

**T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**REJENERE SELÜLOZ LİFLERİNİN YÜZEY
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Nihal GÜLER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

BURSA – 2008



**T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**REJENERE SELÜLOZ LİFLERİNİN YÜZEY
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Nihal GÜLER

**Prof. Dr. Aslı HOCKENBERGER
(Danışman)**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

BURSA – 2008

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

REJENERE SELÜLOZ LİFLERİNİN YÜZEY
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Nihal GÜLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 26 / 09 /2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/~~oy~~
~~çokluğu~~ ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Aslı HOCKENBERGER
(Danışman)



Doç. Dr. Esra KARACA



Prof. Dr. Ali BAYRAM

ÖZET

Bu çalışmada, üç farklı selülozik esaslı lif grubunun yüzey özellikleri ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Selüloz esaslı lifler olarak viskon, modal ve pamuk lifleri kullanılmıştır.

Çalışma sırasında, ilk adımda numunelerin herhangi bir işlem uygulanmamış ham hallerindeki, ikinci adımdaysa çeşitli etkilere maruz bırakılmış hallerindeki yüzey görüntüleri ve mekanik davranışları incelenmiştir.

Liflerde yüzey değişimlerinin gözlemlenmesi için çeşitli işlemler uygulanmıştır. Bu amaçla lifler;alkali (NaOH) ile muamele edilerek yaş-mekanik etkilere maruz bırakılmış, enzimle muamele edilerek biyolojik etkiye maruz bırakılmış, mekanik bir işlem olan sürtünme sonucu aşındırılmış ve son olarak da günümüz yüzey mühendisliğinin en popüler konularından biri olan plazma ile muamele uygulamasıyla yüzeyin aşındırılması yani teknik bir ifadeyle “etching” işlemine tabii tutulmuşlardır.

Çalışma sonunda elde edilen yüzey görüntüleri, ham halde elde edilen yüzey görüntüleriyle karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Aynı zamanda, yapılan mukavemet testleriyle numunelerin mekanik özelliklerinin analizi de gerçekleştirilmiştir. Bunun için Instron Mukavemet Test Cihazı ve HVI Sistemi kullanılmıştır. Yüzey görüntülerinin incelenmesinde ise Taramalı Elektron Mikroskobu’ndan yararlanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Selülozik Lifler, Viskon, Modal, Pamuk, Yüzey Özellikleri, Mekanik Özellikler, SEM.

ABSTRACT

In this study, three different cellulosic fibers' surface properties and mechanical properties were evaluated. Viscose rayon fibers, modal fibers and cotton fibers were preferred for this study as cellulosic fibers.

During this study, at first, samples' surface images and mechanical behaviour without any application at raw state were researched. And secondly, treated various effects samples' surface images and mechanical behaviour were researched.

Various treatments were applied to fibers separately for observing fibers' surface changes. For this purpose, fibers were treated with alkali solution (NaOH) for age-mechanic effects, treated with enzyme for biological effects, etched with a mechanical process and finally, treated with plasma for surface etching that is nowadays one of the most popular subject of surface engineering.

Fibers' surface images find out in the end of this study and at raw state were examined comparatively. Also strength tests were done to realize samples' mechanical properties' analysis. Therefore Instron Material Strength Test System and High Volume Instrument (HVI) System were used. Scanning Electron Microscope is also used to research the surface images

Key Words: Cellulosic Fibers, Viscose Rayon, Modal, Cotton, Surface Properties, Mechanical Properties, SEM.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ ONAY SAYFASI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Tekstil Liflerinin Sınıflandırılması	1
1.2. Rejenere Lifler	3
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Selüloz	4
2.1.1. Selülozun Yapısı	4
2.1.2. Selülozun Özellikleri	5
2.2. Pamuk Lifleri	8
2.2.1. Pamuğun Tarihteki Yeri	8
2.2.2. Dünya ve Türkiye Pamuk Durumuna Genel Bakış	9
2.2.3. Türkiye Pamuk Üretim Bölgeleri	11
2.2.3.1. Ege Bölgesi' nde Pamuk Üretimi	12
2.2.3.2. Çukurova Bölgesinde Pamuk Üretimi	12
2.2.4. Pamuğun Ekonomik Önemi	13
2.2.5. Pamuğun Genel Kullanım Alanları	14
2.2.6. Lif Bitkisi Olarak Pamuk	15
2.2.7. Pamuk Lifinin Bileşimi	17
2.2.8. Pamuğun Morfolojik Yapısı	19
2.2.9. Pamuk Lifinin Özellikleri	20
2.2.9.1. Lif Uzunluğu	20
2.2.9.2. Lif İnceliği	21
2.2.9.3. Lif Mukavemeti	22
2.2.9.4. Mikroskop Altındaki Görüntüsü	23
2.2.9.5. Lif Rengi	24
2.2.9.6. Lif Yoğunluğu	25
2.2.9.7. Lif Parlaklığı	25
2.2.9.8. Nem Çekme Özelliği	25
2.2.9.9. Kimyasal Ve Zararlılara Karşı Dayanım	25
2.3. Rayon Lifleri	25
2.3.1. Tarihçe	25
2.3.2. Nitrat Rayonu	27
2.3.2.1. Nitrat Rayonunun Üretimi	28

2.3.2.2. Nitrat Rayonunun Özellikleri	31
2.3.3. Bakır Amonyum Rayonu	32
2.3.3.1. Bakır Amonyum Rayonunun Üretimi	32
2.3.3.2. Bakır Rayonunun Özellikleri	33
2.3.3.3. Kullanım Alanları	35
2.3.4. Viskoz Rayonu	35
2.3.4.1. Viskoz Rayonunun Üretimi	35
2.3.4.2. Viskoz Rayonunun Özellikleri	43
2.3.4.3. Viskoz Rayonunun Kullanım Alanları	47
2.3.5. Modifiye Rejenere Selüloz Lifleri	49
2.3.5.1. Yüksek Mukavemetli Rayonlar	50
2.3.5.2. Modal Lifleri	50
2.3.5.3. Diğer Modifiye Lifler	54
2.4. Tekstil Materyallerinde Yüzey Modifikasyonu ve Plazma Kullanımı	58
2.4.1. Yüzey Modifikasyon Yöntemleri	59
2.4.1.1. Mekanik Modifikasyonlar	60
2.4.1.2. Fiziksel Kaplama	60
2.4.1.3. Kimyasal Polimerizasyon	60
2.4.1.4. Plazma Polimerizasyonu	61
2.4.2. Plazmanın Tekstilde Kullanımı	70
2.5. Rejenere Selüloz Liflerinde Fibrilleşme Eğilimi ve Liflerin Terbiyesinde Enzim Kullanımı	74
2.5.1. Enzimler	75
2.5.2. Enzimatik Reaksiyonların Mekanizması	78
2.5.3. Tekstil Endüstrisinde Kullanılan Enzimler	79
2.5.4. Selülaz Enzimleri	80
3. MATERYAL VE YÖNTEM	85
3.1. Materyal	85
3.1.1. Lifler	85
3.1.2. Cihazlar ve Yardımcı Malzemeler	87
3.1.2.1. Taramalı Elektron Mikroskobu	87
3.1.2.2. Instron Mukavemet Test Cihazı	87
3.1.2.3. HVI (High Volume Instruments) Sistemi	88
3.1.2.4. Kumaş Aşındırma ve Boncuklanma Test Cihazı	89
3.1.2.5. Plazma Sistemi	89
3.1.2.6. Soğutmalı İnkübatör	90
3.1.2.7. Çalkalamalı Su Banyosu	91
3.1.2.8. Işıklı Mikroskop	91
3.1.2.9. Isıtıcılı Manyetik Karıştırıcı	92
3.1.2.10. pH metre	93
3.1.2.11. Hassas Terazî	93

3.1.2.12. Beher, Pipet ve Mezür	94
3.1.2.13. Saf Su	94
3.1.2.14. Soda(Na ₂ CO ₃)	94
3.1.2.15. Noniyonik Islatici	94
3.1.2.16. Kurutma Kağıdı	95
3.1.2.17. Selülaz Enzimi	95
3.1.2.18. Asetik Asit	96
3.1.2.19. Kronometre	96
3.1.2.20. Renkli Karton ve Yapıştırıcı	96
3.2. Yöntem	96
3.2.1. Mukavemet Testi Deneylei	99
3.2.1.1. Instron Mukavemet Test Cihazı	99
3.2.1.2. HVI Test Sistemi	101
3.2.2. Fibrilleştirme Deneyi	103
3.2.3. Enzim İle Muamele Deneyi	103
3.2.4. Sürtünme Sonucu Mekanik Aşındırma Deneyi	105
3.2.5. Plazma İle Yüzey Modifikasyonu Deneyi	106
3.2.6. Yüzey Analizi Çalışması	109
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	111
4.1. Mukavemet Testi Sonuçları	111
4.1.1. Çekme Deneyi Sonuçları	111
4.1.2. HVI Sonuçları	115
4.2. SEM Görüntüleri	118
4.2.1. İşlem Görmemiş Pamuk Lifine Ait SEM Görüntüleri	118
4.2.2. Soda İle Muamele Edilmiş (Fibrilleştirilmiş) Pamuk Lifine Ait SEM Görüntüleri	119
4.2.3. Enzim İle Muamele Edilmiş Pamuk Lifine Ait SEM Görüntüleri	120
4.2.4. Sürtünme İle Mekanik Aşındırmaya Maruz Kalmış Pamuk Lifine Ait SEM Görüntüleri	120
4.2.5. Plazma İle Muamele Edilmiş Pamuk Liflerine Ait SEM Görüntüleri	121
4.2.6. İşlem Görmemiş Viskon Lifine Ait SEM Görüntüleri	124
4.2.7. Soda İle Muamele Edilmiş (Fibrilleştirilmiş) Viskon Lifine Ait SEM Görüntüleri	125
4.2.8. Enzim İle Muamele Edilmiş Viskon Lifine Ait SEM Görüntüleri	126
4.2.9. Sürtünme İle Mekanik Aşındırmaya Maruz Kalmış Viskon Lifine Ait SEM Görüntüleri	126
4.2.10. Plazma İle Muamele Edilmiş Viskon Liflerine Ait SEM Görüntüleri	127
4.2.11. İşlem Görmemiş Modal Lifine Ait SEM Görüntüleri	130
4.2.12. Soda İle Muamele Edilmiş (Fibrilleştirilmiş) Modal Lifine Ait SEM Görüntüleri	130

4.2.13.Enzim İle Muamele Edilmiş Modal Lifine Ait SEM Görüntüleri	131
4.2.14.Sürtünme İle Mekanik Aşındırmaya Maruz Kalmış Modal Lifine Ait SEM Görüntüleri	132
4.2.15. Plazma İle Muamele Edilmiş Modal Liflerine Ait SEM Görüntüleri	132
5. SONUÇ	136
6. KAYNAKLAR	138
7. TEŞEKKÜR	144
8. ÖZGEÇMİŞ	145

KISALTMALAR DİZİNİ

AC	-	Alternatif Akım
Ar	-	Argon
CRE	-	Sabit Numune Uzama Hızı Prensibi
DC	-	Direkt Akım
EC	-	Referans Numarası
HVI	-	High Volume Instruments
kPa	-	Kilopascal
kV	-	Kilovolt
mHz	-	Megahertz
mic.	-	Mikroner
ml	-	Mililitre
MW	-	Mikro dalga
N	-	Newton
nm	-	Nanometre
PD	-	Polimerizasyon Derecesi
RF	-	Radyo Frekans
SEM	-	Taramalı Elektron Mikroskopisi
UV	-	Ultra Viyole
W	-	Watt

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1.1. Doğal Liflerin Sınıflandırılması	1
Tablo 1.2. Yapay Liflerin Sınıflandırılması	2
Tablo 2.1. Dünya ve Türkiye Pamuk Ekim Alanı	10
Tablo 2.2. Pamuğun Kullanım Alanları	14
Tablo 2.3. Pamuğun Eldesi	17
Tablo 2.4. Olgun ve Olgun Olmayan Pamuğun Bileşimi	18
Tablo 2.5. Rayon Liflerinin Sınıflandırılması	27
Tablo 2.6. Presleme Miktarları	37
Tablo 2.7. Rayon Liflerinin Fiziksel Özellikleri	48
Tablo 2.8. Rayon Liflerinin Kimyasal Özellikleri	49
Tablo 2.9. Selüloz Esaslı Liflerin Özelliklerinin Kıyaslanması	57
Tablo 2.10. Enzimlerin İsimlendirilmesine Örnekler	76
Tablo 2.11. Enzimlerin Sınıflandırılması	77
Tablo 2.12. Tekstil Endüstrisinde Kullanılan Enzimler ve Kullanım Alanları	80
Tablo 2.13. Selülaz Enzimlerinin Özellikleri	81
Tablo 3.1. Numune Liflerin Özellikleri ve Uygulanan İşlemler	86
Tablo 3.2. Numunelere Uygulanan İşlemler	98
Tablo 3.3. Farklı Numuneler İçin Çalışılan Boşalım Gücü ve Plazma Süresi Parametreleri	109
Tablo 4.1. Çeşitli Muameleler Öncesi ve Sonrası Malzemelerin Kopma Dayanımları (N/tex)	111
Tablo 4.2. Çeşitli Muameleler Öncesi ve Sonrası Malzemelerin Kopma Uzunlukları (%)	112
Tablo 4.3. Çeşitli Muameleler Öncesi ve Sonrası Malzemelerin Modül Değerleri (N/tex)	112
Tablo 4.4. Çeşitli Muameleler Sonrası Malzemelerin Mekanik Özelliklerinde Meydana Gelen	115
Tablo 4.5. Çeşitli muameleler Öncesi ve Sonrası Ölçülen Numune Özellikleri	116
Tablo 4.6. Pamuk Lifi İçin Lif Uzunluk Dağılımı Değerlendirmesi	116
Tablo 4.7. Pamuk Lifi İçin Lif Mukavemeti Değerlendirmesi	117
Tablo 4.8. Farklı Muameleler Sonrası Numunelerin Çeşitli Özelliklerinde Meydana Gelen Değişimler	118

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. β – glikoz	4
Şekil 2.2. Selülozun zincir konfigürasyonu	5
Şekil 2.3. Üç boyutlu uzayda zincir konfigürasyonun moleküler modeli (Atomlar: C-Siyah, O-Kırmızı, H-Beyaz)	5
Şekil 2.4. Selülozdan Yararlanma Alanları	8
Şekil 2.5. Dünya ve Türkiye Pamuk Üretimi	10
Şekil 2.6. Pamuk Lifinin Kozadaki Görünümü	16
Şekil 2.7. Pamuk Lifinde Bulunan Katmanlar	20
Şekil 2.8. Pamuk Lifinin Yapmış Olduğu Kıvrımlar	23
Şekil 2.9. Lif Enine Kesit Görüntüsü	24
Şekil 2.10. Selüloz Nitrat	28
Şekil 2.11. Yaş Çekim	29
Şekil 2.12. Kuru Çekim	30
Şekil 2.13. Bakır Amonyum Liflerinin Enine Kesit Görünüşleri	33
Şekil 2.14. Viskoz Rayonu Prosesi	36
Şekil 2.15. Viskoz Rayonu İşlem Akışı	42
Şekil 2.16. Viskoz Rayonu Liflerinin Enine ve Boyuna Kesit Görüntüleri	44
Şekil 2.17. HWM Liflerinin Enine Kesit Görünüşleri	51
Şekil 2.18. Polinozik Liflerin Enine Kesit Görünüşleri	52
Şekil 2.19. Güç Tutuşur Rayon Lifi Üretim Prosesi	55
Şekil 2.20. Kıvrımlı Rayon Liflerinin Enine Kesit Görünüşleri	56
Şekil 2.21. Maddenin 4 hali	64
Şekil 2.22. Peptid Zinciri Oluşumu	76
Şekil 2.23. Enzim Etkisinin Mekanizması	79
Şekil 2.25. Selülaz Enziminin Selülozla Olan Etkileşimi	82
Şekil 3.1. Taramalı Elektron Mikroskobu	87
Şekil 3.2. Instron Mukavemet Test Cihazı	88
Şekil 3.3. HVI Test Sistemi	88
Şekil 3.4. Kumaş Aşındırma ve Boncuklanma Test Cihazı	89
Şekil 3.5. Plazma Sistemi	90
Şekil 3.6. Soğutmalı İnkübatör	90
Şekil 3.7. Çalkalamalı Su Banyosu	91
Şekil 3.8. Işıklı Mikroskop	92
Şekil 3.9. Isıtıcılı Manyetik Karıştırıcı	92
Şekil 3.10. pH_metre	93
Şekil 3.11. Hassas Terazî	93
Şekil 3.12. Beher, Pipet Ve Mezür	94
Şekil 3.13. Selülaz Enzimi	95
Şekil 3.14. Instron Test Cihazının Çalışma Prensibi	99

Şekil 3.15. Örnek Çerçeveler ve Çerçeve Boyutları	100
Şekil 3.16. Cihaza Ait Mikroner Modülü	101
Şekil 3.17. Uzunluk ve Mukavemet Ölçüm Modülü	102
Şekil 3.18. Sürtünme İşlemine Maruz Kalmış Olan a) Viskon, b) Modal ve c) Pamuk Lifleri	106
Şekil 3.19. Plazma Sisteminin Bileşenleri	106
Şekil 3.20. Rotary Drum Olarak Tanımlanan Numunelerin Yerleştirildiği Döner Tambur	107
Şekil 3.21. Argon Plazmanın Numuneye Uygulandığı An	108
Şekil 4.1. Ham Pamuk Lifine Ait SEM Görüntüleri (a) X200 Büyütme Oranı (b) X7500 Büyütme Oranı	118
Şekil 4.2. Soda İle Muamele Edilmiş (Fibrilleştirilmiş) Pamuk Lifine Ait SEM Görüntüleri (a) X500 Büyütme Oranı (b) X2500 Büyütme Oranı (c) X5000 Büyütme Oranı (d) X7500 Büyütme Oranı	119
Şekil 4.3. Enzim İle Muamele Edilmiş Pamuk Lifine Ait SEM Görüntüleri (a) X2500 Büyütme Oranı (b) X7500 Büyütme Oranı	120
Şekil 4.4. Sürtünme İle Mekanik Aşındırmaya Maruz Kalmış Pamuk Lifine Ait SEM Görüntüleri (a) X3500 Büyütme Oranı (b) X7500 Büyütme Oranı	120
Şekil 4.5. 20 W 'lık Ar Plazma Uygulanmış Pamuk Lifine Ait SEM Görüntüleri (a) 20 W 10 Dakika (b) 20 W 30 Dakika (c) 20W 60 Dakika	122
Şekil 4.6. 40 W 'lık Ar Plazma Uygulanmış Pamuk Lifine Ait SEM Görüntüleri (a) 40 W 30 Dakika (b) 40 W 60 Dakika	122
Şekil 4.7. 60 W 'lık Ar Plazma Uygulanmış Pamuk Lifine Ait SEM Görüntüleri (a)-(b)-(c)-(d) 60 W 30 Dakika (e)-(f)-(g) 60 W 60 Dakika	123
Şekil 4.8. Ham Viskon Lifine Ait SEM Görüntüleri (a) X2500 Büyütme Oranı (b) X7500 Büyütme Oranı	124
Şekil 4.9. Soda İle Muamele Edilmiş (Fibrilleştirilmiş) Viskon Lifine Ait SEM Görüntüleri (a) X2000 Büyütme Oranı (b) X2500 Büyütme Oranı	125
Şekil 4.10. Enzim İle Muamele Edilmiş Viskon Lifine Ait SEM Görüntüleri (a) X5000 Büyütme Oranı (b) X7500 Büyütme Oranı	126
Şekil 4.11. Sürtünme İle Mekanik Aşındırmaya Maruz Kalmış Viskon Lifine Ait SEM Görüntüleri (a)-(c) X7500 Büyütme Oranı (b) X5000 Büyütme Oranı	127
Şekil 4.12. 20 W 'lık Ar Plazma Uygulanmış Viskon Lifine Ait SEM Görüntüleri (a)-(b) 20 W 30 Dakika (c)-(d) 20 W 60 Dakika	127
Şekil 4.13. 40 W 'lık Ar Plazma Uygulanmış Viskon Lifine Ait SEM Görüntüleri (a)-(b) 40 W 30 Dakika (c)-(d) 40 W 60 Dakika	128
Şekil 4.14. 60 W 'lık Ar Plazma Uygulanmış Viskon Lifine Ait SEM Görüntüleri (a)-(b) 60 W 30 Dakika (c)-(b) 60 W 60 Dakika	129
Şekil 4.15. Ham Modal Lifine Ait SEM Görüntüleri (a) X2500 Büyütme Oranı (b) X5000 Büyütme Oranı	130

Şekil 4.16. Soda İle Muamele Edilmiş (Fibrilleştirilmiş) Modal Lifine Ait SEM Görüntüleri (a) X2500 Büyütme Oranı (b) X5000 Büyütme Oranı (c) 7500 Büyütme Oranı	131
Şekil 4.17. Enzim İle Muamele Edilmiş Modal Lifine Ait SEM Görüntüleri (a) X5000 Büyütme Oranı (b) X7500 Büyütme Oranı	131
Şekil 4.18. Sürtünme İle Mekanik Aşındırmaya Maruz Kalmış Modal Lifine Ait Sem Görüntüleri (a) X5000 Büyütme Oranı (b) X7500 Büyütme Oranı	132
Şekil 4.19. 20 W 'lık Ar Plazma Uygulanmış Modal Lifine Ait SEM Görüntüleri (a)-(b) 20 W 30 Dakika (c)-(d) 20 W 60 Dakika	133
Şekil 4.20. 40 W 'lık Ar Plazma Uygulanmış Modal Lifine Ait SEM Görüntüleri (a)-(b) 40 W 30 Dakika (c)-(d) 40 W 60 Dakika	133
Şekil 4.21. 60 W 'lık Ar Plazma Uygulanmış Modal Lifine Ait SEM Görüntüleri (a)-(b) 60 W 30 Dakika (c)-(d) 60 W 60 Dakika	134

1. GİRİŞ

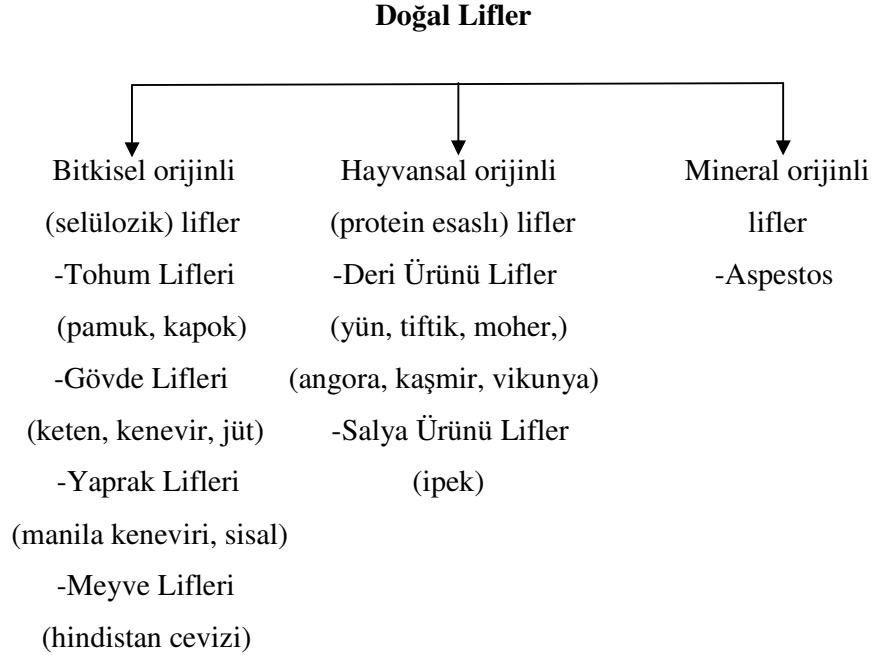
1.1. Tekstil Liflerinin Sınıflandırılması

Uzunluğu inceliğinin yüzlerce katı olan, eğilebilme, bükülebilme gibi çeşitli özelliklere sahip, esnek ve mukavemetli yapılara **lif** adı verilmektedir.

Tekstilde lifler genel olarak doğal lifler ve yapay lifler olmak üzere iki grup altında toplanmaktadır.

Doğal Lifler: En genel tanımıyla tabiatta kendiliğinden yetişen ve hazır bulunan liflerdir. Bu lifler çeşitli bitkilerden ya da hayvanlardan elde edilebilmektedirler.

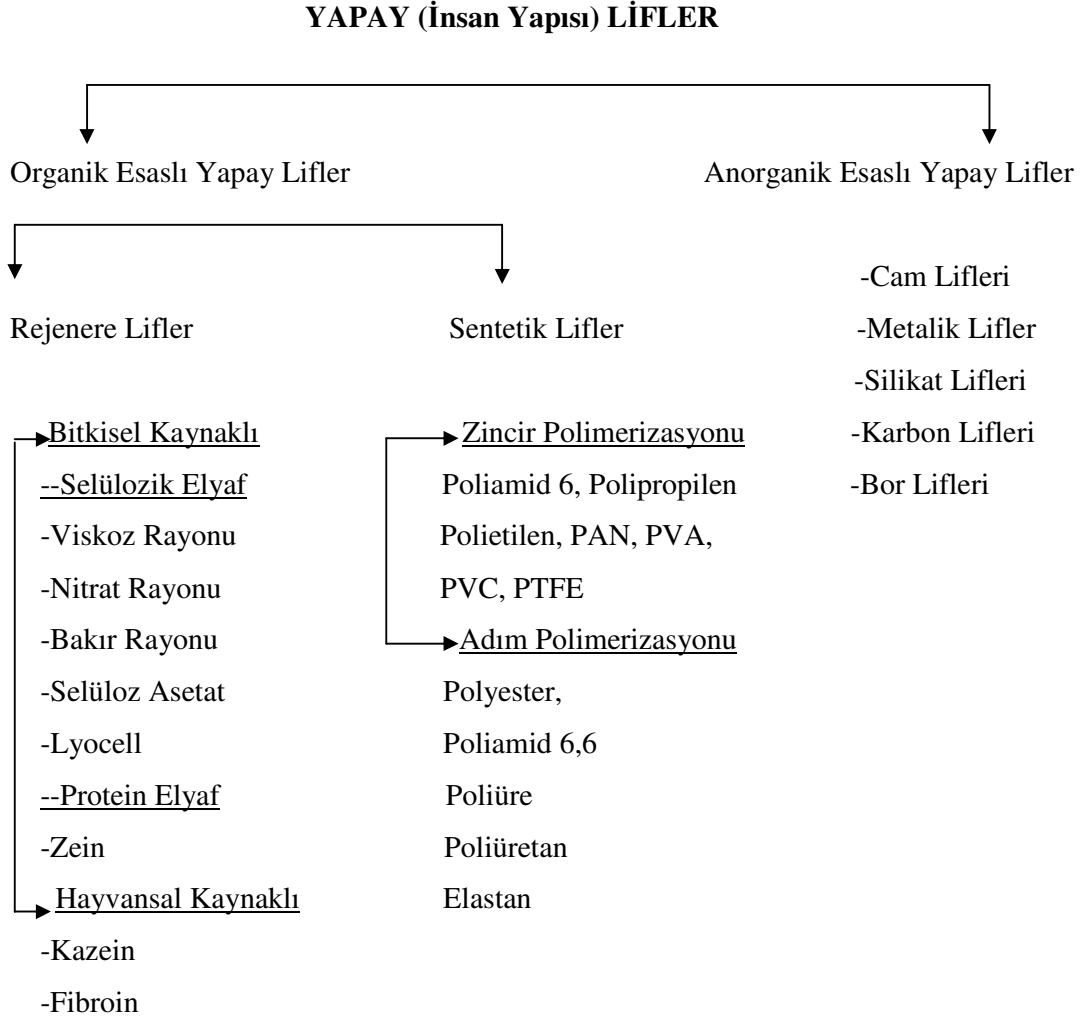
Tablo 1.1. Doğal Liflerin Sınıflandırılması



(Kaynak: Yakartepe, M., ve Yakartepe, Z., Tekstil Teknolojisi Elyaftan Kumaşa, cilt 3)

Yapay Lifler: İnsanlar tarafından üretilen, lif çekme sıvısından ekstrüzyon yoluyla çekilen liflerdir. Yapay lifler de kendi aralarında organik ve anorganik olmak üzere iki temel gruba ayrılmaktadırlar.

Tablo 1.2. Yapay Liflerin Sınıflandırılması



(Kaynak: Yakartepe ve Yakartepe, Tekstil Teknolojisi Elyaftan Kumaşa, cilt 3)

Rejenere lifler; pamuk linteri, süt, mısır proteini ya da deniz yosunu gibi selülozik veya doğal proteinli maddelerden elde edilmektedirler. Bu maddeler, kimyasal işlemler ile yeniden şekillendirilerek, kullanılabilir lif haline dönüştürülmektedirler.

Sentetik lifler ise; petrol ürünleri, hidrojen, nitrojen ve karbon gibi kimyasal maddelerden elde edilmektedirler. Bu liflerin üretiminde polimerleşme reaksiyonları adı verilen çeşitli kimyasal reaksiyonlar kullanılmaktadır. Bunlar; zincir polimerizasyonu ve adım polimerizasyonu reaksiyonlarıdır.

Anorganik esaslı lifler; doğada bulunan anorganik yapıdaki maddelerden elde edilmektedirler.

1.2. Rejenere Lifler

Dünyada gelişen teknolojinin birer ürünü olarak ortaya çıkmış olan rejenere lifler, selülozik ya da protein kaynaklı doğal maddelerden kimyasal yöntemlerle elde edilmektedirler.

Rejenere liflerin üretimi genel olarak; lifi oluşturacak hammaddelerin çeşitli kimyasal işlemlerden geçirilerek çözelti haline getirilmesi ve daha sonra da düzelerden çekilerek filament formda lif haline dönüştürülmesi işlem adımlarından oluşmaktadır. İlk üretildiklerinde filament formda olan bu lifler, filament halde kalabilecekleri gibi kesilerek ştapel formda da kullanılabilirler.

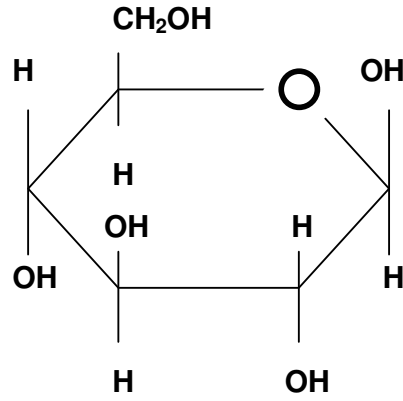
Rejenere lifler; selüloz kaynaklı, yosun kaynaklı ya da protein kaynaklı olabilirler. Günümüzde en yaygın kullanıma sahip olan lif grubu ise selüloz kaynaklı rejenere liflerdir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

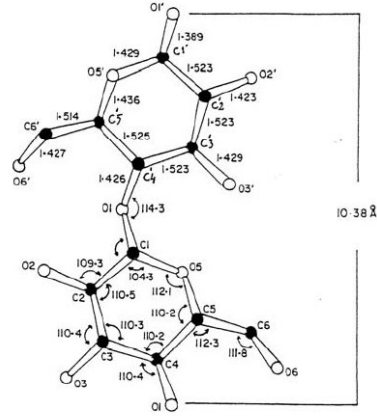
2.1. Selüloz

2.1.1. Selülozun yapısı

Selüloz, doğada bitkiler tarafından sentez yoluyla oluşturulan organik bir maddedir. Kapalı formülü $(C_6H_{10}O_5)_n$ olan lineer bir polisakkarittir. Kimyasal yapısı % 44,4 C, % 6,2 H ve % 49,4 O içermektedir. Selüloz makromolekülleri 6 karbonlu bir monosakkarit olan glikoz yapıtaşlarından oluşmaktadır.



Şekil 2.1. β – glikoz
(Kaynak:Güler 2005, Farklı Rayon Tiplerinin Yorulma Davranışlarının İncelenmesi)



Şekil 2.2. Selülozun Zincir Konfigürasyonu



Şekil 2.3. Üç Boyutlu Uzayda Zincir Konfigürasyonunun Moleküler Modeli
(Atomlar: C-Siyah, O-Kırmızı, H-Beyaz)

(Kaynak: Türkiye V. Pamuk, Tekstil Ve Konfeksiyon Sempozyumu Bildirileri, Nisan 2002)

Oluşumları sırasında n tane β -D glikoz yapıtaşı, 180° lik farklı duruşlarla 1. ve 4. karbon atomları üzerinden O köprüleri ile birbirlerine bağlanmaktadır. Bu bağlanma sırasında 1 mol su açığa çıkmaktadır. Piran halkası şeklinde bir yapıya sahip olan β -D glikozların aralarındaki oksijen köprüleri **asetal bağları** olarak da adlandırılmaktadır.

2.1.2. Selülozun özellikleri

Selüloz suda çözünmeyen bir maddedir. Aslında bir anhidroglikoz ünitesinde üç hidroksil grubunun bulunması bu molekülün suda çözünmesini kolaylaştırmaktadır. Ancak molekül zincirlerinin birbirlerine paralel olarak sıralanması ve molekül zincirleri arasında, -OH gruplarının Hidrojen Köprüleri oluşturması selülozun suda çözünmesini engellemektedir. Bağ yapmak suretiyle bloke edilen hidroksil gruplarının (-OH) hidrofilik etkileri ortadan kaldırılmış olmaktadır.

Selülozun molekül zincirleri arasında oluşan bağlar incelendiğinde, Hidrojen Köprülerinin dışında Van der Waals Kuvvetlerinin de bulunduğu görülmektedir. Van der Waals Kuvvetleri, normalde zayıf bağlar olup, halkalı yapılar arasında oluştukları zaman oldukça güçlü bir hal almaktadırlar. Bu kuvvetler sayesinde selülozun güçlü kafes yapısı oluşmaktadır.

Selülozun özellikleri arasında polimerizasyon derecesinin de ayrı bir önemi vardır. Selülozun molekül ağırlığı çok büyük olmasına rağmen aslında bütün selüloz molekülleri aynı büyüklükte ve uzunlukta değildir. Dolayısıyla polimerizasyon derecesi de ortalama bir değer gösterir. Selüloz makro moleküllerinde polimerizasyon derecesi selüloz moleküllerinin cinsine, elde edilmiş şekline ve gördüğü işlemlere bağlı olarak çok farklı olabilmektedir. Ayrıca ölçüm sırasında farklı metodların kullanılması da bu değeri etkilemektedir. Mesela, Akışkanlık Ölçme Yöntemine göre yapılan test sonucunda selülozun polimerizasyon derecesi (PD) 600-1000 aralığında değişirken Ultra Santrifüj Yöntemine göre bu değer 3100 olarak bulunmuştur.

Selülozun fiziksel yapısı incelendiğinde ise, kristalin ve amorf bölgelerden oluştuğu görülmektedir. Bu kristalin ve amorf bölgelerin oranı fiziksel ve kimyasal özellikler üzerinde etkilidir. Yapıda kristalin bölge oranı arttıkça sertlik derecesi artmakta, eğilme ve bükülme yetenekleri azalmakta, kimyasal maddelere karşı dayanımları artmaktadır. Buna karşın, yapıda amorf bölge oranı arttıkça yumuşaklık artmakta, eğilme ve bükülme yetenekleri yükselmekte, sulu çözeltilerin yapıya nüfuziyetinin kolaylaşmasıyla kimyasal maddelere karşı dayanıklılık azalmaktadır.

Kristalin bölgelerde birbirlerine paralel biçimde sıralanan ve uzanan molekül zincirlerinin karşılıklı olarak bağlanmaları, geometrik biçimli küçük kristal ünitelerinin oluşmasını sağlamaktadır. Bunlar monoklin biçiminde mikrokristallerdir. Boyutları;

$$a= 8,35 \text{ \AA}$$

$$b= 10,28 \text{ \AA}$$

$$c= 7,90 \text{ \AA uzunluğundadır.}$$

Selüloz moleküllerin kristallenmesi; selüloz I, selüloz II, selüloz III, selüloz IV ve selüloz X olmak üzere 5 farklı formda gerçekleşebilir. Selüloz I, II, III ve IV fibrilsel yapıda olup tekstil açısından oldukça önem taşımaktadır. Pamuk, keten, jüt, rami ve sisal gibi tüm doğal selüloz liflerinde selüloz I yapısı görülmektedir. Selüloz II yapısı ise viskoz, bakır rayonu ve polinozikler gibi rejenere selüloz liflerinde, selüloz IV yapısı ise rejenere selülozlardan olan yüksek yaş modüllü rayon liflerinde ve kord rayonlarında

bulunmaktadır. Yukarıda verilmiş olan boyutlar selüloz I yapısına ait olup selüloz II, III ve IV'e ait olan boyutlar ise aşağıdaki gibidir (Hockenberger 2004):

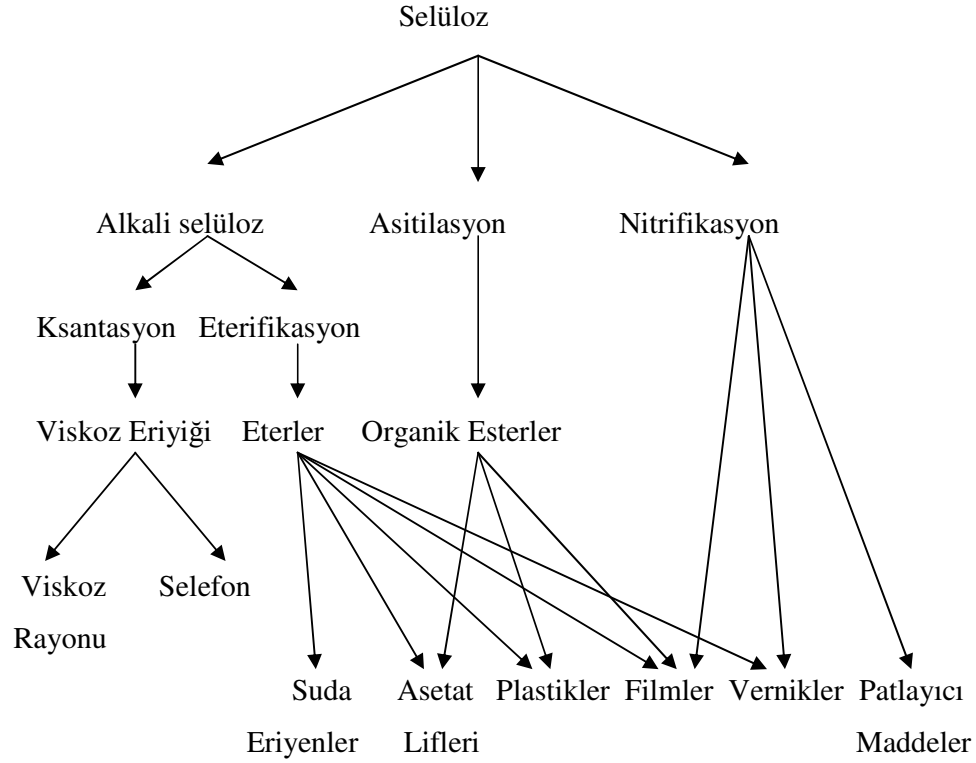
$$\begin{array}{l} a= 8,1 \text{ }^\circ\text{A} \\ b=10,3 \text{ }^\circ\text{A} \\ c= 9,1 \text{ }^\circ\text{A} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} a= 8,1 \text{ }^\circ\text{A} \\ b=10,3 \text{ }^\circ\text{A} \\ c= 9,1 \text{ }^\circ\text{A} \end{array}} \right\} \text{selüloz II}$$

$$\begin{array}{l} a= 7,74 \text{ }^\circ\text{A} \\ b= 10,3 \text{ }^\circ\text{A} \\ c= 9,9 \text{ }^\circ\text{A} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} a= 7,74 \text{ }^\circ\text{A} \\ b= 10,3 \text{ }^\circ\text{A} \\ c= 9,9 \text{ }^\circ\text{A} \end{array}} \right\} \text{selüloz III}$$

$$\begin{array}{l} a= 8,11 \text{ }^\circ\text{A} \\ b= 10,3 \text{ }^\circ\text{A} \\ c= 7,9 \text{ }^\circ\text{A} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} a= 8,11 \text{ }^\circ\text{A} \\ b= 10,3 \text{ }^\circ\text{A} \\ c= 7,9 \text{ }^\circ\text{A} \end{array}} \right\} \text{selüloz IV}$$

Molekül zincirleri, birbirlerine olan paralelliklerini kaybederek gevşek ve karışık bir yapı durumuna geçmek suretiyle selülozun amorf bölgelerini oluştururlar. Genellikle rejenere olmuş selülozlarda amorf bölgelerin oranı da yüksektir.

Selülozun çeşidine göre, oryantasyon dereceleri de farklılık gösterir. Genellikle doğal selülozlarda oryantasyon derecesi, rejenere selülozlardan daha yüksektir. Bununla birlikte selülozun bazı işlemlere tabii tutulması ile selülozun oryantasyon derecesini arttırmak ya da azaltmak mümkündür. Selüloz makro moleküllerinin, farklı işlemler görmeleri suretiyle pek çok alanda kullanımları söz konusudur. Bu alanlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:



Şekil 2.4. Selülozdan Yararlanma Alanları
(Kaynak: Harmancıoğlu 1981, Rejenere Selülozik Lifler)

2.2. Pamuk Lifleri

2.2.1. Pamuğun tarihteki yeri

İnsanlar tarafından tarımının yapılma tarihi çok eski dönemlere rastlayan pamuk lifi işlenen ilk bitkidir. Pamuğun eski dünyadaki beşiği Hindistan da pamuk tarımının en az 5000 yıl önce yapıldığı, kumaş dokumasında kullanılmasının da M.Ö. 3000 yılına rastladığı arkeolojik kazılarda belirlenmiştir. Manejo-Daro da yapılan kazılarda gümüş vazolar içinde pamuktan dokunmuş harika kumaşlara rastlanmıştır. Pamuk hakkındaki ilk literatür de M.Ö 15. asıra aittir. M.Ö. 8. asırda yazılan Manu Kanunları'nda pamuktan söz edilmiştir ve bu en güvenilir kaynaktır. Burada pamuğa “Karpasi” denilmiştir. Arapça' da kutum, İngilizce' de cotton, Fransızca' da coton, bizde ise pamuk denilmektedir. Manu kanunlarına göre pamuk rahipler tarafından tapınak bahçelerinde yetiştirilip, dini bir simge olarak pamuktan yapılma kumaş alınlarına yapıştırılmıştır.

Hintliler pamuklu kumaş dokuma sanatını 2000 yıl kadar tekellerinde tutmuş, Asurlular ancak günümüzden 3000-3500 yıl önce bu sanata öğrenebilmişlerdir. Pamuğun Akdeniz sahillerinde yetiştirilmesi ancak günümüzden 2200 yıl önce Pelepones Yarımadası'nın batısındaki küçük bir adada (Elis Adası) başlamıştır. Büyük bir pamuk plantasyonu oluşturulmuş ve Akdeniz'in liman şehirlerinde dokunan pamuklu kumaşlar değer olarak altınla aynı kabul edilmiştir.

