir (acikders.ankara.edu.tr, 2021).

1.5.1 Harmandan karışım ipliklerin avantajları

Liflerin harmandan karıştırılması çeşitli olumlu özellikler kazanmak için yapılır. Temel amaç kaliteyi yükseltmektir.

- Haslıkları yükseltmek, boncuklanmayı azaltmak, boyarmadde alımını iyileştirerek renk düzgünlüğü sağlamak gibi önemli etkiler vardır.
- Giysinin sahip olduğu fizyolojik özelliklerinin iyileştirilmesi de önemlidir. Isı yalıtım özelliği, nem çekme yüzdesi ve insan cildine uyumluluk gibi özellikler önemlidir.
- Giysi bakım özellikleri: yıkama sonrası görünüm, çabuk kuruma ve kolay ütüleme özelliği önemlidir.
- Görünüm: Görünümü güzelleştirmek (renk, parlaklık gibi) önemlidir.
- Ekonomik etkiler: Lif fiyatı ve çeşitliliği, iplik kalitesinde eşitlik ve incelik önemlidir (acikders.ankara.edu.tr, 2021).

Lifler; Mukavemet, esneme ve geri dönüşüm, elastikiyet, lif uzunluğu ve lif inceliği bakımından birbirlerine ne kadar yakın düzeyde olur ise o derece iyi lif karışımları meydana getirilir. En önemli lif karışım oranları %70/30, %60/40, %50/50 gibi oranlardır (www.acikders.ankara.edu.tr, 2021).

Tekstil materyallerinde liflerin harmanlanması iki basamak ile oluşur: İplik üretimi sırasında farklı kesik/kısa lifler harmanlanır. Harmanlanan bu lifler bükülmüş iplikler halinde üretilir. Tekstil materyalleri üretilirken ayrı liflerden üretilmiş iplikler hammadde olarak kullanılabilir. Bu sebep ile doğal lifler doğal liflerle harmanlanır; kimyasal lifler

kimyasal liflerle harmanlanabilir. Doğal lifler ve kimyasal lifler arasında yapılan harmanlama ile de avantajlı sonuçlar elde edilebilir. Sentetik liflerin mukavemeti ve elastikiyetinin iyi olması ile doğal liflerin iyi aşınma özellikleri harmanlandığında kalitesi yüksek bir tekstil materyali geliştirilmiş olur. Selülozik kimyasal liflerden, yumuşak olmaları ve nem emme özelliklerinin yüksek olması sebebi ile çok fazla yararlanılmaktadır. Lif inceliği ve uzunluğu ile çok ince iplikler üretilir (www.acikders.ankara.edu.tr, 2021).

Estetik renk efektleri elde etmek, toplam üretim maliyetini en aza indirmek ve elde edilen tekstil ürünlerinin performans özelliklerini iyileştirmek için tekstil lifleri harmanlanarak kullanılmaktadır. Yüksek kaliteli karışım boyamaları elde etmek için uygun boyar maddelerinin seçimi ve boyama koşullarını etkileyen faktörler arasında şunlar yer alır; karışım bileşenlerinin davranışı ve bunların farklı boyarmaddeler ve boyama koşullarına göre oranları, boya banyosu bileşenlerinin uyumluluğu, uygun boyama ekipmanlarının varlığı, ön-terbiye ve bitim işlemleri, ekonomik gerçekler ve ekolojik kaygılardır (İbrahim, 2011).

Dünyanın önde gelen selülozik elyaf üreticisi Lenzing, 2013 yılında Paris'teki tekstil ticaret fuarlarında özellikle tencel/pamuk karışımları için geliştirilen yeni pazarlama konsepti "Natural Connection" yani doğal birleşimi sunmuştur. Şirket bu iki selülozik elyafı ideal ortaklar olarak tanımlamaktadır. Lenzing'e göre hem doğal kökenli olmaları hem de iyi nefes alma özellikleri gibi benzer özelliklerle bu lifler mükemmel bir şekilde harmanlanabilirler. Dönemin Textile Fibres Business Unit başkan yardımcısı Dieter Eichinger; tencel/pamuk karışımının katma değerinin fark edileceği ilgili ürünlere tenceli yerleştirmek için çok sayıda fırsat olduğunu belirtmiş ve her iki lifim kombinasyonu, lüks tekstil üreticilerine ve perakendecilere yenilik ve pazarlama yoluyla seri üretilen ürünler arasında öne çıkma şansına dikkat çekmiştir. Pamuk ve tencel benzer uygulamalar için ağırlıklı olarak gömlek ve pantolon giyim sektöründe, ev tekstili sektöründe yatak çarşaflarında kullanılmaktadır. Karışımda %30 tencel içeren bir karışımın pamuklu kumaşlara yeni bir tanım verdiği söylenmiştir. Tencelin eklenmesinin bir sonucu olarak, kumaşın tutuşu, nem yönetimi ve parlaklığı geliştirilebilir. Karışım oranına bağlı olarak, Lenzing'e göre bu kumaşların görünümü ve özellikleri herhangi bir ihtiyaca uyacak şekilde değiştirilebilir. (www.indiantextilemagazine.in, 2020).

Tablo 1,4'te tencel lifleri ile karışım yapılabilen lif türleri gösterilmiştir.

Tablo 1.4. Tencel liflerinin karışım yapılabildiği lif türleri (Bahar ve Köllerer, 2020).

Karışım Ortağı	Standart Tencel	Tencel LF	Tencel A100
Pamuk	Uygun	Uygun	Uygun Değil
Keten	Uygun	Uygun	Uygun Değil
İpek	Uygun	Uygun Değil	Uygun
Yün/Poliamid	Uygun	Uygun Değil	Uygun
Poliakrilik	Uygun	Uygun Değil	Uygun
Polyester	Uygun	Uygun Değil	Uygun

1.6 Rejenere Selülozik Lifler

Rejenere selülozik liflerin hammaddesi bir çözelti içerisinde çözünen hamur olarak tanımlanmıştır. Bu hammadde, kimyasal arıtma ve saflaştırma ile elde edilen, selüloz içeriği yüksek ve diğer kimyasal maddelerin içeriği az olan bir lif hamurudur. Eritme hamurunun hammaddesi esas olarak odun ve pamuk linteridir. Çözündürülen bu odun hamuru genel olarak orman kaynakları bakımından zengin ülkelerden ve bölgelerden, örneğin Avrupa, ABD, Brezilya ve Güney Afrika'dan gelmektedir. Çin'de odun hamurunun çözündürülerek lif elde edilme oranı giderek artmaktadır (Yeşilbağ, 2011).

Birçok çeşidi mevcut olan rejenere selülozik lifler içerisinde viskon lifleri de yer almaktadır. Selüloz esaslı bir lif olduğu halde viskon liflerinde oluşan tepkimeler lifin tüm kesit alanında aynı etkide ve aynı zaman içerisinde meydana gelmediğinden dolayı liflerin yerleşimi düzensizdir ve lifin iç ve dış katmanları arasında liflerin yoğunluk düzeni homojen değildir. Bu tepkimeler koagülasyon işlemi, selüloz ksantogenat parçalanma işlemi, çinko sülfatın etkisi olarak sırayla anlatılabilir. Viskon liflerinin yapısında manto olarak adlandırılmış olan dış katmanda lif yoğunluğu daha iyi ve daha düzenlidir. Bu nedenle viskon liflerinin kopma mukavemetleri düşüktür. Bu özelliklerin dışında viskon liflerinin yaş mukavemetleri ıslak olduğu zaman büyük oranda azalmaktadır. Viskon liflerinin yaş mukavemet dirençleri, kuru kopma mukavemet

dirençlerine kıyasla %35-40 oranında daha düşüktür. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırmış olmak için viskin liflerine alternatif olarak Modal lifi geliştirilmiştir (Yeşilbağ, 2011).

Rejenere selülozik liflerin bir diğer çeşidi de tencel lifidir. Viskon liflerinin geliştirilmesinden yaklaşık yüzyıl sonra rejenere selülozik liflerin bir diğer çeşidi olan tencel lifi endüstriyel anlamda üretilmiştir. Tencel liflerinin üretiminde hammadde olarak odun hamuru kullanılır. Hasat edilmiş ağaçlardan elde edilen odun hamuru bu özelliği ile yenilenebilir bir kaynak olarak kabul edilmektedir. Tencelin üretim süreci, selülozun herhangi bir kimyasal değişikliğe uğramadan (şekeri suda eritmek gibi) çözündüğü N-metilmorfolin-N-oksit organik çözücüsü içinde çözülmesi temeline dayanmaktadır. Bu nedenle bu işlem organik solvent eğirme metodu olarak da isimlendirilir. Bu lifin viskona göre avantajları vardır, çevre dostu ve basit üretim metoduna sahip olması bunlardan en önemli iki tanesidir. Viskon lifine kıyasla lif özellik profilinin çeşitliliğinin düşük olması ve bazı uygulamalar için tencel tipi liflerin fibrilasyon eğilimi bu lifin avantajlı yönleridir (Fink ve ark. 1998). Tablo 1,5'te tekstil materyallerinin yaşam döngüsüne etkisini gösteren detaylar yer almaktadır.

Tablo 1.5. Tekstil materyallerinin yaşam döngüsüne etkisi (Grevinga ve ark, 2017).

	Çin pamuğu	Organik pamuk	Tencel	Geri dönüştürülmüş pamuk/ Tencel (%50/50)	Geri dönüştürülmüş pamuk/ kenevir (%50/50)
	CO_2-eq (kg/ton)				
Lif malzemesi	3,520	3,089	4,077	2,200	1,397
Konstrüksiyon	2,429	2,429	2,429	2,429	2,429
Ön-işlem	1,747	1,747	1,747	713	713
Boyama	1,230	1,230	1,230	0	0
Apre	701	701	701	709	709
Toplam	9,628	9,197	10,184	6,051	5,248
Enerji kullanımı (MJ/ton)					
Lif malzemesi	51,500	73,016	132,209	69,516	14,312
Konstrüksiyon	37,788	37,788	37,788	37,788	37,788
Ön-işlem	33,720	33,720	33,720	12,290	12,290
Boyama	24,474	24,474	24,474	0	0
Apre	12,243	12,243	12,243	12,366	12,366
Toplam	159,725	181,241	240,434	131,961	76,756
Su kullanımı (L/ton)					
Lif malzemesi	6,970.000	2,777.416	20,000	10,000	5,500
Konstrüksiyon	0	0	0	0	0
Ön-işlem	10,000	10,000	10,000	5,163	5,163
Boyama	82,111	82,111	82,111	0	0
Apre	693	693	693	700	700
Toplam	7,062.804	2,870.220	112,804	15,863	11,363

Lifler çok çeşitli üretim metotları ile üretilmekte ve her bir lif için farklı üretim bantları ile farklı yöntemler gerekmektedir. Bu durum lif üretimini çok büyük bir endüstri haline getirmiş ve çok sayıda evrensel marka yaratmıştır. Tablo 1,6'da kesikli lif tedarikçileri ve bu liflerin marka isimleri gösterilmiştir.

Tablo 1.6. Kesikli lif tedarikçileri ve markaları (web.itu.edu.tr, 2022)

Lif üreticilerinin listesi aşağıdaki gibidir;

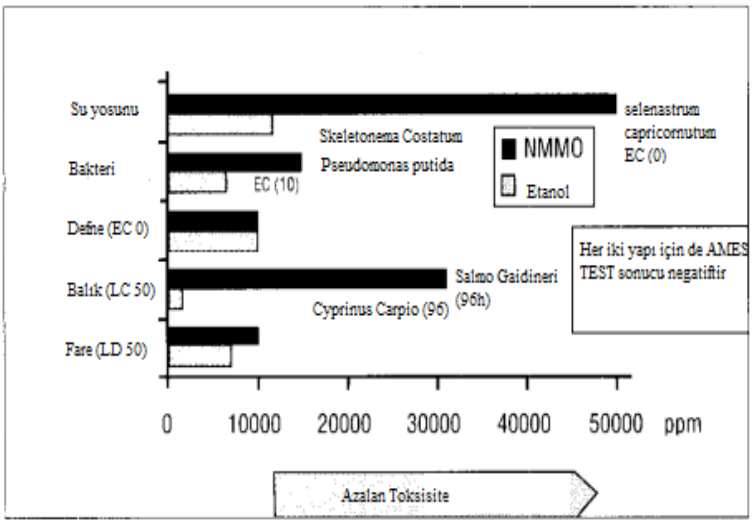
Doğal Lif	Genel Adı
Selülozik	Pamuk Keten Jüt
Protein	Yün Tüy İpek
Mineral	Asbest
Yapay Lif	Ticari Adı
Doğal Polimer	Danufil
Selüloz türevleri	Danufil CS
Viskon	Evlan Fibro Lenzing FR Sarille SI Fibre Tufcel Avril
Modal	Koplan Prima
Lyocell	Tencel

- 1Asahi Chemical Industry, Japonya
- Avtex Fibers, ABD
- Bayer, Almanya
- Belfast Ropework, İngiltere
- R K Carbon Fibres, İngiltere

- Courtauds Fibres, İngiltere
- F Drake (Fibres), İngiltere
- Du Pont, ABD
- Enka, Hollanda
- 10 Hoechst-Celanese, Almanya
- ICI, İngiltere
- Kemira OY Sateri, Finlandiya
- Lenzing, Avusturya
- Monsonta Chemical, ABD
- Rhodia Toce İtalya
- Montefibre, İtalya
- Rhöne-Poulenc, Fransa
- Snia Fibre, İtalya
- Pilkington, İngiltere
- Plasticisers, İngiltere
- Teijin, Japonya
- Toyobo, Japonya (web.itu.edu.tr, 2022)

Tencel lifinin hammaddesi olarak kullanılan N-metil morfolin N-oksit kısaca amin oksitler doğada işlemler yapılarak geliştirilmiş maddeler değildir. Pratik anlamda bu maddeler her alanda bulunabilirler, örneğin günümüzde dermatolojik ve toksikolojik analizlere tabi tutulan kişisel hijyen ürünlerinin çok yüksek bir kısmı bir yıkama aktif bölüm barındırır. Bu nedenle endüstriyel uygulamalar için toksikolojik güvenliğin sağlanması gerekmektedir. Bu durumun doğal bir sonucu olarak toksikolojik analizler de N-metil morfolin N-oksit (NMMO)'nun üzerinde yapılmıştır. Toksikolojik analizlerden elde edilen verilerin görselleştirilmesine ve karşılaştırılmasını kolaylaştırmak amacı ile tencel lifi, en çok test edilen ve dünyanın en iyi bilinen çözücü ve besleyici maddesi olan etanol ile karşılaştırılmıştır (Eichinger ve Eibl, 1995).

Şekil 1,6'da toksisite açısından NMMO ile etanolün karşılaştırılmış grafiği yer almaktadır.

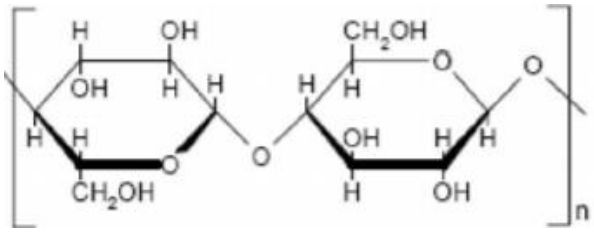


Şekil 1.6. Toksisite açısından NMMO ile etanolün karşılaştırılması (Eichinger ve Eibl, 1995).

Besin zincirinde yer alan farklı canlı organizmaların denek olarak kullanılmasında, memeliler içerisinde denek olarak kullanılan farelerin üzerinde, balıkların üzerinde, küçük defnelerin üzerinde, alg ve bakterilerin üzerinde uygulanan beş adet toksisite araştırmasında, NMMO'nun etanolden daha düşük bir toksisite içerdiği tespit edilmiştir. AMES testi incelemesinde mutagenez test sonucunun negatif bulunması ile NMMO'nun toksisite açısından ve klinik açıdan zararlı olmadığının tespiti büyük önem taşımaktadır (Eichinger ve Eibl, 1995).

1.7 Tencel Lifi

Tencel sadece lyocell elyafın bir markalaşmış adıdır. Kumaşların her ikisi de odun esaslı selüloz elyaftır. Bununla birlikte, ikisi arasındaki temel fark, lyocellin bambu hamurundan, tencel in ise odun hamurundan üretilmesidir. Lyocell, kapalı döngü sistem kullanılarak yapılır. Bu nedenle çevreye çok büyük bir faydalı etkisi yoktur. Ancak tencel daha da sürdürülebilir bir liftir. Ayrıca bu iki lif arasındaki diğer bir fark, tencelin rayon veya pamuk gibi diğer kumaşlarla kolayca karışım olarak kullanılabilmesidir. Şekil 1,7'de selülozun kimyasal yapısı gösterilmiştir.



Şekil 1.7. Selülozun kimyasal yapısı (BISFA, 2006).

Tencel lifleri ortaya çıktıkları andan itibaren dünya çapında tekstil pazarında özel bir etki yaratmıştır. Tekstil elyafları alanındaki eğilimler ve tekstil ürünlerinin rekabet gücünü artırma gerekliliği, giysi sektörü ve özellikle moda için tencel elyafların potansiyelini arttırmaya sektörü motive etmiştir. Bu amaçla, tencel dokuma kumaşlar üzerinde bazı farklı terbiye deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler, birincil fibrilasyon etkisi, enzimatik defibrilasyon ve ikincil fibrilasyon denemeleri şeklinde olmuştur. Bu etkilerin elde edilmesi için, dokuma kumaşlara kostikleme yapılarak ve kostikleme yapılmadan bitim işlemleri gerçekleştirilerek ve bunun ardından, boyamadan önce veya sonra defibrilasyon (biyopolish apre), Bactosol CA (Clariant), Perizym 2000 ve Perizym LYO (Textil Chemie GmbH Dr. Petry) gibi farklı selülozik enzimler kullanılarak kimyasal işlemler gerçekleştirilmiştir. Deneyler, bu teknolojik aşamaların tencel tekstil malzemelerinin apre işlemlerinde ortaya çıkan yüzey modifikasyonu üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Bitkinin, toplumumuzun bir dizi ihtiyacını karşılama potansiyeline sahip olduğu yıllardır bilinmektedir. Bilim ve teknolojideki gelişmelerle birlikte, insanlar çevresel ve sosyal açıdan sorumlu materyaller yapmayı öğrenmişlerdir. Lyocell lifleri gerek hammadde yetiştirilmesi esnasında kullanılan maddeler gerek ise üretim esnasında uygulanan prosesler dikkate alındığında doğaya en az zararı veren liflerin başında gelmektedir. Bunun nedeni hammaddesi olan okaliptüs ağaçlarının yetiştirilmesinde gübre kullanılmasına ihtiyaç duyulmaması, sadece yağmur alarak ağaçların yetişebilmesi, lif üretim prosesinde kullanılan kimyasal ve suyun %99.5 oranında geri kazanılabilir olmasıdır. Yetiştirilmesinde çevreci bir lif olmasının yanı sıra sahip olduğu özellikler bakımından sentetik liflerin sahip olduğu teknik özelliklere ve doğal liflerin sahip olduğu konfor özelliklerine sahip bir liftir. Dünyada tekstil lifleri genel olarak dokuma kumaşlarda farklı karışımlarda kullanılmaktadır (Bahar ve Köllerer, 2020).

Tencel lifi gerek hammadde yetiştirilmesi gerek ise üretim prosesi açısından pamuk ve viskon liflerinden çok daha çevreci bir liftir. Hammaddesinin elde edildiği okaliptüs

ağaçlarının yetiştirilmesinde pestisit kullanılmamakta, ormanda ağaçlar sadece yağmur ile yetişmektedir. Tencel lifi 21. Yüzyılın yeşil lifi olarak anılmaktadır. Tencel lifinin çekilmesinde kullanılan solvent, toksik olmayan ve geri dönüştürülebilen N-metilmorfolin-N-oksit çözücüsüdür. (Shabbir ve Mohammed 2017).

Bu çalışmada okaliptüs ağaçlarında bulunan odun hamurunun solvent eğirme prosesi ile çekilen tencel lifi ile pamuk lifi karışımından oluşan bir dokuma kumaşın fiziksel ve kimyasal test performanslarını arttırarak bu life yeni kullanım alanları açmak için teorik ve deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Tekstil sektöründe çalışanların tencel, lyocell ve modal hakkında bilgileri net değildir. Tencel ve lyocell aynı lifler midir yoksa farklı lifler midir sorusu akıllara gelmektedir. Atölyelerde çalışanlar da bu konuda net bilgiye sahip değildir. Bu liflerin tamamı bilimde viskon lifi gibi rejenere selülozik liflerdir. Tencel ve lyocell her iki lif de aynı lif türüdür. Selülozun türevlerinden üretilmekte olan rejenere bir lif olan tencel lifi organik ve geleneksel pamuğa kıyasla daha düşük miktarda su ve daha az tarım arazisi gerektirmesi, biyo-bozunur yapıda olması ve çevre duyarlılığı dolayısı ile gün geçtikçe popülerlik kazanmaktadır (Hasan ve ark. 2017). Tablo 1,7'de liflerin doğaya verdikleri etkiler ve etkileme düzeyine göre sınıflandırılması gösterilmiştir.

Tablo 1.7. Doğaya etkisi bakımından liflerin sınıflandırılması (Christensen, 2007).

A Sınıfı	B Sınıfı	C Sınıfı	D Sınıfı	E Sınıfı	Sınıflandırıl-mayan
Mekanik olarak geri dönüştürülmüş naylon	Kimyasal yöntem ile geri dönüştürülmüş naylon	Geleneksel keten	Modal"R" (Lenzing Viskon Üretimi)	Bambu Viskon	Asetat
Mekanik olarak geri dönüştürülmüş polyester	Kimyasal yöntem ile geri dönüştürülmüş polyester	Geleneksel Kenevir	Poli-Akrilik	Gelene-ksel Pamuk	Alpaka yün
Organik Flax (Keten)	Crailar"R" Flax	PLA	El değme-Miş poly-ester		Kaşmir yün
Organik Kenevir	İn conversion (geçiş) pamuk	Rami			Deri
Geri dönüştürülmüş pamuk	Monocell"R" Bambu Lyocell üretim				Mohair yün
Geri dönüştürülmüş Yün	Organik pam-uk				Doğal bambu
	Tencel (Lenzing lyo-cell üretimi)				Organik yün İpek

İlk tencel kumaşları görünüm ve tuşe açısından rayon ile karşılaştırılmaktaydı, ancak günümüzde ipeksi tuşeli, şeftali tüylü yüzeye sahip ve daha karakteristik bir tencel üretimi yapılabilir hale gelmiştir (Christensen, 2007).

Tencelin kesiti daireseldir ve yüzeyi pürüzsüzdür, eğirme işleminde selülozik liflerin hızlı ve yüksek çözücü penetrasyonuna maruz kalması bunun bir sonucu olabilir. Tencelin geleneksel viskon lifine uygulanan özel eğirme yöntemi, lifin dikine ekseninde son derece güçlü bir şekilde yönlendirilen selüloz demetlerinin, çok uzun özel bir kristal düzenlemesinin oluşmasını sağlar (Aktaran Badr ve ark, 2014). Tencel, ticari olarak NMMO'da organik çözücülerden eğrilen selüloz liflerinin genel adıdır (Lee ve ark. 2000).

Tencel lifleri sürdürülebilirlik açısından kontrol altında tutulan ormanlarda yetişen ağaçların, odun hamurundan elde edilen selülozik bir liftir. Odun hamuru bir "amin oksit" içinde, genellikle N-metilmorfolin-N-oksit çözeltisi içinde çözülür. Lifler çözelti ile eğrilir ve bir yıkama işlemine tabi tutulurken çözelti ekstrakte edilir. Çözücü toksik maddeler içermemektedir ve üretim sonucu ortaya çıkan atıklar zehirli değildir. Tencel

lifini viskon gibi diğer selülozik liflerden ayıran en belirgin nokta, organik çözücü içerisinde bir ara bileşik oluşturmadan doğrudan çözünüyor olmasıdır. Tencel, biyobozunur ve absorbe edici bir lif olduğu için selülozik liflerin sahip olduğu tüm avantajlara sahiptir. Kuru ve ıslak halde mukavemeti yüksektir. Pamuk, yün, keten gibi liflerle karışımında iyi uyum sağlar. Islak halde aşındığında fibrillenir. Yüzeydeki fibriller (küçük lif benzeri yapılar) lifin gövdesinden soyulur ancak bağı kalır. Liflerin bu fibrilasyon özelliği kumaş özelliklerine doğrudan etki eden çok önemli bir faktördür (White ve ark. 2005).

Tencel lifleri diğer selülozik lifler ile aynı yöntemler kullanılarak boyanabilmektedir.

1.7.1 Tencel lifinin tarihçesi

- 1939 yılında alınan patent, selülozun amin oksit içerisinde çözündürülmesini açıklamaktadır.
- 1966-1968 yıllarında Eastmen Kodak Inc. Firmasından D. L. Johnson selülozun amin oksit içerisinde çözündürülmesini de içeren bir yazı dizisi hazırlamıştır.
- 1969-1979 yıllarında Amerikan Enka/Aknoza Inc. Firması amin oksit içerisindeki bir selüloz çözeltisinden lif eğrime üzerinde çalışmış fakat geliştirememiştir.
- 1979 yılında Courtaulds firması daha sonradan Tencel® adını alacak olan yeni bir selülozik lif üzerinde çalışmaya başlamıştır.
- 1983 yılında Coventry'daki ilk pilot üretim tesisi kurulmuştur.
- 1988 yılında İngiltere Grimbsy'de küçük bir ticari tensel tesisi kurulmuştur.
- 1989 yılında BIFSA, yeni lyocell lifinin ismini kabul etmiştir.
- 1992 yılında tam ölçekli tensel üretim tesisi Amerika Mobile County'de kurulmuştur.
- 1997 yılında Lenzing AG, Avusturya'da bir üretim tesisi kurmuştur.
- 1998 yılında İngiltere Grimbsy'de ticari ölçekte, ilk fibrile edilmeyen tencel lifi olan Tencel A100® ün üretim tesisi kurulmuştur.
- 2004 yılında Lenzing AG, Tencel® 'yi satın almıştır. (White ve ark. 2005)

Tencel lifinin genel özellikleri aşağıdaki gibidir.

- Cilde serinlik hissi veren bir liftir.
- Nemi iyi bir şekilde çekebilen ve serbest bırakan bir liftir. Bu nedenle nefes alabilir bir kumaş yapısı sağlayan bir lif türüdür (www.lenzing.com, 2020).

1.7.2 Tencel Liflerinin Özellikleri

Tencel lifleri çeşitli fiziksel özelliklere karakteristik açıdan sahip bir liftir. Tablo 1.8'de tencel lifinin fiziksel özellikleri gösterilmiştir (Wulfhorst ve ark. 2006).

Tablo 1.8. Tencel lifinin özellikleri (Wulfhorst ve ark. 2006, Alp 2010).

İncelik	Değişkenlik gösterir
Lif boyu	Kesikli ve kesiksiz lifler
Özgül mukavemet, kuru halde (cN/tex)	42-48
Özgül mukavemet, ıslak halde (%- kuru)	%85 e kadar
Uzama, kuru halde (%)	10-15
Uzama, ıslak halde (%)	100% e kadar
Kimyasal formül	$C_6H_{10}O_5$
Renk	Beyaz
Koku	Kokusuz
Erime noktası	Erimez ve yumuşamaz
Kaynama noktası	Buharlaşmaz
Termal bozunma	>175°C
Tutuşma sıcaklığı	~460°C (DIN 561794)
Yoğunluk	1.5g/cm^3 (20°C)
Polimerleşme derecesi	550-600

Mukavemet: Tencel, tüm selüloz liflerinin en güçlüsüdür. Bunun nedeni, ıslak mukavemetin yalnızca %15 oranında kaybolmasıdır, bu nedenle diğer ürünlere göre üstündür. Mukavemet 38-42 cN/Tex aralığındadır. Mükemmel ıslak ve kuru mukavemete sahiptir. Tencel elyafları, yüksek kuru ve ıslak mukavemet ile karakterize edilir. Tencel, polyester liflerine yaklaşan, diğer selülozik elyaflardan önemli ölçüde daha yüksek bir kuru mukavemet özelliğine sahiptir.

Tencel, ıslak koşullarda kuru mukavemetinin %85'ini korur ve ıslakken pamuğa göre daha güçlüdür. Elyafın daha yüksek mukavemeti, daha güçlü iplikler ve kumaşlar anlamına gelir ve sonraki işlemlerin mukavemetinde önemli bir rol oynar. Ayrıca tencel lifleri, yüksek modüle sahiptir ve bu nedenle suda çekmesi düşüktür. Bunun sebebi olarak, tencel karışımlı kumaşlar ve giysiler yıkamada iyi bir stabilite sergiler.

Kristallik: Tencel elyafındaki selüloz yüksek derecede yönelime ve kristalliğe sahiptir. Selüloz kristalleri, lifin uzunlamasına yönünde oldukça paraleldir. Kristalin amorf bölgelere oranı yaklaşık 9:1'dir.

Kesit: Tencel elyafı pürüzsüz bir yüzeye ve dairesel bir kesite sahiptir. Tencel yapısı pamuk gibi çökük bir yapı değildir.

Tuşe: Tencel lifleri yumuşak ve parlaktır, bu nedenle mükemmel bir tuşeye sahiptirler. Yüksek emiciliğe sahip ipek benzeri yumuşak bir elyaftır. Yumuşaklığı pamuğa benzer.

Termal performans: Tencel elyafı, yüksek sıcaklıkta yüksek stabiliteye sahiptir. 300°C'de erimez, ancak hızla mukavemetini kaybetmeye başlar ve sonunda 420°C'de yanar. Yüksek sıcaklıkta ütüleme gerektirebilir. Bu lifler yakıldığında diğer selülozlar gibi erimez, tutuşur. Stabilite açısından ipeğe benzer.

Kimyasal özellikler: Tencel çoğu organik çözücüye karşı inerttir. Bununla birlikte, sıcak seyreltik mineral asitlerin veya soğuk konsantre mineral asitlerin varlığında bozunur. Hatta 300 g/L kostikte 60°C'de merserize edilebilir ki bu pamuk dışında herhangi bir elyaf için zor bir işlemdir. Bu, dokumadaki fantezi ürünler için daha iyi stabilite sağlar.

Fibrilasyon: Bu, tencelin önemli bir özelliğidir. Lifler ıslandığında şişer. Liflenme, yüzeyde küçük tüyler oluşturan lif uçlarının pul pul dökülmesi veya ayrılmasıdır. Bu yüzey lifleri birlikte matlaştır ve bitmiş kumaşın görünümünü bozar. Fibrilasyon, suda şişme ve mekanik stresin neden olduğu liflerin tek tek liflerin yüzeyi boyunca ayrılmasıdır. Fibrilasyon genellikle bir sorun olarak tanımlansa da tencel ıslak serilmiş mikro elyaflar, çeşitli tuşeler ve estetikler oluşturmak için kullanılabilir. Öncül fibrillerin kısa ve ince olması, uzamaya ve dolaşmaya izin vermemesi, şeftali tüyü etkisinin kabul edilebilir olması ve ayrıca evde 40°C'de tekrar tekrar yıkamaya dayanabilmesidir. Ayrıca, kaliteli dokular üretmek için ıslak işlemler sırasında kırışmaya karşı oldukça dirençlidir. Fibrilasyondan kaçınılabilir veya avantaj sağlamak için kullanılabilir.