Yeni Dünyada Peru'da yapılan arkeolojik kazılarda M.Ö. 2500 yılına ait dokunmuş pamuk parçaları bulunmuştur. Böylece farklı kromozom ve genetik yapılı Eski ve Yeni Dünya pamuklarının farklı kıtalardan çıkması, pamuğun dünyanın değişik bölgelerinden türediğini ortaya koymaktadır.

Anadolu'nun Dünya pamuk üretimine katılması günümüzden 1900 yıl öncesine kadar uzanır. Pamuk Anadolu'ya 1.yy. da Hindistan'dan getirilmiş olup Bizans, Selçuklu ve Osmanlı dönemlerinde tarımı yapılmıştır. Bu dönemlerde ekilen pamuk çeşitleri kapalı kozalı Eski Dünya pamuklarıdır. 19.yy. dan itibaren ise dönemin uluslararası taleplere uygun Yeni Dünya orijinli, açık kozalı Upland varyeteleri getirilip ekilmeye başlanmış ve Osmanlı Devleti 27.01.1862 tarihli genelgesiyle pamuk tarımını geliştirmek için geniş önlemler almıştır.

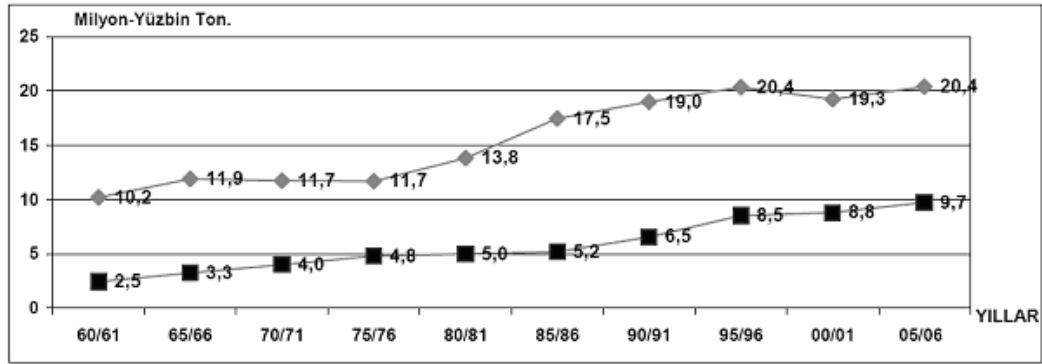
Pamuk tarımında asıl gelişme Türkiye Cumhuriyeti döneminde olmuştur. Pamuk ıslah istasyonları kurulmuş ve ABD'den getirilen çeşitlerle pamuk araştırmaları başlatılmıştır. Günümüze kadar geliştirilerek sürdürülen bu araştırmalar sonucunda, ülke ve uluslararası pazar istekleri ile bölge ekolojilerine uygun birçok pamuk çeşidi elde edilmiştir (www.taris.com.tr, 2008).

2.2.2. Dünya ve Türkiye pamuk durumuna genel bakış

Pamuk, değişik kullanım alanlarıyla, dünyada ve ülkemizde hem ekonomik hem de sosyal alanda çok önemli konumu olan bir üründür. Bir yandan dünya nüfusunun hızla artması, diğer yandan sanayileşen ve kalkınan toplumlarda hayat düzeyinin yükselmesi ile birlikte doğal ürün kullanım bilincinin artması, pamuğun üretiminden ve

kullanımından vazgeçilemeyecek bir ham madde olma özelliğini sürdürmesini sağlamaktadır.

Dünya pamuk üretiminde 1960 yılından günümüze doğru baktığımızda; 1960'lı yıllarda 10-12 milyon ton seviyelerinde olan pamuk üretimi 1970'li yıllarda 13-14 milyon ton, 1980'li yıllarda 14-18 milyon ton, 1990'lı yıllarda 18-20 milyon ton, 2000'li yılların ilk yarısında ise 20 milyon tonlar seviyesinde olacağı tahmin edilmektedir.



Şekil 2.5. Dünya ve Türkiye Pamuk Üretimi

(Kaynak: Türkiye V. Pamuk, Tekstil Ve Konfeksiyon Sempozyumu Bildirileri, Nisan 2002)

Tablo 2.1. Dünya ve Türkiye Pamuk Ekim Alanı

Yıllar	DÜNYA	TÜRKİYE
	Milyon ton	Yüzbin Ton
60/61	10,201	2,45
65/66	11,898	3,25
70/71	11,74	4
75/76	11,706	4,8
80/81	13,831	5
85/86	17,461	5,18
90/91	19,004	6,546
95/96	20,357	8,515
00/01	19,251	8,799
05/06	20,403	9,72

(Kaynak: Türkiye V. Pamuk, Tekstil Ve Konfeksiyon Sempozyumu Bildirileri, Nisan 2002)

Dünyada pamuk üretimi yapan ülkeler sırasıyla, ABD, Kıta Çin, Hindistan, Bağımsız Devletler Topluluğu, Pakistan, Türkiye, Brezilya, Arjantin, Mısır, Yunanistan, Suriye, Meksika, İran, Sudan, Tanzanya, Paraguay, Peru, Kolombiya, İsrail, Nikaragua, Guatemala' dır.

Dünya pamuk üretimi, ülkeler itibariyle incelendiğinde 1999/2000 sezonu gerçekleşen rakamlarına göre ülkeler bazında pamuk üretiminde Kıta Çin' in en büyük üretici ülke olduğu görülmektedir. Kıta Çin' i toplam içindeki %19.28' lik payı ile ABD izlemektedir (www.taris.com.tr, 2008, www.tekstilokulu.com/forum/forum_posts.asp?TID=147, 2008).

2.2.3. Türkiye pamuk üretim bölgeleri

Türkiye'de pamuk üretimi, genelde, Ege, Antalya, Çukurova ve Güneydoğu Anadolu bölgelerimizde yoğunlaşmıştır.

1. Ege Bölgesi : Gediz, Büyük – Küçük Menderes ve batı Akdeniz Havzaları
2. Çukurova Bölgesi : Seyhan, Ceyhan, Asi havzaları
3. Antalya Bölgesi : Antalya, Finike, Kalkan, Serik, Manavgat ve Alanya Ovaları
4. Diğer Bölgeler : Güney Doğu, Meriç, Susurluk; Aras, Dicle, Fırat havzaları
(www.tekstilokulu.com/forum/forum_posts.asp?TID=147, 2008)

1960 – 1986'lı yıllara kadar en fazla üretimin Çukurova bölgesinde olduğu; bunu, Ege, Antalya ve GAP bölgelerinin izlediği; 1980'li yıllardan sonra Çukurova ve Antalya bölgelerinde, özellikle ekim alanlarının azalmasına bağlı olarak, önemli bir üretim azalışının olduğu; Ege bölgesinde 1997 yılına kadar bir üretim artışı olmasına karşın, son yıllarda ufak dalgalanmalarla üretimin, oldukça stabil bir yapıda olduğu; GAP bölgesinde ise 1999 yılı dışında sürekli bir üretim artışının olduğu; özellikle 2000'li yıllardan sonra bu artışın, 400.000 ton gibi bir üretim düzeyinin üzerine çıktığı dikkati çekmektedir (www.tekstilokulu.com/forum/forum_posts.asp?TID=147, 2008).

2.2.3.1. Ege Bölgesinde pamuk üretimi

Yurdumuzda en kaliteli diyebileceğimiz pamuk bu bölgemizde üretilmektedir. Bölge pamuğuna olan yurt içi ve yurt dışı talepte bunu doğrulamaktadır.

Nazilli 84: Coker Caroline Queen ve 153 F çeşidinin melezi olup lif çırçır randımanı %43-44 lif uzunluğu 28-29 mm, lif inceliği 4,4-4,5 mikroner (mic.) ve lif mukavemeti 78-79 pressley indexdir. Bölgemizde halen %93 oranında ekilmektedir.

Nazilli 87: Sahel-1 ile Taşkent-1 çeşitlerinin melezlenmesiyle elde edilmiştir. Lif çırçır randımanı %38-39, lif uzunluğu 29-30 mm, lif inceliği 4,2-4,4 mic. ve lif mukavemeti 79-82 pressley indexdir. Ekim oranı %3 civarındadır.

Nazilli M-503: Melezleme islahı ile elde edilen çeşidin lif çırçır randımanı %40-41, lif uzunluğu 29-30 mm, lif inceliği 4,2-4,3 mic. ve lif mukavemeti 75-79 pressley indexdir. Bölgede %1 oranında ekim alanı mevcuttur.

Nazilli 143-F: Nazilli 87 çeşidi ve Coker 4104 (75/3) grubunun melezidir. Lif çırçır randımanı %40-41, lif uzunluğu 28-29 mm, lif inceliği 4,0-4,5 mic. ve lif mukavemeti 80-85 pressley indexdir. Ekim oranı %3 civarındadır (www.taris.com.tr, 2008 www.tekstilokulu.com/forum/forum_posts.asp?TID=147, 2008).

2.2.3.2. Çukurova Bölgesinde pamuk üretimi

Çukurova bölgesinde üretim son yıllarda etkili olan hastalık ve zararlıların etkisiyle, bu bölgemizde pamuk ekiminin ekonomik olmaktan çıkması nedeniyle düşmüştür. Bu bölgede olaydan en fazla etkilenen ilimiz pamuk depolarından biri olan Adana ili olmuştur.

Çukurova 1518: Yaygın Olarak ekimi yapılmaktadır. Zirai Mücadele ilaçlarına karşı toleranslıdır. Solgunluk hastalığına karşı duyarlıdır. Lif rengi beyaz, uzunluğu 29.5 mm., inceliği 4.57 mic., mukavemeti 85.3 pressley index ve çırçır randımanı % 42.4' tür.

Carolina Queen: 70-125 cm. boyunda, yaprakları orta büyüklükte, kozalar orta irilikte ve yuvarlakça, kozaların kütlü ağırlığı 5-6 gr. ve 100 tohum ağırlığı 9-10 gr.dır. Zirai mücadele ilaçlarına karşı reaksiyonu normaldir. Lif rengi beyaz, uzunluğu 29-31mm., inceliği 4,4-4,6 mic., mukavemeti 83-85 pressley index ve çırçır randımanı:% 39-42'dir.

Sayar 314: Uzun boylu, kuvvetli ve ağırlığı 10 gr. ve havları sık ve beyazdır. Lif rengi beyaz, inceliği 4,4-4,5 mic., uzunluğu 29-30 mm., mukavemeti 77 -80 pressley index ve çırçır randımanı % 41 -42'dir.

Adana-98: Hafif tüylü, büyümesi kuvvetli, yaprak şekli okra, kozalar 4-5 çenetli,bitki şekli konik, 100 tohum ağırlığı 9-11 gr., havları beyaz, hafif grimsi ve sıktır. Lif rengi beyaz, uzunluğu 29.5-31.5 mm., inceliği 4,81 mic., mukavemeti 85-86 pressley index ve çırçır randımanı %42'dir (www.tekstilokulu.com/forum/forum_posts.asp?TID=147, 2008).

2.2.4. Pamuğun ekonomik önemi

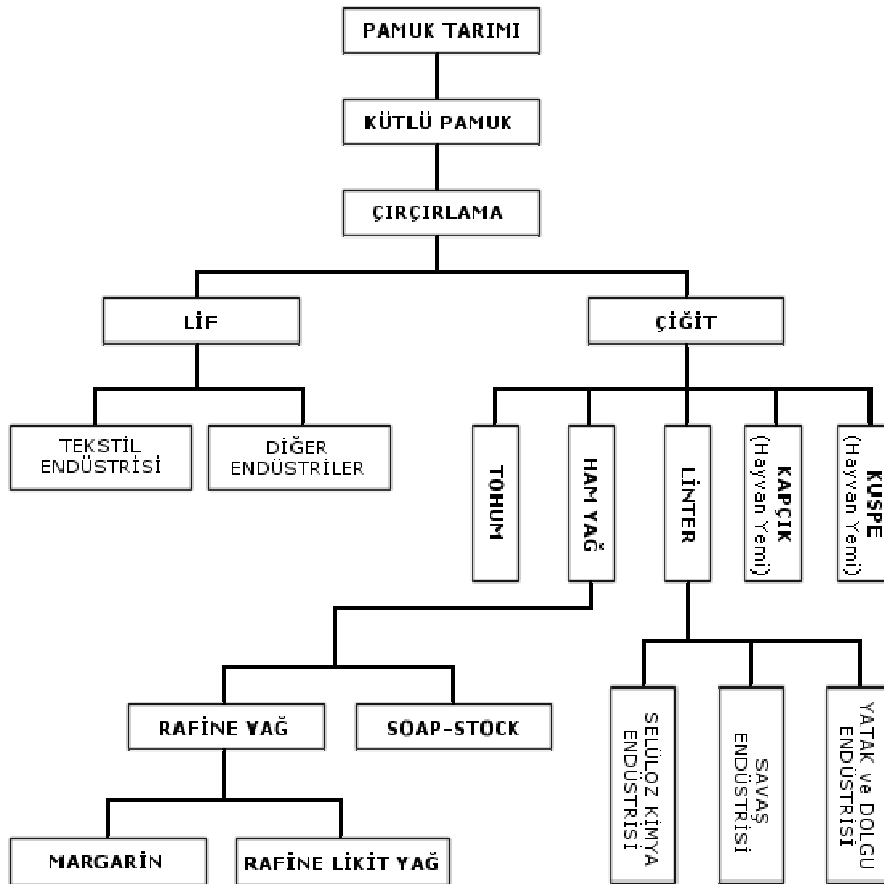
Bitkisel bir tekstil hammaddesi olan pamuk değişik kullanım alanlarıyla ülkemiz ve dünya tarım, sanayi ve ticaretinde önemli bir konuma sahiptir. Dünya nüfusunun hızla artması, öte yandan sanayileşen ve kalkınan toplumlarda hayat seviyesinin yükselmesi pamuk tüketim ve gereksinimi arttırmıştır. Pamuk lifi, son verilere göre tekstil bitkileri içerisinde son 10 yılda kullanımı en yüksek olan liflerdendir. Geçtiğimiz 30 yıl içerisinde toplam dünya pamuk tüketimi %50'nin üzerinde artarak, yaklaşık 19 milyon tona ulaşmıştır. Kimyasal lifler hala tüketilen lifler içerisinde daha yüksek bir paya sahip olmalarına rağmen, insanların doğal maddelere olan tutkularının artması ve

kimyasal liflere doğal liflerdeki birçok özelliğin kazandırılmaması sebebiyle pamuk, cazibesini artan bir şekilde muhafaza etmektedir.

2.2.5. Pamuğun genel kullanım alanları

Endüstri bitkileri içinde lif ve yağ bitkilerinin her ikisine de giren pamuk, birçok sanayinin temel hammaddesini karşılayan önemli bir bitkidir. Lifi ile tekstil sanayinin, çekirdeğinden elde edilen pamuk yağı ile bitkisel yağ sanayinin, kapçık ve küspesi ile yem sanayinin, ayrıca lifleri ile de selüloz sanayinin hammaddesini teşkil etmektedir. Aşağıdaki şemada pamuğun genel olarak kullanım alanları görülmektedir.

Tablo 2.2. Pamuğun Kullanım Alanları



(Kaynak: www.taris.com.tr, 2008)

Günümüzde 69 ülkede tarımı yapılan pamuk, gerek lifi gerekse çiğidinden elde edilen yağı ve diğer yan ürünleriyle ekonomik değeri çok yüksek olan bir bitkidir. Lifi doğal oluşu, teri absorbe edişi, ısıtılıp kaynatıldığında diğer liflere göre sağlam kalışı, statik elektriği daha az iletmesi, hava geçirgenliği ve hijyenik özellik taşıma avantajları ile beşeri ihtiyaçların karşılanmasında diğer bitkisel ve sentetik elyaflara tercih edilmektedir.

Pamuk tohumlarında ortalama %20 oranında bulunan çiğit yağı ile bitkisel yağ, linteri ile de selüloz sanayinin hammaddesini teşkil etmekte, kalan aminoasitlerce zengin küspesi ise hayvan beslenmesine katkıda bulunmaktadır. Pamuk bitkisi dünyada soya fasulyesinden sonra ikinci önemli bitkisel yağ kaynağıdır. Dünya pamuk yağı üretimi 3,8-4,3 milyon ton arasında değişirken ülkemizde 130-150 bin ton arasında olup bitkisel yağ ihtiyacımızın %25 'ini karşılamaktadır (www.taris.com.tr, 2008).

2.2.6. Lif bitkisi olarak pamuk

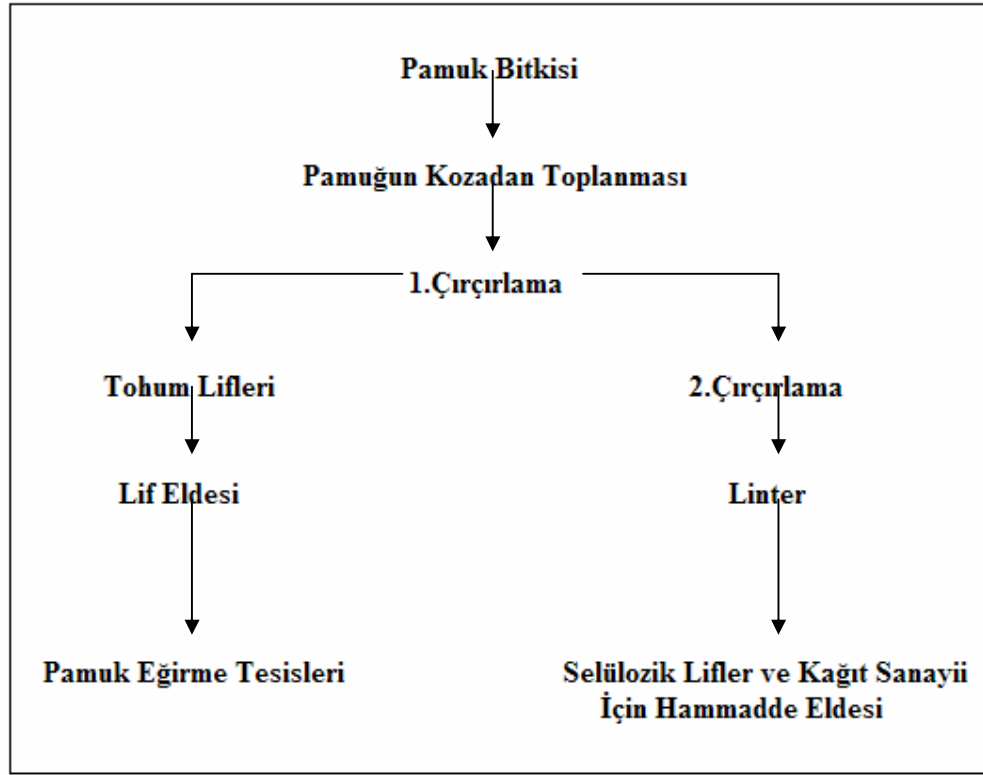
Pamuk çok önemli bir lif bitkisidir. Pamuk lifi, pamuk mahsulünün ekonomik değerinin % 85'ini teşkil etmektedir. Pamuk lifi tekstil sanayisinde hammadde olarak kullanıldığı için büyük önem taşımaktadır. Sentetik ve rejenere lif üretimindeki artışlar nedeniyle toplam lif üretimindeki payı oluşmaktaysa da, pamuk lifi özelliklerinde yapay lif elde edilemediğinden vazgeçilemez bir lif bitkisi olan pamuk ekonomik olarak Türkiye'de ve dünyadaki önemini korumaktadır (www.tekstilokulu.com/forum/forum_posts.asp?TID=147, 2008).

Açık sarı ve pembe çiçeklerden oluşan pamuk bitkisinin olgunlaşma zamanında, çiçeklerden patlayan ceviz büyüklüğünde kozalar meydana gelmektedir. Üç ile beş bölmeye sahip kozanın her bir bölmesinde kahve tanesi büyüklüğünde ona yakın tohum taneciği vardır. Her bir tohum taneciğinin yüzeyi çok ince tohum lifleri ile sarılıdır.

Hasat zamanında tohum lifleri patlamış kozalardan tohumlarla beraber el veya makinelerle toplanır ve daha sonra tohumdan arındırma yerlerinde ırır makineleri ve ırırlama işlemi ile tohumlardan temizlenir. Jüt ve metal şeritlerle sarılmış ve sıkıştırılmış balyalar halindeki pamuk daha sonra eğirme tesislerine götürülür. Pamuğun elde edilişi aşağıdaki tablodaki gibidir.



şekil 2.6. Pamuk Lifinin Kozadaki Görünümü
(Kaynak: www.taris.com.tr, 2008)

Tablo 2.3. Pamuğun Eldesi

(Kaynak:Komisyon 2001, Tekstil Teknolojisi I-II)

2.2.7. Pamuk lifinin bileşimi

Pamuk lifinin bileşimi selüloz, pektin, şeker, yağ, vaks, protein, kül vb. maddelerden oluşmaktadır.

Selüloz: Genel formülü $(C_6H_{10}O_5)_n$ olan bir polisakkarittir. Makromoleküller β -D glikoz yapı taşının 1. ve 4. karbon atomu üzerinden, oksijen köprüleriyle birbirine bağlanması sonucu oluşmuştur. Lifin yaklaşık %94'lük kısmını oluşturmaktadır.

Pektin: Selülozun hücre çeperinde kalsiyum, magnezyum ve demirin erimeyen tuzları halinde bulunur. Lifin yaklaşık %1,2'lik kısmını oluşturmaktadır.

Yağlar ve Vaksler: Yağlar genel olarak gliserinin yağ asitleri ile esterleşmesi sonucunda meydana gelen ürünlerdir. Vaksler ise yağ asitlerinin uzun zincirli monohidrik alkollerle

esterleşmesi sonucu meydana gelen maddelerdir. Lifin yaklaşık %0,6'lık kısmını oluşturmaktadır.

Proteinler: Asparik ve glutamik asit. Lifin yaklaşık %1,3'lük kısmını oluşturmaktadır.

Organik Maddeler: Maleik asit ve sellebios. Lifin yaklaşık %1'lik kısmını oluşturmaktadır.

Kül: Külün bileşimi pamuğun bileşimine bağlı olarak değişmektedir. Lifin yaklaşık %1-1,5'lük kısmını oluşturmaktadır. Çeşitli pamuk örneklerinin yakılması ile elde edilen bileşimler şu şekilde saptanmıştır :

Potasyum karbonat %45, Potasyum fosfat %11, Potasyum klorür %10, Potasyum sülfat %9, Kalsiyum fosfat %9, Magnezyum fosfat %8, Demir oksit %3, Diğer artıklar %1 (Aniş 2003, www.tekstilokulu.com/forum/forum_posts.asp?TID=147, 2008)

Tablo 2.4. Olgun ve Olgun Olmayan Pamuğun Bileşimi

	Olgun Pamuk	Olgunlaşmamış Pamuk
Selüloz	%90-95	Azalıır
Pektin	%0.7-1.2	-
Şeker	%0.3	-
Yağlar ve Vakslar	%0.4-1.0	Artar
Protein	%1.1-1.9	Artar
Kül	%0.7-1.6	-
Diğer Organik Madde	%0.5-1.0	Artar
Renkli Maddeler	Eser Miktarda	Artar

(Kaynak: Aniş 2003, Tekstil Ön Terbiyesi Ders Notları)

2.2.8. Pamuğun morfolojik yapısı

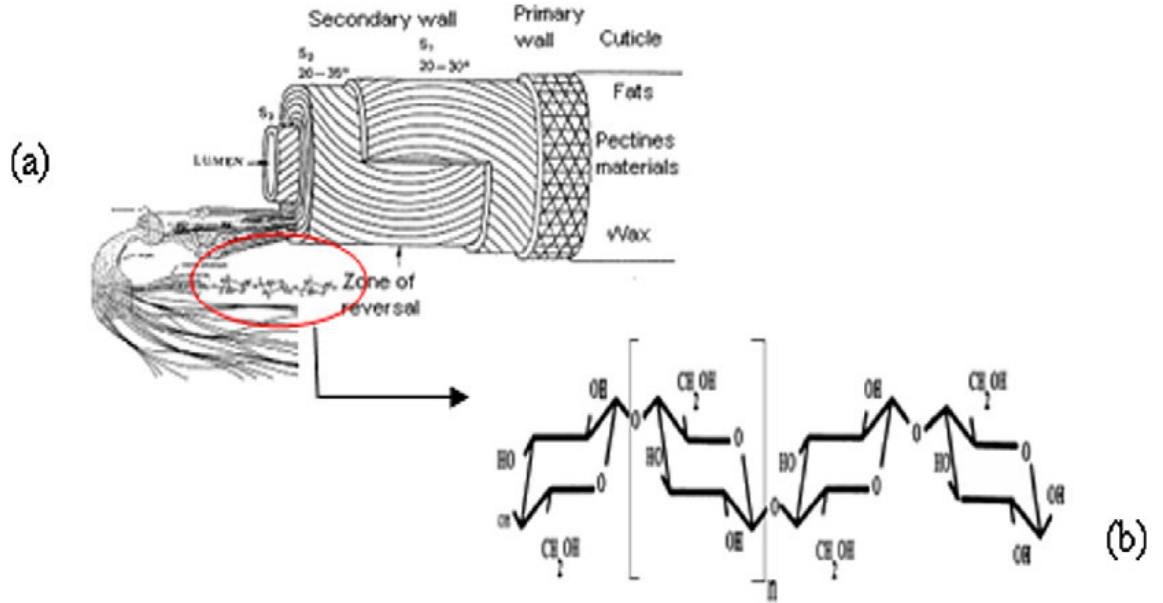
Pamuk morfolojik açıdan incelenirse dıştan içe doğru şu tabakalardan oluştuğu görülür:

Kütikül: En dışta bulunan ve lifi koruyan çok ince bir çeperdir. Bileşimi tam olarak bilinmemekle beraber kompleks yağ, vaks ve pektini içerdiği bilinmektedir. Pamuk lifinin yüzey dayanıklılığında büyük rol oynar.

Primer Çeper (1. Duvar): Pamuk lifinin üst epidermis hücrelerinin bazılarının uzaması ile tüp şeklinde oluşan lifin üstü ince bir zar ile kaplıdır. Bu zara prime çeper denilmektedir. Primer çeper başlıca selüloz içerir. Ancak primer çeperin selülozu fibriler bir yapıya sahiptir. Bu fibrillerin selülozu çözen maddelere karşı çok geç reaksiyon vermesi fibrillerin selülozdan başka safsızlık içerdiği kanaatini uyandırır. Bu safsızlık muhtemelen pektindir. Lif uzunluğu boyunca çap sabittir. Uçta konik şekilde sona erer. Çapı 20 mikron kadardır.

Sekonder Çeper (2. Duvar): Bu kısım lifin toplam ağırlığının %90'ını teşkil eder ve selüloz tabakalarından ibarettir. Açık ve koyu renkli halkalardan oluşur. Halkaların kalınlığı, pamuk lifi olgunluğu ile yakından ilgilidir. Selülozik çeper kalınlığı selülozik halka sayısına bağlı olarak değişir. Çeperdeki kalınlaşma lifin iç kısmına doğru olur. İlk tabakadaki fibriller (moleküllerin yan yana dizilmesiyle oluşan yığınlar) lif eksenine ile 20-30 arasında helis oluştururlar. 2. tabakadaki fibrillerin helis adımları daha küçüktür. 30-35 arasındadır. Pamuğun fiziksel özelliklerini belirleyen kısım bu tabakadır.

Lümen: Pamuk lifinin orta kısmında yer alan ve düzgün olmayan boşluğa lümen denilmektedir. Lifin büyümesi için gerekli olan maddelerin iletilmesinde kullanılan bu kanal lifin beslenmesini sağlamaktadır. Liflerin ilk teşekkülünde kalın olan bu kısım büyümenin ilerlemesi ve sekonder çeperin kalınlaşmasıyla gittikçe küçülür, daralır, ince bir çizgi halinde yerini selüloza terk eder. Olgun liflerde büzülmüş halde bulunan bu kanalda protein atıkları mevcuttur. Keza mineral tuzları ve renkli maddelerin belli bir kısmı burada toplanmıştır. Lümen alanı toplam alanın 1/3 'ünden 1/2 'sine kadar değişebilir. Lif kurduğunda ise bu oran 1/10 olmaktadır (Aniş 2003, www.tekstilokulu.com/forum/forum_posts.asp?TID=147, 2008).



Şekil 2.7. Pamuk Lifinde Bulunan Katmanlar

(Kaynak: Rjiba ve ark. 2007, A study of the surface properties of cotton fibers by inverse gas chromatography, Journal of Colloid and Interface Science 314 (2007) 373–380)

2.2.9. Pamuk lifinin özellikleri

2.2.9.1. Lif uzunluğu

Pamuk lifleri tohumun epidermis tabakasındaki bazı hücrelerin uzaması ile oluşmaktadır. Bu yüzden uzunlukları sınırlıdır. Lif karakterlerine göre pamuklar dört grup altında toplanırlar.

- 1) **Kısa lifli** : 26 mm.den kısıdırlar. Bu pamuklar kısa ve kalın olduklarından kaba mamullerin yapımında kullanılır. Dünya toplam pamuk üretiminde % 5 – 10'unu kapsar (örn. Doğu Hindistan'da *Bengal Cinsi*).

- 2) **Orta lifli** : Uzunlukları 26-29 mm arası olan pamuk lifleridir. Dünya üretiminin % 80 – 85’ni kapsar (örn. ABD.de *Upland* cinsi).
- 3) **Uzun lifli** : Uzunlukları 30-38 mm arası olan pamuk lifleridir. Dünya üretim miktarları yaklaşık 1,8 Milyon tondur. Ancak ülkemizde pek kullanılmamaktadır (örn. Mısır’da *Mako* cinsi).
- 4) **Çok Uzun lifli** : 39 mm.den uzun olan pamuk lifleri bu gruptandır. Tekstil endüstrisinde ince mamullerin yapımında kullanılır. Ancak yetiştirilmesi için özel iklim şartlarına ihtiyaç vardır. Ülkemizde pamuk pazarlamasında sadece lif derecesi dikkate alınmaktadır (örn. Güney Amerika’da *Peru* cinsi, ABD’de *Sea Island* cinsi) (Tekstil Teknolojisi I-II 2001, www.tekstilokulu.com/forum/forum_posts.asp?TID=147, 2008).

2.2.9.2. Lif inceliği

Pamuk lifleri kendi doğal kalınlıklarını çığıt üzerinde oluştukları ilk anda alırlar. İncelik pamuk türü ile alakalıdır. Lif inceliğini belirlemek için;

1. Lif çapının belirlenmesi

İncelik lif çapının mm olarak değeri ile verilir. Ancak bu büyüklüğü ölçmek zordur. Her bir lifin çapı 0,012 ile 0,045 arasında değişmektedir.

2. Lif numarasının tespiti

Lif inceliğini belirlemek için en iyi yol birim uzunluğa isabet eden ağırlığın tesbitidir. Buna uluslar arası tespitte lineer yoğunluk denilmektedir.

Pamuk lifi inceliği ölçümü için mikroner aletinden yararlanılmaktadır. Birim kütlenin yüzeyi inceliği ifade eden bir büyüklüktür. Buna pamuğun *mikroner değeri* denilmektedir. Bu değer numune içinden geçen hava akımına karşı numunenin gösterdiği direnci ifade etmektedir. Pamuk lifleri incelikleri bakımından 5 grupta incelenirler:

<u>Mikroner Değeri</u>	<u>Yorum</u>
3 'den az	Çok İnce
3 - 3.9	İnce
4 - 4.9	Orta
5 - 5.9	Kaba
6 'dan büyük	Çok Kaba

Türkiye 'de yetiştirilen pamuklar genellikle orta incelikteki pamuklar sınıfındadır (Tekstil Teknolojisi I-II 2001, Özdemir 2003).

2.2.9.3. Lif mukavemeti

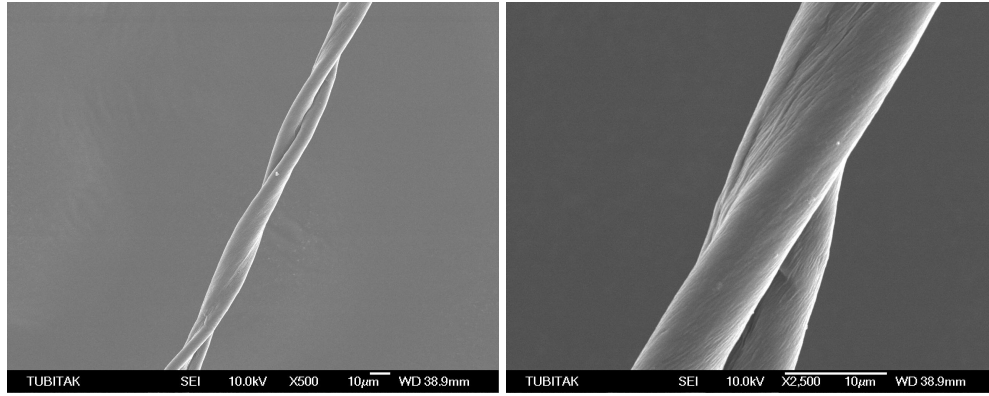
Pamuk liflerinde demet halinde lif mukavemeti kullanılmaktadır. Bu mukavemete Pressley Mukavemeti denilmektedir. Pressley mukavemetine göre pamuk lifleri şöyle sınıflandırılmaktadır:

<u>Presley İndeks</u>	<u>Yorum</u>
93 ve yukarısı	Mükemmel
87 – 92	Çok Kuvvetli
81 – 86	Kuvvetli
75 – 80	Orta
70 – 75	Oldukça Sağlam
70 ve aşağısı	Zayıf

Türkiye 'de yetiştirilen pamuklar genellikle kuvvetli ve çok kuvvetli pamuklar sınıfındadır. Ortam rutubeti arttıkça lif mukavemeti artış göstermektedir (Özdemir 2003).

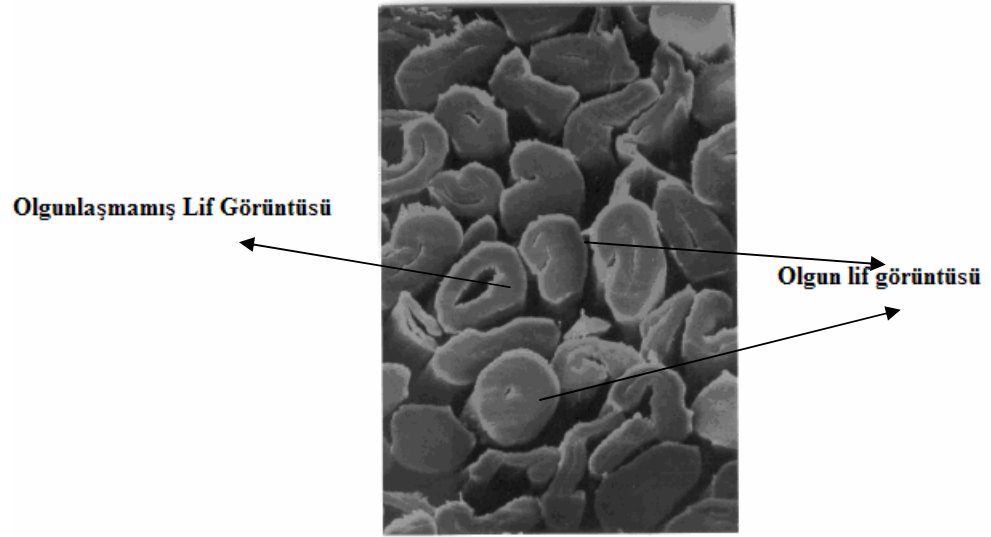
2.2.9.4. Mikroskop altındaki görüntüsü

Pamuk lifleri kıvrımlı değildir. Mikroskop altında bakıldığında lifin kendi çevresinde dönüşler yaptığı görülür.



Şekil 2.8. Pamuk Lifinin Yapmış Olduğu Kıvrımlar

Enine kesitleri fasulye (böbrek) şeklindedir. Ayrıca orta kısmında lümen görülmektedir. Lümenin etrafında selülozik bir duvar bulunur. Olgunlaşmamış pamuk lifinde hücre kalınlığı ince, kıvrım sayısı da azdır. Olgun pamuk liflerinde ise lümen küçülmüş sekonder çeper ise fazlalaşmıştır (Tekstil Teknolojisi I-II 2001, Özdemir 2003).



Şekil 2.9. Lif Enine Kesit Görüntüsü
(Kaynak: Türkiye V. Pamuk, Tekstil Ve Konfeksiyon Sempozyumu Bildirileri
Nisan 2002)

2.2.9.5. Lif rengi

Pamuk liflerinin rengi yetiştiği bölgeye değişim göstermektedir. Amerika 'da yapılan sınıflandırma şu şekildedir:

Ekstra Beyaz	Hafif Lekeli
Beyaz	Sarı Lekeli
Lekeli	Gri Lekeli
Boyalı	Mavi Lekeli

Renkli pamuklar beyaza göre daha düşük kalitelidirler (Özdemir 2003).

2.2.9.6. Lif yoğunluğu

Lif yoğunluğu $\rho = 1,52-1,55 \text{ gr./cm}^3$ arasında değişim göstermektedir (Türkiye V. Pamuk, Tekstil Ve Konfeksiyon Sempozyumu Bildirileri 2002).

2.2.9.7. Lif parlaklığı

Pamuk doğal bir matlığa sahiptir. Mercerizasyon işlemi ile kolayca parlatılabilmektedirler.

2.2.9.8. Nem çekme özelliği

Normal şartlarda kendi ağırlığının % 8,5' i, aşırı nemli ortamlarda ise % 32 'si kadarlık nem çekme özelliğine sahiptirler.

2.2.9.9. Kimyasal ve zararlılara karşı dayanım

Kuvvetli asitlere karşı dayanım zayıf, kuvvetli bazlara karşı dayanımları ise iyidir. Küf mantarlarından çok çabuk etkilenirler.

2.3. Rayon Lifleri

2.3.1. Tarihçe

Rayonlar, 150 yıl kadar önce sahte ipek adıyla ortaya çıkmış olan ilk insan yapımı liflerdir. Doğal materyallerin az bulunmaları ve yüksek doğal değere sahip olmaları nedeniyle, daha kolay ve daha düşük maliyetlerde taklitlerinin üretilebilme ihtimalleri düşünülmüş ve sahte ipek üretimi için ilk denemeler yapılmaya başlanmıştır. 1855

yılıının başlarında ilk deneysel alışma İsveçli bir kimyacı olan Audemars tarafından, hammadde olarak dut yapraklarının kullanıldığı, selüloz nitrat liflerinin üretilmesine yönelik yapılmıştır.

Audemars'ın ardından, 1878 yılında Chardonet, konu üzerindeki çalışmalara devam etmiş ve 1885 yılında eter ve alkol içerisindeki selüloz nitrat solüsyonundan lif çekimini yaparak ilk defa nitrat rayonunun ticari anlamda üretilmesini gerçekleştirmiştir.

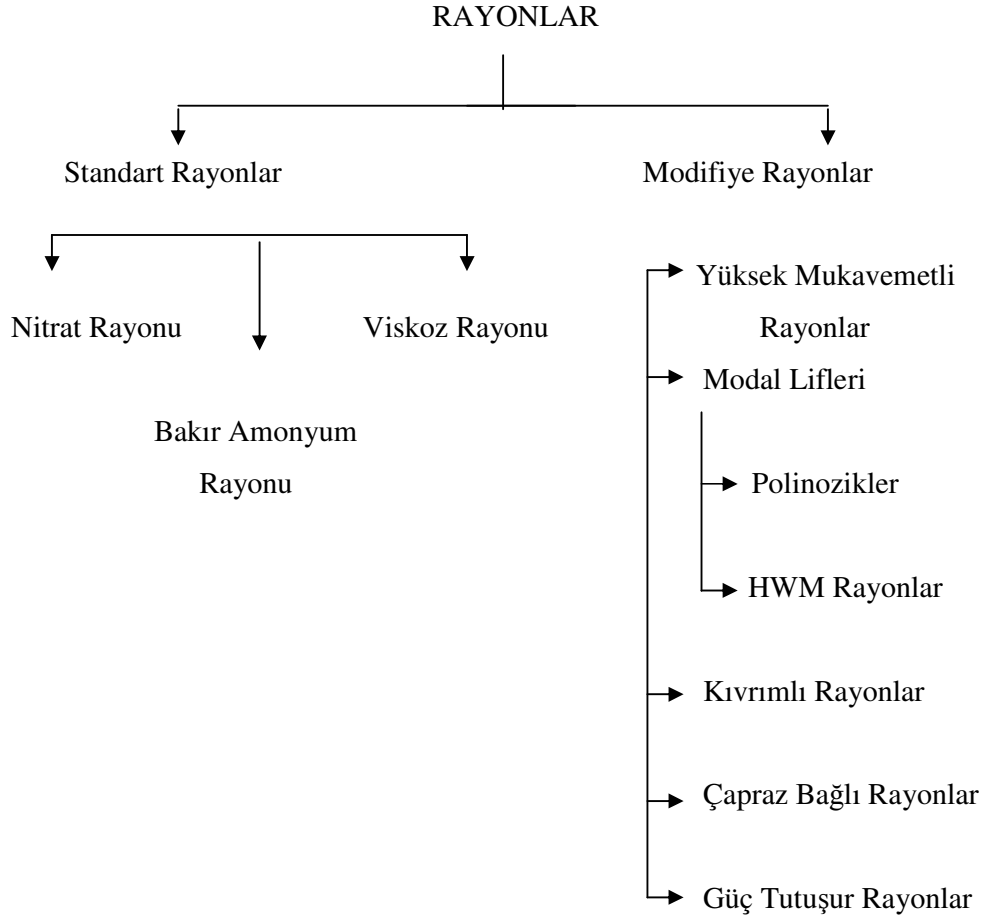
1890 yılında L. Henry Despaissis, daha farklı bir yöntem denemiş ve bakır amonyum solüsyonu içerisinde selülozu eritip, bundan filament halde lif çekimini gerçekleştirmiştir. Ancak bu yöntem Despaissis'in ölümlü üzerine unutulmuş ve 1892 yılında Bronnert, Fremery ve Urban tarafından tekrar kullanılmaya başlanmıştır. Chardonet' in selüloz nitrat liflerinin, çabuk yanma riski dolayısıyla selüloz nitratlara göre daha güvenli olan bakır amonyum liflerinin ticari olarak kabulü hızla gerçekleşmiştir.

Selülozu, kontinü sentetik filamente dönüştürmenin üçüncü bir yolu, Cross, Bevan ve Beadle tarafından alkali selüloz ile karbon disülfid arasındaki reaksiyonun keşfedilmesi neticesinde bulunmuş ve bu yöntem 1895 yılında İngiltere'de patent verilmiştir. Viskozdan yapılan filamentler ilk olarak elektrik lambalarının üretiminde kullanılmış, ancak viskoz ipeğinin kumaşta ilgi çekici özelliklerinin olduğunun kabul edilmesi de uzun sürmemiştir.

II. Dünya Savaşı sırasında ve hemen sonrasında, viskoz üretiminde çok yönlü banyoların kullanılması, çekim yardımcıları ve modifikatörlerin geliştirilmesi, çekimin arttırılmasıyla oryantasyon ve mukavemet değerlerinin iyileştirilmesi gibi kimyasal modifikasyonlar kadar etkili, çeşitli yenilikler meydana gelmiştir. Bu yeni geliştirilen rayon tipleri, sıradan rayon tiplerine göre daha yüksek mukavemet, alkalilere karşı daha yüksek dayanım ve daha gelişmiş boyanma özelliklerine sahip olup, rayon tipine ve kumaş konstrüksiyonuna bağlı olarak, pamuk veya ketene ya da ipek veya yüne benzemektedirler.

Rayon liflerinin genel olarak sınıflandırılması aşağıdaki tabloda görüldüğü gibidir.

Tablo 2.5. Rayon Liflerinin Sınıflandırılması



(Kaynak: Güler 2005, Farklı Rayon Tiplerinin Yorulma Davranışlarının İncelenmesi)

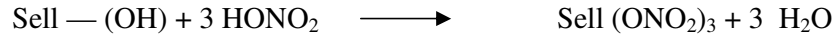
Günümüzde ise, dünyadaki sentetik lif üretiminin önemli bir kısmını, çeşitli tipteki rayon lifleri oluşturmaktadır.

2.3.2. Nitrat rayonu

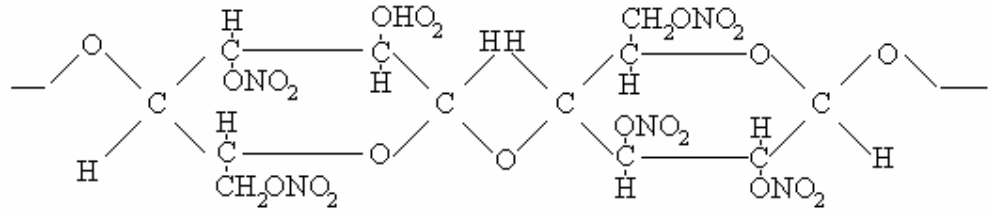
Nitrat rayonu günümüzde kullanılmamakla birlikte, kimyasal lif üretimine temel oluşturduğundan dolayı önem taşımaktadır.

2.3.2.1. Nitrat rayonunun üretimi

Bu liflerin üretiminde linterler veya selüloz maddesi kullanılmaktadır. Bu hammaddeler gördükleri bazik işlemin ardından; %40 sülfirik asit, %40 nitrik asit ve %20 su içeren çözeltide 45 °C de 2 saat işleme tabii tutulur. Bunun sonucunda selüloz nitrat elde edilir. Elde edilen selüloz nitrat, %40 oranında eter ve %60 oranında alkol karışımı içerisinde çözündürülür, ve **kollodyum** adı verilen koyu kıvamlı bir sıvı oluşur. Bu sıvının düzelerden çekilip katılaştırılması ile uzun filamentler halinde, ipeğe benzeyen nitrat rayonu lifleri üretilmiş olur.



%40 HNO₃ + %40 H₂SO₄ + %20 Su, 2 saat, 45 °C de

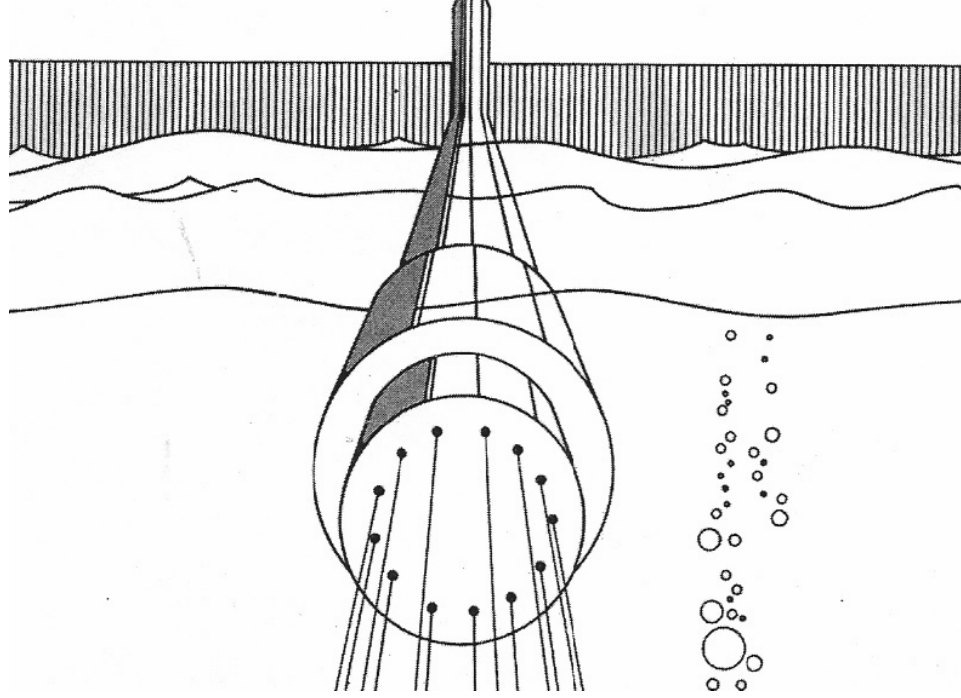


Şekil 2.10. Selüloz Nitrat
(Kaynak: Harmancıoğlu 1981, Rejenere Selülozik Lifler)

Düzelerden çekilen kollodyum sıvısının sertleştirilmesi yaş çekim ya da kuru çekim yöntemlerinin uygulanması ile gerçekleştirilebilir:

a) Yaş çekim:

Selüloz nitratın kıvamlı eriyiği, düzeler vasıtasıyla doğrudan soğuk su banyosuna püskürtülür, ve bu soğuk su içerisinde filamentlerin katılaşması gerçekleşir. Bu filamentlerin bobinlere sarımı sırasında ise gerilim uygulanarak bir miktar uzamaları sağlanmış olur.

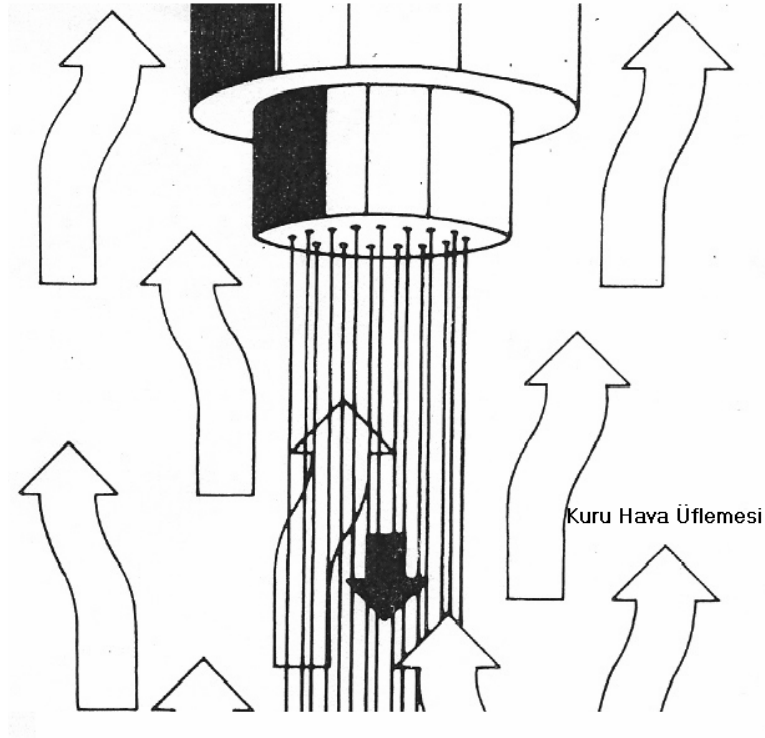


Şekil 2.11. Yaş Çekim

(Kaynak: Güler 2005, Farklı Rayon Tiplerinin Yorulma Davranışlarının İncelenmesi)

b) Kuru çekim:

Bu yöntemde ise, selüloz nitratin kıvamlı eriyiği düzeler vasıtasıyla soğuk su banyosu yerine, sıcak hava içerisine püskürtülerek filamentlerin katılaşması sağlanır. Filamentler önce bir miktar bükülür, ardından katlanır ve son olarak da çileler haline getirilirler.



Şekil 2.12. Kuru Çekim

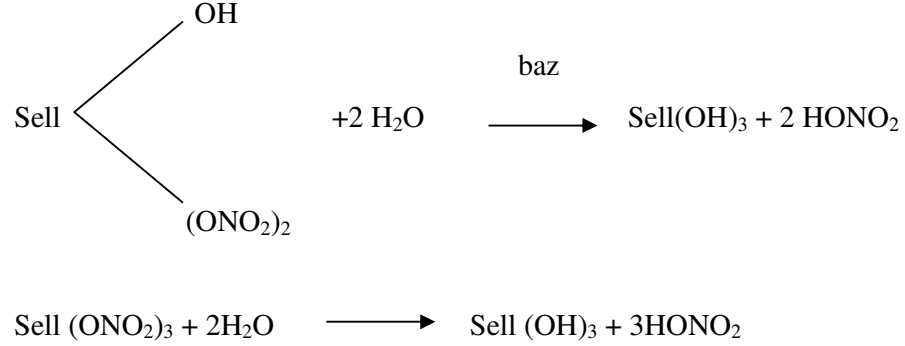
(Kaynak: Güler 2005, Farklı Rayon Tiplerinin Yorulma Davranışlarının İncelenmesi)

Nitrat rayonlarının, çabuk alev alma özelliklerini iyileştirmek amacıyla liflere birtakım işlemler uygulanır. Bu amaçla, filamentler, yaş ve kuru çekim sonrasında denitrifikasyon veya purifikasyon adı verilen işlemlere tabii tutulurlar.

a)Denitrifikasyon

Selüloz nitrat liflerinin çile veya bobinleri, yaklaşık olarak 20 saatlik bir süre ile 65 °C sıcaklıkta amonyum hidrosülfid çözeltisinde veya 12 saat süre ile 35 °C sıcaklıkta sulfo karbonat çözeltisinde işleme tabii tutulurlar. Bu işlemler sırasında, özellikle sıcaklık ve süre kontrolüne önem verilmelidir. Aksi halde, liflerin tutum, parlaklık, boya absorbe etme vb. nitelikleri bozulabilmektedir. Denitre edilmiş lifler bu işlemin ardından yaklaşık %0,05 oranında azot içermelerine rağmen, ağırlıklarından önemli

miktarlarda kaybederler. Denitrifikasyon işleminin sonrasında, bu nedenden ötürü liflerin ayrıca temizlenmesine gerek duyulur.



b) Purifikasyon

Purifikasyon işleminde, selüloz nitrat liflerinin, içerdikleri azot, demir tuzları gibi yabancı maddelerden tamamıyla arınabilmeleri için, önce bol su ile iyice yıkanmaları gerçekleştirilir. Daha sonra seyreltik klorik asit çözeltisi ile yıkama yapılarak demir sülfat kalıntıları yok edilir. Bundan sonra yeniden yıkama uygulanır ve ağartılırlar. Ağartma işlemi, hipoklorit çözeltileri veya hidrojen peroksit kullanımıyla yapılır. Bundan sonra bol su ile çalkalanır, santrifüj edilir ve kurutulurlar.

2.3.2.2. Nitrat rayonunun özellikleri

Nitrat rayonları; kuru tutumlu, yüzeyi pürüzlü ve saman gibi hafif liflerdir. Mavimtrak beyaz bir renk ile madensel bir parlaklıkları vardır. Özgül ağırlıkları 1,56-1,66 g/cm³ arasında değişmektedir. Mikroskop altında enine kesit görünüşleri düzgün değildir.

Bu lifler, %11-13 oranında nem absorbe edebilirler. Havadaki nem miktarı yükseldiğinde, bu değer de %14'e kadar yükselebilir. Bazik boyarmaddeleriyle çok rahat boyanabilirler. Ayrıca nitrat rayonları, alkali hidroksitlerin etkilerine karşı çok duyarlı liflerdir.

2.3.3. Bakır amonyum rayonu

2.3.3.1. Bakır amonyum rayonunun üretimi

Bakır amonyum rayonu üretiminde, hammadde olarak odun hamuru ve pamuk linterleri kullanılmaktadır.

Liflerin üretiminde kullanılan hammaddelere, bazı ön işlemler uygulanır. Örneğin odun hamurundan selüloz eldesinde, odun hamuru, %17,5-18 kostik soda içerisinde 20 °C sıcaklıkta 30 dakika işleme tabii tutulur. Pamuk linterlerinden selüloz eldesinde ise, pamuk linterleri sulu kostik soda içerisinde 150 °C de bir süre kaynatılarak temizlenir ve sodyum hipoklorit yardımı ile ağartılırlar.

Bakır amonyum eriyiği ise bakır sülfatın amonyakta eritilmesiyle hazırlanır. Bu amaçla 1/3 oranında Cupratetrammino sülfat ve Cupratetrammino hidroksit alınır ve %3-4 oranında bakır ile %5-8 oranında amonyak içerecek şekilde mavi renkte bir eriyik hazırlanır.

Hazırlanmış olan bu eriyik ile ön işlem görmüş olan hammaddeler düşük ısıda karıştırılırlar. Bir miktar stabilize maddeleri ve yeteri kadar kostik soda ilavesiyle %10 oranında selüloz içerecek şekilde bir çözelti hazırlanır. Sonra da, bu çözelti nikel filtre kafeslerden geçirilerek süzülür ve havası alınarak lif çekimine hazır hale getirilir.

Çözelti 12-72 saat süreyle kendi haline bırakılır ve olgunlaşması sağlanır. Vakum yardımı ile havası boşaltılır ve basınçlı bir pompa ile düzeye sevk edilir. Düzedden çıkan filamanlar, bir cam huniye fişkırtılır. Bu huni, akan saf su ile doldurulur. Bu suretle, filamanların amonyumu ile bir miktar bakırı su tarafından giderilmiş ve selüloz pıhtılaştırılmış olur.

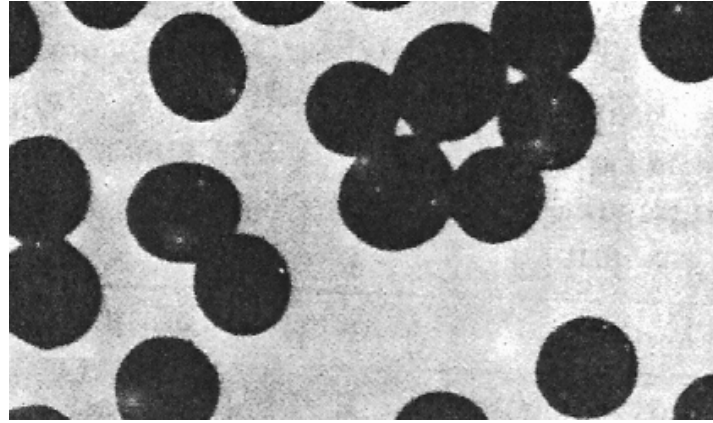
Bakır amonyum rayonu üretiminde geniş düze deliklerine sahip düzeler kullanılır. Fakat bakır amonyum filamanları koagüle banyosunda uzun teller halinde sertleştirilerek plastik bir madde haline getirildikten sonra, ayrıca gerdirilerek çekme

işlemine tabii tutulurlar. Bu sayede filamanlar, hem uzatılmış hem de istenildiği kadar inceltilmiş olurlar. Sonuçta, elde edilen bakır amonyum lifleri doğal ipek liflerine benzemiş olurlar. Bundan sonra, bakır rayonu filamanları tekrar bir germe-çekme işlemine tabii tutulduktan sonra, üzerlerinde kalan amonyum ve bakır sülfat kalıntılarının giderilmesi amacıyla asit banyosundan geçirilirler.

2.3.3.2. Bakır rayonunun özellikleri

Fiziksel özellikler

- Diğer rayon tiplerine göre daha ipeğimsi bir görünüme sahiptirler.
- Yumuşak tutumludurlar.
- Mikroskop altındaki enine kesitleri genellikle yuvarlaktır ve boyuna görüntüleri de düzgündür.



Şekil 2.13. Bakır Amonyum Liflerinin Enine Kesit Görünüşleri
(Kaynak: Harmancıoğlu 1981, Rejenere Selülozik Lifler)

- Özgül ağırlıkları 1,50-1,53 g/cm³ civarındadır.
- Genellikle çok ince çaplarda üretilirler(1-3 denye gibi).

- Kuru halde mukavemetleri 2,3 g/denye dir. Yaş halde mukavemetleri ise 1,1-1,3 g/denye ye düşebilir.
- Kuru halde iken uzama oranları %10-17, yaş halde ise %17-33 civarındadır. Esneklik miktarları ise %20-75 arasındadır.
- Bu liflerin, kuru oldukları zaman elektrik iletkenlikleri yoktur.

Kimyasal özellikler

- **Su etkisi;** bu lifler suyun etkisi ile mukavemet kaybına uğrarlar ve su, bu lifleri şişirir.
- **Asit etkisi;** sulu-sıcak ve yoğun-soğuk asitler hasara yol açarlar ve lifler, böyle bir ortamda parçalanırlar.
- **Alkali etkisi;** bakır rayonu lifleri, sulu alkali çözeltilere dayanıklıdır. Hafif oksidan maddeler ise liflerin parçalanmasına sebebiyet verir.
- **Mikroorganizmaların etkisi;** mikroorganizmalar liflere ıslak durumdayken zarar vermektedir.
- **Organik çözenler;** lifler, organik çözücülerden genellikle zarar görmezler.
- Bakır amonyum lifleri, normal koşullar altında bünyelerine %11-13 oranında nem absorbe edebilirler.
- Kolay yanar ve az miktarda kül bırakırlar.
- Uzun süre gün ışığına maruz kalmaları durumunda yapıları zayıflar ve sağlıkları azalır.

2.3.3.3. Kullanım alanları

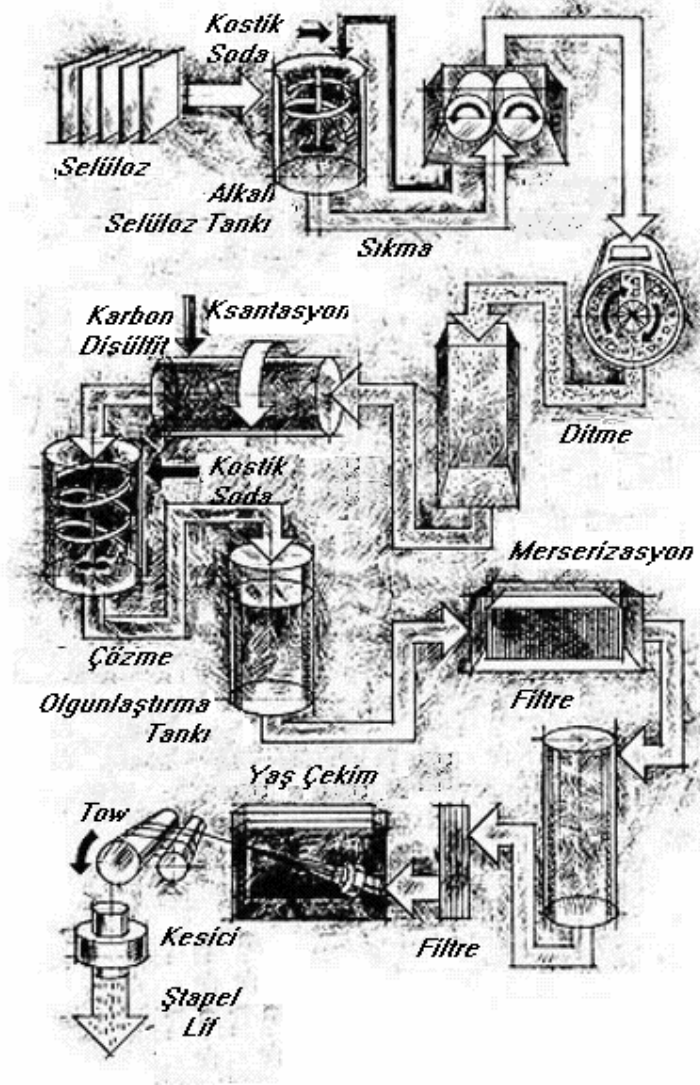
Bu liflerden oluşturulan kumaşlar yumuşaklık, ipeksi tutum, parlaklık, kayganlık ve dökümlülüğe sahip, hafif kumaşlardır. Bu nedenle özellikle şifon, saten, dantel, çeşitli iç çamaşırları, iç ve dış giyim üretiminde kullanımları tercih edilir. Ayrıca bluz, perdelik, kravat, spor giysisi, yatak örtüleri, döşemelik eşya ve bayrak bezi yapımında da kullanılabilirler.

2.3.4. Viskoz rayonu

2.3.4.1. Viskoz rayonunun üretimi

Normal bir viskoz rayonu prosesi aşağıdaki işlem adımlarından oluşmaktadır:

1. Alkali selüloz hazırlanması
2. Sıkma işlemi
3. Dıtme işlemi
4. Dinlenme adımı
5. Ksantasyon
6. Çözme, karıştırma ve olgunlaştırma adımı
7. Lif çekimi



Şekil 2.14. Viskoz Rayonu Prosesi
(Kaynak: Gupta ve Kothari 1997, Manufactured Fibre Technology)

a) Alkali selüloz hazırlanması:

Hammadde olarak odun hamuru ve pamuk linterleri kullanılmaktadır. %87-98 oranında selüloz içeren hammadde parçaları, %17,5-18 NaOH içeren çözelti içerisinde dik bir şekilde yığılır. Viskoz rayonu eldesinin bu ilk adımında selüloz, alkali selüloza dönüştürülür ve de yapıdaki hemiselüloz kısmı ayrılır. Ayrıca reçine kalıntıları da 30-60 dakika içerisinde uzaklaştırılırlar. Bu işlem için tercih edilen sıcaklık 18 °C dir.

Oluşan alkali selüloz yüksek reaktiviteye sahiptir ve birçok reaksiyonda selülozun sodyum tuzu gibi davranış gösterir.

b) Sıkma:

NaOH çözeltisi içerisinde bekletme işleminden sonra fazla alkaliyi uzaklaştırmak amacıyla hidrolik ramda presleme işlemi uygulanır. Bu presleme işleminde uygulanan ağırlık oranının yani, yaş alkali selüloz ağırlığının kuru odun hamuru ağırlığına oranının çok dikkatli bir şekilde kontrol edilmesi gerekir. Bu oran 2,7-3,0 arasında tercih edilmekle birlikte alkali selüloz bileşiğinin bileşen miktarına bağlı olarak belirlenir. Alkali selüloz bileşen oranlarına bağlı olarak, uygulanacak presleme miktarları aşağıdaki gibidir:

Tablo 2.6. Presleme Miktarları

Press-Ağırlık Oranı	SELÜLOZ	NaOH(%)	H₂O(%)
3,0	29,8	15,2	55
2,5	35,0	15,0	50

(Kaynak: Gupta ve Kothari 1997, Manufactured Fibre Technology)

Tablodan da anlaşılacağı üzere, pres miktarındaki varyasyonlar alkali selülozdaki NaOH içeriğini değiştirmiyor olsa da selüloz ve su içeriği miktarlarını değiştirmektedir.

Uygulanan pres miktarı, ditme, ksantasyon ve filtrasyon gibi daha sonraki işlem basamaklarının başarısını etkilemektedir.

c) Ditme işlemi:

Bu işlem preslenmiş olan alkali selülozun ince, küçük, yumuşak parçacıklar haline getirildiği bir işlemdir. Bu şekilde, alkali selülozun yüzey alanı artırılarak daha sonraki

adımlardaki reaksiyon yeteneğinin gelişmesi sağlanır. 25-35 °C sıcaklıkta 1-3 saatlik bir süre içerisinde gerçekleştirilir. Bazen polietilen glikol gibi yüzey aktif maddeler bu safhada eklenirler. Eklenen bu yüzey aktif maddeler, yüzey gerilimini arttırarak karbon disülfidin ve havanın geçeceği boşlukların oluşmasını sağlarlar.

d) Dinlenme adımı:

Bu adım oksidatif bir depolimerizasyon adımı olup istenen depolimerizasyon derecesinin eldesi için oldukça dikkatli bir şekilde kontrol gerektirir. Küçük parçalara ayrılmış olan alkali selüloz, dikdörtgen biçimindeki galvanize çelik kaplarda, üzeri kapatılarak 25-30 °C sıcaklıkta 1-3 gün süreyle depolanır. Bu sürede alkali selüloz, havanın oksijeninden etkilenecek depolimerize olur. Kap içerisinde bulunan havadaki oksijen miktarı yeterli seviyede olmalıdır. Aksi takdirde bulunacak fazla hava miktarı, küçük alkali selüloz parçalarının kurumasına yol açar. Ayrıca havadaki karbondioksit de ksantasyon ve filtrasyon adımlarını etkileyecek karbonatların oluşmasına neden olur. Bu nedenle kap içerisindeki gereğinden fazla hava uzaklaştırılmalıdır. Çözelti içerisine ilave edilen manganez ve kobalt gibi ağır metal tuzu katalistleri ve uygulanan yüksek sıcaklık değerleri ile dinlendirme adımının süresinin kısaltılması sağlanabilir. Eğer yüksek bir polimerizasyon derecesi isteniyorsa dinlenme adımı kullanılmayabilir. Örneğin; polinoziklerde olduğu gibi. Bazen dinlenme adımının merserizasyon adımı da kapsadığı düşünülür. Ancak, aslında, dinlenme ve merserizasyon adımlarının birbirlerinden farklı oldukları açıkça anlaşılabilir. Merserizasyon sırasında reaktivite artarken polimerizasyon derecesinde hiçbir kayıp meydana gelmez. Dinlenme sırasında ise kimyasal reaktivite, hidroliz oranı veya ksantat oluşumu ölçüsünde olup bir artış göstermez, ancak solüsyonun viskozitesi oldukça değişim gösterir.

e) Ksantasyon:

Dinlendirilmiş alkali selüloz çözeltisi, silindir şeklindeki hava geçirmeyen teknelere aktarılır ve kontrollü sıcaklıklar altında (20-30 °C) alkali selüloz ağırlığının %32-35'İ oranında karbon disülfid ile reaksiyona girmesi sağlanır. Çözeltinin içinde bulunduğu tekne, 1-3 saat süresince hızı 1-4 d/dak. olacak şekilde döndürülür. Karbon disülfidin

(CS₂) yaklaşık olarak %65'i selüloz ile tepkimeye girerek selüloz ksantatı oluştururken, geri kalan karbon disülfid de yan reaksiyonların oluşmasında etki gösterir.

Bu yan reaksiyonlar sırasında sarı olan selüloz ksantatın rengi Na₂CS₃ oluşumuyla portakal rengine dönüşür. Karbon disülfid içeriğinin ve ksantasyon süresinin artırılmasıyla, ksantasyon oranı artırılabilirken çözünürlük geliştirilememektedir.

f) Çözme, karıştırma ve olgunlaştırma adımı:

Selüloz ksantatın çözülmesi, karıştırıcı tertibatlarla donatılmış silindirik tanklar içerisinde yapılır. Bu tankların içerisinde %4-6'lık NaOH ve yeteri kadar su içeren çözeltiler hazırlanır. Daha sonra bunların içerisine selüloz ksantat ilavesi yapılarak, 15-17 °C'de 3-6 saatlik bir karıştırma işlemi uygulanır. Bu işlem sonunda selüloz ksantat, portakal renginde-kıvamlı bir sıvı halini alır. Ve buna “**viskoz**” adı verilir.

Bu çözeltilerden elde edilen liflerin rengi parlaktır. Mat veya yarı parlak renk elde edilmesi isteniyorsa, baryum sülfat ve titanyum dioksit gibi pigment maddeler çözeltiliye eklenir. Bu şekilde elde edilen viskoz çözeltilisi bir pompa vasıtasıyla olgunlaşma oda ve kaplarına sevk edilir.

Olgunlaşma işlemi, 15-20 °C sıcaklıkta 2-4 gün zaman alır. Bu sürede viskoz çözeltilisi dikkatli bir sıcaklık kontrolü altında tutulur ve sık sık filtre işlemine tabii tutulur. Çözelti belli bir viskozite kazandığında lif çekimi adımına geçilir.

g) Lif çekimi:

Viskozun lif halindeki çekimi, temel olarak rejenerasyon reaksiyonundan oluşur, ve basitçe asit dekompozisyon reaksiyonuyla selüloz ksantattan rejenere selüloz elde edilmesidir.

Düzelerde çıkan viskoz filamentleri banyoya girişlerinde koagüle olurlar ve banyodaki asidin filamentlerin içerisine difüzyonuyla rejenere selüloz oluşmuş olur. Bu

sırada viskoz liflerinin uzatılmasıyla, lif eksenini doğrultusunda selüloz moleküllerinin oryantasyonu sağlanır.

Standart bir rayon eldesi için hazırlanan konvansiyonel viskoz banyosunda bulunan kimyasallar şöyledir:

- Na_2SO_4
- H_2SO_4 (rejenerasyon ajanı)
- ZnSO_4 (Bileşik oluşturuçu ajanlar)

Standart viskoz rayon çekiminde, %32 karbon disülfid (CS_2) ile yapılan 30-50 poise'luk viskoziteye sahip viskoz, asit ve tuz içeren lif çekim banyosu içerisinde çekilir. Çekim sıcaklığı 50-54 °C ve çekim hızı ise 120 m/dk 'lara kadar çıkabilir.

Çekim banyosu bileşimi ise aşağıdaki gibi olabilir:

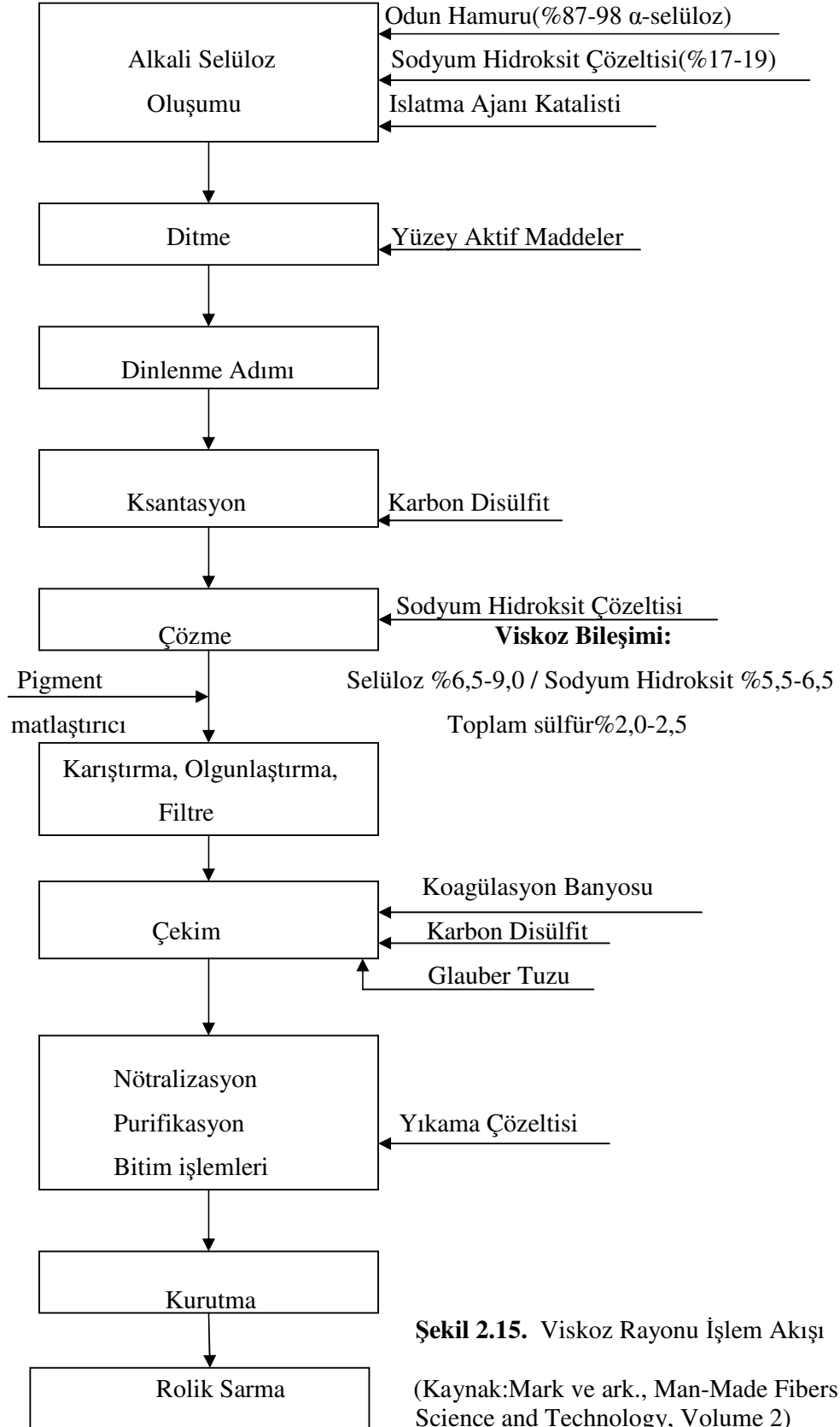
- %8-10 H_2SO_4
- %16-24 Na_2SO_4
- %1-2 ZnSO_4

Filamentler banyoda şekil alırken, aynı zamanda sülfürün değişime uğrayarak filament yüzeyinde tortular bıraktığı prosesler de meydana gelir. Sonraki bitim işlemleri aşamasında filamentler, yıkama ve desülfürizasyon işlemine tabii tutulurlar. Desülfürizasyon işleminde sodyum sülfid içeren bir solüsyonla muamele ile, filament yüzeyindeki sülfür tortularının çözünmesi sağlanır. Ayrıca hipoklorit, hidrojen peroksit ya da sodyum klorit ile ağartma, sabunlama, liflerin yumuşatılması için yağlama ve son olarak da kurutma işlemleri uygulanır. Eğer rayon lifleri, kesikli olarak kullanılacaksa döner kesici sistemler ile kesilirler ve böylece pamuk liflerinin kullanıldığı yerlerde kullanılabilir hale getirilirler.

Modern çekim banyosu sistemleri 2 farklı şekilde tanımlanabilir;

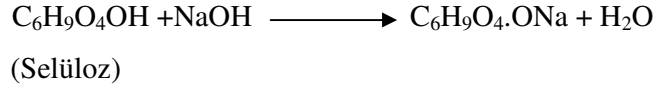
1. ınko içeren çekim banyoları
2. ınko içermeyen çekim banyoları

ınko içeren çekim banyosu sistemleri standart rayon, kıvrımlı rayon, modifiye HWM (yüksek yaş modüllü) rayon veya yüksek performanslı rayonların üretiminde kullanılırken, ınko içermeyen banyo sistemleri ise polinozik liflerin çekiminde kullanılmaktadır. Günümüzde, rayon liflerinin %95 kadarı ınko içeren banyolarda üretilmekte olup burada ınkonun görevi viskoz lifinin yapısal düzenliliğini sağlamaktır.

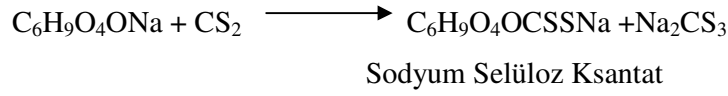


Şimdiye kadar anlatılmış olan viskoz rayonu üretim aşamalarında meydana gelen kimyasal reaksiyonlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

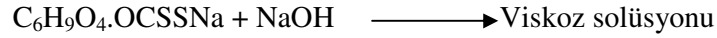
1. Alkali selüloz hazırlanması



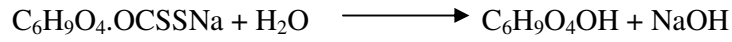
2. Ksantasyon



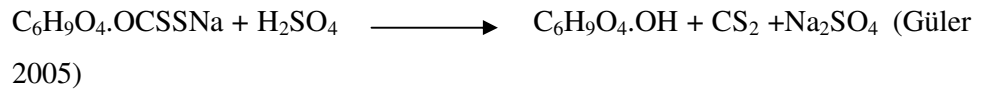
3. Karıştırma



4. Olgunlaştırma



5. Çekim

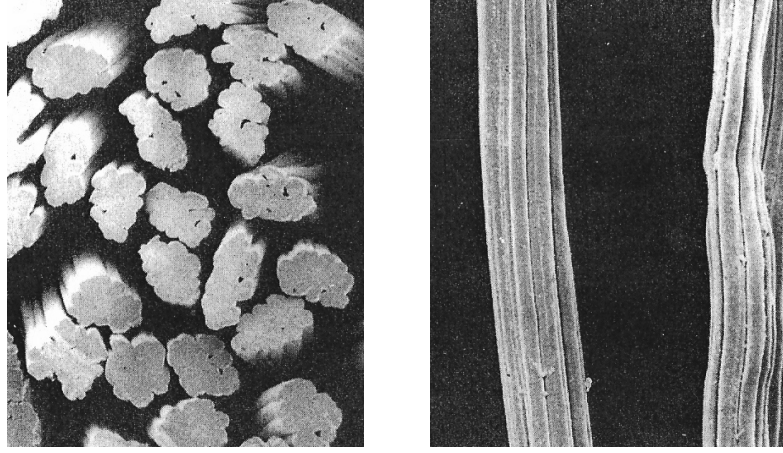


2.3.4.2. Viskoz rayonunun özellikleri

Fiziksel özellikler

Viskoz rayonu liflerinin yüzeyleri düz ve pürüzsüz olup yumuşak bir tutum veririler. Bazı durumlarda hafif kıvrımlılığa rastlansa da pamuk liflerinde olduğu gibi bir

bükümlülük görülmez. Enine kesit görünüşlerinde düzenli olmayan daireler gözlenirken, yüzeylerinde de uzun, ince çizgiler mevcuttur.



Şekil 2.16. Viskoz Rayonu Liflerinin Enine ve Boyuna Kesit Görüntüleri
(Kaynak:Güler 2005, Farklı Rayon Tiplerinin Yorulma Davranışlarının İncelenmesi)

Viskoz rayonunun mukavemeti, yapısındaki zincirlerin uzunluğunun düşük olması nedeniyle pamuk liflerine göre daha düşüktür. Kuru haldeyken mukavemeti 2,0-2,5 g/denye iken, yaş haldeyken mukavemeti 0,5-1,25 g/denye civarındadır. Uzama değerleri ise kuru viskoz lifleri için %10-11 kadarken, ıslak viskoz lifleri için bu değer %25-35'e kadar yükselebilmektedir. Bu liflerin esneme yeteneği de çok iyi değildir. Uzatılan viskoz liflerinde meydana gelen kalıcı uzunluk liflerin oryantasyonuna bağlı olup genellikle %2 civarındadır. Viskoz rayonunun özgül ağırlığı 1,51-1,53 g/cm³ tür.

Viskoz rayonu nemi kolay absorblayan, hidrofilik bir lif olup bünyesine normal şartlarda %11-13 oranında nem alabilir. Bu değer, yapıdaki amorf ve kristalin bölge oranlarına bağlı olarak değişim gösterebilir. Viskozun yapısındaki amorf bölge miktarının pamuğa göre daha fazla olması, viskoz elyafının pamuk elyafına göre daha fazla nem almasını sağlar. Hatta, viskoz elyafı suya batırılarak bir süre bekletildiğinde bünyesine %100-110 oranında su aldığı bile görülebilir. Bu durumda elyafın hacmi ve uzaması artarken, mukavemeti azalır. Bünyelerindeki fazla su uzaklaştırıldığında, tekrar eski hallerine dönebilirler.

Viskoz rayonu kolay yanma özelliği gösterir. Termoplastik bir lif olmadığından ısıtılınca yumuşama gözlenmez. Mukavemet kaybı 150 °C'de, dekompozisyon ise 185-205 °C civarında gerçekleşir.

Güneş ışığı lifin rengi üzerinde herhangi bir değişikliğe neden olmazken, güneş ışığına uzun süre maruz bırakılması durumunda ise lif mukavemetinin gittikçe azaldığı görülmektedir.

Kimyasal özellikler

Viskoz rayonu, selüloz yapısı nedeniyle kimyasal etkilere karşı pamuğa benzer davranışlar gösterse de bazı farklılıklar da mevcuttur. Bu lifler, ortalama polimerizasyon derecelerinin daha düşük ve amorf bölge oranlarının daha fazla olmasından dolayı kimyasallarla daha kolay etkileşime girerler.

Su, lif yapısında şişirici etki gösterir. Amorf bölge miktarının pamuk liflerine göre fazla olması yapıya girecek su miktarını ve dolayısıyla şişme etkisini artırır. Suyun şişirme etkisi, ıslanma ve yıkanma durumlarında liflerde yüksek miktarlarda çekmelere neden olur. Ayrıca su, lifin mukavemeti üzerinde de negatif etkiye sahiptir.

Viskoz lifleri asitlere karşı dayanıksızdırlar, asitler bu lifleri önce zayıflatır daha sonra parçalarlar. Sulandırılmış mineral asitler soğukta kuvvetli bir etki göstermezken, sıcak mineral asitler hızlı ve kuvvetli bir şekilde etki ederler. Yoğun asit çözeltileri ise soğukta bile oldukça zararlı etkilere sahiptirler. Aynı şekilde organik asitlerin de zararlı etkileri vardır.

Bu liflerin bazlara karşı dayanımları vardır, ancak bu dayanım pamuk liflerine nazaran daha düşüktür. Zayıf ve soğuk alkalilerin zararlı etkileri görülmezken, kuvvetli alkalilerde kısmen çözünürler. Çözünme miktarı, polimerizasyon derecesine bağlı olup, polimerizasyon derecesiyle ters orantılı olarak değişim gösterir. Sıcak alkali çözeltileri de lifleri önce şişirip, daha sonra mukavemetlerini azaltmak şeklinde etki gösterirler.

Tuzların lif üzerindeki etkisi ise, lifi kısmen çözmeleri şeklinde görülür. Çözme miktarı, tuzu oluşturan katyon ve anyonların boyutlarına bağlı olup katyonun küçüklüğü ve anyonun büyüklüğü oranında artar.

Oksidan maddeler, oksiselüloz oluşumuna neden olabildiklerinden dolayı, bu maddelerle çalışmada özellikle hidrojen peroksit ve hipoklorit ağartmalarında oldukça dikkatli olunmalıdır (Güler 2005).

Viskoz rayonu liflerinde kabuk etkisi

Viskoz çözeltisi pıhtılaşma banyosuna püskürtüldüğünde filamanın dış kısmında bir selüloz kabuğu oluşmaya başlar. Pıhtılaşma devam ederken filamanın çekirdeği sertleşerek ve büzülerek filamanın dış kabuğunun buruşmasına sebep olur. Bu olayın etkisiyle normal viskoz filamanına ait testere dişli kesit görüntüsü oluşur.

Boyama ve filtreleme incelemesi ile kabuk ayırt edilebilir. Çekirdeğin boyanması kabuğa göre daha kolay gerçekleşir, aynı şekilde filtreleme sırasında mikroskop ile kolaylıkla görülebilen koyu bir gölge bırakarak boyasını kolaylıkla bırakabilir.

Kabuk ve özün ikisi de selüloz olmasına rağmen kristalin yapısı ve yerleşimi açısından birbirlerinden ayrılırlar. Kabuktaki kristalitler çekirdeğe göre daha küçüktür ve kabukta bulunan amorf bölgedeki moleküller, çekirdektekine göre daha az karışıktır ve gelişigüzel düzenlenmiştir. Kabuk daha üniform bir yapıdadır ve kabukta bulunan kristalitlerin oryantasyonu çekirdeğe göre daha yüksektir.