Aşağıda açıklanan iki tip fibroz vardır.

- A- Liflenme: Kumaşın yüzeyi maksimum düzeyde liflenene kadar işlemden geçirilmesi önemlidir.

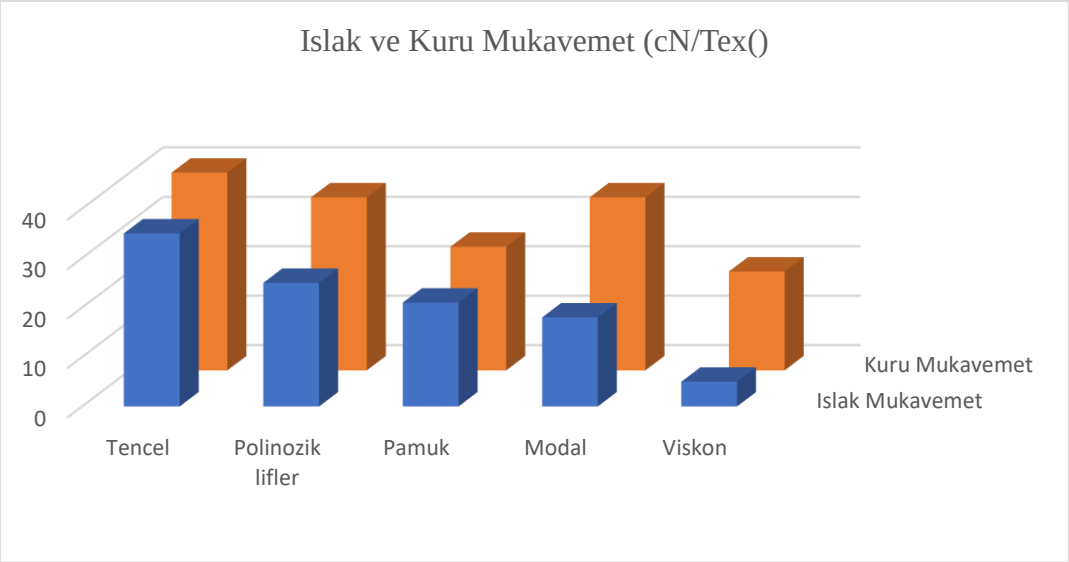
- B- ikincil fibrilasyon: Stabil bir kumaş görünümü elde etmek için kumaşa ikincil fibrilasyon yapılması gerekir. Basit bir yıkama işlemiyle veya kumaşın boyanmasıyla yapılır.
- Yakın zamanda geliştirilen Tencel A-100, lif işlemenin son aşamasında kimyasal bir işlemle üretilen fibrilsiz bir yüzeye sahiptir.

  Aşağıdaki gibi diğer doğal veya sentetik lifler, tencel ile harmanlandığında iyi özellikler sağlar.

- Pamukla karışımında yumuşar, mukavemet ve performans artışı sağlar.
- Keten için, ketenin özelliklerini etkilemeden kırışmayı azaltır, yumuşaklığı ve mukavemetini arttırır.
- Yün için, yıkama haslığı, yumuşaklık ve parlaklığın iyileştirilmesine yardımcı olurken, yünün estetiğini de korur.
- Naylon veya polyester ile çok daha doğal bir tutum gösterir, performansı azalmadan rahatlık ve nefes alabilirlik artar.
- Elastan ile rahatlık ve konfor hissiyatını yükseltir.
- İpek ile karıştırıldığında daha zengin bir tuşeye sahip olur ve performansı artar.

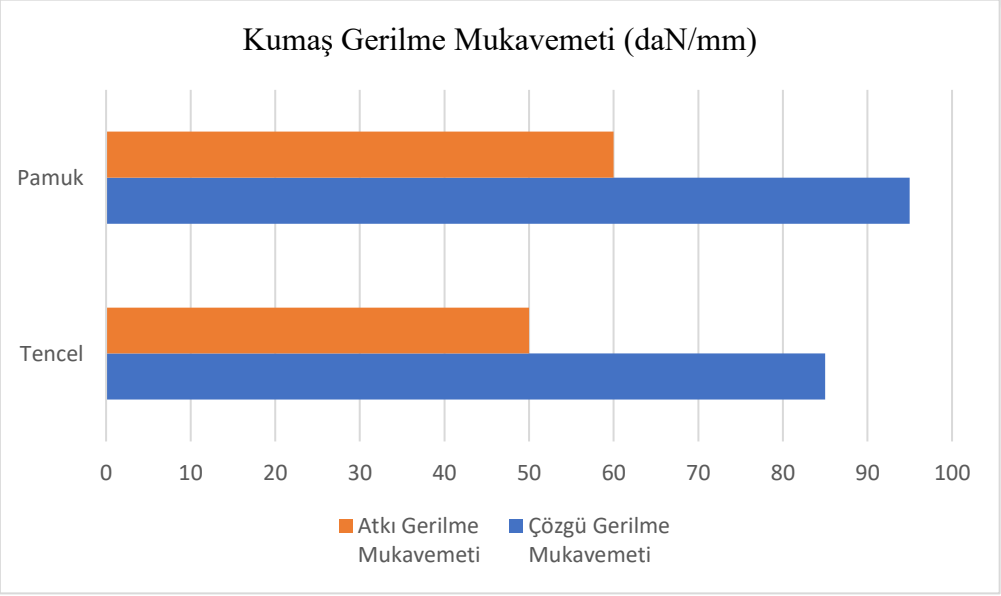
Karışımlar, performans ve rahatlık açısından yüksek avantaj elde edilmesini sağlar. Karışımlar bunun haricinde yırtılma ve gerilme mukavemeti açısından daha iyi değerler sağlayabilir (http://textilefocus.com, 2020).

Tencel lifi, insan yapımı kesikli selülozik lifler içinde en güçlü liftir. Şekil 1.8'de liflerin ıslak ve kuru kopma mukavemet değerleri ve karşılaştırılması yer almaktadır (Burrow, 1998).



Şekil 1.8. Liflerin ıslak ve kuru kopma mukavemet değerlerinin karşılaştırılması (Burrow, 1998).

Tencelin yüksek lif mukavemeti, bükümlü ipliklerde ve bitmiş kumaşlarda yüksek kopma mukavemetine dönüşür. Tencel bir kumaşın kopma mukavemeti pamuklu kumaştan %25 daha yüksektir. Bu avantaj yırtılma mukavemetinde daha da fazladır (Burrow, 1998). Şekil 1.9'da tencel ve pamuk kumaşlarının gerilme mukavemetleri karşılaştırılmıştır.



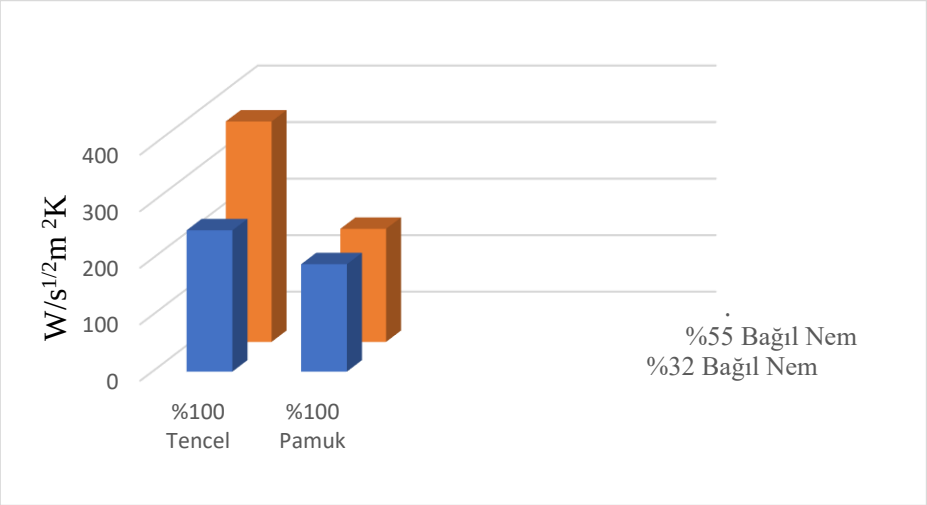
Şekil 1.9. Tencel ve pamuk kumaşların gerilme mukavemetleri (Burrow, 1998).

Tencel lifleri yırtılma mukavemeti açısından kıyaslandığında pamuk liflerine oranla iki kat daha fazla mukavemet gösterir. Üstün fiziksel özelliklerine ilave olarak tencel kumaşlar mükemmel estetik özellikler de sağlayabilir. Tencel kumaşlarda estetik açından

yüksek değer çok iyi anlaşılmıştır. Bu konu tencelin ıslak ve kuru halde ve ön terbiye sırasında nasıl bir tutum gösterdiğiyle alakalıdır. Tencel bir kumaş çektiğinde ipliklerindeki kıvrım oranı artar. İpliklerin yapısı, kumaş kurutulduktan sonra ıslak durumda olduğu gibi kalır. İplikler gerçek boyutlarına geri gelir ve çapraz noktalarda aralarında boşluklar meydana gelir (Burrow, 1998).

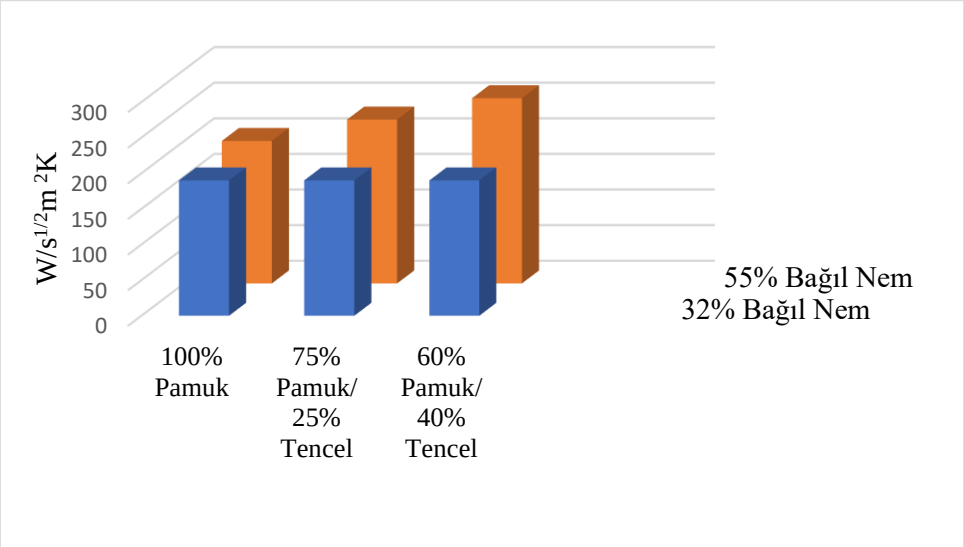
Pek çok selülozik kumaş, uygun olmayan örgüde dokunduğunda veya yanlış bitim işlemi uygulandığında buruşma sorunları meydana gelir. Bazı durumlarda; örneğin keten kumaşlarda bu efektler, ayırt edici karakter olduğu için olumlu bir şekilde kullanılmıştır. Tencel kumaşlar, kumaş ıslatıldığında elyafın şişmesinden büyük ölçüde etkilenir. Şişmenin neden olduğu kuvvetler kumaşın geometrik yapısını değiştirir. Bu durum kumaşta boşlukların oluşmasına yol açarak tencele karakteristik özelliği olan dökümlülüğünü kazandırır (Burrow, 1998).

Tencel lifleri benzersiz lif yapısına ve özelliklerine sahiptir ve liflerin merkezi ve çevre bölgesi arasında tekdüze bir lif oryantasyonuna, yüksek kristalliliğe, uzun kristalitlere sahiptir, dolayısıyla çok yüksek mukavemet ve modüle sahiptir (Zhang ve ark. 2018). Bir kumaşın "Termal Soğurma" ölçüsü, birim zamanda kumaş yüzeyinden dışarı iletilen ısı miktarının bir ölçüsüdür. Isıyı yüzeyinden uzaklaştırmayan kumaş ısınır, ısıyı uzaklaştıran kumaşı giymiş olan bir kişi soğuk hissedecektir (Firgoa ve ark., 2006). Şekil 1.10'da 100% tencel ve 100% pamuk lifleri ile üretilen yatak çarşaflarının termal absorbtivitesi karşılaştırılmıştır.



Şekil 1.10. Yatak çarşaflarının termal absorbtivitesi (Firgoa ve ark., 2006).

Tencelin dokunulduğunda daha serin hissettirdiğini ve liflerin içerdiği nem oranı arttığı için havadaki nem arttıkça "serinlik hissi" artar. Tencel kumaşlarda bu davranış pamukta olduğundan çok daha belirgindir çünkü artan hava nemiyle birlikte su içeriğindeki artış, tencel için pamuktan çok daha fazladır (Firgoa ve ark, 2006). Şekil 1.11'de tencel ve pamuk karışımlı gömleklik kumaşların termal absrobtivitesinin karşılaştırılması yer almaktadır.



Şekil 1.11. Tencel pamuk karışımlı gömleklik kumaşların termal absorbtivitesi (Firgo ve ark, 2006).

Kumaş, karışımda az bir tencel oranı içerse bile tencel tekstillerin "serinlik hissini" artıracaktır. Gömleklik kumaşta pamukla %25 ila %40 tencel karışımları, %100 pamuğa kıyasla özellikle daha yüksek nem içeren ortamlarda ve havalarda daha serin bir his verecektir. Bu kendi kendini düzenleyen bir sistemi temsil eder: Sıcak ve nemli ortam koşullarında, serinlik hissi artar. (Firgo ve ark, 2006).

1.7.3 Tencel liflerinin türevleri

Genel olarak tencel lifleri iki farklı çeşide ayrılmaktadır. Bununla beraber uygulama alanında diğer birçok farklı forma ayırmak mümkündür.

a) Standart tencel

Standart Tencel ve Tencel A100 esas olarak fibrilasyon özelliklerinde farklılık gösterir. Standart Tencel, A100'e kıyasla daha fazla fibrilasyon kapasitesine sahiptir. Kot, erkek giyim, bayan giyim ve ev tekstili gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Fibrilasyonu

kontrol ederek veya değişikliğe uğratarak yumuşak, süet benzeri şeftali tuşeli veya pürüzsüz, temiz ve ipeksi bir etki sağlanabilir.

b) Çapraz bağlı tencel

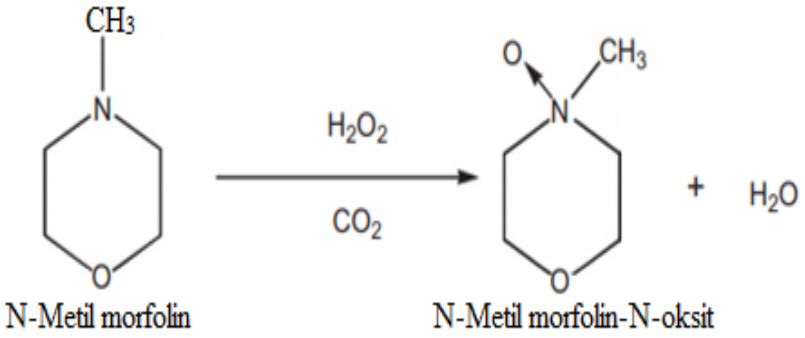
Tencel LF® ve Tencel A100® lifleri bu gruba giren lif türleridir (Woodings, 1998).

1.8 Tencel Liflerinin Diğer Selülozik Lifler ile Kıyaslanması

- Özellikle ıslakken daha yüksek kopma mukavemetine sahiptir.
- Islak ve kuru halde daha düşük elastikiyet özelliktedir.
- Islak ve kuru halde daha düşük modüle sahiptir.
- Islanma durumunda daha yüksek radyal şişme meydana gelir.
- Çekme durumu yoktur.
- Mikro lif durumuna fibrile edilebilir.
- Erime eğilimi yoktur ve daha yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır.
- Oksitlenebilir ve karbonize edilebilir.
- Biyobozunur özelliğe sahiptir.
- Sentetik liflerle ve pamuk lifi ile karışım yapılabilir (Woodings, 1998).

1.9 Tencel Lifinin Üretim Basamakları

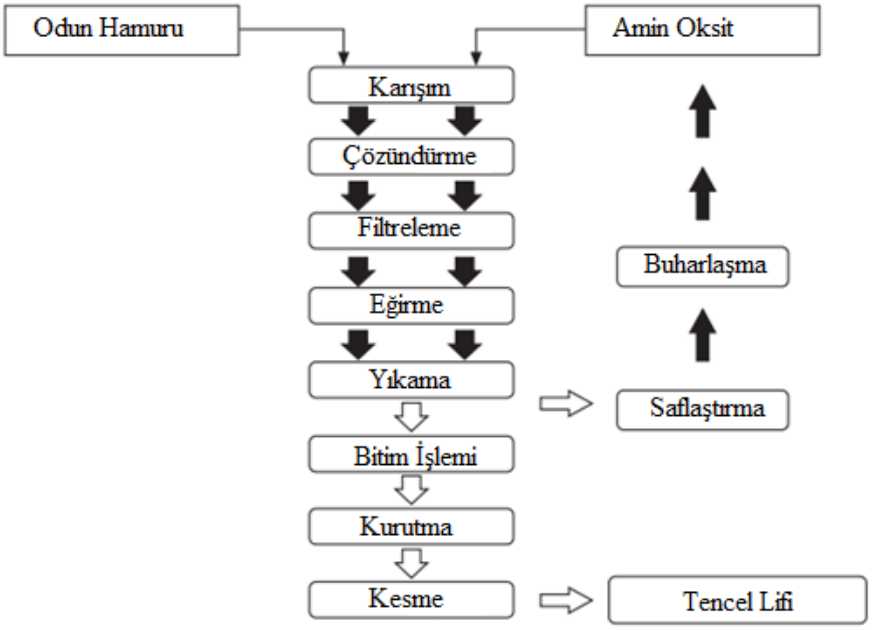
Tencel lifinin üretimi rayon üretimine göre daha az adım gerektirir. Rayonun türevlendirilmesi, alkalizasyonu ve ksantasyonu gibi adımlar tencel üretim işlemlerinde ihmal edilir. Üretim prosesinde kullanılan su çok yüksek oranda geri kazanılır ve içerisinde NMMO içeren çözeltide birkaç kimyasal kullanılır. Bu durum süreci ekonomik hale getirir. NMMO, dimetil sülfoksit veya N, N-dimetilformamid gibi diğer organik polar çözücülerden daha yüksek selüloz çözme kapasitesine sahiptir. Genellikle amin oksit olarak adlandırılan NMMO, su ile 50:50 karışım oranında kullanılır. Mono hidrat çözücünün erime noktası yaklaşık 76°C'dir. NMMO, Şekil 1.12'deki reaksiyona göre N-metil morfolin ve hidrojen peroksitten üretilebilir (Fink ve ark, 2001).



Şekil 1.12. N-metil morfolin-N-oksit kimyasal reaksiyonu (Shabbir ve Mohammed, 2017).

Tencel lifinin elde edilmesi için gereken işlem basamaklarında, üretimin temel ilkeleri ve basit bir üretimi mevcuttur. İlk olarak odun hamuru, hamur liflerine tam nüfuz edilebilmesi için seyreltik sulu amin oksit çözeltisinde ıslatılır. Daha sonra fazla suyun ısı ve vakum altında uzaklaştırılması, minimum boyutta çözünmemiş hamur parçacıkları ve hava kabarcıkları ile homojen bir çözelti oluşturmanın en etkili yoludur. Çözelti, çalışma sıcaklığında (90°C ila 120°C) yüksek viskoziteye sahiptir ve eriyik polimer sistemlerinde kullanılana benzer yüksek basınçlı ekipmanlarda işlenmelidir. Lifler, bir hava boşluğu içinde döndürülerek ve ardından bir su/amin oksit banyosunda pıhtılaştırılarak oluşturulur. Daha sonra yıkanır, kurutulur ve kesilir. Yıkama sıvıları geri kazanılır, saflaştırılır, konsantre edilir ve ardından geri dönüştürülür.

Şekil 1.13'deki işlem açıklaması, Tencel® ve Lenzing'in ticari ölçekli iki işlemi için geçerlidir.



Şekil 1.13. Tencel lifi standart üretim prosesi (White ve ark. 2005).

1.9.1 Çözündürme

Bu aşama, hamur liflerinin parçalanmasını ve çözücü ile karıştırılmasını içerir. Selüloz, yüksek viskoziteli bir dop oluşturmak için NMMO içeren sulu bir sistem içinde çözülür. Tencel lifi için bu adımlar hamur çözünmesi, çözünen hamurun çözünmesinin merserizasyon aşaması (sodyum hidroksit ile demleme), yaşlandırma ve karbon disülfit kullanılarak ksantasyondan oluştuğu şekli ile viskon işleminden çok daha basittir (Zhang ve ark. 2018).

1.9.2 Filtreleme

Oluşan dop, kaba bileşenleri uzaklaştırmak için filtrelenir. Buna karşılık, tencelden farklı olarak viskon işleminin saflaştırılması, olgunlaştırma, filtreleme ve gazdan arındırmayı içerir (Zhang ve ark. 2018).

1.9.3 Eğirme

Dop bir filtre deliğinden bir hava boşluğuna ekstrüde edilir ve daha sonra bir koagülasyon banyosunda rejenere edilir. Bunun aksine, viskon ve rayon üretimi, bir asit banyosunda ıslak bir eğirme işlemi gerektirir (Zhang ve ark. 2018).

1.9.4 Yıkama

Elde edilen tencel lifleri yıkanır ve artık NMMO geri kazanılır ve geri dönüştürülür (Zhang ve ark. 2018).

1.9.5 Bitim işlemi

Bu adım, ağartma, bitirme ve kurutma dahil olmak üzere liflerin son işlemden geçirilmesini içerir (Zhang ve ark. 2018).

1.10 Tencel İplik Üretimi

Tencel iplikler standart iplik üretim makineleri ile ayarlarda ve prosedürlerde birkaç büyük değişiklik yapılarak üretilebilmektedir. İşlem performansı aşağıdaki özelliklerden etkilenir:

- Dayanıklı olmayan bir kıvrıma sahiptir.
- Yüksek modüle sahiptir

Az miktarda liflerde birbirine dolanma mevcuttur. Bu nedenle az miktarda neps olur. Şerit ve fitillerde, lifler bir araya getirilir, yüksek kohezyon sağlar ve yüksek kopma mukavemeti gerektirir. Yüksek kopma mukavemetine sahip ve az kusur bulunan iplikler üretilir. Farklı karışımlarda kullanıldığında ipliklere mukavemet katar ve nihai kumaşların performans ve estetik değerlerini arttırır (Borbély, 2008).

1.11 Tencel Kumaş Oluşturulması

Tencel liflerinin uygun şekilde ön işlemden geçirilmesi boyama, baskı ve terbiye gibi diğer ıslak işlemler için önemlidir. Çünkü tencel lifleri ilk ıslak şişme sırasında buruşma eğilimi gösterir ve bu kırışıklıklar giderilemez. Tencel lifi, selülozik liflerin boyanmasına uygun tüm boyarmadde tipleri ile boyanabilmektedir. Tencel, genellikle emdirme-soğuk

bekletme işlemiyle açık ende reaktif boyanabilmektedir. Boyama işlemlerinin de fibrilasyon üzerinde etkisi vardır ve bu nedenle boyama makinesindeki hareket ve su kontrolü buna göre ayarlanmalıdır. Emdirme-soğuk bekletme metodu ile boyamada, temel koşullar diğer selülozik lifler ile aynıdır. Kumaşın homojen bir boya alımını sağlamak için iyi bir hidrofilikliğe sahip olması ve abraj oluşumunu önlemek için kalıntı içermemesi gerekir. Ayrıca, boyamadan önce kumaşın artık en yüksek içeriği ve sıcaklığı (20°C-25°C), tüm uzunluk ve genişlik boyunca muntazam olmalıdır. (http://textilefocus.com/clothing-tencel-fibre, 2021).

Şekil 1.14'te tencel pamuk karışımlı ve çözgü sateni örgüde dokuma bir kumaş gösterilmiştir.



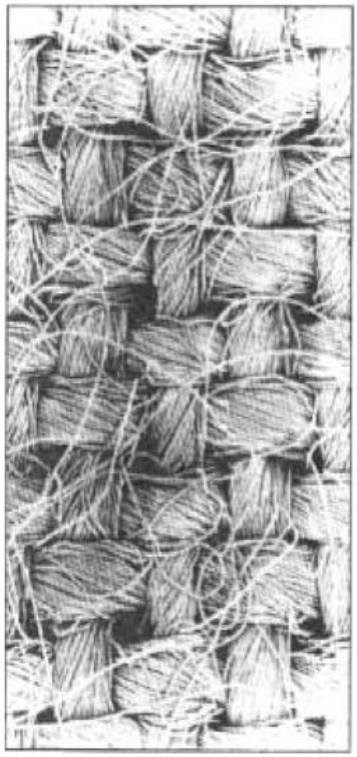
Şekil 1.14. Tencel pamuk karışımlı 2 atlamalı saten dokuma kumaş (Akın Tekstil, 2021)

1.11.1 Haşıl sökme

Dokuma işlemi sırasında iplik kopuşlarını önlemek için tencel ve pamuk iplikleri, iplikler arasındaki sürtünmeyi azaltmak için nişastadan yapılmış mumsu bir haşıl maddesi ile kaplanır. Bununla birlikte, haşıl maddesi, sonraki fibrilasyon işlemleri için bir engel haline gelecektir ve şeftali-tüyü tuşesinin oluşturulması için tencel fibrillerini liflerden çıkarmak zorlaşacaktır. Bu nedenle, haşıl sökme işlemi bir enzim kullanarak nişastayı sindirir, böylece haşıl maddesini tencel kumaşından temizlenir. Haşıl sökme sırasında, giysi yıkama makinesindeki ıslak, sıcak ve mekanik olarak çalkalanmış ortam nedeniyle lifler tencel ipliklerin yüzeyine çıkmaya başlar. Tencel kumaşının fibrilasyon süreci, "şeftali-tüyü" tuşesini elde etmek için ve istenen estetiği elde etmek için haşıl sökme, birincil fibrilasyon, enzim işlemi ve ikincil fibrilasyon, dehidrasyon ve tamburda kurutmayı içerir (Mak ve ark. 2006).

1.11.2 Birincil fibrilasyon

Birincil fibrilasyon, liflerin sıcak su ile işlenmesi ve mekanik çalkalama ile elde edilir. Bu sayede fibrilasyon oluşur, ancak uzun fibriller dolanmaya neden olarak karakteristik bir tüylü görünüm verir. Şekil 1.15'de fibrilasyon içermeyen ve şekil 1.16'da birincil fibrilasyon içeren liflerin elektron mikroskobu altındaki görüntüleri mevcuttur (Mak ve ark. 2006).



Şekil 1.15. Fibrilasyon içermeyen kumaş görüntüsü (Mak ve ark. 2006).



Şekil 1.16. Birincil fibrilasyon sonrası kumaş görüntüsü (Mak ve ark., 2006)

Fibrilasyonun avantaj aşağıdaki gibi açıklanabilir.

- Tuşenin değişkenliğe uğratılabilmesi.
- Defibrilasyon sayesinde kumaştaki nopelerin arttırılabilmesi.

- Daha kolay ikincil fibrilasyona maruz etme imkânı.
- Boyama özelliklerinde iyileşme
- Tuşeyi yumuşatabilme.

Fibrilasyonun dezavantajları aşağıdaki gibidir.

- Kesim yerlerinin belirsiz olması.
- Kopma mukavemetinde azalma meydana gelmesi.
- Liflerin uç veriyor olması.
- Son ürünlerde rahatsız edici oranda tüylenme olması.
- Renk lotlarında değişim yaşanması şeklindedir (Aktaran Yeşilbağ, 2011).

1.11.3 Enzim yıkama

Tencelin yüzey tüylerinin fibrillenmesi lifin çapını azaltır. Bu durum enzimatik saldırılara karşı lifin savunmasızlığın arttırır. Bu işlemde yer alan hidrolitik lif bozunması, tipik olarak %4'lük bir ağırlık kaybına neden olur ve ayrıca kumaş mukavemetinde bir azalma eşlik eder (Mak ve ark. 2006).

1.11.4 İkincil fibrilasyon

Daha fazla ıslak işlem, daha fazla fibrilasyona neden olur. Bu durumda artık tüylenme gerçekleşmez. Islak işlem, ikincil fibrilasyon işleminde kısa ve eşit fibriller verir. Lifin üst yüzeyi, örgünün çapraz geçiş noktalarını geliştirir. Fibrilasyon bu noktada başlar ve fibriller kısadır ve birbirine dolanmaz. Kumaşın yüzeyinde küçük bir hav oluşur. Bu hav, şeftali tüyü tuşesi olarak bilinen kumaşa özel bir yüzey hissi verir. Fibriller, aynı miktarda boya içerse bile lif boyutunun sadece küçük bir kısmını oluşturdukları için çok daha açık renkte görünürler. Bu optik etki, kumaşların yüzeyinde yıkanmış veya tozlanmış bir görünüm verir. İkincil fibrilasyon, basit bir yıkama muamelesi veya kumaşın jet boyanması ile üretilebilir. İkincil fibrilasyon, sonraki yıkamalarda artmayacak bir seviyede oluşturulmalıdır (Mak ve ark. 2006).

1.11.5 Dehidrasyon ve kurutma

İkincil fibrilasyon işleminden sonra, tencel kumaş üzerindeki fazlalık olan su, bir su çıkarıcı ile uzaklaştırılır ve ardından şeftali tüyü tuşesini sağlamak için tencel kumaş üzerine mekanik etki yapılarak tamburlu kurutma işlemi gerçekleştirilir. (Mak ve ark. 2006).

1.12 Tencel Pamuk Karışımlı Tekstil Yüzeyi

Pamuk ve tencel benzer uygulamalar için ağırlıklı olarak gömlek ve pantolon giyim sektöründe, ev tekstili sektöründe yatak çarşaflarında kullanılmaktadır. Lenzing firması, tencel karışımıyla birçok lif türünün iplik değerlerinin mukavemet ve düzenlilik açısından önemli ölçüde iyileştirilebileceğini göstermektedir. Bu olumlu etkiler nihai ürüne aktarılabilir ve daha iyi performans değerleri ile daha çekici bir kumaş oluşturulmasını sağlayabilir. Lenzing'e göre, tencel ile uzun elyaflı pamuk iyi bir kombinasyondur. En kaliteli kumaşlar için yüksek talep gören lüks pamuk ile tencel bu kumaşlarda eşit bir lif ortağı olarak kullanılabilir. Eichinger, "uzun elyaf pamuklu ve tencel kumaşlar, kalite ve görsel çekicilik açısından rakipsizdir" şeklinde ifade etmiştir (www.indiantextilemagazine.in, 2021).