Kuru mekanik ya da yaş mekanik işlemlerle yapılan fibrilleştirme işlemi sonrasında lif yüzeyinde bulunan kabuk zarar görüp soyulmakta ve içerisinde bulunan zayıf bağlı molekül zincirleri dıştaki zayıf kabuğun kalkması ile ön plana çıkmaktadır. Dış kabuğun ortadan kalkması ile daha da zayıflayan yapıya uygulanan dış kuvvetler sonucu lifte kolay kopmalar kendini göstermektedir.

2.3.4.3. Viskoz rayonunun kullanım alanları

Bu lifler; hazır giyim eşyaları, ev tekstili ve endüstriyel uygulamalar olmak üzere birçok alanda kullanılırlar (Elbiselik, gömleklik, gecelik, ceketlik, perdelik ve döşemelik kumaşlar, tıbbi uygulamalar, non-woven kumaşlar vb.).

Filament ve şapel halde üretimlerinin mümkün olması, kullanım alanlarını genişletmiştir. Filament halde parlak ve mat olarak üretilebilirler. Şapel halde ise çeşitli kesikli liflerle karışım halinde kullanılabilirler.

Aşağıda, tüm rayon tiplerine ait genel özellikler tablolar halinde verilmektedir.

Tablo 2.7. Rayon Liflerinin Fiziksel Özellikleri

KRİTERLER	RAYON LİFLERİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ
Mikroskopik görünüş	Viskoz ve yüksek mukavemetli rayonda, elyaf boyunca uzanan çizgiler vardır. Matlaştığında, bu işlem dolayısıyla yüzeyde matlaşma noktaları görülür. Enine kesit düzgünsüzdür.
Uzunluk	İstenilen boyda üretilmesi mümkündür. Sonsuz filament halde üretilir. İstenilirse, daha sonra istenilen uzunlukta kesilerek viskon elyafı elde edilir.
İncelik	Lif üretimi sırasında incelik belirlenir. Dolayısıyla istenilen incelikte üretilebilir.
Renk	Üretildiğinde şeffaftır. İstenilirse pigmentlerle matlaştırılabilir.
Parlaklık	Pigmentler vasıtasıyla matlaştırılmamışsa parlaktır.
Mukavemet (kuru)	Orta ve mükemmel derecededir. Normal rayon liflerinde mukavemet iyicedir(2-3 g/ denye). Yüksek mukavemetli tiplerinde iyi ve mükemmeldir.
Mukavemet (yaş)	Normal rayonlarda, ıslak halde mukavemet ortalama %30-50 arasında düşer.
Uzama elastikiyeti	Üretim metoduna ve rayon tipine göre değişir. Genel olarak %15-25 arasında uzama görülebilir.
Rezilyens (yaylanma)	Normal rayonda düşük, yüksek mukavemetlilerde daha iyidir.
Nem alma(%)	Genel olarak hidrofildir. % 10-16 arasında nem alır. Doğal selülozdan yüksektir. Suda şişerler, yavaş kururlar.
Sıcaklık	150 °C nin üzerinde güç kaybeder. 175-205 °C arasında dekompoze olur. Ütüleme sıcaklığı 135 °C civarındadır.
Alev alma	Herhangi bir iyileştirici işlem görmemişse kolay ve çabuk yanar.
Statik elektriklenme	Çok fazla statik elektriklenme problemi yoktur. Olsa da özel apreler uygulanılarak statik yük azaltılabilir.

(Kaynak: Yakartepe ve Yakartepe, Tekstil Terbiye Teknolojisi Kasardan Apreye, cilt 7)

Tablo 2.8. Rayon Liflerinin Kimyasal Özellikleri

ETKENLER	RAYON LİFLERİNİN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ
Asitler	Pamukta olduğu gibi kuvvetli asitler zarar verir. Fakat pamuktan daha hassastır. Sıcak sulandırılmış mineral asitler veya soğuk konsantre asitler çürütür.
Bazlar (alkaliler)	Bazlara karşı dayanımı pamuktan düşüktür. Derişik bazlar şişmeye sebep olur ve dayanıklılığı azaltır.
Organik çözümler	Kuru temizleme maddelerine karşı iyi derecede dirençlidir.
Ağartma maddeleri	Sodyum hipoklorit gibi oksitleyici beyazlatıcılardan etkilenir.
Küf ve mantar	Dayanımları nem ve sıcaklığa bağlıdır. Zayıflatır ve renk atmalarına sebebiyet verir.
Güveler ve böcekler	Güvelere karşı dayanıklıdır. Bununla beraber bazı böcekler dolaylı olarak zor da olsa zarar verebilir.
Işık ve atmosfer koşulları	Uzun süre maruz bırakılırsa zarar görür.
Su	Şişme olur. Su, mukavemetin düşmesine sebep olur.
Boyama	Rayonun boyarmaddelere karşı pamuktan daha fazla affinitesi vardır. Direkt, küp, kükürt boyarmaddeler kullanılabilir.

(Kaynak: Yakartepe ve Yakartepe, Tekstil Terbiye Teknolojisi Kasardan Apreye, cilt 7)

2.3.5. Modifiye rejenere selüloz lifleri

Selülozik hammadelerden, insan yapımı lif üretimi sırasında birtakım işlemler uygulanarak lifin yapısal, fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişiklikler meydana getirilmesi suretiyle modifiye rejenere selüloz lifleri elde edilmektedir. Bunlar, genel olarak üç sınıfa ayrılırlar :

- 1- Yüksek Mukavemetli Rayon
- 2- Modal Lifleri

3- Diğer Modifiye Lifler (kıvrımlı rayon, güç tutuşur rayon, çapraz bağlı rayon vb.)

2.3.5.1. Yüksek mukavemetli rayonlar

Yüksek mukavemetli rayon liflerinin üretiminde oryantasyon derecesinin artırılması yoluna gidilmiştir. Bu amaçla, lif çekimi işleminden sonra filamentlere uygulanan germe çekme miktarları artırılır ve böylece lifler daha kristalin hale getirilirler.

Bu liflerin genel özellikleri, standart rayon liflerine göre daha sağlam olmaları ve daha az uzama göstermeleridir. Ayrıca yaş mukavemetleri çok yüksek olmamakla birlikte bu özelliği de standart rayon liflerine göre daha iyidir.

Yüksek mukavemetli rayon liflerinin kesiksiz filament ya da stapel formda üretilmeleri mümkündür. Kesiksiz filament rayonların sanayide birçok kullanım alanı bulunmakla birlikte stapel lifler genellikle giyim sanayinde örneğin ceketlik ürünlerde tercih edilirler.

2.3.5.2. Modal lifleri

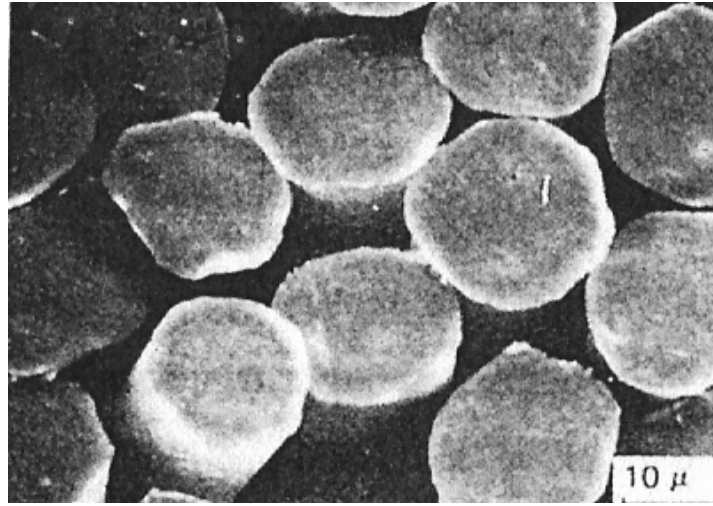
Bunlar, standart rayon liflerine göre çok daha sağlam ve ıslak duruma çok daha yüksek elastikiyet modülüne sahip liflerdir. Standart rayon liflerinde lifi oluşturan makro moleküllerin ortalama PD 250 - 400 civarında iken, modal liflerinin ortalama PD 450 - 800 civarındadır. Ayrıca bu lifler yaş durumunda 22,5 g/tex değerinde kopma dayanımına ve sınırlı esneme özelliklerine sahiptirler. Standart rayona göre yaş durumundaki boyutsal stabiliteleri, su emiciliklerinin daha az olmasından dolayı daha iyidir.

Modal lifleri de kendi aralarında iki guruba ayrılmaktadır:

- HWM tipi (yüksek yaş modüllü) lifler
- Polinozikler

- **HWM tipi lifler**

Yüksek yaş modüllü rayon lifleri standart rayon liflerinin üretim yöntemlerinin modifiye edilmesiyle elde edilirler. Hammadde olarak polimerizasyon derecesi yüksek olan selüloz kullanılıp sülfürleme sırasında süstitüsyon derecesi yüksek tutularak liflerin üretimi gerçekleştirilir. Çöktürme banyosuna çinko sülfat ve modifikatör ilavesi yapılır. Çekim banyosu sıcaklığı 35 °C civarında olup lif çekimi 20 - 40 m/dk gibi hızlarda gerçekleştirilir. Bunun sonucunda dehidratasyon ve dekompozisyondan daha erken bir bölgede yani lifin plastik olduğu bölgede, jel halindeki lifler %125 -150 oranlarında uzatılabilirler. Uygulanan modifikasyonla, bu lifler kuru halde yüksek olmayan, yaş halde ise çok yüksek olan mukavemete sahip olurlar. Bu lifler az yüklemelerle çok kolay uzamayıp sadece kullanım için yeterli olan miktarda uzamaya sahiptirler. Mikroskop altındaki kesit görüntüleri biraz yassıdır.



Şekil 2.17. HWM Liflerinin Enine Kesit Görünüşleri
(Kaynak: Yakartepe ve Yakartepe, Tekstil Teknolojisi Elyaftan Kumaşa, cilt 3)

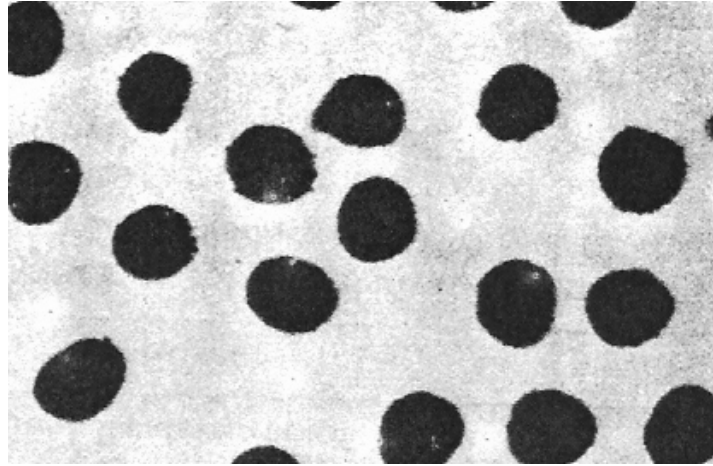
Yüksek yaş modüllü rayon lifleri, polyester gibi sentetik liflerle karışıma çok uygun olup paraşüt iplikleri gibi pek çok endüstriyel uygulamada kullanım alanı bulmaktadırlar.

- **Polinozikler**

Fiziksel yapı bakımından pamuğa benzeyen lifler olup fibrilisel yapıya sahiptirler. Bu liflerin üretiminde standart rayondan farklı olarak işlem süresi kısaltılıp, kimyasal maddelerin kullanımı azaltılır. Standart rayonların üretimi sırasında uygulanan alkali selülozun dinlendirilmesi adımı, bu prostele elimine edilip daha sonraki adım olan selüloz ksantatın suda ve kostik soda içerisinde çözündürülmesi işlemi uygulanır ve selüloz ksantatın olgunlaştırılması adımı da dinlendirme adımı gibi ortadan kaldırılıp doğrudan çekim işlemine geçilir. Çekim banyosunda ise standart rayonlara göre daha düşük konsantrasyonlarda asit ve çok az miktarlarda tuz kullanılır. Bazı durumlarda hiç tuz kullanılmadığı da olmaktadır.

Polinoziklerin genel özelliklerinden bahsedecek olursak;

- Mikroskop altındaki enine kesit görüntüleri yuvarlağa yakındır.



Şekil 2.18. Polinozik Liflerin Enine Kesit Görünüşleri
(Kaynak: Harmancıoğlu 1981, Rejenere Selülozik Lifler)

- PD 500 civarındadır.
- Kristallenme oranı % 55 olup pamuk lifleri ile standart rayon lifleri arasındadır.

- Mukavemetleri de pamuk lifleri ile standart rayon lifleri arasında olup 2 - 5,2 g/denye arasında değişebilir.
- Hem yaş hem de kuru halde uzama yetenekleri standart rayonlara göre daha az olup esneklik yetenekleri ise daha iyidir.
- Oryantasyonları daha yüksek yani kristal yapı daha fazladır. Bu nedenle nem emme ve su tutma yetenekleri daha azdır. Absorbe ettikleri rutubet miktarı %11,5 - 15, su emme yetenekleri ise %55 - 75 arasındadır.
- Asit ve alkali dayanıklılıkları pamuk lifleri ile benzerlik gösterir. Örneğin NaOH çözeltilisinde düşük şişme derecesi göstermekte ve bu nedenle pamuk gibi merserize edilebilmektedirler.
- Kuru temizlemede kullanılan solventlere karşı dayanıklıdırlar.
- Yıkama sırasında düşük buruşma gösterirler.

Sağlam ve uzun ömürlü olmaları, ıslanınca çekmemeleri ve büzülmemeleri, yumuşak tutum vermeleri ve ayrıca hoş ve güzel görünüşleri nedeniyle özellikle örme ve dokuma ürünlerden yapılan iç ve dış giyim eşyalarında, döşemeliklerde, perdeliklerde ve süsleme eşyalarında kullanım alanı bulurlar. Ayrıca pamuk, keten, yün ve sentetik liflerle karışım halinde kullanılabilmesi de kullanım alanlarını genişletmektedir.

Modal liflerinin alt grupları olan polinozik ve HWM liflerinin ortak özelliği; pamuk lifine benzeyen fibriler bir strüktür göstermeleridir. Ayrıca her iki lif grubu da homojen bir lif yapısı gösterirler. Ayrıca bu iki lif grubu arasında bazı farklılıklar da söz konusudur:

- HWM lifleri polinoziklere göre daha yüksek germe ve aşınma dayanımına sahiptirler. Kaynar yıkama sonrası çekme yüzdeleri daha yüksektir ve daha yüksek bükme dayanıklılığı gösterirler.

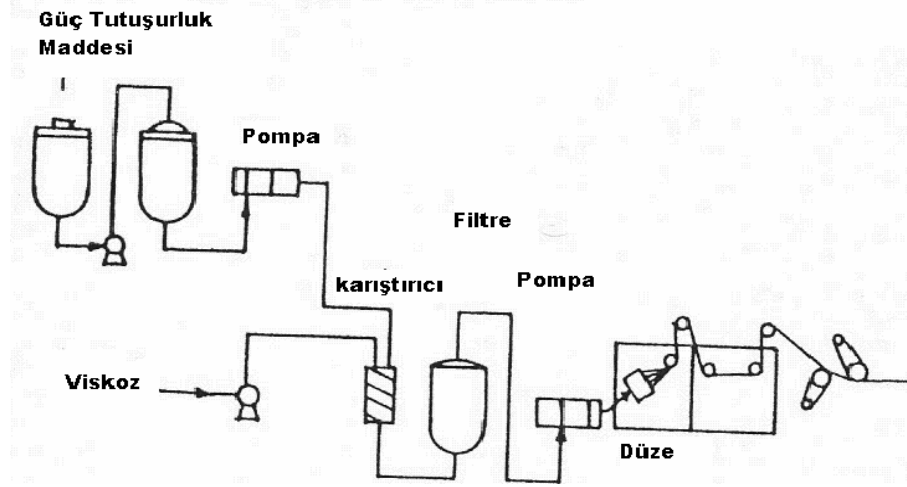
- Polinozikler ise daha yüksek yaş modüle sahiptirler. Dolayısıyla merserizasyona daha elverişlidirler.

2.3.5.3. Diğer modifiye lifler

- *Güç tutuşur rayon lifleri*

Bu liflerin üretiminde, güç tutuşurluk sağlayıcı ön kondenzatlar, lif çekim banyosu içerisine katılırlar. Kullanılan güç tutuşurluk sağlayıcı ajanların, çekim sırasında veya daha sonraki proseslerde kullanılan asit ve alkalilere karşı dayanıklı olmaları gerekmektedir. Güç tutuşurluk özellik sağlayan ajanlar, çekim banyolarına ilave edilebilecekleri gibi çekimden sonra da rayon liflerine uygulanabilirler. Güç tutuşur ajan olarak fosfor, nitrojen ya da halojen içeren çapraz bağlayıcı ajanlar kullanılırlar.

Güç tutuşur rayon lifleri, hem sürekli filament hem de stapel formda üretilebilirler. Yıkama veya kuru temizleme sırasında güç tutuşurluk özelliklerini kaybetmezler. Standart rayonlara göre daha koyu boyanırlar.



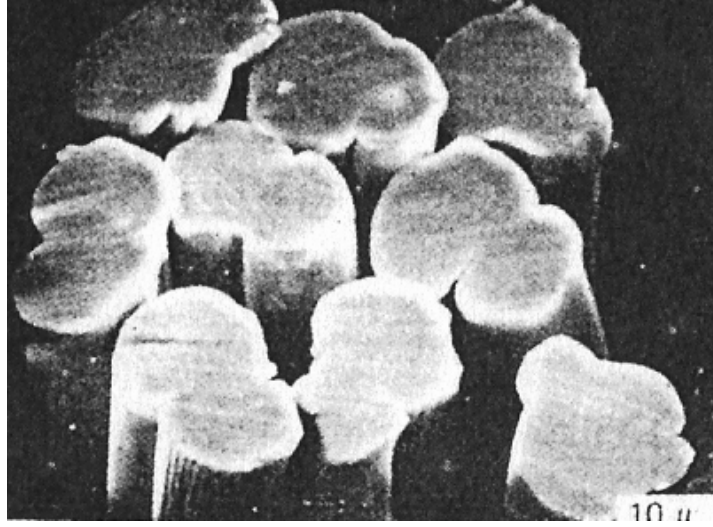
Şekil 2.19. Güç Tutuşur Rayon Lifi Üretim Prosesi
(Kaynak: Güler 2005, Farklı Rayon Tiplerinin Yorulma Davranışlarının İncelenmesi)

- ***Kıvrımlı rayon lifleri***

Kıvrımlı rayon liflerinin üretimi, dengesiz asit çekim banyolarının kullanılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu şekilde asit banyolarının kullanılmasıyla, liflerin bir bölümü diğer bölümüne göre daha ağır ve kalın bir hal almaktadır. Farklı kalınlıktaki bu bölgeler, farklı şişme etkileri göstererek liflerin kıvrımlı duruma gelmelerini sağlarlar.

Liflerdeki kıvrım sayısı, lif inceliği ile orantılı olarak değişim gösterir. Yani lifin inceliği arttıkça kıvrım değeri de artar. Örneğin düşük denye değerlerine sahip ince liflerde 1 inch uzunluğundaki kıvrım sayısı, 8-12 arasında değişim gösterir. Yoğun kıvrımlı rayonlar (8 -15 denye inceliğinde) genellikle havlu ve halı üretiminde tercih edilirler.

Bu lifler kıvrımlı ve hacimli olduklarından dolayı genellikle rezilyans ve hacim istenilen ürünlerde tercih edilirler. Ayrıca bunlardan üretilen kumaşlar yumuşak ve dolgun bir tutum sergilerler.



Şekil 2.20. Kıvrımlı Rayon Liflerinin Enine Kesit Görünüşleri
(Kaynak: Yakartepe ve Yakartepe, Tekstil Teknolojisi Elyaftan Kumaşa, cilt 3)

- **Çapraz bağlı rayon lifleri**

Rayon liflerinin çapraz bağlanması, bir reçine önkondenzatı yani üre, modifiye üre, melamin, modifiye melamin ya da formaldehit reçine kullanımı ile yapılabileceği gibi, formaldehit ve bir katalist ile selülozun hidroksil grubunun reaksiyonu ile de yapılabilmektedir. Çapraz bağlanma moleküller arasında ya da moleküller içerisinde meydana gelebilmektedir. Çapraz bağlanmanın etkisiyle lifin yaş modül, rezilyans, kostik soda dayanımı gibi özellikleri artış gösterirken; şişme ve su emme, uzama, kupramonyum ya da diğer selüloz solventlerinde çözünme özellikleri azalmaktadır.

Çapraz bağlanma işlemi tüm rayon tiplerine uygulanabilir. Ancak bu işlem özellikle standart rayonlara ve kıvrımlı rayonlara önemli özellikler kazandırır. Bu işlemin uygulandığı lifler, özellikle yün ve polyester ile karışım halinde uygulanabilir. Astarlık kumaşlar ile hacim ve rezilyansın istenildiği kumaşlarda tercih edilirler (Güler 2005).

Tablo 2.9. Selüloz Esaslı Liflerin Özelliklerinin Kıyaslanması

Lifler Kriterler	Pamuk	Viskoz Rayonu	Bakır Amonyum	Modal Lifleri		
				Polinozik	HWM	
Kesit Yapısı	Fasulye şeklinde	Yassı	Yuvarlak	Yuvarlağa yakın	Biraz yassı	
Ortalama PD	2000-10000	300-350	450-550	500-650	600-800	
Kopma Dayanımı (g/d)	Kuru	3,2	1,0-2,5	1,7-2,3	2,5-5,5	4,5-10
	Yaş	3,5	0,5-1,5	0,95-1,35	1,8-4	3,5-8
Kopma Uzaması (%)	Kuru	10-15	15-30	7-23	6,5-10	5-10
	Yaş	12-14	20-40	16-43	7-12	6-11
Özgül Ağırlık (g/cm³)	1,5	1,50-1,53	1,52-1,54	1,51	1,53	
% Nem Alma	8,5	11-15	12,5	11,5-12,5	11-12,5	
Su Alma Yeteneği (%)	40-45	90-110	100-120	60-75	75-80	
20 °C 'de % 6,5 NaOH içerisindeki çözünürlük (%)		20-30	20-30	4-6	1-5	
Yanma Davranışı	Erimeden yanar	Erimeden yanar	Çabuk yanar, az kül bırakır	Erimeden yanar		
Güneş Işığı Dayanımı		Mukavemeti düşürür	Uzun süre etki yapmayı bozar	Bir miktar mukavemet kayı görölür		
Kuvvetli Asitlere Karşı Dayanım	Zayıf	Zayıf	Zayıf	Zayıf		
Kuvvetli Bazlara Karşı Dayanım	İyi	Zayıf	İyi	Çok iyi		

(Kaynak: Güler 2005, Farklı Rayon Tiplerinin Yorulma Davranışlarının İncelenmesi)

2.4. Tekstil Materyallerinde Yüzey Modifikasyonu ve Plazma Kullanımı

Günlük yaşantıda endüstriyel uygulamalarda bir çok proses katıların yüzey özelliklerine bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bir materyalin hidrofilitik, hidrofobluk, adsorpsiyon, ıslanabilirlik, adhezyon ve yüzey serbest enerjisi gibi çeşitli fiziksel ve kimyasal yüzey özelliklerinin belirlenmesi, bu yüzeylerin kullanılacakları uygulamalar için çok önemli bir basamaktır (Güleç 2004, Marmur 1998). Tekstil materyallerinin plazma ile muamelesi düşüncesi ise sadece birkaç on yıllık bir geçmişe sahip olan yeni bir fikirdir. Bu fikrin ilk sahibinin kim olduğu konusunda kesinlik bulunmamakla birlikte polimerlerin plazma ile muamelesi konusu ile bağlantısı söz konusudur (Pastore ve Kiekens 2001).

Polimerlerin; ince film teknolojisi, kompozitler, tekstil malzemeleri, mikroelektronik aletler, kaplama, koruyucu örtüler ve biyomateryaller gibi çok çeşitli alanlarda kullanımları söz konusudur. Bu uygulama alanlarında başarıyla çalışılabilmesi için genellikle yüzeyin kimyasal bileşimi, hidrofilitik, pürüzlülük, kristalinite, geçirgenlik, kayganlık ve çapraz bağ yoğunluğu gibi bazı özel yüzey özelliklerine gereksinim duyulmaktadır. Polimerler ise yukarıda sayılan ve bu uygulamalar için gerekli olan yüzey özelliklerine genellikle sahip değildir. Ama yine de, mükemmel bir hacimleri ve fiziksel-kimyasal özellikleri vardır, ayrıca ucuzdurlar ve işlenmeleri de kolaydır. Bu sebeplerden dolayı, bu ucuz malzemeleri değerli son ürünler haline getirmeye olanak sağlayan yüzey modifikasyon teknikleri birçok endüstri dalının çok önemli bir bölümü haline gelmiştir. Son zamanlarda, hacim özelliklerini etkilemeden polimer yüzeylerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirmek için geliştirilen yüzey işlemlerinde birçok ilerleme sağlanmıştır. Bu yüzey modifikasyon işlemlerine başvurulmasının sebepleri ise şunlardır:

- Yüzeydeki fonksiyonel gruplar ile etkileşimleri için yüzeyde özel fonksiyonel gruplar üretmek amacıyla
- Yüzey enerjisini arttırmak amacıyla

- Amaca göre hidrofilitik veya hidrofobluğu arttırmak amacıyla
- Kimyasal inertliği geliştirmek amacıyla
- Yüzeyde apraz bağlanma oluşturmak amacıyla
- Kirlilikleri veya zayıf sınır katmanlarını uzaklaştırmak amacıyla
- Yüzey kristalinitesinin veya pürüzlülüğünün arttırılması veya azaltılması amacıyla
- Yüzey kayganlığının arttırılması amacıyla
- Yüzey elektriksel iletkenliğinin arttırılması amacıyla (Chan 1994)

Bu ve benzeri amaçlarla uygulanan mekanik modifikasyon, fiziksel kaplama, kimyasal modifikasyon, korona boşalımlı ve düşük basınç plazması teknikleri en bilinen yüzey modifikasyon yöntemleridir. Kullanılan tüm modifikasyon yöntemlerinin temel amacı, katı malzemelere hedeflenen amaca yönelik yüzey özelliklerini kazandırabilmektir (Bae ve ark. 2001, Güleç 2004, Kaminska ve ark. 2002).

2.4.1. Yüzey modifikasyon yöntemleri

Endüstriyel çalışmalarda kullanılan katı materyallerin (seramik yüzeyler, metaller, polimerik yüzeyler v.s) yüzey özellikleri çok önemlidir. Bu tip uygulamalarda, kullanılması amaçlanan malzemenin ya yüzey ya da yığın yapısı birlikte istenen uygun özelliklere sahip olamamaktadır. Bu dezavantajı göz önüne alarak genel bir yaklaşımda bu tür uygulamalarda kullanılacak bir malzeme istenilen yığın yapısında hazırlanır ve malzemenin yüzeyi ise yüzey ve ara yüzeylerde meydana gelen etkileşimleri kontrol edebilmek için çeşitli tekniklerle modifiye edilerek istenilen yüzey özellikleri kazandırılır (Güleç 2004, Mutlu ve ark. 1997).

Uzun yıllardır, materyal yüzey özelliklerinin kontrol edilebilmesi amacıyla yönelik çeşitli modifikasyon yöntemleri geliştirilmiştir (Akman 1993, Güleç 2004). Bu yöntemler, mekanik modifikasyonlar, fiziksel kaplama, kimyasal polimerizasyon ve plazma polimerizasyonu teknikleridir (Akman 1993, Augsburg ve ark. 1998, Boyacı 1998, Li ve ark. 1997). Tüm yüzey modifikasyonu sağlayan tekniklerin amacı aynıdır. Kullanılan tüm modifikasyon yöntemlerinin temel amacı, katı malzemelere hedeflenen amaca yönelik yüzey özelliklerini kazandırabilmektir (Bae ve ark. 2001, Kaminska ve ark. 2002).

2.4.1.1. Mekanik modifikasyonlar

Mekanik modifikasyonlar materyal yüzeylerinin yıkanması ve aşındırılması gibi işlemleri kapsamaktadır. Isıl temizleme yöntemleri de bu kategoride yer almaktadır (Akman 1993, Güleç 2004).

2.4.1.2. Fiziksel kaplama

Bu tür kaplamada, kullanılan polimer kaplanacak materyal üzerinde yoğuşmaya benzer bir işlemle birikerek bir film tabakası oluşturur (Boyacı 1998, Güleç 2004).

2.4.1.3. Kimyasal polimerizasyon

Kimyasal polimerizasyonda, ara yüzey polimerizasyonu ile kaplanacak materyal üzerinde polimerik bir film oluşturulur. Uygun bir sıvı ortamında kaplanacak materyal ve kaplanacak polimerin monomeri bulunmaktadır. Yüzey aktif madde ve reaktiflerin yardımıyla kaplanacak materyal-sıvı ara yüzeylerinde polimerizasyon sağlanır. Böylece oluşan polimerin katı yüzeye tutunmasıyla kaplama işlemi gerçekleştirilir (Güleç 2004, Mutlu ve ark. 1991). Bu kategori içerisinde modifiye edici veya bağlayıcı madde olarak en çok kullanılan madde silandır (Akman 1993, Güleç 2004).

Son yıllarda, çevre kirlenmesi problemine artan ilgi nedeniyle kimyasal tekniklerle yüzey modifikasyonu işlemlerinin endüstriyel uygulamalarda kullanımı kısıtlanmıştır.

Bununla birlikte, soğuk plazmayla gerçekleştirilen yüzey modifikasyon işlemleri popülerlik kazanmaktadır ve bu teknik plazma teknolojisinin önemli bir kolu haline gelmiştir (Güleç 2004, Li ve ark.1997).

2.4.1.4. Plazma polimerizasyonu

Plazma tekniği de yüzey özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla kullanılan bir yüzey modifikasyon yöntemidir (www.plasmabeam.de, 2007). Kağıt endüstrisi, uzay sanayisi, tekstil endüstrisi, yarı iletken teknolojisi, biyoloji ve biyomedikal, materyal aşındırma veya sertleştirme teknolojisi, elektronik çip yapımı, iletişim teknolojisi, elmas yapımı, kaplama ve dekorasyon teknolojisi, sterilizasyon ve arıtma sistemleri, güneş enerjisi ve optik sanayisi, otomobil ve uçak endüstrisi, savunma sanayisi, radar ve füzyon araştırmaları gibi birçok alanda en fazla ümit verici alternatiflerden biri haline gelen plazma işleminin önemi diğer yöntemlere göre fevkalade avantajlarının bulunmasından kaynaklanmaktadır (<http://nucleus.istanbul.edu.tr/~cfe/mak1/>, 2008). Tercih edilen bir teknik olmasının sebeplerinden biri, diğer sıradan geleneksel tekniklerle elde edilemeyen bazı yüzey özelliklerinin bu teknikle eldesinin mümkün olmasıdır. Bir diğer tercih sebebi, reaksiyonların gerçekleşmesi için sulu bir ortama ihtiyaç duyulmamasıdır. Ayrıca plazma muamelesi malzemenin sadece yüzeyinde bir etkiye sahipken hacimsel özellikler etkilenmeden kalabilmektedir (Pastore ve Kiekens 2001).

Radyo frekansı yük boşalımı polimerizasyon tekniği adhezyon, ıslanabilirlik, membran geçirgenliği, dayanıklılık, aşınmaya karşı direnç, su-tutmama, yüzey sertliği ve biyolojik dokularla uyum (biyoyumluluk) gibi özelliklerin geliştirilmesi için materyal yüzeylerinin modifikasyonlarında kullanılmaktadır (Bae ve ark. 2001, Gancarz ve ark. 2002, Kaminska ve ark. 2002, Tusek ve ark. 2001). Modifikasyonlar sonucunda, alışılmış yüzeylerden tamamen farklı özelliklere sahip yeni yüzeyler elde etmek mümkün olmaktadır (Güleç 2004, Kaminska ve ark. 2002, Yasuda 1984). Bu durum, yüzeyin çok ince bir tabakasında meydana gelen oksidasyon, bozulma ve aşınma, çapraz bağlanma ve yapısal değişimler gibi farklı proseslerin bir sonucudur (Kaminska ve ark. 2002). Tüm tekniklerin kendine özgü avantajları ve dezavantajları olsa da,

düşük-basınç plazmasıyla muamele ile yüzey modifikasyonu tekniğinin diğer birçok yönetime göre önemli artıları vardır. Bunlar;

- Çevre açısından güvenli olması,
- Birbirine benzerlik (tekdüzelilik) ve tekrarlanabilirlik sağlanabilmesi,
- Kullanılan gazların çeşitliliği,
- Yığın özelliklerindeki değişimin minimize edilmesiyle seçici bir modifikasyonun sağlanmasıdır.

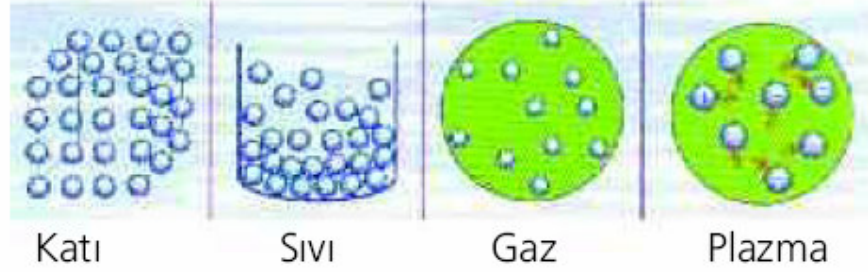
Bae ve Li yapmış oldukları bir çalışmada, kompozit materyallerin yapısına yapıyı kuvvetlendirmek için katılan lif yapısındaki malzemeleri plazma polimerizasyonu ile modifiye etmelerinin amacının bu malzemelerin yüzeylerinin kimyasal ve fiziksel yapısının değiştirilmesi olduğunu belirtmişlerdir. Modifikasyon sonucunda, lif-matriks materyal bağlanma kuvveti istenilen hale getirilmesine karşın bu malzemelerin yığın mekanik özellikleri işleminden etkilenmemiştir.

Plazma ortamına konan bir materyal yüzeyinde kopmalar (“etching”) veya birikme (“deposition”) oluşur. Plazma koşullarının ayarlanmasıyla bu iki prosesten birinin etkin olması söz konusudur (Flosch 1992, Güleç 2004). Yüzeyde oluşturulan birikme yani, plazma polimerizasyonu etkisiyle yüzeyde oluşturulan ince film tabakaları ile su/yağ /kir iticilik, güç tutuşurluk, antimikrobiyellik gibi etkiler elde edilebilmektedir. Aşındırmayla yani etching ile ise yüzeydeki zayıf kovalent bağlar koparılmakta, plazma ile katı yüzey arasındaki etkileşim sonucu gazlı ürünler oluşmaktadır. Materyalde meydana gelen aşınma maddenin buharlaşması sonucu meydana gelmektedir. Aşınma etkisi ile toplam yüzey alanı artmaktadır. Böylece, materyalin özellikle adhezyon özelliği artırılmaktadır Plazma etching ve plazma polimerizasyonu arasındaki denge boşalım parametreleriyle kontrol edilebilmektedir (Flosch 1992, Güleç 2004). Yapılan bir plazma çalışmasında; yünlü ve pamuklu kumaşlar kullanılmıştır. Çalışmada hekzafloretan (C_2F_6) gazı ve bir inorganik reaktif plazma gazı olan oksijen (O_2) gazı

tercih edilmiştir. Hekzafloretan ile yapılan denemede plazma polimerizasyonu gözlemlenirken oksijen ile yapılan denemede etching (aşındırma) ve ablasyon efektleri elde edilmiştir. Hekzafloretanın materyal yüzeyinde birikerek yüzey düzgünlüğünü arttırdığı, oksijenin ise yüzeyde deliklere neden olduğu ve pürüzlülüğü arttırdığı belirtilmiştir. Ayrıca yapılan çalışma sonucu hidrofilitenin arttığı ve boyanabilirliğin de yaklaşık olarak %50 oranında geliştirildiği rapor edilmiştir (Sun ve Stylios 2005).

- **Plazmanın tanımı**

Plazma, kimya ve fizikte "*iyonize olmuş gaz*" anlamına gelmektedir. İyonize gaz için kullanılan plazma kelimesi 1920 li yıllardan beri fizik literatüründe yer etmeye başlamıştır. Kendine özgü niteliklere sahip olduğundan, plazma hali maddenin katı, sıvı ve gaz halinden ayrı olarak incelenir. Katı bir cisimde cismi oluşturan moleküllerin hareketi çok azdır, moleküllerin ortalama kinetik enerjisi herhangi bir yöntemle (örneğin ısıtarak) arttırıldığında cisim ilk önce sıvıya sonra da gaza dönüşür ki gaz fazında elektronlar gayet hızlı hareket ederler. Eğer gaz halinden sonrada ısı verilmeye devam edilirse iyonlaşma başlayabilir, bir elektron çekirdek çekiminden kurtulur ve serbest bir elektron uzayı meydana getirerek maddeye yeni bir form kazandırır. Atomun bir elektronu eksik olacak ve net bir pozitif yüke sahip olacaktır. Yeterince ısıtılmış gaz içinde iyonlaşma defalarca tekrarlanır ve serbest elektron ve iyon bulutları oluşmaya başlar. Fakat bazı atomlar nötr kalmaya devam eder. Oluşan bu iyon, elektron ve nötr atom karışımı, plazma olarak adlandırılır (http://tr.wikipedia.org/wiki/Plazma_%28fizik%29, 2008). Şekil 2.21'de, maddenin sıcaklığının arttırılması ile meydana gelen hal değişimi gösterilmektedir.



Şekil 2.21. Maddenin 4 hali
(Kaynak: Karahan ve ark.,2007a, Plazma Teknolojisi ve Temel Özellikleri,
www.plasmas.org/rot-plasmas.htm, 2008)

Evrende madde dört halde bulunur. Bunlar katı, sıvı, gaz ve plazma halidir. Katı halde atomlar belirli uzaklıklara sahiptir. Sıvı halde atomlar arası uzaklık artar. Gaz halinde ise atomlar arasındaki bağ uzunlukları daha da artar. Plazma halinde ise atomlar iyonlaşır ve sürekli olarak birbirleri ile çarpışırlar. Mikroskopik açıdan plazma, sürekli hareket eden ve etkileşen yüklü parçacıklar topluluğu olarak ifade edilir. Plazma içinde nötral atom ya da moleküllerin olması plazma halini değiştirmez. Plazmanın birim hacim içindeki negatif yüklü parçacıkların sayısı (genelde elektronlar) pozitif yüklü parçacık sayısına (genelde iyonlar) yaklaşık olarak eşit olduğundan, plazma elektriksel olarak nötraldir (http://tr.wikipedia.org/wiki/Plazma_%28fizik%29, 2008).

İlk bakışta plazma halinin, özellikleri açısından gaz halinden çok farklı olmadığı izlenimi oluşmaktadır. Ancak maddenin plazma hali ile gaz hali aslında birbirinden farklıdır. Örneğin; gazlar boşluğu doldurma eğilimindedir ancak plazmalarda toplanma eğilimi vardır. Gazlar nötral parçacıklardan, plazma ise iyonize olmuş gazlardan oluştuğundan dolayı gazlar elektriği iletmezler. Plazma ise iyi bir elektriksel iletkenidir. Ayrıca gazlarda moleküller ve atomlar arasındaki çekim kuvvetleri zayıf iken, plazmalarda yüklü parçacıklar arasında bulunan Coulomb çekim kuvvetleri çok uzak mesafelerde bile etkili olmaktadır (Karahan ve ark. 2007a).

- **Plazma yüzey etkileşimi**

Plazmada radikaller, elektronlar, iyonlar, nötr atomlar, uyarılmış parçacıklar, ultra viyole (UV) ışınları bulunmaktadır. Herhangi bir yüzey, plazmaya maruz kaldığında bu türler tarafından bombardımana uğramaktadır. Bombardıman sonucu yüzeyde bazı bağlar kopmakta ve buharlaşan bazı türler plazma atmosferine katılmakta ve plazmanın kimyasal bileşimini etkilemektedir. Plazma içindeki türlerin meydana getirdiği etkileşimler aşağıdaki şekildedir (Karahan ve ark. 2007a).

İyon bombardımanı:

- Yüzeyde aşınmaya sebep olmaktadır.

UV radyasyonu:

- Dalga boyu 178 nanometre(nm)'den kısa olan UV ışınları, fotoiyonizasyona neden olmaktadır.
- Bağların kopup, serbest radikallerin oluşmasına neden olmaktadır.
- Oluşan radikallerin çapraz bağlar yapmasını sağlamaktadır.

Elektron bombardımanı:

- Elektronların yüzeyde oluşturdukları etki hakkında çok fazla bilgi olmamakla birlikte; etkinin sadece yüzeyle sınırlanmadığı ve daha derin etkileri olduğu düşünülmektedir.

Radikaller:

- Yüzeyde bulunan diğer radikallerle etkileşebilmekte,
- Hidrojen veya flor atomlarının yüzeyden ayrılmasını sağlamakta,
- Yüzeyde polimerizasyon/ çapraz bağlanmanın olmasını sağlamaktadır.

Nötr türler:

- Nötr türlerin bombardımanı büyük oranda bu türlerin kimyasal reaktivitesiyle ilgilidir. Örneğin, doymamış türler radikal içeren yüzeyde polimerize olabilirken, argon atomu gibi gibi soygazlar reaksiyona girmemektedir (Karahan ve ark. 2007a).

- *Plazma türleri*

Plazma, sıcaklığına göre sıcak (doğal) veya soğuk; basıncına göre atmosferik veya vakum plazma olarak adlandırılmaktadır. Sıcak plazmada, elektronlar oldukça yüksek sıcaklığa sahip olup, tamamen veya bölgesel termodinamik bir denge söz konusu iken, soğuk plazma düşük sıcaklıklarda meydana gelmekte olup, termodinamik bir denge söz konusu değildir. Soğuk plazmalar laboratuvar koşullarında alev, elektriksel boşalım, kontrollü nükleer reaksiyonlar, flok, yanma ve benzeri etkilerle oluşturulabilen yapay plazmalardır.

Plazmaların sınıflandırılmasında kullanılan diğer bir kriter de basınçtır. Bu sınıflandırmada plazmalar temel olarak atmosferik ve vakum olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Her iki plazma da temizleme, aşılama, fonksiyonelleştirme gibi yüzey modifikasyonlarının elde edilmesinde kullanılabilir. Her iki işlem sonunda elde edilen modifikasyon etkinliği uyarılmış türlerin enerjisine bağlı olarak değişmektedir. Vakum plazmalar genellikle 10 mTorr ve 1 Torr altındaki basınçlarda oluşan plazma türüdür. Düşük basınçta elektron ve iyonların ortalama serbest yol uzunluğu artmaktadır; yani ortamda bulunan gaz molekülü, atomu veya uyarılmış tür sayısı az olduğu için meydana gelen çarpışma sayısı da azalmakta; diğer türlerin yüzey etkileşim olasılığı artmaktadır. Bunların yanında vakum plazmalarda, elektron, iyon, UV ışınlarının sinerjik etkisi yüzey modifikasyonunu önemli boyutta etkilemekte ve atmosferik plazmadan daha etkili sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır. Bu avantajlarının yanında, pahalı olması, işlem görecekt materyal özelliklerinin cihaza bağımlı olması, işlemin kesikli olması sistemin en önemli dezavantajlarından. Kapalı sistemlerde yarı sürekli çalışabilen donanımlar olsa da çok fazla yer kaplamakta, kapasitesi sınırlı olmakta ve ekonomik açıdan birçok uygulama için kullanılamamaktadır. Vakum plazmanın dezavantajlarından kaçınmak için son yıllarda cazip bir işlem haline gelen atmosferik plazma; atmosferik koşullar altında meydana gelen bir plazma çeşididir. Atmosferik plazmanın vakum plazmadan en önemli farkı vakum tertibatına gerek duyulmadan ve açık en sürekli bir şekilde çalışabilmesidir. Ancak elde edilen etkiler vakum plazmadaki kadar etkili değildir. Bu yüzden yapılan çalışmalar yeni donanımların geliştirilmesi ve bu donanımların endüstriyel

uygulanabilirliğinin sağlanması şeklindedir (Karahan ve ark. 2007a, Kral ve Trivelpiece 1973, Nehra ve ark. 2005, <http://nucleus.istanbul.edu.tr/~cfe/mak1/>, 2008).

- ***Plazma işleminin etkinliğini belirleyen parametreler***

Kullanılan gaz özellikleri, uygulanan basınç ve güç, materyal özellikleri işlem etkinliğini belirleyen parametrelerdir.

a) Gaz

Plazmayı oluşturan gaz cinsi, debisi, bileşimi, plazma yoğunluğunu (plazmada bulunan iyonların, elektronların, nötr ve uyarılmış moleküllerin, fotonların oranı) dolayısıyla yüzeyde meydana gelecek modifikasyonu etkilemektedir. Plazma iyonize olmuş gazlardan oluşmaktadır. İyonizasyon, herhangi bir nedenden dolayı atomdan bir elektron kopartılması veya atoma bir elektron bağlanması ile atomun yük dengesinin bozulmasıdır. İyonizasyon sonucu oluşan atoma iyon denilmektedir. Bu durum, yüksek enerjili elektron veya fotonlardan kaynaklanabilmektedir. İyonizasyon, kimyasal parçalanmalara kıyasla daha yüksek enerjilerde meydana gelme eğilimi göstermektedir. Reaktif gazlarda 106 molekülden 104'ü serbest radikaller oluştururken; 106 molekülden 1 tanesi iyonize olmaktadır. Bu nedenle reaktif gazlarda baskın olan etki serbest radikal oluşumudur. Soygazlar havaya nazaran daha kolay iyonize olurlar; yani iyonlaşma potansiyelleri daha düşüktür. Poletti ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada Argon plazma Helyum ve hava plazmadan daha etkili bulunmuştur. Bu durum, yüzey bombardımanında etkin olan iyon çapının artması ile açıklanmıştır (Karahan ve ark. 2007a, Poletti ve ark. 2003, Sarioğlu 2004).

Gazın akış oranı da işlem verimi açısından önemlidir. Akış oranının artması ile, aşınma veya polimerizasyon belli bir noktaya kadar artmakta bu noktadan sonra, işlem etkinliğini güç belirlemektedir. Gaz miktarının artması ancak gücün de artması ile etkili olabilmektedir. Plazma işlemi sırasında ortamda hem aşındırma hem de redeposition olmaktadır. İşlemin toplam etkisi kullanılan gaza bağlıdır. Eğer redeposition oranı daha fazla ise, plazma polimerizasyonu; aşındırma oranı daha fazla ise, meydana gelen olay

aşındırma olarak adlandırılmaktadır. Genellikle hidrokarbon içeren gazlar ile polimerizasyon; soygazlar ile aşındırma etkileri elde edilmektedir. Kullanılan gaz tek cins olabildiği gibi belirli oranlarda farklı gazların bileşimleri şeklinde de kullanılabilir (Karahan ve ark. 2007b, www.kolzer.it/files/vacuum_plasma_systems_brochure_2005.pdf, 2008). Kullanılan gaz, işlem verimliliğinin yanında plazmanın rengini de etkilemektedir. Plazma rengi yüksek enerjili atomların, iyonların veya moleküllerin daha düşük enerji seviyelerine düşerken yaydıkları radyasyon sonucu oluşmaktadır. Enerji seviyelerindeki temel farklılık nedeniyle, her gazın karakteristik bir emisyonu dolayısıyla farklı bir rengi olmaktadır.

b) Basınç

Plazma işlemleri vakum (düşük basınç) ve atmosferik basınç (yüksek basınç) olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilmektedir. Vakum plazmada, işlem kontrollü ve kapalı bir sistemde gerçekleştirilmektedir. Genellikle 40-120°C gibi düşük sıcaklıklarda çalışıldığı için materyalde termal bir zarar meydana gelmemektedir. Gazın sıcaklığı düşük olmasına rağmen, elektronların sıcaklığı oldukça yüksektir (20-50000 °K).

Yüksek sıcaklıklara dayanıklı olmayan organik materyallerin işlemleri için alternatif olmaktadır. İşlem sonunda sıcaklığa bağlı olmayan ve atmosferik plazma işlemi sonunda gözlenemeyen radikaller oluşmakta böylece daha iyi etkiler elde edilmektedir. Kontinü olmaması, cihazın kapasitesinin artırılması durumunda fazla yer kaplaması ve ilk yatırım maliyetinin yüksek olması bu işlemin en önemli dezavantajlarıdır. Atmosferik plazma; vakum plazmaya alternatif, açık hava basıncında çalışılabilen, kontinü çalışmaya uygun, vakum tertibatı gerektirmeyen bir plazma çeşididir. Atmosferik basınç plazmalarında en önemli sorun homojenliktir. Homojenliğin sağlanabilmesi için cihazın enerji yoğunluğunun artırılması üzerine çalışmalar halen sürmektedir (Karahan ve ark. 2007b, <http://nucleus.istanbul.edu.tr/~cfe/mak1/>, 2008, www.kotonline.com/english_pages/ana_basliklar/kiekens.asp, 2008).

c) Güç

Uygulanan güç, plazma yoğunluğunu direk olarak etkilemektedir. Gücün artırılması durumunda iyonize olan gaz miktarı artmakta, plazma yoğunluğu dolayısıyla işlem etkinliği artmaktadır (Karahan ve ark. 2007b).

d) İşlem süresi

İşlem süresinin artması, yüzeyin plazma ile etkileşme süresini artırdığı için, daha iyi sonuçlar elde edilebilmektedir. Fakat optimum sürenin üzerine çıkılması durumunda, materyal zarar görebilmekte veya istenmeyen etkiler elde edilebilmektedir (Karahan ve ark. 2007b).

e) Geçiş hızı

Kontinü atmosferik ve roll to roll vakum plazmalar için geçerli olan bu kriter materyalin plazmaya maruz kalma süresini etkilediği için, elde edilen etkilerin derecesini belirlemektedir (Karahan ve ark. 2007b).

f) Materyal

Plazma işlemi sadece yüzeyde etkili olduğu için kullanılan materyalin yapısal ve fiziksel özellikleri önemli olmaktadır. Özellikle yüzeyde oluşan serbest radikal miktarı lifin hem yüzey, hem yapısal özellikleriyle yakından ilişkilidir. Kullanılan materyalin cinsinin yanında, yapısında işlem verimliliği açısından önem taşımaktadır. Özellikle atmosferik plazmada elde edilen etkiler ince yüzeylerde daha belirgin olmaktadır (Karahan ve ark. 2007b, <http://nucleus.istanbul.edu.tr/~cfe/mak1/>, 2008, www.kotonline.com/english_pages/ana_basliklar/kiemens.asp, 2008).

2.4.2. Plazmanın tekstilde kullanımı

Lif yüzeyi, materyal hacminin %1-2' si kadar çok küçük bir kısmını simgeliyor olmasına rağmen materyal yüzeyinin kalitesi, o materyalin herhangi bir tekstil ürününde kullanımı adına ve birçok işletme süreci adına çok büyük önem arz etmektedir. Lif – polimer yüzey özellikleri gerek lif, gerek iplik gerekse kumaş yapılarının mekanik ve kimyasal prosesleri (işlemleri) üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Birçok lif tipi için plazma ile muamele işlemi bir veya birden çok özelliğin aynı anda değişmesine neden olmaktadır (Pastore ve Kiekens 2001). Değişim gösteren bu özellikler ise şunlardır:

- Su absorpsiyonu ve ıslanabilirlik
- Adhezyon
- Boyanma ve renk kalıcılığı
- Boyalı kumaşların renk tonu derinliği
- Su ve yağ iticiliği
- Kir salınımı
- Kaplama ve kimyasallara karşı direnç
- Sentetik materyallerin biyogeçirgenliği vb. dir (Pastore ve Kiekens 2001, Strobel ve ark. 1994).

Plazmanın liflerle etkileşimi sırasında, kimyasal reaksiyonlar, morfolojik yapı modifikasyonları ve polimer şekillenme reaksiyonları gibi çeşitli süreçler meydana gelebilmektedir (Pastore ve Kiekens 2001).

Lif yüzey özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla kullanılan plazmalar genel olarak üç sınıfa ayrılmaktadır:

1. Korona deşarj (ışık boşaltılması)
2. Glow deşarj (ısı boşaltılması) (düşük basınç doğru akım, mikro dalga veya radyo frekans plazmalar bu sınıftandır)
3. Dielektrik bariyer deşarj

Bunlar soğuk plazmalar olarak adlandırılmaktadır. Bu plazma türlerinin her biri kendi içerisinde avantaj ve dezavantajlara sahiptirler. Genel olarak 2. ve 3. seçenekler uygulamada daha karmaşıktırlar ancak polimer yüzeyinde meydana getirdikleri modifikasyonlar hem daha güçlü hem de daha stabil ve kalıcıdır (Pastore ve Kiekens 2001). Plazma türlerinin avantaj ve dezavantajları şunlardır:

- **Korona deşarj** atmosferik basınç altında, düşük frekansta veya puls şeklindeki yüksek voltlarda bir çift elektrot arasında meydana gelen bir plazma türüdür. Bu işlemin dezavantajları arasında, işlem kontrolünün zor olması, üniform olmaması ve yüzeyde küçük deliklerin oluşması sayılabilmektedir (Karahana ve ark. 2007a). Işık Boşaltma (korona deşarj) metodu, seri olarak birçok küçük şimşek tipi olarak adlandırılan boşaltmadan oluşmaktadır. Bu nedenle de tekstil terbiye işlemlerindeki homojenlik en alt seviyede oluşmakta ve hatta plazma prosesi esnasında kıvılcım oluşumu neticesi tehlikeli problemler yaratabilmektedir(www.tubitaktam.ege.edu.tr/index.php?lid=1&sid=0035,2008).
- En eski plazma türü ise **glow deşarj** plazmadır. Düşük ve atmosferik basınçta inert veya reaktif bir gazla üretilebilmektedir. DC, AC, RF, MW gibi farklı gerilimlerin kapalı bir sistemde bir çift veya bir seri elektroda uygulanmasıyla elde edilebilmektedir. Atmosferik basınçta üretilen bu plazma türünün avantajları üniform ve stabil olmasıdır (www.kotonline.com/english_pages/ana_basliklar/kiekens.asp, 2008, <http://webhost.ua.ac.be/plasma/pages/What-is->

a-glow-discharge.html, 2008). Buradaki DC direk akım, AC alternatif akım, MW mikro dalga, RF ise radyo frekansı güç kaynağını simgelemektedir. Bunlar, plazma halinin sürdürülebilmesi için kesintisiz enerji sağlayan güç kaynaklarıdır (<http://nucleus.istanbul.edu.tr/~cfe/mak1/>, 2008).

- **Dielektrik bariyerdeşarj** ise en az birisi dielektrik malzeme ile kaplanmış bir elektrot çiftine voltaj uygulanmasıyla meydana gelmektedir. Klasik atmosferik korona plazmalarda, meydana gelen arklar sonucunda bölgesel ısınmalar ve üniform olmayan bir etki oluşurken dielektrik bariyerdeşarj plazmalarda ise koronaya göre daha homojen etkiler elde edilmektedir (Karahana ve diğ. 2007b). Tekstil malzemelerinin genel olarak düzgün(uniform) bir şekilde geliştirilmesinde katkısı olmuş bir yöntemdir (www.tubitaktam.ege.edu.tr/index.php?lid=1&sid=0035, 2008).

Plazma metodu çok değişik tekstil muamelelerinde yüksek seviyede gelişme potansiyeline sahiptir. Bu gelişme yalnızca nihai ürün giysi aşamasında değil; tekstil prosesinin diğer aşamalarında (teknik ve endüstriyel tekstil) da uygulanabilirlik imkanı arz etmektedir (www.tubitaktam.ege.edu.tr/index.php?lid=1&sid=0035, 2008).

Geleneksel tekstil terbiyesi işlemleri yaş işlemlerdir ve çok miktarlarda su gerektirmektedir. Bunun yanı sıra boyama sonrası suda kalan yardımcı maddeler ve kalan boyarmaddeler kirletici etki göstermektedir. Kirliliği ve atık suyun rengini gidermek için kullanılan kimyasal maddeler de ek olarak kirliliğe yol açmaktadır. Bu işlemlerde kullanılan kimyasalların zararlı emisyonları, gittikçe sıkılaştıran çevre kanunları için tehdit edici bir unsur oluşturmaktadır. Kullanılan konvansiyonel yöntemler yüksek enerji ve su tüketen, kirlilik yaratan, maliyeti yüksek çevre dostu olmayan işlemlerdir (Karahana ve ark. 2007a).

Buna ilave olarak ürünün performansını olumsuz olarak da etkileyebilen işlemlerdir. Bütün bu nedenlerle, tekstil terbiyesinde günümüzün sıkı ekonomik ve ekolojik taleplerini karşılayacak yeni anlayış çerçevesinde çok fonksiyonlu, basit ve temiz

yöntem ve teknolojilerin gündeme gelmesi artık kaçınılmazdır. Tekstil endüstrisindeki gelişmeler büyük oranda geliştirilen cihazlara bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.

Günümüzde, plazma prosesinin tekstil alanındaki kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar genellikle aşağıdaki konularda gerçekleştirilmektedir:

- Elyafın yüzeyindeki iyileştirilmiş ıslanma özelliği.
- Elyafın yüzeyindeki yüksek kimyasal reaktivite.
- Gelişmiş su geçirmezlik özelliği ve bu sayede su, yağ ve lekelerle karşı üstün itme özelliği.
- Tekstil kaplamalarında ve lamine işlemlerinde gelişmiş bir yapışkanlık.
- Tekstil elyafı yüzeyinin temizliği. Mesela; plazma haşıl sökmesi (www.tubitaktam.ege.edu.tr/index.php?lid=1&sid=0035, 2008).

Elyaf yüzeyinde plazma aşındırma yöntemi ile yapılan değişikliklerle su emiciliği, ıslanma kabiliyeti ve yapışkanlık artırımı ve bu gibi hususlar geniş bir şekilde araştırılmaktadır. Bu iyileştirme uygulamalarında, yüzey kısmındaki elyaf ağırlığında çok az kayıp yaşanmakta fakat iç bölgede kalan elyafın gövde kısmında hiçbir kayıp tespit meydana gelmemektedir (www.tubitaktam.ege.edu.tr/index.php?lid=1&sid=0035, 2008).

Plazma polimerizasyonu yönteminin kullanılması neticesinde ise; elyaf yüzeyinde ince polimer zarının toplanması dolayısıyla elyaf ağırlığında ufak bir artış meydana gelmektedir. Bu yöntemle kaplama ve terbiye işlemlerinde önemli imkanlar yaratılmıştır (www.tubitaktam.ege.edu.tr/index.php?lid=1&sid=0035, 2008).

Konvansiyonel tekstil işlemleri ile kıyaslanınca, soğuk plazma işlemleri büyük imkanlar sağlamaktadır. Yeni teknolojilerden birisi olan plazma teknolojisi,

- su gereksinimi olmaması,
- işlemin gaz fazında gerçekleşmesi,
- kullanılan kimyasal madde miktarının çok az olması,
- kısa işlem süresi,
- endüstriyel atığa sebep olmaması,
- tekstil materyalinin mekanik özelliklerine zarar vermemesi,
- işlemin sadece lif yüzeyinde etkili olması,
- enerji tasarrufu sağlaması gibi avantajları beraberinde getirmektedir. Diğer yandan meydana gelen modifikasyonların sonucu olarak, lif yüzeyinin kimyasal reaktivitesi, lifler arasındaki kohezyon, hidrofilitik, boyanabilirlik, lif yüzeyinin kaplamalara ve matrislere adhezyonu artmaktadır. Lif yüzeyi temizlenmekte, kullanılan kimyasallar daha iyi nüfuz edebilmekte, mikro ve nano liflerin filtrasyon kapasitelerinde artma meydana gelmektedir. Kullanılan monomerlerin özelliğine göre; güç tutuşurluk, antimikrobiyellik, su, yağ, kir iticilik gibi yeni fonksiyonlar kazandırılırken mamulün temel özellikleri değişmeden kalmaktadır (Karahana ve ark. 2007a).

Sonuç olarak; plazma teknolojisinin tekstil proseslerinde kullanılması birçok avantaj sağlamaktadır. Günümüzün sıkı ekonomik ve ekolojik taleplerinin doğrultusunda plazma teknolojisinin tüm bu avantajları nedeniyle birçok endüstri dalında olduğu gibi tekstil endüstrisinde de gelecekte daha yaygın bir şekilde kullanılacağı şüphe götürmez bir gerçektir.

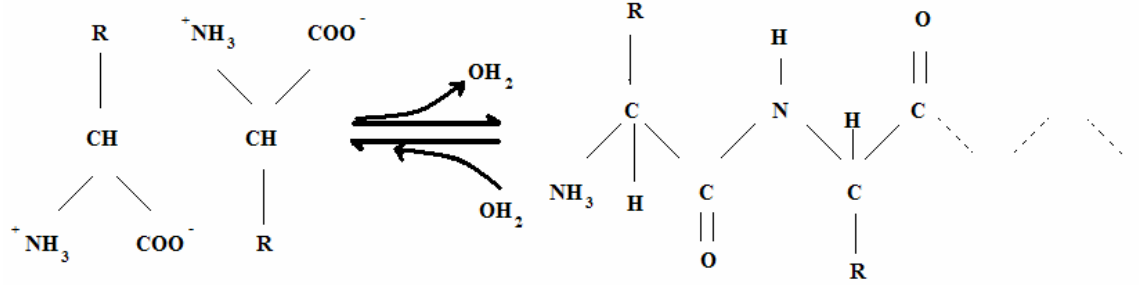
2.5. Rejenere Selüloz Liflerinde Fibrilleşme Eğilimi ve Liflerin Terbiyesinde Enzim Kullanımı

Enzimler hemen hemen hepsi denilebilecek kadar büyük çoğunluğu protein yapısında olan ve yaşayan sistemlerde tepkimelere yardımcı olan doğal katalizörlerdir (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Sel%C3%BClaz>, 2008). Çok uzun yıllardır doğal gıda

maddelerinin ve ilaç içeriklerinin işlenmesi ve/veya değiştirilmesi amacıyla kullanılmışlardır. Ayrıca tekstil sektörünün ham maddesi olan liflerle ilgili çeşitli işlemlerde de kullanımları söz konusudur. Örneğin; ipek serisininin giderilmesi ve pamuğun haşılının sökülmesi işlemleri. Enzimin tekstil proseslerinde kullanılması son yıllarda çevreye daha duyarlı bitim işlemlerinin geliştirilmesi yönünde gelişim göstermektedir. Enzimlerle ilgili yapılan çalışmalar genellikle odun, pamuk, keten ve rejenere selülozlar gibi selülozik esaslı lifler ve yün, ipek gibi protein liflerini kapsamaktadır (Eriksson ve Cavaco-Paulo 1998, Pastore ve Kiekens 2001). Tekstil endüstrisinde enzim kullanımının; daha az kimyasal madde tüketimi, daha az ağırlık, mukavemet kaybı ve lif hasarı, geliştirilmiş tutum, daha düşük sıcaklıklarda çalışma imkanı dolayısıyla daha az enerji tüketimi gibi avantajları mevcuttur. Ancak örneğin pamuk lifinin hidrofilleştirilmesi işleminde daha az çöpel uzaklaşması ve ağartma işlemine göre daha az beyazlık derecesi artışı gibi dezavantajları da söz konusudur (Sarışık 2000).

2.5.1. Enzimler

Enzimler, düşük hızlarda oluşan reaksiyonları katalizleyen ve reaksiyon dengesini değiştirmeksizin katalitik aktivite gösteren biyolojik katalizörlerdir. Aktivasyon enerjisini düşürerek, zor ve uzun sürede gerçekleşecek olan tepkimeleri çok kısa sürede ve az enerji harcanarak yapmayı sağlarlar (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Sel%C3%BClaz>, 2008). Molar kütleleri yaklaşık olarak 12000 ile birkaç milyon arasında değişen enzimler, yapı olarak peptid zincirlerinden meydana gelmektedirler. Peptidler ise iki amino asidin amino ve karboksil grupları arasında oluşan kondenzasyon reaksiyonu sonucunda meydana gelmektedirler (Sarışık 2001).



Şekil 2.22. Peptid Zinciri Oluşumu
(Kaynak: Sarıışık 2001, Tekstil Terbiye İşlemlerinde Enzimler)

İsimlendirilmeleri genel olarak katalize ettikleri kimyasal reaksiyonun tipi veya etkilendikleri substrat esas alınarak yapılmaktadır. Yani substratların veya reaksiyonların sonuna –az (-ase) eki getirmektedir. Tablo 2.10’ da enzimlerin isimlendirilmesine örnekler verilmektedir (Kahraman 2000).

Tablo 2.10. Enzimlerin İsimlendirilmesine Örnekler

Reaksiyona Göre		Substrata Göre	
Reaksiyon	Enzim	Substrat	Enzim
Oksidasyon	Oksidaz	Protein	Proteinaz
Redüksiyon	Redüktaz	Karbonhidrat	Karbonhidraz
Dekarboksilasyon	Dekarboksilaz	Lipid	Lipaz
Hidrolizasyon	Hidrolaz	Üre	Üreaz

(Kaynak: Kahraman 2000, Çeşitli Tekstil Lifleri ve Mamullerine Bazı Mikroorganizmaların Zararları Üzerine Bir Araştırma)

Enzimlerin sınıflandırılmasında ise, karışıklıkları önlemek amacıyla Uluslararası Biyokimya Birliği Enzim Komisyonu’nun geliştirdiği standartlar kullanılmaktadır. Buna göre bir enzim şu şekilde tanımlanmaktadır:

- enzim tarafından katalizlenen reaksiyon
- terminolojideki sistematik adı
- referans numarası(EC)

Referans numarası yani EC dört basamaklı, noktalarla ayrılan bir sayıdır. 1. basamak; enzim sınıfıdır ve altı tane enzim sınıfı bulunmaktadır. 2. ve 3. basamak; alt sınıf ve alt alt sınıfıdır. 4. basamak ise alt alt sınıftaki derece sayısıdır (tablo 2.11) (Cavaco-Paulo ve Gübitz, Sarıışık 2001).

Tablo 2.11. Enzimlerin Sınıflandırılması

1. Oksid redüktazlar	Redoks reaksiyonlarını katalizlerler.
1.1.	CH-OH grubuna etkileyenler
1.2.	C-O grubuna etkileyenler
1.3.	C-CH grubuna etkileyenler
1.4.	CH-NH ₂ grubuna etkileyenler
1.5.	CH-NH grubuna etkileyenler
2. Transferazlar	Fonksiyonel grupların transferinde görev alırlar.
2.1.	C ₁ gruplarını transfer edenler
2.2.	Karbonil gruplarını transfer edenler
2.3.	Açıl gruplarını transfer edenler
2.4.	Glikozil gruplarını transfer edenler
2.5.	N- içeren grupları transfer edenler
2.6.	Fosfat gruplarını transfer edenler
2.7.	S- içeren grupları transfer edenler
3. Hidrolazlar	Hidroliz reaksiyonlarını katalizlerler.
3.1.	Esterleri hidrolizleyenler
3.2.	Glikozid bağlarını hidrolizleyenler
3.4.	Peptid bağlarını hidrolizleyenler
3.5.	Diğer C-N bağlarını hidrolizleyenler
3.6.	Asit anhidritlerini hidrolizleyenler
4. Liyazlar	Çift bağa katılma ve çift bağ oluşturan reaksiyonları katalizlerler.
4.1.	C-C liyazlar
4.2.	C-O liyazlar
4.3.	C-N liyazlar
5. İzomerazlar	İzomerleşme reaksiyonlarını katalizlerler.
5.1.	Resamezlar
5.3.	İntramoleküler oksidoredüktazlar
5.4.	İntramoleküler transferazlar
6. Ligazlar(sentetazlar)	Sentez reaksiyonlarını katalizlerler.
6.1.	C-O bağını oluşturanlar
6.2.	C-S bağını oluşturanlar
6.3.	C-N bağını oluşturanlar
6.4.	C-C bağını oluşturanlar

(Kaynak:Sarıışık 2001, Tekstil Terbiye İşlemlerinde Enzimler,
<http://tr.wikipedia.org/wiki/Sel%C3%BClaz>, 2008)

Enzimler yapı olarak iki kısımda incelenmektedir: Basit enzimler ve bileşik enzimler.

1. **Basit enzimler:** Sadece proteinden meydana gelmiş enzimlerdir. Bunlara en iyi örnek sindirim enzimleri ve üreyi parçalayan üreaz enzimleridir. Reaksiyon direk olarak protein kısmı tarafından yürütülmektedir.
2. **Bileşik enzimler:** Bileşik enzimler iki kısımdan meydana gelmektedir. Bu kısımlar;
 - Protein + Vitaminler
 - Protein + Mineral maddeler veya metal iyonlarıdır.

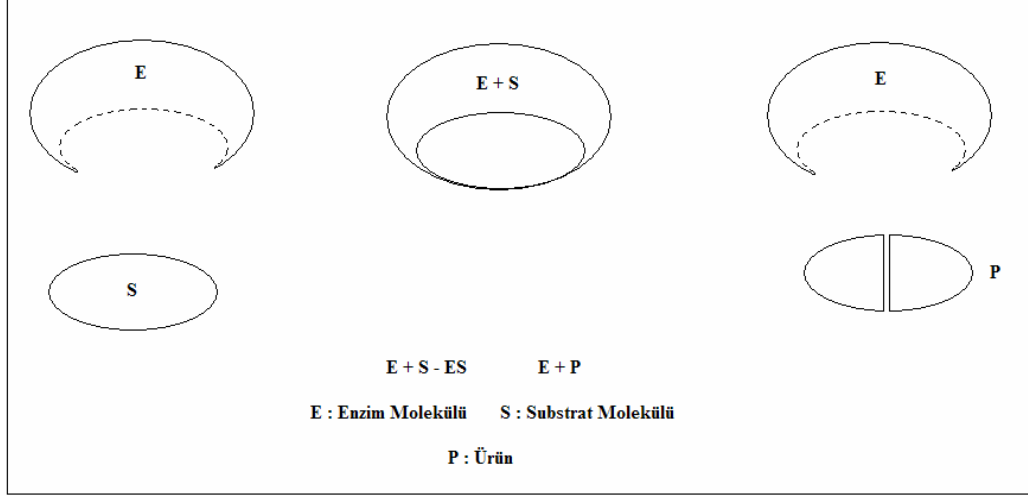
Bu enzimlerin protein kısmına apoenzim, vitamin kısmına ise koenzim veya prostetik grup denilmektedir. Metal iyonları ve mineral maddeler gibi kısımlarına da enzim aktivatörleri denilmektedir. Bileşik enzimler ayrı ayrı görev yapamazlar. Çünkü enzimin etki ettiği maddeyi protein kısmı belirlemektedir. Koenzim kısmı ise reaksiyonu gerçekleştirmektedir (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Sel%C3%BClaz>, 2008).

2.5.2. Enzimatik reaksiyonların mekanizması

Laboratuarlarda çok yüksek sıcaklık ve yüksek basınç altında gerçekleştirilebilecek reaksiyonlar enzimler sayesinde organizmada vücut sıcaklığında problemsiz yürüyebilmektedir. Reaksiyonları katalizlemek için, enzim molekülü substrat ile bir kompleks oluşturmalıdır. Enzim aktif merkezleri molekülün nüfuz eden bölgeleriyle karşı karşıya gelmektedir. Bu, enzimi substrata karşı çeker ve her iki molekülün oryante olmasına izin verir. Böylece bir enzim-substrat kompleksi oluşumu anahtar-kilit mekanizması ile başlamış olur (Sarışık 2001).

Biyoreaksiyon oluşan enzim-substrat kompleksindeki aktivasyon enerjisini düşürüp, reaksiyon hızının artmasıyla devam eder. Son olarak kompleks, reaksiyon ürünlerinin açığa çıkmasıyla parçalanır. Orijinal enzim tekrar kullanıma elverişlidir yani kuramsal olarak enzimli tepkimeler dönüşümlüdür. Proses, enzim kimyasal bir madde veya

ekstrem pH ya da sıcaklık ile aktivitesini kaybedene kadar devam eder (Şekil 2.23) (Sarışık 2001).



Şekil 2.23. Enzim Etkisinin Mekanizması
(Kaynak: Sarışık 2001, Tekstil Terbiye İşlemlerinde Enzimler)

2.5.3. Tekstil endüstrisinde kullanılan enzimler

Tekstil sektöründe enzim kullanımı gün geçtikçe giderek yaygınlaşmaktadır. Amilaz, lipaz, selülaz, pektinaz gibi enzimler tekstil endüstrisinde farklı amaçlar için kullanımları söz konusu olan birçok enzimden sadece birkaç tanesini oluşturmaktadırlar. Aşağıdaki tabloda tekstil endüstrisinde kullanılan çeşitli enzim grupları ve hangi amaçlarla kullanıldıkları görülmektedir.

Tablo 2.12. Tekstil Endüstrisinde Kullanılan Enzimler ve Kullanım Alanları

Enzim Adı	Uygulama Alanı
Selülaz	Boncuklanma eğilimini azaltma ve kumaş yüzeyini düzleştirme, biyo-parlatma, denim kumaşlara eskimiş görünüm kazandırma(taşlanma)
Pektinaz	Ağartma öncesi pamuklu mamulleri hidrofilleştirme, keten, kenevir, jüt gibi liflerin enzimatik havuzlama işlemleri
Amilaz	Nişasta haşılını uzaklaştırma
Proteaz	Yünlü mamullerin boyarmadde alımını artırma ve keçeleşmezlik sağlama, ipek serisininin uzaklaştırılması
Lipaz	Haşıl sökme ve çeşitli bitim işlemleri
Laktaz	İndigo ağartma
Katalaz	Hidrojen peroksit ağartmasından sonra, flottedeki peroksiti su ve oksijene parçalama

(Kaynak: Nelson 1998, Novel Applications of Biotechnology in The Textile Industry, ECOTEKS 98, Sarıışık 2001, Tekstil Terbiye İşlemlerinde Enzimler, www.yeniforum.gen.tr/tekstil-kimyasallari-ve-cevreye-etkileri-marmara-uni-arkadaslar-dan-tez-calismasi, 2008)

Bahsedilen bu enzim grupları arasından “selülazlar”, tekstil sektöründe en yoğun kullanımı olan enzim türlerinden biridir.

2.5.4. Selülaz enzimleri

Selülaz enzimleri genellikle mantar esaslı olan enzimlerdir (Tablo 2.13).

- Endoglukonaz (1,4-β-D-glukan-glukonahidrolaz EC 3.2.1.4)
- Sellobiohidrolaz (1,4-β-D-glukan-sellobiohidrolaz EC 3.2.1.1)

- β -glukosidaz (β -D glukosid-glukohidrolaz EC 3.2.1.2) (Sarışık 2001).

Tablo 2.13. Selülaz Enzimlerinin Özellikleri

Selülaz	Kaynak		Molekül Ağırlığı(MA)	İsoelektrik Nokta(IP)
Endoglukonaz	Trichoderma reesei	I	20 000	7,5
Endoglukonaz	Trichoderma reesei	II	40 000	4,6
Sellobiyohidrolaz	Trichoderma reesei	I	60 000	3,9
Sellobiyohidrolaz	Trichoderma reesei	II	60 000	5,6
β -glukosidaz	Trichoderma reesei	I	47 700	5,74
β -glukosidaz	Trichoderma reesei	II	35 000	

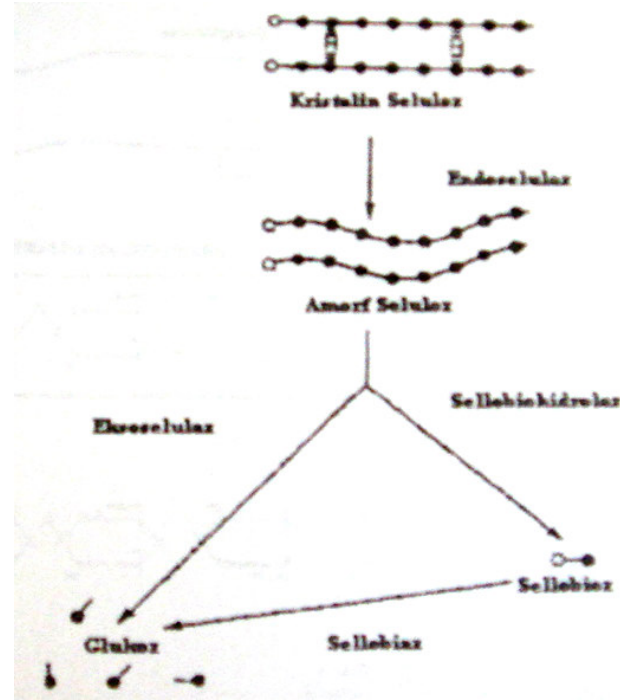
(Kaynak:Sarışık 2001, Tekstil Terbiye İşlemlerinde Enzimler)

Bu enzimlerin tekstil mamullerine uygulanma amaçları şöyledir:

- Tutumun geliştirilmesi
- Yüzey yumuşaklığı
- Yüzeyde bulunan boncuk ve lif uçlarının uzaklaştırılması
- Geliştirilmiş esneklik
- Yüzeyin temizlenmesi dolayısıyla parlaklığın artırılması
- Yıkama dayanımı, düşük tüylenme eğilimi ve kullanım sırasında neps oluşmaması
- Rejenere selülozik esaslı mamullerde tüylülüğün giderilmesi
- Taş yıkama efektinin eldesidir (Sarışık 2001).

Selülaz enzimlerinin selüloza etki mekanizması genel olarak, selülozu hidrolize etmesi ve selüloz yapısını daha kısa zincirli selüloz polimerlerine ve glikoza parçalaması şeklinde olmaktadır. Üç değişik selülaz tipinden biri olan endo-selülazlar (endoglukonaz) uzun zincirli selüloz polimerlerini rasgele daha kısa polimerlere parçalarken, ekso-selülazlar (sellobiyohidrolaz)selüloz polimer zincirlerini uçlardan hidrolize ederek sellobiyozları oluşturmakta, β -glukosidazlar ise sellobiyoz gibi kısa zincirli selüloz oligomerlerini glukozlara parçalamaktadırlar (Şekil 2.25) (Menceloğlu

ve ark. 1999, Saruşık 2001). Tekstil endüstrisinde selülozun glukozlara kadar parçalanması istenen bir durum değildir. Enzimin uygulanış amacı ya tüycüklerin uzaklaştırılması ya da boyanın sökölmesi ve yumuşak tutum elde edilmek istenmesidir.



şekil 2.25. Selölaz Enziminin Selölözle Olan Etkileşimi
(Kaynak:Saruşık 2001, Tekstil Terbiye İşlemlerinde Enzimler)

Li ve Hardin (1998) yapmış oldukları çalışmada selölaz ve pektinaz enzimlerinin pamuğa etkisini incelemişlerdir. Bu enzimlerin bireysel olarak ve kombine halde ham pamuk, alkolde ekstrakte edilmiş pamuk ve yıkanmış pamuklu kumaş üzerindeki etkilerini gözlelemişlerdir. Yüzey özelliklerinin incelenmesinde elektron mikroskobu kullanmışlardır. Sonuç olarak da; ham pamuk yüzeyinde düz çizgiler, pektinaz enzimi ve yüzey aktif madde ile muamele sonrasında yassı çizgiler-konkav oluklar ve fibril çıkıntılar, selölaz enzimi ve yüzey aktif madde ile muamele sonrasında ise pektinazla aynı etkilere artı olarak oyuklar ve parlak yüzeyler gözlemlendiği rapor edilmiştir.

Selölaz enzimlerinin selölözik esaslı mamullerin yüzeyini parlatma amacıyla kullanımı ise artan bir önem kazanmaktadır. Boncuklanma (pilling), mamul yüzeyindeki kısa veya birbirine iyi bağlanmamış liflerin sürtme gibi mekanik etkiler sonucunda

mamul yüzeyinde oluşturdıkları düğümçüklerdir. Birçok kumaş türü giyme ve yıkama esnasında boncuklanma eğilimi göstermektedir. Bazı durumlarda ise daha fabrika aşamasında bile boncuklanma eğiliminin gözlemlenmesi söz konusu olabilmektedir. İşte bio-parlatma (bio-polishing veya antipilling) işlemi, selüloz enzimleri ile selüloz esaslı tekstil mamullerinin iplik ve kumaş yüzeyindeki lif uçları ve havların zayıflatılarak uzaklaştırılması amacıyla yapılan biyolojik bir işlemdir. Böylece kumaştan lif uçları ve safsızlıklar uzaklaştırılmakta ve işlem sonucu kumaş yüzeyinde meydana gelen görünüm kalıcı olmaktadır (Sarışık 2001).

Bu işlem ile;

- Pamuklu mamullerin boncuklanma eğilimi azalmakta,
- Kumaş yüzeyi temizlenmekte ve tüycükler giderilmekte,
- Kumaşın yumuşaklık, dökümlülük ve esneklik gibi tutum özellikleri geliştirilmekte,
- Hidrofillik özellikleri gelişmekte,
- Kumaşın boya afinitesi, alımı, düzgünlüğü ve parlaklığı artmaktadır (www.konfeksiyon.blogcu.com/3054774, 2008).

Mamule uygulanan bio-parlatma işleminin süresi arttıkça boncuklanma eğiliminde azalma meydana gelmektedir. Ayrıca hem dokuma hem de örgü kumaşlara uygulanan bu işlemin dökümlülük ve tuşenin gelişmesini sağlarken hidrofillik üzerinde herhangi bir azalmaya neden olmaması sıradan yumuşatıcılara göre avantajlı duruma geçmesini sağlamaktadır. Enzim ile işlem sonucu elde edilen etkiler, enzim sadece kumaş yüzeyinde kalmayıp tüm lifleri etkilediği için kalıcı olmaktadır. İşlem tekstil materyallerine elyaf, kumaş ve hatta dikilmiş giysi formunda dahi uygulanabilmektedir.

Pamuk lifleri ile kıyaslandığında rejenere selüloz liflerinin fibrilleşme eğilimi de göze çarpmaktadır. Fibrilasyon, yaş terbiye işlemleri esnasında liflerin şişmesi ve

mekanik etki nedeniyle fibrillerin lif yüzeyi boyunca şeritler halinde ayrılmasıdır. Life uygulanan yaş işlem esnasında yapıya su girmekte ve lifte şişme meydana gelmektedir. Açılan yapıda fibriller arası mesafe artış gösterirken fibrillerin birbirleriyle olan çekimi de azalmakta, fibriller arası bağ sayısı düşmektedir. Sonuç olarak, herhangi bir yaş-mekanik işleme tabi tutulan rejenere selüloz liflerinde yapıdaki fibriller şişmenin etkisiyle yapıdan dışarı çıkmakta ve fibrilasyon meydana gelmiş olmaktadır. En düşük fibrilasyon eğilimini viskon ve modal lifleri gösterirken polinozik lifler daha gevrek yapıda olup daha yüksek fibrilasyon eğilimi göstermektedirler. Dolayısıyla bu lifler fibrile olabilen modal lifleri olarak da tanımlanmaktadır. En yüksek eğilim ise lyocel liflerinde gözlenmektedir.

Tekstil mamullerinin terbiyesi esnasında şapel liflerden yapılmış ipliklerin iplik fibrilasyonu enzimatik defibrilasyonla kontrol edilmektedir. Bu amaçla da rejenere selülaz esaslı mamullerin bio- parlatma işleminde olduğu gibi enzimatik defibrilasyon işleminde de selülaz enzimlerine başvurulmaktadır. Fibrilasyon eğilimini arttıran koşullar arasında yüksek sıcaklık, alkali pH, kuvvetli mekanik etkiler, düşük iplik bükümü veya açık kumaş strüktürü bulunurken azaltan koşullar arasında düşük sıcaklık, nötral pH değeri, zayıf mekanik etki, yüksek iplik bükümü veya kapalı kumaş yapısı, kırık önleyici madde kullanımı ve boyama öncesi veya sonrasında selülaz ile enzimatik işlem (defibrilasyon) gibi seçenekler bulunmaktadır (Sarışık 2001).

Fibrilasyon eğilimi genellikle bir dezavantaj gibi görülmektedir. Oysa ki fibrilasyonun kontrol edilebilirliği sayesinde bu dezavantajların avantaja çevrilmesi de mümkündür. Buna örnek olarak lyocell lifleri verilebilmektedir. Lyocell liflerinin kontrol edilebilirliği modifiye edilmek suretiyle özel uygulamalara cevap verebilecek dökümlü, hoş görünlü ve tuşeli ürünlerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Giysilik dışındaki uygulamalara örnek olarak fibrilleşen lyocell liflerinden elde edilen sigara filtresi verilebilir. Mikro fibrillerden oluşan bu filtre nikotini alkoyma yeteneğine sahiptir. Ayrıca kontrollü fibrilasyon, lyocell lifleriyle yapılan dokusuz yüzeylerde mukavemet arttırma yönünden de yararlı olabilmektedir (Anon. 1998).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Lifler

Bu çalışmada selülozik esaslı olan üç farklı lif grubu kullanılmıştır. Bunlar; pamuk viskon ve modal lifleridir. Tekstil sektöründe çok geniş bir kullanım alanına sahip olan bu liflerden pamuk lifi doğal lifler grubuna, viskon ve modal lifleri ise rejenere selülozik esaslı lifler grubuna dahildirler. Üç lif grubuyla da stapel yani kesikli formda çalışılmıştır.

Lif materyalleri Kayseri' de yer alan ve dünyaca ünlü Avusturya' lı Lenzing firmasının Türkiye temsilcisi olan KARSU Tekstil Sanayi Ticaret A.Ş. vasıtasıyla temin edilmiştir. Bu deneysel çalışmanın ilk adımında liflerin herhangi bir işleme maruz kalmamış doğal halleriyle çalışılmış; ikinci adımında ise çeşitli işlemler uygulanmış lif numunelerinin yüzeylerinde ve dayanımlarında meydana gelen değişimler incelenmiştir. Kullanılan materyallere ait bilgiler ve deneysel çalışmaların işlem adımları aşağıda tablo halinde verilmiştir.