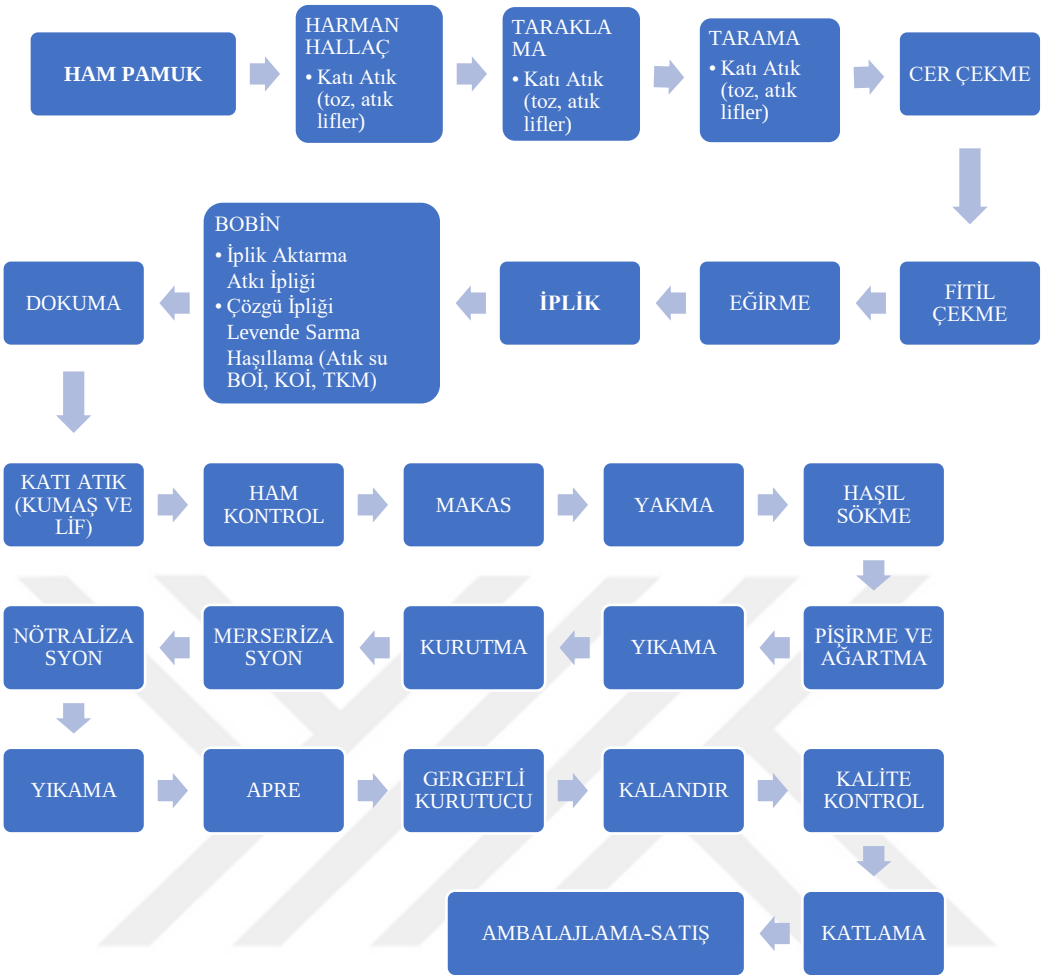
1.13 Pamuk lifi hakkında genel bilgi

Pamuk lifi, tekstil dünyasında tartışmasız “liflerin Kralı” olarak tanımlanmıştır. Gossypium pamuğunun çekirdeğinin etrafında bir kapsül gibi büyüyen pamuk lifi, kabarık ve yumuşak olan kısa bir liftir. Pamuk lifleri, pamuk bitkisinden toplanan doğal bir lif türüdür. Pamuk, pamuk ağacından elde edildiği için aynı zamanda bitkisel bir liftir. Lifin doğal olarak nerede üretildiğine bağlı olarak farklı bitki lifi türleri vardır. Pamuk lifleri, pamuk çekirdeğinin etrafına yerleştirilen kapsüllerde üretildiğinden, tohum lifi kategorisine girer. Pamuk lifleri, neredeyse saf bir selüloz kalitesiyle sonuçlanan çok sayıda selüloz molekülünden oluşur. Bu miktarın dışında dünya çapında üretilen tüm doğal liflerin %90'dan fazlası bitki kökenlidir. Bitkisel kaynaklı liflerin %80'den fazlası pamuktur. Pamuk, dünyada en çok kullanılan ve en iyi bilinen liftir. Bu lif türünden yapılan kumaşlar, yüksek nefes alabilirlikleri nedeniyle önemli bir hammaddedir. Dört mevsim kumaş olarak adlandırılmıştır ve dört mevsim kullanılabilir (Ashraf, 2014).

1.13.1 Pamuk lifi üretimi

Pamuk liflerinin üretiminde tohumlar ilkbahar başlangıcında ekilir, üretim koşullarına bağlı olarak boyu 1 metre civarına kadar uzayabilen bir bitki yetiştirilmiş olur. 80 ila 100 gün arasında değişen bir süreçte yetiştirildikten sonra en yüksek boyuna ulaşır ve açık pembe ve kırmızı çiçekleri açar. Daha sonra bu çiçekler kurur ve dökülmeye başlar. Dökülme sonrası içerisinde 4-20 arasında değişen sayıda tohum barındıran ve koza adı verilen bir tohum demeti meydana gelir. Bu tohumların üstünde uzun ve ince lifler ortaya çıkar. Uzun liflerin haricinde kısa kısa tüyler yer alır. Bu tüylere "pamuk linteri" denilmektedir. Pamuk kozasının olgunlaşma sürecinde lif çekirdeğe yapışık bir kabuk veya tüp halindedir. Bu kısma "primer duvar" denilmektedir ve doğal yağ ve vakslardan oluşan bir bölümdür. Primer duvar içerisinde olgunlaşma sürecinde selülozdan meydana gelen "sekonder duvar" oluşur. Koza tüm bu süreçlerden sonra tamamen olgunlaşır ve patlayarak pamuk lifleri ortaya çıkar. Bir diğer adı "çiğit" olan bu pamuk tohumları 10.000 ila 20.000 adet lif barındırmaktadır. Kozanın patlaması ile beraber ortaya çıkan lifler su kaybederek parlak renklerini daha mat bir renge çevirir. Lifin enine kesiti dairesel şeklini kaybederek bir tarafı içeri geçmiş bir şekil alır (Başer, 2002)

Gelişmekte olan pamuk lifleri, gelişme sırasında çiçeklenmeden sonraki 15 ila 60. günlerde incelenmiştir ve 24 dpa'ya kadar lif uzunluğunda önemli bir artış gözlenmiştir. Bu durum lif uzamasının o anda durduğunu göstermiştir. Pamuk liflerinin enine kesitleri, liflerin özelliklerini ve pamuk olgunluğunu hesaplamak için analiz edildiğinde pamuk liflerinin enine kesit alanının, lif gelişimi ile birlikte, 17 dpa'da yaklaşık 40 μm^2'den olgunlukta 150 μm^2'ye yükseldiği gözlenmiştir. Sekonder duvar kalınlaşması 17'den 24 dpa'ya oldukça düşük kalır ve sonra lifler hızla kalınlaşmaya başlar. Mikroner gelişme sırasında 17 dpa'dan 24 dpa'ya lif uzunluğu sabit kalmıştır ve olgunlaşana kadar önemli bir değişiklik meydana gelmemiştir (Kljun, 2013). Şekil 1.17'de pamuklu tekstil endüstrisi için bir akış şeması gösterilmiştir.



Şekil 1.17. Pamuklu tekstil endüstrisi için bir akış şeması (Aktaran, Birgül, 2006).

1.13.2 Pamuk lifinin özellikleri

- Giyilmesi rahattır.
- Doğal, selülozik elyaftır.
- Pamuk kozasından yapılmıştır.
- Suyu emer ve "nefes alır" özelliktedir.
- Statik elektrik oluşumuna direnir.
- Kolay kırışır.
- Isıya ve deterjanlara dayanıklıdır.
- Kuru olduğunda, ıslak haline göre yaklaşık %20 daha yüksek mukavemetlidir.
- Küften zarar görebilir.
- Uzun süre güneş ışığına maruz kaldığında rengi solabilir ve hasar görebilir.

- Uzun elyaflı pamuk (Supima, Pima, Mısır ve Deniz Adası gibi), pürüzsüz ve yaklaşık ipeksi bir tuşede üretilebilir (Textileschool.com, 2018).

1.14 Pamuklu Kumaş Ön Terbiye İşlemleri

Pamuk karışımlı bir ham kumaşa kimyasal ve mekanik işlemler uygulanarak boyaya hazır hale getirilmektedir. Ön terbiye işlemleri, olduğu hali ile ürüne ticari bir değer kazandırmayan işlemlerdir (Hauser, 2015).

1.14.1 Haşıl sökme

Dokuma işleminden önce, çözgü iplikleri genellikle dokuma sırasında kendilerini aşırı aşınmadan korumak ve sonuç olarak dokuma verimliliğini artırmak için tasarlanmış bir malzeme ile işlenir. Bu işleme haşıllama denilmektedir. Ancak bu maddeler dokuma sonrasında tekstil yüzeyinden arındırılmalıdır. En yaygın haşıllama maddeleri şunlardır;

- Modifiye Nişastalar.
- Karboksimetil Selüloz
- Polivinil Alkol.

Nişastalar ve karboksimetil selüloz, pamuk ve pamuk karışımları ile kullanılırken polivinil alkol ise polyester ipliklerle kullanılır. Haşıl maddeleri tek kullanımlık bir ürün olarak tasarlandığından (geri dönüştürülebilenler hariç), madde seçiminde maliyet önemli bir husustur. Haşıl sökme işlemi, bu haşıl maddelerini ortadan kaldırmak için tasarlanmıştır (Hauser, 2015).

1.14.2 Yakma işlemi

İpliklerin üretim sürecinde ve sonrasında ipliklere uygulanan işlemler neticesinde iplik yüzeylerinde ufak lif uçuntuları meydana gelir. Hav denilen bu uçuntular kumaş oluşması sonrasında parlaklığı azaltmakta ve boyama işleminde düzgün boya alımına olumsuz etki etmektedir. Gaze adı da verilen denilen yakma işlemi uygulanarak bu lifler yok edilerek sebep olacağı olumsuz etki önlenmektedir (Hauser, 2015).

1.14.3 Kostik pişirme işlemi

Pişirme işlemi kumaşın sonraki aşamalarda göreceği işlemleri olumsuz etkileyecek olan safsızlıkları gidermek için uygulanan bir işlemdir. Özel prosesler (ekipman ve kimyasal yardımcılar) lif tipine ve çıkarılacak safsızlıklara bağlıdır. Pamuk, yün ve ipek gibi doğal liflerin hepsi maddenin doğasından dolayı var olan doğal safsızlıklara sahipken, sentetik liflerde safsızlıklar olarak bilinen maddeler işleme yardımcılarıdır (Hauser, 2015).

1.14.4 Kasar işlemi

Ağartma da denilen kasar işlemi doğal olarak var olan renk gölgelerini liflerden çıkarma işlemidir. Ağartmanın amacı, liflere ciddi bir zarar vermeden beyaz kumaşlar elde etmektir. Sentetik lifler boyanmadan üretilebildiğinden, yalnızca doğal lifler için ağartma gerekmektedir. Optik parlatıcılar, ağartılmış kumaşın boyalı değil beyaz olarak satılması gerekiyorsa, genellikle ağartma formüllerine eklenir (Hauser, 2015).

1.14.5 Merserizasyon işlemi

1850'de İngiliz John Mercer, pamuğun konsantre sodyum hidroksit çözeltisi ile işlenmesi için bir işlemin patentini aldı. Bu işlem o kadar önem kazandı ki, mucitinden sonra "merserizasyon" olarak adlandırıldı. Merserizasyonun pamuğa sağladığı faydalar arasında ipek benzeri bir parlaklık ve artan mukavemet, nem emilimi, boyama sonrası renk verimi ve reaktivite bulunur. Konsantre alkali madde, pamuk liflerini şişirerek iç lif yapısında geri dönüşü olmayan fiziksel ve kimyasal değişiklikler meydana getirir. Tipik merserize adımları şunlardır;

- 15–18°C sıcaklıkta %31-35 sodyum hidroksit solüsyonu uygulanmalıdır.
- Çözgü gerginliğini korurken 55 saniye bekletilmelidir.
- Kumaş genişliğini eski haline getirirken alkali solüsyonu ile yıkanmalıdır (Hauser, 2015).

1.15 Pamuğun Boyanması

Renkli organik bileşikler olarak tanımlanabilen boyarmaddelerin uyumlu çözücü karışımları içerisinde çözündürülerek tekstil materyaline difüze ve fikse edilmesine boyama işlemi denilmektedir.

Boyama işlemini etkileyen faktörler, boyama çözeltisi, adsorbsiyon, adsorbsiyondan etkilenen sınır yüzey yapısı ve difüzyon şeklindedir. Lif ve boyarmaddelerin hidrofilliği, iyonitesi, moleküler yapısı, boyarmaddenin life olan subsantiflik oranı, çözelti konsantrasyonu, sıcaklık, pH ve yardımcı maddeler de boyama işlemini etkilemektedir.

Anyonik ve hidrofil yapıda olan pamuk lifleri sulu çözeltilerde hafif düzeyde negatif yükle yüklüdürler. Anyonik yapı, ön terbiye işlemleri sürecinde alkol gruplarının yükseltgenerek karboksil gruplarına dönüşmesi ile meydana gelir. Pamuk liflerine iyi bir boyama işlemi yapabilmek için ön terbiye işlemlerinin optimum düzeyde olması önemli ve gereklidir (Oktay, 2001).

Reaktif boyarmaddeler, pamuğun boyanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu boyarmaddeler anyonik karakterdedir ve genel olarak kimyasal yapıdaki sülfonik grupların (S03) varlığından dolayı suda çözünürdür. Bununla birlikte, pamuğun kendisi suda bir anyonik yüzey yükünü benimsediğinden, bu boyaların elyaf için, düşük iç afinitesi vardır. Boya ve pamuk arasındaki itici yük, lif üzerindeki yüzey yükünü perdeleme etkisine sahip olan sodyum klorür veya sodyum sülfat gibi bir elektrolit eklenerek aşılabilir. Bununla birlikte, atık sudaki büyük miktarda tuz, nehirlerin ve derelerin kirlenmesine neden olur ve biyolojik dengeyi bozar. Hem tuz kullanımını azaltmak hem de boya banyosu tüketimini arttırmak için, katyonik gruplar içeren bileşikler kullanılarak pamuk lifini modifiye etmek için bir dizi girişimde bulunulmuştur. Bunlar esas olarak kuaterner amonyum tuzları veya polimerik aminler veya amidlerdir. Bu amaçla kullanılan kimyasalların çoğu çevresel olarak da istenmeyen durumlara yol açmaktadır. Reaktif, direkt, asit, kükürt ve küp boyalar gibi anyonik boyalarla boyama kabiliyetini arttırmak için pamuğun kimyasal modifikasyonu son yıllarda büyük ilgi görmüştür ve araştırılmaktadır (Haggag ve ark., 2014).

1.16 Dokuma Kumaş

Dokuma kumaşlar çözgü ve atkı ipliklerinin iç içe geçirilmesi yöntemi ile meydana gelen bir tekstil yüzeyidir. Çözgü ve atkı iplikleri ayrı ayrı pamuk ve tencel ipliklerin çözgüde ve atkıda kullanılması yöntemi ile veya pamuk tencel harmanlanmış iplikler kullanılarak ve pamuk tencel harmanlanmış iplik çözgü veya atkıdan en az birinde kullanılarak oluşturulur. İşleme yöntemi ilk olarak harmanlanmış ipliği elde etmek için pamuk lifi ve

tencel lifinin harmanlanması, çözgü ipliklerinin tam genişliğinin dokuma levendi (dokuma tezgahına yerleştirilecek levent) üzerindeki tek bir sarım işleminde sarılmasını içerir. Çözgü iplikleri, bir bobin askısından veya bir çözgü levendinden sarılabilir. Devamında dokuma, yakma, haşıl sökme, kaynatma, ağartma, merserizasyon ve boyama veya baskı, buharlama, fiksaj işlemlerinden sonra yumuşatma, kalender ve sanfor işlemlerinden kumaş meydana getirilir. Elde edilen kumaş saf pamuğun cilt dostu ve rahat dokunuşuna sahip olmasının yanı sıra tencel ürünlerinin yumuşaklığına ve pürüzsüzlüğüne de sahip olur (Chengbo ve ark., 2015).

1.16.1 Saten dokuma örgüsü

Saten örgüler bağlantı noktalarında teması olmayan örgü tipleridir. Her ipliğin yalnızca bir bağlantı yaptığı bir örgü türü olan bu yapılarda bağlantılar yüzeye düzgün bir yayılım sağlar. Bu sayede kumaş yüzeyi düzgün, parlak ve kaygan bir yapıya sahip olur (Kurtça, 2001).

1.17 Pamuk Tencel Karışımlı Kumaşın Boyanması

Reaktif boyarmadde kullanılarak yapılan selülozik liflerden üretilmiş kumaşlar hem diskontinü (kesikli) denilen çektirme metodu ile hem de yarı-kontinü ve kontinü (kesiksiz) boyama metotları ile boyanabilmektedir. Uygun olan metodun seçiminde boyarmaddenin yapısı rol oynamaktadır. Sürekli boyama yöntemlerinde kumaş düşük flotte oranında boyanabilmektedir, bu sayede boya banyosu içeren teknenin değiştirilmesine daha az ihtiyaç duyulmaktadır. Sürekli boyama yüksek üretkenliğe sahiptir; çünkü kumaşın emprenye edilmesinden sonra daha az bekleme süresi ve kumaşta boyayı sabitlemek için daha az zaman (birkaç dakika) gerekir (Syed, 2010).

Pamuk tencel karışımlı kumaşlar reaktif boyarmaddeler ile emdirme-souğuk bekletme (cold pad batch) denilen açık en kontinü boyama metodu kullanılarak yapılmaktadır (Bahar ve Köllerer, 2020).

Bu yöntem en çok pamuk ve tencel gibi selülozik lifler için uygundur. Bu işlemde kumaş, bir alkali içeren boya banyosuna (reaktif boyarmadde) daldırılır. Daha sonra, kumaş uygun bir şekilde silindirden geçirilir ve kurutulmadan bir rulo üzerine sarılır. Kumaş daha sonra kurumasını önlemek için bir polietilen tabaka ile sarılır. Endüstride buna

genellikle lot/parti denir ve partinin 12-24 saat boyunca dakikada 1-5 devir (rpm) ile dönmesine izin verilebilir. Emdirme-soğuk bekletme yöntemi olduğundan ve ısı uygulaması gerektirmediğinden gereksiz enerji kullanımını önler. Ek olarak, parti boyama işleminden daha iyi sabitleme ve haslık özellikleri sağlar (Kumaşların soft flow veya jet boyama makineleri ile boyanmasına göre). Ancak, fiksasyon sırasında süreç atmosfer sıcaklığından etkilenebilir ve yazın, kışın olduğundan daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Soft flow ve jet boyamaya kıyasla emdirme-soğuk bekletme boyamanın avantajları şunlardır;

• Düşük su gereksinimleri.

• Soğuk proses.

• Daha iyi fiksasyon.

• Tuz gereksinimi yoktur (örn. Reaktif boyaların tükenmesi).

• İyi verimlilik (Periyasamy, 2020, İçoğlu, 2006).

1.18 Tekstilde Terbiye İşlemleri

Tekstil sektöründe terbiye işlemleri ön terbiye işlemleri, renklendirme (boya/baskı) ve bitim işlemleri olarak 3'e ayrılır. Bu terbiye işlemlerine kuru ve yaş terbiye isimleri verilir. Mekanik işlemleri kapsayan işlemlere kuru terbiye, kimyasal maddeler ile kumaşın muamele edilmesine yaş terbiye işlemleri denilmektedir. Tekstil maddeleri çok çeşitli yöntemler ile tekstil mamullerine uygulanabilmektedir. Bunların arasında en çok kullanılan ve elverişli yöntemler ise emdirme yöntemi ve çektirme yöntemidir (Yurdakul ve Atav, 2006).

1.18.1 Emdirme yöntemi

Tekstil hammadde veya yarı mamulünün düşük bir flotte oranına sahip bir banyodan kısa süreli geçirilip maddenin emdirilmesi sağlanırsa bu yönteme emdirme yöntemi denilmektedir (Tarakçıoğlu, 1979). Emdirme yönteminde yarı mamul kuru veya yaş halde işleme sokulabilmektedir. Bu kıstasa göre kuru işlemden yaş işleme veya yaştan yaşa iki farklı uygulama esas alınır. Fular makineleri ile yapılan emdirme prosesinde kumaş

terbiye materyallerini emdikten sonra kalıcılık sağlanması için yarı kesikli veya kesiksiz yöntem ile fiksajı sağlanmalıdır (Yurdakul ve Atav, 2006).

Bu yöntemler şu şekildedir;

- Pad batch (Emdirme sonrası soğuk bekletme): Materyal, kumaş tarafından emildikten sonra kumaş bir doka sarılır ve normal şartlar altında 20 saate kadar döndürülerek fiksajı sağlanır.
- Pad Roll (Emdirme sonrası sıcak bekletme): Materyal, kumaş tarafından emildikten sonra, sıcak bekletme odasında 6 saate kadar kumaş bekletilir.
- Pad steam (Emdirme sonrası buharlama): Kumaş emdirilme sonrası (120°C'da 1–2 dakika) buharlamaya maruz bırakılır. Bu sayede fiksaj yapılır.
- Pad dry (emdirme sonrası kurutma): Bu işleme termofiksaj işlemi de denilmektedir. Kumaş emdirildikten sonra ara kurutma uygulanır sonrasında (140-150 °C/ 5–4 dakika) termofiksaj uygulanır.
- Termosol: Polyester veya polyester pamuk karışımlı kumaşların dispers boyarmadde ile boyanması için uygulanan bu işlem, emdirilme sonra ara kurutma ve 180–220°C 'da 30–60 saniyelik termosolleme işlemidir (Yurdakul ve Atav, 2006).

1.18.2 Çektirme yöntemi

Boyarmadde ve kimyasal maddeleri tekstil materyalinin içerisine uzun flotte oranına sahip bir banyoda diskontinü denilen kesikli yöntem kullanılarak nüfuz ettirildiği yöntem çektirme yöntemidir. Tekstil materyali banyoda uzunca bir süre boyarmadde ve kimyasal maddeler ile muamele edilir. Çektirme yöntemine göre yapılan boyamalarda üç önemli basamak mevcuttur (Çoban, 1999).

- Boyarmaddenin lif üzerine nüfuzu.
- Boyarmaddenin lif yüzeyinde homojenleştirilmesi.
- Boyarmaddenin life fikse edilmesi (Çoban, 1999).

Flotteden alınacak boyarmaddenin veya yardımcı kimyasal maddenin oranının uygun olabilmesi için maddelerin tekstil materyaline karşı afiniteye sahip olması zorunludur.

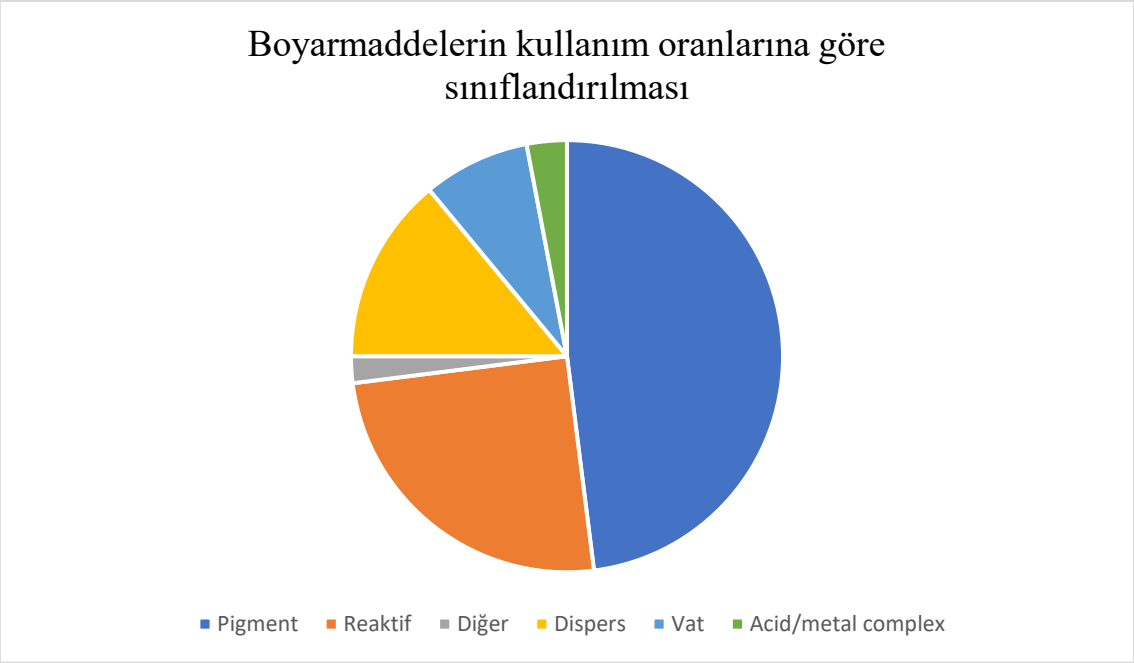
Banyoda kalan miktar ile tekstil materyalinin aldığı madde orantılı bir dengeye sahip olur. Boyama işleminin süresi birkaç dakika ile birkaç saat arasında değişebilmektedir. İşlemin uygulandığı sıcaklık hem tekstil materyaline hem de kimyasal maddelere bağlı olarak değişmektedir (Çoban, 1999).

1.19 Boyarmaddeler

Boyarmaddeler, bir tekstil lifi, kâğıt, deri, saç, kürk, plastik, balmumu, kozmetik baz veya gıda maddesi gibi bir substrata çözelti veya dispersiyon halinde uygulanabilen ve substrata renkli bir görünüm kazandıran renkli maddelerdir. Çoğu durumda boyanacak substrat, boya için doğal bir afiniteye sahiptir ve onu uygun konsantrasyon, pH ve sıcaklık koşulları altında solüsyondan veya sulu dispersiyondan kolayca emer. Substrat ve boya arasındaki bu kimyasal afinitenin bir sonucu olarak, boyanmış substratlar genellikle yıkamaya karşı bir miktar direnç gösterir, ancak haslık özellikleri önemli ölçüde değişir (Clonis ve ark., 1987)

Renklendirmelerin tarihi boyunca tekstil boyacıları renklendiricilerin performansını kumaşın kullanım ömrü ile doğru orantılı olarak varsaymıştır. Boyarmaddeler önce elyaf üzerine adsorbe edilir, ardından bunları çözünmez forma dönüştürmek için reaksiyona sokulur (Ahmed, 1995).

Şekil 1.18'de Boyarmaddelerin kullanım oranlarına göre sınıflandırılması gösterilmiştir.



Şekil 1.18. Boyarmaddelerin kullanım oranlarına göre sınıflandırılması (vdocuments.mx, 2009).

1.20 Boyarmaddelerin Sınıflandırılması

Boyarmaddeler çözünürlük, kimyasal yapı, boyama özellikleri, kullanılacağı yerlere göre gruplandırılmaktadır.

1.20.1 Çözünürlüklerine göre boyarmaddeler

a) Suda çözünen boyarmaddeler

Anyonik suda çözünen boyarmaddeler ve katyonik suda çözünen boyarmaddeler, zwitter iyon karakterli boyarmaddeler olarak sınıflandırılırlar.

b) Suda çözünemeyen boyarmaddeler

Substratta çözünen boyarmaddeler, organik çözücülerde çözünen boyarmaddeler, geçici çözünürlüğü olan boyarmaddeler, polikondenzasyon boyarmaddeleri, elyaf içinde oluşturulan boyarmaddeler, pigmentler şeklinde gruplandırılırlar.

c) Boyama özelliklerine göre boyarmaddeler

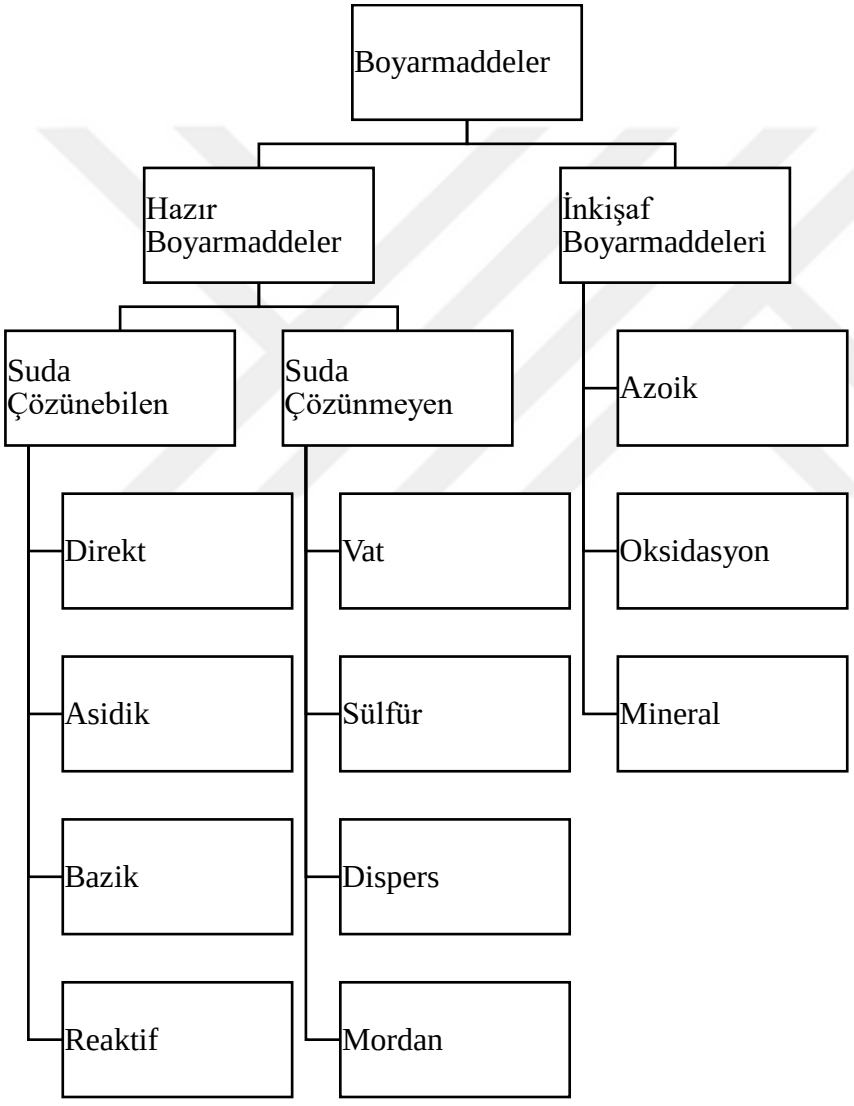
Bazik (katyonik) boyarmaddeler, asit boyarmaddeler, direkt boyarmaddeler, mordan boyarmaddeler, reaktif boyarmaddeler, küp boyarmaddeler, inkişaf boyarmaddeleri,

metal kompleks boyarmaddeler, dispers boyarmaddeler, pigment boyarmaddeleri şeklinde gruplandırılırlar.

d) Kimyasal yapılarına göre boyarmaddeler

Azo boyarmaddeleri nitro ve nitrozop boyarmaddeler, polimetin boyarmaddeleri, arilmetin boyarmaddeleri aza [18] annulen boyarmaddeleri karbonil boyarmaddeleri kükürt boyarmaddeleri şeklinde gruplandırılırlar (Başer ve İnancı, 1990).