Tablo 3.1. Numune Liflerin Özellikleri ve Uygulanan İşlemler

LİF CİNSİ	PAMUK	VİSKON	MODAL
LİF İNCELİĞİ *	Ege Yöresine Ait Yaklaşık 4,1-4,4 mic.	1,3 dtex	1,3 dtex
LİF UZUNLUĞU*	Yaklaşık 28-29 mm civarı	38 mm	38 mm
LİF NUMUNELERİNE UYGULANAN İŞLEMLER	<ul style="list-style-type: none"> • Ham halde SEM çalışması ve mukavemet testi • Soda (Na₂CO₃) ile muamele sonrası SEM çalışması ve mukavemet testi • Mekanik sürtünme sonrası SEM çalışması • Enzim ile muamele sonrası SEM çalışması ve mukavemet testi • Plazma ile muamele sonrası SEM çalışması 	<ul style="list-style-type: none"> • Ham halde SEM çalışması ve mukavemet testi • Soda (Na₂CO₃) ile muamele sonrası SEM çalışması ve mukavemet testi • Mekanik sürtünme sonrası SEM çalışması • Enzim ile muamele sonrası SEM çalışması ve mukavemet testi • Plazma ile muamele sonrası SEM çalışması ve mukavemet testi 	<ul style="list-style-type: none"> • Ham halde SEM çalışması ve mukavemet testi • Soda (Na₂CO₃) ile muamele sonrası SEM çalışması ve mukavemet testi • Mekanik sürtünme sonrası SEM çalışması • Enzim ile muamele sonrası SEM çalışması ve mukavemet testi • Plazma ile muamele sonrası SEM çalışması ve mukavemet testi

(* Üretici Firmaya Ait Bilgiler

3.1.2. Cihazlar ve yardımcı malzemeler

3.1.2.1. Taramalı elektron mikroskobu

Yüzey görüntülerinin elde edilmesi, Gebze Tübitak Marmara Araştırma Merkezi (MAM) Laboratuvarları' ndaki JEOL JSM_6335 F Model Taramalı Elektron Mikroskobu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz öncesi iletken hale getirilmesi amacıyla altın-paladyum (Au-Pd) ile kaplanan numune yüzeyleri; 10 kV yükleme altında ve 200X, 2500X, 5000X, 7500X, 10000X gibi değişik büyütme oranları ile çalışılarak gözlemlenmiştir.



Şekil 3.1. Taramalı Elektron Mikroskobu

3.1.2.2. Instron mukavemet test cihazı

Numunelerin çekme deneyleri, Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Fizik Laboratuvarı' nda bulunan 4301 Model INSTRON Mukavemet Test Cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu cihaz sabit uzama yani CRE prensibine göre çalışmaktadır. Deney materyali lif formunda olduğu için; liflerin çenelere sabitlenmesi, kompresörden elde edilen hava basıncını kullanan uygun lif çeneleri vasıtasıyla yapılmıştır ve mukavemet testi sırasında 10N' luk yük hücreleri ile çalışılmıştır. Ölçüm sonuçları, cihazla bağlantılı olan bir bilgisayar vasıtasıyla elde edilmiştir.



Şekil 3.2. Instron Mukavemet Test Cihazı

3.1.2.3. HVI (High Volume Instruments) sistemi

Pamuk lifi numunelerinin demet halinde mukavemet ölçümleri, Bursa Apolteks firmasına ait olan test laboratuvarlarında bulunan USTER HVI 900 Test Sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.3. HVI Test Sistemi

3.1.2.4. Kumaş aşındırma ve boncuklanma test cihazı

Numunelere uygulanan sürtünme sonucu mekanik aşındırma işlemleri sırasında Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Fizik Laboratuvarı' nda bulunan James H. Heal firmasına ait Nu_Martindale 403 Model 6 Pozisyonlu Kumaş Aşındırma ve Boncuklanma Test Cihazı kullanılmıştır. Deney sırasında 9 kPa' lık yükleme ve toplam olarak 50 devir sayısı ile çalışılmıştır.



Şekil 3.4. Kumaş Aşındırma ve Boncuklanma Test Cihazı

3.1.2.5. Plazma sistemi

Numunelere uygulanan plazma tekniği ile yüzey modifikasyonu deneyleri sırasında Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Plazma Destekli Biyoteknoloji ve Biyomühendislik (PABB) Grubu Laboratuvarı' nda bulunan Diener Elektronik firmasının PICO Model Plazma Sistemi kullanılmıştır. Cihazla elde edilen dalga boyları 13,56 MHz olduğu için RF_Plazma Sistemi olarak tanımlanmaktadır. Sistemin genel kullanım alanlarında otomotiv endüstrisi, biyoloji bilimi, elektronik, malzeme bilimi, plastik endüstrisi, tıp bilimi ve tekstil sektörü başta gelmektedir.



Şekil 3.5. Plazma Sistemi

3.1.2.6. Soğutmalı inkübatör

Numunelere uygulanan soda ile fibrilleştirme ve enzim ile muamele deneyleri sonrasında kurumaları amacıyla Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü' ne ait olan laboratuarlarda bulunan NÜVE FN 500 Model Soğutmalı İnkübatör kullanılmıştır.



Şekil 3.6. Soğutmalı İnkübatör

3.1.2.7. Çalkalamalı su banyosu

Numunelere uygulanan soda ile fibrilleştirme ve enzim ile muamele deneyleri sırasında Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü' ne ait olan laboratuarlarda bulunan NÜVE ST 402 Model Su Banyosu kullanılmıştır. Lif formundaki numuneler, su banyosu üzerinde bulunan haznelere yerleştirilerek yapılan işleme özel hazırlanan çözeltiler içerisinde çalkalanmışlardır.



Şekil 3.7. Çalkalamalı Su Banyosu

3.1.2.8. Işıklı mikroskop

Numunelere uygulanan fibrilasyon deneyleri sırasında, uygun fibrilasyon zamanlarının tesbiti ve sürtünme deneylerindeki mekanik aşındırmanın etkinliğinin tesbiti için Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Fizik Laboratuvarı' nda bulunan Olympus CH40 Model Işıklı Mikroskop kullanılmıştır.



Şekil 3.8. Işıklı Mikroskop

3.1.2.9. Isıtıcılı manyetik karıştırıcı

Numunelere uygulanan enzim ile muamele deneyleri sırasında, enzim çözeltilerinin sıcaklık değerlerini uygun aralıklara getirebilmek amacıyla Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü' ne ait olan laboratuarlarda bulunan NÜVE MK 318 Model Isıtıcılı Manyetik Karıştırıcı kullanılmıştır.



Şekil 3.9. Isıtıcılı Manyetik Karıştırıcı

3.1.2.10. pH_metre

Numunelere uygulanan fibrilasyon deneyi çözeltilerinin ve enzimle muamele deneyi çözeltilerinin gerekli pH değeri aralıklarını sağlayıp sağlamadığını kontrol etmek amacıyla Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü' ne ait olan laboratuarlarda bulunan HANNA HI 8314 Model pH_metre kullanılmıştır.



Şekil 3.10. pH_metre

3.1.2.11. Hassas terazi

Numunelere uygulanan sürtünme ile mekanik aşındırma, fibrilasyon ve enzimle muamele deneyleri sırasında gerekli olan lif gramajlarının ölçülebilmesi için Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Fizik Laboratuvarı' nda bulunan SCALTEC SBA41 Model Hassas Terazi kullanılmıştır.



Şekil 3.11. Hassas Terazi

(Kaynak: www.cassales.co.kr/.../tiny/jys1090_287.jpg, 2008)

3.1.2.12. Beher, pipet ve mezür

Numunelere uygulanan fibrilasyon ve enzimle muamele deneyleri sırasında çözelti hazırlamak amacıyla kullanılmışlardır.



Şekil 3.12. Beher, Pipet Ve Mezür

3.1.2.13. Saf su

Numunelere uygulanan fibrilasyon ve enzimle muamele deneyleri sırasında deney çözeltilerinin hazırlanması ve numunelerin deney sonrası yıkanması amacıyla kullanılmıştır.

3.1.2.14. Soda(Na_2CO_3)

Numunelere uygulanan fibrilasyon deneyi çözeltisinin hazırlanmasında kullanılmıştır.

3.1.2.15. Noniyonik ıslatıcı

Numunelere uygulanan enzimle muamele deneyleri sırasında çözeltilerin hazırlanması amacıyla GEMSAN Gemsol NS 30 türü noniyonik ıslatıcı kullanılmıştır.

3.1.2.16. Kurutma kağıdı

Numunelere uygulanan fibrilasyon deneyleri sırasında numuneler üzerinde kalan fazla suyun uzaklaştırılması amacıyla kullanılmıştır.

3.1.2.17. Selülaz enzimi

Numunelere uygulanan enzimle muamele deneyleri sırasında sanayide tüy dökücü enzim olarak da tanınan ve bio-parlatma işlemlerinde kullanılan NOVAZIME T-DP SUPER 1 selülaz enzimi kullanılmıştır.



Şekil 3.13. Selülaz Enzimi

Bu enzimin üretici firma tarafından belirtilen teknik özellikleri ise şöyledir:

- Tüyleneğe karşı direnci artırır.
- Temiz, pürüzsüz ve havsız bir yüzey yapısı sağlar.
- Tuşeyi ve dökümü geliştirir.
- Boya öncesi ve sonrasında kullanımı mümkündür.
- Geniş bir pH ve sıcaklık aralığında çalışma imkanına olanak sağlar.(pH 3,5 -5,5 ve sıcaklık 40-70 °C)

3.1.2.18. Asetik asit

Numunelere uygulanan enzimle muamele deneyleri sırasında gerekli pH değeri aralıklarının sağlanabilmesi amacıyla kullanılmıştır.

3.1.2.19. Kronometre

Numunelere uygulanan fibrilasyon, enzimle muamele ve plazma ile muamele deneyleri sırasında ölçüm zamanlarının doğru olarak ayarlanabilmesi amacıyla kullanılmıştır.

3.1.2.20. Renkli karton ve yapıştırıcı

Instron mukavemet test cihazında gerçekleştirilen çekme deneyleri sırasında numunelerin çenelere sağlam bir şekilde tutturulabilmesi amacıyla kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Bu çalışmanın temel amacı, uygulanan çeşitli işlemler sonucunda bazı selülozik esaslı lif gruplarının özellikle yüzeylerinde meydana gelen değişimlerin incelenmesidir. Bazı uygulamalar için liflerde oluşan mekaniksel kayıplar da incelenmiştir.

Yapılan bu deneysel çalışmanın esası, temel olarak iki ana aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, numunelerin belirlenmesi ve yüzeyi etkilemesi muhtemel olan muamelelerin gerçekleştirilmesi; ikinci aşamada ise numunelerin muameleler öncesi ve sonrasındaki yüzey morfolojilerinin incelenmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir. Liflere uygulanacak olan işlemlerin seçimine üretimleri ve/veya kullanımları esnasında karşılaşılabilecekleri ve yüzeylerinde değişimlere sebep olabilecek çeşitli muamele şartları göz önüne alınarak karar verilmiştir. Bu amaçla gerçekleştirilen araştırmalar sonucunda yüzeyi etkileyebilecek özelliklere sahip dört farklı metot seçilmiştir. Bunlar;

1. Na₂CO₃ (soda) ile fibrilleştirme
2. Enzim ile muamele
3. Sürtünme sonucu mekanik aşındırma
4. Plazma ile yüzey modifikasyonu' dur.

Numunelere uygulanan bu işlem gruplarından fibrilleştirme işlemi esnasında mekanik ve kimyasal etkiler, enzim ile muamele işlemi esnasında mekanik ve biyolojik etkiler, sürtünme ile aşındırma işlemi esnasında mekanik etkiler ve son olarak da plazma ile yüzey modifikasyonu işlemi esnasında ise mekanik ve kimyasal etkiler numune yüzeyine etkimiştir.

Gerçekleştirilen deneylerin her iki aşamasında da; lif yüzeylerinde gerçekleşen farklılaşmanın tespiti için taramalı elektron mikroskopisi (SEM) tekniğinden, liflerin mekanik davranışlarındaki değişimlerin tespiti içinse mukavemet test cihazlarından faydalanılmıştır.

Çalışmanın son bölümünde ise, numunelerin görmüş oldukları çeşitli işlemler sonucunda yüzeylerinde meydana gelen farklılaşmalar ve mukavemetlerinde meydana gelen değişimler karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Sadece sürtünme ile mekanik aşındırma işlemi uygulanan numune gruplarında, numunelerin işlem sonrası almış olduğu form dolayısıyla mukavemet değişimleri incelenememiştir.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen işlem adımları aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

Tablo 3.2. Numunelere Uygulanan İşlemler

Uygulanan İşlemler	Gerçekleştirilen Testler	SEM İle Yüze Analizi	Mukavemet Testi Deneyleri	
			HVI İle	Instron İle
İşlem Görmemiş Form		Pamuk Viskon Modal	Pamuk	Viskon Modal
Soda(Na_2CO_3) İle Muamele		Pamuk Viskon Modal	Pamuk	Viskon Modal
Enzim İle Muamele		Pamuk Viskon Modal	Pamuk	Viskon Modal
Sürtünme Sonucu Mekanik Aşındırma		Pamuk Viskon Modal	_____	_____
Plazma İle Yüze Modifikasyonu		Pamuk Viskon Modal	_____	Viskon Modal

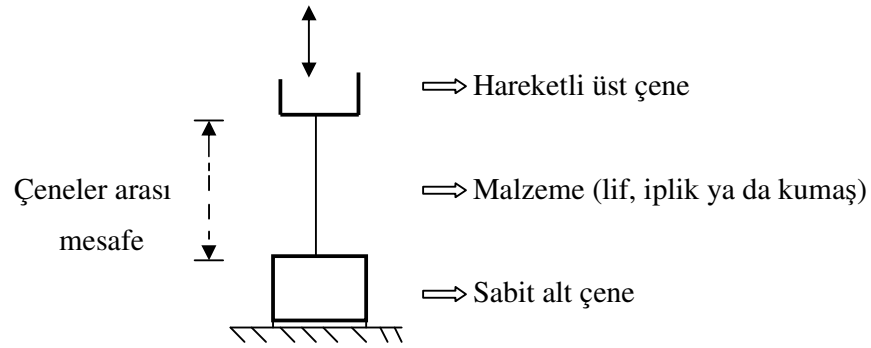
Uygulanan fibrilleştirme, enzimle muamele, sürtünme ile mekanik aşındırma ve Instron Mukavemet Test Cihazı ile mukavemet testi deneyleri Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü' ne ait olan bölüm laboratuvarlarında, HVI test sistemi ile mukavemet tayini Apolteks firmasının test laboratuvarlarında, plazma ile yüze modifikasyonu deneyi Ankara Hacettepe Üniversitesi Plazma Destekli Biyoteknoloji ve Biyomühendislik Grubu Laboratuvarı' nda, taramalı elektron mikroskobu ile yüze analizleri Gebze Tübitak Marmara Araştırma Merkezi Malzeme Laboratuvarları' nda gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. Mukavemet testi deneyleri

Mukavemet deneyleri sırasında viskon ve modal lifleri için CRE prensibine göre çalışan 4301 model Instron Mukavemet Test cihazı, pamuk lifi içinse HVI 900 test sistemi kullanılmıştır.

3.2.1.1. Instron Mukavemet Test Cihazı ile gerçekleştirilen mukavemet deneyleri

Instron Mukavemet Test Cihazı, sabit uzama yani CRE prensibine göre çalışmakta olan bir cihazdır. Biri sabit diğeri hareketli olan iki çeneden oluşur. Malzemenin cinsine göre iki çene arasındaki mesafe ve hareketli çenenin hızı için farklı standartlar kullanılır. Test işlemi sırasında iki çene arasına yerleştirilen numune hareketli olan üst çenenin, sabit bir hızla yukarı doğru hareketiyle kopuncaya kadar çekilir.

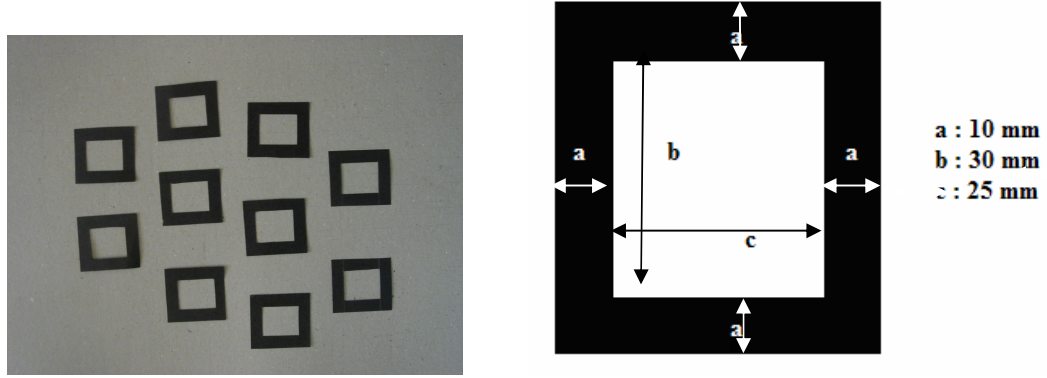


Şekil 3.14. Instron Test Cihazının Çalışma Prensibi

Instron mukavemet test cihazında lif, iplik ve kumaş gibi farklı formlardaki tekstil materyallerine mukavemet testi uygulanabilir. Tekstil materyalinin değişen formuna göre, kullanılan yük hücresi ve çenelerin şekli değişim gösterir. Bu çalışma sırasında, test işlemi lif numunelerine uygulandığından dolayı lif formunda çalışmaya uygun çeneler ve 10 N 'luk yük hücresi kullanılmıştır.

Test işlemine başlamadan önce, test edilecek lif numunelerinin deney sırasında sabitlendikleri çenelerden kaymalarını engellemek amacıyla renkli kartonlardan

yapılmış çerçeveler hazırlanmış ve lif numuneleri bu çerçevelere yapıştırıcı yardımıyla sabitlenmiştir. Hazırlanan çerçevelerin boyutları aşağıdaki şekildedir:



Şekil 3.15. Örnek Çerçeveler ve Çerçeve Boyutları

Numuneler çerçevelere sabitlendikten sonra yapıştırıcının donması ve kayma problemlerinin yaşanmaması için 48 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir.

Numuneler test işlemine hazır hale geldikten sonra, test cihazı istenen parametreler doğrultusunda ayarlanmıştır. Deney parametreleri olarak;

Çeneler arası mesafe : 30 mm

Çene hızı : 50 mm/dk

olarak belirlenmiştir. Bu standartlar doğrultusunda teste hazır hale getirilen cihazın çenelerine karton çerçeveler dikkatlice yerleştirilmiş ve numunelerin incelik değerleri tex cinsinden cihazın bilgisayar kısmına girilmiştir. Daha sonra, deney sırasında alt ve üst çenelerin birbirlerinden ayrılabilmesi için karton çerçeveler her iki yanından düzgün bir şekilde kesilmiş ve test işlemi başlatılmıştır.

Deneye tabi tutulan viskon ve modal liflerinin her biri için ve life uygulanan her farklı işlemin ardından test işlemi ortalama 20' şer defa tekrar edilmiştir (plazma numuneleri hariç, bu numuneler için 5' er defa tekrar uygulanmıştır). Deney çalışmaları Einhorn ve ark.(2001)' nin yapmış olduğu çalışma referans alınarak 23 ± 1 °C sıcaklık ve 50 ± 5 % relativ nem içeren ortamda gerçekleştirilmiştir.

Test işlemi sonucunda, test uygulanan malzeme ile ilgili hem kopma uzama eğrileri hem de modül (cN/tex), maximum yük (N), maximum dayanım (cN/tex), maximum uzama (%), akma dayanımı (cN/tex), akma uzaması (%), kopma dayanımı (cN/tex), kopma uzaması (%) gibi değerler elde edilebilmektedir.

3.2.1.2. HVI Test Sistemi ile gerçekleştirilen mukavemet deneyleri

HVI test sistemi demet halinde lif testi prensibi ile çalışmaktadır. Pek çok sayıda lif aynı zamanda ölçülmekte ve sonuçta ortalama değerler elde edilmektedir. HVI sistemleri uzunluk\mukavemet, mikroner, renk\yabancı madde ölçüm modüllerinden oluşmaktadır. Bu çalışmada uzunluk\mukavemet ve mikroner ölçüm modüllerinden yararlanılmıştır.

Mikroner modülü hassas terazi, mikroner haznesi ve elektronik değerlendirme ünitesinden oluşmaktadır. Lif numunesine ait mikroner ölçümü burada yapılmaktadır. Test işlemi sırasında öncelikle numunelerin mikroner ölçümleri gerçekleştirilmiştir. İzlenen işlem adımları şu şekilde sıralanabilir:

- 1.Elyaf numunesinden yaklaşık 11 gram hassas terazide tartılır.
- 2.Tartılmış numune hazneye konur ve kapısı kapatılır.
- 3.Numune içerisinden 6-6,5 bar basınçlı hava geçirilir ve işlem tamamlandığında numune otomatik olarak dışarı fırlatılır.



Şekil 3.16. Cihaza Ait Mikroner Modülü

Mikroner ölçümü test işlemi sonrasında gerçekleştirilen mukavemet ölçümü işleminde kullanılan geliştirilmiş uzunluk\mukavemet modüllerinde ise liflerin paralel hale getirilmesi için tarama ve numune hazırlama ünitesi bulunmaktadır. Burada lifler taranarak paralel hale getirilirler. Numune uzunluk ölçümü için optik sistem, mukavemet ve uzama ölçümü içinse bir çene sistemi bulunmaktadır. Uzunluk testini takiben aynı numune mukavemet ve uzama ölçümü için kullanılmaktadır. Mukavemet ölçüm sonuçları hem Pressley hem de Stelometre olarak verilebilir. Yapmış olduğumuz çalışmada Stelometre olarak mukavemet sonuçları ile çalışılmıştır. Pressley veya Stelometre olarak belirlenen mukavemet derecesi, bilinen bir kütledeki numuneyi koparmak için gerekli olan maksimum kuvvetin ölçülerek belirlenmesidir. Kopma uzaması ise demet içindeki liflerin elastik davranışının bir ölçüsüdür. Çeneler arasındaki lifler kopuncaya kadar uzar ve kopma anında mesafe kaydedilir. Bu değer ise % uzama olarak belirtilir.



Şekil 3.17. Uzunluk ve Mukavemet Ölçüm Modülü

HVI cihazı ile test işlemi sonunda numuneye ait; span uzunluklar (örneğin %2,5 ve %50 span uzunluk gibi), ortalama uzunluklar, düzgünlük oranı ve düzgünlük indeksi (%), kısa lif indeksi, lif uzama % 'si, 1/8 inç mesafede yerleşmiş bulunan kısaçlar arasında sıkıştırılmış lif mukavemeti vb. numune özellikleri ölçülebilmektedir.

3.2.2. Fibrilleştirme deneyi

Selülozik esaslı lif numunelerinin fibrilleştirme deneyleri NÜVE ST 402 model çalkalamalı su banyosu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Deneye başlanmadan önce, kullanılan numuneler için en uygun fibrilleştirme süresinin tespit edilebilmesi amacıyla bir ön çalışma yapıldı. Yapılan bu ön çalışmada ışıklı mikroskop yardımıyla liflerin yüzeyleri incelenmiş ve en uygun fibrilleştirme süresinin 5 saat civarı olduğuna karar verilmiştir. Daha sonra 12 g/l' lik Na_2CO_3 (soda) stok çözeltisi hazırlanmıştır. Cihaza ait olan her birinin iç çapı 70 mm ve yüksekliği 105 mm olan metal flasklar (çalkalama kabı) içerisine, 1'er gram selülozik esaslı lif numunesi ve hazırlanan 12 g/l' lik Na_2CO_3 çözeltisinin 50 şer ml' lik kısmı çözelti yüksekliği yaklaşık olarak 12 mm olacak şekilde konulmuştur. Hazırlanan çözeltilerin bulunduğu flasklar, yatay öteleme hareketi yapan haznelere yerleştirilmiş ve oda sıcaklığında 5 saat süreyle 200 d/dak hızla çalkalanmışlardır. Cihazda aynı anda 4 adet flaskla çalışma imkanı mevcuttur. Çalkalama işleminin ardından flasklardan alınan numuneler cam beherler içerisinde arıtılmış su ile durulanmıştır ve numune üzerindeki fazla suyun uzaklaştırılması için önce hafifçe elle sıkılmışlar, sonra da 30 dakika kurutma kağıtları arasında ve 30 dakika da 80 °C' de NÜVE FN 500 model soğutmalı inkübatör içerisinde kurutulmuşlardır (Udemkicha ve ark., 2002).

3.2.3. Enzim ile muamele deneyi

Selülozik esaslı lif numunelerinin enzim ile muamele deneyleri NÜVE ST 402 model çalkalamalı su banyosu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deney standartlarının belirlenmesi enzimi üretici firmanın talimatları ve genel olarak selülaz enzimi kullanım şartları göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir.

Deneyde stabilize edilmiş selülaz enzimi kullanılmıştır. PROCHIMICA firmasının tüy dökücü (biyo-parlatıcı) ürünü olan NOVAZIME T-DP SUPER 1 ürünü için kullanılmış olan reçete ise şöyledir:

Recete :

NOVAZIME T-DP SUPER 1 : % 5 mal ağırlığı

Islatıcı : 2 ml / l noniyonik ıslatıcı

Asit : 1 ml / l asetik asit

pH : 4,8

Sıcaklık : 60 °C

Süre : 30 dakika

İşlem :

Deneye başlamadan önce, 500 ml' lik stok çözelti hazırlanmıştır. Bu stok çözelti ile 10 g' lık lif numunesinin enzimatik işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Öncelikle stok çözeltinin hazırlanması amacıyla 500 ml' lik saf su temin edilmiştir. Reçetede belirtilen oranlar paralelinde % 5' lik enzim kullanılmıştır. Yani 10 g' lık lif numunesi için çözelti hazırlandığından dolayı 0,5 ml enzim kullanılmıştır. 500 ml' lik saf suya yapılan enzim ilavesinden sonra çözeltinin pH değeri ölçülerek, 1 ml / l' lik asetik asit ilavesiyle pH 4,8 olarak ayarlanmıştır. Daha sonra 2 ml / l oranında GEMSAN firmasına ait olan GEMSOL NS 30 noniyonik ıslatıcıdan kullanılmıştır yani yapılan deneysel çalışmada 1 ml' lik noniyonik ıslatıcı ilavesi yapılmıştır. pH tekrar ölçülmüş ve 4,8 olarak kaydedilmiştir.

Stok çözeltinin hazırlanmasının ardından bu çözeltinin içinden alınan 50 ml' lik çözeltiler cam beherler içerisinde sıcaklıkları 60 °C' ye ulaşıncaya kadar ısıtılmışlardır. Çözeltilerin ısıtılma işlemleri NÜVE MK 318 model ısıtıcılı manyetik karıştırıcı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda, NÜVE ST 402 model çalkalamalı su banyosunun sıcaklığı da 60 °C' ye ayarlanmış ve metal çalkalama kapları boş halde cihaza yerleştirilerek kapların da istenilen sıcaklığa erişmeleri sağlanmıştır. Daha sonra 1 er gramlık selülozik esaslı lif numuneleri ve ısıtılan enzim çözeltileri flaslara konulmuş ve en düşük hızda yani 10 d / dak' lık çalkalama hareketi ile yarım saat süreyle çalışılmıştır.

Yarım saatlik enzimle muamelenin ardından enzim aktivitesinin bitirilmesi için lif numuneleri 90 °C' lik saf su içerisinde 10 dakika süreyle bekletilmiş ve daha sonra soğuk saf suyla durulanmıştır. Tüm bu işlemlerin ardından numuneler soğutmalı inkübatör yardımıyla 80 °C' de yarım saat kurutulmuşlardır.

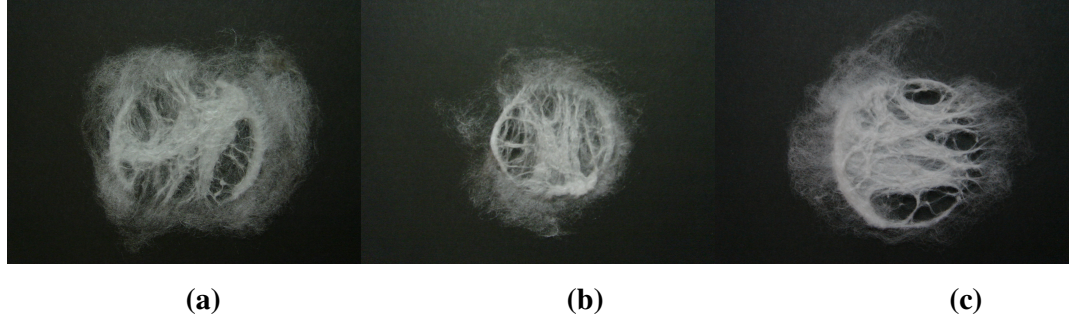
3.2.4. Sürtünme sonucu mekanik aşındırma deneyi

Selülozik esaslı lif numunelerinin sürtünme sonucu mekanik aşındırma deneyi Nu_Martindale 403 model 6 pozisyonlu kumaş aşındırma ve boncuklanma test cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneyin gerçekleştirilmesindeki amaç ise; lif yüzeyinin herhangi bir yüzeye sürtünmesi sonucunda lif yüzeyinde meydana gelen değişimlerin incelenmesidir.

Deneye başlamadan önce her bir aşındırma plakasının üstüne öncelikle poliüretan köpük tabaka, sonra da 140 mm çapında aşındırıcı kumaş yerleştirilmiştir. Daha sonra sıkıştırma halkalarıyla alt tabladaki 6 pozisyonadaki aşındırıcıya kumaşlar sıkıştırılarak düzgün bir şekilde sabitlenmiştir.

Alt tablanın işleme hazırlanmasının ardından, üst tabladaki numune tutucular işleme hazırlanmışlardır. Bunun içinde 38 mm çapında poliüretan köpüğün üzerine lif numuneleri elle paralelleştirilerek serilmişlerdir. Her bir pozisyona 0,07 gramlık lif numunesi yerleştirilmiştir.

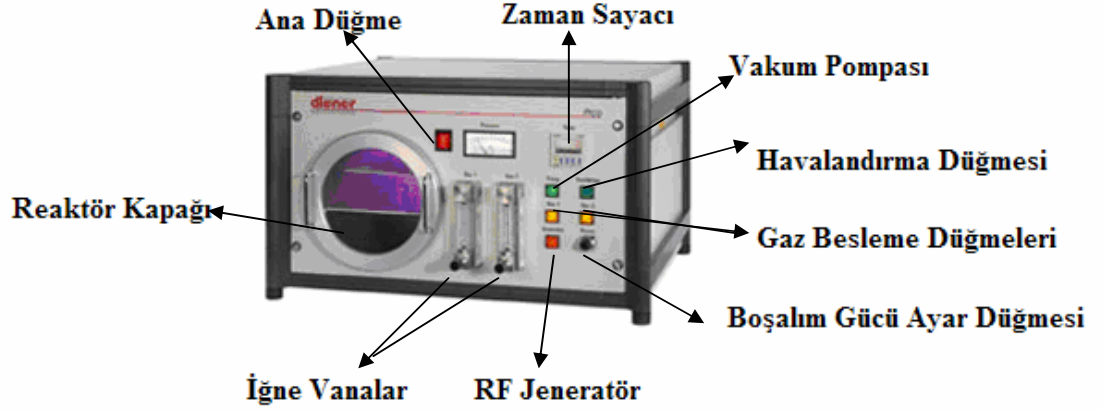
Hazır numune tutucuların her biri kendi aşındırma plakasının üzerine yerleştirilmiştir ve 9 kPa' lık yüklemeyi sağlayan ağırlık grupları numune tutucuların üzerlerine takılmışlardır. Makine teste başlamadan önce ana sayaç sıfırlanmış ve ovma sayısı 50' ye ayarlanarak çalışmaya başlanmıştır. Ovma sayısının seçimine çeşitli denemeler sonucunda karar verilmiştir. Ayarlanan ovma sayısı tamamlandığında numuneler, numune tutuculardan dikkatlice çıkarılmıştır. Taramalı elektron mikroskobunda gerçekleştirilen yüzey görüntülerinin eldesi çalışmalarında numunelerin orta bölgelerindeki lif gruplarından yararlanılmıştır.



Şekil 3.18. Sürtünme İşlemine Maruz Kalmış Olan a) Viskon, b) Modal ve c) Pamuk Lifleri

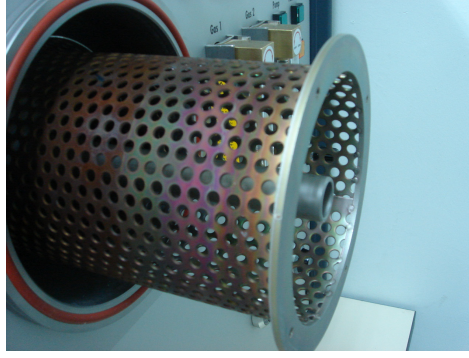
3.2.5. Plazma ile yüzey modifikasyonu deneyi

Selülozik esaslı lif numunelerinin plazma ile yüzey modifikasyonu deneyleri Bir RF_plazma sistemi olan Diener Pico RF cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Cihazın genel görüntüsü ve temel bileşenleri aşağıdaki şekildedir.



Şekil 3.19. Plazma Sisteminin Bileşenleri

Numunelerin yerleştirildiği ve “rotary” adı verilen döner tambur kısmının boyutları $L = 30 \text{ cm}$ ve $R = 15 \text{ cm}$ ’ dir ve görüntüsü aşağıdaki şekildedir.



Şekil 3.20. Rotary Drum Olarak Tanımlanan Numunelerin Yerleştirildiği Döner Tambur

Deney sırasında, 13,56Mhz \ 300W' lık frekans jeneratörü ile çalışılmış ve 0,20 mbar basınçta homojen bir argon plazması elde edilmiştir. Çalışmalarda argon gazının seçilme sebebi inert bir gaz olması ve sadece yüzey morfolojisinde etki göstermesidir. Boşalım gücü olarak 20, 40 ve 60 Watt (W) değerleri kullanılmıştır. İşlem süresi olarak ise 10, 30 ve 60 dakika tercih edilmiştir.

Plazma deneylerinde genel olarak şu işlem adımları izlenmiştir.

1. Öncelikle sistemde bir önceki modifikasyon işleminden kalmış olan kalıntılar etanol ile silinerek veya boş reaktörde oluşturularak temizlenmiştir.
2. Lif numuneleri uygulanan plazma işleminin etkinliğinin artırılması amacıyla mümkün olduğunca keçeye benzeyen bir forma yani düz ve ince bir zemin haline getirilmişlerdir.
3. Numuneler reaktör içerisine yerleştirildikten sonra, reaktör kapağı sızdırmazlık sağlanacak şekilde sıkıca vidalarla kapatılıp, vakum pompası çalıştırılmıştır.
4. Cihaz içerisindeki basınç değerinin 0,14 mbar ve altına düşmesi beklenmiştir.
5. Sistemde istenilen hızda gaz akışının sağlanması iğne vana yardımıyla yapılmıştır. Basınç 0,14 mbar altına düştüğü anda iğne vana kontrollü bir şekilde

açılarak, basınç 0,20 mbar değerine ulaşıncaya kadar argon gazı beslemesi yapılmıştır.

6. 0,20 mbar'lık basınç değerinde 10 dakika süreyle reaktörden argon gazı geçişine izin verilmiştir.
7. Homojen bir ortam elde edildikten sonra RF jeneratörü açılarak boşalım gücü ayarlanmış ve elektriksel boşalım sağlanmıştır.
8. İstenilen sürede yani 10, 30 veya 60 dakikalık sürelerde numune argon plazma ile yüzey modifikasyonu işlemine tabii tutulmuştur. Aşağıdaki şekilde de argon gazının ışımasının meydana geldiği yani numuneye uygulandığı andaki pembe-mor görüntüsü görülebilmektedir.



Şekil 3.21. Argon Plazmanın Numuneye Uygulandığı An

9. Plazma ile modifikasyon süresi tamamlandığında RF jeneratörü kapatılarak sisteme gaz beslemesi kesilmiştir. İğne vananın kapatılmasıyla gaz akışının kesilmesini takiben sistem 10 dakika süre ile vakumda bırakılmıştır.
10. Daha sonra vakum pompası kapatılarak ventilasyon yani havalandırma başlatılmış ve işlem tamamlanmıştır.

11. Son olarak da reaktör kapağı açılarak havalandırma kapatılmış ve lif numuneleri bir cımbız yardımıyla döner tamburdan çıkartılmıştır.

Plazma ile yüzey modifikasyonu çalışmalarında kullanılan modifikasyon parametreleri tablo 3.3. de verilmiştir.

Tablo 3.3. Farklı Numuneler İçin Çalışılan Boşalım Gücü ve Plazma Süresi Parametreleri

Numune Cinsi	Boşalım Güçleri (Watt)		
Pamuk	20	40	60
Viskon	20	40	60
Modal	20	40	60
	Plazma Süresi (dakika)		
Pamuk	10	30	60
Viskon	10	30	60
Modal	10	30	60

Özet olarak; (10 dak. 20 W), (10 dak. 40 W), (10 dak. 60 W), (30 dak. 20 W), (30 dak. 40 W), (30 dak. 60 W), (60 dak. 20 W), (60 dak. 40 W) ve (60 dak. 60 W) olmak üzere her bir numune için 9 farklı çalışma gerçekleştirilmiştir. Yüzey modifikasyon işlemlerinde parametre olan bu değişkenler belirlenirken kullanılan gazın özellikleri ve plazma sisteminin bize sağladığı imkanlar göz önünde bulundurulmuştur. Plazma ile yüzey modifikasyonu işlemlerinde sistem basıncı, boşalım gücü ve uygulama süresi gibi modifikasyonu etkileyen birçok önemli parametre olduğu için gerçekleştirilen deneylerde farklı süreler ve boşalım güçleri ile çalışılması tercih edilmiştir.

3.2.6. Yüzey Analizi Çalışması

Hiçbir işlem görmemiş ve çeşitli işlemlere maruz kalmış haldeki selülozik esaslı lif numunelerinin yüzey analizi çalışmaları JEOL JSM 6335 F Model Taramalı Elektron Mikroskobu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Öncelikle lif numuneleri, çift taraflı karbon bantlar yardımıyla özel haznelere yapıştırılarak, görüntü alımları sırasında herhangi bir hareketlenmenin önlenmesi

amacıyla sabit hale getirilmişlerdir. Ardından, numune yüzeylerinin iletken hale getirilmesi amacıyla, lif yüzeyleri nanometre boyutlarında altın ile kaplanmıştır. Teste hazır hale getirilen numuneler dikkatlice cihaza yerleştirilmiştir. Daha sonra sızdırmaz kapak kapatılmıştır. Yüzey görüntülerinin eldesi şöyle gerçekleşmektedir: Elektron tabancasından gönderilen yüksek enerjili elektron demeti, elektronları tek bir noktaya odaklayacak şekilde tasarlanmış bir dizi manyetik lensten geçmektedir. Elektron demeti numune üzerindeki her noktaya çarparken, yüzeyden gönderilen elektron demeti dedektöre gönderilmektedir. Çevirici ile dedektörden gelen sinyaller görüntüye çevrilmektedir. Yüzeyden her noktadan gönderilen elektron sayısı ile son görüntü elde edilmiş olmaktadır.

Cihaz yüzey görüntülerini ışık dalgaları yerine elektronları kullanarak büyütmektedir. Bu sayede ışık mikroskoplarından çok daha büyük ve ayrıntıların net bir şekilde gözlemlenebildiği görüntüler elde edilmektedir. Elde edilen görüntüler siyah-beyazdır. Bunun sebebi ise ışık dalgalarının olmamasıdır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Selülozik esaslı üç farklı lif grubu ile yapılan bu çalışmada fibrilleştirme, enzimle muamele, mekanik olarak aşındırma ve plazma ile muamele işlemlerinin malzemeler üzerine etkilerinin incelenmesi amacıyla SEM ve mukavemet testi sonuçlarından faydalanılmıştır.

4.1. Mukavemet Testi Sonuçları

4.1.1. Çekme deneyi sonuçları

Viskon ve modal liflerine uygulanan çeşitli işlemler sonucunda mekanik özelliklerinde meydana gelen değişimler aşağıdaki tablolarda görüldüğü gibidir.

Tablo 4.1. Çeşitli Muameleler Öncesi Ve Sonrası Malzemelerin Kopma Dayanımları (N/tex)

Numuneler	İşlem Görmemiş	Soda Muamelesi	Enzim Muamelesi	10d20Wplz	10d40Wplz	10d60Wplz	30d20Wplz	30d40Wplz	30d60Wplz	60d20Wplz	60d40Wplz	60d60Wplz
Viskon	0,238	0,402	0,237	0,215	0,219	0,233	0,236	0,211	0,167	0,254	0,215	0,134
Modal	0,326	0,287	0,352	0,279	0,299	0,317	0,314	0,325	0,319	0,280	0,252	0,226

plz : plazma d : dakika W : watt

Tablo 4.2. Çeşitli Muameleler Öncesi Ve Sonrası Malzemelerin Kopma Uzamaları (%)

Numuneler	İşlem Görmemiş	Soda Muamelesi	Enzim Muamelesi	10d20Wplz	10d40Wplz	10d60Wplz	30d20Wplz	30d40Wplz	30d60Wplz	60d20Wplz	60d40Wplz	60d60Wplz
Modal	10,95	10,58	9,532	10,32	13,72	12,07	14,04	13,13	10,99	12,96	10,44	10,57
Viskon	16,87	12,37	9,456	15,76	13,34	15,69	16,29	14,21	10,79	17,01	16,29	7,384

plz : plazma d : dakika W : watt

Tablo 4.3. Çeşitli Muameleler Öncesi Ve Sonrası Malzemelerin Modül Değerleri (N/tex)

Numuneler	İşlem Görmemiş	Soda Muamelesi	Enzim Muamelesi	10d20Wplz	10d40Wplz	10d60Wplz	30d20Wplz	30d40Wplz	30d60Wplz	60d20Wplz	60d40Wplz	60d60Wplz
Modal	8,313	8,745	12,91	7,810	7,495	7,128	6,544	6,847	9,112	7,746	7,371	6,047
Viskon	6,630	8,271	9,182	5,224	5,509	6,802	5,530	8,500	5,764	6,667	6,723	5,014

plz : plazma d : dakika W : watt

Tablo 4.1, Tablo 4.2 ve Tablo 4.3 'den görüldüğü üzere modal liflerinin kopma dayanımı ve modül değerleri viskon lifine nazaran daha yüksek, kopma uzaması değerleri ise daha düşüktür. Genel olarak, viskon ve modal liflerinin soda ve enzimle muamelesi sonrasında modül değerleri artış gösterirken kopma uzaması değerlerinde genel bir düşüş gözlenmektedir. Liflerin herhangi bir işlem görmemiş hallerindeki

modül, kopma uzaması ve kopma dayanımları plazma ile işlem görmüş hallerine oranla daha yüksek değerler vermiştir. Bu da gösteriyor ki; plazma ile yüzeyi aşındırılmış olan malzemelerin mekanik özelliklerinde az da olsa düşüşler gözlenmesi olası bir durumdur. Elde edilen bu değerler tekstil endüstrisinde uygulanan diğer konvansiyonel yaş işlemlerle kıyaslandığında ise, plazma ile muamelelenin, liflerin mukavemet değerlerinde daha az düşüşe yol açtığı söylenebilmektedir.

Soda ile fibrilleştirme işlemi sonrası viskon ve modal liflerinin kopma uzaması değerlerinde meydana gelen düşüşler sırasıyla %26,7 ve %3,4 olarak; modül değerlerindeki artışlar ise sırasıyla %24,8 ve %5,2 olarak kaydedilmiştir. Viskon ve modal liflerinin soda ile muamelesi sonrasında kopma dayanımlarında meydana gelen değişimler ise farklılık göstermektedir. Fibrilleştirme işlemi viskon liflerinde %68,9'luk bir kopma dayanımı artışına yol açarken, modal liflerinde %12'lik bir kopma dayanımı düşüşüne yol açmıştır.

Liflerin enzimle muamelesinde ise soda ile muamelelerine benzer şekilde kopma uzamalarında düşüşler modül değerlerinde ise artışlar gözlenmiştir. Kopma uzamalarındaki düşüş, viskon lifleri için %43,9 modal lifleri için %12,9 olarak kaydedilmiştir. Viskon ve modal liflerinin modül değerlerinde ise sırasıyla %38,5 ve %55,3'lük artışlar gözlemlenmiştir. Enzim muamelesinin kopma dayanımları üzerindeki etkisi ise modül ve kopma uzamalarına oranla çok daha az olmuştur. Viskon liflerinde %0,4'lük bir düşüş, modal liflerinde ise %8'lik bir artış meydana gelmiştir.

Genel olarak soda ve enzim muamelesi liflerin kopma uzaması ve modül değerlerinde birbirine paralel etkiler gösterirken, kopma dayanımı değerlerinde her iki lif grubu için de zıt etkiler göstermiştir. Ayrıca enzimle muamele hem viskon liflerinde hem de modal liflerinde kopma uzaması ve modül değerlerinin daha fazla değişimine sebep olurken, kopma dayanımı değişimlerinde etkin olan işlem ise soda muamelesi olmuştur.

Plazma ile muamele işleminde ise, 10 dakikalık uygulamalarda, her iki lif grubu için boşaltım gücüne bakmaksızın kopma mukavemetinde fazla değişim görülmemiştir. 40

watt boşalım gücünde 30 ve 60 dakikalık uygulamalarda kopma mukavemeti değerlerinde sırasıyla viskon için %11,3 ve %9,7'lik, modal için %0,3 ve %22,7'lik düşüşler; 60 watt boşalım gücünde 30 ve 60 dakikalık uygulamalarda ise sırasıyla viskon için %29,8 ve %43,7'lik, modal içinse %2,1 ve %30,7'lik düşüşler görülmüştür. Modal liflerinde 40 W ve 60 W boşalım gücü değerlerinde 30 dakikalık uygulamalardaki mukavemet kayıplarının çok az olduğu görülmektedir.

Kopma uzaması değerleri de viskon liflerinde plazma uygulaması ile azalma göstermiştir. Viskon lifinin kopma uzaması değerlerindeki bu düşüş 60 watt boşalım gücünde 30 ve 60 dakikalık uygulamalarda sırasıyla %36 ve % 56,2'lik düşüşlerle maksimuma ulaşmıştır. Plazma uygulanan modal liflerinde ise viskon liflerinde görülen etkinin tersine kopma uzaması değerleri artış göstermiştir. 10d40W, 10d60W ve 30d20W, 30d40W'lık plazma uygulamalarında kopma uzaması değerlerinde sırasıyla %25,3, %10,2, %28,2 ve %19,9'luk artış görülmüştür. Diğer durumlarda ise değişim gözlenmemiştir.

Viskon ve modal liflerinin plazma işlemi sonrası modül değerleri incelendiğinde ise genel bir düşmenin olduğu gözlenmektedir. Viskon liflerindeki modül değeri % 24,4'lük kayıpla 60d60W'lık uygulamada maksimuma ulaşırken, modal liflerinde bu düşüş yine 60d60W'lık uygulamada maksimuma ulaşmış ve %27,3'lük bir kayıp kaydedilmiştir.

Numunelerin farklı etkiler altındaki kopma dayanımı, kopma uzaması ve modül değerlerindeki değişimler genel olarak aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Çeşitli Muameleler Sonrası Malzemelerin Mekanik Özelliklerinde Meydana Gelen Değişimler

Numuneler	Değişim Gösteren Özellikler	Soda Muamelesi	Enzim Muamelesi	10d20Wplz	10d40Wplz	10d60Wplz	30d20Wplz	30d40Wplz	30d60Wplz	60d20Wplz	60d40Wplz	60d60Wplz
Viskon	K.D.	%68,9 Artış	%0,4 Düşüş	%9,7 Düşüş	%7,9 Düşüş	%2,1 Düşüş	%1 Düşüş	%11,3 Düşüş	%29,8 Düşüş	%6,7 Artış	%9,7 Düşüş	%43,7 Düşüş
	K.U.	%26,7 Düşüş	%43,9 Düşüş	%6,6 Düşüş	%20,9 Düşüş	%6,9 Düşüş	%3,4 Düşüş	%15,8 Düşüş	%36 Düşüş	%1 Artış	%3,4 Düşüş	%56,2 Düşüş
	Modül	%24,8 Artış	%38,5 Artış	%21,2 Düşüş	%16,9 Düşüş	%2,6 Artış	%16,6 Düşüş	%28,2 Artış	%13,1 Düşüş	%1 Artış	%1,4 Artış	%24,4 Düşüş
Modal	K.D.	%12 Düşüş	%8 Artış	%14,4 Düşüş	%8,3 Düşüş	%2,8 Düşüş	%3,7 Düşüş	%0,3 Düşüş	%2,1 Düşüş	%14,1 Düşüş	%22,7 Düşüş	%30,7 Düşüş
	K.U.	%3,4 Düşüş	%12,9 Düşüş	%5,8 Düşüş	%25,3 Artış	%10,2 Artış	%28,2 Artış	%19,9 Artış	%0,4 Artış	%18,4 Artış	%4,7 Düşüş	%3,5 Düşüş
	Modül	%5,2 Artış	%55,3 Artış	%6,1 Düşüş	%9,8 Düşüş	%14,3 Düşüş	%21,3 Düşüş	%17,6 Düşüş	%9,6 Artış	%6,8 Düşüş	%11,3 Düşüş	%27,3 Düşüş

K.D. kopma dayanımı *K.U.* kopma uzaması *plz* : plazma *d* : dakika *W* : watt

4.1.2. HVI sonuçları

Pamuk lifine uygulanan çeşitli işlemler sonucunda lif özelliklerinde meydana gelen değişimler aşağıdaki tabloda görüldüğü gibidir. Life uygulanan, plazma ile muamele ve sürtünme sonucu mekanik aşındırma işlemleri sonucu, numune yetersizliği ve numunelerin almış olduğu formun uygunsuzluğu dolayısıyla, lifin mekanik özelliklerinde meydana gelen değişimler ölçülememiştir.

Tablo 4.5. Çeşitli Muameleler Öncesi ve Sonrası Ölçülen Numune Özellikleri

Uygulanan İşlemler	Gerçekleştirilen Ölçümler				
	Len 1 (mm)	Len 2 (mm)	Unif (%)	Strength (g\text)	Elong (%)
İşlem Görmemiş Pamuk Lifi	24,53	29,60	84,5	32,1	10,5
Soda ile Muamele Edilmiş	22,44	28,77	78,0	27,5	6,4
Enzim ile Muamele Edilmiş	23,51	28,50	82,5	31,3	8,4

Test işlemi sonrasında elde edilen *Len 1* ve *Len 2* değerleri sırasıyla, ortalama lif uzunluğu ve üst yarı ortalama lif uzunluğunu mm veya inç cinsinden ifade etmektedir. Liflerin uzunluk dağılımı ile ilgili bilgi sahibi olabileceğimiz değer ise cihaz tarafından *uniformity(%)* olarak değerlendirilmektedir. Birim lif lineer yoğunluğuna düşen lif mukavemeti *strength* olarak adlandırılmaktadır. Birimi ise g/tex 'dir. Liflerin kopma uzaması ise *elongation(%)* değeri ile ifade edilmektedir.

Düzensizlik indeksi değerlerine göre yapılan lif uzunluk dağılımı değerlendirmesi aşağıdaki gibidir (tablo 4.6).

Tablo 4.6. Pamuk Lifi İçin Lif Uzunluk Dağılımı Değerlendirmesi

Uniformity Index	Değerlendirme
≤ 76	Düzensiz (Çok Düşük)
77 – 79	Nispeten Düzensiz (Düşük)
80 – 82	Orta
83 – 85	Düzensiz (Yüksek)
≥ 86	Çok Düzensiz (Çok Yüksek)

(Kaynak:Özdemir 2003, Pamuk İplikçiliği Ders Notları)

Pamuk lifi mukavemetine göre yapılan mukavemet değerlendirmesi ise aşağıdaki gibidir (tablo 4.7).

Tablo 4.7. Pamuk Lifi İçin Lif Mukavemeti Değerlendirmesi

Strength (g/tex)	Değerlendirme
≤ 21	Çok Az
22 – 24	Az
25 – 27	Orta
28 – 30	Yüksek
≥ 30	Çok Yüksek

(Kaynak:Özdemir 2003, Pamuk İplikçiliği Ders Notları)

Lif uzunluk dağılımı değerlendirme yukarıda verilen tabloya göre yapıldığında, ham haldeki ve enzimle muamele sonrasındaki pamuk liflerinin düzgünlük indeksinin düzgün (yüksek), soda ile muamele sonrasında ise nispeten düzgün (düşük) lif grubuna ait olduğu görülmektedir. Life uygulanan çeşitli işlemler, tablo 4.6. 'dan da görüleceği üzere, lifin düzgünlük indeksinde düşüşe sebep olmuşlardır. Bu düşüş enzim ile muamele sonrasında %2,4 iken, soda ile muamele sonrasında %7,7 'ye çıkmıştır.

Pamuk liflerinin mukavemet değerlendirmesinde ise ham haldeki ve enzimle muamele sonrasındaki mukavemet değerinin çok yüksek, soda ile muamele sonrasında ise yüksek mukavemetli lif sınıfına dahil olduğu görülmüştür. Uygulanan işlemler sonrasında lif mukavemetinde genel olarak bir düşüş gözlemlenirken, bu düşüş enzim ile muamele sonrasında %2,5 iken, soda ile muamele sonrasında %14,3 'e yükselmiştir.

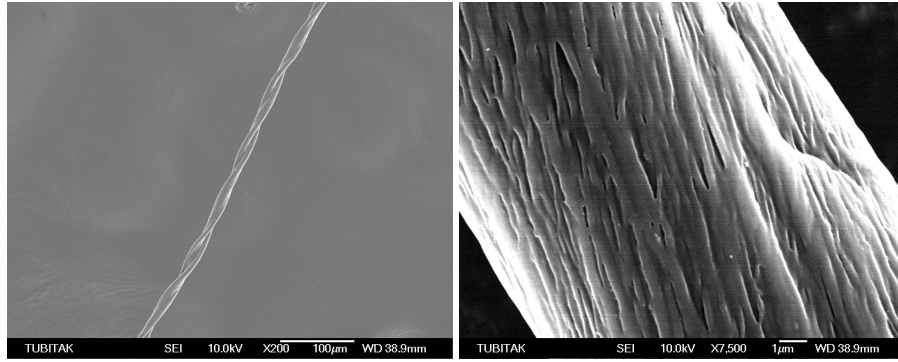
Genel olarak, uygulanan çeşitli işlemlerin pamuk liflerinin gerek kopma uzaması, dayanım ve düzgünlük üniformitesi, gerekse ortalama uzunluk değeri üzerinde olsun düşümlere sebebiyet verdiği görülmektedir. Pamuk lifi numunesinin farklı etkiler altındaki özelliklerinde meydana gelen değişimler aşağıdaki şekilde özetlenebilmektedir (tablo 4.8).

Tablo 4.8. Farklı Muameleler Sonrası Numunelerin Çeşitli Özelliklerinde Meydana Gelen Değişimler

Uygulanan İşlemler	Değişim Gösteren Özellikler				
	Len 1	Len 2	Unif	Strength	Elong
Soda ile Muamele Edilmiş	% 8,5 Düşüş	% 2,8 Düşüş	% 7,7 Düşüş	% 14,3 Düşüş	%39 Düşüş
Enzim ile Muamele Edilmiş	% 4,2 Düşüş	% 3,7 Düşüş	% 2,4 Düşüş	% 2,5 Düşüş	% 20 Düşüş

4.2. SEM Görüntüleri

4.2.1. İşlem görmemiş pamuk lifine ait SEM görüntüleri



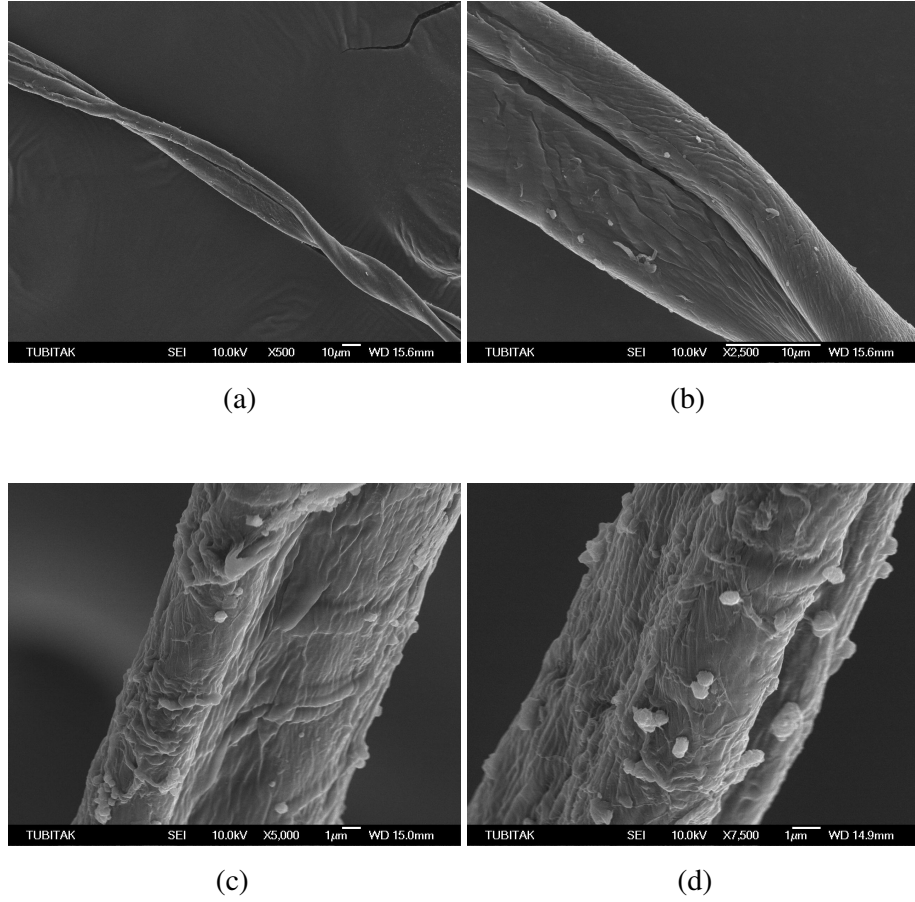
(a)

(b)

Şekil 4.1. Ham Pamuk Lifine Ait SEM Görüntüleri (a) X200 Büyütme Oranı (b) X7500 Büyütme Oranı

Şekil 4.1 'de ham pamuk lifine ait SEM görüntüleri görülmektedir. Şekillerde pamuk lifine ait olan tipik özellikler göze çarpmaktadır. Şekil 4.1(a) 'da pamuğun şerit yapısı net bir şekilde görülmektedir. Ayrıca pamuk fibriller bir yapıya sahiptir ve bu fibriller birbirlerine sarılmış haldedir yani yapıda dönüşler söz konusudur. Pamuğun kaba fibriller yapısı da şekil 4.1(b) 'de açıkça görülebilmektedir. Ayrıca pamuk liflerinin kesit yapısı fasulye benzeri bir şekil göstermektedir.

4.2.2. Soda ile muamele edilmiş (fibrilleştirilmiş) pamuk lifine ait SEM görüntüleri

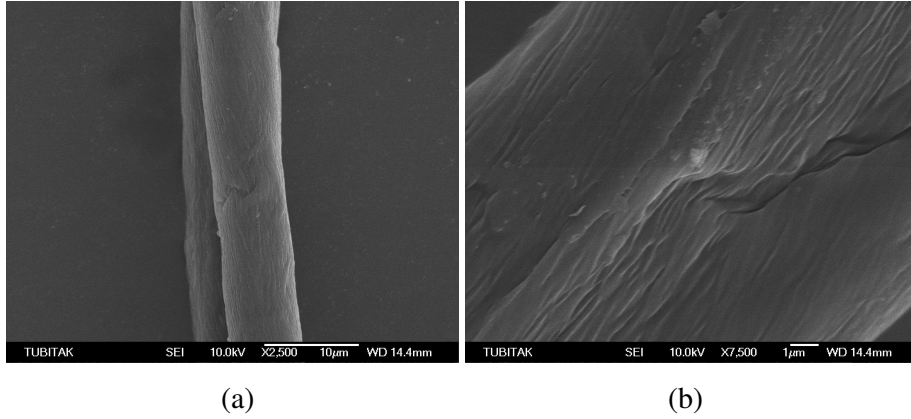


Şekil 4.2. Soda İle Muamele Edilmiş (Fibrilleştirilmiş) Pamuk Lifine Ait SEM Görüntüleri

(a) X500 Büyütme Oranı (b) X2500 Büyütme Oranı
(c) X5000 Büyütme Oranı (d) X7500 Büyütme Oranı

Pamuk liflerinin soda ile muamelesi sonrasında şekil 4.2' den de görüleceği üzere karakteristik yüzey özellikleri ortadan kalkmıştır. Liflerin ham hallerinde lif yüzeyinde gözlemlenen fibriller soda ile muamele sonrası belirginliklerini yitirmişlerdir. Sodanın pamuk lifi üzerindeki etkisi düzgün fibrilsel yapıyı bozması şeklinde gerçekleşmiştir.

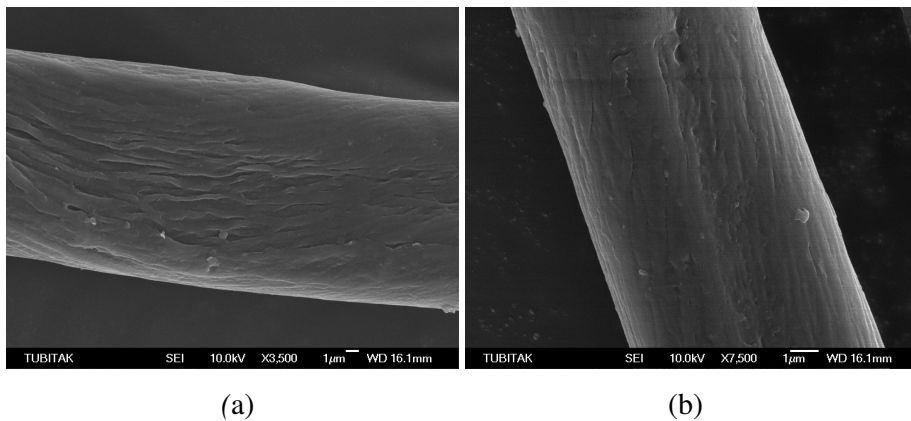
4.2.3. Enzim ile muamele edilmiş pamuk lifine ait SEM görüntüleri



Şekil 4.3. Enzim İle Muamele Edilmiş Pamuk Lifine Ait SEM Görüntüleri
(a) X2500 Büyütme Oranı (b) X7500 Büyütme Oranı

Selülaz enziminin pamuk liflerinin yüzeyine etkisi genel olarak belirgin fibriler yapının daha düzgün hale gelmesi yani yüzeyin düzgünlüğünün artması şeklinde olmuştur. İşlem sonrasında pamuk lifi yüzeyinde bulunan bireysel makrofibriller belirginliğini yitirmişlerdir.

4.2.4. Sürtünme ile mekanik aşındırmaya maruz kalmış pamuk lifine ait SEM görüntüleri



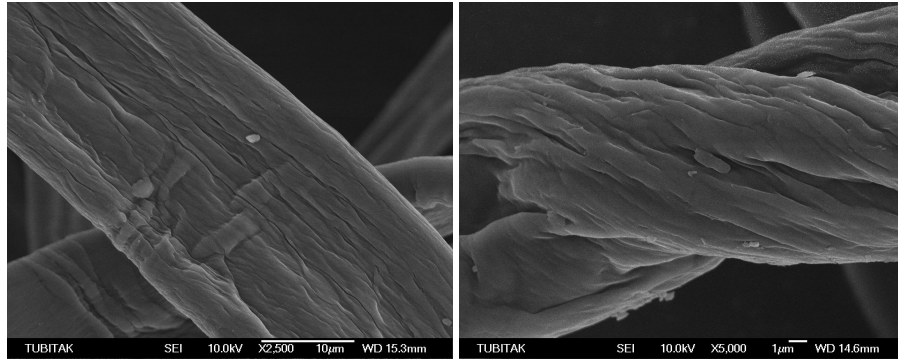
Şekil 4.4. Sürtünme İle Mekanik Aşındırmaya Maruz Kalmış Pamuk Lifine Ait SEM Görüntüleri (a) X3500 Büyütme Oranı (b) X7500 Büyütme Oranı

Pamuk liflerinin bir yüzeye sürtünmeleri sonucunda yüzeyde meydana gelen etki kendini tipik fibrilsel görüntünün ortadan kalkması şeklinde göstermiştir. Yüzey pürüzlülüğü azaldığı için de lif yüzeyinin kaplanmış olduğu hissi oluşmaktadır.

4.2.5. Plazma ile muamele edilmiş pamuk liflerine ait SEM görüntüleri

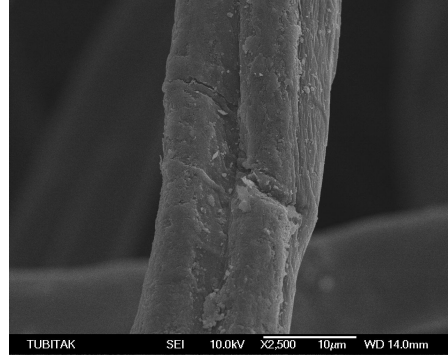
Plazma işlemi sonrasında malzemelerin yüzey görüntülerinde meydana gelen değişimler aşağıdaki şekillerde görüldüğü gibidir.

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda pamuk, viskon ve modal liflerinin Ar plazma ile muamelesi sırasında 10 dakikalık muamele süreleri sonucunda tüm boşalım gücü değerlerinde lif yüzeylerinde herhangi bir etki meydana gelmemiştir. Literatürde plazma ile yapılan çalışmalarda, Ar plazma ile muamele sonrası elde edilen SEM görüntülerinde, polimer yüzey değişimlerinin gözlemlenebilmesi için minimum 15 dakikalık bir işlem süresine ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir. Oksijen plazma ile yapılan çalışmalarda ise bu süre minimum 5 dakika olarak belirlenmiştir (Pastore ve Kiekens, 2001). Bu nedenle de 10 dakika süreyle muamele edilmiş olan numunelerin SEM görüntülerine bu çalışmada yer verilmemiştir. Aşağıdaki görüntülerde sadece 30 ve 60 dakikalık sürelerde gerçekleştirilen çalışmalara ait görüntüler yer almaktadır.



(a)

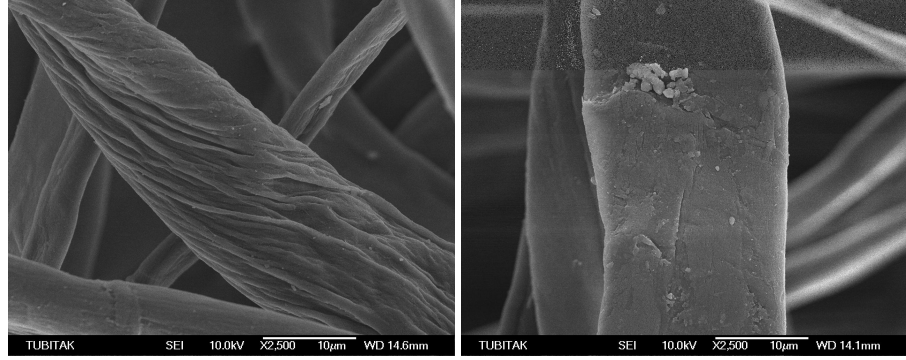
(b)



(c)

Şekil 4.5. 20 W 'lık Ar Plazma Uygulanmış Pamuk Lifine Ait SEM Görüntüleri
(a) 20 W 10 Dakika (b) 20 W 30 Dakika (c) 20W 60 Dakika

Şekil 4.5 'de farklı işlem sürelerinde 20 W 'lık Ar plazma ile muamele edilmiş pamuk lifine ait SEM görüntüleri görülmektedir.

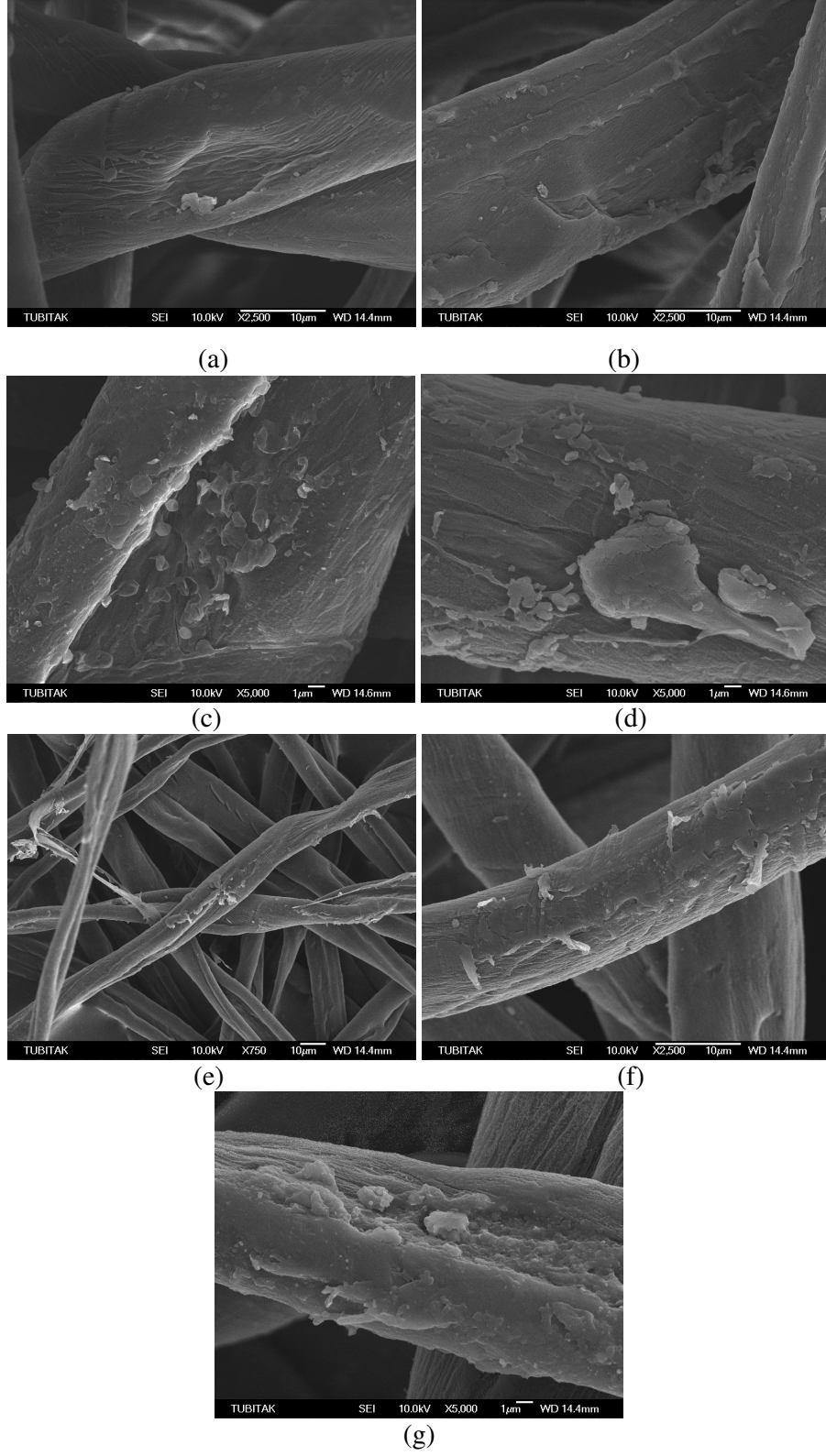


(a)

(b)

Şekil 4.6. 40 W 'lık Ar Plazma Uygulanmış Pamuk Lifine Ait SEM Görüntüleri
(a) 40 W 30 Dakika (b) 40 W 60 Dakika

Şekil 4.6 'da farklı işlem sürelerinde 40 W 'lık Ar plazma ile muamele edilmiş pamuk lifine ait SEM görüntüleri görülmektedir.

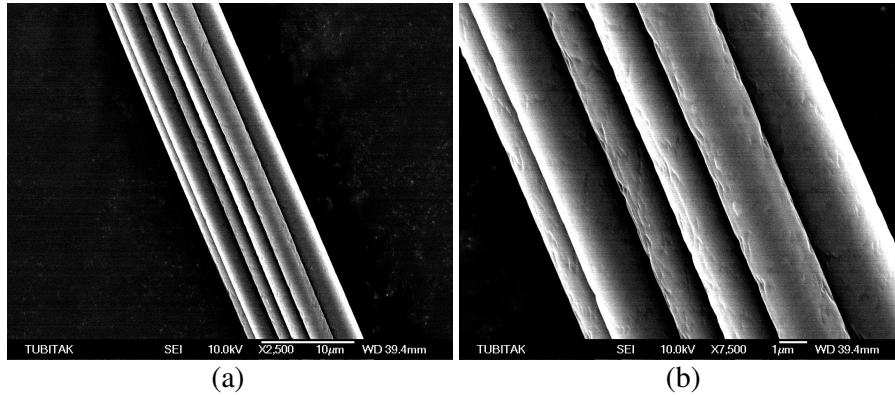


Şekil 4.7. 60 W 'lık Ar Plazma Uygulanmış Pamuk Lifine Ait SEM Görüntüleri
(a)-(b)-(c)-(d) 60 W 30 Dakika (e)-(f)-(g) 60 W 60 Dakika

Şekil 4.7 'de farklı işlem sürelerinde 60 W 'lık Ar plazma ile muamele edilmiş pamuk lifine ait SEM görüntüleri görülmektedir.

Pamuk liflerinin Ar plazma ile muamelesi sırasında 20 W, 40 W ve 60 W gibi farklı boşalım gücü değerleri ile çalışıldığında, 10 dakikalık muamele süresi sonucunda boşalım gücü değerleri değişmiş dahi olsa lif yüzeylerinde herhangi bir etki gözlemlenmemiştir. Ar plazma ile 20 W boşalım gücünde 30 ve 60 dakikalık muameleler sonrasında, fibrilsel yapıda genel olarak bozulmalar meydana gelmiştir. 20 W 30 dakikalık muamele sonrası bireysel makrofibrillerin daha çok bir araya geldikleri, 20 W 60 dakikalık muamele sonrasında ise oluşan bozunma ürünlerinin diğer lif yüzeylerinde kümelenerek biriktiği görülmektedir (Inagaki ve ark., 2001). Boşalım gücü değeri 40 W 'a yükseltildiğinde 20 W 'lık uygulamalardakine benzer etkiler meydana gelmiştir. Boşalım gücü değeri maksimuma ulaşır 60 W 'a çıktığında ise plazma işleminin lif yüzeylerindeki etkileri de maksimuma ulaşmıştır. 60 W 30 dakikalık uygulamalarda karakteristik yüzey yapısının tamamen ortadan kalktığı ve yüzeyde kümeleşmelerin olduğu görülürken, 60 W 60 dakikalık uygulamalarda ise yüzeyin bazı kısımlarında yüzey soyulması sonucu fibrillerin yüzeyden dışarı doğru uzandıkları ve yüzeyin bazı kısımlarında ise bozunma ürünlerinin lif yüzeylerinde biriktiği görülmektedir. Pamuk liflerinin plazma ile muamelesi sonrasında boşalım gücü ve sürenin maksimuma çıkması işlemin yüzeye etkilerinin de maksimuma ulaşmasını sağlamıştır.

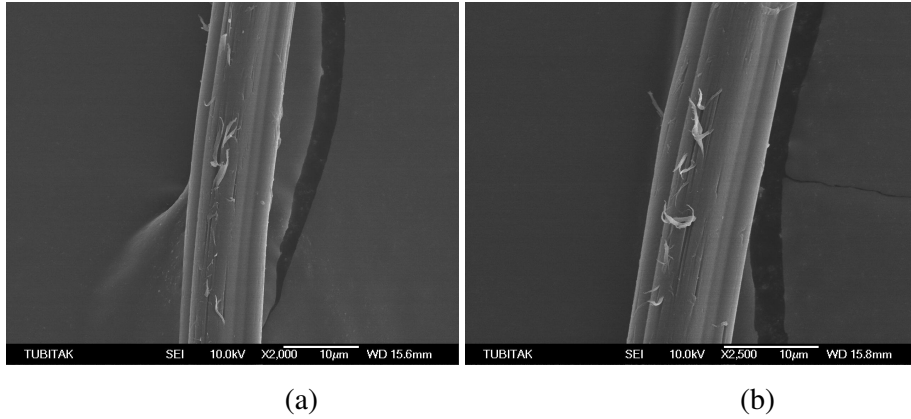
4.2.6. İşlem görmemiş viskon lifine ait SEM görüntüleri



Şekil 4.8. Ham Viskon Lifine Ait SEM Görüntüleri (a) X2500 Büyütme Oranı (b) X7500 Büyütme Oranı

Şekil 4.8 'de ham viskon lifine ait SEM görüntüleri görülmektedir. Viskoz rayonları pamuk liflerine göre daha amorf ve daha kısa zincirli bir yapıya sahiptirler. Yani bu liflerdeki kristalin malzeme kısmı doğal selüloz lifi olan pamuktan daha azdır. Viskon lifleri Şekil 4.8(b) 'den görüldüğü üzere pürüzlü bir yüzeye sahiptirler. Bu liflerde merkez-kabuk etkisi söz konusudur. Bu etki viskoz eriyiğinin rejenerasyon banyosundan geçerken katılaşması sırasında oluşmaktadır. Banyodan geçiş hızı yüksek olduğunda filamentin dış kısmındaki çözücü banyoya geçerken bu kısım sertleşir ve kabuk kısmını oluşturur. Bu sırada iç kısmında bulunan çözücü ise banyoya geçemeyip içeride kalır ve yumuşak bir merkez yapısı oluşturur. Zamanla kabuk kısmı içe çöker ve düzensiz bir kesit oluşur. Yani çok loblu, yassı bir kesit görüntüleri vardır. Yapının çok loblu olduğu ise Şekil 4.8(a) ve 4.8(b) 'den açıkça görülmektedir.

4.2.7. Soda ile muamele edilmiş (fibrilleştirilmiş) viskon lifine ait SEM görüntüleri

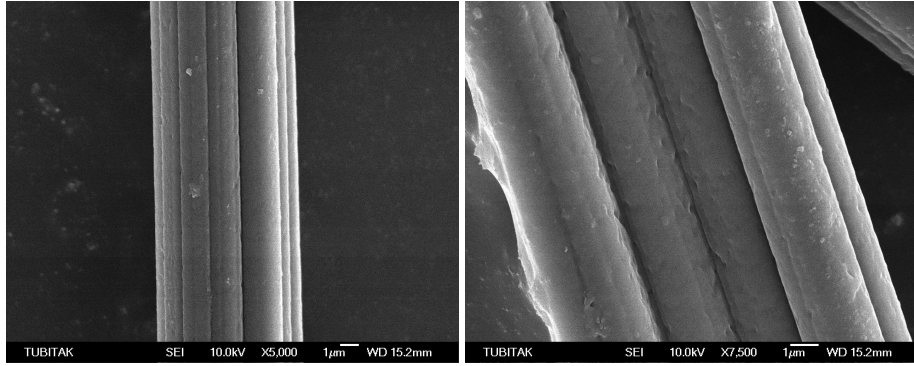


Şekil 4.9. Soda İle Muamele Edilmiş (Fibrilleştirilmiş) Viskon Lifine Ait SEM Görüntüleri

(a) X2000 Büyütme Oranı (b) X2500 Büyütme Oranı

Viskon liflerinin soda ile fibrilleştirme işlemi sonrasında dış kısımlarında bulunan zayıf amorf kabuk zarar görmekte ve kısmen de olsa parçalanmaktadır. Lifin kabuk kısmının gördüğü hasar sonucu iç kısımda bulunan molekül zincirleri, kabuğun kısmen uzaklaşmasıyla, yüzeyden dışarıya doğru uzanmaktadır. Yapıda bulunan hidrojen bağları dolayısıyla molekül zincirlerinin yüzeye çıkışı bir miktar engellenmektedir. Şekil 4.9' dan fibrilleşmiş viskon liflerinin yüzeyi açıkça görülebilmektedir.

4.2.8. Enzim ile muamele edilmiş viskon lifine ait SEM görüntüleri



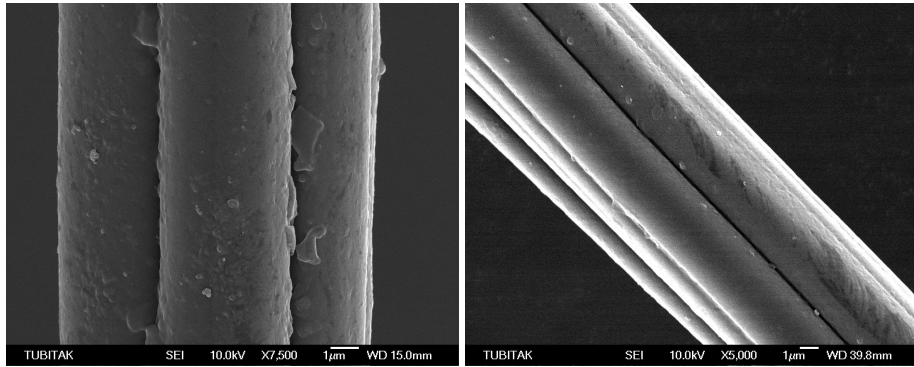
(a)

(b)

Şekil 4.10. Enzim İle Muamele Edilmiş Viskon Lifine Ait SEM Görüntüleri
(a) X5000 Büyütme Oranı (b) X7500 Büyütme Oranı

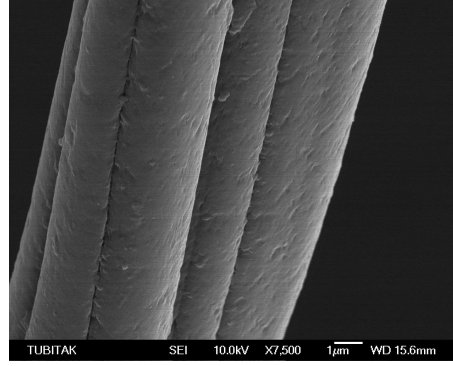
Viskon liflerinin enzimle muamelesi sonrasında selülaz enziminin lif yüzeyinde beklenen etkiyi göstermediği görülmüştür.

4.2.9. Sürtünme ile mekanik aşındırmaya maruz kalmış viskon lifine ait SEM görüntüleri



(a)

(b)

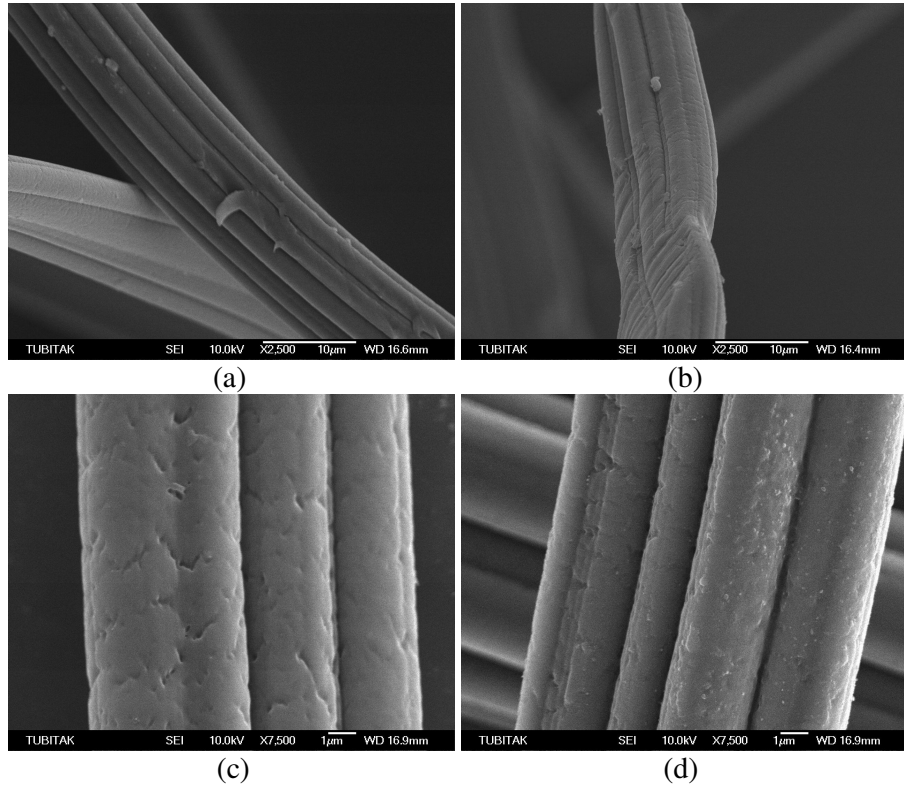


(c)

Şekil 4.11. Sürtünme İle Mekanik Aşındırmaya Maruz Kalmış Viskon Lifine Ait SEM Görüntüleri (a)-(c) X7500 Büyütme Oranı (b) X5000 Büyütme Oranı

Viskon liflerinin sürtünmeleri sonucu yüzeylerinin aşınmış olduğu görülmüştür. Ham hallerine kıyasla daha pürüzlü, düzgünlüğün ortadan kalktığı bir lif yüzeyi oluşmuştur.