Şekil 1.19'da boyarmaddelerin sınıflandırılması gösterilmiştir.



Şekil 1.19. Boyarmaddeler (vdocuments.mx, 2009).

1.21 Reaktif Boyarmaddeler

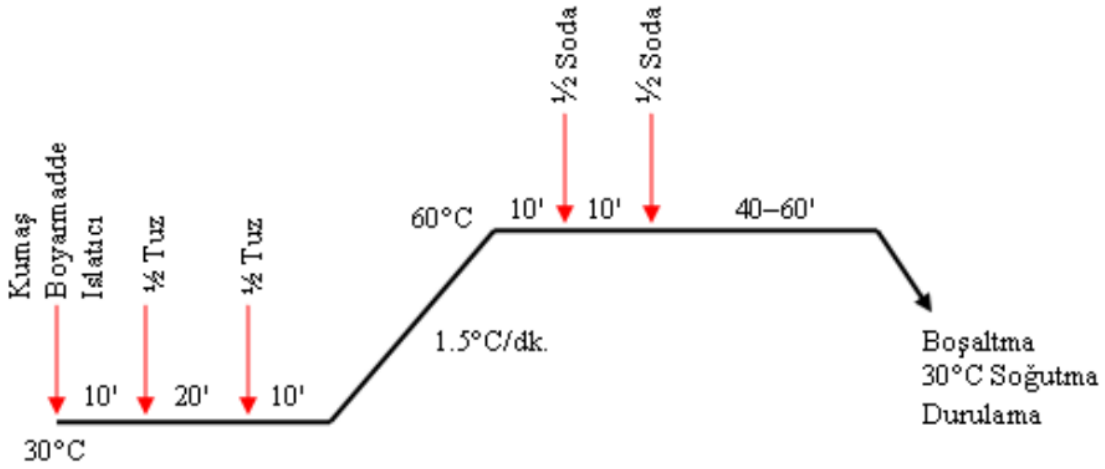
Selülozik liflerin en yüksek verimde boyanması için reaktif boyarmaddeler kullanılmaktadır. Selüloz lifleri boyamak için kullanılan ilk reaktif boyarmadde olan Procionlar icat edilene kadar, selülozik lifler ancak kendi kimyasal yapısında tahribatına sebep olan şiddetli reaksiyonlar ile kovalent bağ yapabileceği ve renklendirilebileceği düşünülmekteydi. Reaktif boyarmaddeler, tüm boya sınıfları arasında elyafla eş değerlikli bağ yapan ve onun bir parçası olan tek boya sınıfıdır. Selülozun sahip olduğu hidroksil (-OH) grubu ile reaksiyona girerek selüloza kovalent bağlar ile bağlanan reaktif boyarmaddeler suda çözünebilirler ve anyonik yapıya sahiptirler. Bütün reaktif boyarmaddeler; içerisinde kromofor bulunduran renkli grup haricinde reaktif ve moleküler çözünürlük özelliği sağlayan gruplara sahiptir (Keskin, 2006, Chinta 2013, Şenel, 2006, Özcan, 1978, Kıroğlu ve ark, 2017).

Reaktif boyarmaddeler uygun ortam koşulları sağlandığında, selülozun hidroksil grupları, yünün amino ve hidroksil grupları ve poliaminlerin amino grupları gibi tekstil materyallerinin aktif grupları ile kovalent bağ yapabilen boyarmadde çeşididir. Reaktif boyarmaddelerin fonksiyonel gruplar içermesi ve kovalent bağ oluşturması sayesinde kumaşların yaş haslıkları yüksek olmaktadır. Tekrarlanabilirliğin fazla olması, parlak renklerin ortaya çıkması, düzgün boyama yeteneği ve haslıkların yüksek olması bu boyarmadde çeşidinin avantajlı yönleridir. Kombinasyon boyamalar neredeyse tüm kontinü boyama yöntemlerine uygundurlar. Reaktif boyarmaddelerin yalın ve hızlı uygulama yöntemleri aynı zamanda ekonomik yönden de fayda sağlar. Optimum depolama koşullarında neredeyse sınırsız depolama ömürleri vardır ve 5 ila 10 yıl arasında kullanılabilmektedirler. Bu tür boyarmaddelerin en büyük dezavantajları klor ve çözeltilere karşı haslıklarının iyi olmamasıdır. Reaktif boyarmaddeler pamuk, keten, viskoz, rayon ve yün karışımlı kumaşlarda parlak ve koyu tonlarda geniş bir renk aralığına sahiptirler. Nadiren naylon, ipek, asetat karışımlı kumaşların boyanmasında da kullanılabilmektedirler. İpliği boyalı dokuma kumaşlarda kullanılmazlar (Ölmez, 1999).

1.22 Reaktif Boyarmaddelerin Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

Reaktif boyarmaddeler suda çözünürlüğü yüksek boyarmaddelerdir. Ancak sübstantiviteleri düşüktür. Kovalent bağlar alkali ortamda meydana gelir ve bazı durumlarda tersinir olabilirler. Buharlama işlemi de boyarmaddenin kumaşa fikse olmasına yararlı olur. Kovalent bağ kuvveti metal koordinasyon bağlarına kıyasla çok daha güçlüdür. Elektrostatik bağlanma, vander waals bağları ve hidrojen köprüleri ile oluşan bağlanmadan çok daha kuvvetlidir. Bu sayede reaktif boyarmaddelerin yıkama, ışık ve sürtme haslıkları yüksek olur (Ölmez, 1999).

Şekil 1.20'de reaktif boyarmaddeler ile 60°C de boyama grafiği gösterilmiştir.



Şekil 1.20. Reaktif boyarmaddeler ile 60°C de boyama grafiği (tekstilsayfasi.blogspot.com, 2022).

1.22.1 Reaktif boyarmaddelerin sınıflandırılması

Reaktif boyarmaddeler sınıflandırılırken reaktif grubun kimyasal yapısı ya da reaktif grubun kimyasal reaktivitesi referans alınır. Standart bir reaktif boya molekülü için karakteristik özellikleri şu şekildedir (Ölmez, 1999).

- Selüloz ile bağ yapan ve renkli olan kromofor grup mevcuttur.
- Selülozüz hidroksil grubu ile bağ oluşumunu sağlayan reaktif grup mevcuttur.
- Kromofor ve reaktif gruplar arası bağ yapan köprü grubu mevcuttur.

- Kromofor gruba bağlı ve suda çözünürlük derecesini arttıran sülfonik asit grubu mevcuttur.

- Kromofor Grubu

Reaktif boyarmaddelere renk veren grup kromofor grubudur. Kromofor grubu azo, azo metal kompleks, ftalosiyanin ya da antrikinon yapıda bulunabilir. Sarı, kırmızı ve turuncu renkleri veren grup basit monoazo, mor, koyu kırmızı ve lacivert gruplar azo metal kompleks, açık mavi renkler ise antrikinon veya ftalosiyanin renk veren gruplarını içerirler (Ölmez, 1999).

- Reaktif Grup

Reaktif boyarmaddelerin çoğunluğu reaktif grup olarak heterosiklik halkalı bileşiklere sahiptir. Reaktif boyarmaddelerin en çok kullanılanları için reaktif gruplarının aktivitelerinin çoktan aza doğru dizilişi aşağıdaki gibidir (Ölmez, 1999)

- Diklorotriazin
- Diflorkloroprimidin
- Vinilsülfon
- Monoklorotriazin
- Kloroprimidin

Alkali ile kontrol edilebilen boyarmaddeler, nötr tuz çözeltilerinde yalnızca orta düzeyde tükenir ve optimum sabitleme için sıcaklık aralıkları yalnızca 40 °C ile 60 °C'dir. Oldukça reaktiftirler ve bu nedenle alkali ilavesine karşı çok hassastırlar. Bu kategoriye giren reaktif gruplar, diklorotriazinler ve vinilsülfonları içerir. Bu tip boyanın elyafı tarafından emilen hidrolize boya molekülleri, yıkama ve/veya sabunlama aşaması sırasında nispeten kolayca çıkarılabilir.

Tuzla kontrol edilebilen boyalar, nötr tuz çözeltisinde alkali ile kontrol edilebilen türlerden daha yüksek düzeyde tükenir ve normal olarak 80°C ila 100°C arasındaki sıcaklıklarda uygulanır. Alkali ilavesinden önceki yüksek tükenme, elektrolit ilavesinde özen gerektirir. Aminoklorotriazin veya trikloropirimidin gibi reaktif grupları daha düşük reaktiviteye sahiptir. Elyaf tarafından emilen hidrolize boya moleküllerinin, yıkama ve/veya sabunlama aşaması sırasında çıkarılması daha zordur. Sıcaklık kontrollü boyaların selülozla reaksiyon için alkaliye ihtiyacı yoktur, ancak kaynama noktasının

üzerindeki sıcaklıklarda sabitlenmeleri gerekir. Tuzla kontrol edilebilen boyarmaddeler gibi uygulanabilirler. Bu kategoriye giren daha az boyarmadde mevcuttur (Comelo, 2002).

Fiksasyon dereceleri %60-%90 civarındadır. Sonuç olarak, atık suya önemli miktarda sabitlenmemiş boyarmadde geçer. Tekstil atık suları, yüksek KOİ'ye, düşük biyolojik olarak parçalanabilirliğe ve yüksek tuz içeriğine sahip olarak nitelendirilir. Aynı zamanda renkli olmaları nedeniyle estetik açıdan önemli bir kirlilik kaynağıdır (Vardar, 2006). Tablo 1.9'da boyarmaddeler ile liflerin ilişkisi gösterilmiştir.

Tablo 1.9. Boyarmadde-lif ilişkisi (Ölmez, 1999).

Boya Sınıfı	Lif Türü	Fiksasyon Derecesi (%)
Asit	Yün	80-95
Bazik	Akrilik	95-100
Direkt	Selüloz	70-95
Dispers	Polyester	90-100
Metal Kompleks	Yün	90-98
Reaktif	Selüloz	50-90
Kükürt	Selüloz	60-90
Vat	Selüloz	80-95

Reaktif gruplar ile kromofor grubu arasında yer alan köprü grubu yapısı itibari ile etkisi yalnızca boyanın aktivitesine ve gücüne tesir etmekle sınırlı değildir. Boya ve lif arasındaki bağların reaktivitesine ve stabilitesine de büyük ölçüde tesir eder (Ölmez, 1999).

Reaktif gruplar kimyasal yapıya bağlı olarak şu şekilde sınıflandırılabilir:

a. Klorotriazin Boyaları (MCT).

b. Vinil Sülfon Boyaları (VS).

c. Heterosiklik Helojen İçeren Boyalar (HHC) 4. Karışık Boyalar (MCT-VS).

Sıcaklık uygulama yöntemlerine bağlı olarak, reaktif boyalar şu şekilde sınıflandırılabilir;

1.22.2 Soğuk yöntem reaktif boyalar

Düşük sıcaklıkta yani oda sıcaklığında uygulanan bu tip reaktif boyarmaddeler, bu sıcaklıkta lif ile oldukça reaktiftir.

1.22.3 Sıcak yöntem reaktif boyalar

Bu tip boyarmaddeler 60ºC sıcaklık civarında orta sıcaklıkta uygulanır. Reaktiviteleri lif ile orta düzeydedir.

1.22.4 Yüksek çektirme yöntemi ile çalışan reaktif boyalar

Bu tip boyarmaddeler, soğuk ve sıcak marka reaktif boyalarla kıyaslandığında life karşı oldukça düşük reaktivite özelliklerine sahiptir. 80ºC-90ºC civarında boyama yapılmaktadır (Chinta, 2013).

1.22.5 Reaktif boyarmaddelerde reaktivite

Reaktif boyarmaddeler kromofor gruplarına, sülfonik asit gruplarına, halojen sülfat veya metansülfat gibi fonksiyonel gruba ve elektrofilik yapıya bağlı köprü gruplarına sahiptirler, bu nedenle suda çözünürlükleri artış göstermektedir. Bir veya daha çok fonksiyonel grup içeren elektrofilik yapılar çoğunlukla heterosiklik halka yapısındadırlar ve fonksiyonel grupları halojendir. Heterosiklik gruplar primidinler, triazinler ve benzotiazolinler olarak belirtilmektedir. Reaktif boyarmaddelerin reaktivitesini etkileyen faktörler;

- Heterosiklik halka yapısı.
- Fonksiyonel grup özellikleri.
- Heterosiklik halkaya sahip diğer sübstitüentlerin özellikleri şeklindedir.

Azot atomlarının miktarı heterosiklik halkada arttıkça boyarmaddelerin reaktivitesi de artmaktadır. Primidin halkasına sahip gruplar ile kıyaslandığında triazin halkasına sahip gruplar daha reaktiftirler. Yer değiştirme tepkimelerinde yer değiştiren bileşenlerin elektron ilgisi yükseldikçe reaktivitesi de yükselir. Örnek olarak klor yerine metil sülfon veya klor barındıran heterosiklik grupların reaktivitesi daha yüksektir. Reaktif boyarmaddeler reaktivitelerine göre;

- Reaktivitesi düşük, soğukta boyanan boyarmaddeler; avantajları hidroliz riskinin düşük olması ve selüloza daha iyi nüfuz etmeleri olarak belirtilmektedir.
- Orta derecede reaktivitesi olan, ılık boyanan boyarmaddelerdir.

- Reaktivitesi fazla, soğukta boyanan boyarmaddeler: avantajları boyama hızını arttırabilmek, kimyasal madde kullanımını azaltmak, enerji tasarrufu, yüksek boyarmadde verimi ve tekrarlanabilirliğin uygun olmasıdır (Ölmez, 1999).

1.23 Literatür Özeti

Kılıç, M. ve Okur, A. (2010); Tencel ve pamuk-promodal karışımlı ring, kompakt ve vorteks eğrilmiş ipliklerin yapısal, fiziksel ve mekanik özellikleri karşılaştırmışlardır. Tüylülük, düzensizlik, kusurlar, çap, yoğunluk, pürüzlülük, yuvarlaklık, kopma kuvveti ve uzama gibi iplik özellikleri değerlendirmiştir. Genel olarak ring ipliklerin tüylülük değerleri en yüksek, vorteks iplikler en düşük olarak gözlemlemiştir. Düzensizlik açısından, kompakt iplikler en iyi iplikler ve vorteks iplikler en kötü değerlere sahip gözlenmiştir. Eğirme sistemlerinin etkisini kopma kuvveti ve uzama açısından değerlendirdiklerinde, sonuçlar kompakt ipliklerin en yüksek değerlere, vorteks ipliklerin ise en düşük değerlere sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca farklı karışım oranlarının bir ipliğin yapısal, fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini %100 pamuk, %100 rejenere selülozik elyaf ve %67-%33, %50-%50, %33-%67 pamuk kullanılarak incelemiştir. Rejenere selülozik elyaf karışımlı ipliklerde, harman içindeki yenilenmiş selülozik elyaf içeriğinin artan bir oranı ile eşitsizliği, kusurları, çapı ve pürüzlülük değerlerini azalttığını tespit etmişlerdir. Kopma kuvveti, uzama, yoğunluk ve şekil değerlerinin arttığını gözlemlemiştir. Karışım tipinin etkisinin de birçok iplik özelliği için istatistiksel olarak önemli olduğu ve esas olarak pamuk-promodal iplikler daha iyi fiziksel özelliklere sahipken, pamuk-tencel ipliklerin daha iyi mekanik özelliklere sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Şardağ ve ark. (2020); yaptıkları çalışmada, farklı tencel/pamuk karışım oranlarına sahip ipliklerden üretilen ham ve bitmiş örme kumaşların konfor ve fiziksel özelliklerini incelemeyi amaçlamıştır. Bu amaçla Ne 20 iplikler, aynı üretim hattında aynı büküm katsayısı ile üretmişlerdir. Aynı örgü makinesinde kumaş numuneleri üretilen ham kumaşlar, iki farklı kombine enzimatik ön işleme ve boyama işlemlerine tabi tutulmuş ve ilk işlemde enzimatik defibrilasyon ve boyama aynı banyoda gerçekleştirilmiştir. İkincisinde ise enzimatik beyazlatıcı temizleme, defibrilasyon ve boyama aynı banyoda yapılmıştır. Tüm ham ve bitmiş kumaş numunelerinin konfor ve fiziksel özellikleri ilgili standartlara göre ölçülmüş ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları

olarak karışımdaki tencel yüzdesinin artmasıyla kumaşların su buharı ve hava geçirgenliği, kumaş pürüzlülüğü, boncuklanma, ısıl soğurma ve kütle kaybı değerlerinin arttığını, ısıl iletkenlik değerlerinin azaldığını göstermiştir. Tek banyoda enzimatik defibrilasyon ve boyama işlemlerine tabi tutulan kumaşların daha düşük yüzey pürüzlülüğü ve aşınma değerleri, daha yüksek hava geçirgenlik değerleri verdiği; enzimatik ağartıcı temizleme, defibrilasyon ve tek banyoda boyamaya tabi tutulanlar daha yüksek termal iletkenlik ve termal absorptivite değerleri verdiği gözlenmiştir. İki işlemin karşılaştırılması, her iki işlemden elde edilen boncuklanma ve su buharı geçirgenlik değerlerinde önemli bir farklılık olmadığını göstermiştir.

Joshi ve ark. (2010); Lyocell birleşimli kumaşları (lyocell ⁄ ipek ve lyocell /polyester) farklı kumaş yapılarında dokunmuş ve reaktif boyarmaddeler, asit boyarmaddeler ve dispers boyarmaddeler ile boyamıştır. Elde edilen boyanmış kumaşlara bir reçine apre işlemi uygulanmış ve yıkama haslıkları ölçülmüştür. Uygun boyarmadde seçimi ve boyama koşullarının kontrolü ile parlak düz tonlar ve etkili çapraz boyama tonları elde edildiği gözlenmiştir. Boyanmış ve bitmiş kumaşlar, hafif giysiler için ideal olan pürüzsüz, parlak bir tutuma sahip olarak değerlendirilmiştir.

Adnan ve Moses (2020) tarafından; İpek/lyocell karışımlı kumaşların termofizyolojik ve dokunsal konfor özellikleri üzerine belirli araştırmalar yapılmıştır. %100 ipek, %75 ipek ve %25 lyocell, %50 ipek ve %50 lyocell, %25 ipek olarak bir dizi iplik üretilmiştir ve %75 lyocell ve %100 lyocell ve aynı kumaş setini koruyarak dokuma kumaşlara dönüştürülmüştür. İpek, lyocell ve ipek/lyocell karışımlı kumaşlar üzerindeki FTIR çalışması, ilgili kumaşlar için karakteristik fonksiyonel grupları göstermiştir. Karışım bileşimlerinin termofizyolojik ve dokunsal konfor özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve sonuçlar ipek içeren kumaşların ısıl direncinin lyocell bakımından zengin karışımlara göre daha yüksek bir değere sahip olduğunu göstermiştir. Lyocell ve lyocell bakımından zengin karışımlar için su buharı geçirgenliği, emiciliği ve fitillenebilirliğinin %100 ipek kumaşlara kıyasla üstün olduğu gözlenmiştir. Eğilme uzunluğu ve buruşukluk geri kazanımı açısından lyocell bakımından zengin kumaşların, %100 ipek kumaşlara kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Sonuçlar %5 anlamlılık düzeyinde tek yönlü ANOVA kullanılarak tartışılmıştır.

Hasan vd. (2017) yaptıkları çalışmada tencel elyafın eğirme prosesi optimizasyonunu geleneksel pamuk ile karşılaştırmalı olarak gerçekleştirmiş ve incelemiştir. Üretim hızının kalite performansına etkisi incelenmiştir. Farklı iplik numaralarının kalite parametreleri değerlendirilmiştir. Tencel iplikte kütle homojenliği ve %CV'si önemli oranda daha fazladır. Kopma uzaması ile beraber tencelde kopma mukavemeti %50 daha fazla bulunmuştur. Autoconer makinasında iplik kopuşları tencel iplikte daha düşük oranda olduğu gözlemlenmiştir.

Şardağ (2007) yaptığı çalışmada %100 tencel, %100 karde pamuk, %100 penye pamuk ve farklı karışım oranlarına sahip tencel pamuk iplikleri ile oluşturulmuş örme kumaşların tüketici yıkaması sonrasında boyutsal değişim özelliklerini incelemiştir. Aynı büküm, aynı lineer yoğunluk ve farklı karışımdaki ipliklerden örme kumaş numuneleri üretmiş ve bu numunelerin yıkama öncesi ve yıkama sonrası boyutsal stabilitesi, kopma mukavemeti ve may dönmesi test değerlerini tespit etmiştir. Çalışması sonucunda iplik kompozisyonunda tencel lifi fazla olan numunelerin kopma mukavemetlerinin yükselmiş, yıkama sonrası boyut değişimleri ve may dönmesi test değerleri önemli derecede azaldığı sonucuna varmıştır.

Kaya ve Atıcı (2017) alkali ön işleminin farklı doku tiplerindeki tencel numuneler üzerinde gösterdikleri nem çekme ve hidforofilite etkisini incelemiştir. Yapılan çalışmada tencel liflerinde fibrilasyon oluşmasını engellemek amacı ile alkali ön işlem yapılmıştır. Alkali ön işlem tencel liflerinde yanal şişme yapmış liflerin iç yapısındaki alanları arttırmıştır. Üç farklı dokuma tipinde uygulanan işlem sonucunda üç kumaş içinde alkali ön işlem konsantrasyonu arttırıldıkça nem çekme oranının arttığı gözlenmiştir. Hidrofilite sonuçlarına göre alkali konsantrasyonu arttıkça tencel numunelerin hidrofilite değerlerinde çok düşük düzeyde artış tespit edilmiştir.

Badr vd. (2014) tencel pamuk karışımlı kumaşların konfor ve koruma özelliklerini araştıran bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada sekiz çeşit doğal ve rejenere selülozik iplik kullanarak iki farklı örme kumaş türü üretilmiştir. Üretilen tüm kumaş numuneleri ticari koşullar altında tekrarlanan beş yıkamaya tabi tutulmuş ve sererek kurutulmuştur. Çalışma sonucunda %67 tencel LF %30 pamuk %3 elastan içeren süprem örme kumaşın %67 tencel %30 pamuk %3 elastan içeren kumaşa göre daha fazla bükülme rijitliğine sahip

olduğu belirlenmiştir. %30 mısır pamuğu içeren kumaşın tencel ile harmanlanması sonucunda kumaşın UPF özelliğini arttırdığı gözlenmiştir.

Bilir ve Şardağ (2019) yaptıkları çalışmada %100 tencel ve tencel pamuk karışımlı iplikler ile üretilen dokuma kumaşların mekanik özelliklerini incelemiştir. Bu amaç ile farklı oranlarda tencel ve pamuk iplikleri ile dokuma kumaş numunelerinin kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti, kırışmaya karşı mukavemet, dökümlülük ve boncuklanma mukavemeti değerlerini standartlara göre testlere tabi tutmuştur. Çalışma sonucunda tencel oranının artması ile kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti ve dökümlülüğün arttığını tespit etmiştir.

Reipsar (2020) kararlı durum simülasyon yazılımı Balas® kullanarak NMMO tabanlı lyocell sürecinin gerçekçi bir modelini oluşturmak amacı ile bir çalışma yapmıştır. Model, proses döngülerindeki safsızlık birikiminin incelenebileceği verileri sağlamaktadır. İşlem safsızlıkları, kullanılmayan hamur bileşenleri ve inorganikler olarak tanımlanır. Genel kütle ve enerji dengeleri ile birleştirilen bu veriler, beş çözücü geri dönüşüm konseptini analiz etmek için kullanışmıştır. Bunlar;

- İyon değişimi ve buharlaşma.
- Yüzdürme, iyon değişimi ve buharlaştırma.
- Filtrasyon, iyon değişimi ve buharlaştırma.
- Filtrasyon ve butanol ile sıvı / sıvı ekstraksiyonu.
- Süzme ve diklorometan ile sıvı/sıvı ekstraksiyonu şeklindedir.

Tüm proses konseptleri, %99 solvent geri kazanım oranında çalışacak şekilde ayarlanmış, böylece geri dönüşüm konseptlerinin her biri için ön koşulların eşit bir şekilde karşılaştırılması için bir senaryo oluşturulmuştur. Kavramlar, geri kazanılan çözücünün saflığı, enerji talebi ve genel karmaşıklık temelinde değerlendirilmiştir.

Karmaşıklığın proses adımlarının ve tasarım parametrelerinin sayısı ile kimyasallara bağımlılığa bağlı olduğu belirtilmiş ve teknolojilerin en az karmaşık kombinasyonu, Konsept 1 olarak gözlenmiştir, ardından sırasıyla konsept 3, 2, 4 ve 5 şeklinde belirlenmiştir. Konsept 4 ve 5, diğer konseptlere göre daha düşük miktarlarda safsızlık içeren oldukça konsantre bir çözücü akışı (%99) sağlar şeklinde tespit edilmiştir. Konsept

1, 2 ve 3, çok benzer solvent saflık oranları ile sonuçlandı olarak gözlenmiştir. Konsept 2, en düşük buhar talebine sahip olarak gözlenmiş ve onu konsept 1, 3, 5 ve 4 'ün takip ettiği belirtilmiştir Model sonuçları, endüstriyel lyocell elyaf üretiminin su ve enerji talebiyle ilgili yayınlanmış verilere makul ölçüde uygun olduğu yönünde değerlendirilmiştir.

Abdullah ve ark. (2006) tencel kumaşlarının boncuklanma özelliklerini martindale aşındırma ve yıkama ile değerlendirmiş ve liflerin kırılma mekanizmasını taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir. Kumaş, iki farklı tipte modifiye edilmiş dimetiloldihidroksietilen üre reçinesi (Reaktant DH ve Reaktant FC) ile pad dry cure işlemine tabi tutulmuştur. Kuru halde boncuklanma derecesi farklı reçinelere göre değişmekle birlikte, tek tek liflerde meydana gelen hasar, işlenmemiş reçine ile işlenmiş arasında çok az farklılık gösterdi olarak raporlanmıştır. Aşınmanın ana sebebi sürtünme ve lif kopma olayının çoklu bölünme ve enine çatlaklar şeklinde olduğu gözlenmiştir. İşlem görmemiş tencel kumaşta, ıslak halde boncuklanmanın karakteristik özelliği büyük oranda fibrilasyon olarak belirtilmiş ve çapraz bağlı kumaşlarda ıslak halde boncuklanma olayı, lif açması ve dilimlenme şeklinde etki gösterdi şeklinde raporlanmıştır. Reaktant FC ile muamele edilmiş kumaşta ıslak halde boncuklanma olayının, parçalanmadan çok dilimlenme şeklinde gerçekleştiği gözlenmiştir.

1.24 Tekstilde Fiziksel Testler

Tekstil materyallerinin teknik özelliklerini ve değerlerini tespit etmek adına tekstil materyallerine uygulanan fiziksel yöntemler ile yapılan testlerdir (Eryürük ve Kalaoğlu, 2015).

1.24.1 Dokuma kumaş yırtılma mukavemeti

Kumaş yapısı, yırtılma mukavemetinin belirlenmesinde çok önemlidir ve kumaşın yırtılma mukavemetini güçlü bir şekilde etkiler. Kumaşların yırtılma mukavemeti, ipliklerin kumaş yapısı içindeki hareketliliğine bağlıdır. Düz kumaşlar, hareketlilik kaybı nedeniyle düşük yırtılma mukavemetine sahiptir. Dokuma modeli, kumaştaki iplik geçiş noktalarının göreceli sıklığını kontrol ederek yırtılma mukavemetini etkiler. Bunun hem kumaşın deformasyon kolaylığı hem de kopan iplik sayısı üzerinde doğrudan etkisi vardır. Ribstop kumaşlar, iki iplikli yapı nedeniyle yırtılmaya karşı birlikte hareket etti-

ğinden, düz dokumaya göre daha yüksek yırtılma mukavemetine sahiptir. Önceki araştırmacıların bulgularında da belirttiği üzere, iplik yoğunluğunun tüm dokuma türleri için kumaşların yırtılma mukavemetini önemli ölçüde etkileyen en önemli parametredir. Filament ipliklerle dokunan kumaşlar, tekstüre ipliklerden daha yüksek yırtılma mukavemetine sahiptir; bu durum daha kaygan ipliklerin kullanılmasıyla kumaştaki sürtünme etkisinin azaltılmasıyla artan yırtılma direncinin elde edilebileceği sonucuna varan literatürlerle de uyumludur. Filament iplikler, kaygan yüzey özellikleri, düşük iplik sürtünme katsayısı nedeniyle ipliklerin hareketliliğine izin verir (Eryürük ve Kalaoğlu, 2015).

Yırtılma davranışı, dış giyim, üniforma ve özellikle kullanımda kaba muameleye maruz kalan endüstriyel kumaşlar gibi çeşitli son kullanımlarda ve ayrıca yırtılmanın yayılmasının problem olacağı durumlarda dokuma kumaşların önemli özelliklerinden biridir. Kumaşların yırtılma performansının önemi nedeniyle, kumaşların yırtılma davranışının ölçülmesi ve analizi, daha önce birçok araştırma çalışmasının konusu olmuştur. Kumaşların yırtılma direnci, hem statik kuvvet (statik bir yırtılma testi) hem de kinetik kuvvet (dinamik bir yırtılma testi) altında malzeme dayanımını belirleyen bir özelliktir. Bu durumda genellikle ölçülen kumaş özelliği, mevcut bir yırtılmayı yaymak için gereken kuvvettir (Mousazadegan ve Ezazshahabi, 2017).

Yırtılma mukavemetinin test metodu düşey sarkaç yöntemi ile uygulanmaktadır. Kumaşın atkı yönünde kesilmesi sonrası çözgü ipliklerinde kopmalar olur ve bu nedenle atkıdaki değer çözgüdeki değerden daha yüksek olur (Kurtça, 2001).

Tablo 1.10'da kullanılan standart yırtılma mukavemeti metotları gösterilmiştir.

Tablo 1.10. Kullanılan standart yırtılma mukavemeti metotları (Özdil ve Özçelik, 2006).

Standart Numarası	Standart Metot	Evrensel Karşılığı
TS EN ISO 13937-1	Yırtılma mukavemeti Balistik sarkaç metodu	EN ISO 13937-1 2000 EQV
TS EN ISO 13937-2	Yırtılma mukavemeti Pantolon formunda deney materyali Tek yırtma metodu	EN ISO 13937-2 2000 EQV
TS EN ISO 13937-3	Yırtılma mukavemeti Kanat formunda deney materyali Tek yırtma metodu	EN ISO 13937-3 2000 EQV
TS EN ISO 13937-4	Yırtılma mukavemeti Dil formunda deney materyali Çift yırtma metodu	EN ISO 13937-4 2000 EQV

Yırtılma mukavemeti için belirlenmiş test metotları dört tanedir. Bunlar;

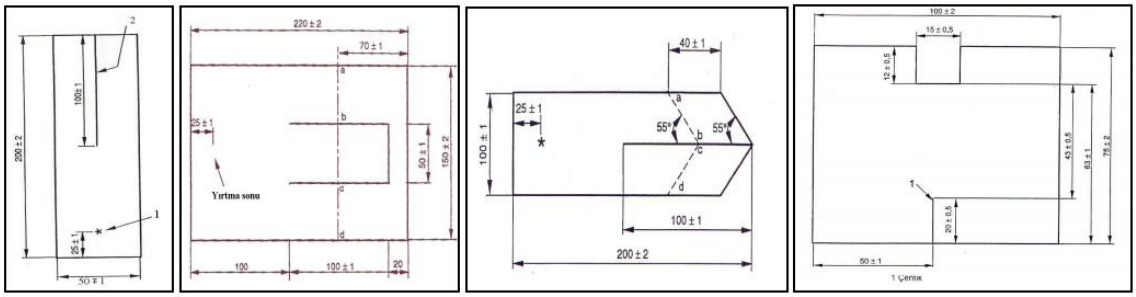
Pantolon formunda deney materyali -tek yırtma metodu. TS EN ISO 13937-2.

Kanat formunda deney materyali- Tek yırtma metodu TS EN ISO 13937-3.

Balistik sarkaç metodu- TS EN ISO 13937-1.

Dil formunda denet materyali Çift yırtma metodu -TS EN ISO 13937-4.

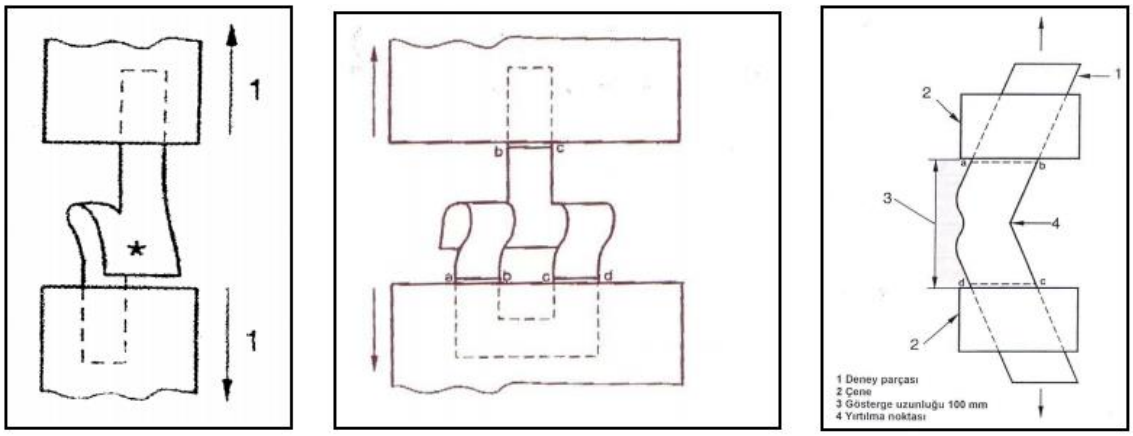
Bu çalışmada 13937-2 kodlu tek yırtma metodu uygulanmıştır. Şekil 1.21'de yırtılma mukavemeti test metotları gösterilmiştir.



Şekil 1.21. (a) Tek yırtma (pantolon) metodu (b) Çift yırtma metodu (c) Tek yırtma (kanat) metodu (d) Sarkaç metodunda kullanılan numunelerin boyut ve şekil ölçüleri.

Tek yırtma metodu, pantolon formunda bulunan deney materyallerinin yırtılma mukavemetinin tespit yöntemidir. Bu metot kısa kenarının orta kısmında bir pantolon formu oluşturmak için kesilen, 200x500 mm ebatlarında dikdörtgen şeklinde hazırlanan deney

materyelinin, çekme aletinde bir yırtık oluşturacak şekilde çekilerek, yırtığı devam ettirmek için var olması gereken kuvvet boyutunun tespit edilmesi şeklindedir (TS 1998, ISO 13937-2). Deney materyallerinin yerleştirilme şekli şu şekildedir; materyal üstündeki çentik, çenenin tam orta noktasına gelmeli ve pantolon formundaki deney materyalinin bacaklarından her biri bir tane çene ile kavrayacak şekilde olmalıdır. Şekil 1.22'de yırtılma mukavemeti ölçme cihazının çenelerinin sabitlenmesi gösterilmiştir.



Şekil 1.22. (a) Tek yırtma (pantolon) metodu (b) Çift yırtma metodu (c) Tek yırtma (kanat) metoduna için numunenin mukavemet ölçme cihazının çenelerine sabitlenmesi.

Özdil ve Özçelik (2006) yaptıkları çalışmada dört farklı yırtılma mukavemeti metoduna dayanarak 2 farklı test materyali ile yapılmış dört farklı kumaş dokusunda numune kullanmışlardır. Bu metotlar arasındaki farklılıkları istatistiksel tek yönlü varyans analizi yöntemi ile tespit etmişlerdir. Bu analizde %95 güven indeksi sağlamışlardır. Atkı ve çözgü yönünde yırtılma mukavemeti arasında yer alan farkların önemli derecede olduğunu tespit etmişlerdir.

Kullanılan yöntemler arasında kıyas yaptıklarında yırtılma mukavemeti değerlerinin en yüksekten en düşük olana doğru sırası ile çift yırtma, sarkaç, tek yırtma-pantolon ve tek yırtma kanat olarak tespit etmişlerdir. Kumaşların farklı tipleri arasında ortaya çıkan sonuçlar değerlendirildiğinde yaygın olarak en düşük yırtılma mukavemeti değerlerinin, farklı konstrüksiyonlara sahip kumaşlara kıyasla grup oluşturması daha güç olan bezayağı kumaşlar olduğu tespit edilmiştir. Materyalin tipi noktasında sonuçlar değerlendirildiğinde %50 Pamuk-%50 Pes karışımlı kumaşların tüm yırtılma mukavemeti test yöntemlerinde, %100 pamuklu kumaşlara kıyasla yüksek sonuçlar gösterdiği tespit edilmiştir.

1.24.2 Abrasyon (aşınma) dayanımı testi

En fazla uygulama alanı dokuma kumaşlar olan abrasyon testi kopma mukavemetinde olduğu gibi kumaşlar için önemli bir kalite parametresidir. Martindale metodu en sık kullanılan metottur. Bu yöntem kumaşın bir basınç altında birbirine paralel olarak dairesel hareketler ile sürtünmesidir. Abrasyon; İpliğin koptuğu anda olan devir sayısı, belirli bir devirin ardından meydana gelen ağırlık kaybı, belirli bir devirin ardından renk değişimine göre belirlenmektedir (Kurtça, 2001).

1.24.3 Boncuklanma (tüylenme) testi

Kumaş yüzeyinde toplanmış olan lifciklerin toplar halinde görüntüyü bozması olarak tanımlanabilir (Kurtça, 2001).

Boncuklanma, bir kumaş yüzeyindeki lifler "dışarı çıkınca" ve aşınma sırasında birbirine dolandığında oluşur. Bu tür yüzey bozulması genellikle istenmeyen bir durumdur, ancak belirli bir tüylenme seviyesi için tüketici toleransının derecesi, giysi tipine ve kumaşın son kullanımına bağlı olarak mevcuttur.

Genel olarak, gelişen boncuklanma derecesi aşağıdaki paralel işlemlerin oranları ile belirlenir;

a) Boncuklanma oluşumuna yol açan lif dolanması.

b) Daha fazla yüzey lifinin geliştirilmesi.

c) Lif aşınması.

Bu işlemlerin oranları elyaf, iplik ve kumaş özelliklerine bağlıdır. Ekstrem durum örnekleri, güçlü lifler içeren kumaşlara karşı zayıf lifler içeren kumaşlarda bulunur. Güçlü lifin bir sonucu, yıpranma oranını aşan bir hap oluşum hızıdır. Bu, aşınmanın artmasıyla birlikte boncuklanma artışına neden olur. Zayıf bir lifle, hap oluşum hızı, yıpranma oranıyla rekabet eder. Bu, aşınmanın artmasıyla birlikte boncuklanma dalgalanmasına neden olur. Yüzey lifi aşınmasının hap oluşumundan önce meydana geldiği başka yapılar da vardır. Bu örneklerin her biri, farklı kumaş türlerinde yüzey değişikliğini değerlendirmenin karmaşıklığını göstermektedir. İdeal laboratuvar testi a, b ve c yıpranma süreçlerini tam olarak aynı faktörle hızlandıracak ve evrensel olarak tüm elyaf, iplik ve kumaş türleri için geçerli olacaktır. Böyle bir test geliştirilmemiştir. Bununla

birlikte, kumaşların son kullanım aşınmasında meydana gelmesi muhtemel olan aynı boncuklanma, havlanma ve matlaşma eğiliminde sıralanabileceği bir test prosedürü oluşturulmuştur (iso.org, 2021).

2 MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Bu çalışma kapsamında 5 tüketici yıkaması sonrası renginde solma ve kumaş yüzeyinde tüylenme eğilimi olan 2 atlamalı çözgü sateni örgüde bir kumaş üzerinden 8 tane yeni numune kombinasyonu üretilmiştir ve toplam 9 adet farklı özelliklerde ve proseslerde numune kumaş incelenmiştir. İyileştirilmesi amaçlanan kumaştan çalışma boyunca Çalışma 1 olarak bahsedilecektir. Çalışma 1, 30°C sıcaklıkta 5 tüketici yıkaması sonrası sererek kurutma şartlarında tabii tutulduğu görünüm değerlendirme testinde ve yıkama haslığı testinde standart dışı sonuçlar vermiştir. Bu çalışmanın ortaya çıkış amacı çalışma 1'in, yıkama sonrası tüylenme ve renk haslığında solma test değerlerini yeni bir proses ve/veya iplik yapısı ile iyileştirmektir. Çalışma 1, tencel pamuk karışımlı çözgü sateni örgüsüne sahip dokuma bir kumaştır. Çalışma 1 dahil, üretilen 9 adet kumaştan 7 adet kumaşın iplik türü aynıdır ve çalışma 1'den farkları ön-terbiye ve bitim işlemlerindedir. 2 kumaşın ise hem iplik türü hem de ön terbiye ve bitim işlemleri çalışma 1'den farklıdır. Özet olarak 5 yıkama sonrası görünüm değerlendirme ve yıkama haslığı test sonuçlarında iyileştirme amaçlanan çalışma 1'den 8 yeni proses ile 8 farklı kumaş üretilmiştir ve toplam 9 adet numune test değerleri ile değerlendirilmiştir. Her bir numunenin 5 yıkama öncesi görünüm değerlendirme testi de yapılmıştır.

Kimyasal bitim işleminde ve iplik türünde yapılan değişiklikler sonucunda her bir çalışma test edilmiş, sonuçlar karşılaştırılmış ve çalışma 8'in kumaş testleri standart metotlar içerisinde raporlanmıştır ve çalışma genel olarak başarılı olmuştur.

Kumaşların iplik türleri ve arasındaki farklar aşağıdaki şekildedir;

- Çalışma 1'den çalışma 7'ye kadar 7 adet numunede çözgü ipliği Ne 30/1 tencel (%100) ve atkı ipliği Ne 20/1 (%100) karde pamuk iplik şeklindedir. Bu iplik grubunda atkı ve çözgüde tek bir karışım lif içeren (atkıda farklı bir lif içeren iplik ve çözgüde farklı bir lif türü içeren iplik) iplikler kullanılmıştır ve kısaca "1. iplik türü" adı verilmiştir.
- Çalışma 8 ve çalışma 9 da ise atkı ipliği olarak Ne 20/1 tencel-penye pamuk (%65-%35) ve çözgü ipliği olarak da Ne 30/1 tencel-penye pamuk (%65-%35)

harmandan karışım iplikler kullanılmıştır. Bu iplik grubuna kısaca “2. iplik türü” adı verilmiştir.

9 çalışmaya 9 farklı ön-terbiye ve bitim işlemi uygulanmıştır ve prosesler arasında aşağıdaki farklar mevcuttur.

- 3 farklı apre reçetesi mevcuttur. 1. apre adı verilen reçetede reçine miktarı 50 g/L, 2. apre adı verilen reçetede reçine miktarı 70 g/L ve 3. apre adı verilen reçetede apre miktarı 80 g/L şeklindedir.
- 3 farklı kostikleme derecesi mevcuttur, bunlar 12°Be, 15°Be ve 22°Be şeklindedir.
- Tek bir çalışmaya merserizasyon işlemi yapılmış ve 28°Be merserizasyon uygulanmıştır.
- Tek bir çalışmada kumaşa fibrilasyon/defibrilasyon işlemi yapılmıştır.

Tablo 2.1’de apre reçeteleri arasındaki farklar gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Apre reçeteleri arasındaki farklar

Apre numarası	Reçine Kullanım miktarı (g/L)
Apre 1	50
Apre 2	70
Apre 3	80

Çalışmalarda kullanılan iplik çeşitleri tablo 2.2’de ve çalışmaların prosesleri arasındaki farklar tablo 2.3’te gösterilmiştir.

Tablo 2.2. Çalışmalarda kullanılan iplik çeşitleri

İplik Numarası	Üretim Hattı	Karışım Oranı	Büküm Yönü	Büküm Sayısı (Tur/m)	İplik türü
30/1	Ring	100% tencel	Z	900	1 (standart iplik)
20/1	Karde	100% pamuk	Z	755	1 (standart iplik)
30/1	Ring	%65 tencel %35 penye pamuk	Z	900	2 (harmandan karışım iplik)
20/1	Ring	%65 tencel %35 penye pamuk	Z	755	2 (harmandan karışım iplik)

Tablo 2.3. Çalışmaların üretim prosesleri arasındaki farklar

Çalışma numarası	Apre numarası	Fibrilasyon /Defibrilasyon	Merserizasyon °Be	Konstrüksiyon numarası	Kostikleme Derecesi°Be
Çalışma 1	1	--	--	1	12
Çalışma 2	1	--	--	1	22
Çalışma 3	2	--	--	1	22
Çalışma 4	3	--	--	1	22
Çalışma 5	2	--	28	1	--
Çalışma 6	2	--	--	1	22
Çalışma 7	2	--	--	1	22
Çalışma 8	2	--	--	2	15
Çalışma 9	2	--	--	2	12

Her çalışmayı bir diğerinden farklılaştıran işlemler aşağıda belirtildiği üzere;

1. Çalışma: Bu çalışmada 1. iplik türü kullanılmış, 1. apre uygulanmış ve 12°Be kostikleme işlemi yapılmıştır.

2. Çalışma: Bu çalışmada 1. iplik türü kullanılmış, 1. apre uygulanmış ve 22°Be kostikleme işlemi yapılmıştır.

3. Çalışma: Bu çalışmada 1. iplik türü kullanılmış, 2. apre uygulanmış ve 22°Be kostikleme işlemi yapılmıştır.

4. Çalışma: Bu çalışmada 1. iplik türü kullanılmış, 3. apre uygulanmış ve 22°Be kostikleme işlemi yapılmıştır.

5. Çalışma: Bu çalışmada 1. iplik türü kullanılmış, 2. apre uygulanmış ve diğer çalışmalarda yer alan kostikleme işlemi yerine 28°Be merserizasyon işlemi yapılmıştır.

6. Çalışma: Bu çalışmada 1. iplik türü kullanılmış, 2. apre uygulanmış, 22°Be kostikleme işlemi yapılmış ve diğer çalışmalarda bulunmayan fibrilasyon/defibrilasyon işlemi yapılmıştır.

7. Çalışma: Bu çalışmada 1. iplik türü kullanılmış, 2. apre uygulanmış ve 15°Be kostikleme işlemi yapılmıştır.

8. Çalışma: Bu çalışmada 2. iplik türü kullanılmış, 2. apre uygulanmış ve 15°Be kostikleme işlemi yapılmıştır.

9. Çalışma: Bu çalışmada 2. iplik türü kullanılmış, 2. apre uygulanmış ve 12°Be kostikleme işlemi yapılmıştır.

Çalışmalarda 1. iplik türü kullanılan ham kumaşa 1. konstrüksiyon ve 2. iplik türü kullanılan ham kumaşa 2. konstrüksiyon adı verilmiştir. Tablo 2.4'te çalışmalarda kullanılan tencel lifinin özellikleri gösterilmiştir.

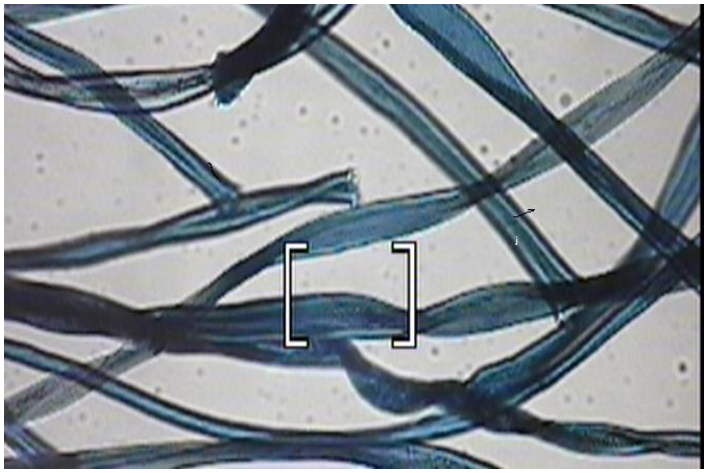
2.1.1 Çalışmada kullanılan tencel ve pamuk lifleri ve teknik özellikleri

Çalışmada kullanılan tencel lifleri standart tencel lifinden elde edilen liflerdir. Kullanılan Çalışmalarda kullanılan tencel lifinin teknik özellikleri tablo 2.4'te gösterilmiştir.

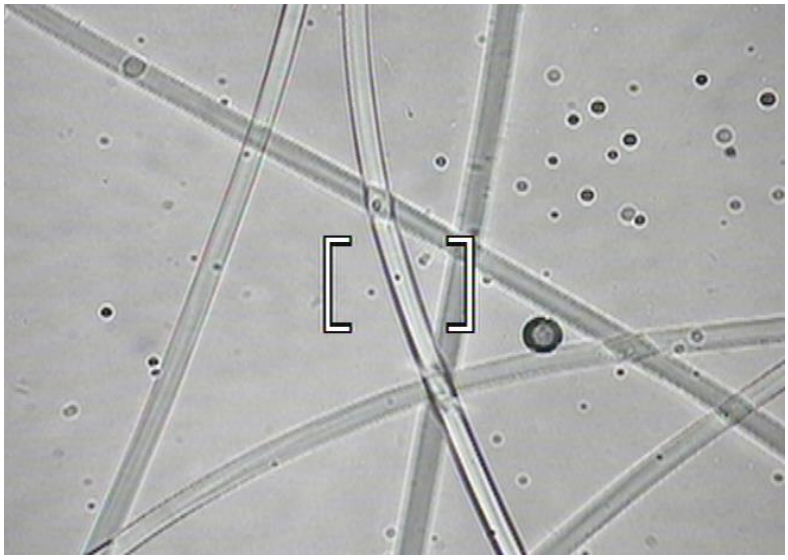
Tablo 2.4. Tüm çalışmalarda kullanılan 1.3 dtex ve 38 mm tencel lifinin özellikleri

Özellik Adı	Test değeri
Kuru Mukavemet (cN/tex)	37
Kuru Uzama (%)	13
Yaş Mukavemet (cN/tex)	30
Yaş Uzama (%)	15
Gözenek Hacmi (ml/g)	0.82
İç Yüzey (m^2/g)	507
Su Tutma Kapasitesi (%)	69

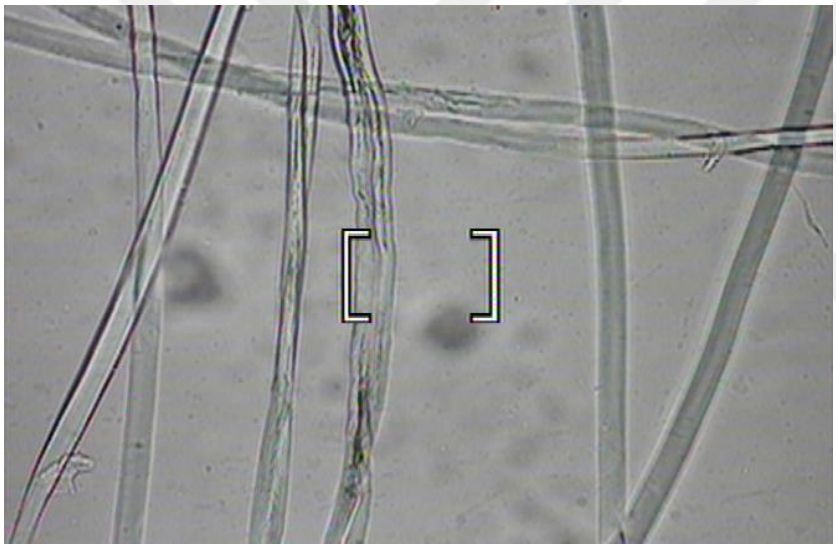
Şekil 2.1'de pamuk lifi yüzey şekli mikroskop altında yer almaktadır. Şekil 2.2'de tencel lifinin yüzey şekli ve şekil 2.3'te tencel pamuk harmandan karışım lifinin yüzey şekli yer almaktadır.



Şekil 2.1. Pamuk lifi yüzey görüntüsü



Şekil 2.2. Tencel lifi yüzey görüntüsü



Şekil 2.3. Tencel pamuk harmandan karışım lif yüzey görüntüsü. (Tencel elyafın lifleri daha düz içi boş pamuk ise daha dolgulu görülüyor).

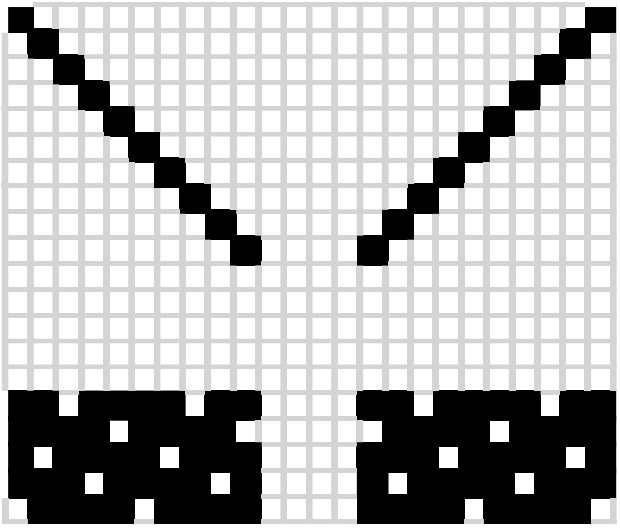
Çalışmada kullanılmış olan pamuk lifleri konvansiyonel pamuk lifleridir. Pamuk lifinin HVI değerleri tablo 2.5'te gösterilmiştir.

Tablo 2.5. Kullanılan pamuk lifinin özellikleri (HVI değerleri)

Özellik	Değerler	Standart Sapma	CV%	Q99%	En az	En çok
İplik eğirme indeksi (SCI)	133	7	5.4	3	117	155
Nem tutma (%) (MST)	8.9	0.5	5.4	0.2	8.1	9.9
Mikroner (MIC	4.55	0.1	2.2	0.05	4.39	4.74
Olgunluk indeksi (MAT)	0.85	0	0.5	0	0.84	0.86
Üst çeyrek uzunluk (mm) (UHML)	30.81	0.7	2.3	0.32	29.15	32.16
Üniformite indeksi (%) (UNF)	82.6	1.1	1.3	0.5	80	85.8
Kısa lif oranı (SFI)	8.6	0.9	10.6	0.4	6.3	10.2
Mukavemet (g/tex) (STR)	29.9	1	3.4	0.5	27.9	32.7
Uzama (%) (ELG)	8.8	0.5	5.8	0.2	7.1	9.8
Parlaklık (RD)	76.1	1.9	2.5	0.9	71.2	79.5
Sarılık (+b)	7	0.4	6.1	0.2	5.9	7.7
Renk derecesi (C-GRADE)	41-1					
Çeper sayısı (TR CNT)	37	10	26.2	5	20	57
Çeper alanı (%) (TR AREA)	0.49	0.18	35.9	0.08	0.23	0.89
Çeper derecesi (TR GRADE)	4					
Test edilen elyaf sayısı	555	77.2	13.9	35.9	383	692

2.1.2 Çalışmalarda kullanılan ham kumaşlar

İki farklı dokuma konstrüksiyonunda ham kumaş kullanılmıştır. Tüm kumaşlar aynı örgü raporu ile 2 atlamalı çözgü sateni örgüde dokuma kumaşlardır. Şekil 2.4'te tüm çalışmaların aynı olan örgü raporu görülmektedir.



Şekil 2.4. Tüm kumaşların 2 atlamalı çözgü sateni örgü raporu

Tablo 2.6'da kumaşlara ait her iki konstrüksiyon için dokuma parametreleri gösterilmiştir.

Tablo 2.6. 1. ve 2. Konstrüksiyonlara ait dokuma parametreleri

Parametreler	**1.Konstrüksiyon**	**2.Konstrüksiyon**
Tarak Numarası	15*5	15*5
Tarak Eni	165 CM	165 CM
Toplam Çözgü Tel Adedi	12137+119 Kenar+119 Kenar=12375 tel	12121+127 Kenar+127 Kenar=12375 tel
Çözgü Sıklığı(cm/iplik)	80	75
Atkı Sıklığı(cm/iplik)	35	33
Çözgü İpliği Büzülmesi (%)	10	10
1 Metrenin Çözgü Ağırlığı (g)	268+27 Haşıl	268+27 Haşıl
1 Metrenin Atkı Ağırlığı	161	161
1 Metre Kumaş Ağırlığı	456	456
Tahar Parametresi	10 Çerçeve Düz Tahar	10 Çerçeve Düz Tahar
Kompozisyon	%65 Tencel %35 Pamuk	%65 Tencel %35 Pamuk
Beklenen Mamul Kumaş Ağırlığı	290 g/m^2	290 g/m^2
Beklenen Kumaş Eni	152 cm	152 cm

2.1.3 Çalışmalarda kullanılan kimyasallar

Tablo 2.7'de çalışmalarda kullanılan kimyasallar ve tedarikçi firmaları yer almaktadır.

Tablo 2.7. Çalışmalarda kullanılan kimyasallar ve tedarikçileri

Kimyasal ismi	**Tedarikçi firma**	**Colour Index**
Remazol Ultra Gel RGBN	Dystar Kimya San. ve Tic. Ltd.	Reaktif Yellow 111
Remazol Ultrarot RGB	Dystar Kimya San. ve Tic. Ltd.	Reaktif Blue 250-Blue 222-Blue 235
Remazol Space Sam 01	Dystar Kimya San. ve Tic. Ltd.	
Hidrojen Peroksit	NGB Kimya A.Ş.	
Dye Clean roll-conc (iyon tutucu)	Rudolf Duraner	
Dyestab SG (Stabilizatör)	Rudolf Duraner	
Denquest P-Conz (iyon tutucu)	Denge Kimya	
Sud Kostik 47°-48°Be	Likit Kimya	
Sera Wet C-ANS	Kaiser Group	

Tablo 2.7. devam

Sera Lube M-AC NEW (kırık önleyici)	Kaiser Group
Sera Wet C-ANS ıslatıcı	Kaiser Group
Asetik Asit	Likit Kimya
Sera Lube M-AC NEW	Kaiser Group
Setacid PBS (asit)	Setaş Kimya San. A.Ş.
Lava Cell BSL (enzim)	Kaiser Group
Soda	Koray Kimya
Sodyum Silikat Modül 3	Zgk Gökşin Kimya
Sera Wet M-NUW (ıslatıcı)	Kaiser Group
Lava Pret RFF (Formaldehit içermeyen reçine)	Kaiser Group
$MgCl_2$	Tolga Tuz Sanayii
Densoft (silikon yumuşatıcı)	Denge Kimya

2.2 Metot

2.2.1 Numune kumaşlara uygulanan prosesler

Bu çalışma kapsamında ham kumaşlar fulardlama-soğukta bekletme (Cold pad batch) yöntemi ile boyanmıştır. 2 farklı konstrüksiyonda toplam yeni 8 adet tencel-pamuk karışımlı dokuma kumaş üretilmiş olup, üretilen bu kumaşların her biri için 1. çalışma standart referans çalışma kabul edilmiştir. Kumaşların ön-terbiye ve bitim işlemlerinde değişiklikler yapılarak 8 farklı kimyasal proses oluşturulmuştur.

Değişiklik yapılan kimyasal işlemler kostikleme merserizasyon fibrilasyon defibrilasyon ve apre işlemleridir. Bununla alakalı olarak numuneler içerisinde 1. çalışmanın prosesi standart proses olarak kabul edilmiştir. Diğer prosesler yukarıdaki 4 kimyasal işlemin değişik koşullarda uygulanması ile oluşturulmuştur. Çalışmada oluşturulan kumaşların tamamında gaze, soğuk kasar, dönme, yıkama, kurutma ve boyama işlemleri ortak proses olarak kabul edilip aynı şartlarda yapılmıştır. Mamul kumaş değerlendirmeleri yine tüm kumaşlar için aynı standartlara göre test edilerek yapılmıştır. Numune grupları oluşturulurken 1. konstrüksiyondan 300 metre ham kumaş dokunmuştur. Gaze, soğuk kasar, dönme, yıkama, kurutma ve gaze işleminden sonra kumaş 6'ya bölünmüştür. 2. konstrüksiyondan 100 metre ham kumaş işleme alınmıştır ve gaze, soğuk kasar, dönme, yıkama, kurutma ve gaze işleminden sonra 2'ye bölünmüştür. Boyama aşamasında tüm kumaşlar aynı boyarmadde reçetesi ile aynı şartlarda boyanmıştır. Aşağıdaki tabloda yukarıdan aşağıya işlem sırası göz önüne alınacak şekilde çalışma 1 ve 8 yeni çalışmanın prosesleri belirtilmiştir. Tablo 2.8'de tüm çalışmaların iş akış şeması gösterilmiştir.

Tablo 2.8. Tüm numunelerin proses akış şeması

İşlem Adı	1. Çalışma	2. Çalışma	3. Çalışma	4. Çalışma	5. Çalışma	6. Çalışma	7. Çalışma	8. Çalışma	9. Çalışma
Gaze	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Soğuk kasar	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Dönme	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Yıkama	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Kurutma	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Gaze	x	x	x	x	x	x	x	x	x
12°Be kostikleme	x								x
15°Be kostikleme							x	x	
22°Be kostikleme		x	x	x		x			
28Be° merserizasyon					x				
Kurutma	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fibrilasyon/ defibrilasyon						x			
Boyama	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Yıkama	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Kurutma	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ramöz apre 1	x	x							
Ramöz apre 2			x		x	x	x	x	x
Ramöz apre 3				x					
Kontinü tuşe makinasında sudan geçirme	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sanfor	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1. iplik türü	x	x	x	x	x	x	x		
2. iplik türü								x	x

2.2.2 İşlem isimleri ve işlem şartları

Yukarıda belirtilen numunelere ait işlemlerin isimleri ve işlem şartları aşağıda açıklanmıştır.

2.2.2.1 Gaze

Kumaş, proses başlangıcı itibari ile fibrillenme/tüylenme özelliğini azaltmak amacıyla ağır şartlarda yakma yani gaze işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlem 80 m/dk ve 12 mbar gaz basıncı altında ve alev kumaşa dik olacak şekilde uygulanmıştır. Beklerle kumaş

arasındaki mesafe 12 mm'dir. Bu işlemin amacı kumaşta meydana gelen tüylenme özelliklerinin azaltılması, daha sonraki adımlarda yer alan boyama işleminde, boyanmama ve kırçıllaşma sorunlarına yol açacak olan ve kumaşı mat gösteren hav tüylerinin yakılmasıdır. Yakma işlemi yapıldıktan sonra kumaşın parlaklığı artmış ve kumaş yumuşamıştır. Tüm kumaşlar aynı şartlarda gaze işlemine tabi tutulmuştur. Yakma işlemi Osthoff® marka gaze makinasında yapılmıştır. Gaze işleminin detayları tablo 2.9'da verilmiştir.

Tablo 2.9. Gaze işlemi şartları

Makine Adı	Osthoff® Gaze makinesi
Yakma Şekli	Çift Soğutmalı Rollik Üzerinden Yakma
Çalışma Numarası	1
İşlem Şartları	
Alev Uzaklığı (mm)	12
Kumaş Geçiş Hızı (m/dk)	80
Beklerin Alev Büyüklüğü (mbar)	12

Şekil 2.5'te çalışmaların yapıldığı gaze makinesi gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Osthoff® gaze makinesi (Akın Tekstil A.Ş, 2022).

2.2.2.2 Soğuk Kasar

Gaze işleminden sonra uygulanan soğuk kasar işleminde H_2O_2, organik stabilizatör, ıslatıcı, iyon tutucu soğuk reçete ile kumaşa uygulanmıştır. Ham kumaşta bulunan çeper,

neps gibi safsızlıklardan kumaşı arındırmak ve pamuğa hidrofilite kazandırmak için bu işlem gereklidir. Tablo 2.10'da soğuk kasar işlem şartları gösterilmiştir ve tablo 2.11'de soğuk kasar reçetesi gösterilmiştir.

Tablo 2.10. Soğuk kasar işlem şartları

İşlem Adı:	**Soğuk Kasar**
Makine Adı	Kusters® Kontinü Kasar Makinesi
İşlem Şartları	
Kumaş Çıkış Hızı (m/dk)	30
Kamara Sıcaklıkları (°C)	20

Tablo 2.11. Soğuk kasar reçetesi

Banyo Hacmi	1000 Litre	
Alınan Flotte	%95	
Kumaş Metresi	300 metre	
Yardımcı Kimyasal	Tüketim Oranı (g/L)	Banyodaki Tüketim (g)
Hidrojen Peroksit (%50)	48.00	48,000
Dye Clean roll-conc (iyon tutucu)	4.00	4,000
Dyestab SG (Stabilizatör)	6.00	6,000
Denquest P-Conz (iyon tutucu)	0.40	400
Sud Kostik 47°-48°Be	50.00	50,000

Kasar işlemi şekil 2.6'da gösterilen Kusters® marka kasar makinesinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.6. Kusters® kasar makinesi (Akın Tekstil A.Ş, 2022).

Soğuk kasar sonrası 22 saatlik dönme işlemi mevcuttur. Kumaşlar bir doka sarılmış ve dok üzerinde polietilen paket ile hava almayacak şekilde kaplanmıştır. Bu işlem sonrasında kumaşı yıkama işlemi Kusters® marka yıkama makinesinde 90°C'de yapılmıştır. Tablo 2.12'de yıkama şartları gösterilmiştir.

Tablo 2.12. Yıkama şartları

İşlem Adı:	Yıkama
Makine Adı	Kusters® Yıkama Makines
İşlem Şartları	
Makine Hızı (m/dk)	30
Kamara Sıcaklıkları (°C)	90

Yıkama işlemi sonrasında kurutma işlemi Monforts® Montex ramöz makinesinde 160°C'de yapılmıştır. Tablo 2.13'te kurutma şartları gösterilmiştir.

Tablo 2.13. Kurutma şartları

İşlem Adı:	Kurutma
Makine Adı	Monforts® Germe Makinesi
İşlem Şartları	
Makine Hızı (m/dk)	30
Kamara Sıcaklıkları (°C)	160

2.2.2.3 Kostikleme

Daha sonra merserizasyon ve kostikleme işlemlerinde, kumaşa kimyasallar bakımından 12°Be, 15°Be, 22°Be NaOH (sodyum hidroksit) ile kostikleme ve 28°Be NaOH ile merserize işlemleri uygulanmıştır. Bu işlem ile kumaşa parlaklık kazandırmak ve boyarmaddeye karşı kumaşın sübsantivitesinin arttırılması ve dolayısı ile tencel ile pamuk liflerine yakın düzeyde boyarmadde emdirerek renklerinin eşitlenmesi amaçlanmıştır. Çünkü pamuklu karışımlarda tencel, aynı boyamada pamuğa göre daha koyu renk alır ve kumaşın ön ve arkasında homojen bir renk olmaz. Bunun yerine açık-koyu tonda efekt meydana gelir. Başka bir ifade ile kumaşın ön ve arka tarafında ton farkı olur. Bunun sebebi tencel lifinin amorf alanının pamuk lifinin amorf alanından fazla ve kristalin alanının pamuk lifinin kristalin alanından daha az olmasıdır. Amorf alan elyafı oluşturan polimerlerin arasında yer alan bağların zayıf olmasından dolayı boyarmadde, su ve kimyasalların elyaf içerisine daha kolay girebildiği alanlardır. Kristalin alanlar bağların kuvvetli olduğu alanlardır. Bu işlem sonrası 22 saat dönme işlemi yapılacaktır. Kumaşlar,

tansiyonsuz olarak dok ünitesine sarıldıktan sonra, hava ile teması kesilecek şekilde izole edilerek döndürülmüştür. Tablo 2.14'te kostikleme reçetesi gösterilmiştir.

Tablo 2.14. Kostikleme Reçetesi

Banyo Hacmi	1000 Litre	
Kumaş metresi	300 metre	
Yıkama Kamara Sıcaklıkları °C	40 70 70 102 95 95 95 60 40	
Reaksiyon Kamarası sıcaklığı °C	102	
Kimyasal Madde	Tüketim Oranı (g/L)	Banyodaki Tüketim (g)
12°Be		
Sud Kostik 47°-48°Be	180	18,000
Sera Wet C-ANS (ıslatıcı)	2	2,000
15°Be		
Sud Kostik 47°-48°Be	210	21,000
Sera Wet C-ANS	2	2,000
22°Be		
Sud Kostik 47°-48°Be	350	35,000
Sera Wet C-ANS	2	2,000

Fibrilasyon ve defibrilasyon işlemleri Then® marka hava jetli boyama makinasında yapılmıştır. Birincil fibrilasyonda ortaya çıkan lifleri kumaştan uzaklaştırmak amacıyla selüloz enzimi ile enzimatik defibrilasyon işlemi yapılmıştır. Tablo 2.15'te fibrilasyon reçetesi ve tablo 2.16'da defibrilasyon reçetesi gösterilmiştir.

Tablo 2.15. Fibrilasyon Reçetesi

Banyo Hacmi		**1200 Litre**	**Banyodaki Tüketim (g)**
Isıl İşlemler	Kimyasal Madde	Tüketim Oranı (g/L)	
	Sera Lube M-AC NEW kırık önleyici	2.7	3,240
	Sera Wet C-ANS ıslatıcı	1	1,200
100°C de 90 dk	Sud Kostik 47°-48°Be	30	36,000
	Asetik Asit	0.50	600
80°C de 20 dk			
80°C de 10 dk pH Ölçüm			

Tablo 2.16. Defibrilasyon Reçetesi

Banyo Hacmi		1200 Litre	
Isıl İşlemler	Kimyasal Madde	Tüketim Oranı (g/L)	Banyodaki Tüketim (g)
52°C de 45 dk, pH 4.5-5 85°C DE 10 dk Filtre temizliği yapıldı. 80°C DE 10 dk Sıcak taşırma yapıldı	Sera Lube M-AC NEW	1.5	1,800
	Setacid PBS (asit)	0.6	720
	Lava Cell BSL (enzim)	1	1,200
	Soda	2.5	3,000

Not: Kimyasallar yazılış sırasına göre çözündürülmüştür.

Bütün çalışmalar için aynı boyarmadde reçetesi kullanılmasına karar verilmiştir. Bunun nedeni; iyileştirmenin kimyasal bitim işlemleri ve/veya iplik türünde yapılacak değişiklikler ile sağlanabileceğinin öngörülmesidir. Boyarmadde seçiminde kullanılan boyarmaddelerin haslık değerlerinin iyi olması, elde edilmek istenen renk ve tonu ve boyarmadde maliyetleri önemli ve öncelikli parametrelerdir. Yapılan incelemeler neticesinde bu tarz kumaşlara Avrupa Birliği bölgesinde yer alan H&M, Inditex gibi evrensel firmalar tarafından da kabul gören boyarmaddeler kullanılmıştır.

Boyama işlemi Benninger AG® Kusters fulard boyama makinesinde 25°C ve %65 alınan flotte ile yapılmıştır. Bu işlem cold pad batch yani emdirme soğuk bekletme yöntemi ile yarı kesikli boyama yöntemidir. Emdirme-soğuk bekletme boyama metodu az makine parkuruna gerek duyulması, enerji giderlerinin düşük olması, renk tekrarlanabilirliği ve esnek uygulanabilirlik gibi avantajlara sahiptir.

Boyamalarda kullanılmış olan reaktif boyar maddeler; DyStar Kimya San. ve Tic. Ltd. Şti.'den (İstanbul/Türkiye) temin edilmiştir. Tablo 2.17'de boyarmadde reçetesi ve tablo 2.18'de boyama koşulları gösterilmiştir.

Tablo 2.17. Tüm kumaşlarda kullanılan boyama reçetesi

Kumaş Metresi (Metre)	300	
Alınan Flotte (%)	65	
Banyo Hacmi (Litre)	150	
Dozajlama Süresi	21 saniye	
Fular Tekne Hacmi (Litre)	30	Banyodaki Tüketim (g/L)
Boyarmadde	**Oran (g/L)**	
Remazol Ultra Gel RGBN	4.275	641.25
Remazol Ultrarot RGB	8.740	1,311
Remazol Space Sam 01	76	11,400
Sera Wet C-AS (ıslatıcı)	2	300
Yardımcı Kimyasal	**Oran (ml/L)**	
Sud Kostik 47°-48°	20	3,000
Sodyum Silikat Modül 3	50	7,500

Tablo 2.18. Boyama işlemi şartları

İşlem Adı:	Boya fulard emdirme yöntemi ile boyama
Makine Adı	Benninger AG® Kusters Boya Fulard Makinası
İşlem Şartları	
Alınan flotte (%)	65
Kamara Sıcaklıkları (°C)	25
Makine Hızı (m/dk)	30

Emdirme soğuk bekletme yöntemi ile yapılan boyamada bekletme en önemli basamaklardan birisidir. Boyar madde ya da terbiye maddesi moleküllerinin lif içerisine nüfuz ederek bağlanması bekletme esnasında meydana gelir. Bu nedenle prosesler için belirlenen bekletme sürelerine ivedilikle uyulmalıdır. Lif-boyar madde reaksiyonunun havadaki oksijenden etkilenmemesi için, kumaş hava geçirmez bir polietilen malzeme ile sarılır. Bunun sebebi havadaki karbondioksitin kumaş üzerindeki kostiği nötralize ederek kenarların açık renk çıkmasına neden olabilmesidir. Kumaş üzerindeki silikat, karbondioksitin kenarlardan kumaş katları arasına sızmasına engel olsa bile, kumaşın polietilen poşet ile sarılarak hava ile temasının tamamen engellenmesi gerekir. Bekletme alanında, doklar bir döndürme tertibatına bağlanarak 22 saat dönme işlemine bırakılmıştır. Kumaşlar eğer bekletme sırasında döndürülmez ise, alt tarafta flotte birikimi meydana gelir. Böyle bir durumda, flotte alt kısımlarda yoğunlaşacağı için düzgün boyama yapılmamış olur. Flottenin yoğunlaştığı alt kısımlar, daha fazla boyar madde absorplar ve sarılı kumaşın üst bölgelerine göre daha koyu renge boyanmış olur. Bekletme soğukta 20°C sıcaklıkta yapılmıştır. Bekletme istasyonları, işletmedeki ısı farklarından etkilenmeyecek şekilde yalıtılmıştır.

2.2.2.4 Apre

Aşağıda tablo 2.17'de 1. apre, 2. apre ve 3. apre için kullanılan reçeteler belirtilmiştir. Apre işleminde kullanılan reçine, 8 kamaralı ramöz makinasında 1. ve 2. kamaraların sıcaklığı 140°C sıcaklıkta 20 m/dk hızda son 6 kamaranın sıcaklığı 170°C sıcaklıkta 18 m/dk hızda kamaralardan geçirilerek kumaş ramözde 1 dakika boyunca kalacak şekilde kumaşa uygulanmıştır. Tablo 2.19'da apre reçeteleri ve tablo 2.20'de apre işlem koşulları gösterilmiştir.

Tablo 2.19. Apre reçeteleri

Kullanılan kimyasal	Kullanım Miktarı (g/L)		
Banyo Hacmi: 150 Litre Alınan Flotte %65	1.apre	2.apre	3.apre
Sera Wet M-NUW (ıslatıcı)	2	2	2
Asetik Asit	1.6	1.6	1.6
Lava Pret RFF (Formaldehit içermeyen reçine)	50	70	80
$MgCl_2$	10	10	10
Densoft (silikon yumuşatıcı)	5	5	5

Tablo 2.20. Ramözde yapılmış olan apre işlemi şartları

İşlem Adı:	Apre
Makine Adı	Monforts® Ramöz Makinesi
İşlem Şartları	
Makine Hızı (m/dk)	20 /18
Kamara Sıcaklığı (°C)	140/170

Bitim işleminde Lava® Pret RFF formaldehit içermeyen reçine, katalizör olarak $MgCl_2$, kullanılmıştır. Öncelikle ramöz apre ve kondense apre işlemi mevcuttur. Bu işlemlerden sonra Pentek® enAIRgy airo kontinü tuşe makinesinde 20°C sıcaklıkta sudan geçirilip tuşe işlemi yapılarak kumaş yumuşatılmıştır ve sanfor işlemi ile proses tamamlanmıştır.

2.2.2.5 Sanfor

Sanfor işlemi ile çekme stabilitesi ve kurutma sonrası nem dengesi ve boyutsal değişimler gibi değerler yakından takip edilmiştir. Tablo 2.21'de sanfor işleminin şartları gösterilmiştir.

Tablo 2.21. Sanfor işlemi şartları

İşlem Adı:	Sanfor
Makine Adı	Monforts® Sanfor Makinası
İşlem Şartları	
Makine Hızı (m/dk)	40
Silindir Basıncı (bar)	2
Silindir Sıcaklığı (°C)	140

Yapılan tüm çalışmaların prosesleri aşağıda tablo 2.22'de belirtilmiştir. Tüm çalışmalar işlem sırasına göre tabloda sıralanmıştır.

Tablo 2.22. Numunelere uygulanan proseslerin işlem sırasına göre listesi

Çalışma 1	**Çalışma 2**	**Çalışma 3**	**Çalışma 4**	**Çalışma 5**	**Çalışma 6**	**Çalışma 7**	**Çalışma 8**	**Çalışma 9**
Gaze	Gaze	Gaze	Gaze	Gaze	Gaze	Gaze	Gaze	Gaze
Soğuk kasar	Soğuk kasar	Soğuk kasar	Soğuk kasar	Soğuk kasar	Soğuk kasar	Soğuk kasar	Soğuk kasar	Soğuk kasar
Dönme	Dönme	Dönme	Dönme	Dönme	Dönme	Dönme	Dönme	Dönme
Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama
Kurutma	Kurutma	Kurutma	Kurutma	Kurutma	Kurutma	Kurutma	Kurutma	Kurutma
Gaze	Gaze	Gaze	Gaze	Gaze	Gaze	Gaze	Gaze	Gaze
12°Be kostikleme	22°Be kostikleme	22°Be kostikleme	22°Be kostikleme	28°Be merserizasyon	22°Be kostikleme	15°Be kostikleme	15°Be kostikleme	12°Be kostikleme
Kurutma	Kurutma	Kurutma	Kurutma	Kurutma	Kurutma	Kurutma	Kurutma	Kurutma
Boyama	Boyama	Boyama	Boyama	Boyama	Fibrilasyon defibrilasyon	Boyama	Boyama	Boyama
Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Boyama	Yıkama	Yıkama	Yıkama
Kurutma	Kurutma	Kurutma	Kurutma	Kurutma	Yıkama	Kurutma	Kurutma	Kurutma
Apre 1 Sanfor	Apre 1 Sanfor	Apre 2 Sanfor	Apre 3 Sanfor	Apre 2 Sanfor	Kurutma	Apre 2 Sanfor	Apre 2 Sanfor	Apre 2 Sanfor
					Apre 2 Sanfor			

3 DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

Kumaşların yıkama haslığı ve martindale boncuklanma test performansını iyileştirmek için yapılan çalışmalarının sonucunda 8 yeni kumaş geliştirilmiştir. Bu çalışmaların 6 tanesi 1. konstrüksiyona ait ham kumaş ile ve birbirinden farklı kimyasal bitim işlemleri ile üretilmiş olup her biri farklı sonuçlar ortaya koymuştur. Çalışmalardan 2 tanesi 2. konstrüksiyona ait ham kumaş ile üretilmiş olup ve birbirinden iki farklı bitim işlemi ile yapılmıştır ve farklı sonuçlar ortaya koymuştur. Bu sonuçlar neticesinde elde edilen çalışmalardan bir tanesi hedeflenen tüm test değerlerinde standartlar içerisinde sonuçlar vermiştir. Bu noktada bu tez çalışması olumlu sonuçlanmıştır olarak yorumlanmıştır. Tablo 3.1'de numune kumaşlara uygulanan testler ve standartları gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Numune kumaşlara uygulanan testler

Test Tipi	Test Adı	Standart
Fiziksel	Yıkama Öncesi Görünüm Değerlendirme Testi	Subjektif
Fiziksel	Yıkama sonrası Görünüm Değerlendirme Testi	ISO 3175-2
Kimyasal	Yıkama Sonrası Renk Haslığı Testi	ISO 105-A02 ve ISO 105-A03
Fiziksel	Yırtılma Mukavemeti Testi	ISO 13937-2
Fiziksel	Martindale Pilling-Boncuklanma Testi	ISO 12945-2
Fiziksel	Gramaj-Kütle Tayini Testi	TS EN 251
Kimyasal	pH Tayini Testi	TS EN ISO 3071
Fiziksel	Yıkama Sonrası Boyut Değişim Testi	ISO 3175-2

Yapılan çalışmalar doğrultusunda kostikleme derecesi, apre reçetesinde reçine kullanım oranı, iplik türü (harmandan karışım iplik veya standart iplik kullanılması), merserizasyon varlığı, fibrilasyon/defibrilasyon varlığı, yıkama öncesi görünüm, yıkama sonrası görünüm, yıkama haslığı, yırtılma mukavemeti ve gramaj tayini test sonuçlarına etki ettiği belirlenmiştir.

Yapılan tüm çalışmalar için aşağıdaki çizelgelerde bulunan testler uygulanmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan testler içerisinde performans özellikleri bakımından aranan nitelikleri ölçen testler ise yıkama öncesi görünüm değerlendirmesi (tüylenme ve renk açısından), yıkama sonrası görünüm değerlendirmesi (tüylenme ve renk değişimi açısından), yırtılma mukavemeti ve yıkama haslığında renk solması testleridir. Diğer testler arasında bir kıyaslama yapılmamıştır çünkü bu testlerin kumaşlara yapılan farklı işlemler neticesinde sonuçları standart dışı çıkmamıştır.

Bu çalışmada geliştirilen numunelerde başarı ölçütü testlerin tamamından bir numunenin standartlar içerisinde sonuç vermesine bağlanmıştır. Bu bölümde numunelere uygulanan testlerin sonuçları detaylı olarak analiz edilerek açıklanmıştır.

3.1 Numunelerde Yıkama Öncesi Görünüm Değerlendirme Testi

Yıkama öncesi görünüm kontrolü, yıkanmamış yeni geliştirilen kumaşın renk, tüylülük ve tuşe açısından değerlendirilmesidir. Bir kumaşın herhangi bir test performansı iyileştirilirken, yeni geliştirilen kumaşın renk ve tuşesi çalışma 1'e uygun olması gereklilik olarak kabul edilmiştir. Performans iyileştirme sürecinde çalışma 1 baz alınmıştır. Bunun neticesinde belirgin düzeyde tuşe veya renk değişimi meydana gelmiş ise çalışma standart dışı kabul edilmiştir. Yeni çalışmanın renk ve tuşesi uzmanlar tarafından çalışma 1'e göre değerlendirilmiştir. 3 uzman sonucu değerlendirmiş ve ortalama sonuçlar tabloda belirtilmiştir. Geliştirilen numunenin yıkama öncesi görünüm kontrolü testinde kabul edilebilir en düşük test değeri 3/4 şeklindedir.

Tablo 3.2'de numunelerin yıkama öncesi görünüm değerlendirmesi görülmektedir.

Tablo 3.2. Numunelerde yıkama öncesi görünüm kontrolü (subjektif değerlendirme)

Çalışma 1	Çalışma 2	Çalışma 3	Çalışma 4	Çalışma 5	Çalışma 6	Çalışma 7	Çalışma 8	Çalışma 9
4	3	3	3/4	2	3	4/5	4/5	4
4/5	2/3	3	4	1/2	3	4/5	5	3/4
4	2/3	3	3/4	1/2	3/4	4	5	3/4
4	3	3/4	4	2	3	4	4/5	3/4
4	3	3/4	3	1/2	3	4/5	5	4

Yıkama öncesi görünüm test sonuçları incelendiğinde Çalışma 7, 8 ve çalışma 9'un standart içerisinde sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Çalışma 2, 3, 4, 5, 6'nın ise standart dışı sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar incelediğinde 22°Be kostikleme ve 28°Be merserizasyon işleminin kumaşın tuşe ve görünümünü olumsuz yönde etkilediği gözlemlenmiştir (Çalışma 2, 3, 4, 5, 6). Çünkü 22°Be kostikleme ve 28°Be merserizasyon yapılan tüm çalışmalar standart dışı çıkmıştır. Kumaşların tuşesi sertleşmiştir ve kumaş çok parlak bir görünüm almıştır. 12°Be ve 15°Be kostikleme işlemine tabi tutulan numuneler standart içerisinde sonuç vermiş ve çalışma 1 ile yakın sonuçlar vermiştir. Çalışma 8 ve 9 incelendiğinde 15°Be kostikleme işleminin 12°Be kostikleme işlemine

göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Testler incelediğinde 15°Be kostikleme ile beraber harmandan karışım ipliklerin kullanıldığı ve aprede kullanılan reçine kullanım oranı 70 g/L olan çalışma 8 en başarılı sonucu vermiştir. Harmandan karışım iplikler kullanılarak kumaşın boya afinitesi her iki lif türü için eşitlenmiş olduğundan testin standartlar içerisinde değer vermesi bu çalışma için beklenen bir sonuçtur.

3.2 Numunelerde Yıkama Sonrası Görünüm Değerlendirme Testi

Bu testin yapılış amacı; ev tipi çamaşır yıkama veya kuru temizleme gibi temizlik işlemlerinden sonra tekstil ürünlerinin görünümündeki değişikliği değerlendirmektir. Referans alınan metot ISO 3175-2 tekstil profesyonel bakım, kuru temizleme ve kumaş ve giysilerin ıslak temizliği metodudur. Ürün arka arkaya 5 kez 30°C'de yıkanmıştır ve sererek kurutulmuştur. Ardından görünüm değerlendirmesi yapılarak sonuçlar raporlanmıştır. Yıkanmış numune, yıkanmamış numuneye göre görsel olarak tüylenme, ütü öncesi kırışıklık, ütü sonrası kırışıklık ve renk kontrolü noktasında kıyaslanarak değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmede kumaşın test sonucu standart içerisinde kabul edilmesi için test sonucu olarak en az 4 değeri almış olmalıdır. Tablo 3.3'te numunelerde yıkama sonrası görünüm test sonuçları gösterilmiştir. Yıkama sonrası görünüm test sonuçları incelendiğinde yapılan çalışmalardan çalışma 8'in kabul edilir test sonucu verdiği görülmektedir.

Tablo 3.3. Numunelerde yıkama sonrası görünüm test sonuçları

	Çalışma 1	**Çalışma 2**	**Çalışma 3**	**Çalışma 4**	**Çalışma 5**	**Çalışma 6**	**Çalışma 7**	**Çalışma 8**	**Çalışma 9**
Test Sonucu (gri skala/solma)	2	4/5	4/5	4/5	4/5	4	3/4	4/5	3/4
	1/2	4/5	4/5	4	4/5	4	3/4	4/5	4
	1/2	4	4/5	4/5	4	3/4	4	4	3/4
	2	4	4	4	4	4	4	4/5	4
	1/2	4	4/5	4/5	4/5	3/4	3/4	4	4

3.3 Tüketici Yıkaması Koşulları ve Yıkama Sonrası Renk Haslığında Renk Değişimi (solma) Testi

Bu testin yapılış amacı; tekstil kumaşının ev tipi çamaşır yıkamaya karşı renk haslığını solma derecesini belirlemektir. Kullanılmış olan ekipmanlar aşağıdaki gibidir;

- Çok programlı Electrolux® çamaşır makinesi
- 10 g Ariel® colormatic deterjan
- Işık kaynağı D65 olan ışık kutusu
- Renk değişikliğini değerlendirmek için gri skala (ISO 105-A02)
- Boyama değerlendirmesi için gri skala (ISO 105-A03)
- Spektrofotometre cihazı. NS810® portatif spektrofotometre

Yöntem;

Değerlendirme için yıkanmamış bir ürün hazırda bulundurulmuştur. Numune 30°C de 5 kere yıkanmış ve sererek kurutulmuştur. Her yıkama 28 dakikadır ve sıkma deviri 850 rpm ve 1,5 dakikadır. Numuneler spektrofotometre cihazı ile gri skala değerlendirmesine göre renk değişimi açısından değerlendirilmiştir. Çamaşır makinesine test edilecek numune haricinde bir ürün koyulmamıştır.

- **Renk Ölçümü**

Çalışmalarda üretilen kumaşların yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk ölçümleri CIELab sistemine göre 10°lik açı ile standart gözlemci kullanılarak D65 gün ışığı altında yapılmıştır. Ölçüm ile DL, Da, Db, DC, Dh değerleri kayıt edilmiştir. Çalışmada NS810® marka portatif spektrofotometre kullanılmıştır. Renk farkı hesaplamaları uluslararası CMC (1:1) formülü referans alınarak 400-700 nm arasında dalga boyu ölçülerek yapılmıştır.

Çalışmalarda 5 yıkama sonrası renk haslığında renk solması değerleri ISO 105-A05 standardına göre tespit edilmiştir. Gri skala değerinin belirlenmesi için renk değişikliği spektrofotometre ölçüm cihazı ile tespit edilmiştir. Bu standart, işlem görmüş deney kumaşının rengindeki değişimi (solmayı) aynı özelliklere sahip olan ve işleme tabi tutulmamış bir kumaş ile karşılaştırma yapabilmek için aletsel bir yöntemi ve spektrofotometre cihazından alınan sonuçları gri skala değerine göre belirten bir yöntemi ifade etmektedir.

5 yıkamalı kumaş ve yıkanmamış kumaş opak hale ve aynı boyuta gelinceye kadar katlanmıştır. 5 defa yıkanmış ve yıkanmamış numunelerin sırayla renk okutma cihazı ile renk değerleri okutulmuştur

Bir rengin spektrofotmetre ile sayısal veriler ışığında değerlendirilmesi, var olan bir standart içerisinde renk farkının (delta) bir gözlem ve değerlendirmesidir. CIELab ve (C^* h°) 5 yıkamalı ve yıkanmamış kumaşların renklerini karşılaştırmak için kullanılmıştır. Lab bir rengin renk uzayındaki koordinatları olarak iade edilmektedir. Bu renk farkları için simgeler DL^*, Da^*, Db^* şeklindedir ("D"), renkler arasındaki farkı gösteren Delta'yı simgelemektedir.

DL^*, Da^*, Db^* tespit edildiğinde, CIELab grafiğinde toplam fark dE olarak bilinen tek bir değer olarak ifade edilmektedir.

dEab = [(DL) 2 + (Da) 2 + (Db) 2] 1/2 şeklindedir. Buradan anlaşılan;

D_L^* = Açıklık/koyuluk açısından fark (+ = daha açık - = daha koyu).

D_a^* = Kırmızı/yeşil açısından fark (+ = daha kırmızı - = daha yeşil).

D_b^* = Sarı/mavi açısından fark (+ = daha sarı - = daha mavi).

D_C^* = Renk farkı (+ = daha parlak - = daha mat).

D_H^* = Ton farkı.

dE = Renk farkının toplam değeri.

CIE, Commission Internationale de l´Eclairage (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) anlamına gelir. Tablo 3.4'te numunelerin 5 yıkama sonrası gri skala renk haslığı spektrofotometre sonuçları ve tablo 3.5'te yıkama sonrası renk haslığı spektrofotometre değersel sonuçları gösterilmiştir. Tablo 3.4 incelendiğinde yıkama haslığı renk solma değerlerine göre çalışma 1, çalışma 2, 4, ve 7'nin 4/5'den daha düşük bir sonuç verdiği ve standart dışı çıktığı görülmektedir.

Tablo 3.4. Numunelerde 5 yıkama sonrası renk haslığı gri skala spektrofotometre sonuçları

Numune numarası	Gri Skala Renk Değişimi Değeri (solma)
Çalışma 1	1-2
Çalışma 2	4
Çalışma 3	4-5
Çalışma 4	4
Çalışma 5	5
Çalışma 6	4-5
Çalışma 7	3-4
Çalışma 8	4-5
Çalışma 9	4-5

Tablo 3.5. Numunelerde yıkama sonrası renk haslığı D65 ışığında 10° açı ile spektrofotometre sonuçları

Numune numarası	L*	a*	b*	C*	h°	ΔE_{CMC} ([2])
Çalışma 1([1])	9.17	1.61	-1.60	2.16	0,7	9.25
Çalışma 2	1.34	-0.09	0.09	-0.11	-0.06	1.28
Çalışma 3	0.92	0.10	0.44	-0.44	0.07	0.93
Çalışma 4	1.04	-0.01	-0.70	0.69	-0.13	1.29
Çalışma 5	0.26	-0.01	0.19	-0.19	0.01	0.33
Çalışma 6	1.06	0.06	-0.24	0.25	0.03	0.97
Çalışma 7	0.17	0.81	1.04	-0.61	1.17	1.72
Çalışma 8	0.34	0.00	-0.43	0.43	0.01	0.53
Çalışma 9	0.45	-0.11	-0.19	0.19	-0.11	0.46

Not 1: İyileştirilmesi amaçlanan numune kumaş.

Not 2: Her bir çalışmanın yıkama öncesi ve 5 tüketici yıkaması sonrası arasındaki renk farkı.

Yıkama haslığı renk değişimi test sonuçları tablosu incelendiğinde 9 numunenin sonuçlarının 6 tanesinin sonuçları kabul edilebilir 3 numunenin ise kabul edilemez (standart dışı) olduğu görülmektedir. Test değerlerinden ortaya çıkan değerlendirmelere göre kostikleme derecesinin artışı karışımda %65 oranında tencel içeren bir kumaşa merserizasyon yapılması ve reçine miktarının artışı yıkama haslığı değerlendirmede sonuçlara etki etmiştir. Ayrıca harmandan karışım iplik kullanılması yıkama haslığı test sonucunda iyileştirme sağlamıştır. Özellikle kostikleme derecesindeki artış yıkama performansını iyileştirmiştir. Ancak burada önemli olan bir nokta yıkama sonrası görünüm test sonucu iyi olsa dahi, yıkama öncesi görünümü iyi olmayan 5 adet

çalışmanın (çalışma 2,3,4,5,6) sonuçta standartlar içerisinde bir test değeri almamış olmasıdır. Kumaşların yıkama haslığı iyileşmiş ancak yıkama öncesi görünümleri standart dışı çıktığı için sonuçta kabul edilebilir bir değer almamışlardır.

Renk uzayında yıkanmamış ve yıkanmış numunelerin renk koordinatlarını gösteren simgeler aşağıda gösterilmiştir.

DL^* = Parlaklık/koyuluk değerinin farkı (+ = daha parlak - = daha koyu)

Da^* = Kırmızı/yeşil eksenindeki fark (+ = daha kırmızı - = daha yeşil)

Db^* = Sarı/Mavi eksenindeki fark (+ = daha sarı - = daha mavi)

DC^* = Doygunluk farkı (+ = Daha canlı - = daha soluk)

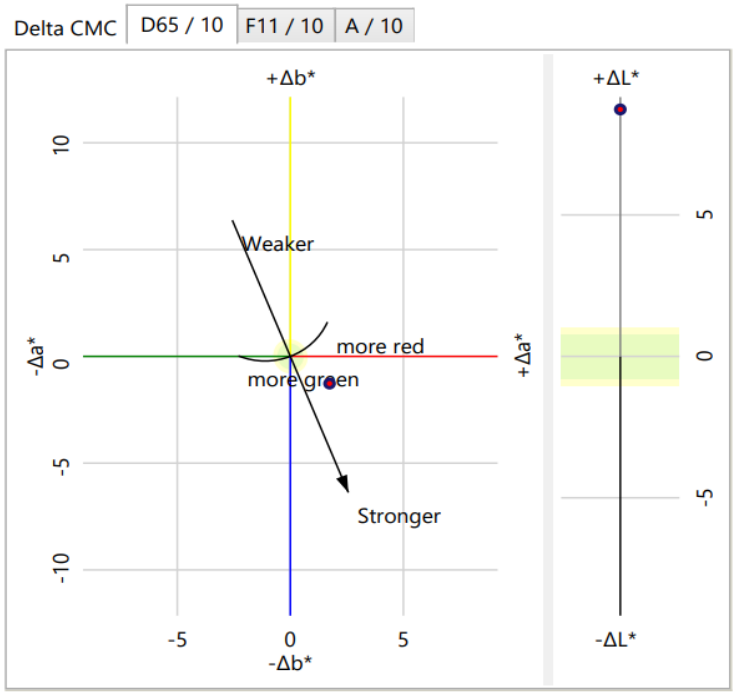
DH^* = Renk tonu farkı

DE^* = Toplam renk farkı değeri

Tolerans değer 1 olarak alınmıştır. Bunun anlamı 1'den küçük değerler insan gözü ile algılanamayan, 1'den büyük değerler insan gözü ile algılanabilen renk değişimlerini ifade etmektedir. Değer 1'den küçük çıktığı takdirde kumaş kabul edilebilir olarak değerlendirilmiştir.

- Çalışma 1

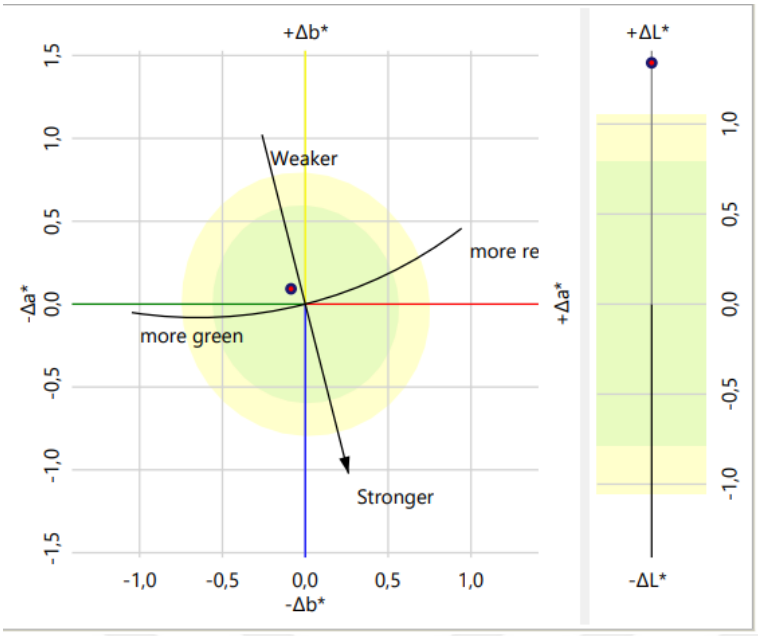
Şekil 3.1'de Çalışma 1'in yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayında karşılaştırması gösterilmiştir. 5 yıkama sonrası rengin solduğu DL = 9.17 değerinden gözlenmektedir. 1 değeri gözle görülebilen değişimi temsil ederken DL'nin 1'den büyük olması kumaşın rengindeki solmanın kabul edilemez olduğu göstermiştir. Da'nın + 1.61 ve Db nin – 1.60 olması 5 yıkama sonrası rengin kırmızı ve maviye gittiğini göstermektedir.



Şekil 3.1. Çalışma 1'in yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayındaki karşılaştırması

- Çalışma 2

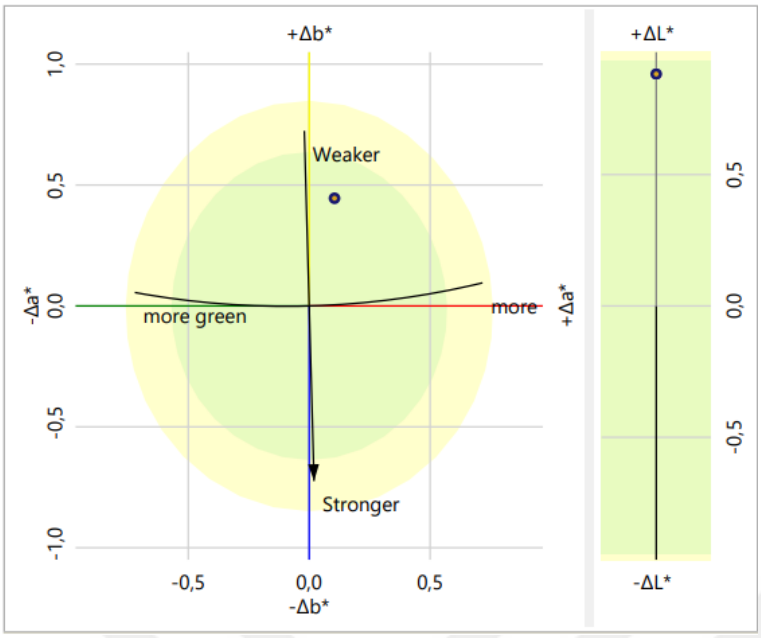
Şekil 3.2'de çalışma 2'nin yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayında karşılaştırması gösterilmiştir. 5 yıkama sonrası rengin solduğu DL = 1.34 değerinden gözlenmektedir. 1 değeri gözle görülebilen değişimi temsil ederken DL'nin 1'den büyük olması kumaşın rengindeki solmanın kabul edilemez olduğu göstermiştir. Da'nın -0.09 ve Db nin +0.09 olması 5 yıkama sonrası rengin daha yeşil ve daha sarı olduğuu göstermektedir.



Şekil 3.2. Çalışma 2 yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayındaki karşılaştırması

- Çalışma 3

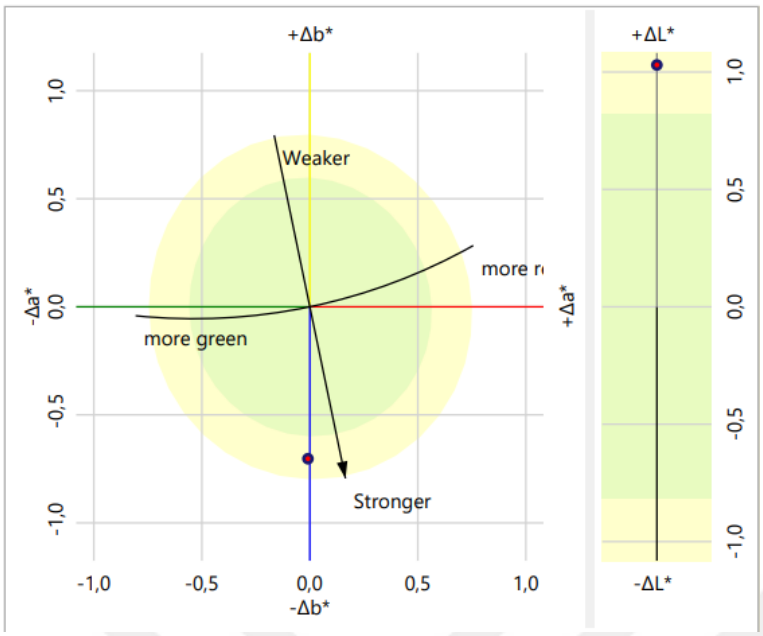
Şekil 3.3'te çalışma 3'ün yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayında karşılaştırması gösterilmiştir. 5 yıkama sonrası rengin solduğu DL = 0.92 değerinden gözlenmektedir. 1 değeri gözle görülebilen değişimi temsil ederken DL'nin 1'den küçük olması kumaşın rengindeki solmanın kabul edilebilir olduğu göstermiştir. Da'nın + 0.10 ve Db nin +0.44 olması 5 yıkama sonrası rengin sarı ve daha kırmızıda olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.3. Çalışma 3 yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayındaki karşılaştırması

- Çalışma 4

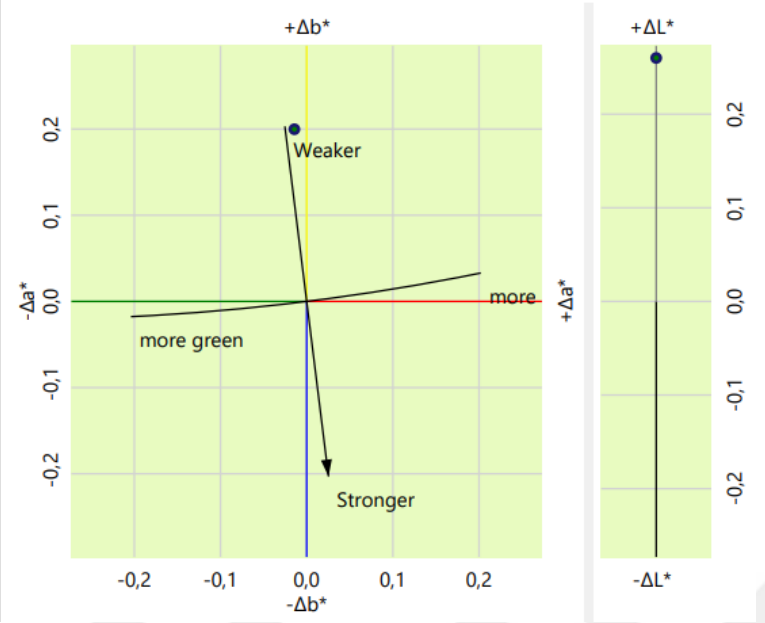
Şekil 3.4'te çalışma 4'ün yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayında karşılaştırması gösterilmiştir. 5 yıkama sonrası rengin solduğu DL = 1.04 değerinden gözlenmektedir. 1 değeri gözle görülebilen değişimi temsil ederken DL'nin 1'den büyük olması kumaşın rengindeki solmanın kabul edilemez olduğu göstermiştir. Da'nın -0.01 ve Db'nin - 0.7 olması 5 yıkama sonrası rengin daha yeşil ve daha mavi olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.4. Çalışma 4 için yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayındaki karşılaştırması

- Çalışma 5

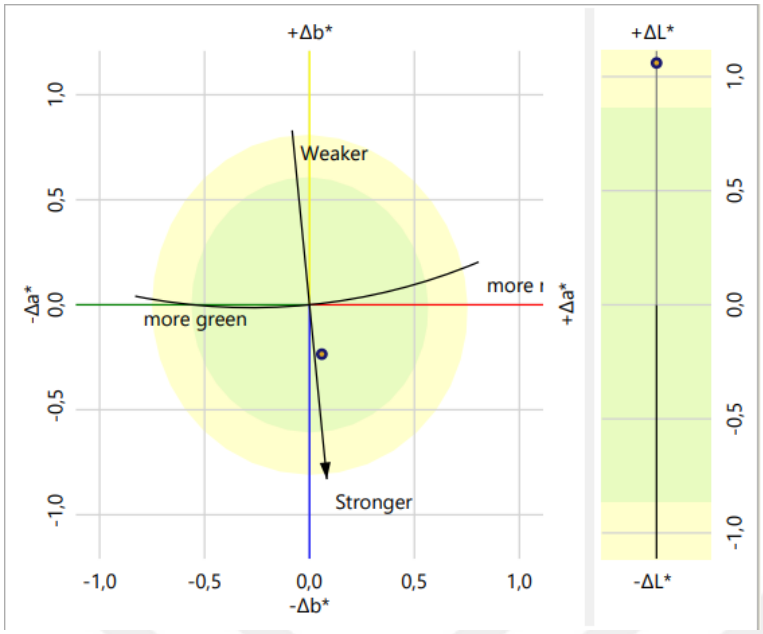
Şekil 3.5'te çalışma 5'in yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayında karşılaştırması gösterilmiştir. 5 yıkama sonrası rengin solduğu DL = 0.26 değerinden gözlenmektedir. 1 değeri gözle görülebilen değişimi temsil ederken DL'nin 1'den küçük olması kumaşın rengindeki solmanın kabul edilebilir olduğu göstermiştir. Da'nın -0.01 ve Db nin +0.19 olması 5 yıkama sonrası rengin daha sarı ve daha yeşil olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.5. Çalışma 5 yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayındaki karşılaştırması

- Çalışma 6

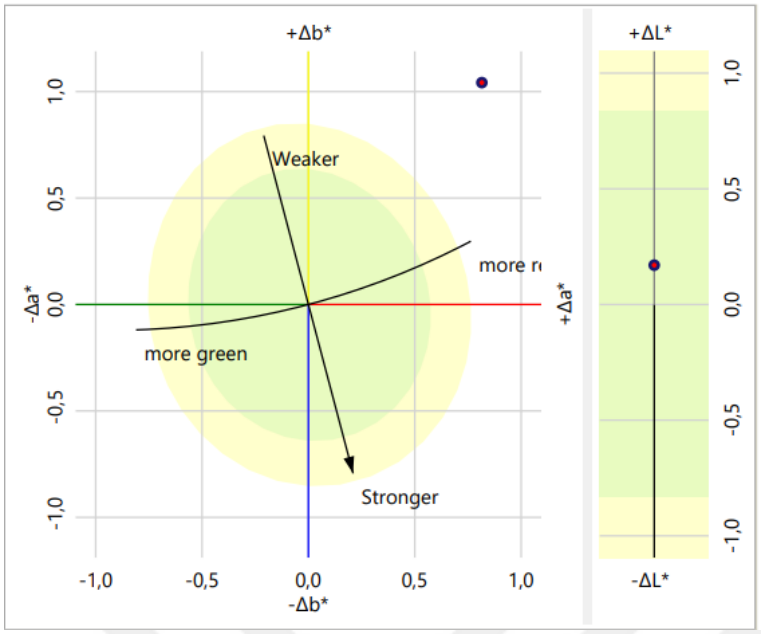
Şekil 3.6'da çalışma 6'nın yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayında karşılaştırması gösterilmiştir. 5 yıkama sonrası rengin solduğu DL = 1.06 değerinden gözlenmektedir. 1 değeri gözle görülebilen değişimi temsil ederken DL'nin 1'den büyük olması kumaşın rengindeki solmanın kabul edilemez olduğu göstermiştir. Da'nın -0.01 ve Db nin -0.7 olması 5 yıkama sonrası rengin daha yeşil ve daha mavi olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.6. Çalışma 6 yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayındaki karşılaştırması

- Çalışma 7

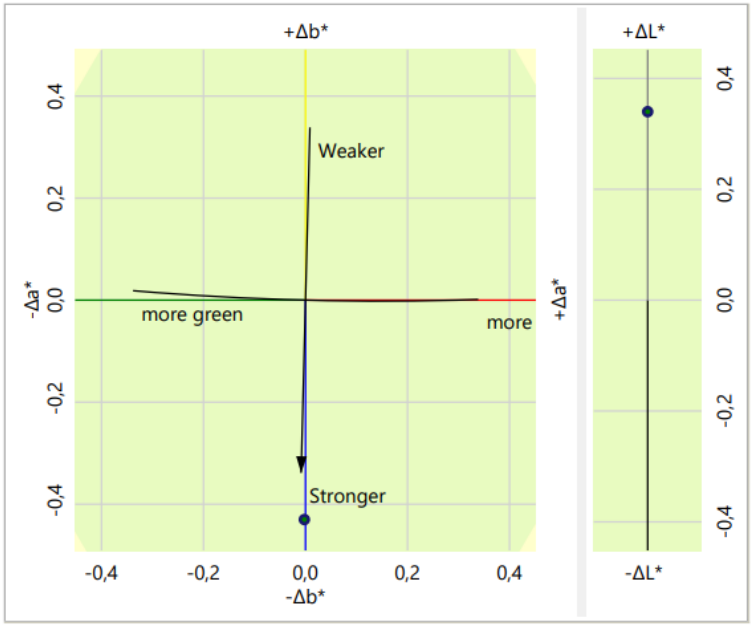
Şekil 3.7'de çalışma 7'nin yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayında karşılaştırması gösterilmiştir. 5 yıkama sonrası rengin solduğu DL = 0.17 değerinden gözlenmektedir. 1 değeri gözle görülebilen değişimi temsil ederken DL'nin 1'den küçük olması kumaşın rengindeki solmanın kabul edilebilir olduğu göstermiştir. Da'nın +0.17 ve Db nin +0.81 olması 5 yıkama sonrası rengin daha sarı ve daha kırmızı olduğunu göstermektedir



Şekil 3.7. Çalışma 7 yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayındaki karşılaştırması

- Çalışma 8

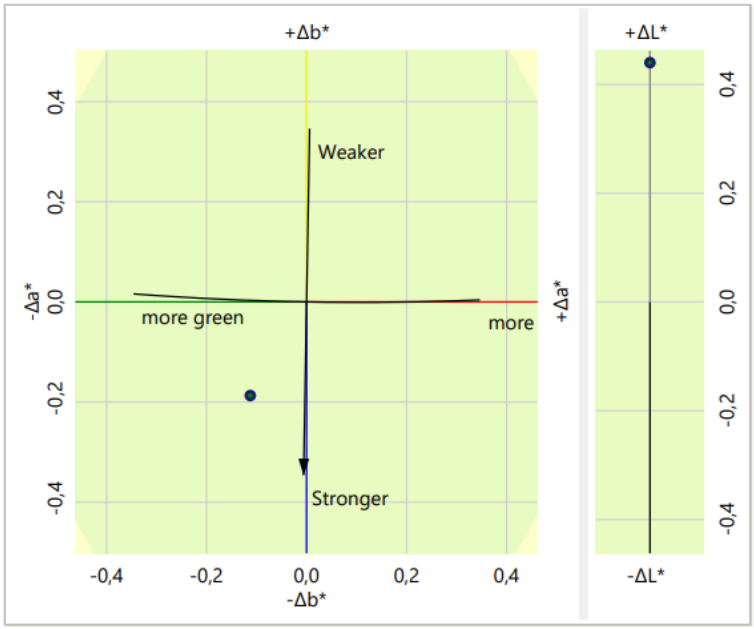
Şekil 3.8'de çalışma 8'in yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayında karşılaştırması gösterilmiştir. 5 yıkama sonrası rengin solduğu DL = 0.34 değerinden gözlenmektedir. 1 değeri gözle görülebilen değişimi temsil ederken DL'nin 1'den küçük olması kumaşın rengindeki solmanın kabul edilebilir olduğu göstermiştir. Da'nın 0 ve Db nin -0.4 olması 5 yıkama sonrası rengin daha mavi olduğunu göstermektedir



Şekil 3.8. Çalışma 8 yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayındaki karşılaştırması

- Çalışma 9

Şekil 3.9'da çalışma 9'un yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayında karşılaştırması gösterilmiştir. 5 yıkama sonrası rengin solduğu DL = 0.45 değerinden gözlenmektedir. 1 değeri gözle görülebilen değişimi temsil ederken DL'nin 1'den küçük olması kumaşın rengindeki solmanın kabul edilebilir olduğu göstermiştir. Da'nın +0.45 ve Db nin -0.11 olması 5 yıkama sonrası rengin daha yeşil ve daha mavi olduğunu göstermektedir



Şekil 3.9. Çalışma 9 yıkama öncesi ve 5 yıkama sonrası renk uzayındaki karşılaştırması

3.4 Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçları

Yırtılma mukavemeti testleri Tinius Olsen® H5KS marka cihaz ile yapılmıştır. Testler 5 defa tekrar edilmiş ve ortalaması değer olarak alınmıştır. ISO 13937-2 standardı referans alınarak uygulanmıştır. Amaç kumaşın yırtılma mukavemet değerini belirlemektir. Kullanılan materyaller aşağıdaki gibidir;

- CRE (sabit oranlı uzatma) makinesi. Makinenin iki çenesi dahil olmak üzere sıkıştırma cihazı. Çenelerin genişliği 75'mm'dir.
- Her numuneden biri çözgü yönünde ve biri atkı yönünde olmak üzere iki takım test numunesi kesilmiştir. Her set beş test örneğinden oluşmaktadır.

- Test numunesi dikdörtgen bir şerit (200 ± 2) mm uzunluğunda ve (50 ± 1) mm genişliğindedir.
- Genişliğin merkezinden başlayarak (100 ± 1) mm uzunluğunda uzunlamasına yarık oluşturulmuştur.
- Testin tamamlanmasındaki yırtığın konumunu belirtmek için, yırtığın ucunu (25 ± 1) mm şeridin kesilmemiş ucundan itibaren işaretlenmiştir. Test yıkama öncesi yapılmıştır.

Çalışma sonunda geliştirilen kumaşların yırtılma mukavemeti test sonuçları tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6. Yırtılma mukavemeti test sonuçları

	Çalışma 1	**Çalışma 2**	**Çalışma 3**	**Çalışma 4**	**Çalışma 5**	**Çalışma 6**	**Çalışma 7**	**Çalışma 8**	**Çalışma 9**
Atkı (N)	23	19	15	12	20	19	20	33	29
Çözgü (N)	50	21	18	16	22	20	22	60	57

Tablo 3.6'da verilen değerler incelendiğinde reçine kullanım miktarı arttıkça yırtılma mukavemetinin azaldığı görülmektedir. Kostikleme ve merserizasyon derecesindeki artış yırtılma mukavemet değerini çok az bir oranda arttırmaktadır. Harmandan karışım iplik kullanılması ile atkı yırtılma mukavemeti büyük bir oranda artış göstermiştir. Bunun sebebi tencel liflerin mukavemetinin pamuk liflerinden daha iyi olmasıdır ve pamuk lifine tencel lifi karıştırarak tencelin bu iyi özelliğini pamuğa kazandırmaktadır.

3.5 Martindale Pilling (Boncuklanma) Test sonucu

Apre işlemleri sırasında kullanılan reçineler, iplik içindeki liflerin daha iyi yapışmasına neden olduğundan boncuklanma eğiliminde azalma görülmektedir.

ISO 12945-2 test prosedürü standart olarak kabul edilmiştir. Amaç ISO 12945-2'ye göre tekstil ürünlerinin boncuklanma/tüylenme direncini belirlemektir.

Test Ekipmanları aşağıdaki gibidir;

•Martindale aşındırma test makinesi

• Dairesel kumaş numune kesici: numune çapı 140 mm

• Kumaş kesme tahtası

• Boncuklanma için numune tutucular

• Yükleme parçaları: Paslanmaz çelik diskler, kütle (260 ± 1)g.

• EMPA fotoğraf ölçekleri

• Boncuklanma görüntüleme kabini

Yıkama veya kuru temizleme gibi ön işlemler testten önce yapılmamıştır. Her test için 7 numune hazırlanmıştır. 6 numune test edilmiş ve değerlendirme için test edilmemiş bir numune hazır tutulmuştur. Numuneler, ortak atkı veya çözgü iplikleri olmaksızın numuneden rastgele alınmıştır. Dairesel kumaş numune kesiciyle 7 numune kesilmiştir.

Metot;

Aşındırma tablasının hazırlanması;

Test başına 3 tane aşındırma tablası hazırlanmıştır. Aşındırma keçesi aşındırma masasının üzerine yerleştirilmiştir. Numune yüzü yukarı gelecek şekilde keçe üzerine yerleştirilmiştir. Buruşma olmamasını sağlamak için aşındırma tablası ve numune montaj ağırlığı numunenin üzerine yerleştirilmiştir. Sıkıştırma halkası aşındırma tablasına yerleştirilmiş ve sıkıca sabitlenmiştir.

Numune tutucuların hazırlanması;

Test başına 3 adet numune tutucu hazırlanmıştır.

Numune tutucu halkası numune montajı için cihazın etrafına yerleştirilmiş ve her ikisin de masaya yerleştirilmiştir. Numunenin ön yüzü aşağı gelecek şekilde numune montaj için cihaza yerleştirilmiştir. Aşındırma keçesi numunenin üzerine yerleştirilmiştir. Numune tutucu numunenin üzerine yerleştirilmiştir. Numune tutucu halkası, numune montajı için cihazın altından numune tutucunun üzerine yukarıya doğru döndürülmüştür. Kırışıklık var mı kontrol edilmiştir. Numune montajı için cihaz çıkartılmıştır. Numune tutucu, kumaş tarafı aşağı gelecek şekilde aşındırma masasına yerleştirilmiştir. Yükleme ağırlığı numune tutucuya yerleştirilmiştir. Martindale aşındırma testi makinesinin üst plakası aşağı indirilip, silindirler girintilere oturtulmuştur. Metal çubuk makinenin üst kısmındaki delikten numune tutucuya takılmıştır. Test cihazı çalıştırılıp 125, 500 ve 2000

devir/dk'dan sonra durdurulmuştur. Görüntüleme kabinindeki her duraktan sonra sonuçlar değerlendirilmiştir.

Numuneyi numune tutucusundan çıkarmadan her değerlendirmeden sonra, numune tekrar yerine yerleştirilmiştir. Numune makinedeki orijinal konumuna getirilmiş ve teste devam edilmiştir. Test edilen numune ve test edilmemiş numune boncuklanma görüntüleme kabinine yerleştirilmiştir. Test edilen numune, test edilmemiş numuneye göre değerlendirilmiştir. Her numune EMPA fotoğraf ölçekleri ve aşağıda verilen derecelendirme kuralına göre derecelendirilmiştir:

Derecelendirme 1 ile 5 arasında aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır;

5- Değişiklik yok.

4- Hafif yüzey tüylenme ve / veya kısmen oluşmuş boncuklanma.

3- Orta düzeyde yüzey tüylenmesi ve / veya orta düzeyde boncuklanma. Numune yüzeyini kısmen kaplayan değişen boyut ve yoğunluktaki boncuklanma.

2- Belirgin yüzey tüylenmesi ve / veya belirgin boncuklanma. Numune yüzeyinin büyük bir bölümünü kaplayan farklı boyut ve yoğunluktaki boncuklanma.

1- Yoğun yüzey tüylenmesi ve/veya şiddetli boncuklanma.

Örnekleri iki teknisyen değerlendirmiştir. Aynı değerlendirmeye sahip değillerse ve bir ortalama hesaplanamıyorsa (yani 3 ve 2-3) üçüncü bir teknisyenden numuneyi değerlendirmesi istenmiştir. Üç ayrı değerlendirmenin medyanı sonuç olarak alınmıştır.

Çalışma sonunda geliştirilen kumaşların Martindale pilling test sonuçları tablo 3.7'de verilmiştir. Tablo 3.7 incelendiğinde boncuklanmaya etki eden parametrelerin kostikleme derecesi, merserizasyon, fibrilasyon ve harmandan karışım iplik kullanılması olduğu tespit edilmektedir. Merserizasyon yapılan çalışmada pilling test sonucu çok iyi çıkmıştır. Reçine miktarının artışı pillinglenme konusunda kumaşa büyük oranda olumlu etki göstermiştir.

Tablo 3.7. Martindale pilling-boncuklanma test sonuçları

Test Cinsi	Çalışma numarası	125 devir/dk	500 devir/dk	2000 devir/dk
Martindale Pilling	Çalışma 1	3	3	2
	Çalışma 2	4/5	4/5	4/5
	Çalışma 3	4/5	4/5	4
	Çalışma 4	5	5	4/5
	Çalışma 5	5	5	4/5
	Çalışma 6	5	5	4/5
	Çalışma 7	3/4	3	2/3
	Çalışma 8	5	5	4/5
	Çalışma 9	5	5	4/5

3.6 Kumaş Gramaj Tayini

Bir metrekare kumaşın gram cinsinden ağırlığına gramaj denir. Çalışmada TSE 251 standardına göre numune kesici ile $1m^2$ dairesel 5 tane numune tam en kumaş üzerinden kesilip ortalaması alınmıştır.

Malzemeler; test numuneleri, 100 cm^2 alana sahip yuvarlak kesici alet, 0,2% hassas terazi, mantar levha ve etüv.

Çalışma sonunda geliştirilen kumaşların gramaj test sonuçları tablo 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3.8. Gramaj test sonuçları

Test Cinsi	Çalışma Numarası	g/m^2
Gramaj (g/m^2)	Çalışma 1	289
	Çalışma 2	265
	Çalışma 3	270
	Çalışma 4	261
	Çalışma 5	256
	Çalışma 6	268
	Çalışma 7	283
	Çalışma 8	286
	Çalışma 9	282

Tablo 3.8 incelendiğinde merserizasyon yapılan kumaşın gramajı çok fazla düşerek standart dışı bir değere gelmiştir. 22°Be kostikleme işlemi kumaş gramajında azalmaya sebep olmuştur. Reçine miktarı gramaj değerinde kayda değer değişikliklere sebep olmamıştır ve %10'luk tolerans içerisinde kalmıştır.

3.7 Geliştirilen Numunelerin pH Test Değerleri

Bu standart, tekstil malzemelerinin sulu özütünde pH tayini için bir yöntemi kapsamakladır. Bu yöntem, her yapıdaki tekstil malzemesine uygulanabilir. Sonuç tekstil materyalinin asitliğini veya bazikliğini gösterir. Bu test için bu çalışmada kullanılan materyaller aşağıdaki gibidir.

3.derece damıtılmış su kullanılmıştır. pH 5-7.5 arasındadır ve iletkenlik 5 µS / cm şeklindedir. pH değeri eğer 1-2-3 gibi düşük değerlerde olur ise veya 11-12-13 gibi yüksek değerlerde olur ise kumaşlar depolarda beklerken çürümektedir. pH değeri ayrıca insan vücuduna zarar vermemesi için insan vücudunun pH aralığına uygun olmalıdır.

Standart referans malzemeleri tampon (SRM) solüsyonları: pH 6 Ticari sınıf tampon solüsyon: pH 4.

3 Molar Potasyum Klorür (KCl) solüsyonu

• Tıpalı cam veya şişeler, 150 ml. Bu test için kullanılan şişeler yalnızca bu amaç için bir kenara bırakılmıştır.

• Dönüşüm hunisi

• Tıpalı volumetrik şişe, 1000 ml

• Ölçüm silindiri

• Eldiven

• Dönme veya ileri geri hareket sağlayan mekanik çalkalayıcı. Dakikada 30 devirlik bir dönüş frekansı.

• 0,1 pH birimine kadar ölçüm yapabilen cam elektrotlu pH metre

Yapılan işlemlerin pH derecesine ait test değerleri tablo 3.9'da gösterilmiştir.

KCl sıcaklığı 22.5°C.

KCl pH değeri : 6.

Tablo 3.9. Geliştirilen numunelerin pH test değerleri

Test Cinsi	Çalışma Numarası	Test Sonucu
pH Testi	Çalışma 1	5.8
	Çalışma 2	4.9
	Çalışma 3	5.3
	Çalışma 4	5.5
	Çalışma 5	5.5
	Çalışma 6	5.5
	Çalışma 7	5.5
	Çalışma 8	5.5
	Çalışma 9	5.7

Tablo 3.6 incelendiğinde iplik türü, reçine miktarı, merserizasyon ve kostikleme derecesi pH test sonucuna önemli bir etkide bulunmamıştır. Proseslerde pH değeri asetik asit ile dengelenmiştir. Bu dengelenme neticesinde kumaşın referans değerlerine yakın bir sonuç elde edilmiştir. pH değişimin muhtemel olumsuz etkileri yapmış olduğumuz çalışmada yapıya etki etmemiştir.

3.8 Yıkama Çekmesi Testi

Kumaşların yıkama çekmeleri tespit edilirken referans alınan ISO 3175-2 metodudur. Burada amaç; tekstillerin ev tipi çamaşır yıkama veya kuru temizleme sonrası boyutsal stabilitesini (çekme) belirlemektir. Kullanılan materyaller aşağıdaki gibidir.

- Hassas ölçüm bandı
- Ölçüm masası
- Yıkama ile çıkmayan kalem
- Test materyalinin hazırlanması

Deney materyali en az 50*50 cm boyutlarında kesilmiştir. Deney numunesi kumaş kenarının en az 15 cm içerisinden ve kumaş sonunda en az 1 metreden daha uzak mesafeden kesilmiş, katlama kırışıkları olan kısımlar deney numunesi olarak seçilmekten kaçınılmıştır. Her yönde en doğru sonuca ulaşmak için en az 5 test yapılmıştır.

Hazırlanan test numunesi 30°C de 28 dakika yıkanmış ve sererek kurutulmuştur. Sıkma deviri 850 rpm ve 1.5 dakikadır.

Yıkama sonrası kumaş ISO 3175-2 standardına göre yıkama öncesi ve yıkama sonrası ölçüm değerleri cm cinsinden kıyaslanarak çekme değeri cm cinsinden bulunmuştur. Yüzde cinsinden çekme değeri ise aşağıdaki denklem ile tespit edilmiştir.

A1 – yıkama öncesi cm değeri

A2 – yıkama sonrası cm değeri

% hesaplama A2-A1/A1*100

30°C'de yıkama sonrası çekme test değerleri tablo 3.10'da gösterilmiştir.

Tablo 3.10. Yıkama çekmesi test değerleri

Yıkama Çekmesi 30°C sererek kurutma		
	Çözgü çekme %	**Atkı çekme %**
Çalışma 1	1	0.5
Çalışma 2	0.5	0
Çalışma 3	2	0
Çalışma 4	1.5	0
Çalışma 5	2	0.5
Çalışma 6	2	0.5
Çalışma 7	2	0.5
Çalışma 8	2	0.5
Çalışma 9	2	0.5

Yukarıdaki değerlerden görüleceği üzere numunelerin üretiminde yapılan proses ve iplik değişiklikleri, yıkama çekmesi değerlerine olumlu olumsuz bir etki etmemiştir. Literatürde kostikleme ve merserizasyon derecesi boyutsal stabiliteye etki gösterdiği bilinmektedir ancak çalışma 1'in çekme değeri iyi olduğu için iyileşme gözlenmemiş olabilir olarak yorumlanmıştır. Yıkama çekmesi değerleri genel anlamda aynı seviyelerde ve standartlar içerisinde raporlanmıştır.

4 SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Ön terbiye ve bitim işlemlerinin kumaş görünümüne, tuşesine, yırtılma mukavemetine, yıkama sonrası renk haslığına, pH değerine, kumaş gramajına, yıkama sonrası boyut değişimine (çekme) ve boncuklanma özelliğine etkisi incelenmiştir. Farklı karışımda elyaflar ile oluşturulan kumaşlar, standart iplikler yerine harmandan karışım iplikler ile üretildiğinde kumaşın boyarmadde afinitesi ve çalışmada belirtilen testler ile ilişkisi incelenmiştir. Literatürde belirtildiği üzere her bir elyaf türü, amorf ve kristalin alanlarının farklı olmasından dolayı farklı oranda boyarmadde emme kapasitesine sahiptir.

1. Ön terbiye ve bitim işlemlerinin kumaş görünümüne, tuşesine, yırtılma mukavemetine, yıkama sonrası renk haslığına, pH değerine, kumaş gramajına, yıkama sonrası boyut değişimine (çekme) ve boncuklanma özelliğine etkisi incelenmiştir. Farklı karışımda elyaflar ile oluşturulan kumaşlar, standart iplikler yerine harmandan karışım iplikler ile üretildiğinde kumaşın boyarmadde afinitesi ve çalışmada belirtilen testler ile ilişkisi incelenmiştir. Literatürde belirtildiği üzere her bir elyaf türü, amorf ve kristalin alanlarının farklı olmasından dolayı farklı oranda boyarmadde emme kapasitesine sahiptir.
2. Çalışmalar sonucunda ön terbiyenin, bitim işleminin ve harmandan karışım ipliklerin fiziksel ve kimyasal test değerlerine etki ettiği gözlemlenmiştir
3. Reçine kullanım miktarının artmasının yırtılma mukavemetine olumsuz etki ettiği gözlemlenmiştir.
4. Alkali bir işlem olan kostikleme ve merserizasyon işlemlerinde kullanılan sud kostik derişiminin 12°Be'den 15°Be'ye arttırılması, yıkama sonrası görünüm değerlendirme test değeri açısından (tüylenme ve renkte solma) olumlu etki etmiş ancak 22°Be ye çıkarılmasının kumaşın rengini çalışma 1'e ait kumaşa göre parlaklaştırdığını ve tuşesini sertleştirerek olumsuz yönde etkilediği gözlemlenmiştir.
5. Çözgüde tencel atkıda pamuk ipliği kullanmak yerine çözgü atkı tencel-pamuk harmandan karışım iplik kullanılarak boyarmaddenin lifler tarafından daha homojen emilmesini sağladığı gözlemlenmiştir. Bu sayede çalışma 1'de kumaşta

var olan, kumaşın ön arka renk farkı ortadan kaldırılarak kumaşın yıkama sonrası solma eğilimini azaldığı gözlemlenmiştir.

6. Reçine madde miktarındaki artışın tüylenme eğilimini azalttığı gözlemlenmiştir. 50 g/L oranında kullanılan reçine miktarı 70 g/L oranına çıkartıldığında en iyi sonuç alındığı gözlemlenmiştir. 80 g/L oranında kullanılan reçinenin kumaşın tuşesini sertleştirdiği tespit edilmiştir.
7. Ön terbiye ve bitim işlemlerinin kumaş gramajına etki ettiği gözlemlenmiştir.
8. Kostik derecesi, merserizasyon, reçine miktarı, iplik türünün yıkama sonrası boyut değişimine etki ettiği saptanmamıştır. Literatürde kostikleme ve merserizasyon işleminin yıkama sonrası boyut değişimine olumlu etkisi gözlemlenmiştir ancak bu çalışmada boyut çekmeleri çalışma 1'de standartlar içerisindedir ve yeni çalışmalarda da standart içerisinde sonuçlar gözlemlenmiştir.
9. pH değerinin kimyasal işlemler boyunca ölçülerek ve asetik asit ilavesi ile mamul kumaşta standartlar içerisinde tutulabildiği gözlemlenmiştir.
10. Merserizasyon işleminin tencel karışımlı bir kumaşa olumsuz yönde etki ettiği tespit edilmiştir. Kumaşı sertleştirmiş ve rengini çalışma 1'e kıyasla parlatmıştır. Karışımdaki tencel liflere zarar vererek kumaşın gramajını düşürmüştür. Bu duruma rağmen yıkama sonrası haslık test sonuçları iyi çıkmıştır.
11. Fibrilasyon çalışmalarında soda ile yapılan işlem en uygun yöntem olarak seçilmiştir.
12. Performansı çok yüksek olmasına rağmen formaldehit içeren ürün kullanılması global markalar tarafından onaylanmamaktadır. Formaldehit içermeyen reçine miktarı arttırılmıştır. Ancak fazla arttırıldığında pamuk tarafında yırtılma mukavemet test değeri olumsuz çıkmaktadır. Bu nedenle 70g/L oranında reçine kullanımı en optimum değer olarak tespit edilmiştir.
13. Çalışma 1'e ait kumaşta tüylenme eğiliminin tencel liflerden kaynaklandığı kadar, merserize yapılamayan bu sebeple rengi tencel liflere göre daha açık olan pamuk liflerden de olabileceği düşünülmüş ve bu nedenle harmandan karışım iplikler kullanılarak yapılan numunede bu problem çözülmüştür.
14. Selülozik liflere uygulanan merserizasyon ve kostikleme işlemi sud kostik (NaOH) ile yapılan iki benzer işlemdir. Kostikleme işleminde kumaşa germe yapılmazken merserizasyon işlemi sırasında kumaş gerilmektedir. Kumaşı

germeden yapılan kostikleme işlemi sonrasında kumaş parlak bir görünüm kazanmaz. Lif kesitleri çeker ve lifler şişer. Sud kostik işleminin etkisi nedeni ile dokuma kumaşlar çeker, sıklığı ve sağlamlığı artar, liflerin yapısı değişir. Bunun sonucunda mamul kumaşın boyama işleminde boyarmadde alabilme kabiliyeti arttırılarak tüylenmesinin azaltılabildiği gözlemlenmiştir.

15. Karışımlı kumaş yapılarında her tür liften oluşan iplikler ayrı ayrı atkı ve çözgüde kullanılabildiği gibi elyaf halindeyken farklı elyaflar harmanlanıp tek tür bir iplik haline getirilerek harmandan karışım iplikler de kullanılabilir ve iplik performansı arttırılabilir sonucuna varılmıştır.
16. Harmandan karışım ipliklerin kullanılması farklı karışımlı kumaşlarda boyarmadde alım dengesini arttırarak kumaşta boyama sonrasında her lifin boya alım kabiliyetinin farklı olması nedeniyle meydana gelebilecek yüzey renk farklılığı azaltıldığı gözlenmiştir.
17. Reçine miktarı arttırılarak kumaşın tüylenme düzeyi düşürülmüştür. Bu çalışmada tencel pamuk karışımlı 2 atlamalı saten örgü bir kumaşın 5 tüketici yıkaması sonrası renk haslığı ve tüylenme problemi incelenmiştir ve çalışma 8 en iyi sonuçları veren çalışma olarak tespit edilmiştir.

KAYNAKÇA

Abdullah, I., Blackbrun, R.S., Russel, S. J., Taylor, J. (2006) Abrasion phenomena in twill tencel fabric, Journal of Applied Polymer Science, 102(2), 1391–1398. Doi: 10.1002/app.24195

Adnan, M., Moses, J. (2020) A Study on the Thermo Physiological and Tactile Comfort Properties of Silk/lyocell Blended Fabrics, Matéria, Rio de Janeiro.

Ahmed, A. I. (1995) Reactive dyes development: A review. Textile Dyer and Printer, 28, 19-24.

Alkaya, E., Demirer, G. N. (2013) Sustainable textile production: A case study from a woven fabric manufacturing mill in Turkey, Journal of Cleaner Production, 65, 595-693. Doi:10.1016/j.jclepro.2013.07.008

Alonso-González, L., Ver-Hoeye, S., Fernandez-Garcia, M., Andres, F. L. H. (2018) Layer-to-layer angle interlock 3D woven bandstop frequency selective surface. Progress in Electromagnetics Research, 162, 81-94. https://www.researchgate.net/figure/-Schematic-drawing-of-the-finishing-process-with-a-stenter-machine_fig3_326906345

Alp, E. (2010) Tencel Kumaşlarda Farklı Parametrelerde Dikiş Büzgülerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ashraf, R. (2014) Cotton Fiber Structureand its Properties, National Textile University. Manawala, Faisalabad.

Atıcı, A., Kaya, G. (2017) Alkali ön-işlemin farklı kumaş örgüsündeki lyocell dokuma kumaşların görünüm ve yapısal özelliklerine etkisi. Tekstil ve Mühendis, 26(113), 52-62.

Badr, A. A., El-Nahrawy, A., Hassanin, A., Morsy, M. S. (2014) Comfort and Protection Properties of Tencel/Cotton Blends. Beltwide Cotton Conferences, 6-8 Ocak, New Orleans.

Bahar, N., Köllerer, M. (t.y.) Tencel Dokuma Kumaşların Terbiye İşlemleri.. https://doczz.biz.tr/doc/155704/lenzing m%C3%BC%C5%9Fteri-hizmetleri, 10 Kasım 2020.

Başer, İ. (2002) Elyaf Bilgisi, Marmara Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

Başer, İ., İnancı, Y. (1990) Boyarmadde Kimyası, 1. Baskı, Marmara Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

BISFA (2006) The International Bureau for the Standardisation of Man-made Fibres. http://www.bisfa.org/booklets/Terminology_2006.pdf, 17 Nisan 2008.

Bilir, T. B., Şardağ, S. (2019) Investigation of mechanical properties of fabrics woven with lyocell/cotton blend yarns. Tekstil ve Konfeksiyon, 29(2), 162-170.

Birgül, A. (2006) Tekstil Endüstrisi Atık Su Arıtımında İleri Oksidasyon Proseslerinin Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa.

Borbély, E. (2008) Lyocell, the new generation of regenerated cellulose. Acta Polytechnica Hungarica, 5(3), 11-18.

Buentex (2019) Máquına De Tela. https://buentex.com/es/product/sanforizer.html, 10 Ekim 2021.

Burrow, T. (1998) Recent results with lyocell fibers in textiles. Lenzinger Ber, 78, 37-40.

Can, Ö., Ayvaz, K.M., Moda, H., & Dönüşüm, G. (2017). Tekstil ve Modada Sürdürülebilirlik.

Chinta, S. K., Vijay Kumar, S. (2013) Technical facts & figures of reactive dyes used in textiles. Int J Eng Manag Sci, 4(3), 308-312.

Christensen, E. T. (2007) What is Tensel? http://www.wisegeek.com/what-is-tencel.htm, 21 Ekim 2020,

Clonis, Y. D., Atkinson, T., Bruton, C. J., Lowe, C. R. (Ed.). (1987) Reactive Dyes in Protein and Enzyme Technology, Macmillan International Higher Education. Doi:10.1007/978-1-349-06582-0

Comelo, F. R. (2002) Control of the Adsorption of Dyes on Cotton. Doktora Tezi, The University of Leeds, Woodhouse.

Common Objective (2018) Made-By Environmental Benchmark for Fibres. https://www.commonobjective.co/article/made-by-environmental-benchmark-for-fibres, 12 Mayıs 2021.

Curtis, B. (2016) Garments Dyeing Machine. https://slideplayer.com/slide/10161357, 20 Ekim 2021.

Çoban, S., (1999) Genel Tekstil Terbiyesi ve Bitim İşlemleri, E.Ü. Yayınları, İzmir.

Demir, L., Mutlu, Ö. (2020) Boyahanede Kumaş Rengine Etki Eden Faktörlerin İstatistiksel Deney Tasarımı Yöntemiile Belirlenmesi. https://docplayer.biz.tr/109877223-Boyahanede-kumas-rengine-etki-eden-faktorlerin-istatistiksel-deney-tasarimi-yontemi-ile-belirlenmesi.html, 10 Mayıs 2021.

Drambei, P., Popescu, A., & Ciocoiu, M. (2003) Aspects regarding finishing of lyocell woven fabrics, AUTEX Research Journal, 3(1), 36-41.

Dündar, E. (2008) Çeşitli Selülozik Liflerden Üretilen Örme Kumaşların Performanslarının Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Eichinger, D., Eibl, M. (1995) Lenzing Lyocell-An interesting cellulose fiber for the textile industry. Chemical Fibers International, 46(1), 26-29.

Eichinger, D., Leitner, J. (2000) Cotton Blends with Tencel and Lenzing Modal. https://www.semanticscholar.org/paper/COTTON-BLENDS-WITH-TENCEL-AND LENZING-MODAL-Eichinger

Leitner/03798b561627279867932a55d1408f88725a7fe9#related-papers, 10 Eylül 2022.

Eryürük, S. H., Kalaoğlu, F. (2015) The effect of weave construction on tear strength of woven fabrics. Autex Research Journal, 15(3), 207-214.

Eva Stossel's Weaving (t.y.) Welcome [Blog]. https://evasweaving.wordpress.com/, 12 Mayıs 2021.

Fink, H. P., Weigel, P., Purz, H. J. (1998) Formaiton of lyocell-type fibers with skin core structure. Lenzinger Ber., 78, 41-44.

Fink, H. P., Weigel, P., Purz, H. J., Ganster, J. (2001) Structure formation of regenerated cellulose materials from NMMO-solutions. Progress in Polymer Science, 26(9), 1473-1524.

Firgo, H., Schuster, K. C., Suchomel, F., Männer, J., Burrow, T., Abu Rous, M. (2006) The functional properties of TENCEL®-A current update. Lenzinger Berichte, 85, 22-30.

Grevinga, T. H., Lurvink, M., Brinks, G., Luiken, A. (2017) Going Eco, Going Dutch: A Local and Closed Loop Textile Production System, Saxion University of Applied Sciences, Enschede, The Netherlands.

Haggag, K., El-Molla, M. M., Mahmoued, Z. M. (2014) Dyeing of cotton fabrics using reactive dyes by microwave irradiation technique. Indian Journal of Fibre & Textile Research, 39, 406-410.

Hasan, N. B., Begum, A. R., Islam, A., Parvez, M. (2017) Tencel process optimization in conventional cotton processing machineries and a quality comparison with similar cotton yarn count. J Textile Sci Eng, 7(3), 1-6. Doi: 10.4172/2165-8064.1000302

Hauser, P. (2015) Fabric Finishing: Pretreatment/Textile Wet Processing: Textiles and Fashion, Woodhead Publishing, Sawston. Doi:10.1016/B978-1-84569-931-4.00018-0

Hes, L. (2002) Recent Developments in the Field of User Friendly Testing of Mechanical and Comfort Properties of Textile Fabrics and Garments. Proceedings of the World Congress of the Textile Institute, Cairo,

Hongxia, C., Kejing, D., Peng, L., Jing, Z. (2015) Fabric Containing Tencel A200 and Cotton and Processing Method Thereof. Patent: CN105063852A.

İbrahim, N. A. (2011) Dyeing of Textile Fibre Blends, Woodhead Publishing Limited, National Research Centre, Egypt.

İçoğlu, H. İ. (2006) Pamuklu Dokunmuş Kumaşların Reaktif Boyarmaddelerle Boyanması ve Uygulama Yöntemlerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Jiang, X., Bai, Y., Chen, X., Liu, W. (2020) A review on raw materials, commercial production and properties of lyocell fiber. Journal of Bioresources and Bioproducts, 5(1), 16-25.

Joshi, H. D., Joshi, D. H., Patel, M. G. (2010) Dyeing and finishing of lyocell union fabrics: an industrial study. Coloration Technology, 126(4), 194-200.

Keskin, R. (2006) Reaktif Boyarmaddelerle Boyanmış Pamuklu Dokumaların Yıkama Ter ve Sürtme Haslıklarının Gözle ve Spektrofotometreyle Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Kılıç, M., Okur, A. (2010) The properties of cotton-Tencel and cotton-Promodal blended yarns spun in different spinning systems. Textile Research Journal. 81(2), 156-172. doi:10.1177/0040517510377828

Kıroğlu, M., Fettahov, R., Kaplan, M., (2017) Reaktif boyama sonrası işletme ve laboratuvar yıkama uygulamalarının renk değişimine etkisinin incelenmesi. Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi, 5(1), 35-39.

Kimyaevi (t.y.) Boyalı Tekstillerde Karşılaşılan Problemler ve Çözüm Yolları. http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFF679A66406202CCB069134AC4F8DBAA7B, 10 Ocak 2022.

Kljun, A., El-Dessouky, H. M., Benians, T. A., Goubet, F., Meulewaeter, F., Knox, J. P., Blackburn, R. S. (2014) Analysis of the physical properties of developing cotton fibres. European Polymer Journal, 51, 57-68. Doi: 10.1016/j.eurpolymj.2013.11.016

Kurtça, E. (2001) Atkı İpliği Özellikleri, Sıklık ve Örgü Tpinin Kumaş Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kusters Calico (t.y.) Dyeing Steamer. https://www.kusters-calico.com/fileadmin/_processed_/5/8/csm_09-Dyeing-Steamer-2_0ff51d67e5.jpg, 10 Ekim 2021.

Lee, S. J., Kim, S. S., Lee, Y. M. (2000) Interpenetrating polymer network hydrogels based on poly (ethylene glycol) macromer and chitosan. Carbohydrate Polymers, 41(2), 197-205.

Lenzing (t.y.) What is Tencel. https://www.lenzing.com/products/tenceltm, 21 Ekim 2020.

Lif ve Lif Çeşitleri (t.y.) https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php-/100791/mod_resource/content/1/2.%20HAFTA%20L%C4%B0F%20VE%20L%C4%B0F%20%C3%87E%C5%9E%C4%B0TLER%C4%B0.pdf, 20 Mayıs 2021.

Mahapatra, N. N. (2020) Clothing from Tencel Fibre. http://textilefocus.com/clothing-tencel-fibre, 20 Aralık 2020.

Mak, C. M., Yuen, C. W. M., Ku, S. K., & Kan, C. W. (2006) Objective evaluation of the Tencel fabric after fibrillation. Journal of the Textile Institute, 97(3), 223-230. Doi:10.1533/joti.2005.0192

Makine Tekstil (t.y.) http://www.makinatekstil.com/, 10 Ekim 2021.

Mazadul Hasan sheshir (t.y.) https://vdocuments.mx/reactive-dye-and-disperse-dye.html?page=2, 25/12/2022

Metin, E. (2009) Kimyasal Çöktürme Çamurlarının Organik Madde Adsorpsiyonunda Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Mousazadegan, F., Ezazshahabi, N. (2017) Investigation of the tearing performance of fabrics with various constructions, woven from different yarn spinning systems. Journal of Textiles and Polymers, 5(2), 22-28.

Nemr, E. A. (2012) Non-conventional Textile Waste Water Treatment. New York: Nova Science Publishers.

Nikam, J. (2021) Transformational Change Through a Circular Economy. https://www.sei.org/publications/transformational-change-through-a-circular-economy/2021, 10 Ekim 2021.

OBP (2020) Textiles. https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:12945:-2:ed-2:v1:en, 10 Mayıs 2021.

Oktay, M. (2001) Pamuk Liflerinin İyonik Modifikasyon Yardımıyla Boyanabilirlik ve Kolay Bakım Özelliklerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, İTÜ, İstanbul.

Ölmez, T. (1999) Tekstil Endüstrisinde Reaktif Boya Banyolarında Ozon ile Renk Giderimi. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Özcan, Y. (1978) Tekstil Elyaf ve Boyama Tekniği, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

Özdil, N., Özçelik, G. (2006) Kumaşlarda yırtılma mukavemeti test yöntemlerinin karşılaştırılması üzerine bir çalışma. Tekstil ve Konfeksiyon, 16(3), 174-179.

Periyasamy, A. P. (2012) Effect of Alkali Pretreatment and Dyeing on Fibrillation Properties of Lyocell Fiber. RMUTP International Conference: Textiles & Fashion. Bangkok Thailand.

Periyasamy, A. P., Militky, J. (2020) Sustainability in Textile Dyeing: Recent Developments. Sustainable Textiles: Production, Processing, Manufacturing & Chemistry.

Rathore, A. (2022) Cotton Fibers and its Properties. https://www.textileschool.com/164/cotton-fibers-and-its-properties, 21 Kasım 2020.

Reipsar, A. (2020) Modelling of Lyocell fibre production and technical analysis of solvent recovery concepts. Yüksek Lisans Tezi, Engineering Åbo Akademi University, Finland.

Reisch, M. (2016) Lenzing boosts cellulosic fibers. Chemical & Engineering News, 94(32), 12–13. Doi:10.1021/cen-09432-buscon004

Ren, Y., Liu, Y., Wang, Y., Guo, X., Liu, X. (2020) Preparation of durable and flame retardant lyocell fabrics by using a biomass-based modifier derived from vitamin C. Cellulose, 27(11), 6677-6689.

Rous, M. A., Ingolic, E., Schuster, K. C. (2006) Visualisation of the fibrillar and pore morphology of cellulosic fibres applying transmission electron microscopy. Cellulose, 13(4), 411-419.

Shabbir, M., & Mohammad, F. (2017) Sustainable Production of Regenerated Cellulosic Fibres: Sustainable Fibres and Textiles. Woodhead Publishing. Doi:10.1016/B978-0-08-102041-8.00007-X

Shishir, M. S. (2014) Singeing. https://www.slideshare.net/sheshir/singeing, 10 Ekim 2021.

Syed, U. (2010) The Influence of Woven Fabric Structures on the Continuous Dyeing of Lyocell Fabrics with Reactive Dyes. Doktora Tezi, Heriot-Watt University, Edinburgh.

Şardağ, S. (2018) Yeni Rejenere Selülozik Lifinden Oluşan Örme Kumaşların Yıkama Sonrası Davranışlarının İncelenmesi. 2. International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies, Samsun, 30 Kasım-2 Aralık.

Şardağ, S., Toprak, T., Aniş, P. (2020) The effects of the combined process of enzymatic bleach clean-up, enzymatic defibrillation and dyeing on the comfort and physical properties of Tencel/cotton knitted fabrics. Textile Research Journal, 90(9-10), 1118-1129. Doi:10.1177/0040517519886555

Şenel, Ü. (2006) Tekstil Endüstrisinde Kullanılan Sentetik Boyarmaddelerin Mutajenik Etkilerinin Umu-Testi ile Araştırılması. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul.

Tekstil Sayfası (t.y.) Pad-Steam Nedir, Pad Steam Yöntemi ile Boyama. https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2013/01/pad-steam-yontemi-ile-boyama.html, 10 Ekim 2021.

Tekstil Sayfası (t.y) Selüloziklerin reaktif boyarmaddeler ile boyanması https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2013/01/seluloziklerin-reaktif-boyar-maddeler.html, 12/09/2022

Tektile Times (2020) It Is Always Impossible Before It Is Done! https://textiletimes.com/home/news_detail/105, 10 Ekim 2021.

Textil Magazine (t.y.) www.indiantextilemagazine.in, 12 Aralık 2020.

Umur, Y. (2010) Selülozik Esaslı Liflerde Fibrilleşmenin Kopma Yükü ve Uzama Oranına Etkisi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 15, Sayı 1.

Vardar, B. (2006) Tekstil Endüstrisi Reaktif Boya Banyolarının Elektrokimyasal Yöntemler ile Artırımı. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul.

Webber, K. (2017) How Fast Fashion is Killing Rivers Worldwide. https://www.ecowatch.com/fast-fashion-riverblue-2318389169.html, 10 Mayıs 2021.

White, P., Hayhurst, M., Taylor, J., Slater A. (2005) Lyocell Fibers. Biodegradable and Sustainable Fibres. Lenzing® Fibers Ltd, Derby, UK.

Woodings, C. (1998) Technical applications of cortaulds lyocell. Lenzinger Ber, 78(98),65-69. https://www.lenzing.com/?type=88245&tx_filedownloads_file%5bfile-Name%5d=fileadmin/content/PDF/03_Forschung_u_Entwicklung/EN/Lenzinger_Berichte_78_1998.pdf, 10 Ekim 2021.

Wulfhorst, B., Veit, D., Gries, T., Berndt, E. (2006) Textile Technology. https://www.researchgate.net/publication/287639115_Textile_Technology, 20 Ekim 2021.

Xu, Y., Lu, Z., Tang, R. (2007) Structure and thermal properties of bamboo viscose, Tencel and conventional viscose fiber. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 89(1), 197-201.

Yeşilbağ, O. (2011) Tekstil Liflerinin Polarize Işık Mikroskobu ile Analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü, İstanbul.

Yu, H. Y., Zhang, H., Song, M. L., Zhou, Y., Yao, J. (2017) Ni, Q.-Q. From cellulose nanospheres, nanorods to nanofibers: Various aspect ratio induced nucleation/reinforcing effects on polylactic acid for robust-barrier food packaging. ACS Appl. Mater. Interfaces, 9, 43920-43938.

Yurdakul, A. Atav, R. (2006) Boya-Baskı Esasları, Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayını, İzmir.

Zhang, S., Chen, C., Duan, C., Hu, H., Li, H., Li, J., ... Ni, Y. (2018) Regenerated cellulose by the lyocell process, a brief review of the process and properties. BioResources, 13(2), 4577-4592.

ÖZGEÇMİŞ

Aşkın Mahir Eroğlu, 2013-2017 yılları arasında Marmara Üniversitesi Tekstil Mühendisliği bölümünde okuyarak lisans öğretimini tamamladı. Akın Tekstil A.Ş. firmasında satış&pazarlama yöneticisi olarak 2017 yılından beri çalışmaktadır. 2019 yılı şubat ayında Marmara Üniversitesi Tekstil Mühendisliği yüksek lisans eğitimine başladı.