4.2.10. Plazma ile muamele edilmiş viskon liflerine ait SEM görüntüleri



(a)

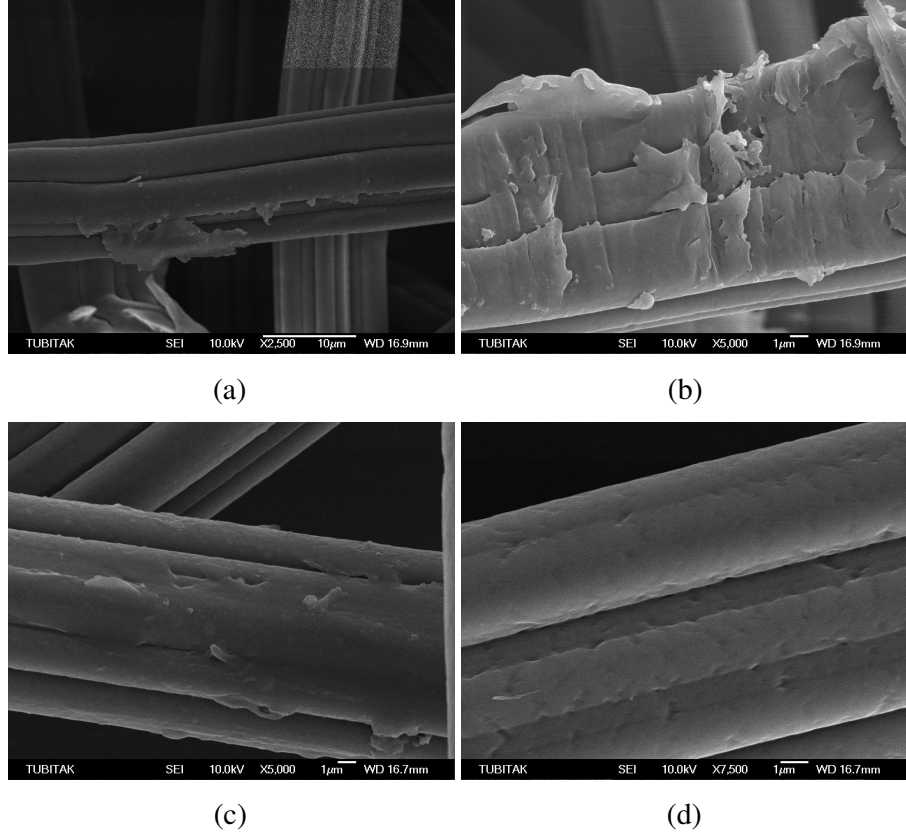
(b)

(c)

(d)

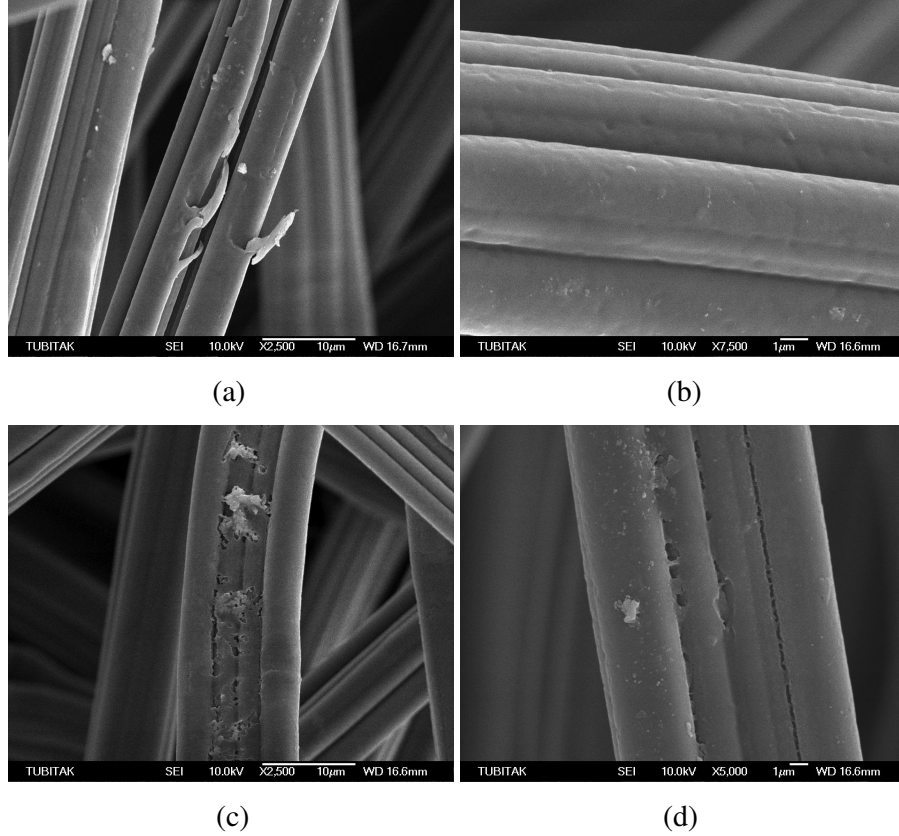
Şekil 4.12. 20 W 'lık Ar Plazma Uygulanmış Viskon Lifine Ait SEM Görüntüleri (a)-(b) 20 W 30 Dakika (c)-(d) 20 W 60 Dakika

Şekil 4.12 'de farklı işlem sürelerinde 20 W' lık Ar plazma ile muamele edilmiş viskon lifine ait SEM görüntüleri görülmektedir.



Şekil 4.13. 40 W 'lık Ar Plazma Uygulanmış Viskon Lifine Ait SEM Görüntüleri
(a)-(b) 40 W 30 Dakika (c)-(d) 40 W 60 Dakika

Şekil 4.13 'de farklı işlem sürelerinde 40 W' lık Ar plazma ile muamele edilmiş viskon lifine ait SEM görüntüleri görülmektedir.

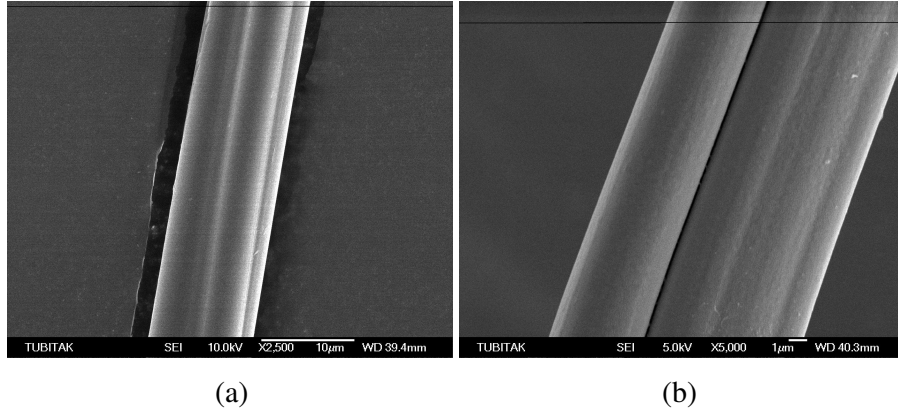


Şekil 4.14. 60 W 'lık Ar Plazma Uygulanmış Viskon Lifine Ait SEM Görüntüleri
(a)-(b) 60 W 30 Dakika (c)-(d) 60 W 60 Dakika

Şekil 4.14 'de farklı işlem sürelerinde 60 W' lık Ar plazma ile muamele edilmiş viskon lifine ait SEM görüntüleri görülmektedir.

Viskon lifleri üretim parametreleri nedeniyle pürüzlü, küçük oyukların olduğu bir yüzeye sahiptirler. Ar plazma ile 20 W boşalım gücünde 30 ve 60 dakika süreyle gerçekleştirilen muameleler sonrasında, liflerin yüzey pürüzlülüğünün arttığı ve oyukların oluştuğu görülür. 40 W boşalım gücünde ise lif yüzeyinde soyulmaların oluştuğu görülmektedir. Boşalım gücü değeri 60 Watt'a çıkarıldığında ise, şekil 4.14(c) ve 4.14(d) de görüldüğü gibi, aşındırma etkisi arttığı için viskon liflerinin yüzey karakteristiği artık görülememektedir. Bu boşalım gücü değerinde, aşınma etkisinin maksimuma ulaşması nedeniyle, bozunma ürünlerinin diğer lifler üzerine az da olsa biriktiği görülmektedir (Inagakı ve ark., 2001).

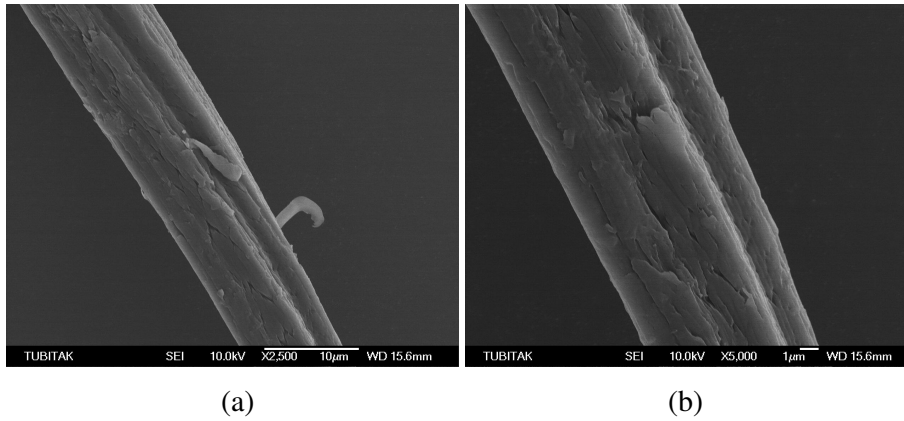
4.2.11. İşlem görmemiş modal lifine ait SEM görüntüleri

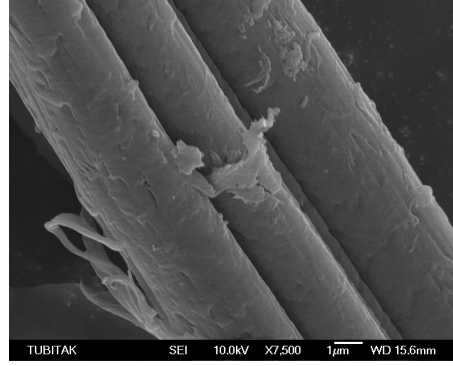


Şekil 4.15. Ham Modal Lifine Ait SEM Görüntüleri (a) X2500 Büyütme Oranı (b) X5000 Büyütme Oranı

Şekil 4.15 'de ham modal lifine ait SEM görüntüleri görülmektedir. Modal lifleri viskon liflerine nazaran daha oryante yapıya sahip olan liflerdir. Modal liflerinde, viskon liflerinde görülen merkez-kabuk etkisi, viskona nazaran daha az görülmektedir. Bunun sebebi modal liflerinin banyodan geçiş hızlarının daha yavaş tutulmasıdır. Yani kabukta meydana gelen katılma yavaşlamakta ve iç-dış arası fark minimize edilebilmektedir. Böylece viskondaki çok loblu kesit yerini daha düzgün, yuvarlağa yakın bir kesite bırakmaktadır. Ayrıca modal liflerindeki yüzey de Şekil 4.15(a) ve 4.15(b) 'den görüldüğü üzere viskona nazaran daha düzgündür.

4.2.12. Soda ile muamele edilmiş (fibrilleştirilmiş) modal lifine ait SEM görüntüleri





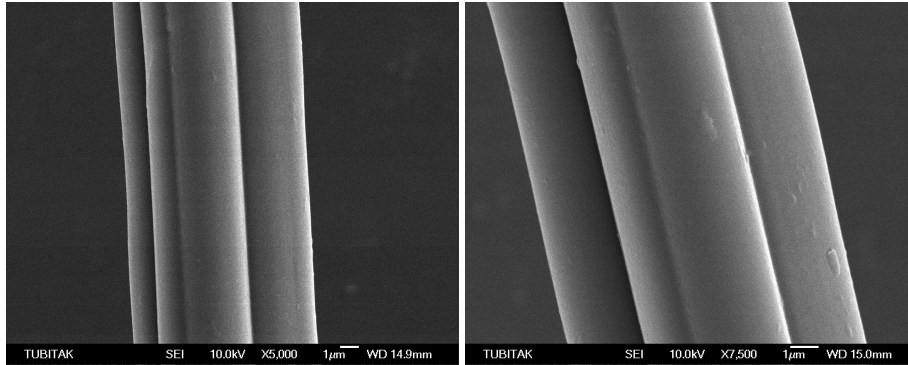
(c)

Şekil 4.16. Soda İle Muamele Edilmiş (Fibrilleştirilmiş) Modal Lifine Ait SEM Görüntüleri

(a) X2500 Büyütme Oranı (b) X5000 Büyütme Oranı (c) 7500 Büyütme Oranı

Modal liflerinin soda ile muamelesi sonucu liflerde fibrilleşmenin oluşma nedeni viskon lifleri için açıklanan nedenle aynıdır. Soda ile muamele işleminin her iki lif grubu için de yüzeye etkileri lif yüzeylerinde benzer şekilde yani soyulmalar şeklinde olmaktadır. Ancak bu soyulmalar viskon liflerinde daha fibrilsel olarak kendini gösterirken, modal liflerinde tabakalar halinde soyulma eğiliminin varlığı göze çarpmaktadır.

4.2.13. Enzim ile muamele edilmiş modal lifine ait SEM görüntüleri



(a)

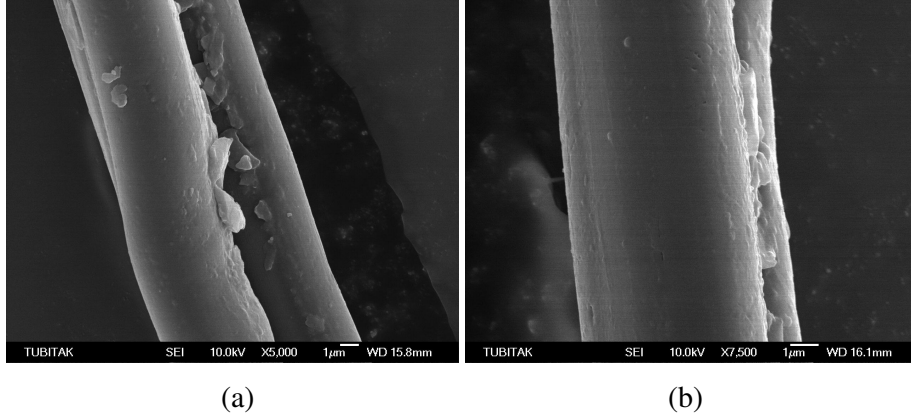
(b)

Şekil 4.17. Enzim İle Muamele Edilmiş Modal Lifine Ait SEM Görüntüleri

(a) X5000 Büyütme Oranı (b) X7500 Büyütme Oranı

Modal liflerinin enzimle muamelesi sonucu, viskon liflerinde olduğu gibi, lif yüzeylerinde herhangi bir etki görülmemiştir.

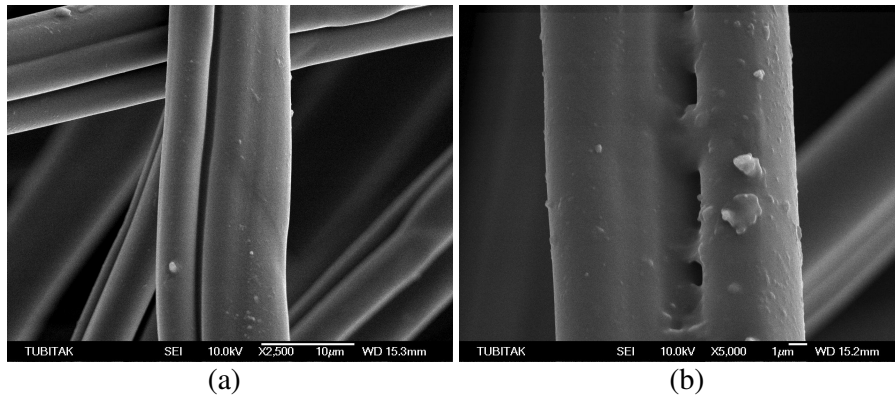
4.2.14. Sürtünme ile mekanik aşındırmaya maruz kalmış modal lifine ait SEM görüntüleri

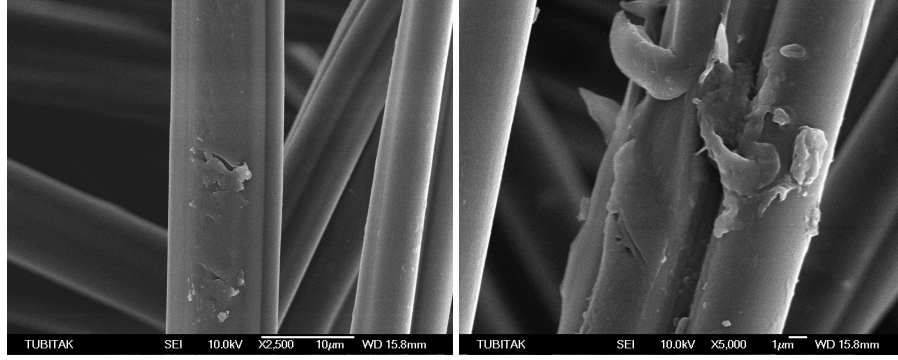


Şekil 4.18. Sürtünme İle Mekanik Aşındırmaya Maruz Kalmış Modal Lifine Ait SEM Görüntüleri (a) X5000 Büyütme Oranı (b) X7500 Büyütme Oranı

Modal liflerinin sürtünmeleri sonucu yüzeylerinde yer yer soyulmaların ve aşınmaların olduğu gözlemlenmiştir. Eşit etkiler altında viskon liflerine kıyasla daha fazla yüzey hasarının olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise, lif üretim parametreleri dolayısıyla, modal liflerinin viskona nazaran daha zayıf bir kabuk kısmına sahip olmalarıyla açıklanabilir.

4.2.15. Plazma ile muamele edilmiş modal liflerine ait SEM görüntüleri



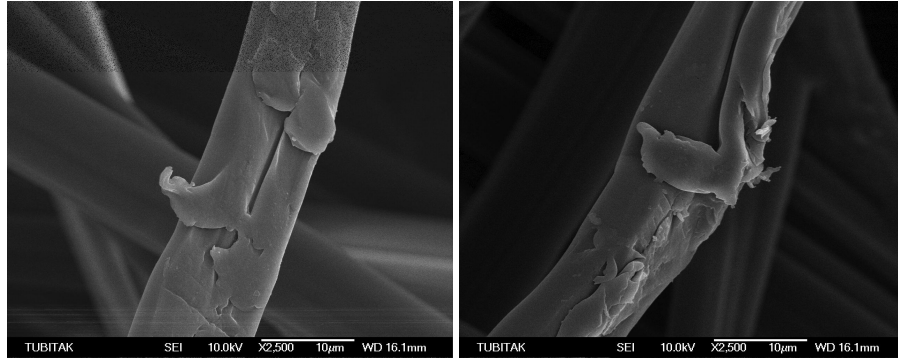


(c)

(d)

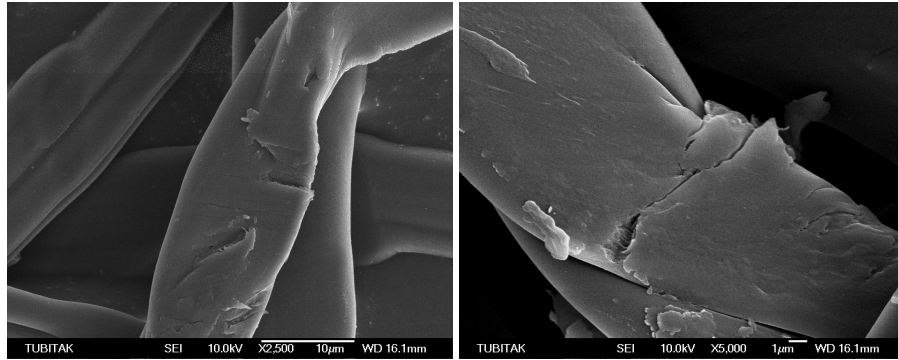
Şekil 4.19. 20 W 'lık Ar Plazma Uygulanmış Modal Lifine Ait SEM Görüntüleri
(a)-(b) 20 W 30 Dakika (c)-(d) 20 W 60 Dakika

Şekil 4.19 'da farklı işlem sürelerinde 20 W 'lık Ar plazma ile muamele edilmiş modal lifine ait SEM görüntüleri görülmektedir.



(a)

(b)

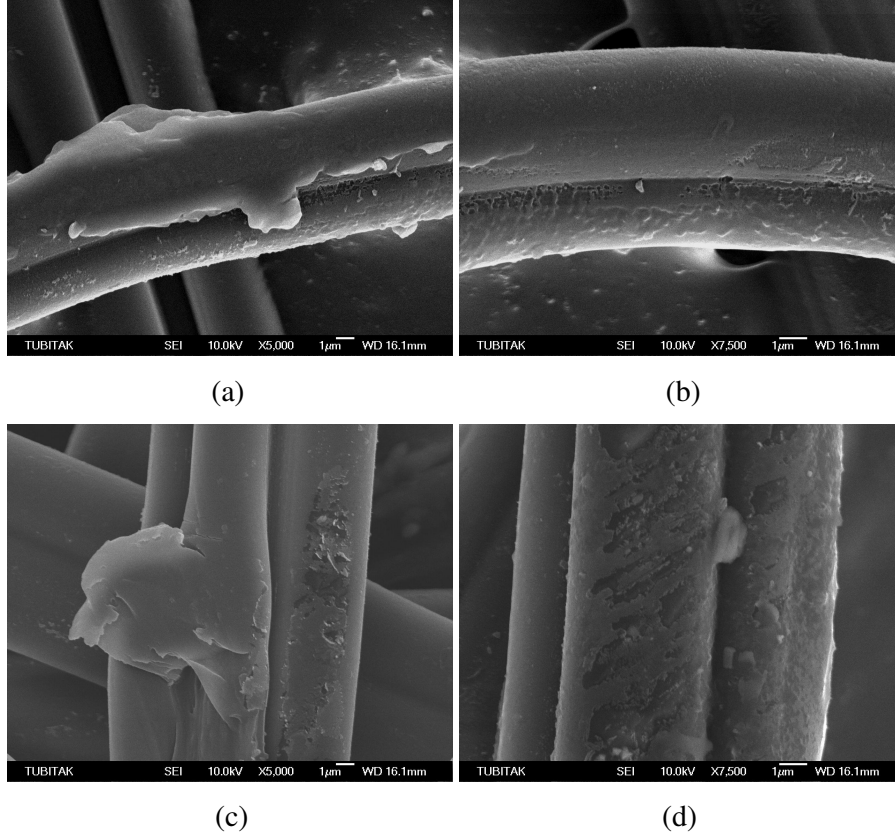


(c)

(d)

Şekil 4.20. 40 W 'lık Ar Plazma Uygulanmış Modal Lifine Ait SEM Görüntüleri
(a)-(b) 40 W 30 Dakika (c)-(d) 40 W 60 Dakika

Şekil 4.20 'de farklı işlem sürelerinde 40 W' lık Ar plazma ile muamele edilmiş modal lifine ait SEM görüntüleri görülmektedir.



Şekil 4.21. 60 W 'lık Ar Plazma Uygulanmış Modal Lifine Ait SEM Görüntüleri
(a)-(b) 60 W 30 Dakika (c)-(d) 60 W 60 Dakika

Şekil 4.21 'de farklı işlem sürelerinde 60 W 'lık Ar plazma ile muamele edilmiş modal lifine ait SEM görüntüleri görülmektedir.

Modal lifleri pürüzsüz bir yüzeye sahiptirler. Ar plazma ile muamele işlemi modal liflerinin yüzeyini soyarak etki göstermiştir. İşlem parametreleri olan süre ve boşalım gücü değerleri arttıkça yüzeydeki soyulma etkisinin de tabakalar halinde olduğu görülmüştür. Ancak 40W ve 60 W boşaltım güçlerinde 60 dakika uygulamalarında lif yüzeyinde yarık oluşumu da görülmüştür. Modal liflerinde de artan aşınma etkisiyle, bozunma ürünleri diğer lifler üzerinde birikerek, eriyen başka bir yüzeyin lif yüzeyine yapıştığı hissini oluşturan görüntüler ortaya çıkmıştır (Şekil 4.21).

Yapılan bu çalışma sonrasında, viskon ve modal liflerinin Ar plazma ile muamelesi işleminde yüzeyde oluşan etkilerin kendini genellikle soyulmalar ve oyuklar halinde gösterdiği söylenebilir. Ayrıca yüzeyde meydana gelen değişimlerin artışı süre ve/veya boşalım gücü değerlerinin artışına paralel olarak gerçekleşmektedir. Yani; yapılmış olunan çalışmadan yola çıkılarak, gerçekleştirilen plazma işlemlerinde muamele süresi ve tercih edilen boşalım gücü değerleri yüzeyde meydana gelen etkilerin etkinliğini belirleyen çok önemli iki parametredir denilebilir.

5. SONUÇ

Gerçekleştirilen bu çalışma sonrasında; viskon liflerinde soda muamelesi ile kopma dayanımı artarken modalda düşüşlerin olduğu görülmüştür. Bunun nedeni viskon liflerinin daha çok fibrilleşmesi ve fibrilleşmenin de dayanımı arttırmasıdır. Enzim ile muamele kopma dayanımı üzerine etkili olmamıştır. Plazma uygulamasıyla ise, viskon ve modal liflerinde kopma dayanımları azalmıştır. Her ikisinde de en büyük kayıp en yüksek boşalım gücünde ve en uzun muamele süresinde olmuştur. Ancak viskon modala nazaran daha çok etkilenmiştir.

Soda ve enzim uygulaması viskon ve modal liflerinde kopma uzamalarında azalmalara neden olurken plazma uygulamalarında boşalım gücü ve süreye bakmaksızın tüm uygulamalarda viskon liflerinde yine kopma uzamalarında azalmalar olmuştur. Ancak modal liflerinde plazma uygulamalarında kopma uzaması değerleri artış göstermiştir. Sadece en yüksek boşalım gücü ve en uzun uygulama sürelerinde kopma uzamaları azalmıştır.

Her iki lif içinde soda ve enzim muamelesinde modül değerleri artmıştır. Modal liflerinde plazma uygulaması boşalım gücü ve uygulanan süreye bakılmaksızın modül değerini azaltırken, viskon liflerinde bazı durumlarda artış, bazı durumlarda azalmaya neden olmuştur (10d60W, 30d40W, 60d20W, 60d40W) .

Soda ve enzim uygulamasının pamuk liflerinin mekanik özellikleri üzerine etkisi incelendiğinde ise, genel bir düşüşe neden olduğu görülmüştür. Uygulanan bu işlemler sonrasında ortalama lif uzunluğu, lif uzunluk dağılımı, lif mukavemeti ve kopma uzaması değerleri düşüşler göstermiştir. Pamuk liflerinde soda ile muamelenin mekanik özelliklere etkisinin enzim ile muameleye göre daha fazla olduğu söylenebilmektedir.

Uygulanan işlemlerin liflerin yüzey özellikleri üzerine etkileri incelendiğinde ise şu sonuçlara varılmıştır:

Uygulanan soda muamelesi sonrasında; pamuk lifleri sahip oldukları karakteristik fibrilisel yapılarını kaybetmiş, hem viskon hem de modal liflerinde ise fibrilleşme meydana gelmiştir. Her iki lif grubunda da yüzeyde soyulmalar gözlemlenmiştir.

Uygulanan enzim muamelesi ile pamuk liflerinin yüzey düzgünlüğü artış gösterirken viskon ve modal liflerinde herhangi bir değişim görülmemiştir.

Sürtünme ile mekanik aşındırma işlemi sonrasında; pamuk liflerinin tipik fibrilisel görüntülerini yitirdikleri, viskon ve modal liflerinde ise yüzeyde aşınmaların olduğu ve yüzey düzgünlüğünün arttığı görülmüştür. Sürtünme sonucu oluşan mekanik hasar, modal liflerinde, viskona nazaran daha zayıf bir kabuk kısmına sahip olmaları dolayısıyla daha fazla olmuştur.

Plazma ile muamele işlemi sonrasında ise pamuk liflerinde fibrilisel yapının genel olarak bozunduğu, artan süre ve boşalım gücü değerleri ile lif yüzeyinde meydana gelen etkilerin de arttığı gözlemlenmiştir. Viskon ve modal liflerinin Ar plazma ile muamelesi işleminde ise yüzeyde oluşan etkilerin kendini genellikle soyulmalar ve oyuklar halinde gösterdiği söylenebilir. Ayrıca yüzeyde meydana gelen değişimlerin artışı süre ve veya boşalım gücü değerlerinin artışına paralel olarak gerçekleşmektedir. Yapılan çalışmadan da görüleceği üzere plazma işleminin modal liflerinin yüzeyleri üzerindeki etkisi viskon liflerine nazaran daha fazla olmuştur. Genel olarak viskon lifleri klasik rayon prosesi ile üretilirken modal liflerinin üretiminde klasik rayon prosesinden farklı olarak uygulanan daha az kimyasal kullanımı, lif oluşum banyosu içerisinde daha fazla lif gemesi uygulanması ve banyodan geçiş hızlarının düşük geçiş sürelerinin ise yüksek tutulması gibi çeşitli lif üretim parametreleri nedeniyle modal lifleri daha yüksek modül ve kopma mukavemeti gösterirken daha düşük kopma uzaması değerlerine sahiptirler. Modal liflerinde, viskon liflerinde görülen kabuk-merkez etkisi görülmemekle birlikte homojen bir yapıları bulunmaktadır. Viskon liflerinde ise düzensiz ve homojen olmayan bir kesit yapısı söz konusudur. Viskon liflerinde plazma etkisi, liflerin sert bir kabuk ve yumuşak bir özden oluşmasından dolayı daha az ve yüzeysel olarak gözlenirken, modal liflerinde plazmanın yüzeye etkisi daha belirgin bir hal almıştır. Bu da, modal liflerinin homojen bir kesite sahip olmalarıyla açıklanabilmektedir.

Sonuç olarak; plazma teknolojisinin tekstil proseslerinde kullanılması diğer konvansiyonel yöntemlere göre birçok avantaj sağlamaktadır. Günümüzün sıkı ekonomik ve ekolojik taleplerinin doğrultusunda plazma teknolojisinin avantajları nedeniyle birçok endüstri dalında olduğu gibi tekstil endüstrisinde de gelecekte daha yaygın bir şekilde kullanılacağı Şüphe götürmez bir gerçektir.

6. KAYNAKLAR

AKMAN, M. A. 1993. Mechanical Properties of Plasma Surface Modified Calcium Carbonate/PP Composites, Master's Thesis, The Graduate School of Natural and Applied Science, Middle East Technical University, Ankara.

ANİŞ, P. 2002. Tekstil Ön Terbiyesi, s.2-4

ANONİM. 1998, Tekstil Endüstrisinde En çok Gelecek Vadeden Elyaf Türü : Lyocell, Tekstil Maraton, 5, s. 40-42

ATILLASOY, P. 2006. Yük Boşalımı Tekniğiyle Hazırlanan Akıllı Jel Materyallerinin Karakterizasyonu, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi sy. 29-40

AUGSBURG, A., GRUNDKE, K., PÖSCHEL, K., JACOBASCH, H.-J., NEUMANN, A. W. 1998. Determination of Contact Angles and Solid Surface Tensions of Poly(4-X-Styrene) Films, Acta Polym., 49, 417-426.

BAE, B., CHUN, B.-H., KİM, D. 2001. Surface Characterization of Microporous Polypropylene Membranes Modified by Plasma Treatment, Polymer, 42, 7879-7885.

BOYACI, İ. H. 1998. Plazma Polimerizasyonu Tekniği Kullanılarak Tek Tabakalı Enzim Elektrot Hazırlanması, Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

CAVACO-PAULO, A., GÜBİTZ, G. M. 2003. Textile Processing With Enzymes, The Textile Institute, Woodhead Publishing Limited, Cambridge,England, p. 2-5

CHAN C.-M. 1994. Polymer Surface Modification and Characterisation, Hanser Publishers, Munich Vienna New York, p. 1-4

EİCHHORN, S. J., YOUNG, R. J., YEH, W. Y. (2001) Deformation Processes in Regenerated Cellulose Fibers, Textile Research Journal, 71(2):121-129

ERİKSSON, K.-E. L. AND A. CAVACO-PAULO (eds.) 1998. Enzyme Applications in Fiber Processing, American Chemical Society Symposium Series 687, American Chemical Society, Washington, DC.

Encyclopedia of Polymer Science and Technology, 1988. Volume 11, Poliester Fiber to Rayon, John Wiley & Sons, Inc., New York p. 810, 811, 823-827, 834-840

FLOSCH, D., CLAROTTI, G., GECKELER, K. E., SCHUE, F., GOPEL, W. 1992. Characterization of Plasma-Treated Poly (Hydroxybutyrate) Membrane Surfaces by ESCA and Contact Angle Measurements, *Journal of Membrane Science*, 73, 163-172.

GANCARZ, I., POZNIÁK, G., BRYJAK, M., TYLUS, W. 2002. Modification of Polysulfone Membranes 5. Effect Of N-Butylamine and Allylamine Plasma, *European Polymer Journal*, 38, 1937-1946.

GUPTA, V. B., VE KOTHARI V. K. 1997. *Manufactured Fibre Technology*, London, p. 480-501

GÜLEÇ H.A. 2004. Plazma Polimerizasyonu İle Modifiye Yüzeylerde Islanabilirlik Ve Yüzey Enerji Seviyesinin Ölçümü, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi

GÜLER, N. 2005. Farklı Rayon Tiplerinin Yorulma Davranışlarının İncelenmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bitirme Tezi

HARMANCIOĞLU, M. 1981. Rejenere Selülozik Lifler, Ege Üniversitesi, İzmir, s. 50-56, 63-82

HOCKENBERGER, A. 2004. *Tekstil Fiziği*, Alfa Basım Yayın Dağıtım Ltd. Şti. İstanbul, 256 s.

INAGAKI, N., TASOKA, S., SHIMADA, S. (2001) Comparative Studies on Surface Modification of Poly(ethylene terephthalate) by Remote and Direct Argon Plasmas, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 79, 808-815 (2001)

KAHRAMAN, N. 2000. Çeşitli Tekstil Lifleri ve Mamullerine Bazı Mikroorganizmaların Zararları Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa

KAMINSKA, A., KACZMAREK, H., KOWALONEK, J., 2002. The Influence of Side Groups and Polarity of Polymers on The Kind and Effectiveness of Their Surface Modification By Air Plasma Action, *European Polymer Journal*, 38, 1915-1919.

KARAHAN, H.A., DEMİR, A., ÖZDOĞAN, E., ÖKTEM, T., SEVENTEKİN, N. 2007. Plazma Teknolojisi ve Temel Özellikleri ,Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, *tekstil teknoloji dergisi ocak 2007-1*, s. 116,118-120

KARAHAN, H.A., DEMİR, A., ÖZDOĞAN, E., ÖKTEM, T., SEVENTEKİN, N. 2007. Plazma Teknolojisi ve Temel Özellikleri ,Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, *tekstil teknoloji dergisi ,şubat 2007-1*, s.102,104-106

KOMİSYON 2001. *Tekstil Teknolojisi I-II*, s. 31-35

KRAL, N. A. AND TRİVELPIECE, A. W. 1973. Principles of Plasma Physics, McGraw - Hill Book Company, New York, 494p.

Lİ, R., YA, L., MAİ, Y.-W. 1997. Application Of Plasma Technologies in Fibre-Reinforced Polymer Composites: A Review of Recent Developments, Composites Part A, 28A, 73-86.

MARK, H. F., ATLAS, S. M., CERNİA, E. (eds.) 1968. Man-Made Fibers Science and Technology, Volume 2, Interscience, New York, p. 10

MARMUR, A. 1998. Contact Angle Hysteresis on Heterogeneous Smooth Surfaces: Theoretical Comparison of The Captive Bubble and Drop Methods, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 136, 209-215.

MENCELOĞLU, Y.Z., KONTART, O., YARBAŞ, T. 1999. Pamuklu Ürünlerde Çevreci Bitim İşlemleri: Enzimler, I. Ulusal Çukurova Kongresi, 6-8 Ekim 1999, Ç.Ü. Adana, s.503,512

MUTLU, M., MUTLU, S., ROSENBERG, M. F., KANE, J., JONES, M. N., VADGAMA, P. 1991. Matrix Surface Modification by Plasma Polymerization for Enzyme Immobilization, Journal of Material Chemistry, 1(3), 447-450.

MUTLU, M., MUTLU, S., ALP, B., BOYACI, İ. H., PİŞKİN, E. 1997. Preparation of A Single Layer Enzyme Electrode by Plasma Polymerisation Technique. Plasma Processing of Polymers. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, p. 477-485.

NEHRA, S. BHAUMİK, C.L. MİTTAL, M.L. GULRAJANİ, H.K. 2005. Dwivedi Atmospheric Pressure Non-Thermal Plasma Source and Its Application in Textile Processing, V.Melliand International March 2005/11 60-61.

NELSON, G. 1998. Novel Applications of Biotechnology in The Textile Industry, ECOTEKS 98, Woodhead Publishing Ltd., England, p. 111-119

OKUNO, T., YASUDA, T. AND YASUDA, H. 1992. Effect of Crystallinity of Pet and Nylon 66 Fibers on Plasma Etching and Dyeability Characteristics, Textile Research Journal 62(8):474-480
62(8):474

ÖZDEMİR, Ö. 2003. Pamuk İplikçiliği Ders Notları

ÖZÜDOĞRU, D. T. 2002. Türkiye V. Pamuk, Tekstil Ve Konfeksiyon Sempozyumu Bildirileri 28-29 Nisan 2002, Diyarbakır, s. 43,44

PASTORE C. M., KİEKENS P. 2001. Surface Characteristics of Fibers and Textiles, Marcel Dekker, Inc, New York, p.48, 203-205,210,211

POLETTI G, ORSINI F., RAFFALE- ADDAMO A., RICCARDI C., SELLI E. 2003. Cold Plasma Treatment of PET Fabrics: AFM Surface Morphology Characterisation, Applied Surface Science 219 (2003) 311-316.

RATNER, B. D. 1996. Surface Diagnostics of Plasma-Treated Materials. Plasma Processing of Polymers. D' Agostino, R., Favia, P., Fracassi, F. (Eds.), Kluwer Academic Publishers, Netherlands, p. 211-220.

RATNER, B. D., HOFMANN, A. S., SCHOEN, F. J., LEMONS, J. E. 1996. Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine, Academic Press, Inc., New York, 484 p.

RJIBA, N., NARDIN, M., DRÉAN, J.-Y., FRYDRYCH, R. 2007. A Study of The Surface Properties of Cotton Fibers by Inverse Gas Chromatography, Journal of Colloid and Interface Science 314 (2007) 373-380

SARIŞIK, Ö. M. 2000. Pamuklu Mamullerin Hidrofilleştirilmesinde Enzim Kullanımı, Tekstil Teknik 11, s. 166-167

SARIŞIK, Ö. M. 2001. Tekstil Terbiye İşlemlerinde Enzimler, DEÜ Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir, s. 10, 12, 24, 25, 26-28, 42, 58,68-70, 88-90

SARIOĞLU, K. 2004. Plazma Polimerizasyonu Yöntemi ile Yüzey Enerjilerinin Azaltılması ve Karakterizasyonu, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği ABD, Doktora Tezi.

SEVENTEKİN N. 1983. Aşı Polimerizasyonu ile Tekstil Liflerinin Yüzeysel Özelliklerinin Değiştirilmesi, Doğa Bilim Dergisi: Müh./Çev., Cilt: 7, 59-70, 1983.

STROBEL, M., LYONS, C. S. AND MITTAL, K. L. (eds.) 1994. Plasma Surface Modification of Polymers: Relevans to Adhesion, VSP, Zeist, The Netherlands, p. 17-34

SUN, D., STYLİOS, G. K. 2005. Fabric Surface Properties Affected by Low Temperature Plasma Treatment, Journal of Materials Processing Technology 173(2006), p. 172-177

TUSEK, L., NİTSCHKE, M., WERNER, C., STANA-KLEİNSCHEK, K., RİBİTSCH, V. 2001. Surface Characterisation of NH₃ Plasma Treated Polyamide 6 Foils, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 195, 81-95.

UDEMKICHDECHA, W., CHIARACORN S. AND POTIYARAD, P. 2002. Relationships Between Fibrillation Behaviour of Lyocell Fibers and Their Physical Properties, Textile Research Journals 72(11) : 939 - 943

YAKARTEPE, M., ve YAKARTEPE, Z., Tekstil Teknolojisi Elyaftan Kumaşa, cilt 3. İstanbul, s. 803-819

YAKARTEPE, M., ve YAKARTEPE, Z., Tekstil Terbiye Teknolojisi Kasardan Apreye, cilt 7. İstanbul, s. 2048-2060

YASUDA, H. 1984. Plasma Polymerization for Protective Coatings and Composite Membranes, Journal of Membrane Science, 18, 273-284.

<http://nucleus.istanbul.edu.tr/~cfe/mak1/>, Erişim Tarihi: 20.01.2008. AKAN, T. Konu: Maddenin 4. Hali Plazma ve Temel Özellikleri Elektronik Çağdas Fizik Dergisi, 4. Sayı

http://tr.wikipedia.org/wiki/Plazma_%28fizik%29, Erişim Tarihi: 18.06.2008. Konu: Plazma

<http://tr.wikipedia.org/wiki/Sel%C3%BClaz>, Erişim Tarihi: 25.06.2008 Konu: Selülaz

<http://webhost.ua.ac.be/plasma/pages/What-is-a-glow-discharge.html>, Erişim Tarihi: 15.02.2008. Konu: What is a glow discharge?

www.cassales.co.kr/.../tiny/jys1090_287.jpg, Erişim Tarihi: 29.07.2008. Konu: CAS Ürün Tanıtımı

www.kolzer.it/files/vacuum_plasma_systems_brochure_2005.pdf, Erişim Tarihi: 21.06.2008 Konu: Vacuum Plasma Systems Brochure 2005

www.kotonline.com/english_pages/ana_basliklar/kiemens.asp, Erişim Tarihi: 23.01.2008. Verschuren, J., Kiemens, P. Konu: Plasma Technology For Textiles: Where Are We?

www.plasmabeam.de, Erişim Tarihi: 21.12.2007. Konu: Plazma Sistemleri, Plazma Tekniği, Plasma Technology

www.konfeksiyon.blogcu.com/3054774, Erişim Tarihi: 15.07.2008. Konu: Kaliteyi Etkileyen Teknik Gelişmeler

www.plasmas.org/rot-plasmas.htm, Erişim Tarihi: 16.02.2008. Konu: What Are Plasmas?

www.taris.com.tr, Erişim Tarihi: 29.07.2008. Konu: Pamuk Hakkında

www.tekstilokulu.com/forum/forum_posts.asp?TID=147, Erişim Tarihi: 30.07.2008. Konu: Dünya'da ve Türkiye 'de Pamuk Üretimi ve Sorunları

www.tubitaktam.ege.edu.tr/index.php?lid=1&sid=0035, Erişim Tarihi: 19.03.2008 Konu: Plazma Teknolojisinin Geleceği

www.yeniforum.gen.tr/tekstil-kimyasallari-ve-cevreye-etkileri-marmara-uni-arkadaslar-dan-tez-calismasi, Erişim Tarihi: 14.07.2008. Konu: Tekstil Kimyasalları ve Çevreye Etkileri

7. TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarım süresince, araştırmalarımı yönlendirerek yol gösteren çok değerli hocam Prof. Dr. Aslı HOCKENBERGER'e, deneysel çalışmalarımda büyük emekleri geçen Prof. Dr. Mehmet MUTLU ve tüm Hacettepe Üniversitesi Plazma Destekli Biyoteknoloji ve Biyomühendislik (PABB) Grubu'na çok teşekkür ederim.

Hammadde desteğini sağlayarak bu çalışmanın gerçekleşmesinde önemli rol oynayan KARSU Tekstil San. Tic. AŞ.'ye, deneysel çalışmalarımın yürütülmesini sağlayan Tübitak Marmara Araştırma Merkezi'ne ve APOLTEKS firmasına teşekkür ederim.

Yüksek lisans öğrenimim süresince vermiş oldukları maddi desteklerden ötürü TÜBİTAK'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tüm hayatım boyunca maddi manevi desteklerini hiçbir şekilde esirgemeyen ve bugünlere gelmemi sağlayan sevgili aileme sonsuz teşekkürler...

8. ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Bursa'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Bursa'da tamamladı. 2001 yılında Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde başladığı lisans öğrenimine Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde devam etti. 2005 yılında tamamladığı lisans öğreniminin ardından Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı.