

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
ADLİ TIP ENSTİTÜSÜ
FEN BİLİMLERİ ANABİLİM DALI
Danışman: Yrd. Doç. Dr. İsmail ÇAKIR

TEKSTİL LİFLERİNİN POLARİZE IŞIK MİKROSKOBU İLE
ANALİZİ

FEN BİLİMLERİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORHAN YEŞİLBAĞ

İstanbul 2011

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim süresince, her aşamada desteğini esirgemeyen, bilgi birikimini, tecrübesini ve değerli zamanını benimle paylaşan; tezin oluşumunda, düzenlenmesinde ve değerlendirilmesinde bana yön veren ve her türlü katkıda bulunan danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. İsmail ÇAKIR' a,

Sayın Prof. Dr. Hüseyin Bülent ÜNER'e,

Kesit görüntülerinin alınmasındaki katkı ve emeklerinden dolayı Sayın Gülten RAYİMOĞLU ve Sayın Fulya Eylem YEDİAY'a,

Desteklerinden dolayı Sayın Tunçay Mehmet KARAYEL'e,

Materyal temin ettiğim tüm firma yetkililerine,

Yüksek Lisans eğitimi süresince, her türlü anlayış ve desteklerini gördüğüm; Emniyet Amiri Sayın Adem TUNCEL'e,

Meslektaşlarım; Polis Memuru Emrullah SULAR, Polis Memuru Yusuf AKPINAR, Polis Memuru Sebahattin ÇELİK'e,

Her zaman yanımda hissettiğim; annem ve babam'a çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	İİİ
TABLolar LİSTESİ	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	IX
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ.....	XIIİ
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. TEKSTİL LİFLERİ.....	3
2.1.1. Tekstil Liflerinin Sınıflandırması.....	3
2.1.2. Tekstil Liflerinin Temel Özellikleri	10
2.1.3. Lif Çeşitleri	23
2.1.3.1. Bitkisel Lifler ve Kimyasal Yapıları.....	23
2.1.3.1.1.Pamuk	31
2.1.3.1.2.Kapok	36
2.1.3.1.3.Keten	38
2.1.3.1.4.Bambu	41
2.1.3.1.5.Hint Keneviri.....	45
2.1.3.2. Hayvansal Lifler ve Kimyasal Yapıları.....	48
2.1.3.2.1.İpek.....	52
2.1.3.2.2.Yün.....	56
2.1.3.2.3.Tiftik	64
2.1.3.2.4.Kaşmir	69
2.1.3.2.5.Alpaka	73
2.1.3.2.6.Angora	77
2.1.3.3.Sentetik (Tam Yapay) Liflerin Kimyasal Yapısı ve Lif Çekimi	81
2.1.3.3.1.Poliester	85
2.1.3.3.2.Poliakrilonitril	90
2.1.3.3.3.Poliamid	95
2.1.3.3.4.Polipropilen	99
2.1.3.3.5.Polietilen.....	102
2.1.3.4.Rejenere Liflerin Kimyasal Yapısı ve Lif Çekimi	103
2.1.3.4.1.Viskon	104

2.1.3.4.2.Tencel	116
2.1.3.4.3.Rejenere Bambu	116
2.1.3.4.4.Rejenere Hint Keneviri (Hemp)	120
2.1.3.4.5.Soya	121
2.2. TEKSTİL LİFLERİNİN DELİL OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ	125
2.2.1. Liflerin Transfer ve Transfer Olduğu Yerde Kalma Mekanizmaları	125
2.2.2. Olay Yerinde Liflerin Tespit Edilmesi ve Toplanması	131
2.2.3. Lif Bulma Sistemleri	137
2.2.3.1.Geleneksel Olarak Lif Bulgularının Araştırılması	137
2.2.3.2.Otomatik Sistemlerle Lif Bulgularının Araştırılması	137
2.3. MİKROSKOP	154
2.3.1. Işık ve Işık Özellikleri	154
2.3.2. Mercekler, Işığın Merceklerde Kırılması ve Görüntü	159
2.3.3. Polarize Işık Mikroskobu	161
2.3.4. Polarize Işık Mikroskobu Kullanılarak Yapılan Temel Gözlem ve Ölçümler	166
2.4. LİF BULGULARININ YORUMLANMASI	175
2.4.1. Lif Bulgularının Yorumlanmasında Yararlanılan Kaynaklar ve Bunların Delil Değerlendirmesine Etkileri	175
2.4.1.1.Olaydaki Ayrıntıların Etkileri	175
2.4.1.2. Lif Çeşitlerinin Arşivlenmesi	178
2.4.1.3. Lif Frekansları İle İlgili Veri Toplama	180
2.4.1.4. Lif Frekansları	183
2.4.1.5. Hedef Lif Çalışmaları	187
2.4.1.6. Popülasyon Çalışmaları	188
2.4.2. Lif Delillerinin Yorumlanması İle Aydınlatılmış Adli Olaylar	190
3. GEREÇ VE YÖNTEM	198
3.1. LİF NUMUNELERİ	198
3.2. MİKROSKOP	215
3.3. KULLANILAN KİMYASALLAR VE MALZEMELER	216
3.4. LİFLERİN BOYUNA YÖNDE İNCELENMESİ	218
3.5. LİFLERİN KESİTSEL İNCELENMESİ	219
3.6. LİFLERE UYGULANAN YAKMA TESTİ	220
4. BULGULAR	221

4.1. LİFLERİN BOYUNA YÖNLÜ GÖRÜNTÜLERİNDEN ELDE EDİLEN ÖLÇÜM DEĞERLERİ	221
4.2. BOYUNA VE KESİTSEL GÖRÜNÜŞLER.....	222
4.3. YAKMA TESTİNDE ELDE EDİLEN BULGULAR	235
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	239
5.1. TARTIŞMA	239
5.2. SONUÇ	252
ÖZET	255
SUMMARY	256
KAYNAKLAR	257
ÖZGEÇMİŞ	266
EKLER.....	267
EK A. LİFLERİN PLM'DE FOTOĞRAFLARI	268

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1 Tekstil Lifleri	6
Tablo 2 Bir Tekstil Ürünüdeki Lif Miktarının Hesaplanmasında Kabul Edilen Higroskopik Nem Değerleri	15
Tablo 3 Bazı Liflerin Yoğunluk Değerleri	17
Tablo 4 Bazı Liflerin Mekanik Özellikleri	18
Tablo 5 Bazı Yapay Liflerin Erime Noktaları	20
Tablo 6 Bazı Sentetik Liflerin Özelliklerinin Karşılaştırılması	21
Tablo 7 Tekstil Liflerinin Bazı Önemli Özellikleri, Sebep ve Etkileri	21
Tablo 8 Başlıca Bitkisel Liflerin Kimyasal Bileşimleri I.	23
Tablo 9 Başlıca Bitkisel Liflerin Kimyasal Bileşimleri II.	23
Tablo 10 Pamuk Liflerinin Uzunluk ve İncelikleri	33
Tablo 11 Pamuk Lifinin Bazı Fiziksel Özellikleri	36
Tablo 12 Keten Lifinin Bazı Fiziksel Özellikleri	40
Tablo 13 Kenevir Lifinin Bazı Fiziksel Özellikleri	48
Tablo 14 Dünyada Ticari Üretimi Yapılan Hayvansal Lifler, Bazı Biyolojik Özellikleri ve Esas Üretim Bölgeleri	49
Tablo 15 Ham İpek Lifinin Bileşimi	54
Tablo 16 Fibroin ve Serisinde En Fazla Bulunan Aminoasit Yapıtaşları	54
Tablo 17 Yün Cinsi Liflerin Dünyadaki Üretim Miktarları	56
Tablo 18 Kuru Yün Lifinin Elemental Kompozisyonu	57
Tablo 19 Çeşitli Ükelere Ait Yün Sınıflandırma Değerlerinin Karşılaştırması	60
Tablo 20 Türkiye’de Üretilen Tiftiklerin Bazı Kalite Özellikleri ve Kullanım Alanları	67
Tablo 21 Yün ve Tiftik Mukavemetleri	68
Tablo 22 Dünyada Yetiştirilen Keçiler Üzerinde Alt Kıl Üretimi Konusunda Yapılan Çalışmalara İlişkin Sonuçlar	72
Tablo 23 Alpaka Lifinin Sınıflandırılması	75
Tablo 24 Türkiye’de Yetiştirilmekte Olan Alman Orjinli Ankara Tavşanı Yünlerinin Bazı Kalite Özellikleri	80
Tablo 25 Lif Çekim Yöntemleri ve Üretilen Lif Çeşitlerinin Örnekleri	85

Tablo 26 Akrilik Lif Üretiminde Kullanılan Bazı Komonomer ve Bunların Polimer İçerisinde Genel Olarak Kullanılan Kompozisyonları	90
Tablo 27 Erime Nokta ve Yoğunlukları -Poliolefin Grubu Lifler-	103
Tablo 28 Modal Liflerle Viskon ve Pamuk Liflerinin Karşılaştırması	110
Tablo 29 Çeşitli Selülozik Esaslı Liflerin Lif Özelliklerinin Karşılaştırılması	115
Tablo 30 Rejenere Selüloz Liflerinin Yapısal Özelliklerinin Karşılaştırılması	115
Tablo 31 Rejenere Bambu Liflerinin Bazı Fiziksel Özelliklerinin Pamuk Lifleri İle Karşılaştırılması	118
Tablo 32 Rejenere Bambu Lifine Ait Bazı Özellikler	118
Tablo 33 Bazı Yumurta Akı Liflerinin Fiziksel Teknolojik Özellikleri	124
Tablo 34 Mevcut Lif Bulma Sistemlerinin Özelliklerinin Kısaca Gösterimi	153
Tablo 35 Yıllara Göre Dünyada Pamuk, Yün, Sentetik Lifler, Selüloz Esaslı Rejenere Liflerin Üretim Miktarlarının Değişimi	184
Tablo 36 Kilitli Oda ve Uyku Tulumunda Bulunan Havcık ve Tozlarda Bulunan Ortak Materyaller	194
Tablo 37 Lif Örneklerinin Temin Edildiği Firmalar ve 100 g'lık Numune Paket Adedi	198
Tablo 38 Pamuk Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri	199
Tablo 39 Kapok Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri	200
Tablo 40 Keten Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri	201
Tablo 41Bambu Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri	202
Tablo 42Hint Keneviri Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri.....	202
Tablo 43 İpek Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri	202
Tablo 44 Yün Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri	203
Tablo 45 Tiftik Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri	204

Tablo 46 Kaşmir Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri.....	204
Tablo 47 Alpaka Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri.....	204
Tablo 48 Angora Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri.....	204
Tablo 49 Poliester Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri.....	205
Tablo 50 Akrilik Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri.....	208
Tablo 51 Poliamid Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri.....	211
Tablo 52 Polipropilen Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri.....	212
Tablo 53 Polietilen Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri.....	212
Tablo 54 Viskon Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri.....	213
Tablo 55 Tencel Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri.....	214
Tablo 56 Rejenere Bambu Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri.....	214
Tablo 57 Soya Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri	215
Tablo 58 Rejenere Kenevir (Hemp) Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri.....	215
Tablo 59 Liflerin Boyuna Görüntülerinden Elde Edilen Ölçüm Değerleri	221
Tablo 60 Yakma Testi Yapılarak Gözlemlenen Bulgular	236

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 Tekstil Liflerinin Farklı Biçimde Sınıflandırmasına Şematik Örnek	10
Şekil 2 Selüloz Makromolekülleri	24
Şekil 3 –H Köprüleri	25
Şekil 4 Fengel'e Göre Selüloz I'de Elementer Bir Hücrede Hidrojen Köprüleri Sayesinde Birbirine Bağlanmış Yüzeyler , Selüloz I'in Selüloz II'ye Dönüşümü	28
Şekil 5 Ligninin Muhtemel Kimyasal Formülü	29
Şekil 6 Pektin	29
Şekil 7 Pamuk Lifinde Tabakaların Şematik Görünüşü, Sekonder Çeperde Konsantrik Halkalar ve Uzayan Pamuk Lifi Hücresi	31
Şekil 8 Kapok Liflerinin Gövde ve Uç Kısımlarının Görüntüsü	37
Şekil 9 Keten Bitki Sapının Şematik ve Mikroskopik Görünümü	38
Şekil 10 Keten Sak Enine Kesitte Lif Hücreleri, Havuzlanmamış Ketenin TEM Görüntüsü ve Olgun Keten Liflerinde Enine Kesitte Lif Hücrelerinin Görüntüsü	39
Şekil 11 Bambu Bitkisinde Epidermis ve Hipodermis Tabakası ve Gövdede Lif Dağılımı	42
Şekil 12 Doğal Bambu Lifinin Enine Kesit ve Boyuna Mikroskopik Görünümü	44
Şekil 13 Kenevir Sak Enine Kesit Görüntüsü, Kenevir Lifinin Enine Kesit Görüntüsü	46
Şekil 14 İsoiyonik Noktada, Asidik ve Bazik Ortamda Aminoasitlerin Durumu	51
Şekil 15 İpek Liflerinin Enine Kesiti Şematik ve Mikroskopik Görünüm	53
Şekil 16 Yün Liflerinin Molekülerüstü ve Histolojik Yapısı	58
Şekil 17 İnce, Kıvrımlı Merinos Yünlerinde Ortokorteks ve Parakorteks Kısımlarının Yerleşim Durumları	59
Şekil 18 Tiftik Lifinin SEM Görünümü	65
Şekil 19 Angora Yününün Boyuna ve Enine Kesit Görüntüleri	78
Şekil 20 Petrolden Elde Edilen Sentetik Elyaflar	81
Şekil 21 Kuru Lif Çekim Yönteminin Şematik Gösterimi	84
Şekil 22 Yaş Lif Çekim Yönteminin Şematik Gösterimi	84
Şekil 23 Düze, Düze Deliklerinden Lif Işınlarnın Akışı ve Koagülasyon Banyoları ...	84
Şekil 24 Bir Poliester Kesikli Lif Üretim Tesisinin İş Akış Şeması	88
Şekil 25 Akrilik Liflerin Yaş Lif Çekim Yöntemiyle Üretilmesinin İş Akış Şeması	92

Şekil 26 Akrilik Liflerin Kuru Lif Çekim Yöntemiyle Üretilmesinin İş Akış Şeması ..	93
Şekil 27 Poliamid Jipslerinin Eriyikten Lif Çekim Yöntemleriyle Çekilmesinin Şematik Gösterimi	97
Şekil 28 Viskoz Çözeltisi Eldesi Şematik Görünüşü	105
Şekil 29 Rejenere Selüloz Lif Üretim Şeması	107
Şekil 30 Viskon Enine Kesit Görünümü, Viskon Manto/Çekirdek Yapısı	108
Şekil 31 Polinozik Lif, Pamuk ve Viskon Liflerinin Mikroskopik Görünümleri	110
Şekil 32 Lyocell Lifinin Enine Kesit Görüntüsü, Lenzig A.G. Firmasının (0.9 dtex, 34 mm) Tencel Mikro Lifi Kesit Görüntüsü	116
Şekil 33 Rejenere Bambu Kesit ve Uzunlamasına Görünümü	116
Şekil 34 Soya Lifi, Boyuna ve Kesit Görüntüsü	121
Şekil 35 Giysilerde Lif Kalıcılık Süresini Gösteren Eğri	129
Şekil 36 Lif Bulgularının Toplanması İçin Kurban Üzerinde Yapılan Seri Bire Bir Bantlama Metodu, Bantla Lif Bulgularının Toplanması	133
Şekil 37 Lif Delilleri vb. Mikroskopik Delillerin Toplanmasında Kullanılan Elektrikli Süpüre Filtreleri	134
Şekil 38 Olay Yeri İnceleme Kitiinde Bulunabilecek Petri Kabı, Lif Toplama Rulosu (Lint Roller), Pens Örnekleri	136
Şekil 39 Goldpanter Işık Kaynağı ve Kullanımı Sırasında Görüntüsü	136
Şekil 40 Alternatif Işık Kaynakları, Lifiin Işık Kaynağı Kullanılmadan ve Kullanıldıktan Sonra Görünürlüğü	136
Şekil 41 Olay Yeri İnceleme Kitiinde Kullanılan Aparatlardan Bazıları	136
Şekil 42 HIS Koordinat Sistemi	140
Şekil 43 Fibre Finder Cox Analitik Sistemleri	143
Şekil 44 The Foster & Freeman FX5 Fibre Finder	146
Şekil 45 Maxcan-Cox Analitik Sistemleri AB	148
Şekil 46 Düzlem-Polarlanmış, Monokromatik Bir Işık Demetinin Gösterimi : (a)Yayılma Yönü ve Birbirlerine Dik Açıda Olan Elektrik ve Manyetik Alanları (b) Elektrik Vektörünün İki boyutlu Gösterimi (c) Dikey ve Yatay Polarizör Arasında Işının Düzlem Polarlanması	155
Şekil 47 Elektromanyetik Spektrumda Bölgeler	156
Şekil 48 Tipik Bir Dispersiyon Eğrisi	157

Şekil 49 Az yoğun M_1 Ortamından, Hızın Azalacağı Daha Yoğun M_2 Ortamına Geçen Işığın Kırılması	158
Şekil 50 Polarlanmamış ve Düzlem Polarlanmış Işın. (a) Monokromatik Işığın Kesiti (b) (a)'daki Işın Polarlanmamış ise, Sondan Bakışla Ardışık Görünümleri (c) (a)'daki Işığın Dik Eksen Üzerinde Düzlem-polarlanmışsa Sondan Bakışla Ardışık Görünümleri ...	159
Şekil 51 (a) Sayfaya Dik Düzlemde Yol Alan Işığın Elektrik Vektörleri (b) XY Düzleminde Yol Alan Işın Elektrik Vektörleri (c) Tüm Vektörlerin Ayrılması İle Oluşan Vektörlerin Bileşkesi	159
Şekil 52 İnce ve Kalın Kenarlı Merceklerde Işığın Kırılması. (a) İnce Kenarlı, (b) Kalın Kenarlı Mercekler	160
Şekil 53 Konveks Merceklerde Cismin Merceğe Uzaklığına Göre Görüntü. G: Cisim, B: Görüntü	161
Şekil 54 Leica 2500 P Polarize Işık Mikroskobu ve Işığın; Polarizör, Örnek ve Analizörle Etkileşim Sonrası Durumu	161
Şekil 55 İllüminatör ve Kondansör	163
Şekil 56 Tabla ve Objektif	163
Şekil 57 Oküler	163
Şekil 58 Basit Bir Kompakt Mikroskop ve Polarize Işık Mikroskobunun Şematik Görünümü	164
Şekil 59 Polarize Işık Mikroskobunun Şematik Görünümü	165
Şekil 60 İzotropik Materyalin Farklı Açılarda Durumu	167
Şekil 61 Anizotropik Lifin Görünüşü	168
Şekil 62 Anizotropik Materyal ve Gecikme Vektörü	169
Şekil 63 Girişim Renk Tablosu, Michel-Levy Birefringence Chart	170
Şekil 64 Michel-Levy Cetveli	172
Şekil 65 Ekleme ve Çıkarmalı Gecikme	172
Şekil 66 PAN, PA6,6 ve PES Liflerinin PLM Görüntüleri	174
Şekil 67 Pleochroic Lifin PLM'de Görüntüsü	174
Şekil 68 Kart İndeks Sistemi	179
Şekil 69 Beyaz PES Lif Öbekleri ve Kahverengi Saç Yapışmış, Deforme Olmuş Kurşun Mermi Çekirdeği	193
Şekil 70 PES Lifleri, Pamuk Lifleri ve Şahsa Ait Kahverengi Saç Görüntüsü	193
Şekil 71 Cesedin Bulunduğu Konum	195

Şekil 72 Tulum Üzerinde Bulunan Bulgular	195
Şekil 73 Kilitli Oda ve Uyku Tulumunda Ortak Bulunan Materyallerin Fotomikro grafları	195
Şekil 74 Mermi Çekirdekleri	197

SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

B	:Bambu Lifi
Co.	: Pamuk Lifi
CV	:Viskon Lifi
He	:Hint Keneviri Lifi
KP	:Kapok Lifi
L	:Keten Lifi
p.	:Sayfa
PA	:Poliamid Lifi
PAN	:Poliakrilnitril Lifi
PE	:Polietilen Lifi
PES	:Poliester Lifi
PLM	:Polarize Işık Mikroskobu
PP	:Polipropilen Lifi
RB	:Rejenere Bambu Lifi
RH	:Rejenere Hint Keneviri Lifi
s.	:Sayfa
S.	:Sayı
Se	:İpek Lifi
SPF	:Soya Lifi
T	:Tensel Lifi
Wa	:Angora Lifi
Wm	:Tiftik Lifi
Wo	:Yün Lifi
Wp	:Alpaka Lifi
Ws	:Kaşmir Lifi
vb.	: Ve Benzeri

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Kriminal araştırmalarda, adli olaylarda saklanmış gerçeğın, yargı makamlarının önüne getirilmek üzere, açığa çıkarılması amaçlanır. Bu amaç doğrultusunda, şüpheli olay yeri ile ilişkilendirilerek, eğer varsa adli olayda oynadığı rol belirlenebilir. İlişkilendirme işi, şüpheli ya da mağdur üzerinde bulunan bir tekstil lifinin birbirleri üzerinde de bulunması veya olay yerinde bulunan bir lifin şüpheli üzerinde de bulunması ile sağlanabilir.

Tekstil lifleri; kişiler, nesneler veya kişi ve nesneler arasında transfer olabilirler. Transfer olan bu lifler tanımlanarak, kendine özgü belirli bir kaynakla eşleştirildiklerinde (kurban, şüpheli ve/veya olay yerinden elde edilen bir kumaş gibi...) adli olayda bulgu niteliğinde bir değer ifade eder ki bu değer; lifin cinsi, renk veya renk varyasyonları, bulunan lif sayısı, lifin bulunduğu konum (lokasyon), olay yeri veya mağdur üzerinde bulunan, şüpheliye ait giysiler ile eşleşen farklı tipteki lif sayısı gibi faktörlere bağlıdır (45,156).

Kişiler birbirleriyle veya olay yerindeki nesneler ile temas halinde iken, liflerin transfer olması kadar, olmama ihtimali de her zaman mevcuttur. Transfer olayının gerçekleşmemesi, kimi kumaşlarda lif akıcılığının düşük olmasına (verici kişinin giysilerinde), kimi kumaşlarda lif tutuculuğunun iyi olmamasına (alıcı kişinin giysilerinde), veya kumaş yapısı (konstrüksiyonu), kumaştaki lif kompozisyonu, olay sırasında temas kuvvetleri, temas süresi ve sürecine bağlı olarak değişir (156,157,159,160,161,162,163,164,165,166,167).

Tekstil liflerinin, gerçekleşmesi halinde transferleri; birincil-doğrudan (primary) ve ikincil-dolaylı (secondary) transferler olmak üzere iki türdür. Doğrudan transfer, şüpheli ya da mağdura ait bir lifin birbirleri üzerine taşınması, dolaylı transfer ise şüpheli ya da mağdur üzerine önceden transfer olmuş bir lifin, birbirleri üzerine taşınması şeklindedir. Liflerin doğrudan ya da dolaylı transfer mekanizmalarını anlamak, suç teşkil eden olayın yeniden canlandırılmasında oldukça önemlidir (156,157,168,169,170,171,172,173).

Yapılan bu çalışmanın amacı, kimi adli olaylarda bulgu olarak karşılaşılabilecek ve adli olayların aydınlatılmasında delil niteliği taşıyan; pamuk, kapok, keten, naturel ve rejenere bambu, hint keneviri, ipek, yün, tiftik, kaşmir, alpaka, angora, viskon, tencel, soya, poliester, poliakrilnitril, poliamid, polipropilen, polietilen liflerini; polarize ışık mikroskopunda inceleyerek; bu liflerin boyuna yönde ve enine kesitte; renk ve biçim özelliklerini tespit etmek, bu liflerin tanımlanması ve karşılaştırma yapılmasında veri olacak, birbirlerinden farklı ve birbirlerine benzer yönlerini ortaya koymaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. TEKSTİL LİFLERİ

Tekstil materyalleri, gündelik hayatta en sık karşılaşılan haliyle hazır giyim sektöründen başlayıp, perde halı gibi ev tekstillerine, hasta hanelerde tıbbi amaçlı kullanılan malzemelerden, asfalt yapımında mukavemeti arttırmak, inşaatlarda yalıtım amaçlı kullanılan teknik tekstillere kadar çok farklı alanlarda karşımıza çıkan malzemelerdir.

Tekstil lifleri, en basit tanımıyla; tekstil yüzeylerinin, çoğu zaman, göz ile görülebilen en küçük yapıtaşları, hammaddeleri olan makromoleküllerdir.

Diğer bir tanımı; tekstil sanayinin temel hammaddelerini oluşturan, uzunluğu eninden çok daha fazla olan, yumuşak yapıda, kırılmadan kıvrılabilen, katlanabilen, eğrilebilen, çekmeye karşı koyan, kopmaya mukavemet gösteren elastiki maddeler olarak tanımlanan “lif”; kısaca bir kumaşın özelliğini taşıyan en küçük parçadır (1,2)

2.1.1. Tekstil Liflerinin Sınıflandırması

Tekstil lifleri kimyasal yapılarına göre; selüloz esaslı olanlar, protein (yumurta akı) esaslı olanlar, sentetik (tam yapay) olanlar şeklinde sınıflandırılabilceği gibi, elde edildikleri kaynaklara göre sınıflandırmak daha yaygın ve daha kapsamlı olduğu düşünüldüğünden aşağıda bu şekilde bir sınıflandırma tercih edilmiştir.

Elde edildikleri kaynaklara göre tekstil lifleri:

1.Doğal Lifler

Doğada lif biçiminde bulunanlardır (TS 4637 de tarif edilmiştir).

1.1.Bitkisel Lifler:

Harmancıoğlu, Yazıcıoğlu (3); yeryüzünde bulunan bitkisel liflerin sayısının Heyn (1954)'e göre 2000'in üstünde olduğunu, ancak bu liflerin çoğunun ekonomik bakımdan fazla önem taşımadığından ticarete konu olanların sayısının oldukça az olduğunu belirtmişler ve bitkisel lifleri, bitkide bulunduğu organlara göre şu şekilde sınıflandırmışlardır.

1.1.1.Çekirdek veya tohum lifleri; pamuk (*Gossypium hirsutum-gossypium herbaceum-gossypium barbadense*) lifleri, cattail (*typha latifolia-typha augustifolia*) lifleri, asclepias lifleri, balsa (*ochroma pyramidale*) lifleri, akund (*calotropis procera-calotropis gigantea*) lifleri.

1.1.2.Sap (Sak) lifleri; keten (*linum usitatissimum*) lifleri, kenevir (*cannabis sativa*) lifleri, jüt (*corchorus capsularis l.-corchorus olitorus l.*) lifleri, rami (*boehmeria nivea-boehmeria utilis*) lifleri. Gövde ya da bast lifleri olarak da bilinmektedirler.

1.1.3.Yaprak lifleri; sisal (*agave sisalana*) lifleri, abaca (*musa textillis*) lifleri.

1.1.4.Meyve lifleri; hindistan cevizi (*cocos nucifera*) lifleri, kapok (*ceiba pentandra*) lifleri.

1.2.Hayvansal Lifler:

Hayvanların deri ürünü olan kıl ve yünler ile bazı böceklerin salgılarından elde edilmektedirler.

1.2.1.Deri ürünü (yün ve kıl) lifler; koyun yünü, at kılı, tavşan kılı (angora), keçi soyuna ait tiftik (mohair) ve kaşmir lifleri, deve soyuna ait alpaka lifleri, vicuna lifleri ve devetüyü.

1.2.2.Salgı lifleri; ipek (dud ipeği), tussah ipeği (dud yaprağı ile beslenmeyen, bazı meşe vb. orman ağaçlarının yaprağı ile beslenen böceklerden elde edilir).

1.3.Mineral Lifler;

Asbest (amyant) lifleri

2.Yapay Lifler

2.1.Rejenere (Yeniden Yapılan, Değişikliğe Uğratılan) Lifler:

Hammaddesi doğal olduğu halde, doğada lif halinde bulunmayan, birtakım fabrikasyon işlemlerle lif biçiminde üretilenlerdir.

2.1.1.Seluloz esaslı rejenere lifler; nitrat ipeği, bakır ipeği, viskoz lifleri

2.1.2. Protein esaslı rejenere lifler;

2.1.2.1. Bitkisel proteinden elde edilen rejenere lifler; zein lifleri (mısırdan elde edilir), ardi lifleri (yerfıstığından elde edilir), sikoal lifleri (soya fasulyesinden elde edilir)

2.1.2.2. Hayvansal proteinden elde edilen rejenere lifler; kazein lifleri (sütün yapısında bulunan kazeinden elde edilir), algrona lifleri (polivinilalkol ve kazein liflerin karışımından elde edilir)

2.1.3. Alginat lifleri; calsiyum alginat, krom alginat, berilyumalginat lifleri (esmer deniz yosunlarında bulunan aljinik asitten elde edilen liflerdir.)

2.1.4. Mineral esaslı rejenere lifler; cam lifleri, metal lifleri, keramit lifleri...

2.2. Sentetik Lifler (Tam Yapay):

Liflerin elde edilmesinde kullanılan hammaddelerin (polimerlerin) sentezi de, lifin kendisi de fabrikasyon işlemler ile üretilen liflerdir.

2.2.1. Polikondenzasyon reaksiyonu ile elde edilenler; poliester lifleri, poliamid (poliamid6, poliamid6.6) lifleri.

2.2.2. Poliadişyon reaksiyonu ile elde edilenler; poliüretan lifleri.

2.2.3. Polimerizasyon reaksiyonu ile elde edilenler; poliakrilnitril lifleri, polietilen lifleri, polipropilen lifleri, polivinilklorür lifleri.

3. Diğerleri (Özel Durumu Olanlar):

3.1. Asatat lifleri (2.5 asetat, triasetat); hammaddesi selüloz olduğu halde lifin kendisi selüloz asetattır. Dolayısıyla, rejenere lifler ile sentetik lifler arasında düşünülebilir.

3.2. Karbon lifleri; lignin veya rejenere selüloz liflerinden elde edilenler rejenere sınıfına girerken, poliakrilnitril ve polivinilidenklorür karbonizasyonu ile elde edilenler sentetik lifler içerisinde.

3.3.Elastodien lifleri (Elastomer); doğal kauçuktan (poliizopren) elde edilenler rejenere sınıfına girerken, yapay kauçuktan, poliüretandan üretilenler sentetik lifler içerisinde yer almaktadır.

Türk Gümrük Mevzuatı içinde, liflerin sınıflandırmasında, doğal lifler ve kimyasal lifler tabirleri kullanılır. Kimyasal lifler, sun'î (TS 1188 de tarif edilmiştir) ve sentetik (TS 4638 de tarif edilmiştir) olarak iki kısma ayrılmış olup, sun'î lifler tabiri ile rejenere lifler ifade edilmektedir (4,5).

Tarakçıoğlu (6,7)'na göre 'sun'î' ve 'sentetik' kelimeleri dilimize doğu ve batı dillerinden girmiş, her ikisi de 'yapay' anlamına gelen kelimelerdir. Bu nedenle, yukarıdaki sınıflandırmada, sentetik lifler 'tam yapay' şeklinde de ifade edilmiş, 'sun'î' tabiri kullanmak yerine rejenere (yeniden yapılan) lifler ifadesi kullanılmış, Alman dilinden alınan, (chemical fasern) 'kimyasal lifler' tabiri yerine ise, kimyasal olmayan hiçbir lif olamayacağından, İngilizce bir ifade olan (man-made fibers) 'yapay lifler' tabiri tercih edilmiştir.

Tekstil Ürünlerinin İsimlendirilmesine ilişkin yönetmelikte belirlenen; tekstil liflerinin cinsine özgü, kapsamlı sınıflandırması aşağıda gösterildiği şekildedir.

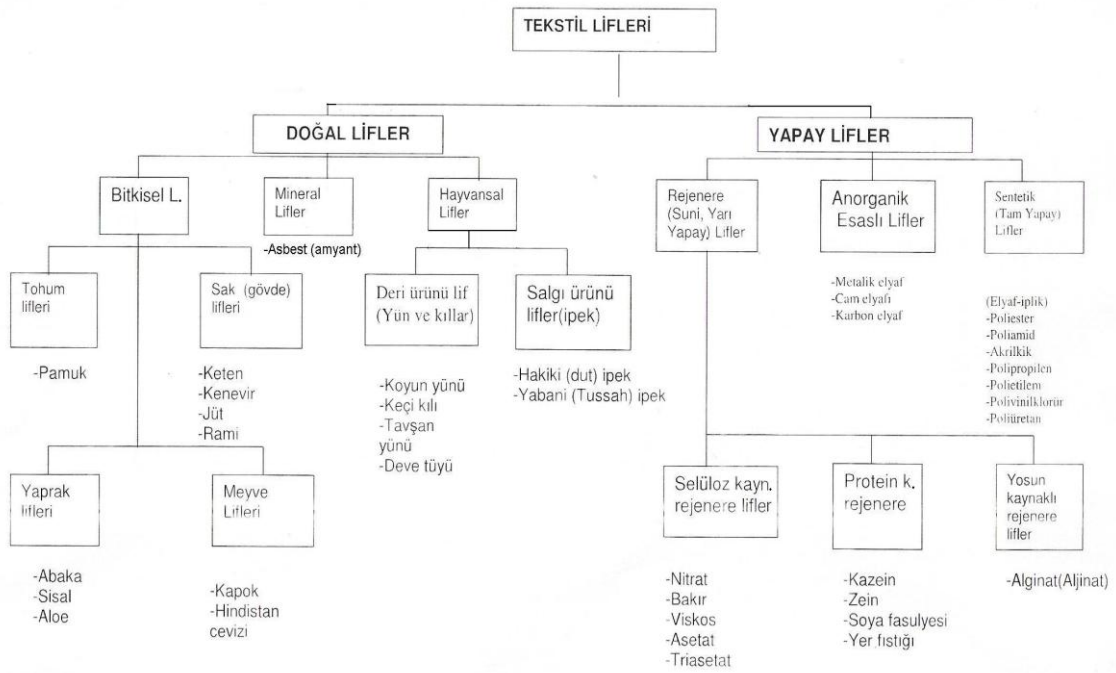
Tablo 1 Tekstil Lifleri (8)

No	İsmi	Lif tanımı
1	Yün (¹)	Koyun veya kuzu postlarından (<i>Ovis aries</i>) elde edilen lif.
2	Yün veya kıl(¹) isminin izlediği veya izlemediği alpaka, lama, deve, kaşmir, moher, tiftik, angora, vicuna, yak, guanako, cashgora, kunduz, su samuru	Şu hayvanların kılları: Alpaka, lama, deve, Kaşmir keçisi, Ankara keçisi, Ankara tavşanı, Tibet sığırları, guanako, cashgora keçisi, kunduz, su samuru.
3	Hayvanın cinsi belirtilerek veya belirtilmeden hayvan veya at kılı (örneğin sığır kılı, adi keçi kılı, at kılı)	1 inci ve 2 inci gruplarda değinilmemiş farklı hayvanların kılları.
4	İpek	Yalnızca, ipek salgılayan böceklerden elde edilen lif.
5	Pamuk	Pamuk bitkisinin (<i>Gossypium</i>) tohum kabuğundan (çiğitten) elden edilen lif.
6	Kapok	Kapok meyvesinin (<i>Ceiba pentandra</i>) içinden elde edilen lif.
7	Keten	Keten bitkisinin (<i>Linum usitatissimum</i>) sak kabuğundan elde edilen lif.

8	Kenevir (Kendir)	Kenevirin (<i>Cannabis sativa</i>) sak kabuğundan elde edilen lif.
9	Jüt	<i>Corchorus capsularis</i> veya <i>Corchorus olitorius</i> 'un sak kabuğundan elde edilen lif . Bu Yönetmelik amaçları için: <i>Hibiscus cannabinus</i> , <i>Hibiscus sabdariffa</i> , <i>Abutilon avicennae</i> , <i>Urena lobata</i> , <i>Urena sinuata</i> türlerinden elde edilen sak lifleri de jüt gibi işlem görecektir.
10	Abaca (Manila kendiri)	<i>Musa textilis</i> 'in yaprak kınından elde edilen lif.
11	Alfa	<i>Stipa tenacissima</i> 'nın yaprağından elde edilen lif.
12	Hindistan cevizi (kokos)	<i>Cocos nucifera</i> 'nın meyvesinden elde edilen lif.
13	Broom	<i>Cytisus scoparius</i> ve/veya <i>Spartium junceum</i> 'un sak kabuğundan elde edilen lif.
14	Rami	<i>Boehmeria nivea</i> ve <i>Boehmeria tenacissima</i> 'nın sak kabuğundan elde edilen lif.
15	Sisal	<i>Agave sisalana</i> 'nın yapraklarından elde edilen lif
16	Sunn (güneş keneviri)	<i>Crotalaria juncea</i> 'nın sak kabuğundan elde edilen lif.
17	Henequen	<i>Agave Fourcroydes</i> 'in yapraklarından elde edilen lif.
18	Maquey	<i>Agave Contala</i> 'nın yapraklarından elde edilen lif
19	Asetat	Hidroksil gruplarının % 74 ten fazlası, % 92 sinden azı asetillenmiş selüloz asetat lifi.
20	Aljinat	Aljinik asidin metal tuzlarından elde edilen lif.
21	Kupro (kupramonyum reyonu)	Kupramonyum yöntemiyle elde edilen rejenere selüloz lifi.
22	Modal	Yüksek kopma mukavemeti ve yüksek yaş modüle sahip olan yenilenmiş viskoz işlemi yoluyla yeniden elde edilen selüloz lifi. Kondisyonlanmış durumda (B_c) ve yaş durumunda % 5 uzama sağlamak için gerekli kuvvet (B_m) aşağıdadır. B_c ve B_m ; desitex biriminde lineer yoğunluk T olduğunda: $B_c (CN) \geq 1.3 \sqrt{T} + 2 T$ $B_m (CN) \geq 0,5 \sqrt{T}$
23	Protein ($^{\circ}$)	Doğal protein maddelerinden rejenerasyon yoluyla ve kimyasal maddelerin etkisiyle stabilize edilerek elde edilmiş lif.
24	Triasetat	Hidroksil gruplarının en az % 92 si asetillenmiş selüloz asetat lifi.
25	Viskoz	Filament ve kesikli lif için viskoz yöntemi ile elde edilen rejenere selüloz lifi.
26	Akrilik ($^{\circ}$)	Zincirlerinin (kütlece) en az % 85 i akrilnitril ünitelerinden oluşan lineer makromoleküllerden elde edilen lif.
27	Kloro lifi	Zincirlerinde kütlece % 50 den fazla klorlanmış vinil/viniliden monomerik üniteleri bulunduran lineer makromoleküllerden elde edilen lif.

28	Floro lifi	Florokarbon alifatik monomerlerinden oluşmuş lineer makromoleküllerden elde edilen lif.
29	Modakrilik (²)	Zincirlerinin (kütlece) % 50 den fazlası ve % 85 den azı akrilnitril ünitelerinden oluşan lineer makromoleküllerden elde edilen lif.
30	Polyamid veya naylon (²)	Zincirlerinde, en az %85 i alifatik veya sikloalifatik birimleriyle birleşen amid bağlantılarının tekrarlanmasıyla oluşan sentetik lineer makromoleküllerden elde edilen lif.
31	Aramid	En az %85 i doğrudan iki aromatik halkaya ve varsa, amid bağlantılarını geçmeyecek sayıda imid bağlantılara bağlanan amid veya imid bağlantılarına eklenen aromatik gruplardan oluşan sentetik lineer makromoleküllerden meydana gelen lif.
32	Polyimid	Zincirlerinde amid birimlerinin tekrarlamasıyla oluşan sentetik lineer makromoleküllerden oluşan lif.
33	Lyocell	Çözülme ve türev oluşumu olmaksızın gerçekleşen solvent spinning işlemi sonucu yeniden elde edilen selüloz lif.
33a	Poliaktid	Zincirinde en az %85 (kütlece), doğal şekerden türetilen ve erime noktası en az 135° C olan laktik asid ester birimlerine sahip lineer makromoleküllerden oluşan lif.
34	Poliester /Polyester	Zincirleri (kütlece) en az % 85 diol ve tereftalik asitten oluşmuş bir ester içeren lineer makromoleküllerden elde edilen lif.
35	Polietilen (²)	Substituye edilmemiş alifatik doymuş hidrokarbon lineer makromoleküllerinden oluşmuş lif.
36	Polipropilen (²)	İsotaktik pozisyonda her ikinci karbon atomunda bir metil yan dalı içeren ve başkaca bir substitüsyonun söz konusu olmadığı doymuş alifatik hidrokarbon lineer makromoleküllerden oluşan lif.
37	Polikarbamid (²)	Zincirlerinde (NH-CO-NH) üretilen fonksiyonel grubunun tekrarlanmasıyla oluşan lineer makromoleküllerden elde edilen lif.
38	Poliüretan (²)	Zincirlerinde üretan fonksiyonel grubunun tekrarlanmasıyla oluşan makromoleküllerden elde edilen lif.
39	Vinilal	Zincirleri asetilizasyon derecesi farklı polivinil alkolden oluşan makromoleküllerden elde edilen lif.
40	Trivinil (²)	Hiçbiri toplam kütlenin % 50 sinden fazla olmamak üzere, akrilnitril terpolimeri, bir klorlanmış vinil monomeri ve bir üçüncü vinil monomerinden oluşan lif.

41	Elastodien ⁽²⁾	Doğal veya sentetik poliisoprenden veya olarak bir ya da daha fazla dienin vinil monomeri ile veya bunsuz polimerize edilmesi ile oluşan elastiki lif. Bunlar orijinal uzunluğunun üç katı gerildiğinde ve serbest bırakıldığında hızlı bir şekilde ve tamamen başlangıç boyuna dönerler.
42	Elastan	Kütlice en az % 85 i bölümler halindeki poliüretandan oluşan ve orijinal uzunluğunun 3 katı kadar gerilip serbest bırakıldığında hızlı bir şekilde ve tamamen başlangıç boyuna dönen elastiki lif.
43	Cam lifi	Camdan yapılmış lif.
44	İplik veya lif sözcüğünün izlediği veya izlemediği, lifin yapısını oluşturan materyalle ilgili isim örneğin, metal (metalik, metalize edilmiş), asbest (amyant), kağıt	Yukarıda listelenmeyen muhtelif veya yeni malzemelerden elde edilen lifler.
45	Elastomultiester	İki veya daha farklı kimyasal doğrusal makromoleküllerin iki veya daha farklı aşamada etkileşimi ile oluşan (kütlesine göre %85'i aşmayan), baskın işlevsel birim olarak asidin alkolü etkilemesi ile oluşan bileşik grupları içeren (en azından %85 oranında) ve uygun muameleden sonra uzatıldığında orijinal uzunluğunun 1,5 katına kadar çıkan ve serbest bırakıldığında hızla ve gerçek anlamda başlangıç uzunluğuna ulaşan lif çeşididir.
46	Elastolefin	En azından %95'i (kütlesine göre) kısmen çapraz moleküllerden oluşan, en az bir diğer olefin ve etilenden elde edilen, uzatıldığında orijinal uzunluğunun 1,5 katına kadar uzayan, serbest bırakıldığında hızla ve büyük ölçüde başlangıçtaki uzunluğuna ulaşan bir lif çeşididir.
⁽¹⁾ Bu Ek'in 1inci grubundaki "yün" ismi, koyun veya kuzu postundan lifler ile 2 nci grubun 3 ncü kolonunda listelenmiş kılların bir karışımını göstermek için de kullanılabilir. ⁽²⁾ "Elyaf" kelimesi de ifade edilmektedir. ⁽³⁾ "Organik çözücü" esasında organik kimyasallar ve su karışımı anlamında kullanılmaktadır.		



Şekil 1 Tekstil Liflerinin Farklı Biçimde Sınıflandırmasına Şematik Örnek (9)

2.1.2. Tekstil Liflerinin Temel Özellikleri

Tekstil liflerinin, gerek hazır giyim sektöründe gerekse diğer endüstri alanlarında kullanılma değerlerini etkileyen pek çok özellikleri vardır. Tekstil lifinin ticari değeri de sahip olduğu bu özelliklere büyük ölçüde bağlıdır.

Liflerin temel özellikleri:

Liflerin uzunluk, incelik, mukavemet, olgunluk, kıvrımlılık, esneklik ve uzama, sertlik ve yumuşaklık, yoğunluk, eğilme ve bükülme, renk ve parlaklık, alevlenme ve yanma, elektrik iletkenliği, su emme, ısı tutma, keçeleşme, kohezyon özellikleri, rutubet değerleri, içerdikleri yabancı madde cins ve miktarlarından oluşan fiziksel özellikler ve tekstil üretiminin çeşitli aşamalarında, özellikle de terbiye işlemleri sırasında gerçekleştirilen kimyasal işlemlerin tür ve uygulama değerlerini belirlemede önem arz eden; suya, asitlere ve bazlara, tuzlara, indirgen ve yükseltgen maddelere, sıcaklık ve ışığa karşı davranışlarını belirleyen kimyasal özellikler olmak üzere iki grupta incelenebilir.

Üretilcek son üründen beklenen kullanım özelliklerine ya da üretim aşamalarında hammaddeden beklenen davranışlara bağlı olarak, bazı lif özelliklerinin belirli değerlerde olması önem kazanırken, bazı lif özelliklerinin önemi azalmaktadır. İncelenebilecek pek çok lif özelliklerinden, önem arz eden bir kısmı aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Uzunluk:

Uzunluk, tekstil lif boyunun sayısal büyüklüğüdür. Her hangi bir liften iplik yapılabilmesi için liflerin bir birlerinin üzerine sarılabilecek uzunlukta olmaları gerekir.

Tekstil lifleri uzunlukları bakımından ikiye ayrılır. Bunlar; her bir lif boyunun mm cinsinden ifade edildiği kesikli elyaflar (stapel) ve lif boyunun sonsuz uzunlukta olduğu kesintisiz elyaflardır. Kesintisiz elyaflar için 'continue' veya 'filament' tabirleri de piyasada kullanılmaktadır.

Kesikli lifler için, lif uzunluğu; tekstil endüstrisinde iplik mukavemetini, iplik yüzey düzgünlüğünü etkiler. Bu parametreler de; hangi üretim hattının kullanılacağı, üretim aşamalarının sorunlu olma ya da olmamasını ve son ürünün kullanım ve kalite özelliklerini belirler.

İplik üretiminde 5 mm den kısa lifler genellikle kullanılmamaktadır (10).

İncelik:

İncelik, tekstil lifinin enine kesitinin μm cinsinden büyüklüğü olarak ifade edilebilir. Ancak; pratikte çok az lifin enine kesiti lif boyunca sabittir.

Kesikli lif veya filamentin 10 μm 'den ince olanları ile 50 μm 'den fazla olanları iplik yapımı için uygun değildir, ince olanlar çok çabuk kopabilirken, kalın olanlar ise çok kaba iplikler meydana getirir.

Liflerin ve onlardan imal edilen ipliklerin kesit büyüklüklerinin, lif ya da iplik boyunca değişkenlik göstermesi nedeniyle; iplik inceliğinin belirlenmesi amacıyla, iplik numara birimleri türetilmiştir.

Liflerin inceliği, uzunlukla beraber; tekstil endüstrisinde iplik numaralarını belirleyen bir parametredir.

İpliklerin numaralandırma sistemleri; a.Ağırlık sistemleri ve b.Uzunluk sistemleri olarak iki şekildedir.

Ağırlık sistemine dahil birimlerde genel terim; Titer, temel birim; tex, sembol ise; Tt dir. İpliğin 1000 metresinin kaç gram geldiği, onun tex biriminden incelik değeri, iplik numarasıdır.

$\text{tex} = \text{g}/1000\text{m}$, sembol: Tt. Örneğin; 1000 metre uzunluğunda bir iplik 10 gram ise, o ipliğin numarası 10 tex ' dir.

Ağırlık sistemine dahil birimlerden bir diğeri, kullanımı daha öncelere dayanan Uluslar arası İpek Titer'i olarak da ifade edilen, 'denier' ya da 'denye' dir. İpliğin 9000 metresinin kaç gram geldiği, denye cinsinden numarasını ifade eder.

$\text{denier} = \text{g}/9000\text{m}$, sembol: Td, kullanılan kısaltma: den.

Genellikle piyasada, tex her türlü iplik ve halat için kullanılırken, denye filament iplikler için kullanılan bir terimdir.

Uzunluk sistemleri; daha eski olup, kullanım bulduğu bölgelerdeki alışkanlıklar etkili olduğundan kütle ve uzunluk ölçüm birimleri çoğunlukla birbirinden farklıdır.

1 gram ipliğe karşılık gelen metre sayısı, o ipliğin metrik numara (Nm) olarak incelik ifadesidir. $\text{Nm} = \text{m}/1 \text{ g}$. Örneğin 1 gram ağırlığında olan iplik uzunluğu 30 metre ise, o iplik numarası Nm30'dur.

1 İngiliz pounduna (libre, lb) karşı gelen yarda sayısı ise ipliğin İngiliz numara (Ne) olarak incelik ifadesidir. $\text{Ne} = \text{yarda}/1 \text{ lb}$, 1 lb = 453, 59 gram, 1 yarda= 0,9144 metre.

İngiliz numaralama sisteminin lif cinsine göre en çok kullanılan varyasyonları şunlardır.:

Pamuk lifleri için; Neb, 1 libre ağırlığındaki iplikte 840 yarda sayısıdır. $\text{Neb} = 840 \text{ yarda(hank)}/1 \text{ lb}$.

Yün lifleri için (kamgarn üretim hattında kullanılan); Nek, 1 libre ağırlığındaki iplikte 560 yarda sayısıdır.

Yün lifleri için (strayhgarn üretim hattında kullanılan); Nes, 1 libre ağırlığındaki iplikte 256 yarda sayıdır.

Keten lifleri için; NeL, 1 libre ağırlığındaki iplikte 300 yarda sayıdır.

Genellikle piyasada; metrik sistem (Nm), yün iplikçiliğinde kullanılırken; İngiliz sistemi (Ne), pamuk iplikçiliğinde kullanılmaktadır.

Ağırlık sistemlerinde; iplik numarası büyüdükçe iplik kalınlaşmaktadır. Uzunluk sistemlerinde ifade edilen iplik için ise; iplik numarası büyüdükçe iplik incelmektedir. (10,11)

Mukavemet:

Lif mukavemeti, bir lifin kendisine uygulanan (etkisi altında kaldığı) kuvvete karşı göstermiş olduğu dayanımdır. Bir lifin veya ipliğin dayanıklılığı, gerilme mukavemeti terimi ile verilir ve onu koparmak için gerekli olan germe kuvvetinin ölçüsüdür. Koparma kuvveti, filament veya kesikli lifin kalınlığı ile orantılı olduğundan; g/tex, kg/denier gibi birimlerle verilir.

Tekstil liflerinin mukavemeti nem oranı ile değişebilmektedir. Genellikle, bitkilerden elde edilen doğal liflerin mukavemeti ıslak halde artarken, hayvansal lifler ve diğer yapay liflerin mukavemeti azalmaktadır. Özellikle viskon liflerinde, ıslanmadan sonra ortaya çıkan mukavemet kaybı büyüktür.

Bir tekstil lifinin, tekstil endüstrisinde önemli bir kullanım alanı bulması için, belirli bir minimum mukavemete ve yeterli uzama özelliğine sahip olması gerekir. Mukavemet değerleri yüksek olan liflerin hammadde olarak kullanıldığı üretim aşamalarında, meydana gelen sürtünme ve gerdirme kuvvetlerine dayanımının daha fazla olmasından dolayı, daha az sorunla karşılaşılır. Aynı zaman da mukavemet değerleri yüksek iplikler, dolayısıyla kumaş ve son ürünler elde edilir. Tekstil liflerinin mekanik özelliklerinin sonucu olarak, son kullanım özellikleri arasında dayanıklılık, dökümlülük, esneklik, sertlik, aşınma dayanımı, sıkıştırılabilirlik ve yumuşaklık sayılabilir.

Şunu belirtmek gerekir ki; bir ipliğin mukavemeti onu meydana getiren liflerin mukavemet değerleri toplamına eşit olmayıp, liflerin birbiri üzerinden kayması ve

sıyrılması gibi sebeplerden dolayı; liflerin toplam mukavemetinin yaklaşık 1/4'ü kadardır (3).

Uzama ve Esneklik:

Lif doğal haldeyken her hangi bir kuvvetle çekildiğinde, kopmadan önce az veya çok uzayarak çekim kuvvetine karşı koymaya çalışır.

Uzama; kopma noktasına kadar uzayan lif miktarının orijinal uzunluğa yüzdesi olarak ifade edilen ölçüdür.

Bir kuvvet uygulanan her lif, belirli bir dereceye kadar uzama gösterir. Tekstil liflerinde uzama miktarı %0'a yakın bir değerden %30 ve daha yukarı değerlere kadar geniş bir aralığa sahiptir. Her lifin kendine özgü uzama değeri vardır. Yün, kazein, ipek, asetat ve viskoz gibi lifler yüksek uzamaya sahipken, kenevir ve rami gibi sert ve kırılğan liflerin uzaması düşüktür. Elastomerik lifler ise %200 ve üzerinde uzama gösterebilmektedirler.

Lifin az bir kuvvetle gerildikten sonra orijinal haline geri dönebilme yeteneğine esneklik veya elastisite denir. Esneklik, lifin uzama derecesine bağlı olarak ifade edilir. Örneğin, %8 oranında uzama gösteren bir lif, gösterdiği uzama miktarının yarısını geri toplayabiliyorsa, %8 uzamada %50 esnek olarak ifade edilir.

Küçük ve orta derecede uzama sonrası en yüksek elastik geri kazanma özelliğine sahip lifler polipropilen, poliamid ve yündür. Esneklik, ayrıca lifin gerilmeye tabi tutulduğu süreye de bağlıdır. Nem, higroskopik liflerin deformasyon sonrası eski haline geri dönme kabiliyetine etki eder.

Bir lifin kendi boyunda %1 oranında uzamasını sağlayan kuvvete elastikiyet katsayısı denir. Bu katsayı arttıkça lifin esnekliği azalır (10)

Eğilme ve Bükülme Yeteneği:

Liflerin iplik olma yetenekleri, lifin eğilme ve bükülebilme özelliği ile yakından ilgilidir. Cam lifleri gibi eğilip bükülme yetenekleri kötü olan lifler, iplik imalatında kullanılamamaktadırlar.

Liflerin eğilme ve bükülme yetenekleri; liflerin kohezyon (yığın veya serbest halde birbirlerini çekme, eğrildiklerinde birbirlerine sarılma özellikleri), yumuşaklıkları ve lif üst yüzey yapısı ile yakından ilgilidir (10).

Parlaklık:

Parlaklık, genel olarak maddenin üzerine gelen ışığı yansıtma kabiliyeti ile ilgili bir özelliktir. Bütün maddeler ışık kaynaklarından gelen ışığı aynı şekilde alırlar ancak yüzeylerine bağlı olarak farklı şekillerde yansıtırlar. Buna bağlı olarak elyaf parlaklığı da lif yüzeyinin ışığı yansıtma özelliğinin sonucudur. Lifin yüzeyi ne kadar düzgünse, yansıyan ışın demetleri de o kadar paralel olacak ve neticede lif o kadar parlak gözükecektir (10).

Rutubet Değerleri ve Nem Çekme Özelliği:

Lifler bulundukları ortamdan nem alır ve bulundukları ortama nem verirler. Bu da liflerin ağırlıklarında farklı ortam şartlarında değişmeye sebep olur. Ticari olarak alınıp satılan lifler için, ortaya çıkabilecek karışıklıkları önlemek maksadıyla, lifler için kabul edilen standart, doğal nem kavramıyla belirlenmiştir. Doğal nem; standart atmosfer şartlarında (65 ± 5 nem ve 22 ± 2 °C sıcaklık) lifin 24 saat bekletildiğinde, içerdiği nemdir.

Tablo 2 Bir Tekstil Ürünündeki Lif Miktarının Hesaplanmasında Kabul Edilen Higroskopik Nem Değerleri (8)

Lif No	Lifler	Yüzde
1-2	Yün ve hayvan kılı:	
	taranmış lifler	18,25
	karde lifler	17,00 (¹)
3	Hayvan kılı:	
	taranmış lifler	18,25
	karde lifler	17,00 (¹)
	At kılı:	
	taranmış lifler	16,00
	karde lifler	15,00
4	İpek	11,00
5	Pamuk:	
	normal lifler	8,50
	merserize lifler	10,50
6	Kapok	10,90
7	Keten	12,00

8	Kenevir	12,00
9	Jüt	17,00
10	Abaka	14,00
11	Alfa	14,00
12	Hindistan cevizi (kokos)	13,00
13	Broom	14,00
14	Rami (Ağartılmış Lifler)	8,50
15	Sisal	14,00
16	Sunn (güneş keneviri)	12,00
17	Henequen	14,00
18	Maguey	14,00
19	Asetat	19,00
20	Aljinat	20,00
21	Kupro	13,00
22	Modal	13,00
23	Protein	17,00
24	Triasetat	7,00
25	Viskoz	13,00
26	Akrilik	2,00
27	Kloro lifi	2,00
28	Floro lifi	0,00
29	Modakrilik	2,00
30	Poliamid veya naylon:	
	kesikli lif	6,25
	filament	5,75
31	Aramid	8,00
32	Polyimide	3,50
33	Lyocell	13,00
34	Poliester:	
	kesikli lif	1,50
	filament	1,50
35	Polietilen	1,50
36	Polipropilen	2,00
	Polikarbamid	2,00
38	Poliüretan:	3,50
	kesikli lif	3,50
	filament	3,00
39	Vinilal	5,00
40	Trivinil	3,00
41	Elastodien	1,00
42	Elastan	1,50
43	Cam lifi:	1,30
	ortalama çapı 5 mm'den büyük filament	2,00
	ortalama çapı 5 mm ve daha küçük çapta filament	3,00
44	Metal lifi	2,00
	Metalik lif	2,00
	Asbest (amyant)	2,00
	Kağıt iplik	13,75

45	Elastomultiester	1,5
46	Elastolefin	1,5

(¹) Tekstil ürününün taranmış mı veya karde edilmiş mi, yün veya hayvan kılı içerdiğini belirlemenin mümkün olmadığı durumlarda da higroskopik nem değeri % 17 olarak uygulanmalıdır.

Yoğunluk:

Yoğunluk, birim hacim başına lif kütlesinin bir ölçüsüdür. Yoğunluk, son ürünün ağırlığını etkilediğinden çok önemli bir özelliktir. Genellikle, giysilerin hafif olması istendiğinden, kullanılan liflerin yoğunluğu düşük olmalıdır.

Tablo 3 Bazı Liflerin Yoğunluk Değerleri (12)

Lif Cinsi	Yoğunluk (g/cm ³)	Lif Cinsi	Yoğunluk (g/cm ³)
<i>Asetat Lifleri</i>		<i>Poliüretan Elastomerleri (Yaklaşık Değerler)</i>	
Diasetat (Dicel)	1,33	Enkawing, Lycra, Sarlano, Spanzelle	1,1
Diasetat (fenol ve sabunla parlatılmış)	1,18	<i>Rejenere Selüloz Lifleri</i>	
Triasetat (Tricel)	1,30	Kupro	1,52
<i>Akrilik Lifleri</i>		Visoz	1,52
Orlon	1,14-1,17	<i>Rejenere Protein Lifleri</i>	
Courtelle	1,14-1,18	Vinal Merinova	1,29
Zefran	1,17	Vinal Kuralon	1,3
Akrilan, Creslan	1,19	<i>Doğal Lifler (Yaklaşık Değerler)</i>	
Velicran-Yalova	1,19	Tavşan	0,32
<i>Klorolifler</i>		Ankara Tavşanı	1,1
Isı İşlemli PVC	1,38	Yün (Medulasız)	1,31
Modifiye edilmemiş PVC	1,40	Ham İpek	1,33
Klorlanmış PVC	1,54	Ağırlaştırılmış İpek	1,6
Poliviniliden Klorür	1,7	Tussah İpeği	1,32
Fiberglas, Duraglas	2,5	Pamuk-yıkanmış	1,55
<i>Modakrilik Lifleri</i>		Pamuk-Merserize	1,54
Dynel	1,31	Pamuk-asetillendirilmiş	1,40-1,50
Teklan	1,34	Keten	1,5
Verel	1,37	Kendir	1,5
<i>Poliamid Lifleri</i>		Jüt	1,5
Naylon 11 (Rilsen)	1,10	Rami	1,55
Naylon 6 (Perlon)	1,13	<i>Poliölefin Lifleri</i>	
Naylon 6,6 (Brinaylon)	1,14	Polipropilen (Ulstron)	0,90
Nomex	1,38	Polietilen (Düşük Yoğunluklu Courlene)	0,92
<i>Poliester Lifleri</i>		Polietilen (Yüksek Yoğunluklu Courlene)	0,95

Kodel	1,22	<i>Asbest Lifleri</i>	2,1-2,8
Terilen, Vycron	1,38	<i>Teflon Lifleri</i>	2,3

Elektriksel özellikler:

Liflerin elektrik iletkenlikleri özellikle üretim aşamalarında önem arz etmektedir. Elektriği iyi iletmeyen lifler, üzerlerinde statik elektrik depolamaktadırlar. Özellikle yün ve sentetik gibi liflerin kullanıldığı üretim aşamalarında bu ciddi bir problemdir. Bunun için bu lifler nemli tutulmakta, anti-statik maddelerle işlem görmektedirler. Statik elektrikli liflerden imal edilen son ürünler kullanıcıda stres gibi olumsuzluklara yol açmaktadırlar. Bunu önlemek için üretim sırasında liflere metal iyonları ilave edilmektedir.

Doğal lifler elektriği iyi iletmeyen liflerdir. İçerdikleri yabancı maddeler ve ıslak olmaları bu liflerin iletkenliklerini arttırmaktadır.

Elektriği iyi iletmeyen lifler, izolasyon ürünlerinde kullanılır (10).

Bazı Liflerin Mekanik Özellikleri:

Tablo 4 Bazı Liflerin Mekanik Özellikleri (13)

Lif	Kopma Dayanımı (N/tex)	Kopma Uzaması (%)	Başlangıç Modülü (N/tex)	Relatif Yaş Dayanımı (%)
Pamuk:				
StVincent	0.45	6.8	1.3	110-120
Upper	0.32	7.1	5.00	
Bengals	0.19	5.6	3.9	
Keten	0.54	3.00	18.00	130-140
Jüt	0.31	1.8	17.2	110-130
Yün:				
Botany 64s(*)	0.11	42.5	2.3	80-90
Crossbred 56s	0.14	42.9	2.1	
Crossbred 36s	0.12	29.8	3.00	
İpek	0.38	23.4	16.1	15-85
Kazein	0.10	63	3.5	50-70

Rayon:				
Courtaulds Floş	0.18	27.2	4.8	50-60
Fibro	0.21	15.7	6.5	
High-Tenacity	1.41	12	8.8	
Asetat Celanese	0.13	23.7	3.6	70-90
Triasetat	0.12	30	18.00	70-90
Poliamid 6.6				
Med-Tenacity	0.48	20	3.00	80-90
High-Tenacity	0.66	16	4.4	85-90
Kesikli Lif	0.37	43	1.00	80-90
Poliamid 6: Perlon	0.29	46	0.6	80-90
Poliester				
Med-Tenacity	0.47	15	10.6	100
High-Tenacity	0.56	7	13.2	
Kesikli Lif	0.47	37	8.8	
Akrilik Orlon	0.27	25	6.2	80-90
Modakrilik Dyne1	0.34	34	8.8	95-100
Polivinil alkol	0.17	26	2.2	70-80
Poliviniliden klorit	0.24	17	3.5	100
Polietilen:				
Courlene L-D	0.08	20-40	0.9	100
Courlene H-D	0.34	10	4.4	
Polipropilen: Ulstro	0.65	17	7.1	100
Cam	0.75	2-3		95-100
Elastomer Poliüretan	0.031	540	0.007	100
PTFE: Teflon	0.15	13	6.54	100
Çelik Tel	0.26	8	28.5	100
(*)Bakınız Tablo 19				

Bazı Yapay Liflerin Erime Noktaları

Tablo 5 Bazı Yapay Liflerin Erime Noktaları (14)

Liflerin Ticari İsimleri ve Lif Cinsi	Erime Noktası (°C)
Dicel (Sekonder asetat)	244
Tricel (Triasetat)	280
Nylon 6.6 (Poliamid)	250
Nylon 6 (Poliamid)	215
Nylon 11 (Poliamid)	189
Nylon 6.10 (Poliamid)	214
Nylon 4 (Poliamid)	265
Nylon 5 (Poliamid)	250
Nylon 7 (Poliamid)	230
Nomex (Poliamid)	371
Terylene (PET-PES)	260
Dacron 62 (PET-PES modifiye)	250
Vycron (PET-PES modifiye)	235
Grilen (PET-PES modifiye)	250
E-Type Tetaron (PET-PES mod.)	250
Kodel (PCDT-PES)	295
Orlon (Akrilik)	280
Teklan (Modakrilik)	200
Dynel (Akrilik kopolimer)	170
Rhovyl (PVC)	180
Vinyon HH (Mod. PVC)	135
Saran (PVDN)	165
Vinal (PVA)	220
Courlen (PE)	135
Ulstron (PP)	165
Cam Lifleri	1200-1400

Tablo 6 Bazı Sentetik Liflerin Özelliklerinin Karşılaştırılması (15)

Lif	Yoğunluk (g/cm ³)	Erime Noktası (° C)	Nem (%)	Gerilme (Mn/tex)	Mukavemet (MPa)	Kopma Uzaması (%)	Modül (N/tex)
Poliamid	1,14	258	5	840	960	20	7
Poliester	1,38	258	<1	820	1130	12	11
Polietilen	0,95	140	0	530	500	20	4
Polipropilen	0,91	165	0	620	560	20	7
Aramid	1,45	Boz.500	1-7	2000	2900	3,5	60
Yük.Perf.PE	0,97	150	0	3500	3400	3,5	100

Tekstil liflerinin bazı önemli özellikleri, bu özelliklerin sebepleri ve hangi etkilere sebep oldukları aşağıda tablo olarak özetlenmiştir.

Tablo 7 Tekstil Liflerinin Bazı Önemli Özellikleri, Sebepleri ve Etkileri (11)

ÖZELLİKLER	SEBEPLERİ	ETKİLERİ
Lif Boyu	Tabii liflerde yetiştirmelerine bağlı ve yapay liflerde imalat metoduna bağlı olup kullanım yeri ile ilgilidir.	Farklı lif boyları iplik imalatında: -Çekimi -Bükümü -İplik yapı ve düzgünlüğünü -İplik imalat metodunu etkiler (uzun veya kısa lif iplikliği).
Lif İnceliği	Tabii liflerde yetiştirmelerine bağlı ve yapay liflerde imalat metoduna bağlı olup kullanım yeri ile ilgilidir.	Farklı lif incelikleri iplik imalatında: -İplik eğirme kabiliyetini etkiler -İplik düzgünlüğünü etkiler
Esnekleme ve kopma uzaması	Genellikle molekül zincirinin yapısıyla ilgilidir.	-Çalışma şartlarını etkiler -Maruz kalınan dış kuvvetlerden dolayı mamul maddenin kullanımını etkiler.
Kıvrımlılık	Tabii liflerde yetiştirmelerine bağlı ve yapay liflerde imalat metoduna bağlı olup kullanım yeri ile ilgilidir.	-Mamul maddenin hacimliliğini -Tutunma yeteneğini ve elastikiyetini etkiler.

Dış yüzey yapısı	Tabii liflerde yetiştirmelerine bağlı ve yapay liflerde imalat metoduna bağlı olup kullanım yeri ile ilgilidir.	-Lifin band içindeki tutunma yeteneğini etkiler. -Mamul maddenin hava geçirgenliğini etkiler. -Mamul maddenin ısı tutma yeteneğini etkiler. -Mamul maddenin yıkanma şartlarını etkiler. -Işığı yansıtma yeteneğini (parlaklığını) etkiler.
Boya alma yeteneği	Tekstil lifinin kimyasal yapısı ile ilgilidir.	Boyamayı etkiler.
Nem alma yeteneği	Makromolekül yapıdaki boşluklar nemi emerler.	-Ağırlığı ve hacmi etkiler. -Mukavemeti etkiler. -Statik elektriklenmeyi etkiler.
Isı (termik) yeteneği	Molekül zincirinin yapısı, moleküllerin arasındaki kuvvetlerin etkisi, molekül zincirinin oryantasyon ve polimerizasyon derecesi ile alakalıdır.	-Fiksaj ve form verme işlemleri (tektüre ve ütü) plastik derecesini ve form almayı etkiler. -Isıl işlem esnasında parlaklığı etkiler. -Mamul maddenin kullanım özelliklerini etkiler.
Statik elektriklenme	Düşük rutubet alma, düşük elektrik iletkenlik kabiliyeti ve sürtünme statik elektrik yüklenmesine sebep olur.	-Üretimi olumlu etkiler. -Mamul maddenin kullanımını etkiler.
Kimyasal etkilere karşı özelliği	Molekül zincirinin yapısı ile ilgilidir.	-Terbiye işleminde çalışma şartlarını etkiler. -Temizleme işleminde mamul maddenin kullanım şartlarını etkiler.

2.1.3. Lif Çeşitleri

2.1.3.1. Bitkisel Lifler ve Kimyasal Yapıları

Genel olarak bitkisel lifler, botanik anlamı ile epidermik (cansız) ve sklerenkimatik hücre karakterindedirler. Bu hücreler bitkilerin farklı organlarında bulunarak onları koruyucu veya onlara desteklik sağlayıcı özellikler taşırlar. Esas itibariyle büyük oranda selüloz içerirler ve bu genel özellikleri ile diğer liflerden ayrılırlar. Ancak bulundukları bitki veya organların özelliklerine veya selüloz yanında içerdikleri diğer kimyasal maddelerin oranlarına göre bitkisel lifler gerek mikroskopik görünüşleri ve gerekse fiziksel özellikleri itibariyle bazı ayrıntılar gösterirler ve bu ayrıntılarına göre kullanım alanları da değişiktir (3).

Bazı bitkisel liflerin kimyasal bileşimleri ve yüzde olarak miktarları iki farklı kaynaktan tablo olarak aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 8 Başlıca Bitkisel Liflerin Kimyasal Bileşimleri I. (3)

Lifler	Selüloz (%)	Hemiselüloz (%)	Pektin (%)	Lignin (%)	EkstraktMaddeler (%)
Pamuk	94	2	2	-----	2
Kapok	64	23 (*)	23(*)	13	----
Keten	71,2	18,5	2	2,2	6
Kenevir	74,3	17,9	0,9	3,7	3,1
Rami	76,2	14,5	2,1	0,7	6,4
Jüt	71,5	13,3	0,2	13,1	1,8
M. Keneviri	70	21,8	0,5	5,7	1,8
Sisal	73,2	13,3	0,9	11	1,6
(*)Hemiselüloz ve Pektin miktarları birlikte % 23 olarak gösterilmiştir.					

Tablo 9 Başlıca Bitkisel Liflerin Kimyasal Bileşimleri II. (16)

Lifler	Selüloz (%)	Hemiselüloz (%)	Lignin (%)	Pektin (%)
Pamuk	92	6		< 1
Jüt	72	13	13	
Keten	81	14	3	4
Sisal	73	13	11	2
Kenevir	74	18	4	1
Rami	76	15	1	2
Kapok	13			

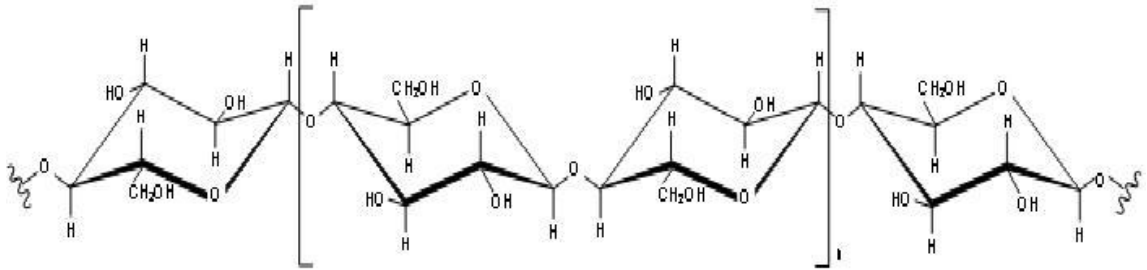
Selüloz, Selüloz Makromoleküllerinin Kimyasal ve Molekülerüstü Yapısı:

Selüloz, genel formülü $(C_6H_{10}O_5)_n$ olan bir polisakkarittir. Makromoleküller birçok (n tane) β -D-Glikoz yapı taşının 1. ve 4. Karbon atomları üzerinden, oksijen köprüleriyle birbirine bağlanması sonucu oluşmuştur.

Selüloz makromoleküllerini oluşturan β -D-Glikoz yapı taşları piran halkası şeklinde olup; sandalye konformasyonundadır. Her bir glikoz yapıtaşında üç tane hidroksil (alkol) grubu bulunmaktadır. Bunlardan 2 ve 3 nolu karbon atomuna bağlı olanlar ikincil (sekonder), 6 nolu karbon atomuna bağlı olan ise birincil (primer) hidroksil gruplarıdır (7).

Doğada α ve β olmak üzere iki çeşit glikoz mevcuttur. β -D-Glikoz da 1. ve 2. Karbon atomlarındaki OH grubu zıt yönlü olup, 1. Karbon atomundaki OH sol tarafta gösterilmektedir. 1. ve 2. karbon atomlarındaki OH grubu aynı yönlü ve 1. karbon atomundaki OH grubu sağ tarafta olan glikoz α -D Glikoz olarak isimlendirilmektedir (3).

Selüloz glikoz moleküllerinden 1 mol suyun açığa çıkmasıyla oluşur.

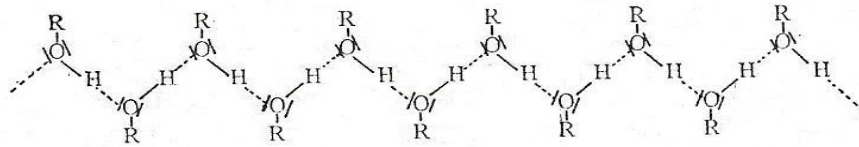


Şekil 2 Selüloz Makromolekülleri (17)

Selüloz makromolekülünü oluşturan monomer sayısı baz alındığında, selüloz; α selüloz, β selüloz ve γ selüloz olmak üzere üç çeşittir. α selülozu oluşturan makromoleküllerin ortalama polimerizasyon dereceleri, diğer bir ifadeyle makromolekül zincirlerinin uzunluğu en yüksek (1750-2000 civarında), β selülozun 200' ün altında ve γ selülozun 10' un altındadır (4,5).

Sıvı ve katı haldeyken alkol moleküllerinin tek başlarına bulunmayıp, - H köprüleri üzerinden birbirlerine bağlanarak assosiatlar oluşturdıkları bilinmektedir. - H köprüleri, bir alkol molekülünün OH- grubundaki oksijenin serbest elektron çifti ile,

diğer bir alkol molekülündeki OH- grubunun Hidrojen atomu arasında meydana gelmekte olup, normal bir kovalent bağa nazaran ortalama 10 defa daha zayıftır. Bağ enerjisi 5-7 kCal/Mol dür. Makromolekülleri bir arada tutan kuvvetler arasında -H köprülerinin yanında, van der Waals (Dispersiyon) kuvvetleri de rol oynamaktadır (7).



Şekil 3 –H Köprüleri (7)

Selüloz makromolekülleri lif içerisinde her yerde aynı sıklık ve düzgünsüzlükte yerleşmemektedir. Lif içerisinde makromoleküllerin birbirine paralel, -H köprü sayısının fazla olduğu, diğer bir ifade ile makromoleküllerin sık ve düzgün durumda bulunduğu bölgelere kristalin bölgeler, makromoleküllerin birbirlerine göre paralel olmadığı, -H köprü sayısının daha az olduğu, makromoleküllerin az ve düzgünsüz bulunduğu bölgelere amorf bölgeler denmektedir (7).

Lifleri böyle ‘kristalin’ ve ‘amorf’ bölgeler diye, kesin bir şekilde bu iki kısımdan oluşmuş gibi göstermenin yanlış olduğunu, lif içerisinde bu iki sınır durum arasında çeşitli sıklık ve düzgünlükteki bölgelerin bulunduğunu ileri süren araştırmacılar da vardır (7).

Genellikle, lif içerisinde kristalin bölgelerde veya kristalin derecesinde artış sıkı bir moleküler yapıya, lif dayanımında artışa ve lif parlaklığına yol açar, aksine lifin esneklik, nem absorplama yeteneği ve boyanabilirliğinde ise azalışa sebep olmaktadır (18).

Lif içerisinde birkaç tane selüloz makromolekülü yan yana gelerek lifin en küçük yapıtaşı olan kristalitleri meydana getirirler. Bunlara misel yada elementer fibril de denmektedir. Misellerin boyları uzun, enleri ise daha dar olup, 15-17 Å° civarındadır. Kristalitlerden birkaç tanesi yan yana gelerek enleri 100-400 Å° olan mikrofibrilleri, mikrofibrillerin birkaçı yan yana gelerek enleri 1000-3000 Å° olan makrofibrilleri oluşturmaktadırlar. Makrofibriller ise bir araya gelerek lifleri oluşturur. Mikrofibrilleri

özel yöntemler uygulayarak elektron mikroskopuyla görmek, makrofibrilleri ise iyi bir ışık mikroskopuyla görmek mümkündür.

Röntgen girişim analizleri lif yapıtaşlarının (kristalit, mikrofibril ve makrofibril), lif eksenine kısmen paralel bir durumda olduklarını göstermektedirler. Bu şekildeki oryantasyon rami ve kenevirde en belirgindir. Rejenere selüloz liflerinde ise oryantasyon derecesi liflerin eldeleri sırasındaki çekme (germe) derecesine bağlı olarak büyük farklılıklar gösterir. Röntgen analizlerinden elde edilen bilgilere göre, kristalin bölgelerin miktarı doğal selüloz liflerinde %70, normal tip rejenere liflerinde %35-40 civarındadır (7).

Lif içerisinde kristalin bölgedeki makromoleküller arası çekim kuvvetleri fazla ve bu makromoleküller birbirlerine mümkün derece yaklaşmış durumda olup bu kısımdaki makromoleküllerin görevli grupları genellikle bloke edilmiştir. Bunun sonucu olarak da başta su olmak üzere tekstil terbiyesinde kullanılan kimya maddelerinin çoğunluğu, boyar maddelerin hepsi kristalit (misiller) içerisine giremezler ancak miseller arası amorf bölgelere nüfuz ederek oradaki ve kristalitlerin yüzeyindeki makromoleküller ile ilişki kurabilir veya reaksiyona girebilirler. Tekstil kimya ve terbiyesinde amorf bölgelerde meydana gelen bu reaksiyonlara miseller arası (intermiselar) reaksiyonlar denir (7).

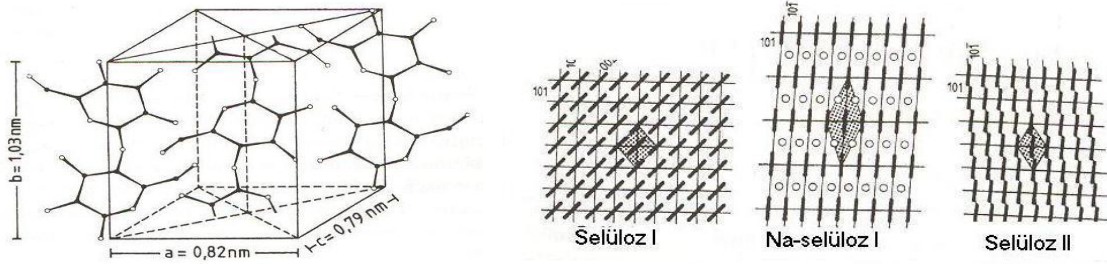
Bazı kimya maddeleri, özellikle yüksek konsantrasyonlarda, kristalin bölgede makromoleküller arası bağları kopararak ya da zayıflatarak bu bölgelerin gevşemesini sağlayıp, kristalin bölgedeki makromoleküller ile de ilişki kurabilir veya reaksiyona girebilirler ki bu şekilde misellerin içinde meydana gelen reaksiyonlara intramiselar ya da permutoid reaksiyonlar denir. Selüloz liflerinin asitlenmesi, nitratlanması bu tip reaksiyonlar olup, genel olarak bu tip reaksiyonların sayısı kısıtlıdır ve tekstil terbiyesinde uygulanan bütün normal yöntemler, merserizasyon hariç, intermiseller reaksiyonlardır (5,7).

Selülozun; kristal kafes yapısının birbirlerinden farklı olan selüloz-I ve selüloz-II gibi biçimleri vardır.

Selüloz I, doğal ürünler için karakteristik iken, selüloz II rejenere selüloz ürünlerinde ortaya çıkmaktadır. Selüloz I kendi arasında kaynak farklılığına göre

Selüloz I α ve I β modifikasyonu olarak da bulunabilmektedir. Doğal selülozun yapısındaki bu değişiklikler uzun zamandır yapılan x-ray çalışmaları ile doğrulanmıştır. Bunun yanında nötron difraksiyonu, kızılötesi ve raman spektroskopisiyle de bu çalışmalar yapılabilmektedir. Kristal kafes yapısının selüloz I' den selüloz II' ye geçtiği NaOH ile işlemden şişme sırasında tüm lif sistemi reaksiyona girmektedir. Selüloz II, selüloz I'e karşı daha yüksek bir termodinamik stabiliteye sahiptir. Selüloz I'in yan yana bulunan iki anhidroglikoz birimini bağlayan oksijen atomunun her iki yanında intramoleküler bir hidrojen köprüsü bulunmaktadır. Ayrıca intermoleküler hidrojen köprüleri de mevcuttur. Selüloz II düzeninde iki ucu birleştiren oksijen atomuna paralel olan yalnızca bir hidrojen köprüsü vardır. Buna göre intramoleküler hidrojen köprülerinin sayısı, selüloz I'deki hidrojen köprülerinin sayısının yalnızca yarısı kadardır. İnteramoleküler hidrojen köprü bağları zincirin rijitliğini sağladığı ve sayısı selüloz I'dekinin yarısı kadar olduğu için; selüloz II daha yüksek esneklik göstermektedir. Bu nedenle selüloz II'nin teorik mukavemeti (rijitliğin ölçüsü) selüloz I'e göre daha düşüktür (19).

Selüloz I'in zincirlerinin birbirine paralel olduğu ve selüloz II'de stabil ve paralel olmayan bir düzende bulunduğu kabul edilmektedir. Selüloz II'de zincirler belirli bir düzende paralel halde iken, diğer düzlemde zıt yönde sıralanmıştır. Bu, zincirlerin ilk düzleme paralel gittiği anlamına gelmektedir. Sıkı halde bulunmasına rağmen, kostik içerisindeki selüloz I'in büyük oranda şişmesi nedeniyle bu problem ortaya çıkmaktadır. Selüloz, rejenerasyondan sonra selüloz II'nin kristal kafesine dönüşüp, sabit durumdaki tüm kafes düzlemleri 180° dönmektedir. Selüloz II yapısı doğal selülozun yüksek alkali konsantrasyonlarında işleme tabii tutulmasıyla elde edilirken, selüloz III, selülozun sıvı amonyakla işleme sonrasında ve selüloz IV yapısı ise selüloz II'nin gerilim altında sıcak banyoda işleme tabii tutulmasıyla elde edilmektedir (20).



Şekil 4 Fengel'e Göre Selüloz I'de Elementer Bir Hücrede Hidrojen Köprüleri Sayesinde Birbirine Bağlanmış Yüzeyler , Selüloz I'in Selüloz II'ye Dönüşümü (21)

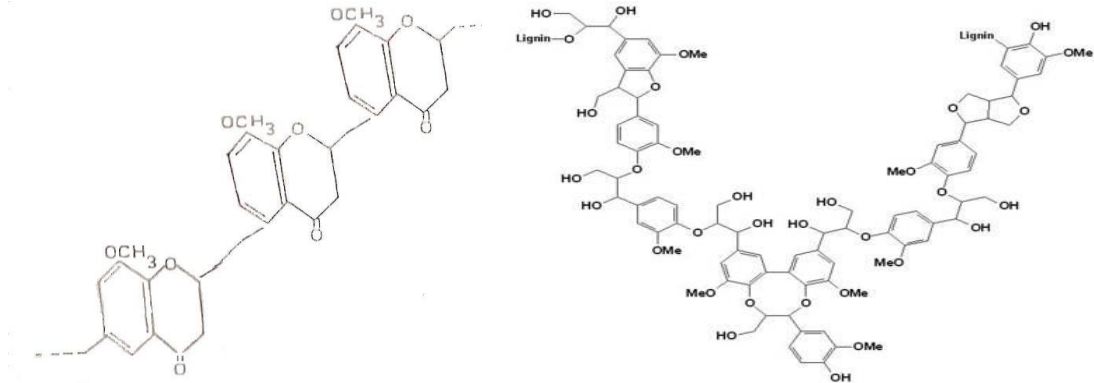
Saf selüloz; beyaz, nem çekici (higroskopik) bir maddedir. % 6-12 oranında su emebilir. 100 °C ye kadar ısıtılırsa bu suyu tekrar kaybeder. Selüloz normal basınç altında suda erimez. Ancak 260 °C ye kadar ısıtılırsa parçalanarak erir. Selüloz klor-çinko iyotla mavi renk verir. 200 °C lik su buharında bırakılınca bileşimi bozulur, parçalanarak asit, formik asit ve glikoz meydana gelir. Selülozun yoğunluğu 1,45-1,52 g/cm³'dür (3).

Selüloz suda, alkali ve asitli çözeltilerde şişerek koloidal bir hal alır. Tuzlu bir çözelti içerisinde ise erimeden önce fazla miktarda tuz absorbe ederek şişer ve hacmi büyür, daha sonra yavaş yavaş jelatimsi bir hal alır. Bu özellikleriyle selülozdan birçok kimyasal maddelerin yapılmasında yararlanılır. Selülozun tipik ayırıcı Schweiter (bakır amonyum hidroksit) dir (3).

Lignin:

Genellikle lignin, bitki hücrelerinin sekonder çeperinde meydana gelen ve selülozik olmayan bir polisakkarittir. Bununla beraber bitki hücrelerinin primer çeper veya orta lamellerinde de bulunduğu görülmektedir. Liflerin daha ziyade olgunlaşmış ve sertleşmiş kısımlarında bulunur. Birçok odun çeşitleri ile hububat saplarının bileşimleri incelenirse, % 50' sinden fazlasının lignin ile kaplanmış olduğu görülür. Bitki liflerinin bileşiminde selülozun miselleri veya fibrilleri arasında yerleşen lignin, liflerde yumuşaklığın kaybolmasına ve sert tutumlu hal almalarına neden olan çeper maddelerinden biridir. Genel olarak sarı esmer renkte olup, amorf yapıdadır. Aromatik çekirdek yapısı gösteren bir veya çok sayıda çeşitli maddelerin kondanzasyonu ile yüksek moleküllü aromatik bir bileşik olduğu bilinmektedir (3).

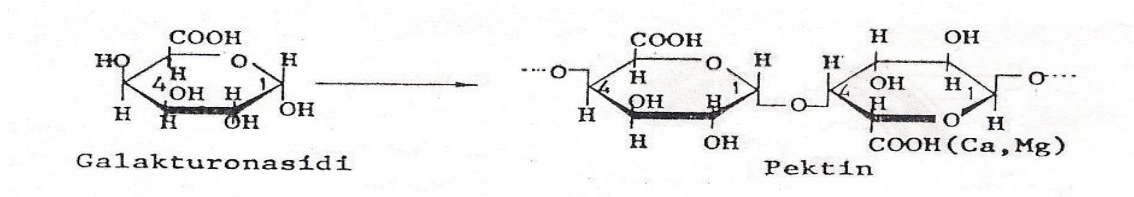
Lignin, dünya üzerinde selülozdan sonra ikinci en çok bulunan biyopolimerdir. Selülozdan farklı olarak aromatik ve alifatik gruplara sahiptir. Temel bileşeni 4-Alkilkatekol olarak göz önüne alınabilir. Lignin, ayrıştırması zor olan bir moleküldür ve enzimlere karşı dirençlidir. Toprak seviyesinin üzerinde boylanan bitkilerin ayakta kalması lignin tarafından sağlanır. Lignin, liflerin reaktivitesini artırır fakat aynı zamanda liflere sert tutum verir (16).



Şekil 5 Ligninin Muhteşem Kimyasal Formülü (3, 22)

Pektik Maddeler:

Pektin, yunanca gel-pektus, pelte anlamına gelmektedir. Genel olarak bitki hücrelerinin primer çeperlerinde meydana gelip, arabinoze ve galaktoze'nin birleşmesiyle galaktronik asit içeren karbonhidrat türevleri halinde bulunur. Bundan başka serbest asit halinde, madensel tuz halinde veya methyl ester halinde bulunabilir. Pektinin yapısı; Fellenberg tarafından açıklanmış olup, pektik asidin metil esteridir (3).



Şekil 6 Pektin (7)

Bitkilerde mevcut olan pektik maddeler genellikle, üç grup halinde toplanmaktadır.

1. Protopektin maddesi; hücre çeperinde bulunur.
2. Pektin maddesi; daha çok bitki öz sularında bulunur.

3.Pektik asit (3).

Pektin, nötr bir maddedir. Bitkilerin hücre çeperlerinde kalsiyum ve diğer madenlerin suda erimeyen tuzları halinde bulunur. Hayvan ve bitkilerin beslenmesinde kullanıldığı gibi, bitki hücrelerinin fazla suyu tutmalarına da yardım eder (3).

Pektik maddeler yapısal polisakkaritlerdir ve yüksek su tutma kapasitesine sahiptirler (23).

Yağlar ve Mumlar:

Yağlar genel olarak; gliserinin yağ asitleri ile esterleşmesi sonucu meydana gelen ürünlerdir.

Mumlar ise; yağ asitlerinin uzun zincirli monohidrik alkollerle esterleşmesi sonucu meydana gelen maddelerdir.

Bitkilerin kök, sak, meyve, tohum, yaprak ve çiçek gibi çeşitli kısımlarında yağ ve yağlı maddeler bulunur. Yağlar suda erimez, bitkisel yağların çoğu oda sıcaklığında sıvı halde bulunur.

Mumlar bitkilerde genel olarak su kaybının önlenmesinde görev alırlar. Liflerin üst kısmını kaplayan mumlu maddeler ise, lifin su absorbe etme kabiliyetini azalttığından lifin içine kolaylıkla girmesine de engel olur.

Yağlı ve mumlu maddeler, tekstil imalatında iplik eğirme işlemini kolaylaştırır. İplik eğrilmesi sırasında birbirlerine daha az sürtünerek işlemin daha kolay yapılmasını sağlarlar. Ancak, yağlar aynı zamanda iplikte, liflerin birbirlerine tutunmasını azaltacağından, kopma mukavemetlerinin azalmasına da sebep olurlar. Bundan dolayı, iplik ve mamüller üretimden sonra yıkanarak ve ekstraksiyona tabii tutularak, üretim sırasında işe yarayan, yağlı ve mumlu maddelerden temizlenerek, mukavemet değerleri yükseltilir (3).

Zamklı ve Reçineli Maddeler:

Genel olarak; bu maddeler bitkilerin kabuklarında meydana gelerek dışarı atılır.

Zamklar suda kolaylıkla şişerek viskoz kıvamında jelimsi, koyu, sıvı hale gelebilirler. Reçineler ise, suda erimezler. Antiseptik özelliklerinden dolayı bitkilerde koruyucudurlar. Su kaybını önleyici rolleri de vardır (3).

2.1.3.1.1. Pamuk

Pamuk bitkisinin (*Gossypium herbaceum L.*), meyve dalları üzerinde pamuk çiçekleri mevcuttur. Bu çiçeklerde, bitkinin erkek (etaminler) ve dişi (pistil) organları bulunur. Çiçekte büyük oranlarda kendi kendine döllenme (autogamie), %5-10 oranında da yabancı döllenme sonrası dişi organ süratle büyüyerek kozayı meydana getirir. Koza içerisinde; 8 ila 14 adet arası çiğit diye tabir edilen pamuk tohumları bulunur. Pamuk lifleri; pamuk tohum kabuğunun üst epidermis hücrelerinin dışarıya doğru uzamasıyla meydana gelir (3).

Her lif tek bir hücredir ve bir tohum üzerinde 1 mm' den başlayarak o pamuk çeşidinin maksimum uzunluğuna varan, değişik uzunlukta lifler mevcuttur. Lifler gelişme süresi içinde 13-20 günde azami uzunluğunu alır ve lif çapında, gelişme ile önemli değişim olmaz. 18-20. gününden itibaren selülozik tabaka oluşur ve bu durum lif çapını etkilemez. Pamuk lifinin dip kısımdan uç kısmına doğru daralma tedrici ve azdır (14).



Şekil 7 Pamuk Lifinde Tabakaların Şematik Görünüşü, Sekonder Çeperde Konsantrik Halkalar ve Uzayan Pamuk Lifi Hücresi (3)

Pamuk liflerinin anatomik yapısına bakıldığında, her pamuk lifinin 4 kısımdan oluştuğu bilinmektedir.

Kütikül ve Mumlu Tabaka (K); pamuk liflerinin dış yüzey tabakasıdır. Ham pamuk lifine su itici (hidrofob) özellik verir. Tekstil terbiye ve kimyasında, boyama işlemleri sırasında çeşitli üretim problemlerinin çıkmasına neden olduğundan, tekstil endüstrisinde kullanılacak pamuk liflerinde; NaOH ile mum kısmı uzaklaştırılarak, bu liflere su çekici (hidrofil) özellik kazandırılır (3,7).

Primer Çeper (P); pamuk lif hücresini çevreleyen ince bir çeperdir. Büyük bir kısmı selülozdan oluşur (7).

Sekonder Çeper (S); pamuk liflerinin esasını oluşturan bu çeperin %95'ini selüloz oluşturur. Lifin enine kesitinde koyu ve açık renkli halkalar şeklinde görülen bu selüloz tabakalarından, koyu renkli olanlar kompakt, açık renkli olanlar gevşek yapıdadır. Balls'a göre lifin gelişimi sırasında her gün bir selüloz halkası meydana gelip, bunlara 'günlük büyüme halkaları' adını vermiştir (3,7).

Lümen (L); lifin enine kesitte incelendiğinde; merkezinde, boş bir kanal gibi görülen, esasında protoplazmik artıklar (protein) içeren kısmıdır. Lifin gelişim süreci içerisinde selüloz tabakaları, sekonder halkada lif içerisine doğru gelişim göstererek, lümen kısmını daraltır. Dolayısıyla lümen pamuğun gelişmesiyle birlikte daralmaktadır (3).

Bir çiğit üzerinde, bütün lifler aynı uzunluğa erişemediği gibi, selülozik kalınlaşma da bütün liflerde aynı olmaz. Selülozik kalınlaşması fazla olan liflere 'olgun', az olanlara 'az olgun', sadece hücre çeperi (primer) bulunan liflere ise 'ölü lifler' denir. Olgun pamuk liflerinde lümen kısmı son derece dardır ve mikroskop altında görülemeyebilir (14).

Pamuk Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Pamuk liflerinde uzunluk, kalıtsal bir özelliktir. Bu, belirli bir dereceye kadar çevre şartlarının etkisiyle değişiklik gösterebilir. Bir pamuk çiğiti üzerinde 1-2 mm den başlayarak o varyetenin azami uzunluk sınırına kadar değişik uzunlukta bir çok lif bulunur (3).

Pamuk liflerinin boyları 10-55 mm arasında değişmektedir (7).

Pamuk liflerinde incelik, kalıtsal bir özelliktir. Pamuk lifleri kendi doğal kalınlıklarını çiğit üzerinde ilk oluştukları anda alırlar. Aynı çiğit üzerinde bulunan liflerin tamamı aynı incelikte değildir (3).

Lif inceliği ile lif uzunluğu arasında bir ilişki vardır. Şöyle ki; pamuk liflerinden ince olanlar kalın olanlara nispeten daha uzundur. Diğer bir ifadeyle; pamuk liflerinde incelik arttıkça uzunluğun da arttığı bir korelasyon vardır.

Tablo 10 Pamuk Liflerinin Uzunluk ve İncelikleri (14)

Lifler	Uzunluk (mm)	İncelik (mikron)
Hint Pamukları (Kısa)	19-25	14,5-22
Upland Grubu Pamuklar (Orta)	25-29	13,5-17
Mısır Pamukları (Uzun)	29-35	12-14,5
Sea Island Pamuğu (Çok Uzun)	35'den fazla	11,5-13

Pamuk liflerinde her 1 mikron incelme için; bu liflerden üretilen iplik 20 birim incelirken (iplik numarası sayısal olarak 20 birim artarken), liflerdeki her bir mikron kalınlaşma ile bu liflerden üretilen iplik 10 birim kalınlaşır (iplik numarası sayısal olarak 10 birim azalır) (3).

Pamuk liflerinde mukavemet, diğer bir ifadeyle liflerin sağlamlığı; bu liflerin olgunluk dereceleriyle orantılıdır. Selülozik çeperi kalın, tamamen olgun lifler ve aynı zamanda lif çapı daha ince olanlar, daha sağlam liflerdir. Pamuk liflerinin oluşumu sırasındaki çevre şartlarının uygun olup olmaması liflerde sekonder çeperin iyi meydana gelip gelmemesi üzerine etkilidir. Bu da lif olgunluk derecesini ve mukavemet değerlerini belirler (3).

Pamuk liflerinin kopma dayanımları; 2,5-5 cN/dtex arasındadır. Pamuk liflerinin esneme yetenekleri %8-10, elastikiyet derecesi %35-45'dir. Elastikiyet derecesi; elastiki esnemenin, tüm esnemeye oranının 100 ile çarpılması sonucu bulunan değerdir (7).

Olgunluk, lifin sekonder çeperinin kalınlığı ile belirlenir. Olgun liflerde sekonder tabaka kalın, lümen dardır. Bundan dolayı olgunluk lif çeperinin gelişme derecesi olarak tanımlanabilir. Liflerin mukavemet değerleri üzerinde etkilidir.

Liflerde çeper kalınlığı / lif kalınlığı oranı o lifin olgunluğu hakkında bilgi verir. Bu oran; 0,5 için; lifler tamamen olgun, 0,5-0,25 için; lifler olgun, 0,25-0,125 için; lifler az olgun, 0,125 ve daha aşağısı için; lifler ölü lif olarak vasıflandırılır (3).

Pamuk bitkisinde lifler gelişmesini tamamlayıp, kozanın açıldığı dönemde; rutubetin düşmesi, ortam basıncının değişmesi, sekonder çeperde selülozik kitlenin aynı yoğunlukta dağılmamasından dolayı, lifler hidrat suyunu vererek sağa ve sola bükümler yapar. Büküm yönü lif uzunluğu boyunca aynı değildir. Büküm sayısı pamuğun olgunluğu ve kalınlığına bağlı olarak değişir. Olgun lifler uzunlamasına görünümde

büklümlü, az olgun lifler daha az büklümlü, ölü lifler ise büklümsüz, yassı kurdeleler şeklindedir (3,7,14).

Pamuk liflerinde büklüm, liflerin iplik olarak eğilmeleri sırasında birbirlerine sarılma özelliğini olumlu etkiler. Lifi 1 mm uzunluğundaki büklüm sayısı 1-2 ise; az büklümlü lif, 3-4 ise; orta büklümlü, 5-7 ise; çok büklümlü, 7 den büyük ise; büklüm sayısı çok fazla lif olarak kabul edilir (3).

Pamuk liflerinin rengi kalıtsal bir nitelik olup, bağlı bulunduğu türe özgüdür. Ülkemizde yetişen pamukların rengi beyaz olmakla birlikte, gayet az miktarda krem, kahverengi olanlar da vardır.

Asıl rengi beyaz olan pamuk liflerine bazı faktörler etki ederek renk değişikliğine yol açabilir. Uzun süre tarlada toplanmadan bırakılan pamuklar gri renge, kozaların olgunlaşmasının geciktiği ve kozaların soğuğa maruz kaldığı pamukların sarı renge doğru değiştiği, yaş ve rutubetli olarak yüksek ısıda depolanan pamukların gri, mavimsi bir hal aldığı, bazı hastalık ve zararlıların pamuk lifinde sarımsı lekeler şeklinde değişikliklere yol açtığı bilinmektedir (3).

Pamuk liflerinde bulunan nem iki çeşittir. Biri hidrat suyu, diğeri ise higroskopik nemdir.

Pamuk lifleri yapısını oluşturan selülozdan dolayı higroskopik karakterli olup; bulundukları ortamdan nem çekebilir ve bulundukları ortama nem bırakabilirler. Bulundukları ortamın nispi rutubeti yüksek olursa kendi ağırlıklarının %21'i kadar nem içerebilirler (3).

Pamuk liflerinin ticareti sırasında bu özellik karışıklıklara neden olabileceğinden; ticaret hayatında, standart atmosfer şartlarında (%65±5 nem ve 22±2°C sıcaklık) 24 saat bekletilen lifin taşıdığı nem miktarı, doğal nem olarak kabul edilmekte ve pamuk için bu değer; %8,5'dir (8).

Pamuk lifleri yüksek sıcaklıklara dayanıklı olmakla birlikte, için için yanma özelliğine sahiptir. Pamuk lifleri ısıtıldıklarında, 100-110 °C' de içindeki nemi dışarı verir. 118-120 °C' de rengi sararmaya başlar. Sıcaklık 180 °C' ye doğru yükseldikçe rengi kahverengiye dönüşür. 300 °C' de tamamen kavrularak karbonize olduğu görülür (3).

Normal koşullarda soğuk ya da sıcak suyun pamuk lif ve mam  lleri üzerine etkisi yoktur. Ancak bazılarına göre, sıcak su pamuk h  creesinde enine yönde artış, şişme meydana getirmektedir.

Pamuk lifleri devamlı surette kaynar suyun ve buharın etkisine maruz bırakılacak olursa fiziksel yapısında az da olsa değişiklik meydana geldiği, plastik bir hâl aldığı görülmektedir. Pamuk lifinin kızgın buharla 420 saat işleme tabii tutulduğunda mukavemet değerleri %75 oranında azalmıştır (3).

Işık etkisine doğrudan maruz kalan pamuk lifleri ultraviole işınları ve havanın oksijeni yardımıyla kimyasal değişikliğe uğrayarak mukavemetlerinden önemli derecede kaybederler. Pamuk lifleri, ıslak ve nemli olarak gün işığına maruz bırakıldıklarında, ultraviole işınların etkisi ile renklerinin ağardığı bilinmektedir (3).

Selüloz içeriğinden dolayı, pamuk liflerine asitler etki eder. Etki derecesi; asidin cinsi, yoğunluğu, sıcaklık ve etki süresine bağlı olarak değişir.

Pamuk liflerinin mineralizasyon ile üzerindeki metal iyonlarını uzaklaştırmak ve sodyum klorit ağartması dışında, pamuk liflerinin terbiye işlemlerinde asitler kullanılmaz (3,7).

Pamuk liflerine sulandırılmış alkali   zeltilerinin etkisi yoktur. Ancak, hava oksijeni ile beraber alkaliler, selülozun oksisel  loza dönüşmesine sebep olur. Bu durumda pamuk liflerinin mukavemet değerleri düşmektedir.

Tekstil endüstrisinde pamuk terbiyesi bazık ortamda gerçekleştirilir. Pamuk lifi ve mam  lleri, 20-35 bome yoğunluğundaki alkalilerle soğukta muamele edilirse; pamuk liflerinin şiştiği, lümenin daraldığı, lif yüzeyinin düzleştiği gözlenir. Bunun sonucunda lif mukavemeti artar, silindir şeklini alır, şeffaflaşır ve rengi parlaklaşır. Endüstride NaOH'ın bu etkisinden faydalanarak pamuk ve pamuklu mam  ller merserize edilmektedir (7).

Oksidan maddelerin pamuk liflerine etkisi; maddenin cinsi, yoğunluğu, ısı ve etki süresine bağlı olarak az veya çok değişir. Genel olarak oksidan maddeler pamuk liflerinin ağartmasında kullanılırlar. Oksidanların etkisiyle tıpkı alkalilerde olduğu gibi pamuk lifini oluşturan selüloz oksiseluloza dönüşür. İndirgen maddelerin ise seluloza etkisi yoktur (7).

Pamuk lifleri madensel tuzlardan ve bunların kaynayan çözeltilerinden doğrudan doğruya etkilenmezler. Asitli tuzların etkileri ise ancak zayıf asitler derecesindedir (7).

Aşağıdaki tabloda; pamuk lifinin bazı fiziksel özellikleri, diğer bazı bitkisel liflerle karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 11 Pamuk Lifinin Bazı Fiziksel Özellikleri (24, 25)

Lif Cinsi	Teknik Lif Uzunluğu (cm)	İşlem Görmüş Lif Uzunluğu (cm)	Kuru Özgül Mukavemet (% Kuru)	Yaş Özgül Mukavemet (%Kuru)	Yıllık Verimi (kg/hektar)
Pamuk		1-6	25-50	105	800-1000
Kenevir	100-300	65-75	35-70	105	3000
Jüt	160-360	65-75	30-34	100	2200
Keten	20-40	10-40	30-55	105	2000

Pamuk Liflerinin Kullanım Alanları

Pamuk lifleri tekstilde; gömlekler, bluzlar, elbiseler, etekler, iş giysileri, bebek çamaşırları, havlular, iç giyim, telalar, perdeler, halılar, döşemelik kumaşlar, yatak takımları, eldiven, eşarp, şapka, çorap ve ipliklerde kullanılır (26).

Pamuk liflerinden elde edilen kumaş çeşitlerinden bazıları; amerikan bezi, patiska, basma, opal, gazlı bez, tülbent, mermerşahi, organti, müslin, margizet, pamuk jorjet, etamin, pike, divitin, pazen, pamuk diagonal, poplin, ekose kumaşlardır (26).

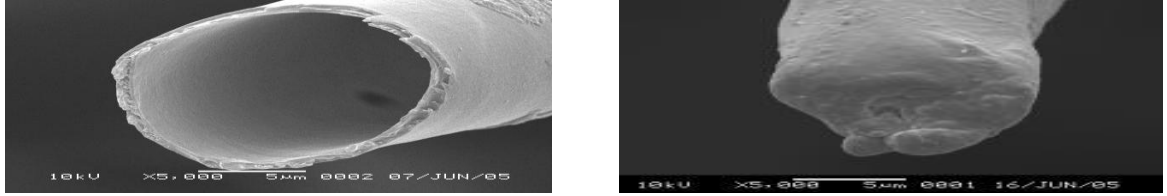
2.1.3.1.2.Kapok

Çeşitli literatürde kapok adı altında değişik liflerden söz edilmekte ise de esas kapok lifleri *Bombaceae* familyasına dahil *Ceiba pentandra gaertn*'den elde edilen liflerdir. Bu bitkinin sinonimi *Ceiba caseaira medic.*, *Bombax pentandrum L.* *Eriodeudrum enfractuosum D.C.* dir. Bu bitkiden elde edilen liflere “Kapok” veya “Java kapoğu” denilmektedir. Ağaç şeklinde olan bitkinin gövdesi 120-180 cm, yüksekliği ise 15-30 m dir. Yabani olarak yetiştiği gibi, ticari yönden tarımı pek çok tropik ve subtropik ülkede yapılmaktadır. Lifler, ağacın meyve kapsülleri içinde oluşur. Her kapsül 5 bölmelidir ve 10-15 cm uzunluğunda bir muzı andırır. Bir kapsülün ortalama ağırlığı 20 g. kadardır. Kapsülün ancak %17'si liftir (3).

Kapok Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Kapok lifleri de tıpkı pamuk lifleri gibi tek hücreden meydana gelmiştir. Fakat uzunluğuna görünüşü şeffaf, geniş lümenli kurdeleler şeklindedir. Bazı liflerde hava boşlukları görülmektedir. Enine kesiti olgun lifler yuvarlak, oval; olgun olmayanlar yassı, düzgün olmayan çubuklar gibidir. Geniş lümen ve ince çeper liflerde kolaylıkla fark edilir (14).

Kapok lifleri içi boşluklu ve uç kısımları kapalı bir liftir. Kapok liflerinin düzgün yüzeyi, düşük hacimsel ağırlıkları ($0,29 \text{ g/cm}^3$) ve kısa uzunluk değerleri; bunların, lifler arası kohezyonlarının azalmasına ve modern eğirme makinalarında iplik olarak eğilmelerinin güçleşmesine neden olmaktadır. Şekilde; iç boşluk ve uç kısımlarının kapalı yapısı gösterilmektedir (27).



Şekil 8 Kapok Liflerinin Gövde ve Uç Kısımlarının Görüntüsü (27)

Lif uzunluğu 7,5 ile 32 mm arasında değişir, ortalama 18 mm'dir. Lif inceliği 30-36 μ arasındadır. Çeperinde yağ, mum ve reçinelerin bulunmasından dolayı rutubet çekmeme özelliğindedir. Lifler ipek parlaklığında ve sarımtırak renktedir. Kapok lifleri yapılarında fazla oranda lignin bulunduğundan liginoselülozlu lifler grubuna dahil edilebilirler. Lifler bu özellikleri ile pamuktan kolayca ayrılabilirler. Zira iyotlu sülfürik asit ile verdiği sarı-kahverengi renk, liginoselülozunun varlığını gösterir. Kapoğun kimyasal analizine göre; kapok %1,3 kül, %63,6 selüloz, % 13 lignin, %23 pentozanlar içermektedir (3).

Kapok Liflerinin Kullanım Alanları

Kapok lifleri esnekliklerini uzun süre korudukları için şilte, yastık, yorgan, yatak, minder, mobilya yapımında dolgu maddesi olarak geniş oranda kullanılırlar. Aynı zamanda denizcilikte, cankurtaran yelek ve simitlerinin yapımına da elverişlidirler. Zira rutubeti az emdiklerinden su yüzünde uzun süre bozulmadan kalabilirler. Ayrıca pilot elbiseleri ve sargı bezlerinde de kullanılmaktadırlar. Isı geçirimi düşük olduğundan izole maddesi olarak ve ayrıca ses izolasyonunda da kullanılmaktadır (3).

2.1.3.1.3.Keten

Keten bitkisinin lif ve tohumu için yetiştirilmek üzere iki soyu vardır. Jüt, rami, kenevir, kenaf gibi keten (*Linum usitatissimum L.*) bitkisinde sak liflerinden olup, bitki gövdesinin kortikal bölgesinden elde edilmektedirler (28).

Tohumu için yetiştirilenler, keten yağı üretiminde hammadde olup, bitkide dallanmalar bitki gövdesinin alt kısımlarından başlamaktadır. Lifi için yetiştirilen keten bitkilerinde ise dallanma bitki gövdesinin üst kısımlarında olup, teknik sak uzunluğu daha fazladır. Teknik sak uzunluğu; diğer bir ifadeyle, sakta dallanmanın olmadığı kısım ne kadar yüksekse elde edilen lif miktarı da o kadar artar. Türkiye’de yetişen lif ketenlerinde teknik sak uzunluğu ortalama 45 cm’dir (10).

Dünyada yaklaşık 4,5-5 milyon hektarlık bir alanda yağı için, 1,2-1,4 milyon hektarlık bir alanda da lifi için yetiştirilen keten bitkisi; Türkiye’de özellikle Karadeniz Bölgesinde lif üretimi için yetiştirilmektedir (29).

Keten lifleri; keten bitkisinin sak (sap, gövde) kısmında bulunur. Keten bitkisinin sap kısmı alınıp enine kesitte incelenirse tabakalar halinde bir yapı görülür.

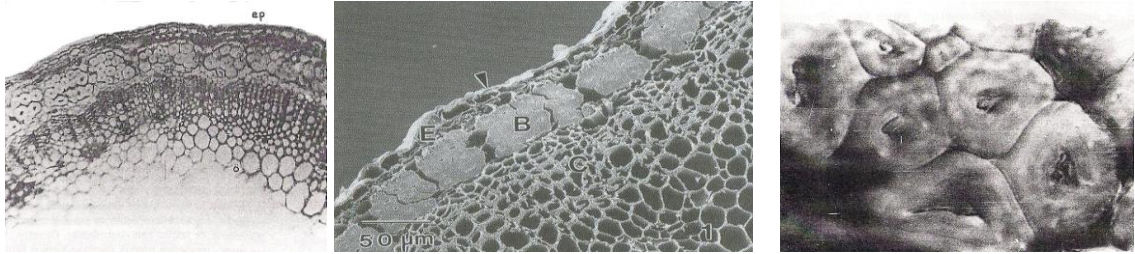


Şekil 9 Keten Bitki Sapının Şematik ve Mikroskopik Görünümü (7)

Yukarıdaki şekilde Schilling’e göre keten bitki sapının şematik görünüşünde; C: Kütikula, E: Epidermis, K: Kabuk, B: Keten lifi, M: Kambium, O:Odunsu tabaka, Ö: Bitki özü tabakası, H: Boş (hava) kanalı.

En dış halka olan epidermisin üzerinde ince bir kutikula tabakası vardır. Epidermisin altında kabuk doku (phloem), onun altında da sap kesitinin büyük bir kısmını oluşturan odun tabakası vardır. Kabuk doku ile odun tabakasının arasındaki kambium ince bir tabakadır. Sap kesitinin orta kısmında ise bitki özü tabakası ve boş kanal bulunmaktadır (7).

Epidermis ile kabuk doku (phloem) arasında lif hücrelerinin birleşerek hüzmeleri oluşturdukları görülür. Bu hücreler sakta tek sıra halinde bulunur. Şekilde görüldüğü gibi her hüzmeye farklı sayıda hücreden meydana gelmiştir. O nedenle kalınlıkları da farklıdır (7).



Şekil 10 Keten Sak Enine Kesitte Lif Hücreleri, Havuzlanmamış Ketenin TEM Görüntüsü ve Olgun Keten Liflerinde Enine Kesitte Lif Hücrelerinin Görüntüsü (14, 30)

Sayıları 12-40 arasında değişen lif hücrelerinden oluşan lif hüzmeleri (lif demetleri), kabuk dokuyu oluşturan parانشim hücrelerine, parانشim orta lameli (dış pektin) denilen bir çeşit pektin ile bağlıdır. Lif hüzmelerini oluşturan lif hücrelerini de birbirlerine yapıştıran, sklerenşim orta lameli bir çeşit pektinden (iç pektin) oluşmaktadır. Yalnız bu 'iç pektin', 'dış pektin'e nazaran kimyasal ve biyolojik bakımdan daha dayanıklıdır (3,7,14).

Keten liflerinin anatomik yapısına bakıldığında; her keten lifinin dıştan içe doğru tabakaları; primer çeper, sekonder çeper ve lümenidir. Lümen pamuktaki gibi protoplazmik artıklar içeren kısım olup, primer ve sekonder çeperlerde pamuktaki gibi selülozdan oluşan kısımlardır (3,7,14).

Lif hücrelerinin enine kesiti, belirli metodlarla şişirilip incelendiğinde pamukta olduğu gibi, konsantri dizilmiş halkalardan meydana geldiği görülür. Keten lif hücrelerinin fibrilleri daha fazla pektin içerirler Keten hücreleri ucu sivri olup mikroskopta küçük bir mekik ya da kama şeklinde oldukları görülür (3).

Bitki gövdesinden elde edilen diğer bast lifleri (gövde lifleri) gibi; keten lifleri de bir tek hücreden değil birçok hücreden oluşmuş bir lif demeti şeklinde olduğundan çok hücreli elyaf olarak bilinir.

Keten lifleri tekstil endüstrisinde hüzmeye olarak kullanılır. Diğer bir ifadeyle; lif hücrelerinden meydana gelen her bir lif hüzmesi (demeti), tekstilde bir lif olarak kullanılır. Ancak pamuk veya pamuğa benzetilmiş yapma liflerle karıştırılarak

kullanılmak istendiğinde, hücrelerine ayrılarak kullanılır. Bu işlem % 3 lük NaOH ile kaynatılarak iç pektininde yapısının parçalanması ile gerçekleştirilir ki buna kotonizasyon (pamuklaştırma) işlemi denir (14).

Keten Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Bitkisel lifler içinde en yüksek mukavemete (örneğin pamuğun 2-3 katı) ve düşük elastikiyete sahiptir. Yapısındaki mumlar nedeniyle bu lifler doğal bir parlaklık göstermektedir. Keten kumaşlar kolaylıkla buruşmaktadır, fakat aynı zamanda kolayca ütülenebilmektedir. Bu lifler iyi bir ısı izolasyonu özelliğine sahip olduklarından, serin tutma özelliği göstermekte ve bu nedenle özellikle yazlık giysilerde tercih edilmektedir (31,32).

Keten liflerinin dayanıklılığı ıslandığında artar. Keten lifleri sert tutumlu olup, kopma anında uzama miktarı kuru iken %1,8, yaşken %2,2'dir. Özgül ağırlığı 1,5 g/cm³ dür. Yapısında bulunan yağ ve vaks parlaklığında ve dayanıklılığında etkilidir. Parlak ve düzgün yüzeyli olduğundan kir tutuculuğu azdır. Reaktiflere karşı pamuğun gösterdiği özellikleri gösterirler. 120 °C üzerinde bozulurlar ve güneş ışığına dayanıklılıklarını kaybederler (33).

Aşağıda keten liflerine ait bazı fiziksel özellikler, diğer bazı bitkisel elyaflarla karşılaştırmalı olarak tablo biçiminde verilmiştir.

Tablo 12 Keten Lifinin Bazı Fiziksel Özellikleri (24, 25)

Lif Cinsi	Teknik Lif Uzunluğu (cm)	İşlem Görmüş Lif Uzunluğu (cm)	Kuru Özgül Mukavemet (% Kuru)	Yaş Özgül Mukavemet (%Kuru)	Yıllık Lif Verimi (kg/hektar)
Pamuk		1-6	25-50	105	800-1000
Kenevir	100-300	65-75	35-70	105	3000
Jüt	160-360	65-75	30-34	100	2200
Keten	20-40	10-40	30-55	105	2000

Lif demetlerinin uzunluğu 30-90 cm. iken, tek lif uzunluğu 2-4 cm. arasındadır, düz ve kıvrımsızdır. Kopma dayanıklılığı; çok yüksektir. Yaş kopma dayanıklılığı, kuru kopma dayanıklılığından %10 daha fazladır. Sürtünme sağlamlığı; pamuğa göre daha

azdır. Nem çekme özelliği;yüksektir. Nemli havada kendi ağırlığının %23'ü kadar nem çeker (26).

Keten lifleri, pamuk liflerinin boyanmasında kullanılan direkt, kükürt, reaktif ve pigment boyarmaddeleriyle boyanabilmektedir.Bu lifler yüksek sıcaklıklarda kırılmalanlamakta ve kuvvetli bazlardan (hava oksijeni varlığında) zarar görmekteirler (31).

Doğal renkleri açık sarı gümüşü ve iyi kasarlanmış olanlar kar gibi beyaz renktedir (3).

Keten Liflerinin Kullanım Alanları

Keten lifi; yazlık tropik giysiler, yatak ve masa takımları, mendiller, perdeler, sanatsal dokumalar, cilt bezleri, resim tuvaleri, keten ayakkabılar ve tela olarak kullanılır (26).

Sicim, halat, urgan yapımında da kullanılan keten bitkisi, aynı zamanda eğimli arazilerde erozyonu önlemek için sık ekilerek koruyucu bir bitki olarak da kullanılmaktadır (29).

Keten atıkları iyi cins kağıt (banknot kağıtları, sigara kağıtları vs..) yapımında kullanılmaktadır (29,33).

Keten lifinden elde edilen kumaş çeşitleri; çuval bezi, düz keten, desenli ketendir (26).

2.1.3.1.4.Bambu

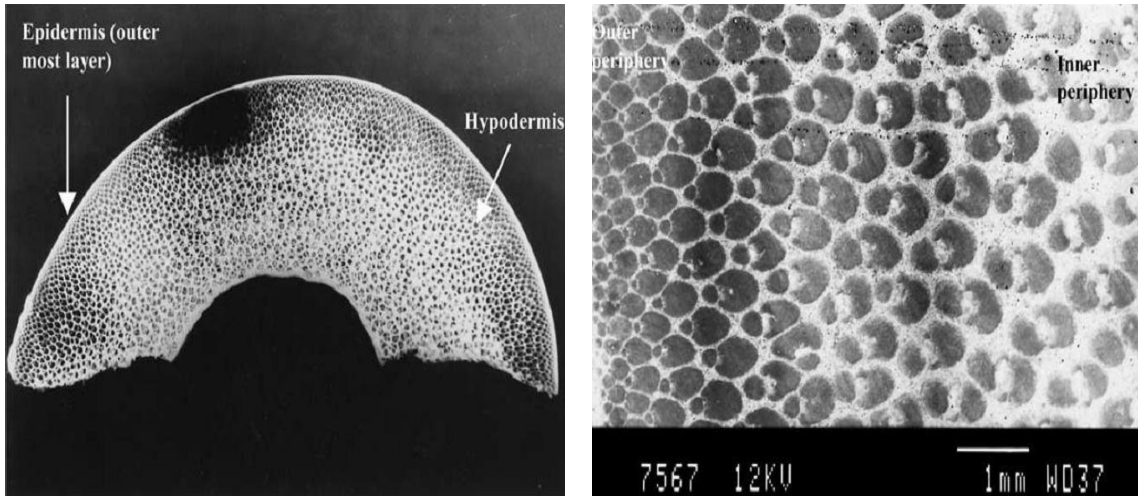
Bambu, tropikal iklim bölgelerinde yetişen, 3 – 4 yıl gibi kısa sürede olgunluğa erişen ve kâğıt, mobilya, yapı, gıda, kimya endüstrisi gibi pek çok alanda kullanılan bir bitkidir. Tekstilde kullanılan bambu lifi, gelişim ve üretim itibariyle Asya kökenli olup, Moso bamboo (*Phyllostachys heterocycla pubescens*) olarak adlandırılan bambu cinsinden elde edilmektedir (34,35).

Günde ortalama 10-13 cm uzayan bambu bitkisi, 6-7 ay gibi bir sürede 20-30 metreye kadar uzayabilmekte; tropik ve subtropik iklimin hakim olduğu bölgelerde 3500 m'ye kadar olan yüksekliklerde yetişmektedir. Boşluklu ve dairesel bir yapıya sahip olan gövdenin uzaması ile duvar çapı ve kalınlığı azalırken, bitkinin mukavemeti

artmaktadır. Lif eldesi için ise 2-4 yıllık bambular daha uygun olmaktadır, 6-8 yıllık bambular, lignin miktarı fazla olan odunlaşmış ve sert bambular olup, yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır (36).

Bambu, dere kenarları gibi suyun bol olduğu yerlerde yetişmektedir. Geniş kanallar şeklinde ağ oluşturan kökleri sayesinde su taşınması kolay olmakta, hem bitki çabuk gelişmekte hem de toprağın erozyon dayanımını artırmaktadır. (37).

Biyolojik sınıflandırmada tek çenekliler grubuna dahil edilen bambunun enine kesiti incelendiğinde, dış tabaka “epidermis”, onun altında sert dokudan oluşan hipodermi tabakası bulunmaktadır. Bambu lifleri vasküler demetler şeklinde bitkinin yapısında dağınık bir şekilde bulunmaktadır. Bambu bitkisinin yaşı ile içerdiği lif oranı arasında bir bağlantı bulunmaktadır. Bir yılın altındakilerde yaklaşık % 75, bir yıllıklarda % 66, üç yıllıklarda % 58 oranında lif bulunmaktadır. Bambu bitkisinin yaşının artmasıyla yapıdaki lignin artmakta ve liflerin birbirinden ayrılması zorlaşmaktadır (38).



Şekil 11 Bambu Bitkisinde Epidermis ve Hipodermis Tabakası ve Gövdede Lif Dağılımı (36)

Yaklaşık olarak %50'si selüloz, % 30'u ise hücrelerin birbirine yapışmasını sağlayan ligninden oluşan bambu bitkisinin enine kesiti incelendiğinde dış kısımda bulunan liflerin iç kısımda bulunanlara oranla daha yoğun olduğu gözlenmiştir. Yani iç kısımda matriks daha fazla yer kaplamaktadır. Her lif demeti ksilem (odunsu doku) ve phloem (kalburlu borular) olmak üzere iki farklı kısımdan oluşmaktadır (39).

Bitkinin yapısındaki lifler, gövde içinde sıkı ve aksial bir şekilde yerleşime sahiptir. Özellikle bitkinin üst ve dış kısımlarında lif yoğunluğu daha fazladır (36).

Bu lifler yüksek elastikliğe sahip, gövdeye paralel bir şekilde yerleşmiştir. Gövdedeki düğüm noktalarında lifler bükülmekte ve birbirlerine bağlanmaktadır. Yapıda radyal (merkezden çevreye doğru) lifler bulunmamaktadır (37).

Her bir lif demeti birçok fibrilden oluşmaktadır. Bir fibrilde bir arada bükülmüş kablolardan oluşan metal kablolar gibi birçok sürekli selüloz zincirleri bulunmaktadır. Sonuç olarak bambu lifleri uzatılmış ve bükülmüş selüloz içeren birçok fibrilden oluşmaktadır (36).

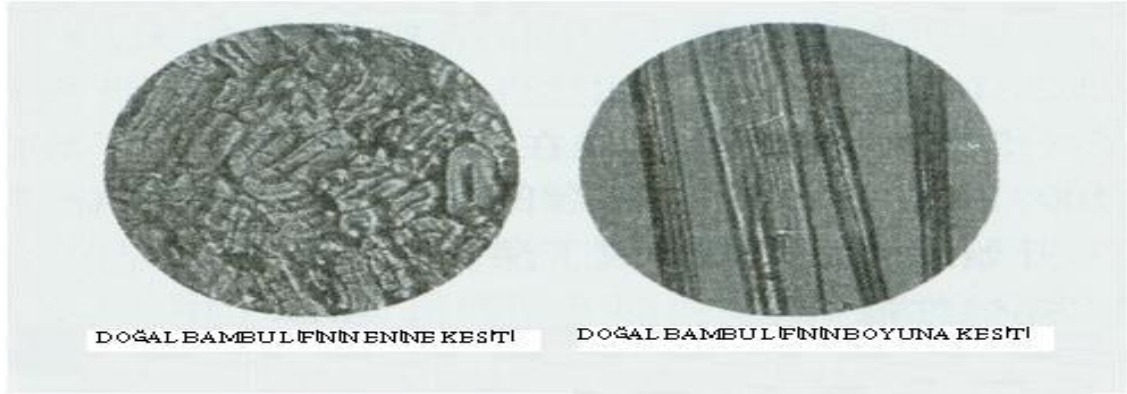
Bambu Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Doğal bambu liflerinin mikroskop altında boyuna görünümü incelendiğinde, birçok küçük oyuk görülmektedir. Enine kesiti ise tam oval olmayan, böbrek şeklindedir ve ortada lümen açık bir şekilde görülmektedir. Dış duvar, dairesel tabaka yapısındadır ve nemi hemen absorbe edip buharlaşmasını sağlayan (nemin nüfuz ettiği) liflerden oluşmaktadır. Özel, doğal kanallı bir yapıya sahiptir ve lifin içindeki bu boşluklar insan terini hemen absorbe edip, buharlaşmasını sağlamaktadır (36).

Enine kesiti elips şeklinde olup ortası boşluklu bir yapıda olan doğal bambu lifinin bu yapısından dolayı su absorpsiyonu ve nem iletkenliğinin yüksek olduğu sonucu çıkarılmaktadır. Ayrıca, doğal bambu lifinin uzunluğu boyunca düzensiz bir şekilde dağılmış olan yatay çizgiler ve boğumlar bulunmaktadır (40).

Lif yüzeyinde bulunan birçok küçük oyuk ve enine kesitindeki sayılamayacak kadar çok lümenin olmasının etkisiyle yüksek nem absorblama ve nemin buharlaştırılması özelliklerinden dolayı doğal bambu liflerine “nefes alan lifler” denilebilir (38).

Aşağıda doğal bambu lifinin enine ve boyuna mikroskopik görüntüsünde, enine kesitte oval ya da elips şekil, ortadaki boşluk açık bir şekilde görülmektedir.



Şekil 12 Doğal Bambu Lifinin Enine Kesit ve Boyuna Mikroskobik Görünümü (41)

Doğal bambu liflerinin uzunluğu üretilecek ürüne göre değişmektedir. Doğal veya sentetik liflerle her oranda karıştırılabilmektedir.

Bambu lifleri temelde selüloz, semi-selüloz ve ligninden oluşmaktadır. Bunların hepsi de yüksek polimer olan dekstrozdur ve bambu liflerinin kuru ağırlığının % 90'ını oluşturmaktadır. Diğer bileşenleri ise; protein, yağ, meyve özü ve renkli maddelerdir. Günümüzde doğal bambu lifi, eugenic (üstün ırk) bambudan üretilmektedir. Bambu bitkisinin en ilginç özelliklerinden birisi de “Bambu Kun” olarak adlandırılan ve antimikrobiyel özellik gösteren doğal bir madde içermesidir. Bu madde sayesinde üretimi sırasında kullanılan pestisid miktarı oldukça azalmakta veya hiç gerek kalmamaktadır (38).

Bambu lifleri 27 °C’de: % 30 relatif nemde %4.5, % 65 relatif nemde %8.9, % 90 relatif nemde %14.7 nem içermektedir (42).

Selüloz esaslı lifler olduğundan asitlere karşı hassasiyet göstermektedir. Bazlara karşı dayanımı ise yüksektir. Bu durum ligninin uzaklaştırılmasında açıkça görülmektedir (36).

Fiziksel özelliklerinin analiz edilmesiyle yüksek bir mukavemetinin ve düşük esnekliğinin olduğu bulunmuştur. İnceliği 1200’den 2000 Nm’e kadar değişebilmektedir. Düşük ve orta kalınlıktaki iplik üretimi için uygundur (36).

Bambu Liflerinin Kullanım Alanları

Doğal bambu liflerinden elde edilen tekstil ürünleri, mükemmel nem absorpsiyonu ve nemin buharlaştırılması gibi özellikleri ile giysi konforu açısından

üstünlüklere sahiptir. Yazlık kıyafetler için oldukça uygundur. Bambu liflerinin pamuk ve ipek gibi liflerle belirli oranda karıştırılması ile çocuklar ve yetişkinler için sağlıklı ve konforlu iç giyim ürünleri elde edilmektedir. Gelecekte yatak takımlarında, dekoratif ev tekstillerinde ve çoraplarda kullanımının giderek artacağı düşünülmektedir (38).

Giysi ve ev tekstilinin dışında jeotekstillerde, endüstriyel filtrelerde, taşıma bantlarında, kord bezlerinde, inşaatlarda kullanılan tekstillerde, tıbbi tekstillerde kullanılmaktadır. Bunların yanında hafif, doğal olmaları ve yüksek performans göstermeleri sayesinde kompozitlerde kullanılmakta ve metallere alternatif olmaktadır. Toprak stabilizasyonunda, erozyon önlemede, hava ve suyun temizlenmesini sağlayan filtrelerde, kullanılmaktadır (43).

Ayrıca, bambu birçok farklı özelliğe sahip olan doğal bir kompozittir. Kompozitlerde güçlendirici olarak kullanılabilir. Yüzeyinde bulunan küçük oyuklara matris maddesinin iyi bir şekilde nüfuz etmesi sonucunda, elde edilen kompozitin mekanik özellikleri iyi olmaktadır (44).

2.1.3.1.5.Hint Keneviri

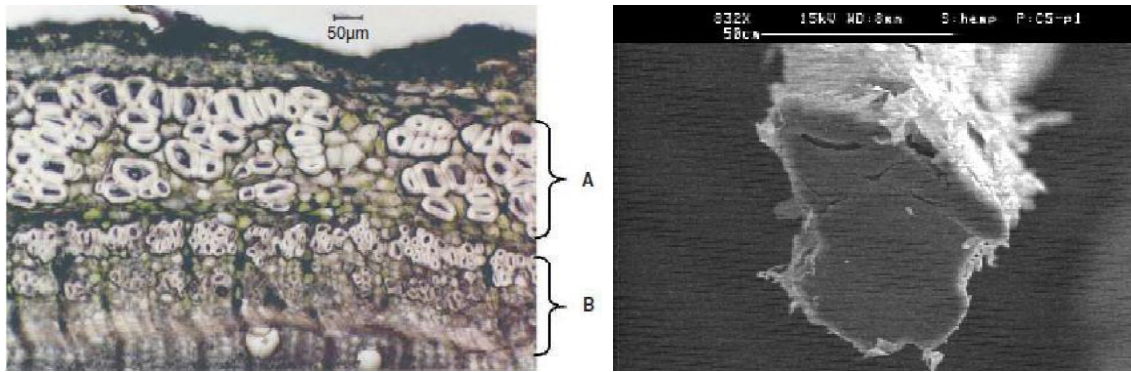
Kenevir bitkisinin de tıpkı keten gibi iki alt grubu vardır. *Cannabis Indica* isimli türünün dişi eşeyli olanları, esrar üretiminde de kullanıldığından ayrı bir öneme sahiptir. Esrarın elde edilmesi ve satılması uluslar arası birçok sıkı kayıt ve kontrollere tabi olduğundan bu kenevir çeşidinin her yerde ekilmesine izin verilmemektedir. Kenevir türlerinin tamamında, erkek ve dişi bitki ayrı ayrı olup, çiçekleri farklıdır.

Narkotik içerikli esrar maddesi dişi hint kenevirlerinin çiçekleri, sapları, tohumları ile öğütülmüş yapraklarının değişik oranlarda karıştırılmasıyla elde edilirler (45).

Lifi ve yağı için üretilen kenevir bitkisi (*Cannabis Sativa*); tek yıllık odunsu bir bitkidir. Uzun bir sakı vardır, 2-3 metreye bazı hallerde 10 metreye kadar boylanır. Kalınlıkları 5-20 mm arasındadır. Bu kenevirler az dallanır. Yaprakları el biçiminde olup ince uzun bir şekilde olan 5-11 yaprakçığın bir araya gelmesiyle oluşur (3).

Tekstil endüstrisinde kullanılan kenevir lifleri, bu kenevir türünün (*Cannabis Sativa*) erkek eşeyli bireylerinden elde edilirler.

Kenevir sakları keten saklarından farklılık gösterir. Bu sakların kesitleri mikroskop altında incelendiklerinde; dıştan içe doğru; sakı çevreleyen epidermis veya peridermis, birinci kabuk, primer lif hücreleri ve bunların oluşturduğu lif huzmeleri, ikinci kabuk denilen phyloem ile sekonder lif hücreleri, kambiyum ve odun kısımlarından ibaret olduğu görülür. Kenevir saklarını keten saklarından ayıran özellik ketende sekonder lif hücrelerinin olmaması, bir diğeri kenevirde süt kanallarının olmasıdır. Ketende bulunmayan bu süt kanalları içerisinde kauçuk kıvamında bir sıvı yer alır (3).



Şekil 13 Kenevir Sak Enine Kesit Görüntüsü, Kenevir Lifinin Enine Kesit Görüntüsü (46, 47)

Sak enine kesitinde lif huzmelerinin, kabuk kısmında, iki sıra teşkil edecek şekilde yerleşmiş olduğu görülür. Dış sıradaki huzmeler ‘primer lif huzmeleri (A)’, iç sıradakiler ise ‘sekonder lif huzmeleri (B)’ dir. Lif elde etme işlemleri sırasında, sekonder lif huzmeleri odun kısmına bağlı olarak kaldığından, sadece primer lif huzmeleri elde edilir. O nedenle kenevir lifleri denilen lifler, primer lif huzmeleridir (14).

Primer lifler apikal sürgen dokudan meydana gelmişlerdir. Boğumlar arasındaki primer lif sayısı bitkinin büyüme evreleriyle birlikte değişmez fakat lifler uzar. Primer lif hücre sayısı, bitkide en fazla 6-9 boğumları arasındadır. Lif uzunluğu ve verimi boğumlar arasındaki mesafeye bağlıdır. Söz konusu lifler kabuk kısmında demetler halindedir ve lif demetlerinde 30-50 lif hücresi bulunur. Her bir lif hücresi 20-35 mikrondur, lif kalınlığı ise değişimler gösterir, sakın alt kısımlarına doğru artar. Lifler parlaktır ve renkleri sarı-kahverengidir (3,46).

Hasattan sonra saptardan liflerin ayrılması işlemi keten lifleriyle benzerlik gösterir, bu işlem için mekaniksel metot, çiğde bekletme, havuzlama yöntemi, kimyasal yöntem ve enzimle muamele metodu gibi yöntemler kullanılır. Burada amaç, odunsu kısımların uzaklaştırılması suretiyle liflerin elde edilmesidir (3).

Hint Keneviri Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Endüstriyel uygulamalarda kullanılacak lifler için olgunluk önemli bir parametredir. Tek bir lifin olgunluğu ikincil duvarın gelişimiyle dıştan içe doğru gerçekleşir. Olgunlaşmış sakta hücre duvarları incedir ve lümen küçük bir hacim kaplar. İkincil duvarın gelişimi bitkinin büyüme evresinde başlar ve çiçeklenmeden sonra da devam eder. Lif karakteristiği bitkinin hasat edilme dönemine göre farklılıklar gösterir bu yüzden elde edilmek istenen lif kalitesine göre doğru hasat dönemi seçilmelidir (46).

Liflerin selülozik yapısından dolayı derişik inorganik asitlerden zarar görürler. Zayıf asitler sıcaklık yükselişiyile birlikte mukavemet kaybına neden olur. Asitlerle muamele gerekiyorsa organik asitlerin seçilmesi yararlıdır (3, 22).

Kenevir lifleri alkalilere karşı oldukça dayanıklıdır. Özellikle kotonize edilmiş kenevir lifleri bazik işlemlere karşı oldukça mukavimdir. Lifler sıcak yoğun bazlarda erir, soğuk yoğun bazların kullanımıyla ise lifler şişer ve merserize etkisi yaratılır (3).

Kuru temizleme çözeltileri de dahil olmak üzere organik çözücüler kenevir liflerine zarar vermez (23).

Mikroorganizmalara karşı çok dirençlidir(23).

Kenevir lifleri çok iyi mukavemet, dayanıklılık ve emicilik sağlayan doğal liflerdir. Liflerinin uzun olması sebebiyle kenevir lifinden üretilen kumaşlarda tüylenme ve pilling problemi yaşanmaz (47,48).

Çok iyi elektrostatik özellikler göstermesi, UV koruma sağlaması ve alerjik reaksiyona neden olmaması kenevirin diğer önemli kullanım avantajlarındandır (49).

20°C’de %65 bağıl nem altında %12, %95 bağıl nem altında %30 nem çeker. Bu değerler pamuk ve ketenden yüksektir (23).

Aşağıda kenevir liflerine ait bazı fiziksel özellikler, diğer bazı bitkisel elyaflarla karşılaştırmalı olarak tablo biçiminde verilmiştir.

Tablo 13 Kenevir Lifinin Bazı Fiziksel Özellikleri (24, 25)

Lif Cinsi	Teknik Lif Uzunluğu (cm)	İşlem Görmüş Lif Uzunluğu (cm)	Kuru Özgül Mukavemet (% Kuru)	Yaş Özgül Mukavemet (%Kuru)	Yıllık Lif Verimi (kg/hektar)
Pamuk		1-6	25-50	105	800-1000
Kenevir	100-300	65-75	35-70	105	3000
Jüt	160-360	65-75	30-34	100	2200
Keten	20-40	10-40	30-55	105	2000

Hint Keneviri Liflerinin Kullanım Alanları

Genellikle halat, urgan, yelken, çadır bezi, çuval yapımında ve halının çözgü ipliğinde kullanılır (26).

Ayrıca kotanize edilerek pamuk ile de karıştırılır.

Kenevir lifleri üstün özellikleri sebebiyle katma değeri yüksek ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır (47-49).

Kenevir liflerinden üretilen çok çeşitli ürünler mevcuttur. Gömlek, pantolon, ceket, t-shirt, etek gibi dış giyim ürünleri, iç giyim ürünleri, havlu, perde, paspas, çanta ve bunlar gibi birçok tekstil ürünü kenevir liflerinden üretilir.

Kenevir liflerinden, giyim ve ev tekstili ürünlerinin yanı sıra kompozit malzemelerin üretiminde de yararlanılmaktadır. Kenevir lifi özellikle son yıllarda otomotiv üreticilerinin ilgisini çekmeyi başarmıştır. 2002 yılında Almanya ve Avusturya otomotiv sanayinde 2200 ton kenevir lifi kullanılmıştır (50).

Kenevir lifleri ayrıca inşaat sektörü için yalıtım malzemesi olarak da kullanılmaktadır. Bununla birlikte, kenevir bitkisinden elde edilen lif dışındaki odunsu madde yine inşaat sektöründe değerlendirilmektedir.

2.1.3.2. Hayvansal Lifler ve Kimyasal Yapıları

Hayvanların deri ürünü olan kıl ve yünler ile bazı böceklerin salgısından elde edilmektedirler.

Tablo 14 Dünyada Ticari Üretimi Yapılan Hayvansal Lifler, Bazı Biyolojik Özellikleri ve Esas Üretim Bölgeleri (51)

Lif Tipi	Üretilen hayvan kaynağı	Üretildiği folikül tipi	Gömlek tipi	Lif çapı	Esas üretici ülkeler
Yapağı	Evcil Koyun	P ve S	Tek	Merinos (ince) yapağısı: 13-18 μ Halı yapağısı (kabayapağı): 36-45 μ	İnce Merinos Yapağısı: Avustralya, Yeni Zelanda, Güney Afrika Kaba Yapağı: Dünya geneli
Tiftik	Ankara keçisi	P ve S	Tek	25-35 μ	Güney Afrika, Teksas, Arjantin, Türkiye
Keşmir	Keşmir keçisi ırkları ve Ankara keçisi dışındaki diğer keçiler	S	Çift	13-19 μ	Çin, Moğolistan, İran, Afganistan,
Kaşgora	Ankara keçisi x Keşmir üreten keçiler	P ve S	Tek	19-23 μ	Yeni Zelanda ve Avustralya
Üst kaba kıl	Ankara keçisi dışındaki keçi ırkları	P	Çift	64-93 μ	Asya ve Afrika
Ankara tavşanı yünü	Ankara tavşanı	P ve S	Tek	Üst kaba lif: 30-120 μ Alt ince lif: 12-14 μ	Çin, Fransa, Şili
İpek	İpek böceği	-	-	10-13 μ	Asya Ülkeleri
Alpaka lifi (yünü)	Alpaka	P ve S	Tek	24-28 μ	Peru, Bolivya, Arjantin, Şili
Lama üst kaba ve alt lifi (yünü)	Lama	P ve S	Çift	Üst kaba lif: 34-80 μ Alt ince lif: < 34 μ	Peru, Bolivya, Arjantin, Şili
Vicuna lifi (yünü)	Vicuna (yabanî)	P ve S	Tek	6-10 μ	Peru, Bolivya, Arjantin, Şili
Guanaco lifi (yünü)	Guanaco (yabanî)	P ve S	Tek	40-80 μ	Peru, Bolivya, Arjantin, Şili
Deve üst kaba ve ince alt lifi (yünü)	İki hörgüçlü deve	P ve S	Çift	Üst kaba lif: 80 μ Alt ince lif: 14-28 μ	Çin ve Moğolistan
Yak üst kaba ve alt ince lifi (yünü)	Yak	P ve S	Çift	Üst kaba lif: > 52,5 μ Alt ince lif: 14-16 μ	Himalaya Bölgesi (Çin, Tibet)
Musk Öküzü üst kaba kılı ve alt ince lifi (yünü=Qiviut)	Musk Öküzü	P ve S	Çift	Üst kaba lif: > 20 μ Alt ince lif: 12 μ	Kanada, Grönland ve Alaska

Kuzey Amerika Mandası üst kaba ve alt ince lifi	Kuzey Amerika Mandası (yabani)	P ve S	Çift	Üst kaba lif: 21-110 μ Alt ince lif: 12-29 μ	Kuzey Amerika ve Alaska'nın Aleutian adaları
P: Primer folükül S: Sekonder folükül					

Tamamı veya büyük bir kısmı yumurta akı maddesinden oluşmaktadır. Yumurta akı maddesi proteindir ve Keratin, Fibroin, Kollajen... gibi lif oluşturabilen yumurta akı maddelerine skleroproteinler (düz zincir yapısında), albumin, globulin, hemoglobin... gibi hayvan ve bitkisel vücut sıvılarında bulunan yumurta akı maddelerine ise sferoproteinler (yumak şeklinde) denir (52).

Proteinler, Protein Makromoleküllerinin Kimyasal ve Molekülerüstü Yapısı:

Proteinler, aminoasit monomerlerinden oluşan makromoleküllerdir. Selüloz, poliamid, poliester... gibi diğer lif oluşturabilen makromoleküllerden farklı olarak, bir veya iki cins monomerin birçok molekülünün bir araya gelmesiyle oluşmamakta, proteinin cinsine göre, 30 kadar ayrı amino asidin birçok molekülünün bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Protein makromoleküllerini oluşturan amino asitlerin cins, miktar ve makromoleküller içerisindeki yerine bağlı olarak da, çok değişik özelliklerde protein ürünleri ortaya çıkmaktadır.

Proteini oluşturan aminoasitler; monoamino-monokarboksilliasitler (leuein, alanin, sistein...), diamino-monokarboksilli asitler (ornitin, arjinin...), monoamino-dikarboksilli asitler (asperjin asidi, glutamin asidi...), diamino-dikarboksilli asitlerdir (sistin, lantionin). Bunun yanında makromolekülerde aromatik veya heteroçiklik halka, hidroksil grupları ve kükürt içeren aminoasitler de yer almaktadır. Bu şekilde fazladan amino, karboksil grupları, heteroçiklik veya aromatik halka ve özellikle kükürt içeren aminoasitlerin, oluşturdıkları proteinin fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde etkisi çok önemlidir (52).

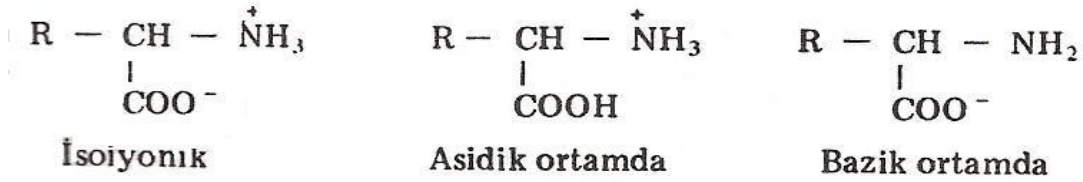
Protein makromoleküllerini oluşturan proteinlerin tümü, amino grubu ve karboksil grubunun aynı karbon atomuna bağlı olduğu, α -amino asitlerdir. Makromoleküllerde monomer olarak yer alabilen Dikarboksilli-aminoasitler ise α,ω -dikarboksilli amino asitlerdir. Yani ikinci karboksil grubu molekülün diğer ucundaki karbon atomuna bağlıdır.

Aminoasetik asit (glisin, glikokol) hariç, protein makromoleküllerinde bulunan bütün α -amino asitler optik izomeri göstermekte olup, L-konfigürasyonuna sahiptirler.

Protein makromoleküllerini oluşturan α -amino asitlerin hepsi L-konfigürasyonunda bulunmakla beraber, bunların bir kısmı linear polarize ışık düzlemini sağa (+), bir kısmı sola (-) döndürmektedirler (4,5).

Amino asitler hem bazik amino grubu, hem asidik karboksil grubu içerdiklerinden amfoter özellik göstermektedirler. Yani hem asitler ile hem de bazlar ile tuz oluşturabilmektedirler (4,5).

Amino asitlerdeki karboksil gruplarından kopan hidrojen iyonları, kendi amino gruplarına bağlanarak iç tuz oluştururlar. Her aminoasit için isoiyonik nokta denilen karakteristik bir pH- değeri vardır ve bu pH- değerinde amino asit iç tuz (dipolar iyon), daha düşük pH- larda katyon, daha yüksek pH- larda anyon halinde bulunur. İç tuz yapısında iken aminoasitler kimyasal maddelere karşı en dayanıklı haldedirler. Her hangi bir kimyasal madde aminoasit ile reaksiyona girecekse iç tuz yapısı bozulmalı ve amino asit bu isoiyonik noktadan ayrılmalıdır (52).



Şekil 14 İsoiyonik Noktada, Asidik ve Bazik Ortamda Aminoasitlerin Durumu (52)

Bir amino asidin amino grubu, komşu amino asidin karboksil grubuyla su açığa çıkarak (-CONH-) amid grubunu oluşturmakta ve böylece amino asitler birbirine bağlanmaktadır ki bu bağa 'peptid bağı' denir. Bu bağ üzerinden birbirine bağlanmış aminoasitlerin oluşturdukları molekül zincirlerine 'peptidler' denilmektedir.

Peptid zincirini oluşturan aminoasit sayısı 2-9 arasında ise bu moleküllere 'oligopeptidler', 10-100 arasında ise 'polipeptidler', 100'den fazla sayıda ise 'makropeptidler'denir. Proteini oluşturan makromoleküllerdeki aminoasit yapıtaşı sayısını 100 den fazla olduğu için bunlar makropeptidlerdir (4,5).

Bütün liflerde olduğu gibi, skleroproteinlerde de lifi oluşturan makromoleküller tek başlarına bulunmayıp, bunların arasında çeşitli çekim kuvvetleri vardır. Protein lifleri bilinen bütün doğal ve yapay lifler arasında en fazla çeşitte moleküllerarası çekim kuvvetlerinin var olduğu liflerdir. Bunlar;

Kovalent bağlar; disülfür (sistin) köprüleri (Yünde çok fazla, protein esaslı rejenere liflerde az, ipek liflerinde ise hiç yoktur), lantionin köprüleri (bazik işlem görmüş yün liflerinde), isopeptid bağları, lisinoalanin köprüleri (bazların etkisiyle yün kreatininde).

Tuz bağları; (Yün ve protein esaslı rejenere liflerde çok, ipek liflerinde ise azdır.)

Hidrojen köprüleri; bir peptid bağındaki NH- ile diğer peptid bağındaki CO-grubu arasında meydana gelir.

Apolar Bağlar (Hidrofob Çekim Kuvvetleri); apolar (hidrofob) alkil ve aril dalları içeren, bazı aminoasitler özellikle sulu ortamda hidrasyondan kurtulmak için, birbirlerine yaklaşmak istemektedir. Hidrofob çekim denilen bu bağ şekli 1960 yılından sonra, önce çözülebilen proteinlerde, daha sonra da skleroproteinlerde ortaya çıkarılmış olup, liflerin özellikleri üzerinde diğer bağlara göre daha az etkilidir.

Bütün liflerde olduğu gibi protein liflerinin moleküller üstü yapısı da, daha önce selüloz başlıklı kısımda anlatıldığı şekilde amorf ve kristalin bölgelerden oluşur (4,5,52).

2.1.3.2.1.İpek

Dünyada salgı üreten pek çok böcekten lif elde edilmesine rağmen ekonomik olarak ürün verenlerin sayısı oldukça azdır. Diğer yandan dutla beslenen bombyx mori türü evcilleştirilebildiği halde, diğerleri genelde koloni halinde yaşayan evcilleştirilmesi güç olan, daha çok bazı orman ağaçlarının yaprakları ile beslenen türlerdir. O nedenle bu ipek böceklerine “yabani ipek böcekleri” elde edilen ipeklere de “yabani ipek” denilmektedir (53).

Çalışmada sadece bombyx mori türüne ait dutla beslenen böceğin lifi incelendiğinden; tasar, muga, eri gibi dutla beslenmeyen ve yabani ipek eldesinde kullanılan böcekler ve bunların ipeklerinden bahsedilmeyecektir. Çalışmanın

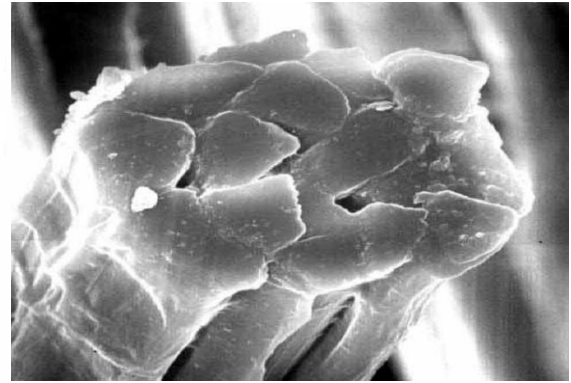
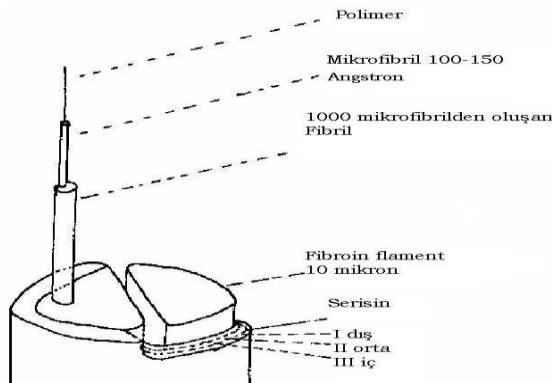
devamında ipek lifleri terimi ile ifade edilen ipek, bombyx mori türü böceğin salgıladığı ipek olacaktır.

İpek lifleri; bombyx mori böceğinde bulunan iki adet ipek salgı bezinden gelen salgının, böceğin alt dudağının ucunda bulunan bir delikte (filier) birleşip, tek tel halinde çıkmasıyla oluşmaktadır. İpek böceği bütün kozayı durmaksızın ördüğünden, kozadaki lif kesiksiz bir durumda bulunmaktadır. Bir kozada 1000-2700 m kadar lif bulunmakta olup, genellikle bir kozadan kesiksiz olarak çekilebilen ipek teli miktarı 500-1200 m kadardır (52).

İpek lifi dünyada yaklaşık olarak 20'den daha fazla ülkede üretilmektedir. Esas üretici ülkelerin Asya'da yer almasına karşın; Brezilya, Mısır, Bulgaristan ve Madagaskar'da da seri kültür sanayi bulunmaktadır. Ham ipek ve farklı ipek ürünleri üretimi sektörlerinde yoğun iş gücü istihdam edilmektedir. Çin ve Hindistan'da yaklaşık olarak 0.7-1 milyon kişi bu sektörlerde çalışmaktadır. Yine bu sektör Tayland'da ipek dokumacılığı yapan yaklaşık 20 bin aileye gelir sağlamaktadır. Dünya toplam ipek üretimi 2000 yılında yaklaşık 100 bin ton iken, üretim 2006 yılında 150 bin ton'a yükselmiştir. Bu üretimin yaklaşık olarak % 70'i Çin tarafından karşılanmaktadır. Bu ülkeyi Brezilya, Hindistan, Tayland ve Vietnam izlemektedir. Türkmenistan ve Özbekistan'da düşük düzeylerde de olsa üretim yapılmaktadır. Hindistan, İtalya ve Japonya ham ipeğin esas dış alımcısı ve işleyicisi ülkelerdir (54).

İpek Liflerinin Yapısı

Bir ipek lifi serisin denilen yumurta akı maddesi tarafından etrafları sarılmış 2 tane fibroin lifinden oluşmaktadır.



Şekil 15 İpek Liflerinin Enine Kesiti Şematik ve Mikroskobik Görünüm (55)

Fibroin ile serisinin arasındaki en önemli fark; serisinin amorf yapısına karşın, fibroinde kristalin yapının ağırlık kazanmasıdır. Esasında; ipek böceğinin salgı bezindeki fibrinojende de amorf yapı mevcuttur ancak ipek böceği koza yaparken kendisini iki dal arasına yerleştirmekte ve ilk salgısını bu dallara yapıştırarak koza yapımına başlamakta, aynı zamanda baş kısmının belirli ve düzgün hareketleriyle salgıladığı ipeği gerdirmektedir. Hem baş hareketinden ve askıdan kaynaklı germe, hem de salgılanan sıvının ağız bölgesindeki dar çıkışından dolayı meydana gelen mekaniksel etkiler ile; fibroin de kristalin yapı ağırlık kazanmaktadır. Serisin de fibroin gibi protein makromolekülü olup; serisinde fibroinden farklı olarak, glisin ve alanin miktarı az, buna karşılık serin, asparajin ve glutamin asit miktarı fazladır. Gerek amorf yapısının gerekse içerdiği bol miktarda hidroksil ve karboksil gruplarının sonucu olarak, serisin sıcak suda ve özellikle hafif bazik sıcak suda çözülmetedir (52).

Ham ipek liflerinde bulunan yağ, anorganik maddeler ve boyarmaddelerin tamamına yakını fibroini saran serisin tabakasında bulunmaktadır. Bu nedenle serisini uzaklaştırılan lifler bu yabancı maddelerden de arınmış olur (55).

Fibroin makromoleküllerinin moleküler üstü yapısında; sistin köprülerinin hiç olmadığı, tuz köprülerinin yüne nispeten çok daha az olduğu görülmektedir. Makromolekülleri bir arada tutan bağ hidrojen köprüleridir (52).

Tablo 15 Ham İpek Lifinin Bileşimi (52)

	Mutlak Kuru (%)	Normal Kuru (%)
Fibroin	72-81	64-73
Serisin	19-28	17-25
Yağ ve Mumlar	0,5- 1	0,45-0,9
Boyarmadde ve anorganik maddeler	1-1,4	0,9-1,25
Su	-----	10-11

Tablo 16 Fibroin ve Serisinde En Fazla Bulunan Aminoasit Yapıtaşları (52)

Amino asit Cinsi	Fibroin için	Serisin için	Keratin için
Glisin (Glikokol)	42,8	8,8	5,3
Alanin	32,4	4,0	3,8

Tirosin	11,8	4,9	4,1
Serin	14,7	30,1	7,2
Threonin	1,2	8,5	6,6
Asparajin Asit	1,6	16,9	6,3
Glutamin Asit	1,4	10,1	13,0
Lisin	0,5	5,5	3,1
Arjinin	0,5	4,2	9,1

İpek Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Nem çekme özelliği çok yüksektir. Islaklık hissi vermeden % 30'a kadar nem çekebilir. Ticarete kuru ağırlığının % 11' i kadar nem kabul edilir. Ham ipek, açık sarı veya krem rengindedir. Elektrik iletkenliği çok kötüdür. Hayvansal lifler içinde en dayanıklı olanıdır. Koparılmaksızın % 10- 25 gerilebilir. Islakken dayanıklılığının % 15'ini kaybeder. İpek filamentlerinin tuşesi yumuşaktır. Çünkü filamentlerin yüzeyi düzgün ve pürüzsüzdür. İpek elyafının orta derecede bir esnekliği, iyi bir tutum ve mükemmel bir döküm özelliği vardır. Parlak ve hidrofilitesi (su emiciliği) yüksektir (56).

İpeğin parçalanması kimyasal maddelerle gerçekleştirilebilmektedir. Asitlerle hidrolize sonucunda yapısındaki aminoasitlerde azalma meydana gelmektedir. İpeğin biyolojik olarak parçalanmasına yönelik birkaç rapor bulunmaktadır. *Bacillus* cinsine ait farklı bakteri türleri ve genellikle *Aspergillus* cinsine ait bazı mantarlar ipek üzerinde yetiştirebilmekte ve boyanma özelliklerini değiştirmektedirler. Ham ipek üzerinde yetiştirebilen çok miktarda mantar bulunurken, bakteri türlerinin tümü ipek üzerinde yetiştirememektedir ve boyanmalarını etkilememektedirler (57).

Genel olarak ipek lifleri asitlere karşı oldukça dayanıklı iseler de bu dayanıklılık yün liflerinde öğrenilene nazaran çok daha kısıtlıdır. İpek lifleri özellikle derişik kuvvetli asitler içerisinde hidrolize uğrayarak çözölmektedirler. Hidroklorik asit, sülfürik asit, özellikle sıcak olduğunda fibroini seri şekilde çözölebilmektedir. Genelde ipek lifleri bazlara karşı duyarlı ve oldukça dayanıksız liflerdir. Ancak bu duyarlılık yündeki kadar fazla değildir. Tuzların ipek liflerine etkisi bir dereceye kadar tuzların selüloz liflerine etkilerine benzemektedir. Her iki lifte de makromoleküller arasındaki

en önemli bağların H-köprüleri olduğu düşünülürse bu benzerlik kolayca anlaşılabilir. Buna göre bazı alkali ve toprak alkali metallerin tuzları ipek liflerini şişirecek ve hatta kısmen çözecek şekilde etki göstermektedir (55).

İpek lifleri fibroin, alkol, eter gibi organik çözücülerde çözünmez. Bunun yanında suda da çözünmez. İpek lifi, güneşte uzun süre kaldığında renginde sararma görülür. İpek, ısıya karşı yünden daha duyarlıdır (56).

İpek Liflerinin Kullanım Alanları

İpek, esas olarak yüksek kaliteli giyim ürünleri ile birlikte, halı, döşeme ve duvar kaplamaları gibi ev ürünlerinin üretiminde, elbiselik kumaş, eşarp ve diğer giysilerde kullanılır (54,56).

İpek lifi; şık ve zarif giysiler, bluzlar, erkek gömlekleri, şal, baş örtüsü, ipek çorap, kravat, gecelik, iç çamaşırı, perde, yastık yüzleri, halı, abajur, dikiş iplikleri, daktilo yazı şeritlerinin yapımında kullanılır (26).

İpek lifinden elde edilen kumaşlar; taftalar, serj ve diagoneller, satenler, armürler, kadifeler, tüylü (havlı, pürüzlü) iplikler, krepler, tüller, gazlar (ipek vual vb.), desenliler, fantezi ve egzotik iplikler, kravat ve korse yapılan iplikler ile mobilyacılıkta kullanılan ipliklerdir (26).

2.1.3.2.2. Yün

Koyunlardan elde edildiği şekilde yün yağıltılı, yıkanmamış, ham haldedir. Bu halde iken yün kabaca beş öğeden oluşmaktadır. Bunlar; yün lifleri, yün yağı, yün teri (deri döküntüleri ile birlikte), pislikler ve nemdir. Tekstil endüstrisinde kullanılan yün lifi bu maddelerden arındırılarak kullanıldığından, bu yabancı maddelere değinilmeyecektir.

Genel olarak dünyada kullanılan yün lifleri ve üreticileri ve üretim miktarları aşağıda tablo olarak gösterilmiştir.

Tablo 17 Yün Cinsi Liflerin Dünyadaki Üretim Miktarları (58)

Lif Cinsi	Ana Üreticiler	Üretim Miktarı (ton)
Koyun Yünü	Yeni Zellanda – Avustralya - Güney Afrika	1,851,000
Moher-TiftikKeçisi	Güney Afrika – Amerika - Türkiye	22,000
Kaşmir	Çin-İran	5,000

Angora	Çin-Fransa-Şili	8,500
Alpaka	Peru-Avustralya	4,000
Lama	Bolivya	600
Vicuna	Peru	3

Yün Liflerinin Yapısı

Yıkanmış kuru yün liflerinin elementer analizleri sonucu elde edilen veriler aşağıda tablo biçiminde gösterilmiştir.

Tablo 18 Kuru Yün Lifinin Elemental Kompozisyonu (59)

Element	Ağırlık (%)
Karbon	50-52
Hidrojen	6,5-7,5
Oksijen	22-25
Azot	16-17
Kükürt	3-4

Yün lifleri makropeptid makromoleküllerinden olup, yünü oluşturan yumurta akı maddesine ‘Keratin’ denir. Keratin makromolekülleri; 22 ayrı cins α -aminoasit monomerden oluşmaktadır (52).

Yün liflerindeki keratin ve protein, bu lifin eşsiz özelliklerinden birçoğunu sağladığına inanılan, zincir içi ve zincirler arası güçlü bağlar sayesinde oluşan, katlı olmaktan ziyade helisel formda bulunan bir zincir yapısına sahiptir. Yün lifleri diğer tüm doğal ve yapay liflerden daha fazla çeşitte moleküllerarası çekime sahiptir (60).

Moleküler üstü yapısına bakıldığında; bu makromoleküllerin birbirlerine;

kovalent bağlar; disülfür (sistin) köprüleri, lantionin köprüleri (bazik işlem görmüş yün liflerinde), isopeptid bağları, lisinoalanin köprüleri

tuz bağları,

hidrojen köprüleri,

apolar bağlar (hidrofob çekim kuvvetleri) ile bağlı oldukları görülmektedir (52).

Bu bağlar arasında disülfür bağları tekstil kimyası açısından ayrı bir öneme sahiptir. Yünün kimyasal reaktifliği büyük ölçüde sistin aminoasitine bağlıdır. Sistin okside olabilir, miktarı azaltılabilir yada hidrolize olarak çeşitli karmaşık reaksiyon

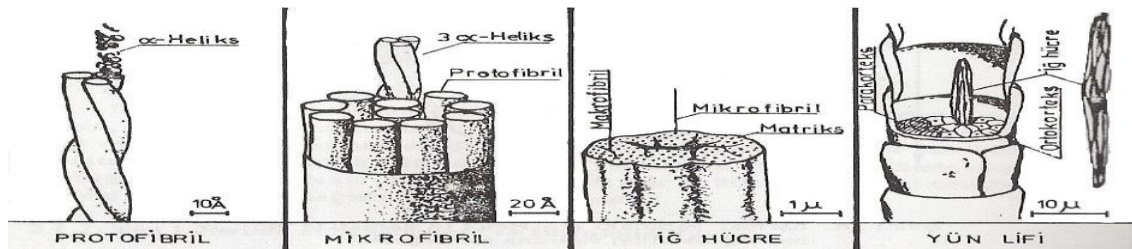
ürünleri verebilir. Sistin bir diaminosittir ve komşu polipeptid zincirlerini disülfür bağları olarak bağlamaktadır (61).

Yün liflerinin histolojik yapısı incelendiğinde, bir yün lifi üç tabakadan oluştuğu görülmektedir. Bunlar; epidermis (kütikula, örtü hücreleri, pul) tabakası, korteks tabakası ve medulla tabakasıdır.

Epidermis; boynuzlaşmış, yassılaştırmış, cansız epitelyum (kutikül) hücrelerinden oluşmaktadır. Bunlara örtü hücreleri ya da balık pullarını andırdığı için pul tabakası da denir. Örtü hücrelerinin alt kısımları, kendilerinden sonra gelen örtü hücrelerinin üst kısımları ile örtülmüş durumdadır. Üst kısımları ise hafifçe yukarı kalkmıştır. Üst kısımlarının bu konumu ve uçlarının serbest olmasından dolayı, yün liflerinin yüzeyinde belirli bir düzende ve yönde pürüzlülük meydana gelmektedir. Bu durum yün liflerinin keçeleşme ve birbirine sarılma (kohezyon) özelliklerini etkilemektedir (52).

Elektron mikroskobu ile yapılan araştırmalar; epidermin, epikütikula, ekzokütikula ve endokütikula tabakalarından oluştuğunu göstermektedirler. En dışta bulunan 3-10 nm kalınlığındaki epikütikula zarının da protein olduğu bilinmektedir. Ancak epikütikula zarı normal yün keratininden farklı özellikler göstermesi ve lifin en dış kısmında yer alması, tüm yün lifinin özelliklerini, özellikle terbiye işlemleri açısından etkilemektedir (52).

Korteks; yün lifinin % 90 kadarını oluşturmaktadır. Kortikal hücrelerden oluşur. Elektron mikroskobunda bu kortikal hücrelerin, makrofibrillerden, makrofibrillerin de mikrofibrillerden oluştuğu görülebilmektedir ve bunlar da 11 adet protofibrilden oluşmaktadır ki protofibriller, 2-3 tane α helix (sarmal) makropeptid makromoleküllerinin bir elektrik kablosu gibi birbirine sarılması sonucu meydana gelmektedir (52).



Şekil 16 Yün Liflerinin Molekülerüstü ve Histolojik Yapısı (52)

Korteks tabakası, her tarafta aynı özellikte bir yapıya sahip olmamakta, ikili (bilateral) bir yapı göstermektedir. Ortokorteks (B-Korteks) ve parakorteks (A-Korteks) adı verilen bu iki kısım bazı özellikler bakımından farklılaşmaktadır. Kimyasal bileşimlerinde önemli farklılıklar olmayan ortokorteks ve parakorteks kısımlarının miktarları ve lif içerisinde yerleşiş şekilleri çeşitli yün tiplerinde farklılık göstermektedir. Bu yerleşiş durumlarının simetrik veya asimetrik olması yün liflerinde kıvrımlılık ile yakından ilgili olup, simetrik yerleşme durumunda lif kıvrımlarının az olması sonucunu doğurmakta, asimetrik yerleşimde ise kıvrımlılık artmaktadır. . Örneğin; hemen hemen tümüyle parakorteksten oluşan insan saçı düz, ortokorteksten oluşan oğlak tiftik lifleri çok hafif dalgalıdır. Az kıvrımlı kaba yünlerde simetrik yerleşim ile lifin orta kısmı ortokorteks ve bunun etrafı parakorteksten oluşmakta, ince ve kıvrımlı merinos yünlerinde asimetrik yerleşim hakim olmakta; parakortikal hücreler lif kıvrımlarının iç bükey kısımlarında, ortokortikal hücreler lif kıvrımlarının dış bükey kısımlarında bulunmaktadır (52).



Şekil 17 İnce, Kıvrımlı Merinos Yünlerinde Ortokorteks ve Parakorteks Kısımlarının Yerleşim Durumları (52)

Medula; mih kanalı olarak ta bilinen medula, lifin deride meydana geliş sırasında ortasında yer alan gevşek yapılı geniş hücrelerin sonradan kurumaları ile oluşmaktadır. İçleri hava ile dolu olduğundan mikroskop ile incelenirken siyah renkli görünürler. Prensip olarak; lif kabalaştıkça mih kanalı kalınlaşmakta, lif incelidikçe mikroskop altında görülemeyecek kadar incelmektedir. Ancak bu prensip kesin olmayıp, hayvanların ırkına, kişiliğine ve bakım durumuna göre büyük farklılıklar göstermektedir (52).

Yünün eğrilebilme özelliğini olumsuz etkilediğinden bu tabakanın olması iplik üretiminde istenmeyen bir durumdur.

Kemp kılı; ASTM'e (American Society for Testing and Materials) göre; medulası oluşmuş kemp lifi (kalın hayvansal lif); lif çapının %60 veya daha fazlası medula oluşturan liftir. Medulası oluşmuş bir lif orijinalinde medula içerir. Medula,

memeli hayvanlardan elde edilen liflerde korteks tabakası içinde az veya çok miktarda uzanan hücresel iliklerdir. Medulalı lifler, özellikle boyun, bel ve bacak bölgesinde bulunan daha kalın, daha düz ve dolayısıyla daha uzun liflerdir. Optik yöntemlerle enine kesit üzerinden ölçülebilirler (62-64,102).

Yün Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Yünün iplik yapılabilmesine en çok etki eden özelliği inceliğidir. Yün lifi aynı tulupta bile, incelikleri bakımından farklı özellikler gösterir. Çeşitli yün liflerinin incelikleri 10-70 mikron arasında değişmektedir. Bir yün lifinin uç orta ve alt kısımlarının çapları da farklılık gösterir. Bu farklılık ne kadar az ise yünün değeri artar. Çeşitli ülkelerde yün liflerinin incelik derecelerini değerlendirmek için yapılan farklı sınıflandırmalar Tablo 19’da gösterilmiştir (52).

Yün lifinin iplik yapılabilirlik özelliğine etki eden, incelikten sonra en önemli faktör uzunluktur. Elyaf uzunluğu hayvanın cinsine ve tulubun bölgelerine göre ve iki kırkım arasında geçen süreye de bağlı olarak değişim gösterir. Yün lifleri kıvrımlı olduklarından, liflerin gerçek uzunlukları ile kıvrımlı haldeki uzunluklarında (lüle uzunluk, doğal uzunluk) fark vardır. Liflerin herhangi bir kuvvet etkisi altında kalmadan gömlek üzerinde, doğal kıvrımlı haldeyken ölçülen uzunlukları ile iki ucundan tutulup çekilerek kıvrımları düzeltildikten sonraki gerçek uzunlukları arasındaki orana bağlı olarak; Kıvrımsız veya az kıvrımlı 1:1,1 ; Orta kıvrımlı 1:1,6 ; Yüksek kıvrımlı 1:1,9 yünler olarak kabul edilirler.

Lifin inceliği ile uzunluğu arasında yakın bir ilişki vardır. Lif uzadıkça kalınlaşır, incelidikçe kısalır (52).

Tablo 19 Çeşitli Ükelere Ait Yün Sınıflandırma Değerlerinin Karşılaştırması (52)

İncelik (μ)	Uzunluk (cm)	İngiliz (Bradford)	Alman	Fransız	Amerikan
15-17		90/100's	AAAA	140/150	ext.fine xxxx
16-18	5-8	80's	AAA	130	very fine xxx
19-20	3-5	70/80's	AA	120	fine xx
21-22	2-3	64's	A	110/115	fine medium x
23-24	6-8	60/64's	A/AB	prime croise	high half blood

25-26	8-10	60's	AB/B	croise I.	half blood
27-28	10-12	58's	B	croise II.	3/8 blood
29-30	10-12	56's	C1	croise III.	high ¼ blood
31-33	12-15	48/50's	C2/D	croise III.	¼ blood
34-36	15-18	44/46's	D1	croise IV.	low 1/4
37-39	16-18	44's	D2	croise V.	commen
40-41	18-20	40's	E	croie V.	braid
42-44	20-22	36's	EE	croise VI.	very low

Yün oldukça dayanıksız bir liftir. Yün ıslandığında dayanıklılığı daha da azalır. Pamuk ve keten gibi bitkisel liflerle karşılaştırıldığında daha dayanıksız olduğu görülür.

Yün lifleri keçeleşme özelliği olan liflerdir. Bu özellik; lifin üzerindeki pulların rutubet, sıcaklık ve basıncın etkisiyle birbiri içerisine girerek, girift bir yapı oluşturmasıdır. Keçeleşme daha çok ince yünlerde görülür. Keçeleşme tekstil ürünlerinde genelde istenmeyen bir durumdur ancak bazı kumaşların yapımında keçeleşme özelliğinden yararlanır.

Bir tutam lif demetini sıkıştırdıktan sonra basıncın kalkması ile ilk biçimine dönme yeteneğine yaylanma yeteneği denir. Yaylanma, elastikiyetten farklı bir özelliktir. Yünün yaylanma yeteneği iyi olduğundan mamulün buruşmaya ve ezilmeye karşı dayanıklılığı fazladır. Bu özellik halı ve kilim gibi mamullerde önemlidir. Kısa yün elyafının yaylanma yeteneği yüksektir.

Yün liflerinde en önemli özelliklerden biri de uzama, esnekliktir. Çekim kuvveti kısa zamanda kaldırılırsa eski boyutuna geri döner.

Yün ve diğer kıl kökenli liflere özgü olan biçimlenme özelliği geçici ve devamlı olarak meydana gelir. Islatılmış yünlü kurutulurken belli bir basınçla istenen şekilde tutulursa, tamamen kurduğunda bu şekli alır ve kuru kaldığı sürece şeklini muhafaza eder. Ancak ıslatıldığında yeniden eski biçimine döner (52).

Yün en fazla nem çeken elyaftır. Kendi ağırlığının yarısı kadar nem çekebilir. Bu bakımdan ticarete üzerindeki nem miktarı % 16- 18 olarak sınırlandırılmıştır. Bu üstün nem alma yeteneğinin nedeni yapısındaki amorf bölgelerin çokluğudur. Ancak yün lifi çok yavaş su çekebilmektedir. Çünkü lifin dış yüzeyi hidrofob gruplardan

oluşurken, hidrofil gruplar merkezdedir. Yün lifleri mikroskop altında incelendiğinde kütikula tabakası görülmektedir. Üzeri ince bir lanolin (yün yağı) ile kaplanmış bu tabaka, liflere su itici özellik kazandırmaktadır. Bu da liflerin ilk etapta suyu almalarını zorlaştıran etmendir (65).

Yün lifi, nem alırken fazla miktarda ısı açığa çıkarır. Kışın bu özelliğinden dolayı tercih edilir. Yün lifi elektriği çok zayıf iletir. Bu nedenle iplik eldesi sırasında statik elektrikle yüklenir. Bunu önlemek için çalışma ortamının rutubet ve sıcaklığı % 12'den aşağı olmamalıdır (56).

Yün lifleri suyla ıslatıldığında dayanıklılığının bir kısmını kaybeder, ancak gerilme kabiliyetinde artma görülür. Bunun nedeni su moleküllerinin polimer zincirler arasına girip, zincirler arasındaki etkileşim noktalarındaki kuvvetleri azaltmasıdır. Yün sıcak ve soğuk su içinde bekletilirse ağırlığının % 10' u kadar şişer. Bunun sonucu olarak elyafın çapı % 18–20, boyu ise %1–2 kadar artar. Kuruduğunda eski biçimine geri döner.

Yünler 100- 105°C' a kadar ısıtılırsa taşıdıkları nemi tamamen kaybederek sert ve dayanıksız bir hâl alır. Renginde sararma görülür. Boyar maddelere karşı ilgisi azalır. Bu yünler yeniden nemli bir ortama konuldukları zaman, ortamın nemini yeniden alır.

Uzun süre güneş ışığına maruz kalan yünler kırılgan ve gevşek bir hâle gelir, boya alma yeteneği azalır. Boyama sırasında fazla ışık almış kısımlarda abrajların (düzgünsüzlük) meydana geldiği görülmektedir. Mukavemetinin azaldığı, doğal renginin sarardığı ve matlaştığı görülür.

Yün asitlere karşı bazlardan daha dayanıklıdır. Asitler yoğunluklarına göre yüne farklı etkiler yapar. Genel olarak seyreltik asit çözeltileri soğukta yüne etki yapmaz. Dayanıklılığında bir azalma görülmez. %80'e kadar derişik asit çözeltileri soğukta ve kısa sürede, yünün dayanıklılığını azaltır. Bu etki sıcaklık ve temas süresi arttıkça artar. Önceden asitle işleminden geçirilen yünün asit boyalarına karşı ilgisi, işleminden geçirilmemiş yüne oranla daha iyidir ve daha düzgün bir şekilde boyanır.

Yünler baz çözeltilerinde oldukça çabuk çözünür. Yündeki bu etkiler, bazın cinsine, sıcaklığa, süreye ve konsantrasyonuna (yoğunluğuna) göre değişir. Karbonat

tuzları, amonyak gibi zayıf bazlar yüne fazla zarar vermez. %3' lük sodyum veya potasyum hidroksit çözeltisinde kaynatılan yün tamamen çözünür.

Yün magnezyum ve kalsiyum iyonları içeren sert sularda kaynatıldığında renginde sararma görülür. Demir, krom, bakır, kalay gibi ağır metaller ile alüminyum tuzları da yün lifleri tarafından abdsorbe edilmektedir.

Yün boyamacılığında yardımcı madde olarak kullanılan bu tuz çözeltileri ile kaynatıldıkları zaman suda çözünmeyen bileşikler meydana getirir. Bu işleme boyacılıkta mordanlama denir (52).

Yün Liflerinin Kullanım Alanları

Elbiselik kumaş yapımında, kısa lifli yünler, keçe ve fötr şapka yapımında, çorap, eldiven, bere, şapka, şal yapımında, kalın yünlerden elde edilen iplikler halı ve battaniye yapımında kullanılır.

Kazaklar, manto, takım elbise, kravat, mobilya döşemeleri, ayrıca romatizma vb. hastalıklarında tavsiye edilen örgülerin yapımında da kullanılır (26).

Yünden eğrilen çok ince ipliklerden elde edilen çok hafif kumaşlar uçakların iç döşemelerinde kullanılmaktadır. Yün sahip olduğu güç tutuşurluk, kir iticilik ve esneklik özellikleri ile halıcılık için de değerli bir malzemedir (66).

Yün lifi medikal alanda; sargılarda, basınçlı bandajlarda, yara örtülerinde, yaralanmayı önleme amaçlı özel giysilerde ve yatak yarasının önlenmesi amacıyla kullanılan tıbbi pöstekilerde kullanılmaktadır (60).

Yün özellikle hafif iğnelenmiş dokusuz yüzey olarak tohum ekiminden sonra örtü olarak kullanılabilir. Böylece buharlaşma azaltılmakta ve toprak sabit sıcaklıkta kalabilmekte, bunun sonucu olarak da yeşerme hızlanmaktadır. Yün hasır ve dokusuz yüzeyler, ticari olarak tenis kortlarında, kriket sahalarında ve park alanlarında kullanılmaktadır (66, 67).

Yünlü kumaşlar eriyik metallerin akıtılmasında ve özellikle demir ve alüminyum eritme tesislerinde kullanılmaktadır. Metal işleme endüstrisinde çalışan işçilerde ise özellikle yüksek ısıya ve ısıya maruz kalan çalışanların yünün termal tamponlama

özelliği sayesinde korunabilmektedirler. Havacılıkta, uçuş personelinin giysilerinde de yün lifi kullanılmaktadır (52,68).

Yün liflerinden elde edilen kumaş çeşitleri; fresko, muflon, keçe, şevyot, alpaka, twid, çuha, şerj (şayak), yün krep, aba, filafil isimleri ile bilinmektedir (26).

2.1.3.2.3.Tiftik

Evcil hayvanlar arasında yer alan keçi; et, süt ve elyafından yararlanılan, ekonomik değere sahip bir türdür. M.Ö. 9000-7000 yılları arasında Orta Doğu'da evcilleştirildiği düşünülmekte, *Capra prisca adamets* (kılıç boynuzlu), *Capra falconeri* (burgu boynuzlu) ve *Capra aegagrus* (hilal boynuzlu) yabani keçi ırklarından köken aldığı kabul edilmektedir (69).

Bulundukları bölgelere göre; İsviçre orjinli (Saanen, Alpin), Akdeniz orjinli (Malta), Asya orjinli (Kaşmir, Jamnapari), Afrika orjinli (Boer) gibi çeşitli ırkları mevcuttur.

Tiftik keçisinin, esas yetiştirilmesi Ankara ve civarı olduğu için 'Angora Goat' olarak da bilinmektedir.

Ankara keçisi (*Capra angorensis*, Linn), Orta Anadolu'dan orijin alan ve günümüzde Güney Afrika, Teksas, Avustralya ve Arjantin gibi birçok ülkede yetiştiriciliği yapılan yüksek kalitede yüne sahip bir keçi ırkıdır. Anavatanı Anadolu olmasına karşın dünya tiftik üretiminde ülkemiz gerilerde yer almaktadır (70).

Tiftik veya mohair Arapça "muhayyer", "yumuşak" anlamına gelen Ankara keçisinden üretilen bir elyafır.

Tiftik Liflerinin Yapısı

Keçi soyuna ait hayvanlardan elde edilen lifler üzerinde özellikle 1970'li yıllara kadar geniş çaplı sistematik çalışmalar yapılmamıştır. Tiftiğin yapısı hakkında halen bilinenler esas olarak yün lifleri üzerinde yapılmış olan geniş çaplı çalışmalara dayanmaktadır (71).

Kalınca bir tiftik lifi; kutikula, korteks ve medula tabakalarından meydana gelmektedir. Bir keçiden alınan gömlek çeşitli incelik ve uzunluklarda tiftik lifleri ile beraber kemp kılları da ihtiva etmektedir.

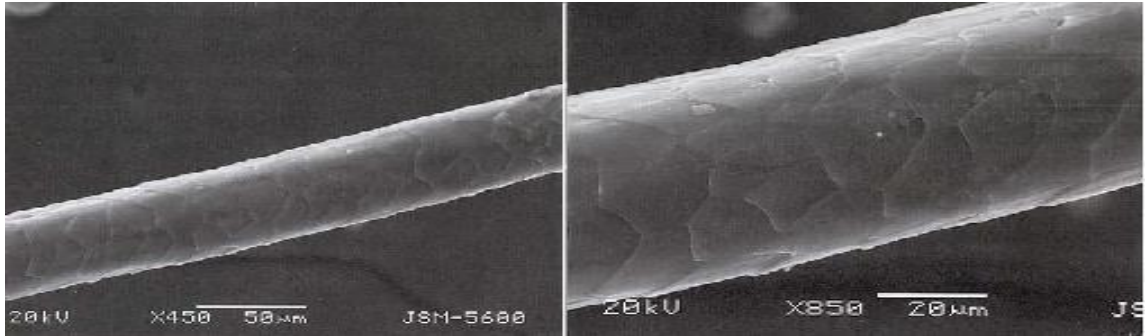
Tiftik liflerinin yapısını oluşturan bu tabakalar; tiftik lifleri gibi, protein esaslı ve deri ürünü olan yün liflerinde de bulunmakta, bu tabakalarla ilgili bilgiler çalışmanın *Yün Liflerinin Yapısı* başlığı altında verilmiş olduğundan, burada sadece, tiftik liflerinin yapısını oluşturan bu tabakaların, yün liflerinden farklı ve benzer yönlerinden bahsedilecektir.

Kutikula tabakası;

Yün liflerinde kütikula tabakasının kalınlığı $0.7 \mu\text{m}$ 'dan büyük iken, tiftik liflerinde $0.5 \mu\text{m}$ 'dan küçüktür (72). Bu bize tiftik liflerinde yünden farklı olarak pul tabakasının yok denecek kadar az olduğunu ifade eder ki, bu nedenle tiftik lifleri keçeleşmemektedir (73).

Yün ve diğer deri ürünü hayvansal liflerde olduğu gibi bu tabakada bulunan örtü hücreleri, tiftik liflerinde daha ince olmakla beraber daha geniştir. İnce, orta ve kalın liflerde örtü hücrelerinin şekilleri az veya çok değişiklik göstermektedir (74).

Örtü hücrelerinin üst kenarları tiftik liflerinde çok fazla kalkık değildir. Bu nedenle eksenle yaptıkları açılı yün lifleri kadar büyük olmamaktadır. Tiftik liflerinin kenarları birbiri üzerine fazla katlanmaz. Bu durum liflerin daha parlak görünmesini ve yumuşak olmasını sağlamaktadır (75).



Şekil 18 Tiftik Lifinin SEM Görünümü (76)

Kütiküler hücre sayısı taramalı elektron mikroskop (SEM) ile yapılan araştırmalarda tiftik ince alt liflerinde $3-4.5/100 \mu\text{m}$ olarak ölçülmüştür (77). Bu oran Utkanlar'a göre, Ankara keçisinde $5/100$ mikrondur. Pulcuk sayısı ve pulcuk yüksekliği arasında oransal bir ilişki bulunduğunu ve pulcuk yüksekliğinin 17.67 ile $19.49 \mu\text{m}$ arasında değiştiğini bildirmektedir (78). Merinos liflerinde ise 100 mikrona isabet eden örtü hücrelerinin sayısı $10-11$ civarındadır (75). Jeol 5600 SEM mikroskobu

kullanılarak, Kırıkkale çevresinde yetiştiriciliği yapılan farklı cinsiyetlerdeki 12-18 aylık 20 Ankara keçisinden alınan tiftik lifleri ile yapılan bir çalışmada ise, 100 mikrondaki pulcuk sayısı $4,6 \pm 0,49$ olarak bulunmuştur (76).

Tiftik liflerinde örtü hücrelerinin uzunlukları 18-22 mikron arasındadır (75).

Korteks Tabakası;

Yün liflerinde olduğu gibi tiftik liflerinin korteks tabakasında ortokorteks ve para korteks denilen iki tip hücre bulunmaktadır. Fakat liflerde ortokorteks hücrelerinin oranı çok yüksek olduğundan bunların sadece bu hücrelerden oluştuğu sanılmaktadır. Tiftik liflerinde kıvrım sayısının az oluşu da buna bağlıdır (75).

Bu tabaka, yünlerde olduğu gibi, iğ veya mekik şeklindeki hücrelerin yan yana sıralanmasından meydana gelmektedir. Bu hücrelerin sıralanış biçimi, aynı zamanda liflerin sahip oldukları esneklik ve mukavemetleri bakımından, yüne büyük bir benzerlik göstermektedir. Yalnız bu liflerin esnekliği yüne kıyasla biraz daha düşük, mukavemeti ise biraz fazla olmaktadır (75).

Tiftik liflerinin yan yana dizili kortikal hücreleri arasında çeşitli uzunlukta pipo veya sigara biçiminde, içleri hava ile dolu, vaküoller vardır. Bunların çeşitli liflerdeki oranları oldukça değişiktir (75).

Medula Tabakası;

Tiftik liflerinin bazılarında mevcuttur. Saf tiftik sürülerinde medulalı lif miktarı normalde %1'den azdır. Yaşlı hayvanlarda, liflerdeki kalınlaşmayla orantılı olarak %3-5'e kadar medulalı lif miktarı çıkabilmektedir (75).

Tiftik liflerinde, yünde olduğu gibi medula devamlı, kesintili veya parçalı şekillerde olmakla birlikte, kesintisiz biçimli medula daha yaygındır (75).

Yün liflerinde olduğu gibi, tiftik lifleri içerisinde de; kemp kılları mevcuttur. Bu kıllar, normal tiftik liflerinden; beyaz veya opak renkleri, geniş medulalı yapıları, kaba görünüşleri, ölü, gevrek ve kırılkan olmaları, lif uç kısımlarına doğru inceliklerinin artması ve sivrilmeleri ile kolaylıkla ayrılabilen kıllardır. Kemp kıllarında örtü hücresinin sayısı, 100 mikron uzunluğunda 10 adetten daha fazla olduğundan normal tiftik liflerine oranla iki kat örtü hücresi bulunmaktadır (74).

Tiftik Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Tiftik liflerinin incelikleri, yünlerde olduğu gibi mikronla ifade edilmekte ve lifin çap genişliği dikkate alınmaktadır. Fakat, tiftik liflerinin inceliğinin hayvanın genç veya yaşlı olmasına bağlı olarak değişim göstermesinden dolayı yün liflerindeki gibi standart bir sınıflandırma yapılamamaktadır (74).

En ince tiftik lifleri oğlaklarda olup 10-40 mikron arısında değişmektedir. Ergin tiftiklerin liflerinde bu sınır 25-90 mikron, çepiçlerden elde edilen liflerde ise 25-60 mikron arasındadır. Hayvanlar yaşlandıkça liflerin kısmen kalınlaştığı bilinmektedir. Fakat bu kalınlaşma liflerin sadece çap genişliği ile olan ilişkilerinde söz konusudur. Liflerin diğer fiziksel özelliklerinde herhangi bir kalite düşüklüğü söz konusu değildir (75).

Türk tiftiklerinde incelik ortalaması 20,5 - 41,5 mikron arasında, dünyada ise 33-36 mikrondur. Bu durum Türk tiftiklerinin genellikle incelik bakımından, ayrıca parlaklık ve bukle şekli bakımından dünya tiftiklerinden daha üstün olduğunu göstermektedir (74).

Tablo 20 Türkiye’de Üretilen Tiftiklerin Bazı Kalite Özellikleri ve Kullanım Alanları (79, 80, 81)

Cinsiyet / yaş	Kirli tiftik miktarı (kg)	Lif çapı (μ)	Mukavemet (g)	Lüle Uzunluğu (cm)	Esas Kullanım Alanları
Oğlak dişi	1,100	26,24	-	15,46	Kumaş, kilim, battaniye, şal, sof ve diğer geleneksel el sanatları üretimi
Oğlak erkek	1,200	26,21	-	15,49	
Dişi 2 yaşlı	2,100	26,46	23,63	13,28	
Dişi 3 yaşlı	2,400	31,08	22,68	14,53	
Dişi > 3	2,500	33,76	-	15,14	
Teke	2,600	35,96	23,74	15,86	

Lif uzunluğu, iki kırkım arasında, yani 12 aylık bir dönemde, kılların gösterdiği büyüme durumudur (82).

Lif uzunluğu hayvandan hayvana farklı olabileceği gibi aynı tulup üzerinde vücudun çeşitli bölgelerine göre de değışebilmektedir. Lifler omuz hizasında en uzun olup, vücudun önünden arkasına doğru kısalmaktadır (74).

Genel olarak liflerin boyu, lifler inceldikçe kısalmakta, kalınlaştıkça uzamaktadır. Tiftik lifleri uzunluklarına göre; kısa lifler; 6 inch veya 15 cm.den kısa olanlar, orta lifler; 9 inch veya 23 cm.den daha kısa olanlar, uzun lifler; 9 inch veya 23 cm.den daha uzun olanlar şeklinde sınıflandırılabilir (75).

Tiftik lifleri renk ve parlaklık bakımından yün liflerine nazaran büyük bir üstünlüğe sahiptir. Bunların beyaz renkleri açık kremden daha beyazdır (74). Genel olarak parlaklığın özellikle tiftikteki az çıkıntılı yüzey yapısıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir (71).

Yün lifleri kıvrımlı yapıya sahiptir ve bu iplik ile kumaş özelliklerine etki etmektedir. Az kıvrımlı yün daha yumuşak olur, buna karşılık çok kıvrımlı yün ise pillingenmeye (boncuklanma) ve keçeleşmeye karşı dayanıklıdır (83). Tiftik liflerindeki ondülasyon, yünlerin kıvrımlarına benzemektedir. Tiftik liflerinde ondülasyon, yani kıvrım sayısı, fazlaştıkça lif uzunluğu da artmaktadır.

Tiftik lifleri genel olarak beyaz olmakla beraber, bazı hayvanların yünleri kahverengi, siyah veya kırmızımsı renkte olabilmektedir. Makbul olmayan bu yünlerin rengi, korteks tabakasını oluşturan kortikal hücrelerin içindeki renkli pigmentlerden ileri gelmektedir. Hayvansal liflerde iki çeşit pigmente rastlanmakta olup, bunlardan birisi tanecikler halinde bulunan melanin (metalprotein kompleksi), diğeri ise melanoproteindir (84).

Tablo 21' de tiftik ve yün liflerinin mukavemet özellikleri karşılaştırmalı olarak verilmektedir.

Tablo 21 Yün ve Tiftik Mukavemetleri (75)

	Yün			Tiftik
	Botany 64s	Melez 56s	Melez 36s	
Mukavemet(cN/tex)	11	14	12	11,8-12,8
Kopma uzaması (%)	42,5	42,9	29,8	30

Özgöl ağırlık yünde 1,305 g/cm³, tiftikte 1,320 g/cm³'dür. Rutubet alışverişi ve ısı ile ilgili özellikleri yüne yakındır. Ancak tiftik lifi için ticari nem değeri %13 olup, yün lifine göre nispeten düşüktür. Tiftik lifleri ısıya karşı dayanıklı ve yüksek ses izolasyonu olan liflerdir (75).

Tiftik liflerinin korteks oranı yüne nispeten daha yüksek olduğundan, bazı kimyasal maddelere karşı daha hassastır, bu özelliği iyi boya almasını ve parlak renkler elde edebilmesini sağlar. Güneş ışığı altında uzun süre kalması, kükürtlü bileşiklerine zarar verir. Yüne nispeten alkalilere karşı daha hassastır (75).

Seyreltik asitler tiftik lifine etki etmezler ancak derişik asitlerde tamamen çözünürler (56).

Tiftik Liflerinin Kullanım Alanları

Tiftik lifleri ısıya karşı dayanıklı ve yüksek ses izolasyonu olan liflerdir. Bu nedenle topluma açık yerlerdeki tekstillerde (tiyatrolar, otel lobileri, ofisler vb.) kullanım için idealdirler. Buna ilaveten soğuk havalarda ısıyı içerde tutma ve yazın sıcak havanın içeri girmesine karşı bariyer etkisi yapma gibi etkili izolasyon özellikleri de bulunmaktadır (85).

Kadın ve erkek kumaş üretiminde, örme kumaşlarda, şal ve atkı yapımında, döşemelik kumaşlarda, battaniye yapımında kullanılır (56).

Tiftiğin günümüz dokuma sanayisinde yapağıdan sonra en çok kullanılan ve aranan bir elyaf olduğu söylenebilir. Bir tekstil elyafı olmakla birlikte, genelde dokuma sanayisinde saf olarak kullanılmayıp, pamuk, yün gibi doğal ve akrilik gibi yapay elyaflarla değişik oranlarda karıştırılarak kullanılır. En fazla kullanıldığı alan tekstil sanayisidir. Buna ilaveten lüks battaniyelerin üretiminde, halıcılıkta, trikotaj (örgü) endüstrisinde, peruk ve oyuncak sanayisinde büyük ölçüde kullanılmaktadır (86).

2.1.3.2.4. Kaşmir

Tekstil endüstrisinde hammadde kaynağı olan keçi ırkları incelendiğinde; keçi gömleğinin iki kısımdan oluştuğu görülmektedir. Bunlardan birincisi kaba üst kıl diye bilinen hayvanın vücudunu örten kıllardır. Diğer alt kıl (down hair) olarak anılan, kaşmir, paşmina ya da bazı bölgelerde zürc ve kaşgora diye bilinen kışın hayvanların soğuktan korunmasını sağlayan liflerdir. Bu lifler ile kimi özel hayvanlardan elde edilen

liflere dünya tekstil sanayinde “özel ve az üretilen lifler” denilmektedir. Bu kapsamdaki lifler koyun yapağısı da dahil olmak üzere bir çok çeşidi içermektedir. Kaşmir, kimi keçi ırklarının derilerinde bulunan seconder foliküllerin hakim olduğu bir deri yapısında üretilmektedir. Kaşmir olarak nitelendirilen alt kıllar, uzun kıl yapısına sahip olan tüm keçi ırklarından üretilmektedir. Bu ürün lüks ve pahalı bir hammadde olma niteliğini taşımaktadır (71).

Uluslar arası tekstil standartlarına göre esas olarak; Asya kıtasının yüksek dağlık bölgelerinde yaşayan Keşmir ırkı keçilerden (*Capra hircus laniger*) elde edilen alt ince liflerin keşmir yünü olarak tanımlanmasına karşın, özellikle 1980'li yıllardan sonra "keşmir yünü" terimi ortalama lif çapı 18-19 µm altında olan keçi liflerini kapsayacak şekilde genişletildiğinden günümüz dünya keşmir pazarlarında Ankara keçisi (Tiftik lifi-Mohaer) ve Ankara keçisi ile Keşmir ve Kıl Keçisi melezlerinin (Kaşgora lifi) dışında kalan kıl, et ve sütçü keçi ırklarından elde edilen alt ince lifler de keşmir lifi olarak işlem görmektedirler (87-89).

Kaşmir lifi her ne kadar tüm keçi liflerinin alt kıl tabakalarından elde edilebilse de, bu tür liflerin esas elde edildiği keçi ırkı kaşmir keçisi olarak bilinen keçiler olduğundan, çalışmada sadece bu Keşmir ırkı üzerinde durulacaktır.

Literatürde yer alan kaşmir keçileri, Tibet dağları ve çevresinde yetişen özgün bir keçi ırkı olup, son derece yumuşak alt kıllara sahiptirler. Anılan kıllar taranarak alınır, işlenir ve tekstil sektörü için önemli bir hammadde haline dönüştürülür. Alt kıl üreten hayvanlar sıcaktan ziyade soğuk bölgelere adapte olmuşlardır. Bunlar; Tibet, Moğolistan, Keşmir, İran, Kırgızistan ve bunlara komşu ülkelerde yetiştirilmektedir. Ana ırk olan Kaşmir keçisi ‘Kel’ adı verilen bölgede yetiştirilmektedir. Diğer taraftan koyun ve keçilerde alt kıl varlığının, hayvanların yabani oluşları ile ilişkilendirildiği konusunda görüşler bulunmaktadır (90).

Kaşmir keçisi yetiştiriciliği İran’ın güneydoğusundan Çin’e kadar uzanmaktadır. Keşmir; Hindistan, Pakistan ve Çin arasında kalan, bir kısmı Hindistan’a ait bir kısmı ise Pakistan sınırları içerisinde kalan bir bölgedir (91).

Kaşmir keçilerinin dümdüz burunları ve alınları vardır, dışiside erkeğide sakallıdır. Kışın doğa şartları ağırlaştıkça ve mevsim uzadıkça kaşmir keçilerinin tüyleri

güzel, parlak ve sağlıklı olur. Dünya’da Çin ve Moğolistan başta olmak üzere pek az sayıda ülkede yüksek ve serin yaylalarda yaşayan nadide kaşmir keçilerinin yılın sadece 3 ayında en soğuk dönemlerde soğuk iklim koşullarından korunmalarını sağlamak amacı ile oluşan asıl yünlerinin boyunlarının altından karınlarına kadar olan bölgede oluşan ikinci ipeksi yumuşacık yüne verilen addır. Bu ipeksi tabaka özel taraklar ile toplanır, ölü kıllar ayıklanır, ve yöresel sularla yıkanır. Bir keçiden bir yılda en fazla 30-70 gram kaşmir elde edilebilir (92).

Kaşmir keçileri açık renk, boru şeklinde kısa kulaklı, her iki cinsiyette de türbişon şeklinde boynuz görülen, ortalama canlı ağırlık erkeklerde ortalama 60-70 kg, dişilerde ise 40-60 kg arasında değişen bir ırktır (93).

Kaşmir endüstrisinde kaşmir lifi tipleri alt ve kıvrıkcık ise “kaşmir”; alt ve dalgalı ise “kaşgora”, lifler düz ise “tiftik” şeklinde ayrımına tabi tutulmaktadır (94).

Kaşmir Liflerinin Yapısı

Kaşmir lifi; kutikula, korteks ve medula tabakalarından meydana gelmektedir. Bir keçiden alınan gömlek çeşitli incelik ve uzunluklarda kaşmir lifleri ile beraber kemp kılları da ihtiva etmektedir.

Kaşmir liflerinin yapısını oluşturan bu tabakalar; bu lifler gibi, protein esaslı ve deri ürünü olan yün liflerinde de bulunmakta, bu tabakalarla ilgili bilgiler çalışmanın *Yün Liflerinin Yapısı* başlığı altında verilmiş olduğundan burada tekrar basedilmeyecektir.

Kaşmir Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Pul tabakasının çok ince olması dolayısıyla bazlara karşı hassastır. Sıvıları emme kabiliyeti yüksektir. Kaşmir yünün rengi; beyaz, sarı, bej, kurşuni, kahverengi ve siyah renklerinde olabilir (56).

Lifin rengi önemli bir kalite etmenidir. Boyanabilme kolaylığı açısından beyaz renkli kaşmir lifleri tekstil endüstrisinde aranan liflerdir.

Kaşmir lifi üreten keçilerin gömleğinde doğal olarak kaba ve geçit kıllar da mevcuttur. İnce alt kıl ağırlığının gömlek ağırlığına oranı kaliteyi oluşturan önemli

özelliktir. Kaşmir lifinde önemli bir kalite etmeni de lif inceliğidir. İyi kaliteli kaşmir liflerinde kabul edilebilir en üst sınır 15,5 mikrondur (86).

Hayvansal lif üreten gruba giren diğer bir örnek kaşgora (cashgora)dır. Kaşgora sözcüğü ilk kez feral ve kaşmir keçilerinden elde edilen yün olarak tanımlanmıştır. Kaşgora'da lif çapı, kaşmir lifi ticaretinin dışında kabul edilmiş olup 17,7 mikrondur. Genelde kaşgora 19-23 mikron arasında değişmektedir. Avustralya Kaşmir Satış Kooperatifi (ACMC) kaşgorayı yapağıdaki kıvrılabilen, uzun, parlak, düz kaba lifler olarak tanımlamaktadır. Kaşgora lifi kaşmirden daha kaba ve ticari değeri daha düşük düzeydedir. Avustralya Kaşgora Birliği kaşgorayı; medullasız, ortalama lif çapı 18-25 mikrometre arasında değişen keçi elyafı olarak tanımlamaktadır. Kaşgora melez bir lif olarak tanımlanmaktadır. Kaşgora Ankara keçisi ile uzun kıllı keçilerin melezlenmesinden elde edilmekte olup kaşmirden daha kaba elyafa sahiptir (86).

Tablo 22 Dünyada Yetiştirilen Keçiler Üzerinde Alt Kıl Üretimi Konusunda Yapılan Çalışmalara İlişkin Sonuçlar (86)

FİZİKSEL ÖZELLİKLER	ÜLKELER	ORTALAMA DEĞERLER	REFERANS
İncelik (mikron)	1.Türkiye	17,6	Utkanlar ve ark., 1963
	2.Türkiye	15,72-17,90	Altınbaş, 1976
	3.Türkiye	15,2	Erdem, 1989
	4.Türkiye	15,26	Koyuncu ve Tuncel, 1992
	5.Türkiye	16,5±0,07	Eliçin ve ark., 2000
	6.Çin	12,5-16,8	Jihsang ve Chang, 1982
	7.Hindistan	15,9	Onions, 1962
	8.USA	7,20	Mausberger, 1954
	9.Moğolistan	18,5	Al'kov, 1983
	10.BDT	18-20	Musalaev, 1987
	11.Avustralya	15-16	Pattie ve Restall, 1989
	12.Avustralya	15,6-17,3	Roger ve ark., 1989
	13.	11-18	Johnson, 1991
	14.Avustralya	11-20	Blakeman ve ark., 1991
Doğal Uzunluk (cm)	Türkiye	2,4±0,35	Eliçin ve ark., 2000

Gerçek Uzunluk (cm)	1.Türkiye 2.Hindistan 3.Türkiye 4.Avustralya 5.Türkiye	5-6,5 3-5 3-68-3,48 0,5-3,5 in 4,4±0,47	Altınbaş, 1976 Onions, 1962 Erdm, 1989 Blakeman ve ark. 1991 Eliçin ve ark., 2000
Kıvrım Sayısı	Türkiye	9,3±0,108	Eliçin ve ark., 2000

Kaşmir Lifle rinin Kullanım Alanları

Kaşmirin daha kaba, üst liflerinden; battaniye, ip, urgan, çuval ve kilim yapılır. Alt tabakadaki ince liflerden ise yumuşak, sıcaklık hissi veren kumaşlar, spor ceket, palto, ipek/kaşmir kadife kumaşlar yapılır. Yerel giysilerde şal, atkı, kuşak yapımında kullanılır (26,56).

Kaşmir yünü örgü ve dokuma sanayisinde saf olarak kullanıldığı gibi diğer liflerle karıştırılarak kullanılabilir.

2.1.3.2.5.Alpaka

Ticarette “Alpaka Yünü” diye anılan tekstil endüstrisinde özel bir yer işgal eden alpaka lifleri, Lama ailesine mensup olan Alpaka (*Lama pacos*)’dan elde edilmektedir. Alpakalar Güney Amerika’nın batı kıyılarında uzanan And dağlarının 3000 m. yüksekliğinden başlayıp sarp bölgelerine kadar çıkan yüksek yaylalarında yaşamaktadır (74).

Buralarda sıcaklık gün içinde -25°C ile +18°C arasında değişmektedir. Yetişkin bir alpaka 65-80 kg. ağırlığındadır ve lüks lif elde edilen birçok diğer memeliden farklı olarak alpakalar, Ankara keçisi ve koyun gibi, tek tip life sahiptirler, yani kaba kıllar ve alt ince lifler olmak üzere iki farklı lif üretmezler (95).

Alpaka, deve ailesinin önemli bir üyesi olup; Lama’nın alt sınıfında olan bir hayvandır. Lama alt sınıfında Lama, Alpaka, Vicua ve Guanaco bulunur. Lama ve alpaka evcil, guanaco ve vicuna vahşidir. Dört çeşidi de üreticiler için değerlidir. Alpaka kalite ve miktar açısından, vicuna ise yumuşaklık, incelik ve yün kalitesi açısından değerlendirilir. Alpaka’nın Huacaya ve Suri olmak üzere iki tipi vardır.

Alpaka'dan elde edilen post yün ve mohere (tiftik) benzer ancak daha yumuşak ve ipeksidir (58,96).

Alpaka Liflerinin Yapısı

Alpaka liflerinin yapısını oluşturan tabakalar; alpaka lifleri gibi, protein esaslı ve deri ürünü olan yün liflerinde de bulunmakta, bu tabakalarla ilgili bilgiler çalışmanın *Yün Liflerinin Yapısı* başlığı altında verilmiş olduğundan, burada sadece kısaca bahsedilecektir.

Alpaka lifleri arasında medulası bulunmayan lif oranı %10'dan daha azdır. Genellikle hepsinde medulanın mevcut olduğu görülmektedir. Korteks tabakasının kalınlığı medulanın mevcudiyetine göre değişmektedir. Çok ince lifler yalnız üst örtü hücreleriyle korteks tabakasından oluşmaktadır. Kalın liflerin bazılarında medula oranı %50'nin üstünde yer tutmaktadır (74).

Kaba kılların bazılarında medula iki kanallı olarak görülmektedir. Bu durum alpaka liflerinin enine kesitlerinde açıkça belli olmakta ve bunların diğer liflerden ayırt edilmesini sağlamaktadır. Alpaka liflerinin uzunluğuna görünüşü deve liflerine benzese de geçit lifler daha fazladır. İnce lifler 25-30 mikron, geçit lifler 40-50 mikron, kalın lifler ise 70-75 mikrondur. Pulcuklar net olarak fark edilememektedir. Liflerin enine kesiti daha çok ovaldır. İnce liflerde de medula görülmektedir. Renkli liflerde pigmentler belirgindir. Medula yuvarlak veya oval parçalıdır. Parçalı medula kalın liflerde görülmektedir. Ayrıca beyaz liflerde parçalı medulaya daha çok rastlanmaktadır (74).

Alpaka Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Alpaka lifleri uzun stapellidirler. Lif uzunluğu 150 mm üzerine çıkabilmektedir. Lif inceliği 15 ile 37 mikron arasında olup 'Baby-soft' bebek yumuşaklığı olarak adlandırılan en ince alpaka hayvanının ilk kırkımından elde edilir. Kullanılır incelik ortalama 25-26 mikrondur (97,98,99).

Alpakalar yaşlandıkça lifleri yılda 1 ile 5 µm kadar kalınlaşmaktadır. Lif kalınlaşmasının önemli bir nedeni aşırı beslenmedir. Alpakalar aşırı beslendiklerinde kilo almamaktadırlar, ancak lifleri daha kalın bir hal almaktadır (96).

Huacaya türünden elde edilen liflerin uzunlukları yavrularda 20-25 cm, yetişkinlerde 25-30 cm iken, Suri türünden elde edilen liflerin uzunlukları 50-55 cm civarındadır (95).

Alpaka yüne göre daha kalın bir liftir ancak kalın alpaka lifi ve daha ince yün lifine dokunularak yapılan subjektif denemeler sonucu, ortak kanı alpaka lifinin daha ince ve yumuşak olduğu yönündedir. Lif üzerindeki bu incelik etkisini, lifin ipeksiliği ve yumuşak görüntüsü vermektedir. Lifin ipeksi tutumunun nedeni lif dış yüzeyindeki katıkül hücrelerinin yüksekliğinin düşük olmasıdır (58,100).

Alpaka lifleri, incelik, renk, uzunluk ve medula içeriğine göre sınıflandırılabilir. Wang ve arkadaşları (101), Avustralya ve Peru standartlarını kullanarak aşağıdaki gibi bir standart tablo oluşturmuşlardır.

Tablo 23 Alpaka Lifinin Sınıflandırılması (101)

Lif İnceliği	Renk Sınıflandırması	Uzunluk Sınıflandırılması
Süper İnce Küçük eşit 20 µm	Beyaz/ Bej	A: 120-150 mm
İnce 20,1-23 µm	Kahve- Açık Kahve	B: 80-120 mm
Orta 23,1-27µm	Siyah	C: 60-80 mm
Kalın 27,1-32 µm	Gül kurusu/Gri	D küçük 60 mm
Ekstra kalın büyük 32 µm	Gri/Demir kırığı	O büyük 150 mm

Alpaka lifi dokunulduğunda, yayılma özelliğinden dolayı, oldukça yumuşak bir his bırakır. Temelde alpaka lifi yumuşak değildir, lif yüzeyi oldukça serttir.

Dikenlenme faktörü (prickle): 30 mikronun üzerindeki lifler dikenlenme faktörü olarak tanımlanan ve dokunulduğunda rahatsızlık hissi veren bir özellik taşırlar. Bu değer, % 5 den küçük olması tercih edilir. Lif dağılımında 30 mikron üzerindeki lifler için medula oranı yüksek olmakla birlikte her zaman tam olarak kesin değildir.

Alpaka lifleri için dikenlenme faktörü oranı çok düşüktür, çoğu kişi %100 alpaka teninin üzerine giyebilir. Bu değer % 5 in altında olması tercih edilir. Testler 21 mikron ve altının elde dikensi his bırakmadığını 30 mikron üstündeki alpaka liflerinin daima dikenlenme faktörü yüksek olduğu ve batma hissi verdiğini göstermişlerdir (102).

Alpaka lifleri genellikle, %28 ile 67 arasındaki medula oranıyla beraber yüne göre daha fazla lif çapına sahiptir. Bununla birlikte aynı kalınlıktaki alpaka, yüne göre

hem daha yüksek ısı tutmakta hem de içindeki hava ceplerinden dolayı daha hafif gramajda olmaktadır. Bu da soğuktan koruma amacı ile dış giyim olarak kullanılan alpaka lifi ile daha hafif ve konforlu giysiler eldesine olanak vermektedir (103).

Çok sıcak tutmasının sebebi; yapısındaki mikroskobik boyuttaki hava boşlukları sayesinde havayı hapsetmesindendir ve yüne göre 7 kat daha sıcak tutmaktadır (104).

Alpaka 22 tane doğal rengi olan tek hayvandır, karışım olarak kullanıldığında 200 den fazla renk elde edilebilir. Kolayca boyanır ve daima doğal parlaklığını korur (58).

Alpaka lifi, içindeki mikroskobik hava ceplerinden dolayı oldukça yüksek termal özelliklere sahip olan, ipeksi, yumuşak ve mukavemetli bir lifdir. Alpaka lifi ipeksi, yumuşak ve pürüzsüzdür. İpeksi dokunuş ve lüks tutumundan dolayı fiyatı yüksektir. Mükemmel dökümlülük, görünüm ve tuşesi vardır. Alpaka lifi lanolin içermez, hipoalerjiktir (58).

Alpaka liflerinin mukavemeti tiftiğe yakındır. Yalnız bu liflerde pigmentlerin bulunuşu lif mukavemeti üzerine etki etmektedir. Genellikle siyah pigmentli alpaka lifleri beyaz renkli liflerden daha sağlamdır (74).

Ayrıca merinos yününe göre aşınma dayanımı daha yüksektir (105).

Bu lifler su iticidir, ıslakken bile termaldir ve güneş ışını radyasyonuna karşı dayanıklıdır. Bu karakteristikler hayvanın sıcaklıktaki aşırı değişimlere karşı dayanabilmesini mümkün kılmaktadır. Dolayısıyla bu lifler aynı korumayı insanlara da sağlamaktadır (96).

Alpaka lifleri daha çok tiftik ve deve lifine benzemektedir. Alpaka liflerinin keçeleşme özelliği düşüktür (106).

Alpaka Liflerinin Kullanım Alanları

Alpaka liflerinin en temel kullanım alanı örme giysiler ve hafif takım elbiseliklerdir. En büyük pazarlar ABD, Japonya ve İtalya'dır. Ayrıca İspanya, Bolivya, Kolombiya ve İngiltere önemli miktarda dokuma kumaş, Avustralya ve Arjantin ise önemli miktarda örme giysi ithal etmektedir (95).

Kazak, elbiselik kumaşlar ve iç çamaşırı yapımında kullanılır (26).

Alpaka lifi en çok örme endüstrisinde kullanılmaktadır. Huacaya lifi genellikle kıvrımlıdır, bedenden yatay olarak uzar ve şişkin bir görünüm sergiler. Suri lifi ise daha uzun daha ipeksi olduğundan farklı tekstil alanlarında kullanılırlar. Huacaya lifi kıvrımlı yapısından dolayı tek başına veya koyun yünü ile birlikte örme ve dokuma ürünlerde kullanılır. Suri lifi ise dolgu maddesi, peluş ve kaplama maddesi olarak kullanılır. Tüm kullanımlarda ortak amaç sıcak tutmadır (58).

Alpaka lifleri yün lifleri ile; yumuşaklık, ipeğimsi tutum, dökümlülük, dayanıklılık ve sıcak tutma özelliklerini olumsuz etkilemeden alpakanın en önemli eksikliği olan elastikiyeti sağlamak için, tiftik ile; ilave parlaklık ve mukavemet sağlamak için, ipek ve pamuk lifi ile; sıcak tutma özelliğinin azaltılarak her sezon giyilebilen giysi üretmek için, karıştırılarak kullanılırlar (106).

2.1.3.2.6. Angora

Ankara tavşanı, orjini Türkiye olan ve *Oryctolagus curiculus* türü içinde yer alan bir tavşandır. Orta büyüklükte, uzun tüylü, boynu kısa, kemikleri ince ve sağlam, beyaz renkli, yuvarlak ve orta büyüklükte baş yapısına sahiptir. Kulakları dik, iç yanı açık, uçları püsküllüdür. Kulakların iç yüzler ince, kısa seyrek tüylerle, dış yüzü ipeksi, ince ve uzun tüylerle örtülüdür. Gözleri kırmızıdır.

Dünyada ticari amaçlı Ankara tavşanı yünü üretimi için esas olarak Fransa ve Almanya orjinli olmak üzere beyaz renkli iki Ankara tavşanı ırkından yararlanılmaktadır. Fransız Ankara tavşanı bristly (genellikle daha kaba ve sert) tipte lif gömleğine sahiptir ve lifler yolunarak elde edilmektedir. Alman Ankara tavşanında ise gömlek woolly (genellikle daha ince ve yumuşak) tiptedir ve lifler kırılmaktadır. Çin, dünya Ankara tavşanı yünü pazarında lider ülkedir ve dünya üretiminin yaklaşık olarak % 90'ını karşılamaktadır. Fransa, Finlandiya, Çekoslovakya ve Macaristan, Çin'den sonra gelen önemli Avrupa ülkeleridir. Yine bir Güney Amerika ülkesi olan Şili'de de önemli düzeyde Ankara tavşanı yünü üretilmektedir (51).

Angora lifi özel bir hayvansal liftir. Lüks doğal lifler sınıfına girmektedir ve oldukça pahalıdır. Angora lifi dünya hayvansal lif endüstrisinde 3. sırada yer almaktadır ve diğer hayvansal liflere göre oldukça farklı bir yapı sergilemektedir. Eğrilmesi için mutlaka bir uzmanlık gerekmektedir (107).

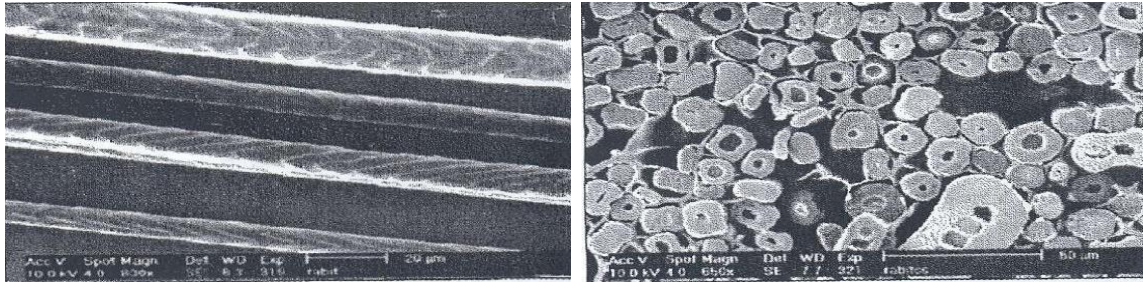
Dünyada yün üretiminde en yaygın olarak kullanılan hayvan türü koyundur. Üretilen nitelikli koyun yünü (merinos yünü) miktarı yüz bin ton dolayındadır. Bunu 25 bin ton ile tiftik, 8500 ton ile angora, 5200 ton ile kaşmir ve 4000 ton ile alpaka izlemektedir (108).

Yün üretimi yönünden geliştirme ve ıslah çalışmaları, diğer türlere göre çok yeni olmasına karşın, Ankara tavşanı yünü nicelik bakımından dünyada üçüncü, nitelik bakımından ise birinci sırada yer alır (109).

Son yıllarda ülkemizde Ankara tavşanı yetiştiriciliği ilgi çeken bir konu olmuştur. Ancak üreticiler elde ettikleri lifleri değerlendirmekte zorlandıkları için lifler ellerinde kalmış ve çoğu çiftlik kapanmıştır (110).

Angora Liflerinin Yapısı

Angora lifleri birçok yönden diğer yün liflerinden farklıdır. Sahip olduğu medulalı yapı, yumuşaklığını ve hafifliğini sağlar. Karışık bir tulup tipi vardır, içerisinde fırça gibi çok kaba lifler de bulunur. Bu liflerin bulunma durumu tavşanın tipine göre değişir ve çoğu zaman istenen bir özellik olarak görülmektedir. Bu karışık tulup yapısı lifin tavşanın üzerinde keçeleşmesini önlemektedir ve ipliğe istenen hacmin verilmesine yardımcı olmaktadır (111).



Şekil 19 Angora Yününün Boyuna ve Enine Kesit Görüntüleri (110)

Ankara tavşanı liflerinin yapısını oluşturan tabakalar; bu lifler gibi, protein esaslı ve deri ürünü olan yün liflerinde de bulunmaktadır ve bu tabakalarla ilgili bilgiler çalışmanın *Yün Liflerinin Yapısı* başlığı altında verilmiştir.

Angora Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Angora lifi parlak, kaygan, yumuşak tutumlu ve yüksek ısı tutma özelliğine sahip özel bir lif olup, koyun yününden farklı olarak yıkama işlemine ihtiyaç

duymamaktadır. Ankara tavşanının alt lifleri kısa, ince ve yumuşak, üst lifleri ise uzun, daha kalın ve serttir (112).

Ankara tavşanında daha alttaki lifler incedir, ortalama çapları 11-12 mikrondur. Ancak birçok tavşan türünde ortalama lif çapını büyütecek özellikte lifler de bulunmaktadır. Yoğunluk açısından yün ($1,33 \text{ g/cm}^3$) ve pamuk ($1,50 \text{ g/cm}^3$) ile karşılaştırıldığında $1,15- 1,18 \text{ g/cm}^3$ arasında düşük bir yoğunluğa sahiptir. Bu lifi kullanarak çok hafif ama sıcak tutma özelliği olan mamuller üretmek mümkün olmaktadır (111).

Nitelikli koyun yünü üretilen merinoslarda lif kalınlığı 18-20 mikron olmasına karşılık; Ankara tavşanı liflerinde ortalama 11 mikrondur. Ankara tavşanı yünü, merinos yününden daha hafif ve ince olmasına karşın, iki kat fazla yalıtım özelliği vardır. Ayrıca Ankara tavşanı yünü üretiminde harcanan sindirilebilir enerji miktarı, merinos yünü ve tiftiğe oranla çok düşüktür. Bir kg yün üretimi için harcanan enerji miktarı merinoslarda 100 kabul edildiğinde, Ankara tavşanı yünü üretiminde harcanan enerji miktarı 26-32 arasında değişmektedir (108,113).

Ankara tavşanında tüy uzunluğu ekstrem hallerde 30 cm'yi bulmaktadır. Buna karşılık ortalama tüy uzunluğu 7,5-10 cm arasında kabul edilmektedir (114).

Ankara tavşanlarında lif üretimi esas olarak bir çift resesif otozomal gen tarafından kontrol edilmektedir. Bu genetik etki nedeni ile diğer tavşanlarda normal olarak 5-7 hafta süren aktif lif büyüme fazının Ankara tavşanlarında 12-16 haftaya kadar uzaması sonucunda liflerin uzunluğu diğer tavşan liflerine göre çok daha yüksek olmaktadır. Ankara tavşanı lif gömleklerinde primer folüküllerde üretilen üst kaba liflerin çapları 30-120 μ iken, sekonder folüküllerden üretilen alt ince liflerin çapları 12-14 μ arasında değişmektedir (51,107).

Angora lifi, hem yünlü sistemde, hem de pamuklu sistemde eğrilebilmektedir. Angora lifiyle yün lifinin az miktarlardaki karışımı (%5-%10), kumaşın tutumunu, dökümlülüğünü ve kabarıklığını geliştirmektedir. Yün lifine göre %30 daha incedir ve boyu daha kısadır. Bu nedenle kısa ştapel iplikçiliğinde kullanılması uygun olmaktadır (115).

Türkiye’de yetiştirilen Alman orjinli Ankara tavşan yünlerinin bazı kalite özellikleri tablo halinde gösterilmiştir.

Tablo 24 Türkiye’de Yetiştirilmekte Olan Alman Orjinli Ankara Tavşanı Yünlerinin Bazı Kalite Özellikleri (51,114,116)

Lif Tekstil Özellikleri	Ortalama	V (%)	Kaynak
Lif çapı (μ)	Erkek:17,08 Dişi :16,19-16,64	6,22	Gürtanın, 1979; Ölmez ve Dellal, 2002
Tek lif doğal uzunluk (cm)	6,49	21,46	Ölmez ve Dellal, 2002
Tek lif gerçek uzunluk (cm)	8,99	10,46	Ölmez ve Dellal, 2002
Kemp lif oranı (%)	2,23	43,72	Ölmez ve Dellal, 2002
Tek lif mukavemeti (g)	Erkek:8,32 Dişi :8,69-12,27	27,78	Gürtanın, 1979; Ölmez ve Dellal, 2002
Tek lif elastikiyeti (%)	56,88	7,48	Ölmez ve Dellal, 2002

Angora Lifleinin Kullanım Alanları

Romatizma, siyatik ve diğer hastalıklarda tavsiye edilen örgülerde, iç giyimde, fotr şapka gibi ince keçe kumaşların yapımında kullanılır (26).

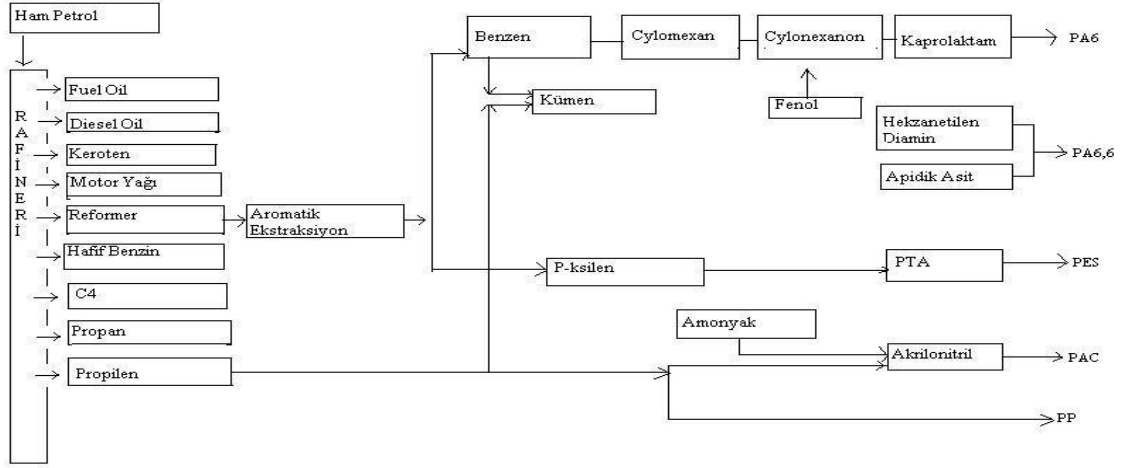
Angora içeren ürünler özellikle sağlık sektöründe tedavi amaçlı kullanılmaktadır. Lif kohezyonunun düşük ve statik elektriklenmesinin yüksek olması nedeniyle %100 Angora lifinden iplik eğirmek oldukça zordur. Genellikle diğer liflerle karıştırılarak kullanılmaktadır (112).

Ses dalgalarını çok iyi geçirdiği için havacılık alanında aranan bir üründür. Bunun yanında Ankara Tavşanı yününden, kuvvetli elektromagnetik etkisi dolayısıyla bu yünden hazırlanmış kumaşların romatizmalı hastalar için son derece yararlı olduğu bilinmektedir (117).

İpliği boyalı Angora/pamuk karışımları, tişört, süveter, kazak, pantolon, bluz vs. gibi yüksek moda ürünleri için kullanılabilir. %5’lik bir Angora / pamuk karışımı ürünün değerini %50 artırmaktadır. Yüksek moda ürünlerinde de bu değeri artırılmış ürünler oldukça fazla yer tutmaktadır. Ancak kaygan olduğu için bu lifi tek başına eğirmek çok zordur. Genellikle diğer liflerle karıştırılarak kullanılmakta ve eğirme için mutlaka uygun bir harman yağı kullanılması gerekmektedir (115).

2.1.3.3.Sentetik (Tam Yapay) Liflerin Kimyasal Yapısı ve Lif Çekimi

Doğal liflerde olduğu gibi (amyant hariç), sentetik lifler de esas itibariyle makromoleküllerden oluşmaktadır.



Şekil 20 Petrolden Elde Edilen Sentetik Elyaf (118)

Polimerler

Sentetik lifi oluşturan makromolekül (polimer); mer (monomer) denilen ve birbirinin aynı olan küçük moleküllerin kovalent bağlar ile birbirine bağlanması sonucu oluşan dev moleküllerdir. Monomerlerin birleşmesi ile polimer meydana getiren reaksiyonlara polimerleşme reaksiyonları denir.

Sentetik (tam yapay) lifler ile ilgili olan polimerleşme reaksiyonları üç başlık altında toplanır.

Polikondenzasyon reaksiyonları; yapısında en az iki reaktif grup olan ve reaksiyon sonucunda küçük moleküllü bileşiklerin açığa çıktığı (H_2O , HCl , NH_3) reaksiyonlar olup; sentetik liflerden Poliester (PES) ve Poliamid (PA) bu reaksiyonlar sonucu oluşur.

Poliadisyon (Katılma) reaksiyonları; reaksiyon sonucunda küçük moleküllü bir bileşiğin açığa çıkmadığı reaksiyonlardır, Poliüretan (PUR) lifleri bu reaksiyonlar ile elde edilir.

Polimerizasyon reaksiyonları; sentetik liflerden Poliakrilnitril (PAN/PAC), Polietilen (PE), Polipropilen (PP) ve Polivinilklorür (PVC) bu reaksiyonlar sonucu elde edilir.

Yapay lif elde etmede kullanılabilecek doğal ve sentetik polimer madde sayısı çok fazla olmakla birlikte; her makromolekülden lif elde etmek mümkün değildir. Makro moleküler bir maddeden lif elde edilebilmesi için;

Söz konusu polimerin belirli bir molekül ağırlığına dolayısıyla molekül uzunluğuna (polimerizasyon derecesi) sahip olması ve mümkün derece lineer (düz zincir) yapıda makro moleküllerden oluşması gerekmektedir.

Makromoleküller arasında etkili bazı çekim kuvvetleri bulunmalı ve bunun sonucu olarak da makromoleküller lifler içerisinde tek başlarına bulunmayıp, karşılıklı ilişki içerisinde olmalıdır.

Polimer madde ya ısıtılınca parçalanmadan eriyebilmeli veya uygun bir çözücü içerisinde çözülebilmelidir.

Bir makromolekül içinde tekrarlanan monomer sayısına Polimerizasyon derecesi denir. Polimerizasyon derecesi 30' dan küçük moleküller makromolekül olarak değil, kesin kural olmamakla birlikte, oligomer olarak tabir edilir. Bir polimer iki farklı monomerden oluşuyorsa kopolimer, üç farklı polimerden oluşuyorsa terpolimer olarak adlandırılırlar.

Sentetik liflerin moleküler üstü yapısı, doğal ve rejenere liflerden farklı değildir. Bazı ağ molekül yapısındaki ve lif çekiminde kullanılmayan polimerler bir tarafa bırakılırsa, zincir molekül yapısındaki polimerlerde diğer bir ifadeyle sentetik liflerde, makromolekülleri bir arada tutan moleküller arası çekim kuvvetleri ikincil çekim kuvvetleri olup, bunlar;

Dispersiyon (van der Waals) kuvvetleri,

Dipol yönlenme kuvvetleri,

Endüksiyon kuvvetleri,

Hidrojen köprüleridir.

Daha önce selüloz başlıklı kısımda ifade edilen amorf ve kristalin bölgeler sentetik liflerin makromoleküler üstü yapısı içinde geçerlidir (4,5,6).

Lif Çekim Yöntemleri

Polimer maddelere, tekstil endüstrisinde kullanılacak lif biçiminin verilmesi iki yöntemle olmaktadır. Bunlar;

Eriyikten Lif Çekimi;

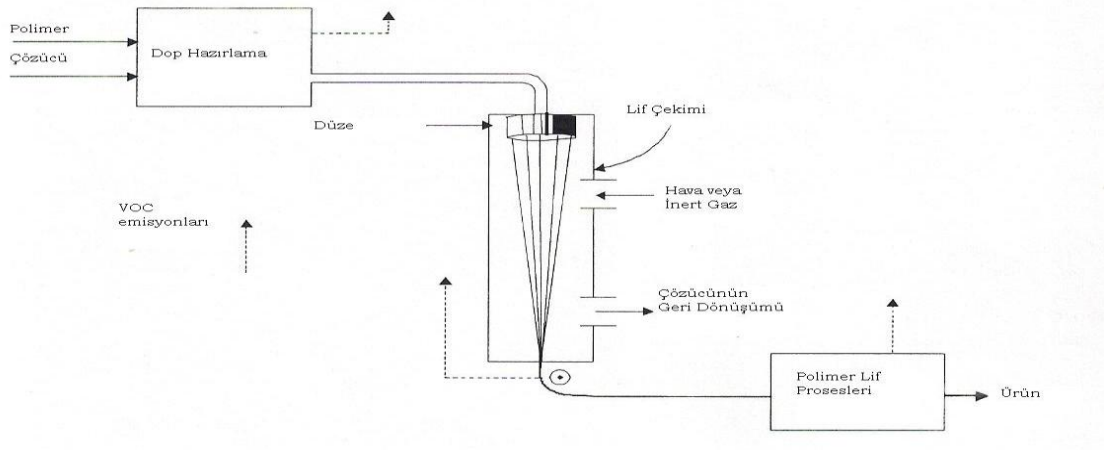
Erime Noktası 300 °C altındaki ve eritildiğinde makromolekülleri parçalanmayan veya herhangi bir değişikliğe uğramayan polimer maddenin; sıcaklık etkisiyle makromoleküller arasındaki bağların koparılmasıyla, uygun viskozite (akışkanlık) kazandırılarak, düze denilen delikli aparatlardan (memecik) geçirildikten sonra tekrar katılaştırılması ve lif biçiminin verilmesidir.

Çözeltiden Lif Çekimi;

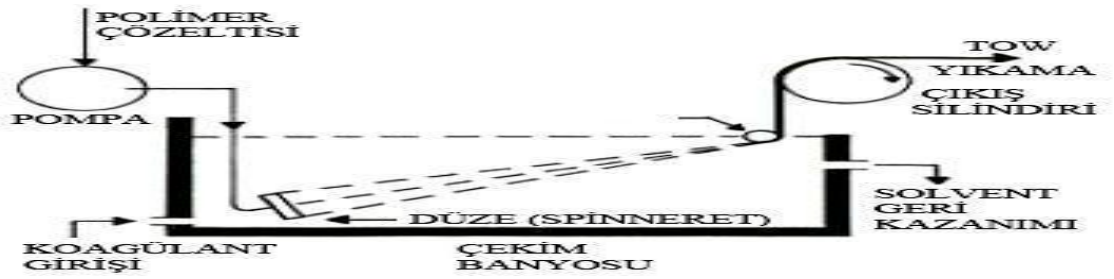
Polimer maddenin; buharlaşma noktası çok yüksek olmamak, toksik olmamak, buharlaştığında havada patlayıcı hale gelmemek, bol ve ucuz olarak temin edilebilmek gibi özelliklere sahip uygun bir çözgen içerisinde (aseton, metilenklorür, dimetilformamid...) çözülmesi, uygun viskozitede, düzelerden (memecikler) fişkırtıldıktan sonra çözgen maddenin uzaklaştırılması, böylece lif biçiminin polimer maddeye verilmesi esasına dayanır.

Çözgen maddenin uzaklaştırılma aşaması; sıcak hava veya sıcak inert bir gaz (genellikle azot) ile buharlaştırılarak yapıldığı zaman kuru lif çekim yöntemi,

Çözgen maddenin uzaklaştırılma aşaması; çöktürme banyosunda sıvılarla temas haline getirilen çözeltilinin, kütle iletimi (ozmos-difüzyon olayları) ve bazı durumlarda kimyasal tepkimeler (vizkoz yöntemine göre rejenere selüloz lif eldesinde) ile çözücüsünü banyodaki sıvıya bırakarak, polimerin jelleşerek katılaşması şeklinde ise yaş lif çekim yöntemi olarak isimlendirilir (4-6).



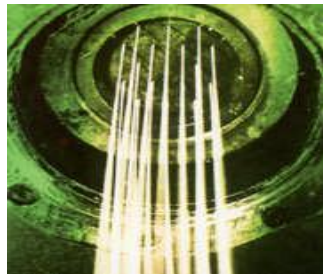
Şekil 21 Kuru Lif Çekim Yönteminin Şematik Gösterimi (119)



Şekil 22 Yaş Lif Çekim Yönteminin Şematik Gösterimi (120)

Yapay lifler üretimleri sonundaki şekillerine göre ikiye ayrılmaktadırlar.

Lifler düzelerden geçip katılaştıkları şekilde bırakılırsa bunlara, filament (kesiksiz lif, sonsuz lif, devamlı lif) denilmektedir. Filament tel tek başına iplik oluşturuyorsa buna monofilament, eğer birkaç filament bir araya getirilerek iplik oluşturuyorsa, buna multifilament iplik denilir. Düzelerden geçip katılaştıran lif telleri, üretimin sonunda istenilen boylarda kesiliyorsa, bunlara stapel, kesikli lifler denir.

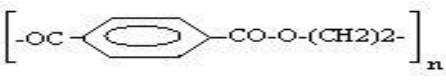


Şekil 23 Düzeyin bir parçası (121)

Tablo 25 Lif Çekim Yöntemleri ve Üretilen Lif Çeşitlerinin Örnekleri

Lif Çekim Yöntemleri	Lif Çeşitleri
Eriyikten Lif Çekimi	Poliester, Poliamid 6, Poliamid6.6, Poliolefin
Kuru Lif Çekimi	Seluloz asetat, Seluloz triasetat, Akrilik, Modakrilik, Vinyon, Spandeks
Yaş Lif Çekimi	Akrilik, Modakrilik

2.1.3.3.1.Poliester**Poliester Liflerinin Üretimi**

Poliesterin yapısal formülü: 

Poliester liflerinin üretimi üç ana adımdan oluşur. Bunlar;

Monomerlerin elde edilişleri;

Poliester üretiminde kullanılan monomerler; Tereftalik asit (TPA) veya Dimetiltereftalat (DMT) ile Etilenglikol (EG) veya nadiren de Etilenoksid veya Glikolkarbonat'tır.

Literatürde, poliester üretiminde kullanılacak etilenglikol'ün aşağıdaki özelliklere sahip olması gerektiği bildirilmektedir;

Kimyasal formülü : HOCH₂-CH₂OH

Kaynama noktası :197,8 ° C

Kırılma endeksi, n²⁰_D : 1,4324

Yoğunluğu d₂₀ :1,112

OH-sayısı :>1750 (6).

TPA veya DMT'in elde edilmesi için, değişik hammaddelerden yola çıkan çok çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

p-ksilenden tek veya iki adımlı yöntemlerle TPA veya DMT'nin elde edilmesi.

Benzenden TPA elde edilmesi.

Toluenden TPA veya DMT elde edilmesi.

Ftalik asit veya İsoftalik asidin TPA'e izomerizasyonu.

Asetilenden TPA elde edilmesi.

TPA'den DMT elde edilmesi.

Monomerlerden poliesterin elde edilışleri;

Polietilentereftalat esaslı poliester, iki değişik cins monomerin polikondenzasyonu sonucu elde edilmektedir. Bunlar;

Dimetiltereftalat ve etilenglikol'den poliester eldesi; iki adımdan oluşmaktadır. Birincisi, ester değişmesi reaksiyonlarının olduğu adımdır, burada etilen glikol ile bir araya getirilen DMT, diglikotereftalat (DGT)'a dönüşür. İkinci adım, DGT'den polikondenzasyon reaksiyonları ile poliesterin elde edilmesidir.

Tereftalik asit ve etilenglikol'den poliester eldesi; istenilen saflıkta tereftalik asidin (PTA: purified terephtalic acid) elde edilmesiyle birlikte, önem kazanmış bir yöntemdir. İki adımdan oluşmaktadır. Birincisi; esterleşme reaksiyonu, ikinci adım ise polikondenzasyon reaksiyonunun olduğu adımdır.

DMT (dimetiltereftalat) ve etilen glikol'den poliester üretimi bu alandaki en eski yöntemdir. TPA'nın saf olarak üretilmesinde çıkan zorluklar nedeniyle ilk zamanlar üretimde DMT kullanılmıştır. Ancak TPA'nın moleköl ağırlığının DMT'ye nazaran küçüklüğü ve bu nedenle birim hammadde girdisine tekaböl eden polyester ürünün daha fazla olması, ayrıca reaksiyonda yan ürün olarak metanol yerine daha az problem yaratan suyun teşekköl etmesi, TPA'nın yeterli saflıkta elde edilmesine yönelik çalışmaları teşvik etmiştir. Bugün için PES üretiminde TPA kullanımının artış hızı DMT'ye nazaran daha yüksektir (9).

Tereftalik asit ve etilenoksit'ten poliester elde edilmesi.

Tereftalik asit ve glikolkarbonat'tan poliester elde edilmesi.

Bugün için, son ikisi şu anda endüstride önemli bir uygulama alanı bulamamışlardır (6).

Poliesterden lif çekimi;

Poliester üretiminde, tesisler kesintili ve kesintisiz olmak üzere iki şekilde çalışabilirler. Kesintisiz çalışan tesislerde üretim daha uzunca mal edilmekte, üretim kalitesi daha düzgün olmakta, daha yüksek ortalama polimerizasyon değerine sahip poliester elde edilebilmektedir. Bu gibi avantajlarının yanında, kesintisiz çalışan tesisler; küçük işletmeler için uygun olmaması, tesisin bir yerindeki arızanın tüm sistemin durmasına yol açacağından yüksek teknik hassasiyet gerektirmesi, elektirik kesintilerinin olması durumunda fire miktarının artması ve özel poliester tiplerinin elde edilmesi için uygun olmaması gibi dezavantajlara da sahiptir.

Poliesterden lif çekimi, eriyikten lif çekme yöntemine göre yapılmaktadır. Kesintisiz çalışan tesislerde, lif çekim tesisi de aynı işletme de olduğu takdirde, polikondenzasyon sonucu elde edilen poliester eriyiği, doğrudan lif çekimine gönderilebilmektedir. Kesintili çalışan tesislerde ve istenildiği takdirde kesintisiz olan tesislerde dahil olmak üzere, polister liflerinin çekimi için; katı poliester jipsleri kullanılır.

Jipslerden (granül) hareket ederek poliester lifi elde edilmesi dört adımda incelenebilir:

Lif çekme eriyiğinin hazırlanması,

Lif çekimi,

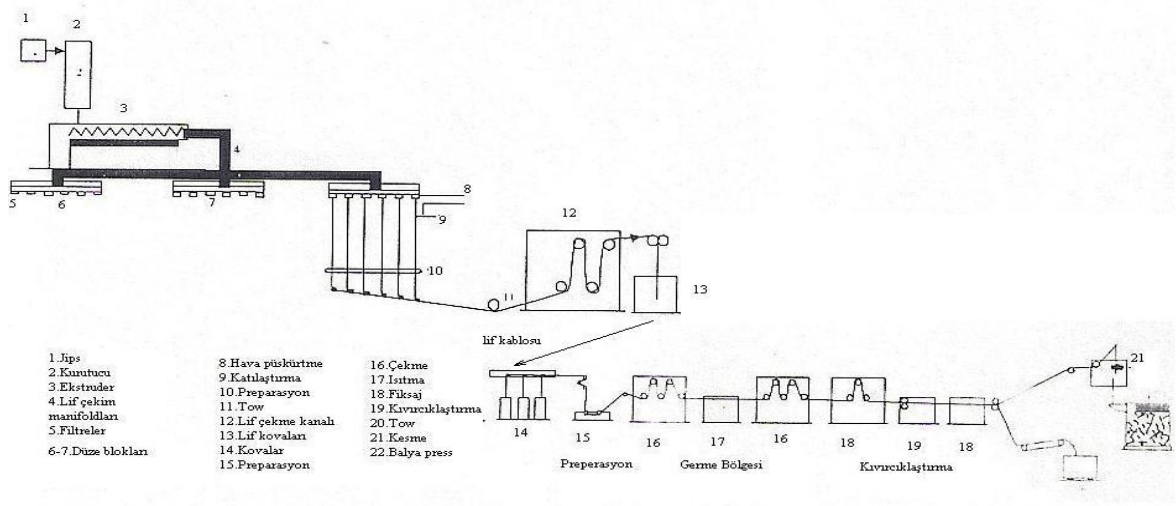
Düzenin altında lifin oluşması,

Ard işlemler (germe, fiksaj, kesiksiz liflerde katlı büküm veya tekstüre, kesikli liflerde kıvrıcıklaştırma ve kesme).

Cips besleme kazanından kurutucuya oradan da ekstrudere gelir. Ekstruderde azot atmosferi altında eritilen polimer bir spiral yardımı ile üretme manifoldlarına basılır. Buradan sonra polimer 1200 delikli düzelerden püskürtülerek sabit sıcaklık ve hızdaki hava akımı ile soğutulur. Katılaştıran lifler bir antistatik malzemeye biraraya getirilerek kablolar oluşturulur. Kablolar gater dairesinde çabıkla dizilir. Dizilen elyaflar çekim için sıcak yağ banyolarından geçirilir. Daha sonra tabii elyaftaki kıvrım özelliğini alabilmesi için kıvrıcıklandırma ünitesinden geçirilir. Fikse ünitesinden sonra

çeşitli boylarda kesilerek balyalanır. İşlem sırasında elyaf tekstilde kullanılabilecek sabit kesit ve iç bünyeye sahip olur (9).

Aşağıda; her bir prosesin ayrıntılarıyla anlatımına gidilmeden sadece fikir vermesi bakımından, jipsten poliester elyaf üretiminin proseslerini şematik olarak göstermekle yetinilmiştir.



Şekil 24 Bir Poliester Kesikli Lif Üretim Tesisinin İş Akış Şeması (119)

Poliester Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Poliester lifleri genelde beyaz olarak üretilir. Poliester lifi parlaktır, istenildiğinde yarı mat veya mat olarak da elde edilebilirler.

Poliester lifleri çeşitli uzunluklarda üretilebilir. Kullanım alanına bağlı olarak filament halde olabileceği gibi kesikli (stapel) şeklinde de olabilir.

Poliester liflerinin mukavemeti üretim şekline göre değişiklik gösterir. Filament halde bulunan poliester liflerinin mukavemeti 4 – 7 g/denye, arasındadır.

Poliester liflerinin nem çekme özelliği çok düşüktür. Bu oran normal şartlarda % 0,2 – 0,8 arasında değişmektedir. Poliester lifleri nemi bünyelerine çekmeden yüzeyde tutabildikleri için üretilen ürünlerin sıcak havalarda giyilebilmesi sağlanır. Hidrofob liflerdir.

Poliester liflerinin sürtünmeye karşı dayanıklılığı çok iyidir. Tüyenme sorunu ile karşılaşılabilir.

Sıcak fiksaj işlemi uygulanan poliester liflerinin boyut değıştirmezliğı çok iyidir. Sıcak fiksaj uygulanmış poliester kumaşlar yüksek sıcaklıklarda çekebilir.

Poliester liflerinin esneklik özelliğı genelde iyi, yaylanma özelliğı çok iyidir. Filament halindeki Poliester liflerinin uzama oranı % 15 – 30, kesikli halde ise % 30 – 50 arasında değışmektedir.

Poliester lifleri hafif bir lif olup, özgül ağırlığı 1.38 g/cm³'tür.

Poliester lifleri asitlere, kuru temizlemede kullanılan çözücülere ve ağartıcılara karşı dayanıklıdır. Fakat, sıcaklık ve asit konsantrasyonu artarsa asitler tarafından parçalanabilirler. Bazlara karşı dayanıksızdırlar. Kuvvetli alkaliler bu liflere zarar verir. Yükseltgen ve indirgen maddelerden etkilenmezler.

Poliester liflerinin güneş ışığına karşı dayanıklılığı birçok sentetik liften daha iyidir. Uzun süre güneş ışığı liflere zarar verebilir. Perdelik kumaş olarak kullanılabilir. Bakteri, mantar, küf, güve ve diğere zararlı böcekler liflere zarar vermez.

Poliester liflerinin elektrik iletme özelliğı çok düşük olduğundan statik elektrikle yüklenir.

Poliester liflerinin erime noktası 255°C civarındır. Poliester ürünleri pek fazla buruşmadığından düşük ısılarda ütölemek gerekir. Ütöleme sıcaklığı 140 °C dir.

Poliester lifleri alevle karşılaştığında çekerek erir. Kimyasal bir koku ve siyah bir is bırakır. Külü ise krem rengine, boncuk şeklinde ve serttir (122).

Molekül ağırlığı 1800 civarı olup (54000'e kadar çıkabilir), ortalama polimerizasyon derecesi (OP); 100 civarındır (300'e kadar çıkabilir) (6).

Dispersiyon boyar maddeleri ile boyanmaktadırlar. Bu boyar maddelerin lif içerisinde çözündükleri kabul edilir. Haslık değereeri yüksektir (6).

Poliester Liflerinin Kullanım Alanları

Poliester lifleri tekstilde oldukça geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Tek başına kullanılacağı gibi diğere liflerle de karıştırılarak kullanılan poliester lifinden tafta, organze ve saten gibi çeşitli kumaşlar üretilir. En çok pamuk lifiyle karıştırılan poliester lifleri yün, akrilik, ipek, viskoz ve keten lifi ile de kullanılabilir (122).

Giyim alanında; takım elbise, iç giyim, gömlek ve dış giyimde mont, kaban, pardesü, ev tekstilinde; yatak örtüsü, masa örtüsü, yastık, nevresim, perdelik kumaş ve halı yapımında, endüstriyel alanlarda; balık ağı, otomobil lastikleri, ip, halat, dikiş ipliği, yelken bezi yapımında ve dolgu elyafı olarak kullanılır (122).

2.1.3.3.2.Poliakrilonitril

Poliakrilonitril (Akrilik) Liflerinin Üretimi

Poliakrilonitril'in yapısal formülü: $\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{CN}}{\text{CH}} \right]_n$

Poliakrilonitrilin polimerleşme reaksiyonu;radikal zincir polimerizasyonu şeklindedir.

%100 akrilonitril ünitelerinden meydana gelen polimerlerden üretilen lifler, özellikle zayıf boya alma eğilimi ve uzun süreli periyotlarda ışık ve ısıya tutulduklarında rengini değiştirmeleri nedeniyle tekstil alanında ticari olarak başarılı olamamıştır (123).

Bu sebeple, çoğu ticari akrilik lifleri, hem liflerin özelliklerindeki bu zayıflıkları gidermek ve hem de polimerin işlenebilirliğini artırmak için %5 ile %15 dolaylarında komonomer içermektedir (124).

Poliakrilonitril liflerinin üretiminde en yaygın olarak kullanılan komonomerleri esas olarak üç kategoriye ayırmak mümkündür. Akrilik lifleri daha çok nötral komonomerler içerirken, az miktarda da asidik komonomerler içermektedir

Üçüncü kategoriyi oluşturan halojen içeren komonomerler ise genellikle modakrilik lif üretiminde kullanılmaktadır (125).

Tablo 26 Akrilik Lif Üretiminde Kullanılan Bazı Komonomer ve Bunların Polimer İçerisinde Genel Olarak Kullanılan Kompozisyonları (125)

Akrilonitril	Nötral Komonomer	Asidik Komonomer
%90-94	%6-9 Metil akrilat, Vinil asetat, Metil metakrilat,	%0-1 Sodyum stiren sülfonat, Sodyum metalil sülfonat, Sodyum sülfonil metalil, Eter, İtakonik asit.

Poliakrilonitrilin polimerleşme reaksiyonları; süspansiyon polimerizasyonu ve çözelti polimerizasyonu olmak üzere iki çeşittir.

Süspansiyon polimerizasyonu; akrilonitril, komonomer, radikal oluşturucu (genellikle redoks sistemler) su içerisinde reaksiyona girmektedirler. 1-2 saat içerisinde, molekül ağırlığı 50.000-100.000 civarında ve OP'si 1000-2000 olan poliakrilonitril polimerleri oluşmaktadır. Oluşan polimerler suda çözünmediğinden inci taneleri şeklinde reaktörün alt tarafında çökmektedirler. Bunlar, alınıp yıkandıktan ve kurutulduktan sonra piyasada satılmaktadırlar (4,5).

Çözelti polimerizasyonu; akrilonitril, monomerler ve radikal oluşturucu (persülfat bileşikler, azo bileşikler, peroksit bileşikler), bir çözügen içerisinde çözünürler. Bu çözügenler; dimetilformamid, dimetilasetamid, dimetilsülfoksilat, sodyumrodenür, $ZnCl_2$ ' dir. Reaksiyon sonucu oluşan polimerler de bu çözücülerde çözülebildiğinden, zamanla ortamın viskozitesi artmaktadır. Bundan dolayı da, uygun viskoziteye ulaşıldığında doğrudan çözeltilen lif çekimine geçilmektedir. Bu durum, süspansiyon yöntemiyle polimerizasyon karşısında bir avantaj oluşturmaya rağmen, süspansiyon polimerizasyonu teknik olarak daha ucuz bir yöntem olduğundan, daha çok tercih edilmektedir (4,5).

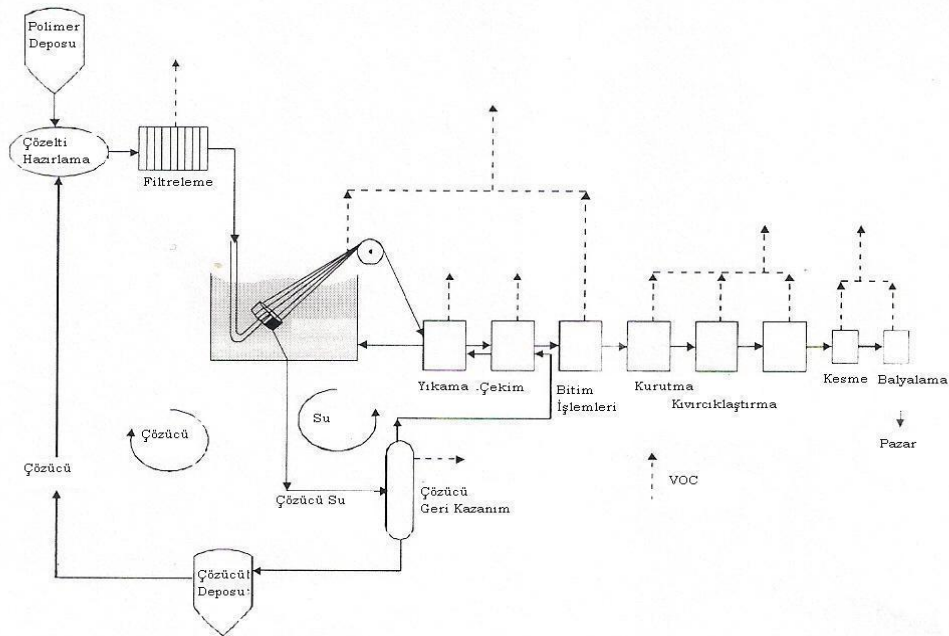
Poliakrilonitril polimerleri eriyikten lif çekimi için kullanılan yüksek sıcaklıklara kadar ısıtıldığında erimemekte ve 320 °C civarındaki sıcaklıklarda yapısı bozunmaktadır. Bu yüzden eriyikten lif çekimi yöntemine uygun değildir. Ancak PAN polimerleri; uygun çözücüler içerisinde çözülerek lif çekimi için uygun akışkanlıkta polimer çözeltisi haline getirilebilmektedir. Bu sebeplerden dolayı akrilik lif üretimi çözeltilen lif çekimi yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Poliakrilonitril polimerlerinden hem yaş çekim ve hem de kuru çekim yöntemiyle lif üretilebilmekle birlikte, üretimin yaklaşık %85'i yaş çekim, %15'i kuru çekim yöntemiyle gerçekleştirilmektedir (120).

Polimer, bir çözücü madde içinde (Genellikle, dimetil asetamid olan çözücü madde yerine di-metilformamit, di-metil sülfoksit veya potasyum tiosiyanat da kullanılabilir) çözüldükten sonra, gayet ince (0,05-0,2 mm çaptaki) deliklerden geçirilir ve yeni bir ortama sevk edilir. Daha önce lif çekim yöntemlerinde anlatıldığı şekilde, bu yeni ortamın, sıvı veya gaz olmasına göre, üretim yaş veya kuru lif çekimi ismini alır.

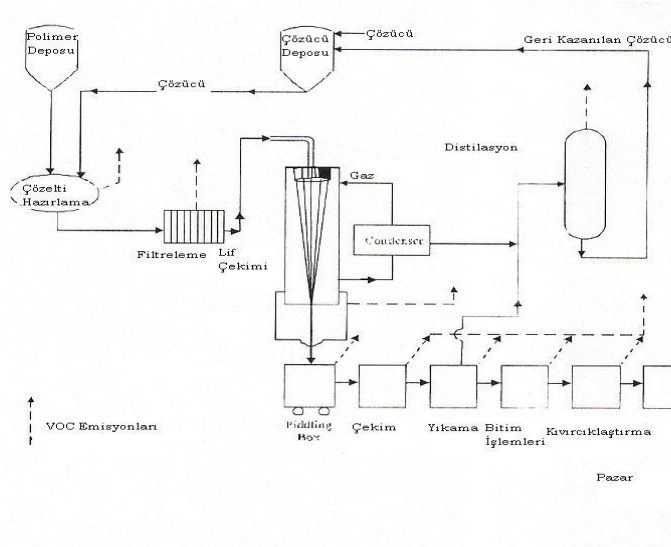
Çözücü madde olan dimetil asetamid, 10 °C civarında soğutulur ve özel bir ekipman ile % 26 oranında polimer ile ince bir süspansiyon haline getirilir. Bazı kimyevi maddelerde ilave edildikten sonra homojen hale getirilir. Isıl işlemlerden geçirildikten sonra dearatörde havası alınarak filtre preslerinden süzülür. Böylece elde edilen DOP (macun, eriyik ya da çözücü içinde çözünmüş polimer madde-dope-), parlak lif demetleri üretmek içindir. Yarı mat elyaf elde etmek için hazırlama sırasında süspansiyona titandioksit ilave edilmesi gerekmektedir (9).

Yaş lif çekiminde, çözücüde mevcut olan polimer madde, düzelerden sonra yer alan çöktürme banyosundaki yeni çözelti ile temas edince, çözücü maddeyi banyodaki sıvıya terk eder ve polimer madde çözülmeyen lif halinde kalır (Koagülasyon).

Kuru işlemden ise sıcak gazların ters akımla devrettirildiği bir ortamda çözücü madde geri kazanılır. Kuru lif çekiminde kullanılan düze ortası boşluklu olup, bu boşluktan 310-400 °C'de sıcak azot gazı fışkırtılır. Kuru lif çekiminde çözücü olarak sadece dimetilformamit kullanılmaktadır ve dimetilformamid'in kaynama noktası 310 °C olduğundan, çözücü bu sıcaklıkta buharlaşarak katılaştıran lif ışınları elde edilir (4,5).



Şekil 25 Akrilik Liflerin Yaş Lif Çekim Yöntemiyle Üretilmesinin İş Akış Şeması (119)



Şekil 26 Akrilik Liflerin Kuru Lif Çekim Yöntemiyle Üretilmesinin İş Akış Şeması (119)

Her iki yöntemde de çekilen lifer; daha sonra yıkama, yumuşatılması için apre işlemleri, kurutma, gerdirme, kıvrıklaştırma, fiksaj gibi ard işlemlere tabii tutularak, sektörde kullanılabilecek hal kazandırılırlar ve balyalanarak piyasaya sürülürler. Eğer renkli halde üretileceklerse, yıkamadan önce lif halinde katılaştıktan sonra boya banyolarına girerler. Daha sonraki ard işlemler renksiz lif üretimi ile aynıdır (4,5).

Poliakrilonitril (Akrilik) Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Yaş eğirme yöntemine göre üretilen akrilik liflerinin enine kesiti yuvarlak veya fasulye şeklindedir. Kuru eğirme yöntemine göre elde edilen akrilik liflerinin enine kesiti yer fıstığı şeklindedir. Yuvarlak veya fasulye şeklinde enine kesite sahip olan akrilik liflerinin yaylanma yeteneği, yer fıstığı şeklinde enine kesite sahip olan akrilik liflerinin de yumuşaklığı ve parlaklığı iyidir. Akrilik liflerinin boyuna görünüşleri pürüzsüz, bükümlü ve çizgilidir.

Akrilik lifleri çeşitli uzunluklarda üretilebilir. Kullanım alanına bağlı olarak filament halde olabileceği gibi kesikli (stapel) şeklinde de olabilir. Kesikli (stapel) olarak kullanılacak liflerin daha hacimli olması için kıvrım kazandırılır.

Akrilik liflerinin mukavemeti diğer sentetik lifler (poliamid, poliester, olefin) kadar yüksek değildir. Daha çok pamuk, yün lifi gibi doğal liflere yakındır. Akrilik

liflerinin mukavemeti 2–3,6 g/denye arasındadır. Kopma ve aşınmaya karşı dayanıklılığı azdır.

Akrilik liflerinin nem çekme özelliği düşüktür. Bu oran normal şartlarda % 1 – 2,6 arasında değişmektedir. Akrilik liflerinin nem çekme özelliği düşükse de, mikro liflerin yüzeylerinde su tutma özellikleri yüksektir.

Akrilik liflerinin sürtünmeye karşı dayanıklılığı iyi değildir.

Akrilik liflerinin boyut değıştirmezliği iyi değildir. Buhar akrilik ürünlerinin boyutlarında değışikliğe neden olabilir. Isı altında oluşan buruşukluklar kalıcı olur.

Akrilik liflerinin esneklik özelliği diğer sentetik liflere oranla daha düşüktür, yaylanma özelliği ise lifin türüne göre iyiden çok iyiye doğru farklılıklar gösterir. Akrilik liflerinin uzama oranı % 20– 36 arasında değışir. Akrilik lifi % 1 uzatıldığında % 95 esneyebilir.

Akrilik liflerinin özgül ağırlığı 1,14 – 1,19 g/cm³ arasında değışmektedir.

Çok iyi ve kabarık şekilde tekstürize edilebildiğinden iyi ısı tutma özelliğine sahiptir.

Akrilik lifleri nitrik asit dışında diğer asitlere karşı dayanıklıdır. Özellikle yoğun ve sıcak haldeki alkaliler life zarar verir. Kuru temizlemede kullanılan çözücüler lifin sertleşmesine yol açabilir. Klorlu ağartıcılar dışındaki ağartıcılara karşı dayanıklıdır.

Akrilik liflerinin güneş ışığına karşı dayanıklılığı oldukça iyidir. Bakteri, mantar, küf, güve ve diğer zararlı böcekler liflere zarar vermez.

Akrilik liflerinin elektrik iletme özelliği az nem çektiği için düşüktür. Bu nedenle akrilik ürünlerde statik elektriklenme problemi ile karşılaşılır.

Akrilik liflerinin belli bir erime noktası yoktur. Erime noktası 215 - 255°C arasında değışir. Çok yüksek sıcaklıklar ürünlerin rengine değışikliğe neden olabilir. Ütüleme sıcaklığı 110 °C olmalıdır.

Akrilik liflerinin alevle karşılaştığında eriyerek yanar. Alev çekildikten sonrada yanmaya devam eder. Kimyasal bir koku ve siyah bir is bırakır. Külü sert siyah ve şekilsizdir (26, 122).

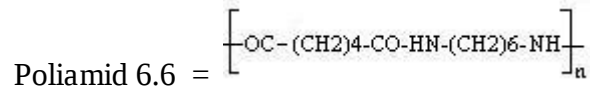
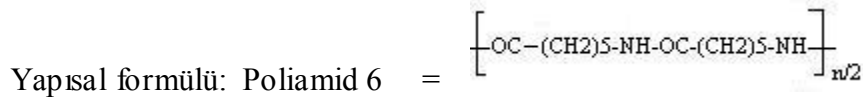
Poliakrilonitril (Akrilik) Liflerinin Kullanım Alanları

Akrilik lifleri çeşitli giysilerde ve ev tekstili ürünlerinde tek başlarına veya karışım halde kullanılabilir. Tutumlarının yün lifine benzemesi, hafif olmaları ve bakımlarının yüne göre daha kolay olması nedeniyle akrilik lifleri piyasada aranan bir konuma gelmiştir. Akrilik liflerinden hacimli iplikler üretilerek özellikle örme yüzey üretiminde ve örmecilik sektöründe yaygın olarak yararlanılır.

Konfeksiyon sektöründe; eşofman, kazak, elbise, çorap, el örgü iplikleri, çocuk giysilerinde ve bazı spor giysilerinde (özellikle kayak) kullanılır. Akrilik liflerinden imitasyon kürk kumaşlar da üretilebilir, ev tekstili alanında; perdelik ve döşemelik kumaş, battaniye ve halı yapımında ve tente üretiminde kullanılır (26, 122).

2.1.3.3.3. Poliamid

Poliamid Liflerinin Üretimi



Poliamid 6 kesiksiz elyaf ve stapel lif imali, modern teknolojiye genellikle benzenden başlayarak elde edilen bir siklo-amid olan kaprolaktamın polimerizasyonudur. Poliamid6.6 ise adipik asit ile heksametilen diamin arasındaki polikondensasyon reaksiyonu ile elde edilir.

Poliamid 6 üretiminde en çok kullanılan yöntem; kesiksiz olarak çalışan VK borusu yöntemidir. VK borusu 4-9 m yükseklikte, 32 cm çapında, ısıtılabilen bir borudur. Sıvı kaprolaktam VK borusu içerisinde aşağı doğru inerken, polikondenzasyon'a uğrar ve aşağı taraftan polimer eriyiği olarak çıkar. Bu eriyik içerisinde, poliamid 6 ile birlikte, kaprolaktam (%12) da bulunur. Kaprolaktamı uzaklaştırmak için eriyik, su banyosundan geçirilerek, kalan poliamid 6 polimeri, jips halinde kesilir (4,5).

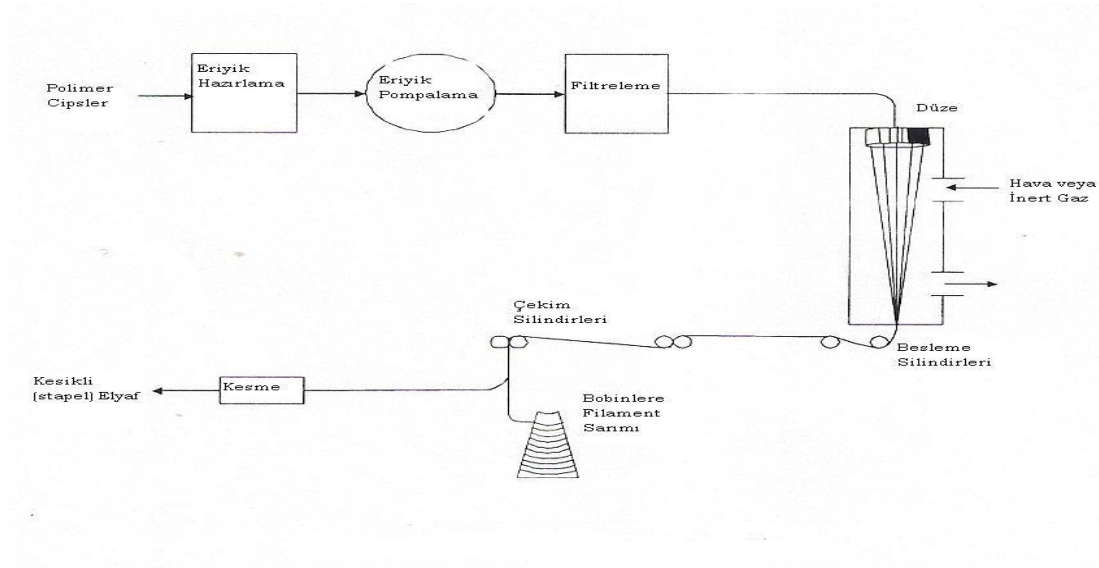
Poliamid 6.6 iki adımda üretilir. Birinci adımda; apidik asidin metanol içindeki kaynar haldeki %20'lik çözeltisine %60-80'lik hegzametilen diamin ilavesi yapılır ve AH tuzu (poliamid 6.6 tuzu) elde edilir. İkinci adımda; 270-280 °C'de 18-23 Atü basınç, devamlı dışarı oluşan su buharı verilerek 1 Atü'ye kadar düşürülür ve polikondenzasyon reaksiyonu ile AH tuzundan poliamid 6.6 polimerleri elde edilir. Toplam süre 4 saat sürmektedir (4,5).

Poliamid 6 ve poliamid 6.6 liflerinin üretiminde, eriyikten lif çekimi yöntemi uygulanır.

Özetle, poliamid (6 ve 6.6) filament üretimi için önce poliamid cips ekstruderlerde 270 °C sıcaklıkta eritilir, sonra yüksek basınç altında düzelerden dışarı basılır ve hava akımı ile soğutularak bobinaj dairesine geçirilir. Burada statik elektriklenmeyi önlemek ve fiziksel bünyeyi olgunlaştırmak için preperasyon, elastikiyet ile mukavemet özelliklerini de alabilmesi için de soğuk (gerdirme) çekime tabi tutulur, daha sonra kopslara sarılır ve satışa hazır hale getirilir (9).

Poliamidin kesikli lif haline gelebilmesi için ekstruderlere kadar geçirilen safha filament, kesintisiz lif üretimiyle aynıdır. Ancak ekstruderlerden sonra basınç altında soğutulan filamanlar toplanarak birleştirilir ve böylece çoğaltılarak kablo haline getirilirler. Kablolar çekme hattında kademeli olarak çekilir, direnç ve elastikiyet verilir ve fikse edilir. Daha sonra, fikse edilmiş kabloya ondüle (kıvrıcılık) ve yağ verilir, kablo kurutulur. İstenilen boyda kesilir ve balyalanır (9).

Poliamid cips'ten poliamid elyaf ve devamlı iplik üretimi, poliester cips'ten elyaf ve devamlı iplik üretimine benzer. Sadece filament (iplik) çekme işlemi (gerdirme) poliesterde sıcak, polyamid'te ise soğuktur (9).



Şekil 27 Poliamid Jipslerinin Eriyikten Lif Çekim Yöntemleriyle Çekilmesinin Şematik Gösterimi (119)

Poliamid Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Poliamid 6.6 ve Poliamid 6 lifleri mikroskop altında düzgün bir silindir, cam bir çubuk görünümündedir. Enine kesiti ise yuvarlaktır.

Poliamid 6.6 ve Poliamid 6 lifleri parlaktır, istenildiğinde titanyum dioksit (TiO_2) ilavesi ile yarı mat veya mat olarak elde edilebilir.

Poliamid 6.6 ve Poliamid 6 lifleri çeşitli uzunluklarda üretilebilir. Kullanım alanına bağlı olarak filament halde olabileceği gibi kesikli (stapel) şeklinde de olabilir.

Poliamid 6.6 liflerinin mukavemeti çok yüksektir. Poliamid 6.6 liflerinin mukavemeti kuru halde 4.5 – 6 g/denye, ıslak halde ise 4.1 – 5.2 g/denye arasındadır. Islak halde iken mukavemetlerinde az bir düşüş görülmektedir. Poliamid 6 liflerinin mukavemeti poliamid 6.6'ya göre biraz daha yüksektir. Poliamid 6 liflerinin mukavemeti kuru halde 4.5 – 7 g/denye, ıslak halde ise 4.1 – 6 g/denye arasındadır. Islak halde iken mukavemetlerinde çok az bir düşüş görülmektedir.

Poliamid 6.6 ve Poliamid 6 liflerinin nem çekme özelliği doğal liflere oranla düşüktür. Bu oran normal şartlarda % 4 – 4.5 arasında değişmektedir.

Poliamid 6.6 ve Poliamid 6 liflerinin sürtünmeye karşı dayanıklılığı oldukça iyidir. Ancak tüylenme problemi ile karşılaşılabilir.

Poliamid 6.6 ve Poliamid 6 ürünlerinin boyut değıştirmezliği, düşük ve ılık sıcaklıklarda yıkandığında iyidir. Yüksek sıcaklıklarda yıkanan ürünler büzüşmeye bağlı olarak çeker.

Poliamid 6.6 ve Poliamid 6 liflerinin esneklik özelliği yüksek, yaylanma özelliği iyidir. Poliamid 6.6 ve 6 lifleri % 8 oranında uzatıldıklarında eski hallerine dönebilir. Filament halindeki Poliamid 6.6 liflerinin uzama oranı kuru halde % 26 – 32, yaş halde % 30 – 37 arasında değışmektedir. Filament halindeki Poliamid 6 liflerinin uzama oranı kuru halde % 23 – 43, yaş halde % 27 – 34 arasında değışmektedir.

Poliamid 6.6 ve 6 lifleri oldukça hafif bir lif olup, özgül ağırlığı 1.14 g/cm^3 tür.

Poliamid 6.6 ve 6 lifleri kimyasal maddelere karşı dayanıklıdır. Sulu asitlerin liflere olumsuz bir etkisi olmazken, sülfürik asit ve nitrik asit gibi kuvvetli asitler lifi parçalar. Sıcak ve soğuk hidroklorik asit life zarar verir. Alkalilere karşı oldukça dayanıklıdır. Poliamid 6 liflerinin alkalilere karşı dayanımı poliamid 6.6 dan daha iyidir. Kuru temizlemede kullanılan fenol, kresol ve formik asit hariç diğer çözücüler life zarar vermez.

Poliamid 6.6 lifleri güneş ışığına karşı dayanıklıdır. Ancak uzun süre güneş ışığı etkisi altında kalırsa mukavemetlerinde biraz azalma olur. Poliamid 6 liflerinin güneş ışığına karşı dayanıklılığı daha düşüktür. Bu yüzden perdelik kumaş olarak kullanılması önerilmez. Bakteri, mantar, güve ve diğer zararlı böcekler liflere zarar vermez.

Poliamid liflerinin elektrik iletme özelliği çok zayıf olduğundan statik elektrikle yüklenir. Elektrik iletme özelliği çok düşük olduğundan lifler, elektrik malzemelerinde izolasyon amaçlı da kullanılır.

Poliamid 6.6 lifleri $150 \text{ }^{\circ}\text{C}$ de sararır. $230 \text{ }^{\circ}\text{C}$ de yumuşar. Poliamid 6.6 liflerinin erime noktası ise $260 \text{ }^{\circ}\text{C}$ civarındadır. Poliamid 6 liflerinin erime noktası, poliamid 6.6 lifine göre daha düşük olup $215 \text{ }^{\circ}\text{C}$ civarındadır.

Poliamid 6.6 ve 6 lifleri alevle karşılaştığında hemen tutuşmaz, ancak yanmaya başladığında alevle yanar. Termoplastik özelliğinden dolayı lifler önce yumuşar, daha sonra damlayarak erir. Külü ise krem rengine, boncuk şeklinde ve serttir (122).

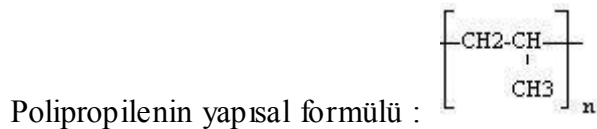
Poliamid Liflerinin Kullanım Alanları

Poliamid 6.6 lifleri giyim, iç mekânda kullanılan döşemelik kumaşlar ve endüstriyel tekstiller gibi bir çok alanda kullanılır. Konfeksiyon sektöründe; elbise, mayo, spor giysileri, kadın, erkek ve çocuk çorabı, iç giyim, ceket ve gömlek, ev tekstilinde; yatak örtüsü, halı ve perdelik kumaşlar, endüstriyel alanlarda; çadır, uyku tulumu, balık ağı, şemsiyelik ve paraşüt kumaşlarında, otomobil lastiklerinde ve emniyet kemeri yapımında kullanılır (122).

Poliamid 6 lifleri ile Poliamid 6.6 liflerinin kullanım alanları benzese de bazı özellikleri nedeniyle ayrıldığı noktalar vardır. Erime noktaları farklı olduğu için uygulanacak ütüleme sıcaklığı da farklıdır. Nem çekme özellikleri aynı olsa da poliamid 6 lifi bazı boyalarda daha kolay boyandığından daha parlak ve canlı renkler elde edilebilir. Güneş ışığına karşı dayanıklılığı daha düşük olduğundan perde yapımında kullanılmaz. Poliamid 6'nın tutumu, poliamid 6.6'ya göre daha yumuşak olduğundan özellikle trikolar ve tekstüre ipliklerin yapımında daha çok kullanılır. Konfeksiyon alanında; elbise, kadın ve çocuk çorabı, iç giyim, gömlek, ev tekstili alanında; yatak örtüsü, halı yapımında, endüstriyel alanlarda; çadır, balık ağı ve otomobil lastiklerinde kullanılır (122).

2.1.3.3.4. Polipropilen

Polipropilen Liflerinin Üretimi



Bir petrol ürünü olan propilenin; uygun katalizörler (Ziegler-Natta) ile 30 atü basınçta, 100 °C de polimerizasyonu ile elde edilmektedir.

Polipropilen izotaktik, sindiotaktik ya da ataktik konformasyonlarında sentezlenebilir ve konformasyonun ne şekilde olduğu, polimerin kristallik yapısı, oranı ve yoğunluğunu etkiler. Ataktik polipropilenin kristal yapı oluşturmaları çok zordur ancak izotaktik polipropilen LDPE (düşük yoğunluklu polietilen)'den daha fazla kristalleşebilirken HDPE (yüksek yoğunluklu polietilen) kadar çok kristalleşemez. Bir

başka deyişle iPP (izotaktik polipropilen)'in kristal oranı %40 ile %70 arasında değişebilir (126).

Polipropilenin üç izomer yapısından; ataktik polipropilen (CH_3 'lerin zincir üzerinde gelişigüzel yerleştiği), izotaktik polipropilen (CH_3 'lerin zincir üzerinde aynı yönlü yerleştiği) ve sindiotaktik polipropilen (CH_3 'lerin zincir üzerinde simetrik karşılıklı yerleştiği) içerisinden, lif üretimi için izotaktik polipropilen kullanılmaktadır.

Lif çekimi iki yöntemle yapılır. Birincisi; eriyikten lif çekim yöntemidir. Polipropilen eriyiği düzeden fişkırtıldıktan sonra soğutularak katılaşdırılır ve gerdirilerek lif elde edilir. İkinci yöntem ise; film yarma tekniği ile şerit liflerin elde edilmesidir. Film yarma tekniğinde de iki yöntem vardır. Bunlar;

Şişirme yöntemi; Düzenin orta kısmından püskürtülen hava ile düzeden fişkıran polimer eriyiği katılaştırırken aynı zamanda şişer. Bu şekilde elde edilen folyeler, ince şeritler halinde kesilerek çuval yapımında kullanılabileceği gibi, kesilmezler ise torba olarak kullanılırlar.

Yayma yöntemi; Polimer eriyiği 1 m'ye yaklaşan ince bir yarıktan düzgün bir şekilde sonsuz bir bant üzerine dökülerek katılaşması sağlanır. Bu şekilde elde edilen folye, kesilerek şerit lifler elde edilir. Folyeler ince iplik elde edilmesinde kullanılacaklarsa, gerdirilerek uzatılıp inceltirilerek multiflament üretiminde kullanılmaktadırlar (4,5).

Polipropilen Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Polipropilen liflerinin enine kesitleri genelde yuvarlak boyuna görünüşleri ise silindiriktir. Lif yüzeyi pürüzsüz görünür.

Polipropilen lifleri renksiz olarak üretilir. Üretim sırasında polimer sıvısı boyanarak istenilen renkte lif elde edilebilir.

Polipropilen liflerinin çeşitli uzunluklarda üretilebilir. Kullanım alanına bağlı olarak filament halde olabileceği gibi kesikli (stapel) şekilde de olabilir.

Polipropilen liflerinin mukavemeti yüksektir. Polipropilen liflerinin mukavemeti 3–5 g/denye, arasındadır.

Polipropilen lifleri bünyelerine hiç nem çekmez. Nem çekmediği için su ile bulaşan lekelerden etkilenmez. Polimer çözeltisi renklendirildiği zaman boyanabilir.

Polipropilen liflerinin sürtünmeye karşı dayanıklılığı çok iyidir.

Polipropilen liflerinin boyut değiştirmezliği mükemmeldir. 120°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ürünler büzülür.

Polipropilen liflerinin esneklik özelliği çok iyidir, yaylanma özelliği ise iyi değildir

Polipropilen liflerinin özgül ağırlığı çok düşük olup 0, 92 g/cm³ tür. Bu lifin sudan da hafif olduğunu gösterir.

Polipropilen liflerinin asitlere ve alkalilere karşı dayanıklılığı iyidir. Kuru temizlemede kullanılan çözücüler life zarar verebilir. Bu yüzden yıkama yapılması daha iyidir ve önerilir.

Polipropilen lifleri uzun süre güneş ışığı etkisi altında kalırsa lif zarar görür. Bakteri, mantar, küf, güve ve diğer zararlı böcekler liflere zarar vermez.

Polipropilen liflerinin elektrik iletme özelliği düşüktür. Nem çekmedikleri için ürünlerde statik elektriklenme problemi ile karşılaşılır. Bitim işlemleri ile bu problem giderilebilir.

Polipropilen liflerinin erime noktası 170 °C civarındadır.

Polipropilen lifleri alevle karşılaştığında yanarak erir. Alev çekildikten sonrada lifler kendi kendini söndürür. Kimyasal bir koku veya parafin kokusu çıkar. Siyah bir is bırakır. Külü oldukça serttir (122).

Polipropilen Liflerinin Kullanım Alanları

Polipropilen lifleri çeşitli giysilerde, döşemelik kumaş, halı ve endüstriyel alanda oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Tek başlarına veya diğer liflerle karıştırılarak kullanılabilir. Konfeksiyon sektöründe; iç giyim, çorap, çocuk giysilerinde, çeşitli ipliklerin yapımında, özellikle lifin nem çekmemesi nedeniyle ve sürtünmeye karşı dayanıklı oluşlarından spor giysilerinde kullanılır, ev tekstili alanında; battaniye, halı ve halat yapımında jüt ve benzeri liflerin yerini almaktadır. Polipropilen lifleri özellikle halı ve döşemelik kumaş yapımında kullanılmaktadır. Battaniye

yapımında yün lifleri ile karıştırılarak kullanılır, endüstriyel alanda; çeşitli filtre kâğıdı, balık ağ ve kayış yapımında kullanılmaktadır. Polipropilen liflerinden yat döşemeleri ve otomotiv sektöründe de yararlanılmaktadır (122).

2.1.3.3.5. Polietilen

Polietilen Liflerinin Üretimi

Polietilenin yapısal formülü: $\text{[-CH}_2\text{-CH}_2\text{]}_n$

Polietilen lifleri, etilen gazının polimerizasyonu sonucu elde edilir. Etilenin polimerizasyonu için iki farklı yöntem vardır. Bunlar;

Yüksek basınç yöntemi; 1000-2000 atm.'de 150-200 °C'de polimerizasyon gerçekleşir. Bu yöntemle elde edilen polietilenden lif çekimi yapılamaz, plastik sanayinde kullanılan polietilenin üretilmesinde bu yöntem tercih edilmektedir.

Mülhem alçak basınç yöntemi; 100°C'de ve normal basınçta polimerizasyon gerçekleşir. Ziegler-Natta katalizörleri ($\text{Al(C}_2\text{H}_5)_3 + \text{TiCl}_4$) katalizörleri kullanılır. Bu yöntemle yoğunluğu yüksek polietilen polimerleri (HDPE-high density polietilen) elde edilir.

Polietilen polimerlerinden lif çekimi; eriyikten lif çekim yöntemidir. 250-300 °C'de, ekstruderlerde eriyik hale getirilen polietilen polimerleri, düzelerden fişkırtılıp soğutulduktan sonra tekstil endüstrisinde kullanılacak lif biçimini alırlar (4,5).

Polietilen Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Liflerin birçok özelliği diğer bir poliolefin lifi olan, polipropilen lifine benzemektedir. Polietilen liflerinin erime noktası ve uzama yeteneği, polipropilen lifinden daha düşüktür. Polietilen lifleri; 0,9-0,97 g/cm³ yoğunlukta dırlar. Mukavemet değeri; 3,5-6 cN/dtexdir. NŞA'da nem içermeyen liflerdir. Nem içermedikleri için kuru ve yaş dayanımları aynıdır. Asitlere ve bazlara karşı dayanımları aynıdır. Birçok organik bileşik içinde çözünmezler. Lif olarak renksiz üretilirler ise sonradan boyanamazlar bunun için; renkli olmaları istenirse lif üretilirken renklendirilirler (4,5).

Tablo 27 Erime Nokta ve Yoğunlukları -Poliolefin Grubu Lifler- (12)

Erime Noktası (° C)	Yoğunluk (g/cm ³)	Lif Cinsi
108	0,92	Yüksek basınçta polimerize edilmiş polietilen
133	0,95	Düşük basınçta, polimerize edilmiş polietilen
160-165	0,90	Propilen (1)

Polietilen Liflerinin Kullanım Alanları

Bu lif tekstil sektöründe çok büyük bir öneme sahip değildir. Plastik ve ambalaj sanayinde daha etkilidir. Polietilen lifleri kimyasal maddelere karşı koruyucu kumaş, ip, yelken bezi, hafif balık ağlarında, halat, çuval, filtre bezi, otomobil ve uçak döşemelerinde, izolasyon maddesi olarak, kullanılmaktadır (122).

2.1.3.4. Rejenere Liflerin Kimyasal Yapısı ve Lif Çekimi

Hammaddesi doğada bulunan makromoleküller olup, bir takım fabrikasyon işlemlerden sonra, bu makromoleküllere lif biçiminin kazandırılmasıyla elde edilirler. Moleküler yapısı; doğadan elde edildiği kaynağa göre; selüloz olanlar ve protein olanlar mevcuttur.

Rejenere liflerin sınıflandırmasında bahsedilen alginat lifleri ile, mineral esaslı rejenere lifler çalışmamızda incelenmediğinden anlatılmayacaktır.

Selüloz maddesi doğada istenilen saflıkta bulunmamaktadır. Bu nedenle yeterince selüloz içeren odun ve bitkiler önce bir saflaştırma işleminden geçirilerek selüloz maddesi elde edilmektedir. Selüloz maddesi eldesinde ham madde olarak şunlar kullanılır:

Linterler; iplik olarak eğrilemeyecek kadar kısa pamuk liflerine verilen isimdir, iyi cins rejenere selüloz lifleri eldesinde kullanılırlar.

Ağaçlar; özellikle soğuk kuzey ülkelerinde yetişen kızıl çam cinsinden iğne yapraklı ağaçların, kayın ağacının ve daha az miktarda da kavak, özel çamlar... gibi ağaçların odunları kullanılmaktadır.

Saman; saman, ayçiçeği bitki sapları, keten eldesi sırasında sapın odun kısmından ayrılan parçalar gibi bitkisel artıklardan elde edilen selüloz, daha çok düşük

kalite kâğıt üretiminde kullanılmaktaysa da bazı özel işlemler sonucu rejenere selüloz lif üretiminde de kullanılabilmektedir.

Yukarıda belirtilen hammaddelerden; Sülfite, Sudkostik, Sülfat ve Nitrik asit yöntemlerinden biri ile selüloz elde edilir.

Protein eldesinde ise hammadde olarak şunlar kullanılır:

Mısır bitkisi; içeriğinde %10 zein isimli protein mevcuttur.

Yer fıstığı; içeriğinde %25 Arochin ve Conarchin mevcuttur.

Soya fasülyesi; %35 Glisin mevcuttur.

Süt; içeriğinde kazein mevcuttur (4,5,7,52).

Çalışmamızın, *Seluloz ve Proteinler* başlıkları altında kısaca anlatıldığından bu bölümde, selüloz ve protein makromolekül ve moleküler üstü yapıları tekrar edilmeyecektir.

Çalışmamızın, *Lif Çekim Yöntemleri* başlığı altında kısaca anlatıldığından bu bölümde, lif çekim yöntemleri tekrar edilmeyecektir.

2.1.3.4.1.Viskon

Viskon Liflerinin Üretimi

Rejenere selüloz lif olan viskon için 3 üretim yöntemi mevcuttur. Bu yöntemlerden;

Nitrat Yöntemi; lif çekim çözeltisinde maliyeti yüksek Alkol/Ether karışımı, 1 kg lif üretimi için yaklaşık 1 ton su kullanılması, işlemler sırasında kullanılan çözümlerin kolay patlayan ve tutuşan maddeler olması gibi dezavantajlardan dolayı, kullanılmayan bir yöntem olduğu için anlatılmayacaktır.

Bakır (Cuaksam) Yöntemi; piyasada Cupro olarak tabir edilen rejenere selüloz liflerinin üretim yöntemi olup, çalışmada bu lifler incelenmediğinden anlatılmayacaktır.

Viskoz Yöntemi:

Şu işlem aşamalarından oluşmaktadır;

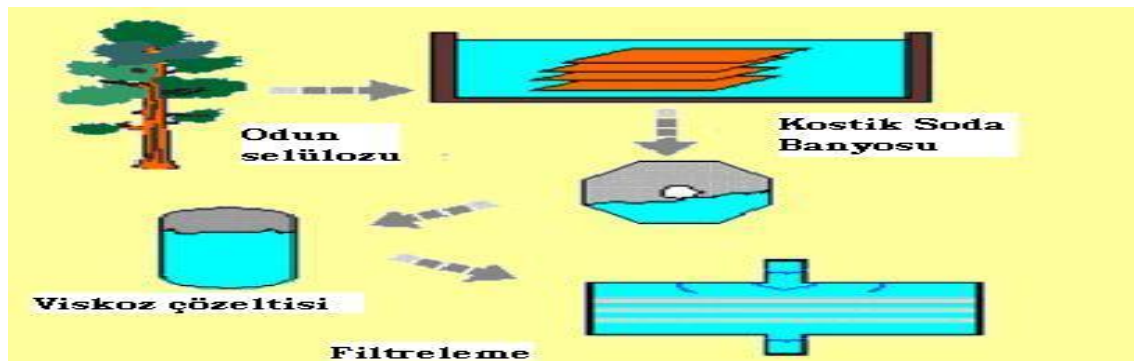
Alkali Selüloz Eldesi; selüloz hammaddesi; 2,5 saat, 16 °C de %18 -19'luk NaOH ile işleme sokularak, alkali selüloz (Sel(OH).ONa) oluşturulmakta, hamur haline getirilen alkali selüloz, ön olgunlaştırmaya bırakılmaktadır.

Ön Olgunlaştırma; alkali selüloz, 20 -24°C de 35-40 saat, hava oksijeni ile temas ettirilerek, lif çekiminde kolaylık sağlamak amacıyla ortalama polimerizasyon derecesi 1750 civarından, 400'e kadar düşürülür.

Sülfürleme; ortalama polimerizasyon derecesi 400'e düşürülmüş alkali selüloz, CS₂ ile işleme sokularak Selülozksantegonat'a dönüştürülür. İşlem 2-3 saattir.

Lif Çekim Çözeltisi Hazırlanması; selülozksantegonat suda çok kolay çözülür. Lif çekim çözeltisi hazırlanırken hidroliz çok olmaktadır. Bunu önlemek için bazik çözeltiler (seyreltik sudkostik) kullanılır. Çözelti içerisindeki kükürt konsantrasyonu %2 olacak şekilde çözelti konsantrasyonu ayarlanmakta, homojen bir karışım elde edebilmek için çözelti içerisine %0,6 Türk Kırmızısı yağı ilave edilmekte, çözelti 15-16 °C de tutulmakta, devamlı filtre edilerek çözülmeeyen kısımlar ayrılmaktadır.

Ard Olgunlaştırma; selülozksantegonat dayanıksız bir madde olarak hızlı bir şekilde parçalanmaktadır. Bu yüzden lif çekim çözeltisindeki viskozite değişmektedir. Bu durumun sonucunda lif çekimi sırasında düzelerden ilk fişkırtılan lifler ile sonradan fişkırtılanlar arasında özellikler değişmektedir. Lif çekiminde homojeniteyi korumak için, lif çekiminin viskozitenin değişmediği ya da en az değiştiği zaman diliminde yapılmaktadır. Bunun için lif çekim çözeltisi; 15-18°C de 48-80 saat bekletilir. Kükürt miktarı bu aşamada % 0,9-0,1'e kadar düşmektedir.



Şekil 28 Viskoz Çözeltisi Eldesi Şematik Görünüşü (121)

Lif Çekimi; yaş lif çekim yöntemidir. Çöktürme banyosu içinde 100-125 g/l H_2SO_4 , 230-300 g/l Na_2SO_4 , 5-15 g/l $ZnSO_4$ bulunur. Banyo sıcaklığı 40-60 °C arasında, banyo havuzunun uzunluğu 25-80 cm'dir.

Lif ışınları çöktürme banyosundan geçerken lif ışınlarının dış yüzeyi hızlı bir şekilde H_2SO_4 ile etkileşir. Dış kısmı sert iç kısmı yumuşak lifler elde edilir. Lif mukavemetinin düşmesine sebep olan bu iç dış farkı istenmeyen bir durumdur. Bu durumun ortadan kaldırılması için reaksiyon ortamına Na_2SO_4 ilavesi yapılarak reaksiyonun yavaşlatılması ile lif ışınının yavaş yavaş sertleşmesi böylece ışının iç ve dış kesimlerinin homojen sertlikte olması sağlanır.

Ard İşlemler; lif ışınları çöktürme banyosundan çıktıktan sonra kesikli lif üretilecekse, kovalara doldurulmakta ve ard işlemler yapılmaktadır. Bu ard işlemler;

Yıkama: Ilık su ile üzerinde asit kalmayacak şekilde yapılır.

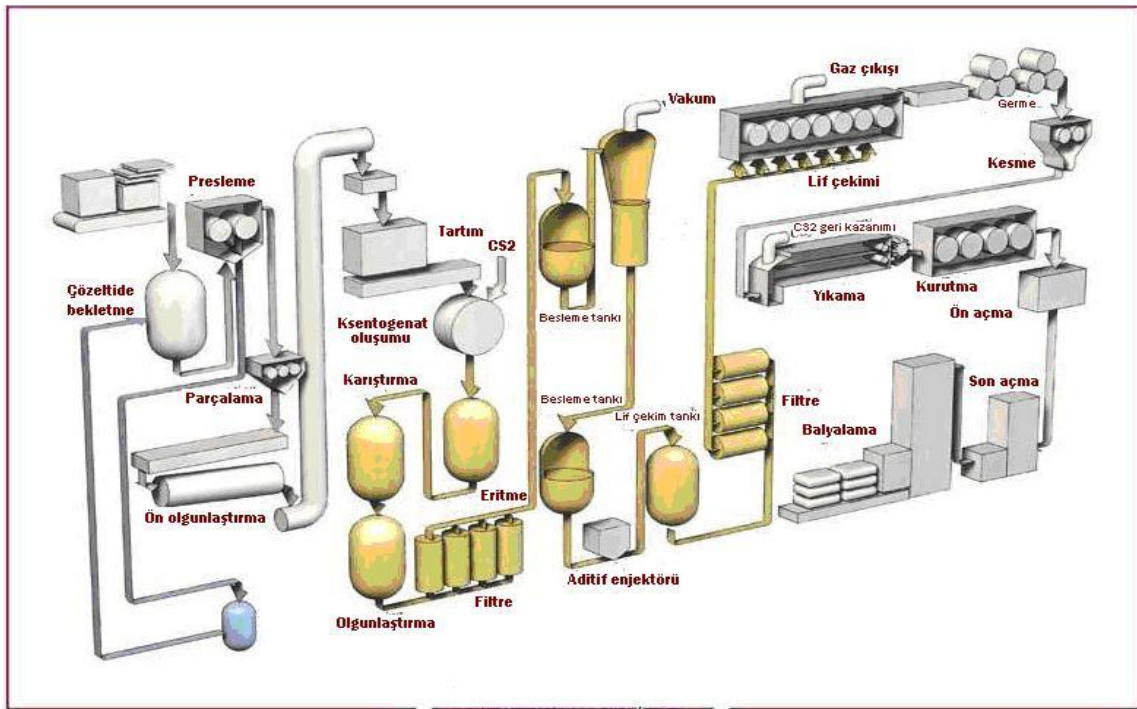
Kükürt Giderme: Lif ışınları selüloksentogenatdan dolayı üzerinde bulunabilecek kükürtlerin uzaklaştırılması, böylece lifin sararma, hava nemiyile sülfirik aside dönüşüp parçalanma riskinin azaltılması için, 2-5 g/l civarında sodyumhidrojensülfid, sodyumsülfid, sodyumsülfür ile 80-90°C da, işleme sokularak bazik indirgenme yapılır ve kükürt uzaklaştırılır.

Ağartma: Hafif sarımtırak renkte olabilecek lifleri beyaz renge dönüştürmek için ılıman şartlarda H_2O_2 ağartması yapılır.

Kurutma: Lif üzerinde %11 nem kalacak şekilde ılıman şartlarda 50-70 °C de lifler kurutulur.

Preperasyon: Kurutulmuş lifleri elimize aldığımızda, lifler kuru samanımsı bir tutumdadır. Liflerin yumuşak olması ve kesimini kolaylaştırmak için preperasyon işlemi yapılır. Bu işlem kurutmadan önce ya da sonra olabilir.

Kesme: İstenilen lif boylarında filament halindeki elyafın kesilmesidir. İstenilen lif boyu karışımında kullanılacağı doğal elyaf cinsinin, boylarıdır (4,5,7,52).



Şekil 29 Rejene Selüloz Lif Üretim Şeması (17)

Viskon lifleri, parlak liflerdir. Bazı tekstil ürünlerinin parlak olması istenmediğinden, lif çözeltisine yapılacak ilavelerle daha lif çekilirken mat lif üreterek ya da iplik yada mamülü, matlaştırma bitim işlemlerinden geçirerek istenen matlıkta tekstil ürünü elde edilebilir.

Parlak viskon liflerinin matlaştırılmaları; lif çözeltisine katılacak bazı katı veya sıvı maddelerle sağlanır. Toluene, ksilen, klorbenzen, β -naftol, antrakinin, çinkooksit, titandioksit ve benzeri çeşitli organik ve inorganik bileşikler içerisinde yaygın kullanılan titandioksittir.

Düşük düzeyde matlık için; % 0,5, tam matlık için; %2 kadar titandioksit lif çözeltisine katılmaktadır.

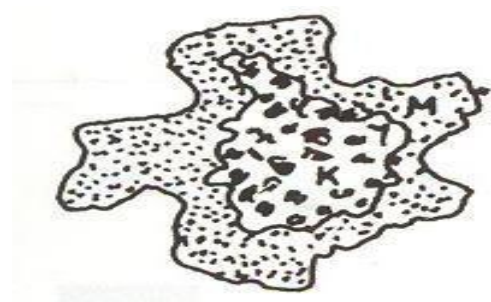
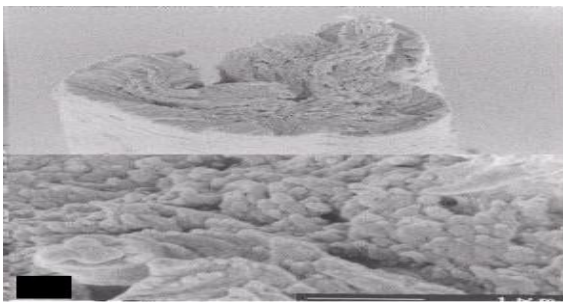
Titandioksit selüloz makromoleküllerinin ışık etkisiyle parçalanmasını hızlandırmaktadır. Bu nedenle, TiO_2 ile matlaştırılmış liflerini perde yapımında kullanılmamaktadır. TiO_2 , nemli liflerin ışık etkisiyle bir miktar ağarmasına da yol açmaktadır. Işık etkisi ürünün her tarafında aynı olmayacağından bu ağarma, ürün üzerinde bulutlu bir görünüme sebep olmaktadır. Bu nedenle, yaş ve nemli ürünler kuvvetli ışık etkisinden korunmalıdır. TiO_2 , direk (substantif) boyarmaddelerin nemli ortamda ışık etkisiyle parçalanmasını da hızlandırmaktadır. Tüm bu sakıncaları

gidermek için; titandioksit üreten fabrikalarda, krom bileşiğiyle muamele gibi bazı özel ard işlemler, TiO_2 'e uygulanmakta veya lif üretimi sırasında lif çözeltisine bir miktar da mangan (II) tuzlarının katılmasıyla titandioksitin katalitik etkisi azaltılmaktadır (7).

Viskon Lif Çeşitleri

Lif çekim işleminin viskon lifleri gibi rejenere selüloz liflerinin özellikleri ve yapısı üzerinde büyük etkisi vardır. Viskon lifleri, çöktürme banyosuna girdiğinde koagülasyon sayesinde ilk olarak bir membran gibi etki gösteren ince bir tabaka oluşturmaktadır. Bundan dolayı viskon lifleri manto olarak adlandırılan kalın bir dış tabaka içermektedir. Bu yapılar, lif çekim banyosu üzerindeki belirli kimyasal şartların bir sonucudur. Lifin iç kısımlarında kristalitlerin oluşumu için koşullar uygun değildir. Çünkü iç kısımda daha az kristalizasyon noktaları vardır. Çekirdekteki büyüme sayesinde, büyük amorf bölgeler vasıtasıyla ayrılan daha büyük kristalitlerden düzensiz bir ağ oluşmaktadır. Buna karşın manto birçok küçük kristalitlerden oluşan daha homojen bir yapıya sahiptir. Çekirdek ve manto arasındaki yapı farklılıkları boyama sayesinde kolayca anlaşılabilir (21).

Normal viskon liflerinde koagülasyon, selüloz ksantogenatın parçalanması, çinko sülfatın etki göstermesi gibi hususlar lifin bütün kesitinde aynı anda ve aynı etkinlikte olmadıklarından, lif elementlerinin lif içerisindeki yerleşim düzenliliği ve yoğunluğu iç kısımlar (çekirdek, nüve) ile dış kısımlar (manto) arasında farklı olmaktadır. Manto denilen dış kısımlarda daha sıkı ve düzgün bir yerleşim vardır (7).



Şekil 30 Viskon Enine Kesit Görünümü, Viskon Manto/Çekirdek Yapısı (20, 21)

Liflerin bütün kesitte aynı yoğunluk ve düzgünlükte bulunmaması, normal viskoz liflerinin kopma dayanımlarının düşük olması sonucunu doğurmaktadır.

Normal viskon liflerindeki bu dezavantajı kaldırmak için değişik özelliklerde viskon lifleri üretilmektedir. Bunlar;

Yüksek Mukavemetli Viskon Lifleri:

Yüksek dayanımlı viskon liflerinin elde edilmesi için, viskon liflerinde olan iç/dış farkı ortadan kaldırılır. Bunun için üç metod vardır. Bunlar;

Üretim sırasında; kullanılan selüloz maddesinin polimerizasyon derecesi yüksek tutularak, ön olgunlaştırma aşaması kısa tutularak, sülfürleme derecesi yüksek tutularak, ard olgunlaştırma işlemi hiç yapılmayarak veya kısa tutularak, liflerin ortalama polimerizasyon derecelerinin yüksek olması sağlanır.

Lif çekimi sırasında çöktürme banyosunda değişiklikler yapılır. İki banyolu sistem kullanılır. Birinci banyoda, $ZnSO_4$ miktarı arttırılarak, H_2SO_4 ve Na_2SO_4 az tutulur ve lifin yavaş katılaşması sağlanır. İkinci banyoda ise, H_2SO_4 fazla miktarda tutularak katılaşma tamamlanır. İç/dış farkını engellemek için bir diğer metotta; flotteye oksitlenmiş yağ aminleri veya polietilenglikoller gibi viskoz modifikatörleri denilen maddelerin ilave edilmesidir.

Lif ışınları çöktürme banyosundan geçerken, aynı zamanda gerdirme işlemine tabi tutulur. Lif ışınları katılaşmaya başladığı anda gerdirilerek, selüloz makromoleküllerinin birbirlerine göre paralel yönlenmeleri sağlanarak, kristalin bölge miktarları dolayısıyla mukavemetleri arttırılır.

Yukarıda belirtilen hususların kombinasyonu sonucu elde edilen yüksek dayanımlı özel viskoz lifleri artan mukavemet değerlerinden dolayı, başta tekerlek dış lastiklerinde olmak üzere teknik amaçlı kullanılmaktadır. Ancak diğer taraftan, normal viskoz liflerine nispeten yüksek dayanımlı viskoz liflerinde esneme yetenekleri azalmaktadır (4,5,7).

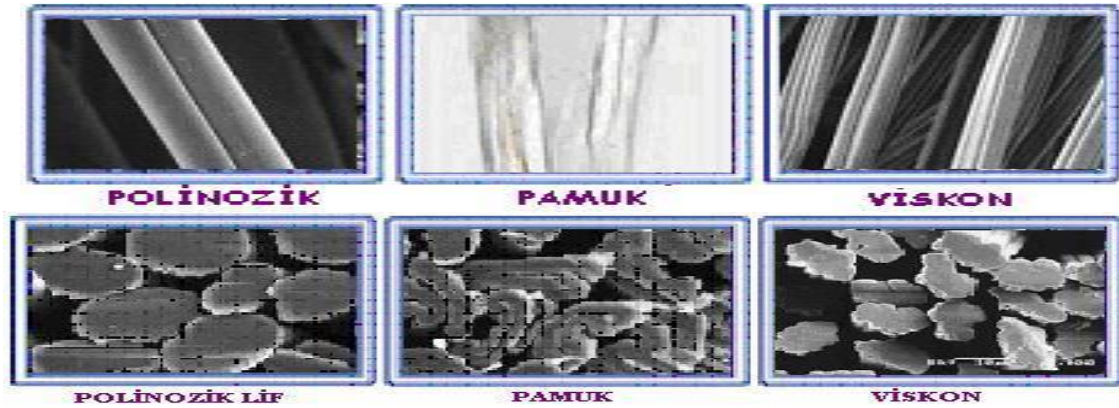
Yaş Mukavemeti Yüksek Viskon Lifleri (Modal Lifler):

Normal viskoz liflerinin kopma dayanımlarının düşük olmasından öte, çoğu zaman istenmeyen asıl özelliği, ıslandıkları takdirde kopma dayanımlarındaki yüksek derecede azalmadır. Bu liflerin yaş kopma dayanımları, kuru kopma dayanımlarının %55-65'i kadardır. Modal lifler; normal viskon liflerine nispeten kuru dayanımları çok daha yüksek olmamakla birlikte, yaş modülleri yüksek olan özel viskoz lifleridir.

Bu liflerinde çeşitli tipleri vardır. Bunlar;

Polinozik lifler; Bazlara karşı dayanıklıdır, dolayısıyla merserize edilebilirler. Yüksek yaş dayanımlıdır.

HWM lifleri; Bazlara karşı dayanıklı değildir fakat daha yüksek esneme yeteneğine sahiptirler, tutumları daha yumuşaktır ve diğer modal lifler gibi yaş dayanımları yüksektir (17,127).



Şekil 31 Polinozik Lif, Pamuk ve Viskon Liflerinin Mikroskopik Görünümleri (17)

Aşağıdaki tabloda; polinozik liflerin, HWM liflerinin, viskon ve pamuk liflerinin bazı özellikleri karşılaştırmalı olarak verilmektedir.

Tablo 28 Modal Liflerle Viskon ve Pamuk Liflerinin Karşılaştırması (128)

Özellik	Polinozik		Yüksek Modül	Viskon		Pamuk
	Tip 1	Tip 2	(HWM)	Normal	Yüksek Dayanım	
Mukavemet (g/tex)	40 (K) 30(Y)	48(K) 38(Y)	40(K) 29(Y)	24(K) 14(Y)	34(K) 23(Y)	30(K) 33(Y)
Esneme (%)	14(K) 15(Y)	9(K) 10(Y)	15(K) 16(Y)	19(K) 22(Y)	25(K) 29(Y)	11(K) 14(Y)
4,5g/tex' de esneme	3	1,5	4	12	10	6
İlmek dayanımı	7	6	8	7	8	18

DP	450	500	350	300	350	2000
Şişme	62	56	65	90	70	46
Boya Absorpsiyonu	+32	+10	+18	+18	+22	+14
%5 NaOH ile işlem görmüş						
Yaş Dayanım (g/tex)	24	33	13	7	11	
Yaş Esneme	22	12	33	30	32	
4,5 g/tex Altında Bozulma	4,5	2	12			

Lyocell- Tencel- Newcell Viskon Lifleri:

Lyocell, selüloz hammaddesinden organik bir çözücü yardımı ile lif halinde çekilen rejenere bir lif olup NMMO (N-metil-morfolin-N-oksit) adı verilen bir yöntemle aminoksidin belirli koşullar altında selülozu çözündürme esasına dayanmaktadır. Bu çözeltiden selüloz maddesi rejenere edilmektedir (129).

Rejenere selüloz liflerinin gelişmiş bir türü olan lyocell grubu viskon lifleri, diğer tekstil liflerine nazaran %100'e varan geri dönüş oranlarına sahiptir. Bu nedenle de ekolojik bir alternatif oluşturmaktadır (130).

Normal viskon lifleri birinci, modal lifleri ikinci ve lyocell grubu lifler ise rejenere selüloz liflerinin üçüncü neslini oluşturur.

Piyasada bulunan lyocell lifleri, üretici firmalara göre değişik isimler alabilmektedir. Lenzing firması tarafından üretilen lifler Lenzing-Lyocell lifleri, Courtaulds firması tarafından üretilen lifler Tencel ve Akzo Nobel firması tarafından üretilen lifler ise Newcell adını almaktadır. Courtaulds firması 1992 yılı ortalarında ilk stapel Tencel (Courtaulds-Lyocell) lifi tesisini işletmeye başlamış ve 1996 yılına kadar da lyocell-stapel lifleri yalnızca Courtaulds firması tarafından üretilmiştir (başlangıçta 18.000 ton/yıl olan üretim kapasitesi 1995 yılı ortalarında 43.000 ton/yıl'a çıkarılmıştır) (131).

Lyocell lifleri; modal, viskoz ve pamuk liflerine nispeten yüksek mukavemetli, modal ve viskoz liflerine nispeten yüksek yaş kopma mukavemetli olmakla birlikte, kullanım sırasında fibrilasyon dediğimiz tüylenme olayı meydana gelmektedir.

Fibrilasyon, elyaftaki dış tabakanın liften sıyrılması, soyulması şeklinde ifade edilebilir. Fibrilasyon, tek bir ıslak lifin mekanik stres vasıtasıyla, tipik olarak çapı 1 ile 4 mikrondan daha az mikro liflere uzunlamasına bölünmesidir (132).

Fibrilasyonun avantaj ve dezavantajları ise şu şekilde sıralanabilir:

Fibrilasyonun Avantajları:

Tutum ve optik

Defibrilasyon ve bu sayede kumaş yüzeyinde nopelenmenin artması

Daha kolay sekonder fibrilasyon

Daha iyileştirilmiş boyanma özellikleri

Daha yumuşak tuşe

Fibrilasyonun Dezavantajları:

Kesim yerlerinin belli olmaması

Kopma mukavemeti kaybı

Lif uçlarının oluşması

Çamaşırlarda görünür düzeyde liflenme/pilling

Renk tonu değişimleri (130).

Lyocell liflerinin fibrilasyon eğiliminin sebebi yüksek kristalinite ve NMMO'dan lif olarak çekilmiş selülozun fibriller arası düşük bağlanma kuvvetleri nedeni ile şişme özelliğine sahip olmasıdır. Yüksek miktarda su emilmesi ile şişen Lyocell liflerinde fibriller arasındaki uzaklık artar ve hidrojen köprülerinin sayısı azalır. Fibriller arasında kalan bağ kuvvetleri hafif olup elastik olmadığı için özellikle yaş mekanik işlemlerde şişmiş lifler dış lif tabakasından dışarı çıkarlar (133).

Lyocell liflerinin fibrilasyon eğilimini azaltmayı amaçlayan yeni lifler geliştirilmektedir. Lyocell liflerine, fibrilasyon eğilimlerini azaltmak amacıyla lifler

arasında çapraz bağ oluşturuucu reçine apresinin uygulanmasından hareketle, Lenzing AG tarafından çapraz bağ oluşturan kimyasallar ile fibrilasyona uğramayan yeni bir lyocell lifi olan “Lyocell LF” geliştirilmiştir (134).

Lyocell liflerinden üretilen ürünler yıkamaya karşı dayanıklı olup ipeğimsi bir yumuşaklığa sahiptirler. Bu nedenle geniş bir kullanım alanına hitap etmektedirler. Aşağıda Lyocell liflerinden üretilmiş ürünlere çeşitli kullanım alanlarına yönelik bazı örnekler verilmiştir. Bunlardan bazıları;

Elbise, manto, erkek veya bayan iç giyimi, kazak, çorap, spor giysiler, tenis, yürüyüş kıyafetleri, yatak takımlarında, yastık, örtü, perde, paketlenme malzemesi, temizlik alanında (tampon, ped, v.s), mobilya sanayiinde, otomobil sanayiinde kemer, güneş şemsiyesi, yağmur şemsiyesi, çadır bezi, saat kayışı, ayakkabı bağı, halı, halı tabanı, yataklarda dolgu maddesi, mutfak bezleri ve yıkama bezleri üretimleridir.

Teknik kullanım alanlarında; Otomobil, kağıdın bütün çeşitleri, elektrik ve kahve filtresi, transport bantları, filtreler için iğneli keçe, sanayii için temizlik kağıtları, kağıt hamurudur (135).

Viskon Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Viskoz liflerinde mikroskobik görüntüsünde, elyaf boyunca uzanan çizgiler vardır. Enine kesit ise, girintili çıkıntılıdır.

Genelde filament halledir. Kullanım yerine göre istenilen uzunlukta kesilerek viskon elyafı elde edilir.

50-900 denye incelikte iplik üretilir. Monofilament inceliği ise 1-1,5 denyedir.

Özel olarak matlaştırılmamış ise, üretildiğinde şeffaftır.

Üretildiklerinde parlaktırlar.

Kuru dayanımları viskoz liflerinde iyi, modalda mükemmeldir. Viskozda mukavemet 2-3 gr/denye civarındadır (121).

Viskon lifleri selüloz II konfigürasyonları ile pamuk, jüt, keten, rami, kenevir gibi selüloz I konfigürasyonundaki doğal liflere göre daha düşük bir mukavemete sahiptir (19).

SelülozII konfigürasyonu ile ilgili bilgi, *Selüloz* başlığı altındadır.

Su ile ıslandıklarında şişme olur. Islakken dayanımı azalır. Pamuk lifleri ıslanınca %30 civarında bir kesit artışı gösterirken normal viskoz liflerinde kesit artışı %50'nin üzerinden olup, %95'e kadar çıkabilmektedir (4,136).

Yaş halde iken mukavemette %30-50 arasında düşme olur.

Viskoz lifleri; kuru halde %10-11 , yaş halde %25-35 uzarlar.

Viskoz rayonu düşük, modal iyi yaylanma (rezilyans) yeteneğine sahiptir. Modalın tutum özellikleri, yüksek kaliteli pamuğa benzer.

%10-16 arasında nem alımı ile doğal selülozik liflerden daha hidrofildir. Daha çok su absorbladıkları için daha yavaş kururlar. Yavaş kurumaları, nemi çabuk emmelerinden de kaynaklanır.

Güneş ışığından etkilenerek, dayanım kaybına uğrarlar. 150 °C'nin üzerinde güç kaybederler. Ütüleme sıcaklığı, 135 °C civarındadır.

Kolay ve çabuk yanarlar.

Çok fazla statik elektriklenme problemleri yoktur.

Daha çok filament halinde kullanımı nedeniyle pilling problemleri yoktur.

1,50 g/cm³ yoğunluk ile pamuktan daha düşük, poliesterden daha yüksek yoğunluğa sahiptir.

Termoplastik özellik taşımaz. Viskoz, iyi bir iletkenidir.

Asitler: Kuvvetli asitlerden etkilenir. Sıcak sulandırılmış mineral asitler veya soğuk yoğun asitler lifi çürütür.

Bazlara karşı dayanımları pamuktan düşüktür. Kuvvetli bazlar dayanıklılığını azaltır.

Kuru temizleme yapılabilir. Kuru temizleme maddelerine karşı dirençlidir.

Yükseltgen ve indirgen maddelerin etkisi pamukta olduğu gibidir. Sodyum hipoklorit (NaClO) gibi beyazlatıcılardan etkilenir.

Temiz ve kuruyken, küf ve mantar oluşumuna dayanıklıdır. Dayanımları nem ve sıcaklığa bağlıdır. Uygun ortamda küf ve mantarlar renk atmalarına neden olur.

Güvelere dayanıklıdır. Bazı böcekler dolaylı olarak zarar verebilirler.

Güneş ışığında uzun süre kaldığında zarar görür.

Boyarmaddelere karşı olan afinitesi (ilgisi), pamuklu materyale göre daha fazladır. Direkt, küp ve kükürt boyarmaddeler ile boyanabilir (121).

Tablo 29 Çeşitli Selülozik Esaslı Liflerin Lif Özelliklerinin Karşılaştırılması (137)

Lif Özellikleri	Pamuk	Viskon	Modal	Polinozik	Bakır lifi	Lyocell
İncelik (dtex)	1,8	1-100	1-3,3	1,3-4,2	1,4-2,2	0,9-3,3
Kuru kopma dayanımı (cN/tex)	24-28	20-24	34-36	35-40	15-20	40-44
Kuru kopma uzaması (%)	7-9	20-25	13-15	10-15	7-23	14-16
Yaş kopma dayanımı	25-30	10-15	19-21	27-30	9-12	34-38
Relatif yaş dayanımı (%)	105	55	57	75	60	85
Yaş kopma uzaması (%)	12-14	25-30	13-15	10-15	16-43	16-18
Polimerizasyon derecesi	2000-3000	250-350	300-600	500-600	450-550	550-600
İlmek dayanımı (cN/tex)		10-14	12-16	8-12		18-20
Fibrilasyon Eğilimi	2	1	1	3	2-3	4-6
Su tutma değeri (%)	45-55	90-100	75-80	55-70	100	65-70
Kristalinite		25	25	40	25	40

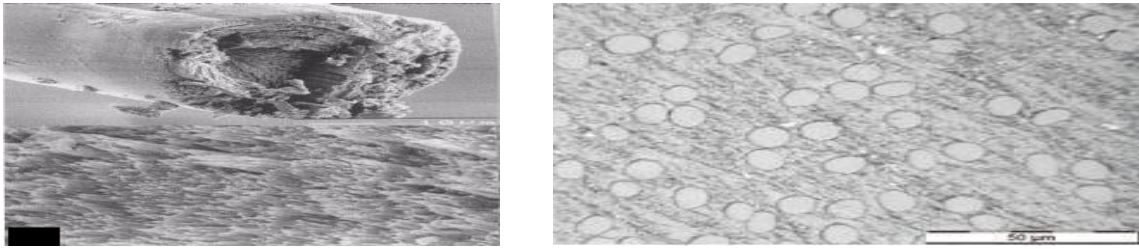
Tablo 30 Rejene Selüloz Liflerinin Yapısal Özelliklerinin Karşılaştırılması (138)

Yapısal Parametreler	Lyocell	Modal	Normal Viskon
Kesit Yapısı	Dairesel-oval	Biraz yassı	Yassı
Kesit Morfolojisi	Tamamen homojen	Kısmi düzgün yapı	Çekirdek/manto
OP	550-600	450-500	300,320
Kristalin derecesi	0,60	0,40	0,35
Elementer fibril ; Kristalin uzunluğu (nm)	21	16	8
Elementer fibril ; Amorf kısım	2	8	7
Kristalin oryantasyon faktörü	> 0,90	0,55-0,60	0,35-0,40
Amorf kısım oryantasyon faktörü	0,70-0,80	0,25-0,35	-----

Viskon Liflerinin Kullanım Alanları

Doğal ipeğe benzediğinden, dayanıklılık gerektirmeyen yerlerde, doğal ipeğin yerine kullanılır. Elbise, gömlek, gecelik, ceket, perde ve döşemelik kumaş, tıbbi mamul, non-woven kumaş üretimi, ev tekstil ürünleri v.b. alanlarda kullanılır (121).

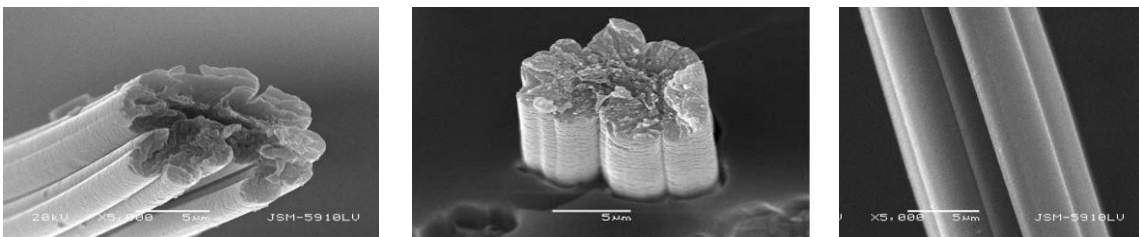
2.1.3.4.2.Tencel



Şekil 32 Lyocell Lifinin Enine Kesit Görüntüsü, Lenzig A.G. Firmasının (0.9 dtex, 34 mm) Tencel Mikro Lifi Kesit Görüntüsü (20)

Tencel lifleri; Courtaulds firması tarafından üretilen Lyocell grubu liflerdendir. Lyocell lifleri ile ilgili bilgiler, *Viskon Lif Çeşitleri* başlığı altında verildiğinden burada tekrar edilmeyecektir.

2.1.3.4.3.Rejenere Bambu



Şekil 33 Rejenere Bambu Kesit ve Uzunlamasına Görünümü (139, 140)

Bambu lifi, bitki olgunlasınca bitkinin kabuk kısımlarından ayrılarak elde edilen sak lifi ve hidrolizalkalizasyon ve çok fazlı ağartma işlemleri sonucu bambu bitkisinin gövdesinin ve yapraklarının inceltilmesi ve arıtılması ile oluşan bambu hamurundan elde edilen rejenere selülozik lif olmak üzere iki farklı tiptedir. Sak lifi olarak elde edilen doğal bambu lifi; *Bambu* başlığı altında anlatılmıştır. Bu bölüm rejenere bambu lifi ile ilgili bilgileri kapsamaktadır.

Rejenere Bambu Liflerinin Üretimi

Rejenere bambu liflerinin hammaddesi olan selüloz, diğer rejenere selüloz liflerinde olduğu gibi farklı kristalin konfigürasyonundadır. Doğal selüloz lifleri; selüloz I, rejenere selüloz lifleri (rejenere bambu, lyocell, viskoz) selüloz II'dir (140).

Selüloz I ve selüloz II konfigürasyonu ile ilgili bilgi, *Selüloz* başlığı altındadır.

Rejenere selulozik bambu lifi, ilk olarak; 2002'de Çin'in Hebei şehrinde bulunan Hebei Jigao Chemical Fiber Co. Ltd. Adlı kimyasal lif üreticisi firma tarafından geliştirilmiştir (141).

Hidroliz alkalizasyon ve çok fazlı ağartma prensibine dayanan rejenere bambu lifi üretimi aşağıdaki basamaklardan oluşmaktadır (142,143,144).

Hazırlık;Bambu yaprakları ve gövdedeki yumuşak ve süngerimsi dokularakstrakte edilir ve parçalanır.

Islatma; Parçalanmış olan bambu selulozu 20-25C° sıcaklıkta alkali seluloz oluşturmak üzere 1-3 saat süreyle %15-20'lik sodyum hidroksit çözeltisine daldırılır.

Presleme;Sodyum hidroksit cozeltisinin uzaklaştırılması için bambu alkali selulozu preslenir.

Parcalama; Selulozun daha kolay işlenebilmesi ve yüzey alanını artırmak için alkali seluloz küçük parçalara ayrılır.

Kurutma; Küçük parçalara ayrılan alkali seluloz, oksijenle temas etmesi için 24 saat süreyle kurumaya bırakılır. Bu süreç esnasında alkali seluloz kısmen okside olur ve yüksek alkaliniteden dolayı daha düşük molekul ağırlığına ulaşır.Bu indirgenme eğirme cozeltisinde uygun viskosite elde etmeye yeterli olacak kısa zincirler oluşması için kontrol edilmelidir.

Sulfirizasyon;Bu asamada, alkali seluloz cozeltisine karbon disulfid eklenerek sulfirizasyon sağlanır.

Ksantatlama; Sulfirizasyon asamasından kalan karbon disulfid buharlaşma yoluyla uzaklaştırılır ve sonucta seluloz sodyum ksantat oluşur.

Çözündürme;Bu asamada, seluloz sodyum ksantat cozeltisine seyreltik sodyum hidroksit cozeltisi eklenir ve %5 sodyum hidroksit ve %7-15 bambu lifi selulozu ihtiva eden viskoz cozeltisi elde edilir.

Lif çekimi; Birbirini izleyen olgunlaştırma, filtreleme ve gazlardan arındırma işlemlerinden sonra viskoz bambu selulozu düzelerden seyreltik sulfirik asit çözeltisine gönderilerek seluloz sodyumksantatın sertlesmesi ve selulozik bambu liflerine donusturulmesi sağlanır.

Rejenere bambu lifinin kimyasal üretim yönteminin viskon rayon üretimine büyük ölçüde benzerlik göstermesi nedeniyle rejenere bambu lifi bambu viskoz olarak da adlandırılmaktadır (145).

Rejenere Bambu Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Rejenere bambu lifleri, %100'ü bakterilerle ayrışabilen bir tekstil materyalidir. Dolayısıyla, doğal geridönüşüm özelliğiyle çevre kirliliğine yol açmayan, ekolojik bir lifdir (44,146,147,148,149).

Rejenere bambu lifleri, %100 güneş ışığı altında veya topraktaki mikro organizmalar ile geri dönüşebilen çevre dostu bir tekstil materyali olmakla beraber antibakteriyel özellikte bir lifdir (139).

Literatürde farklı kaynaklardan, rejenere bambu liflerine ait çeşitli fiziksel özellikler aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

Tablo 31 Rejenere Bambu Liflerinin Bazı Fiziksel Özelliklerinin Pamuk Lifleri İle Karşılaştırılması (140)

Fiziksel Özellikler	Bambu	Pamuk
Lineer yoğunluk (dtex)	1,67	1,8
Kuru mukavemet (cN/tex)	22~25	24-28
Yaş mukavemet (cN/ tex)	13~17	25-30
Kuru uzama yüzdesi (%)	14~18	7-9
Yoğunluk (g/cm ³)	1,32	1,54
Nem absorpsiyonu (%)	13	8,5

China Bambro Textile Co. Ltd. Firması'nın yapmış olduğu çalışmalar kapsamında rejenere bambu lifine ait 20 °C sıcaklık ve %65±3 ıza fi nem'in bulunduğu test koşullarında elde edilen fiziksel parametreler aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Tablo 32 Rejenere Bambu Lifine Ait Bazı Özellikler (35)

Kuru mukavemet (cN/tex)	23,3
Kuru mukavemet (%CV)	13,42
Yaş mukavemet (cN/tex)	13,7
Kuru kopma uzaması (%)	23,8

Lineer yoğunluk sapması (%)	-1,8
Uzunluk sapması (%)	-1,8
Beyazlık (%)	69,6
Yağ içeriği (%)	0,17
Nem absorpsiyonu (%)	13,03

Rejenere bambu lifleri, pamuk lifleri ile karşılaştırıldıklarında daha düşük gerilme direnci ve daha yüksek uzama ve nem absorpsiyon kapasitesine sahiptir (140).

Klasik viskoz lifleri ve Tencel lifleri ile rejenere bambu lifleri iç yapısı bakımından karşılaştırıldıklarında, rejenere bambu liflerinin daha az kristaliniteye sahip olduğu görülür. Daha fazla amorf bölge içermeleri anlamına gelen bu durum rejenere bambu liflerinin; Tencel liflerinden daha iyi nem absorbe etmelerini ve kuruma özelliklerinin daha olumlu olmasına neden olur. Bununla beraber, rejenere bambu liflerinin termal stabilitesi klasik viskoz lifleri ve Tencel lifleri kadar yüksek olmamaktadır (35,145).

Rejenere Bambu Liflerinin Kullanım Alanları

Rejenere bambu lifleri; yumuşak tuşesi, antibakteriyel özellikleri, kolay boyanabilirliği ve pürüzsüz yüzey özellikleri ile tekstil endüstrisinde çeşitli ürünlerin imalatında kullanılmaktadır.

Erkek ve bayan iç ve dış giyim ürünleri: Bambu lifi, vucutta olusan teri anında emmesi, serinlik hissi vermesi, parlaklığı, yumusaklığı ve dokumluluğu gibi özelliklerinden dolayı erkek ve bayan dış giyim ürünlerinde kullanılabilir. Bunların yanında doğal anti-bakteriyel özelliği iç giyim ürünleri ve coraplarda kullanılmaktadır. UV ısınlarmı kırma özelliği de özellikle yazlık giysiler için uygundur (44).

Hijyenik ürünler ve tıbbi tekstil ürünleri: Bambu lifi doğal anti-bakteriyel özelliğinden dolayı bandaj, maske, hastane giysileri, gıda ambalajları gibi pek çok hijyenik ürün ve tıbbi tekstil ürünleri için kullanılmaya elverişli olarak görülmektedir. Doğal anti-bakteriyel özelliğinden dolayı bambu lifinden elde edilecek hijyenik ürünlerde kimyasal antimikrobik madde ilavesi gerektirmediği için ciltte alerjik oluşumlara yol açmamaktadır (44).

Rejenere bambu lifleri; hijen ürünler ve tıbbi tedarik malzemelerinde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Kullanıldıkları ürünlerden bazıları; ıslak mendiller, bebek bezleri, hijyenik pedler, tıbbi bandajlar, tek kullanımlık kâğıtlar, astar kumaşları, taban kumaşları, nanoteknolojik ürünler ve dokusuz yüzeylerdir (140).

Ev tekstili: Nem absorbsiyonun yüksek olması, yumusaklık ve anti-bakteriyel özelliği bambu lifinin havlular için uygun bir elyaf olmasını sağlamaktadır. Yatak carsafı, nevresim, battaniye gibi cesitli ev tekstili ürünlerinde kullanılan bambu lifi UV ısılarını kırması özelliği ile perdeler için de elverişlidir (44).

Bambu lifi hazır giyim ve ev tekstili ürünlerinin yanında sıvı filtrasyonu, toprak stabilizasyonu ve erozyonu önleme amacıyla kullanılan jeotekstil ürünlerinde, hava ve suyu temizleyen filtrasyon malzemelerinde, sulardan ve sulak arazilerden petrolun ayrılması için tasarlanan özel emici materyallerde, endüstriyel kayış ve filtrelerde, kord bezi üretiminde, otomobillerde, yapılarda, tıbbi tekstil ürünlerinde ve havacılık sektöründe kullanılmaktadır (43).

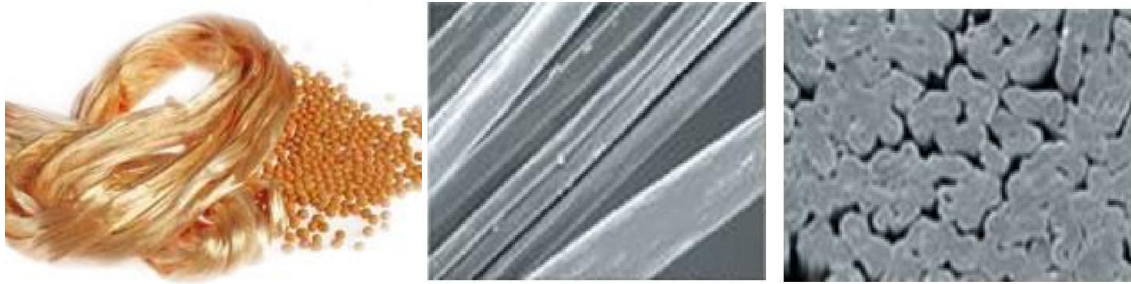
Bambu lifi ayrıca hafiflik ve yüksek performans açısından metallere alternatif olan bugünün yüksek teknoloji ürünü kompozit malzemelerde de kullanılmaktadır (35,43).

Rejenere bambu elyaf takviyeli kompozitlerde, 3mm ve üstü uzunluklarda lif kullanımının kompozit yapıların mekanik özelliklerini iyileştirdiği görülmüştür. Genel sonuç olarak, bambu elyaf takviyeli üretilen kompozit yapıların oldukça iyi mekanik özelliklere sahip olduğu söylenebilir (139).

2.1.3.4.4.Rejenere Hint Keneviri (Hemp)

Rejenere hint keneviri liflerinde, selüloz kaynağı olarak hint keneviri bitkisinden yararlanılır. Selüloz orjininin hint keneviri bitkisinden elde edilmesi dışında, diğer rejenere liflerden çok farklı olmadığından, rejenere liflerin üretimi, özellikleri ve kullanım alanları daha önce anlatıldığından bu bölümde tekrar edilmeyecektir.

2.1.3.4.5.Soya



Şekil 34 Soya Lifi, Boyuna ve Kesit Görüntüsü (150)

Soya Liflerinin Üretimi

Doğal kaynaklı yapay liflerden soya lifleri, yukarıda bahsedilen diğer rejenere liflerden hammadesinin selüloz değil fakat protein kaynaklı olmasıyla ayrılmaktadır. Bitkisel protein kaynaklı soya lifi ve diğer bitkisel ya da hayvansal kaynaklı rejenere yumurta akı (protein) liflerinin elde edilmesine yönelik ilk patentler, 19. Yüzyıla ait olmasına rağmen uzun yıllar boyunca üretimleri diğer liflere kıyasla geri planda kalmıştır.

Proteinik rejenere liflerin üretimi çok azdır. Bitkisel proteinik lifler ise hayvansal protein esaslı olanlardan daha da azdır (14).

Protein liflerinin endüstri alanında kullanılması İtalyan kimyageri Antonio Fretti'nin çalışmalarıyla başlar. Geliştirdiği metodun uygulanma alanına tam olarak geçmesi, 1936 yılında sağlanabilmektedir.

Zaman içinde geliştirilen proseslerden yararlanmak sureti ile lif üretimi yapan firmalardan National Dairy Product Co. Firması kazeinden “Aralak” lifini, Imperial Chemical Industries Ltd Firması yer fıstığından “Ardil” lifini, Courthaulds Ltd Firması kazeinden “Fibrolane”, İtalya’daki Snia Viscosa Firması da kazeinden “Lanital ve Merinova” liflerini, Virginia-Caroline Chemical Corporation Firması mısırdan “Vicera” lifini, Ford Motor Co. ise soya fasulyesinden, daha sonra da Japonya’da silkool lifi, üreterek piyasaya sürmüşlerdir.

Rejenere protein liflerinin üretimlerinin uzun süre geri planda kalmalarının en önemli sebepleri; yaş liflerin kopma dayanımının düşük buna paralel esneme yeteneklerinin çok yüksek olması bunlarla iplik yapılmasında zorluklara neden olmaktaydı. Dünyada milyonlarca insanın açlık çekmesi ve yanlış beslenmesine rağmen

bu kıymetli hammaddenin lif olarak tüketilmesi ne insancıl bir davranıştı ne de ekonomikti. 2. Dünya savaşından sonra üretimleri hızla artan tam yapay liflerin fiziksel ve teknolojik özellikleri hem çok daha üstün hemde daha ucuza mal edilerek, doğal lifler tarafından karşılanamayan talebi karşılayabiliyorlardı (52).

Bugün için, soya liflerinin ticari olarak üretilebilir hale gelmesi, hammaddenin doğal olması, kolay elde edilmesi ve tekrar kullanılabilir olması ile (özellikle ekolojiklik çevre ile dost ürünlerin günümüzde önem kazanmasıyla ilgili olarak) çevre kirliliğine yol açılmaması nedenlerinden ötürü çok önemli bir gelişmedir (150).

Protein esaslı rejenere elyaflara genel olarak azlon da denilmektedir(121).

Soya fasülyesi diğer bitkisel hammaddelerden daha fazla (%35 oranında) glisinin isimli protein ihtiva eder. Hegan yardımıyla yağı ekstrakte edilmiş soya fasülyesi posaları, oda sıcaklığında %0,1 lik sodyumsülfat çözeltisiyle muamele edilerek ve böylece elde edilen çözeltiye pH 4,5 oluncaya kadar sülfürik asit ilavesiyle protein kaynağı olarak kullanılırlar. Çöken glisinin yıkanıp, kurutulduktan sonra lif çekimi için kullanılırlar (52).

Silkool ticari adı ile bilinen soya fasülyesi elyafı; soya fasülyesinin yağı çıkarıldıktan sonra kalan atıklardan küresel proteinlerin elde edilip, yardımcı kimyasal ve biyolojik enzimler kullanarak bu proteinlerin yapısının değiştirilmesi ile üretilirler. Lif çekimi, bu proteinlere polimer ilavesi ile yaş lif çekim prosesi uygulanarak gerçekleştirilir (151).

Eğirme çözeltisi hazırlandıktan sonra, yaş eğirme prosesi ile 0,9-3,0 dtex aralığında istenilen incelikte filamentler üretilirler. Üretilen filament halindeki lifler, sırasıyla sarım, ısıl fiksaj ve kesim işlemlerinden geçirilirler. Bu şekilde çeşitli uzunluk ve özelliklerde soya fasülyesi lifleri üretilebilmektedir (150).

Soya liflerinin üretiminde kullanılan proteinler sféro proteinlerdir. Bunun anlamı bu protein makromoleküllerinin yumağımsı bir yapıya sahip olmalarıdır. Lif olarak kullanılabilmesi için makromoleküllerin düz zincir yapısının arttırılması amacıyla; lif çekme çözeltisi hazırlanırken bazik çözeltide bekletilerek yapılan olgunlaştırma, lif çekimi ve daha sonra yapılan germe uygulanmaktadır. Bu şekilde, soya lifleri kısmen düz zincir şekline dönüşseler de, doğal liflerdeki düzeye erişememektedirler. Bundan

dolayı ayrıca bu liflere; makromoleküller arası az olan hidrojen ve tuz köprülerinin sayısını arttırarak makromoleküller arası çekim kuvvetlerini arttırma yoluna gidilmektedir. Bunun için lifler formaldehit, karbonsülfür, benzokinon gibi makromoleküller arası bağ oluşturabilen maddelerle muamele edilmektedirler. Ayrıca sertleştirme işlemine ilaveten asetilleme ve desaminasyon işlemi uygulanmakta ve bu işlemlerle çok iyi olmayan yaş özellikleri geliştirilmektedir (52).

Soya Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Soya fasulyesi elyafı, doğal olarak kıvrımlı bir yapıya sahiptir. Yumuşak ve parlak filamentlerdir. Kimyasal özellikler bakımından diğer protein liflerine benzer. Soya lifi, beyazdan açık ten rengine kadar değişen yarı parlak ve yumuşak bir elyafıdır. Islanmış zaman dayanıklılığını kaybeder. Kuru halde % 40, ıslakken % 60 uzayabilir ve % 10-13 nem absorplar (152).

Soya liflerinin ıslanmış zaman dayanıklılığının azalma sebeplerinden sadece fikir vermesi amacıyla kısaca, *Soya Liflerinin Üretimi* başlığının son paragrafında bahsedilmiştir.

En önemli özelliklerinden birisi, dokunulduklarında yumuşaklık hissi vermesi ve diğer liflerle karıştırılarak kullanıldıkları zaman, nem absorblama yetenekleriyle bağlantılı olarak kumaşlara verdikleri rahatlık özellikleridir (153).

Soya lifleri doğal liflerin birçok iyi özelliğine sahip olmalarının yanı sıra, sentetik liflere yakın mekanik özelliklere sahiptirler. Tek bir soya lifinin kopma mukavemeti değeri ($>3\text{cN/dtex}$) yün, pamuk ve ipek liflerinden daha yüksek, Terylene ve yaygın kullanılan diğer yüksek mukavemetli liflerden ise çok az oranda daha düşüktür (150).

Soya liflerinin doğal renkleri açık sarıdır. Asidik ve aktif boyarmaddelerle boyanabilir. Soya lifleri sağlığa yararlı pek çok çeşit aminoasidi yapısında barındıran ve insan vücuduna uyumlu liflerdir (154).

Rejenere protein lifleri asitlere karşı kısmen dayanıklı, bazlara karşı dayanımı yüne ve ipeğe nispeten biraz fazladır. Bu lifler, enzimlerle parçalanabilir olmakla birlikte, enzimlerden zarar görmesi lifin yapısındaki köprü bağları koparılsa daha da fazladır (155).

Tablo 33’de karşılaştırma yapılabilmesi açısından, soya lifleri ile beraber diğer protein esaslı liflerinde fiziksel özellikleri verilmiştir.

Tablo 33 Bazı Yumurta Akı Liflerinin Fiziksel Teknolojik Özellikleri (52)

	Yün	İpek	(Kazein) Merinova	(Mısır) Vicara	(Yer fıstığı) Ardil	(Soya Fasülyesi) Silkool
Özgül Ağırlık (g/cm ³)	1,33	1,25	1,3	1,25	1,3	1,3
Higroskopik Nem (%) (%65 bağıl nemli havada)	14,5	11	13,5	13	15	11,5
Kuru kopma dayanımı (cN/dtex)	1- 2	2,5- 5	0,9- 1,1	1- 1,2	0,6- 0,8	0,5
Kopma anında esneme (%)	25- 60	10- 30	50- 70	30- 35	40- 60	5,1
Yaş kopma dayanımının Kuru kopma dayanımına Oranı	76- 97	80- 95	40- 55	45- 55	30	44

Ana yapısı protein olduğundan; yumuşaklık, sıcak tutma, kırışıklıkların giderilmesi ve boyar maddelere afiniteleri gibi özellikleri yüne benzer (121).

Soya Liflerinin Kullanım Alanları

Yaş mukavemetinin çok düşük olması, tek başına kullanımına olanak vermemektedir. Yün ve selüloz lifleri ile karıştırılarak pelüş yapımında kullanılır (121).

Soya lifleri en çok otomobil döşemelerinde kullanılmaktadır.

Rejenere yumurta akı liflerinin keçeleşme özelliğinin bulunmamasına (yüzeyinde pul tabakası bulunmadığından) rağmen, bunların yün veya tavşan kılı ile olan karışımlarının keçeleşme yeteneğinin iyi olması, başta fôtr şapkalık keçeler olmak üzere, rejenere protein /yün karışımları keçe yapımında belirli bir kullanım alanı bulabilmişlerdir (52).

2.2. TEKSTİL LİFLERİNİN DELİL OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

2.2.1. Liflerin Transfer ve Transfer Olduğu Yerde Kalma Mekanizmaları

Bir tekstil yüzeyinden diğerine liflerin transferleri, son derece karmaşık bir konudur çünkü transfer olayını meydana getiren ve transfere etki eden değişkenler çok çeşitlidir. Deneysel çalışmalarda, simülasyon temalar ile transfer olan lif sayılarını ölçebilmek, kumaştaki lif karışım oranlarıyla kıyaslayabilmek, transfer liflerin boyutları ve özellikleri hakkında istatistik bilgiler elde edebilmek gibi bir takım çıkarımlar mümkün olsa da, günlük hayatta meydana gelen gerçek transferlerde, transfere neden olan değişkenler ve bunların etki dereceleri kolay ölçülebilir değildir.

Bununla beraber, tekstil liflerinin adli olaylarda transferleri; sadece iki tekstil yüzeyi arasında olmamakta, bir tekstil yüzeyindeki liflerin başka bir nesne (örneğin bir ayakkabı tabanı) üzerine geçmesi şeklinde de olabilmektedir. Nesnenin farklı materyallerden oluşması da transfer mekanizmasında değişikliklere neden olmakta ve bu durum transfer olayını kesin kurallara bağlamayı daha da güçleştirmektedir.

Tekstil liflerinin transfer ve kalma mekanizmalarına yönelik ilk çalışmalar; Home Office Central Research Establishment (HOCRE)'ın desteği ile, 1975 yılında başlamıştır (156).

Günümüze kadar yapılan çok sayıda deneysel çalışma neticesinde; transfer olayına etki eden değişkenlerden bazıları aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

Kumaşta bulunan lifin cinsi;

Kidd ve Robertson, verici kumaşta kullanılan poliester ve viskon liflerinin transfer sayılarının; pamuk, akrilik ve yüne nispeten biraz daha az olduğunu gördüler (157).

Hillary, yaptığı çalışmada, pamuk ve poliesterden oluşan giysinin, yünden üretilmiş giysiye nispeten daha fazla lif dökme eğiliminde olduğunu gözledi (158).

Kumaşta bulunan lifin boyu;

Kidd ve Robertson, transfer olan poliester ve viskon liflerinin % 80'inin 5 mm altında kısa lifler olduklarını gözlediler (157).

Kumaşta bulunan lifin inceliği;

Kolar ve Quattrina yaptıkları çalışmalarda, pamuklulara kıyasla mikro liften üretilen kumaşlarda lif transferinin daha çok oluşunu gördüler (159,160).

Cordiner yaptığı çalışmada, liflerin incelik değerlerinin temas sırasında oluşan kuvvetler ve basınç etkisi ile parçalanmaları ve kopmaları üzerinde etkili olduğunu ve ince liflerin daha kolay parçalandığını gördü. Çeşitli inceliklerde yün lifleri içeren verici kumaştan, ince olan liflerin daha kolay transfer olabileceği sonucuna ulaştı (161).

Farklı liflerin karıştırılması ile elde edilen kumaşlarda lif kompozisyonları;

Kidd ve Robertson, poliestер/viskon karışımı kumaştan transfer olan lif sayılarının, verici kumaşta karışım oranlarına yakın değerlerde olduğu sonuçlarını çıkardılar (157).

Salter ise Kidd ve Robertson'un aksine; % 65-35 Pes-Pamuk, %55-45 Pes-Yün ve %70-30 Pes-Viskon karışım kumaşlarla yaptığı çalışmada, transfer olan lif sayılarının çoğunluğunun karışım oranı daha az olan liflerden döküldüğünü, hatta Pes-Yün karışımlı kumaşlarda transfer olan liflerin tamamının yün lifleri olduğunu gözlemledi (162).

Parybyk ve Lokan; lif karışım oranlarının, lif kütleleri üzerinden değil, fakat lif numaraları üzerinden değerlendirildiğinde, sentetik polimerlerde transfer olan lif sayılarının, karışım oranlarıyla yakınlık gösterdiğini gözlemlediler (163).

Mitchelle ve Holland; gerçek bir cinayet olayında, sentetik ve yün karışımı tekstil yüzeyinden, sadece yün liflerinin transfer olarak rapor edildiğini gördüler (164).

Alıcı ve verici giyside kumaş dokusunun özellikleri;

Hellwig yaptığı çalışmada; örgü dokusunun döküntü oluşturma kapasitesi üzerinde etkili olduğu sonucuna ulaştı (165).

Temas sırasında oluşan kuvvet ve basınçlar;

Pounds ve Smalldon akrilik ve yün giysiler üzerine yaptıkları çalışmalarda, temas kuvvetlerindeki artış ile transfer olan lif sayısının arttığı sonuçlarını çıkardılar (166).

Kidd ve Robertson ise yaptıkları çalışmada, temas sırasında uygulanan kuvvet ve basınçtaki artış ile transfer olan lif sayısında belirli bir noktaya kadar artışın olduğu ancak o noktadan sonra lif sayısında değişme olmadığı sonucuna vardılar (157).

Kriston, yaptığı çalışmada ise lif transferinin zayıf temas basıncında dahi gerçekleşebileceğini gösterdi (167).

Temas eden yüzey alanı;

Pounds ve Smalldon yaptıkları çalışmada, temas yüzeyi arttıkça transfer olan lif sayısında artış olacağı sonucuna vardı (166).

Tekrar eden temaslar;

Pounds ve Smalldon akrilik ve yün giysiler üzerine yaptıkları çalışmalarda, aynı alanda tekrarlanan çok sayıda temasın, transfer olmuş bir kısım liflerin, ilk bulundukları giysilere yeniden transferlerine sebep olduğu sonucuna vardı (166).

Temas sırasında oluşan kuvvetler ile liflerde meydana gelebilecek kopma ve parçalanmalar;

Pounds ve Smalldon, yüksek temas basıncı ve kaba alıcı giysilerde kısa lif oranının artmasından yola çıkarak, temas sırasında liflerin kopması veya parçalanmasının, transfer mekanizmalarında önemli olabileceği kanısına vardılar (166).

Yaptıkları çalışmada; serbest haldeki lif parçalarının transferlerinin kumaş yüzeyinde gerçekleştiği, serbest haldeki liflerin kumaş üzerinden çekilmesine sürtünme kuvvetlerinin sebep olduğu, ve lif parçalarının transferlerini temasın kendisinin ürettiği sonuçlarını çıkardılar (168).

Giysinin yenilik derecesi ve yıkanma, kurulanma gibi kullanılırken gördüğü işlemler.

Liflerin transfer olayında ikinci bir olgu; önceden transfer olmuş bir lifin, tekrar, başka bir yere transfer olmasıdır. Dolaylı-ikincil transfer olarak adlandırılan bu durum, üçüncül, dördüncül, beşincil transferlerinde mümkün olabileceğine işaret eder.

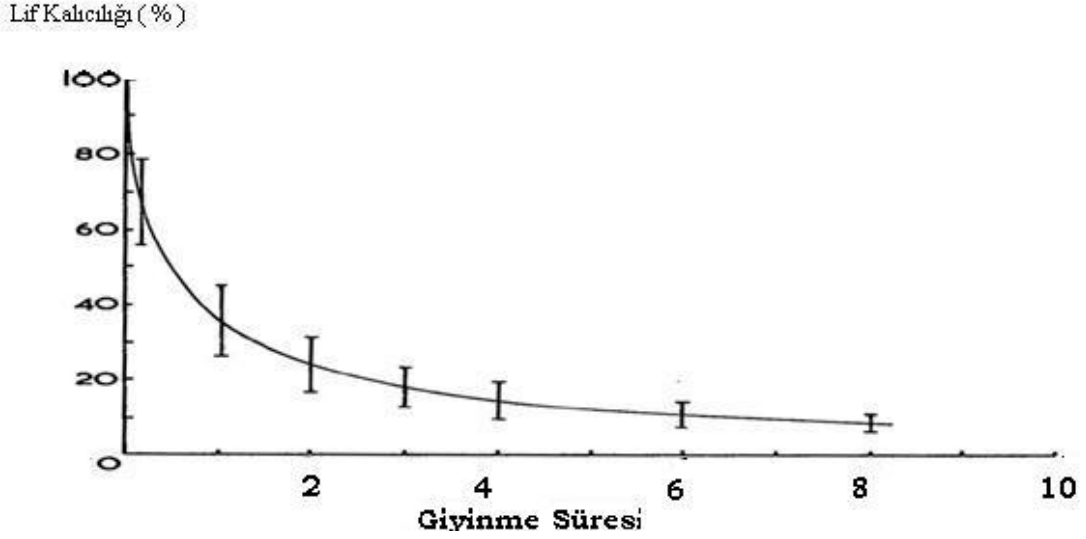
Lowrie ve Jackson yaptığı çalışmada, ikincil ve üçüncül transfer olan lif sayılarının daha az olduklarını göstermişlerdir (169).

Grieve ve Biermann ise Lowrie ve Jackson'un aksine, ikincil transfer olan lif sayılarının ilk transfer olanlardan daha az olduğunu söylemenin mümkün olmadığını, yaptıkları çalışmada ortaya koymuşlardır (170).

Sonuç olarak lif transferi karmaşık bir konudur. Mevcut olguda, hangi etmenlerin var olduğunu ve bunlardan hangilerinin birbirlerine göre daha baskın olduğunu tespit etmek ve transfer için tek bir mekanizmadan söz etmek çok zordur. Transfer olgusunda detayların göz ardı edilmemesi gerekliliği kadar, bunlar üzerinde fazla durmak da, transfer olayını bütünüyle anlamayı, eşit derecede olumsuz etkiler. Deneysel çalışmalarda çok sofistike analizler mümkün olmakla birlikte, gerçek olgularda lif transferine katkıda bulunan değişkenlerin çok fazla ve bilinemeyebilir olmaları, deneysel çalışmalardan edinilen verileri, sadece genel kanı oluşturan rehberler kılarlar. Bu güne kadar transfer mekanizması üzerine yapılan çalışmalar, bilim adamını, adli vaka bulgularını yorumlayıp sonuca ulaşmasında, transfer mekanizmasına etki eden faktörler ve bunların sınırları hakkında haberdar etmektedir (156).

Bir adli olayda lif delillerinin bulunabilmesinde, liflerin transfer olmaları kadar önemli bir diğer konu transfer olan liflerin, transfer oldukları yerdeki kalıcılıklarıdır. Transfere etki eden sebepler her ne olursa olsun, belirli bir zaman sonra bu liflerin olay yeri uzmanları tarafından toplanamadan kaybolması ya da en azından transfer oldukları yerde konum değiştirmeleri her zaman mümkündür.

Pounds ve Smalldon, yaptıkları çalışmada; transferden sonraki ilk 4 saat içerisinde, transfer liflerin % 80'inin kaybolduğunu, devam eden 24 saat içinde de bu kayıpların % 5-10 olduğunu ileri sürmüşlerdir (171).



Şekil 35 Giysilerde Lif Kalıcılık Süresini Gösteren Eğri (171)

Robertson yaptığı çalışmada, transfer liflerin kaybolması ve kaybolma sürelerine etki eden sebepleri şu şekilde belirtmiştir:

Giyilmeye devam edilen alıcı giyside, giyinilip çıkarılma ve giysinin hareketlerine bağlı olarak transfer liflerde kayıplar olmaktadır.

Alıcı giysi üzerine giyilen diğer kıyafetlerin etkisiyle, transfer liflerde kayıplar meydana gelmektedir.

Transfer liflerin alıcı giysinin, diğer yüzeyler ile daha fazla sayıda temas eden bölgelerine transfer olması, transfer liflerin kaybolma ihtimalini arttırmaktadır.

İlk transferi meydana getiren temas kuvvetinin düşük olması, bu liflerin transfer oldukları yere iyi tutunamayıp kaybolmalarına sebep olmaktadır.

Yaptıkları çalışmada; uzun liflerin kısa liflere (2,5 mm den küçük) nispeten daha çabuk kaybolacağını göstermişlerdir (172).

Pounds ve Smalldon yaptıkları çalışmada, transfer olan lifleri; zayıf bağlılar, bağlılar ve kuvvetli bağlılar olmak üzere üç grup altında toplamışlar, ilk kaybolan liflerin zayıf bağlı ve bağlı lifler olduğunu göstermişlerdir. Onlara göre; kuvvetli bağlı olan lifler ise yüzey dokusunun içine fiziksel olarak saplanmışlardır ve bu liflerin olay sonrası toplanılmasında daha etkin toplama tekniklerine ihtiyaç duyulur (168).

Robertson ve Lloyd yaptıkları çalışmada, transfer olan liflerin başka bir tekstil yüzeyine ikincil transferlerinden başka, aynı yüzey üzerinde başka bir bölgeye de yeniden dağılım yapabilecekleri üzerinde durmuşlardır (173).

Kidd ve Robertson, farklı lif karışımlarından oluşan kumaşlarda, transfer olan farklı liflerin birbirlerinden farklı kaybolma durumları üzerine çalışmışlar; düzgün poliester liflerinin kaba viskon liflerinden transfer olduktan sonra daha çabuk kaybolduğu sonucuna varmışlardır (157).

Salter; karışım kumaşlardan transfer olan farklı liflerin eğer bir türü daha çabuk kaybolursa, adli olay sonrası diğer lif bulunabilirken o lifin hiç bulunamaması ihtimalinin önemini vurgulamıştır (162).

Pounds ve Smalldon'ın liflerin kaybolmasına yönelik Şekil 35'de ileri sürdükleri zaman diyagramının aksine, Krauss ve Hildebrand'ın çalışmaları; liflerin açık havada kaybolmadan haftalara varan uzun sürelerde, transfer oldukları yerde kalabileceğini gösterdi (174).

Giysilerin yıkanmasının, transfer liflerin kalıcılıkları üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmalar; yıkanma sonrası transfer liflerde kaybolma ve yüzey üzerine yeniden dağılıma mümkün olmakla beraber, bu giysilerde transfer lif bulgularına rastlamanın halâ olası olduğunu göstermiştir. Bundan dolayı; yıkanmış dahi olsalar, adli olay sonrası bu giysilerin incelenmesi her zaman anlamlıdır (175,176,177).

Robertson ve De Gamboa'nın, Roux'un ayakkabı tabanlarına transfer olan lifler ile ilgili yaptıkları çalışmalar; lif kalıcılığının ayakkabı tabanlarında çok az olduğunu, Pounds ve Smalldon'un Şekil 35'deki zaman diyagramının aksine; dakikalar sonra transfer liflerin tamamının, eğer yapışma veya taban kenarlarına sıkışma yoksa, kaybolduğunu göstermişlerdir (178,179).

Bu çalışmalar bize; ayakkabı tabanlarında rastlanan lif bulgularının; adli olayda temasın çok kısa süre önce olduğunu işaret etmektedir.

Yukarıda bahsedilen çalışmaların ışığı altında, liflerin transfer ve transfer oldukları yerde kalıcılık mekanizmaları ile ilgili şu sonuçlar çıkarılabilir:

a. Şüpheli ve mağdurun giysileri, adli olaydan sonra mümkün olduğunca çabuk toplanmalıdır. Zira liflerin kaybolması veya başka bir yere yeniden transferleri mümkündür.

b. Şüpheli üzerinde mağdura ya da olay yerine ait liflerin bulunamaması, şüphelinin mağdurla ya da olay yeri ile temas etmediği anlamına gelmez, diğer bir ifade ile şüpheliyi aklamaz zira temas olduğu halde lifler transfer olmamış olabilir ya da transfer olan lifler ikincil bir transferle kaybolmuş olabilir.

c. Şüpheli ya da mağdurdan elde edilen transfer olmuş lifler, genellikle olayla ilgili olmayan önceki lif transferlerini de kapsayabilir.

d. Kontaminasyondan korunmaya yönelik olay yeri süreçleri, lif delillerinin yorumlanması açısından çok önemlidir.

e. Giysinin giyilme süresi uzadıkça, transfer olmuş liflerin toplanması güçleşebilir ve daha etkili metotlar ile liflerin giysiden alınması gerekebilir (156).

2.2.2. Olay Yerinde Liflerin Tespit Edilmesi ve Toplanması

Olay yerinden bulgu niteliğinde liflerin bulunması ve toplanması, adli lif araştırmalarında ilk ve daha sonraki süreçlerle sonuca ulaşmada, çok önemli bir adımdır.

Çoğu zaman çıplak göz ile görülmesi özellikle aranmadıkları takdirde, çok zor olan liflerin, olay yerinde tespit edilebilmeleri için el büyüteçleri ve luplar kullanılmakta, daha kolay görmeyi sağlamak için, özel ışık kaynakları tercih edilmektedir.

Diğer iz delillerinin toplanmasında olduğu gibi, lif delillerinin toplanması içinde çeşitli teknikler kullanılabilir. En sık kullanılan teknikler şunlardır:

El ile toplama; bireysel olarak yerleşmiş veya kümeler halinde bulunan lif öbekleri, temiz cımbız veya pensler yardımıyla toplanır. Lif delili, toplayan kişi tarafından görülebilir olmalıdır. Bu da genellikle alternatif ışık kaynaklarının lifi görünür hale getirmesiyle mümkündür. Bu tekniğin en zor yönü, lifin emniyetli biçimde paketlenmesidir. Bunun için; lifler küçük, katlanan temiz bir kağıt parçasına, kaybolmayacakları biçimde yerleştirilirler. Alternatif olarak lifi tutan cımbız ucu,

yapışkan bir yüzeye tutturularak, lifin cımbızdan ayrılması sağlanabilir. Üzerine not yazılabilecek etiket bölümü olan temiz bir petri kabı tabanındaki iki tarafı yapışkan bant, veya temiz bir bandın yapışkan yüzeyi kullanılabilir (156).

Bantla toplama; yapışkan bantlarla liflerin toplanması ilk kez Frei-Sulzer (1951) tarafından önerilip Martin (1966) tarafından da desteklenmiştir. Bu metot; eser iz delillerinin olay yerinden toplanmasında en etkili ve yaygın bir metottur (168,180).

Oldukça basit, çabuk ve nispeten daha az karışıktır. Bant defalarca nesneye, lif döküntülerinin yapışması için dokundurulur ve temiz bir koruyucu yüzeye yerleştirilir. Bantlar yapışkanlığının kaybolmaması için aşırı yüklenmemelidir. Transfer lifler; kaybolma ve kontaminasyondan korunmak zorundadırlar. Bunun için, bant ortasından katlanarak yapışkan yüzeyleri birbirine gelecek şekilde yapıştırılabilir, bant kısmen esnek taşıyıcılar (asetat veya pes yapraklar gibi) üzerine, mikroskop lamaları üzerine yapıştırılabilir veya transparan plastik (polietilen) çantlara tutturulabilir. Sıcak mühürlü veya fermuar kilitli polietilen çantalar, alınan materyallerin korunması açısından iyi koruyucu yüzeylere sahiptirler. Bantlar, kağıt veya mukavva karton yüzeylere yapıştırılmamalıdır çünkü bu kağıt ve kartonlar (selüloz esaslı lifimsi yapılarda olabileceklerinden) daha sonra liflerin geri alınmasında içinden çıkılmaz karışıklıklara sebep olabilmektedir. Kullanılan bant çeşitleri; basit evlerde kullanılan tipte olanlar, parmakizi alımında kullanılan bantlar veya ticari olarak temin edilebilen yapışkan bir bant çeşidi olan (lifting sheets), lif toplayıcı Pat Ita (3 M Corporation) sheets veya lif toplama ruloları (lint roller) gibi ürünler olabilir. Piyasada bulunan bazı lif toplama ruloları kullanımı çabuk ve pratik özellikte olmakla birlikte, transparant değildir ve bu durum, açık renkli veya şeffaf liflerin toplanmasını zorlaştırmaktadır. Yapışkan bantlı ruloların kullanılması 1992’de Flinn tarafından tanımlanmıştır. Ticari olarak elde edilebilen bazı lifting sheetler, temiz plastik kapaklı koruyuculu olup, kullanım öncesi bu kapaklar çıkarılmaktadır (156).

Bire bir bantlama methodu; bu metodla liflerin toplanmasında, lifin bulunduğu lokasyon, yüzey üzerinde birebir belirlenmektedir (181). Toplama yapılacak tüm yüzey, seri şekilde numaralandırma yapılarak bantlanır. Bu metodun esas amacı; liflerin dağılım bölgelerini değiştirmeden liflerin toplanmasıdır. Liflerden elde edilebilecek bilgilerin tamamının korunmasında en iyi yol bu metottur. Bu yüzden; olay yerinde

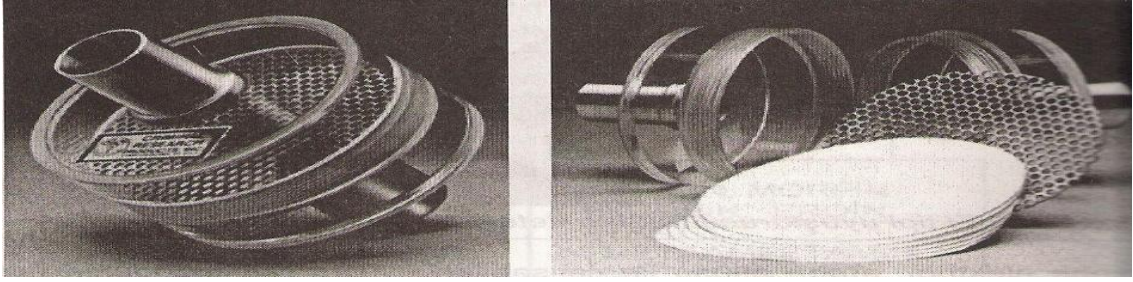
olabilecek, karışıklıklar öncesinde bu metodu kullanmak uygundur. 1'e1 bantlama prosedürlerinin olay yerinde nadiren kullanılmasının sebebi; iş yoğunluğundaki, hem bantlamalardan hem de bulguların değerlendirilmesinden kaynaklanan artıştır. Olay yerleri ile ilgili kısıtlamalar içeren legal sistemlerde bu metodun uygulanması çok mümkün değildir. Çok uzun süreli araştırmaların gerektirdiği, geniş olay yeri alanlarında, otomatik lif bulma ve araştırma sistemlerinin kullanılması zaman açısından tasarruf sağlamaktadır.



Şekil 36 Lif Bulgularının Toplanması İçin Kurban Üzerinde Yapılan Seri Bire Bir Bantlama Metodu, Bantla Lif Bulgularının Toplanması (156)

Tarak veya fırça yardımı ile toplama; yeni bir tarak veya fırça, saçlarda bulunan iz delillerinin toplanmasında kullanılmaktadır. İz delillerini üzerine toplamış tarak veya fırça, kâğıda sarıldıktan sonra sıkıca kapatılmış bir zarfa veya çantaya konulmaktadır.

Vakumlu süpürgeler kullanılarak toplama; özel kağıt veya kumaş filtrelerle desteklenmiş vakumlu elektrik süpürgeleri kullanılarak iz delillerinin toplanması bazı durumlarda daha uygundur. Bantla toplamanın yapılamayacağı, çok kirli veya nemli yüzeyler bu yöntemle taranabilir. Vakumlu süpürge kullanılarak yapılan taramalarda, konu dışı pek çok materyal de toplanacağından ve bu konu dışı materyallerin iz delillerini yorumlamayı güçleştireceğinden dolayı, genellikle tavsiye edilmeyen bir yöntemdir. Bu süpürgeler bir olay yeri incelemesinde kullanıldıktan sonra, tekrar başka bir olayda kullanılmadan önce, hortumdan filtreye kadar çok iyi temizlenmek zorundadırlar. Bu da yöntemin diğer bir dezavantajıdır (156).



Şekil 37 Lif Delilleri vb. Mikroskobik Delillerin Toplanmasında Kullanılan Elektrikli Süpüre Filtreleri (45)

Kazıyarak toplama; çürümüş cesetlerden veya gömülmüş giysilerden lif delillerinin toplanmasında kazıma yöntemi uygulanabilmektedir. Kazıntılar, petri kaplar veya kağıt üzerine konularak, stereo mikroskop ile incelenmektedirler. Kazıyarak toplama, genellikle çok tavsiye edilen bir yöntem değildir.

Yukarıdaki yöntemlerden hangisi seçilirse seçilsin, laboratuvar şartları ile karşılaştırıldıklarında optimal şartlardan çok daha uzak olan olay yerlerinde iyi sonuçlar verebilmeli ve uygulaması kolay olmalıdır. Olay yerindeki yağmur, rüzgar gibi dış şartlar toplama işini zorlaştırmakta, incelencek yüzeyleri ıslak ve kirli hale getirebilmektedir. Olay yerinde çalışmaya başlamadan önce karşılaşılabilecek problemler önceden düşünülmelidir.

Toplanan bütün materyallerin üzeri etiketlenmelidir. Etiket üzerinde; toplanan materyalin tanımı, materyal numarası ve olay numarası, toplandığı tarih ve saat, materyali toplayan kişinin ismi bulunmalıdır. Toplanan ve etiketlenen materyal, laboratuara gönderilmek üzere, mühürlenerek paketlenmelidir.

Olayla ilgili elbise veya elbise parçaları; kâğıt torba ya da kutuya dikkatlice konmalı ve paketlenmelidir. Herbir parça bulgu, karşılıklı bulaşma (kontaminasyon) olasılığını azaltmak için ayrı torbaya konmalıdır. Farklı kişilerden veya farklı yerlerden alınan elbise parçalarının birbirleriyle temas etmemesi için en üst düzeyde önlemler alınmalıdır. Böylesi parçalar paketlenmeden önce aynı yere serilmemelidir. Aynı şekilde halılar, kilimler, yatak, yatak çarşaflarının lif içeren şüpheli yüzeyleri de dikkatlice katlanmalıdır. Araba koltukları, lif bulgularını korumak için mutlaka naylonla örtülmelidir. Bıçak ağzına veya yüzeyine yapışan lifleri korumak için mutlaka naylon torba kullanılmalıdır. Eğer birisinin bir zamanlar battaniye veya halıya sarmalandığı

düşünülyorsa bu kişinin battaniye veya halıya temas eden yüzeylerinde halı veya battaniyeye ait olan liflerin bulunacağı mutlaka akılda tutulmalıdır (45).

İz delillerini toplamada kullanılan, tipik bir olay yeri inceleme çantası şu malzemeleri içerir;

İnce ve kalın uçlu cımbız, pens ve maşalar,

Makas,

Büyüteç,

Jilet,

Bisturi ve tek kullanımlık bisturi uçları,

Kese kâğıtları veya sarmaya uygun diğer kâğıt türleri,

Zarflar,

Çeşitli boyutlarda kâğıt çantalar,

Beyaz kâğıt ruloları,

Çeşitli bantlar, flasterler, folyeler,

Çift yönlü yapışkan bant,

Mühürlenebilir poliester çantalar,

Sıcak mühür (çantaları mühürlemek için),

Asetat örtü koruyucular, naylon poşetler,

Tarak ve fırçalar,

Petri kaplar,

Uygun kapak ve filtreli elektrik süpürgeleri,

Alternatif ışık kaynakları,

Yapışkan etiket ve kalem çeşitleri (keçeli, tükenmez vs..),

Lif toplama rulosu (lint roller) (156).



Şekil 38 Olay Yeri İnceleme Kitinde Bulunabilecek Petri Kabı, Lif Toplama Rulosu (Lint Roller), Pens Örnekleri (182, 183)



Şekil 39 Goldpanter Işık Kaynağı ve Kullanımı Sırasında Görüntüsü (183)



Şekil 40 Alternatif Işık Kaynakları, Lifi Işık Kaynağı Kullanılmadan ve Kullanıldıktan Sonra Görünürlüğü (183)



Şekil 41 Olay Yeri İnceleme Kitinde Kullanılan Aparatlardan Bazıları (184)

2.2.3. Lif Bulma Sistemleri

2.2.3.1. Geleneksel Olarak Lif Bulgularının Araştırılması

Geleneksel olarak, bantlama metoduyla yapılan lif aramalarında, bantlar; manuel/görsel olarak ve düşük büyütme değerine sahip stereo mikroskoplar kullanılarak incelenir. Aramada esas kıstas lif rengidir. Bu prosedür çok yüksek derece konsantre olmayı gerektirir. Bantlar üzerindeki lif yoğunluğu fazla ve aranan lifler ile bant yüzeyindeki diğer liflerin renk farklılıkları az olduğu durumlarda, araştırmacının gözü çabuk yorulur ve gözlemci dikkatsizleşir. Hedef lifin gözden kaçma ihtimali, araştırmacının yorgunluğuyla orantılı olarak artar. Manuel/görsel bant araştırması yöntemi oldukça zaman isteyen bir yöntemdir. Bu yüzden bant üzerinde lif arama prosesinin otomatik olarak yapılabilmesini sağlayan sistemler, lif araştırmacılarının ilgisini çekmektedir. Bilgisayar donanım ve yazılımlarındaki gelişmeler, otomatik lif arama sistemlerinin rutin adli vakalarda kullanılabilmesine olanak sağlayacaktır (156).

2.2.3.2. Otomatik Sistemlerle Lif Bulgularının Araştırılması

Otomatik lif bulma sistemleri ile ilgili teşebbüsler; İngiltere'nin Aldermaston şehrinde yer alan, Home Office Forensic Science Service'in Merkezi Araştırmalar Kuruluşunda (Central Research Establishment -CRE-) başladı.

Laing ve Isaacs (1989); ışık mikroskobuna monte edilmiş kamera sistemi ile x 40 büyütmede, tek bir lifin rengini belirlemek ve Microscale IIC System (Digisthurst Ltd.) yardımıyla rengi karakterize etmenin mümkün olduğunu gösterdiler. Renk RGB (kırmızı-yeşil-mavi) terimleri ile tanımlanmaktaydı. Otomatik olarak, asetat kağıt üzerindeki lif yapışmış bantları incelemek ve belirli renklerdeki liflerin lokasyonunu belirlemek mümkündü.

1980'lerin sonunda (günümüzde Leica olarak bilinen) Alman firması Leitz; görüntü analizleme sistemi CBA 8000'e adaptasyonlar yaptı. Bu sistemin özelliği, kullanılan kameraydı. Bu kamera, rengi çok seçici olarak kayıt edebilmeyi sağlıyordu. Fakat her iki sistemin de dezavantajı; çok yavaş olmalarıydı. CBA 8000, büyütme oranıyla göreceli değişmekle beraber, mikroskop lamelinin çok küçük bir alanını taramak için bir saatten fazla zaman harcamaktaydı.

Her iki sistemle yapılan testler; transmit ışıkla renk tespitinde başka bir dezavantajı daha gösterdi. Lif ve bant yüzeyi arasında hava kabarcığı olduğu takdirde, kabarcığın transmit ışığı yansıtma ve dağıtmasından dolayı renk ölçülememekteydi. Bu olumsuzluk, mikroskop lamı ve bant arasına immersion yağı damlatılarak azaltılabilmekteydi fakat, küçük bir alanda bile, rutin işler için pratik olmayan bu yöntemde immersiyon yağı yerine kullanılabilecek başka bağlayıcı sıvılar, potansiyel sağlık sorunlarını da doğurabilirdi.

1990'ların başlarında; renk belirlemedeki sorunlar ve araştırmanın uzun zaman alması gibi dezavantajlar, diğer firma ve laboratuvarlardaki yeni gelişmelerle, daha aza indirgendi.

Bugün, lif uzmanları beş çeşit lif bulma sistemine sahiplerdir. Bunlar;

Fibre Finder ve Cox Analitik Sistemleri AB,

Fx5 Forensic Fibre Finder- Foster and Freeman,

Maxcan-Cox Analitik Sistemleri AB,

Q550 FiFi Leica Vertrieb GmbH ve

Lucia Fibre Finder-Laboratuvar görüntüleme sistemidir.

Transfer olmuş lifleri incelemesi beklenen uzman iki sorunla karşılaşabilir. Birisi, şüpheli veya şüphelilerin yakalanmadığı durumlarda, araştırmacının karşılaştırma amaçlı tekstil kaynağına sahip olmamasıdır. Bu durumda bantlar; homojen lif gruplarının (aynı renk, tip ve morfolojik özellikte lifler) varlığı açısından incelenmelidir. Bazı sistemler, renk parametrelerinin serbest seçiminden sonra araştırmaya izin verir. Şimdiye dek, bu seçeneğin sadece bir bölümü test edilmiştir, fakat az sayıda kabul edilebilir sonuçlar göstermektedir ki yazılımlarda daha ileri gelişmeler gerekmektedir. Diğer taraftan, eğer karşılaştırma yapılabilecek tekstil materyali varsa, analist belirli bir renk lif için araştırabilir. Otomatik lif bulma sistemleri bu durumlarda en iyi işlevi yapmaktadır. Testlerin çoğu, bu temelde uygulanmaktadır (156).

Her ne kadar, lif bulma sistemleri konsept ve lif renklerini karakterize etme açısından farklılık gösterebilir de, tamamı temel olarak aynı işlevsel prensiplere ihtiyaç

duyarlar. Otomatik lif araştırma sistemleri şu adımlardan oluşur; referans örneğin hazırlanması, renk tanımlama, renk tanımının optimizasyonu, lif araştırma, sonuçların kontrol edilmesi (156).

Referans Örneklerin Hazırlanması

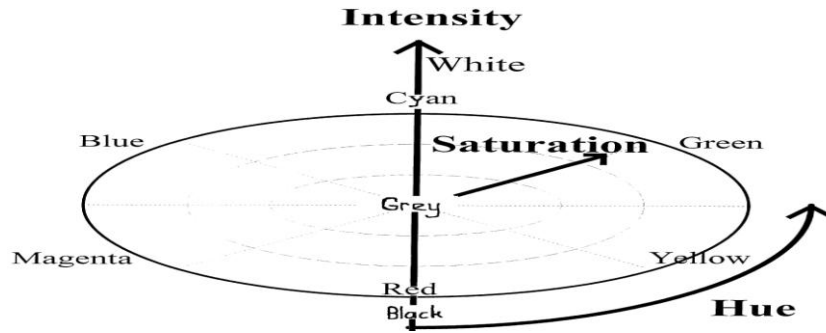
Otomatik arama; referans liferin hazırlanması ile başlar. Bu referans lifler; bilinen kaynaktan temin edilir ve aranacak liflerin rengini tanımlamak için kullanılır. Bu adım, sonuçların doğruluğuna ve araştırmanın kalitesine etki edecek en önemli adımdır. Sonuçların kalitesi, referans örneklerin kalitesi ile sağlanabilmektedir. Referans lifler öyle liflerden seçilmelidir ki, karşılaştırma materyalinde mevcut tüm çeşitlilikteki renkleri; renk (hue), yoğunluk (saturation) ve parlaklık (brightness) açısından temsil etmelidir. Bunu başarmak, düzgün boyanmış sentetik liflerde, yapılarından dolayı boya alışları sıklıkla düzensiz olan doğal liflerden daha kolaydır. Referans liflerin seçimi, tercihe bağlı olarak seçilmiş büyütmedeki stereo mikroskop altında gerçekleştirilmelidir. Seçilen örnekler bir bant üzerine hazırlanmalıdır, böylece her renk, referans örnekten alınan imaj üzerinde görülebilmelidir. Karşılaştırma materyalinden alınacak referans örnekler için kullanılan bantlar, aranacak liflerin yerleştirildiği bantlar ile aynı tipte olmalıdır (156).

Renk Tanımlama

Lif renginin tanımlanması için, referans örnek nötr beyaz arkaplana yerleştirilmelidir. Bu referans liflerin spesifik tanımlanmasında karıştırıcı etkilerin olmaması açısından gereklidir. Referans örneğin kaydedilmesi, üç çipli kamera kullanılarak veya yüksek çözünürlüklü çizgisel tarayıcı ile yapılabilir. Taranmış lifin monitördeki renkli imajı piksellerden oluşur. Liflerin temsil edici alanlarını oluşturan pikseller, bilgisayar faresinin tıklanması ile seçilir ve bu piksel renkleri otomatik biçimde referans renkleri olarak tanımlanır. Lif arama sistemlerinden dördü (Fibre Finder, Maxcan, Q550fifi ve Lucia Fibre Finder) renkleri, renk modellerinin yardımıyla tanımlar. Sistemlerden birisi (Fx5 Forensic Fibre Finder) ise boyalı liflerin 390 ve 750 nm arasındaki dalga boyunda spektral absorpsiyonunu ölçer (156).

Renk Modelleri (HSI ve HSL):

Renk modelleri, renk gölgelerinin matematiksel temsilleridir. En çok bilinen renk modelleri; TV, kamera ve monitörlerinde kullanılan ekleme-RGB- ve baskı endüstrisinde kullanılan çıkartma –CYMK- (cyan-yellow-magenta-black) modelleridir. Her iki modelde, lif aramaları için renk tanımlamalarında eksiktir, tamamlanmamıştır. CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) gibi göz fonksiyonları ile ilişkili sistemler, otomatik lif arama sistemleri için gerekli olan, eş zamanlı spesifik ve sezgisel renk tanımlamaları için önerilmez. Daha uygun renk modelleri, insan gözünün rengi nasıl algıladığını açıklayan modellerdir. HSI ve HSL bununla ilgili gerekleri en iyi karşılayan modellerdir. Her iki renk modelinde, lif arama sistemlerinde renk tanımlamada sezgisel yöntemleri kullanırlar (156).



Şekil 42 HIS Koordinat Sistemi (185)

H-renk (hue) rengin dalga boyunu ifade eder. Saturasyon, renkteki beyazlık miktarını betimler. Kırmızı ve pembe nesneler aynı renk değerine sahip olabilir fakat pembe nesne, daha çok beyazlık içeren daha düşük saturasyon değerine sahiptir. Üçüncü özellik, intensity, toplam parlaklık miktarıdır. Genelleştirilirse, rengin gri skaladaki versiyonudur ve uzaysal bilgisini ifade eder. Şekil 42’de gösterilen HSI renk uzayında; hue, kırmızıdan yeşile ve maviye sonra tekrar kırmızıya dönen dairesel skaladır. Saturation, dairenin merkezinden dışına doğru renk vektörüdür, dışa doğru saturasyon değeri artar ve intensity ışık miktarıdır (186).

HSL renk uzayında ise Şekil 42’deki Intensity vektörü yerini Luminance vektörü alır.

Her piksel için, üç parametre değerini tanımlayan tek bir nokta, üç boyutlu renk uzayı içinde yerleştirilir. Lif rengi olması halinde, bu lokasyon bir noktadan üç boyutlu uzaya genişler. Boyutları direk olarak, lif boyalarının çeşitliliğine bağlı olarak değişir.

Spektral Tanımlama:

Fx5 Forensic Fibre Finder, mevcut beş sistem içinde, referans rengin spektral absorpsiyon değerlerini tanımlayan tek sistemdir. Lif boyunca, 8 kontrol noktası bilgisayar fare tıklaması ile seçilir. 96 adede kadar referans lifler seçilebilir. Her bir 8 kontrol noktasında sistem, 390 ile 750 nm arasındaki 10 değişik dalga boyunda boya absorpsiyonunu ölçer. Dar bant filtreler, 50 nm yarım bant genişliğinde; 390, 430, 460, 500, 550, 580, 610, 640, 690 ve 750 nm'de, maksimum transmiseyona sahip monokromatik aydınlatma ışığı üretmek için kullanılırlar. Filtre pozisyonları arasında adım genişliği, 30 ile 60 nm arasındadır.

Ölçümlerden sonra, operatör lif boyasının 10 noktasında absorpsiyon spektrumunu elde eder. Tecrübeler göstermiştir ki, 7- 8 kadar referans lif (yaklaşık 64 ölçüm pozisyonunda) değerleri, temsili referans rengin tanımlanmasında yeterli olacaktır. Fakat, birbirine yakın olan eğrilerin seçilmesi tavsiye edilmektedir (156).

Renk Tanımının Optimizasyonu

Referans rengin tanımlanmasından sonra, bunun araştırılan rengi temsil etmede yeterli olduğunun ve araştırılacak lif bölgesini açıklayabileceğinin kontrol edilmesi gerekmektedir. İlk olarak referans renk, kontrol lifleri karşısında test edilmelidir. İdeal olan, bu renk tanımı ile kontrol lif bölgesinin tamamının tanınabilmesidir. Eğer böyle olmaz ise, liflerin daha önce belirlenmeyen diğer bölgelerinden renk değerleri, referans renklere eklenmelidir. Eğer kontrol örnekleri, sadece derinlemesine boyanmış lifleri değil fakat çok mat lifleri de içeriyorsa, bu beyaz renksiz arkaplanında ek olarak dedeksiyonuna sebep olabilir. Bunun meydana gelmesinin sebebi, çok mat liflerin saturasyon ve parlaklık değerlerinin, renksiz arka plan değerlerine çok yakın olmasıdır. Referans renkler seçilmelidir ki, arka plan belirlenmesin. Böylece bazı durumlarda, çok mat liflerin dedekte edilememesi kabul edilmelidir. Eğer çok sayıda lif, arama sonucu dedekte edilirse bu durum genellikle sorun olmaz. Diğer taraftan, eğer az sayıda lif bulunur yada hiç bulunamazsa, bantlar manuel/görsel olarak tekrar incelenmelidir (156).

Lif Araştırma

Optimal referans renk tanımlandıktan sonra, olay yerinden alınan bantlar uygun lif renkleri için taranırlar. Bir dereceye kadar, bu bantlar olay yerinden alındıkları gibi

tamamen aynı şartlarda kullanılmaları mümkündür. Fakat, odunsu partiküller gibi büyük içerikler, küçük taş parçaları veya diğer materyaller odaklanma problemlerine yol açabilirler (Fibre Finder, Q550fifi, Lucia Fibre Finder, Maxcan), otomatik bant besleyicilere engel olabilirler (Maxcan, FX5 Forensic Fibre Finder) veya örnek alanında bantların geçişine engel olabilirler (FX5 Forensic Fibre Finder). Bundan dolayı, bunun gibi engeller öncelikle ortadan kaldırılmalıdır. Hava kabarcıkları ve katlamalar, normalde otomatik lif aramada problem teşkil etmezler. Kalite kontrol amaçlı olarak, arama sırasında, test bandı on referans lif içermelidir. Bunlar, referans renk verilerinin optimizasyonu sırasındaki gibi dedekte edilmelidir. Bu prosedür, arama sırasındaki her hangi teknik problemin tanınabileceğini garanti eder (156).

Pek çok sistemde, arama prosesi iki veya daha fazla sayıda adıma bölünmüştür. İlk adımda, bantın bütün alanı taranacaktır. İkinci adımda, ilk adımda bulunan lifler çok daha detaylı incelenecek ve eğer gerekirse imaj analizi kullanılarak dikkatlice incelenecektir. DIN A4 alanında bandı araştırmak için ihtiyaç duyulan zaman, bulunan lif sayısına bağlı olarak değişmektedir. Bütün sistemler, hit sayısına bağlı olarak değişen yaklaşık 45 dakika süren, en çabuk sistem olan Fibre Finder ile karşılaştırılabilir. Sistemlerde, seçilen büyütme ve tarama sistemlerinin çözünürlükleri (Q550fifi, Fibre Finder, Lucia Fibre Finder, Maxcan) araştırma süresini etkileyen faktörlerdir. Ek olarak kullanılan filtre sayısı (FX5 Forensic Fibre Finder), imaj analiz adımlarının sayısı da bu süreye etki etmektedir (156).

Sonuçların Kontrolü

Sistemler kullanıcıya, bulunan liflerin kontrolünde iki yol sunarlar. Birisi, monitörde vuruşların izlenmesidir. Deneyimli lif araştırmacısı, morfolojik parametrelerden, vuruşun pozitif veya negatif olabileceğine karar verebilir. Pozitif vuruşlar işaretlenebilir, negatifler ise görmezden gelinir. Bazı sistemler ise otomatik olarak, taranan bantın vuruşların olduğu pozisyonların işaretli biçimde olduğu birebir çıktısını üretir. Çıktı ve bantlar stereo mikroskop altında bakılarak işaretli liflerin yeri saptanır.

Otomatik sistemlerle liflerin araştırılmasında ve kabul edilebilir sonuçlar almakta, uygulama sırasında dikkate değer biçimde zamana ihtiyaç duyulmaktadır. Lif arama sistemlerinin mevcut versiyonları, çok sayıda bant içeren rutin olaylarda etkili

biçimde kullanılabilir. Bunun yanında diğer taraftan, eğer değerlendirilecek sadece tek bant varsa, manuel/görsel arama, daha çabuk sonuca ulaşmak için etkilidir. Kontaminasyon ile kirlenmiş bantlarda veya üzerinde çok fazla lif yoğunluğu olan bantlarda veya çok mat lifleri taşıyan bantlarda, otomatik arama sistemleri ile lif araştırılırken problemlerle karşılaşmaktadır. İleriki yıllarda, donanım ve yazılım ile ilgili gelişmeler sağlandıkça, bu sorunlar da daha aza inecektir.

Sadece sonuçların kalite güvencesi açısından değil, fakat sistemi kullanan analistin, sistemin güvenilirliği konusundaki kendine inancı açısından da, sabit bir işletme prosedürü kesinlikle gereklidir (156).

Fibre Finder-Cox Analytical Systems AB

Fibre Finderın prototipi ve yazılımı Paulsson tarafından geliştirilmiştir (187). Geleneksel manuel/görsel lif aramada uygulanan yaklaşım basitçe otomatik sisteme transfer edilmiştir. Fibre Finder; basit bir masa, kamera monte edilmiş hareketli köprü, aydınlatma birimi ve işaretleme sisteminden oluşmaktadır. Monitörlü ve video monitörlü bir bilgisayar ve kontrol birimi sistemi tamamlamaktadır ve 12 m² boş alan gerektirir.



Şekil 43 Fibre Finder Cox Analitik Sistemleri (156)

Fibre Finder uzun zaman periyodunda bağımsız olarak çalışabilir, geniş tarama yüzeyi üzerine hemen hemen 1 m² bant yerleşebilir. MS-DOS 6.22 işletim sistemi altında çalışan İngilizce yazılım ile, üç referans renk için ardışık arama mümkündür. Bu sistemde geniş bant alanları bağımsız olarak taranabilmektedir ve bu yüzden diğer sistemlerde kullanılan besleme sistemleri bu sistem için gerekli değildir. X-Y yönlü hareket edebilen kamera ile bant yüzeyinin her noktası kesinlikle taranabilmektedir. Kamera, sabit odak uzaklığına sahip yüksek kalite makro objektif kullanmaktadır. Bu objektifler, video monitöründe x200 büyütme görüntü oluşmasını sağlar. Odak derinliği, makro objektifin değişken apertürüne bağlı olarak ayarlanabilir. Lifleri odaklamakla ilgili gereksiz sorunlardan kaçınmak için, bantların cam tabakalarla kaplanması tavsiye edilmektedir. Kamera tarafından gönderilen RGB sinyalleri, frame grabber tarafından sayısallaştırılarak, özel algoritma kullanan HSI değerlerine dönüştürülür. Renk referanslarının tanımlanması HSI renk modeli kullanılarak elde edilir.

Fibre Finder diğer sistemlerden kendini, kullandığı aydınlatma birimi ile ayırır. İki özel stroboskopik lamba ile üretilen ardışık flaş ışıkları, 45 derece açı ile örnek yüzeyinin bulunduğu masaya düşer. Bant üzerindeki lifler tam olarak aydınlatılır böylece, mat beyaz cam tabaka dağınık yansıma meydana getirir. Kamera flaş ışığın frekansı ile senkronizedir, böylece arama prosesi sırasında hareketli olmasına rağmen keskin resimler üretir. Stroboskopik ışıklı kameranın durdurulmadan resim alabilmesi, sistemin devamlı aydınlatma ile çalışandan daha hızlı olması anlamındadır.

Fibre Finder; hızlı tarama, yüksek çözünürlüklü tarama ve imaj tarama şeklinde üç farklı hassasiyette derece ile kullanılabilir. Yaygın test sonuçları ve Fibre Finderin kullanıldığı adli olay çalışmaları göstermektedir ki; lif bulma sayıları ve araştırma hızı arasında en iyi uyum yüksek çözünürlüklü tarama ile sağlanmaktadır. İlk harekette; kamera bantlarla kaplı, önceden tanımlanmış yüzeyi tarar. Sistem, verilen referans rengi içeren partikül olup olmadığını online olarak kaydeder. Yüksek çözünürlükte algılanan bütün bilgileri sistem, 16 kat indirger, böylece 512x512 pikseldeki tüm bilgiler analizlenmez fakat bunun yerine 32x512 pikseldekiler analizlenir. Gerçekte, her resim için ekrana, 32 paralel yatay çizgili maske yerleştirilir. Sadece bu 32 çizgi boyunca pixelden oluşan veriler referans veri ile karşılaştırılır. Eğer her resim için verilen eşik

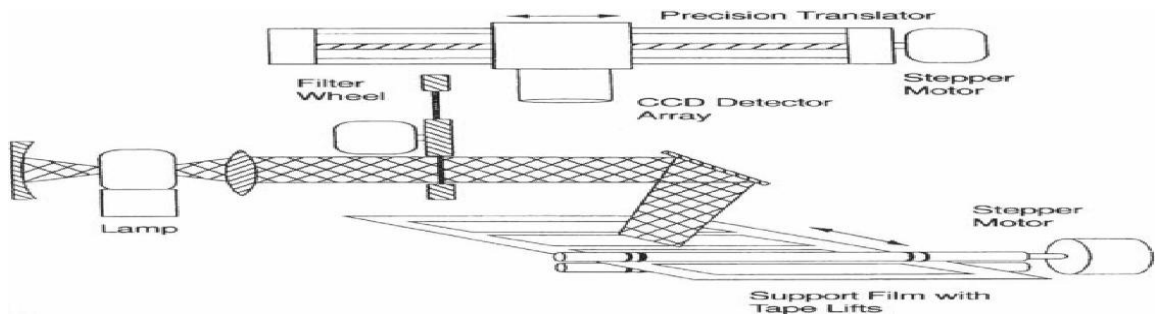
sınırını (örneğin 10 pixel) aşan değerlerde, referans ve taranan resimde eşleşme sayısında pixel mevcutsa, kameranın pozisyonu x-y düzleminde koordinatlandırılır ve böylece lifin pozisyonu kayıt altına alınır. Genellikle lifler, iki çizgi arasındaki mesafeden daha uzun olduğu için, liflerin çizgiler arasında kalıpta taranamadan atlanma gibi bir tehlikesi yoktur.

Fibre Finder önceden belirlenen alanı taradıktan sonra, kamera tekrar ilk hareketinde kaydettiği koordinatlara döner ve her pozisyon için bütün halde fotoğraf alır. Her resim için yoğunluk filtresi uygulanarak; elektronik gürültü ve arka plandan kaynaklı hatalar ayrıştırılır. Yoğunluk filtresi; tek piksel sayıları ile dörtlü matriks kullanır (örneğin 5x5 matriks (25 piksel) ve 12 piksel biçiminde serbestçe tanımlanmış eşik gibi). Basitleştirirsek, matriks resimdeki tüm pikselleri tarar ve seçilen eşik değerinin (12 piksel) altındaki sayıda isabet eden eşleşmeleri reddeder. Yoğunluk filtrelemesinin sonucunda, referans renkle uyuşan dağınık pikseller (gürültü, arkaplan, dağıtma etkisi) uzaklaştırılarak, grup haldeki pikseller (partiküller, lifler) kabul edilir. Bu şekildeki bir imaj analizi yanlış vuruş (eşleştirme) sayısını azaltır. Bu yazılımda, lif araştırmasını morfolojik faktörler ile sağlamak mümkün değildir ve bu yüzden lifler gibi uzun ince partiküller ve kan damlaları, bitki parçacıkları veya toprak partikülleri gibi diğer partiküllerin ayrılması mümkün değildir (187).

Arama prosesi sonrasında sonuçlar, isabet eden eşleşmeler listesi şeklinde elde edilir. Kullanıcı sonra kamerayı farklı pozisyonlarda hareket ettirir ve bulunan lifler veya partikülleri video monitöründe canlı birebir olarak değerlendirir. x200 büyütme değeri ile liflerin morfolojik parametrelerinin (örneğin şekil ve çap) değerlendirilmesi mümkündür. Eğer bulunan lifin renk ve morfolojisi, referans lifin renk ve morfolojisi ile eşleşirse, otomatik kalemle, bant veya cam tabaka üzerinde lifin pozisyonunu işaretlemek mümkündür. Bu lifler daha sonra diğer analizler için stereo mikroskop altına taşınabilir.

Soluk lifler veya çok yüklenmiş bantların olduğu özel durumlarda, el ve göz ile tarama yapılması daha uygundur. Bunu doğrulayan tartışmalar 1995 Adam tarafından yapılmış (188).

FX5 Forensic Fibre Finder-Foster ve Freeman



Şekil 44 The Foster & Freeman FX5 Fibre Finder (189)

F X 5 Forensic Fibre Finder; içinde (100 W quartz halojen lamba) aydınlatma birimi olan, kapalı bir örnek odası ve buna entegre edilmiş dedeksiyon sisteminden oluşur. Ayrıca opsiyonel bant besleme birimi, monitörlü bir bilgisayar ve yazıcı mevcuttur. Tüm sistem yaklaşık olarak 1,4 m² alan kaplar. Yaklaşık 180 x 80 cm ebadlarında laboratuvar sehpası bu alan için yeterlidir. İngilizce yazılımı Win 3.11 işletim sisteminde çalışır. Üretici isteğe bağlı olarak diğer dillerde de yazılım sağlamaktadır (156).

Üzerinde lif aranacak bantların, 180 µm kalınlığında DIN A4 ebatlı poliester kağıtlara tutturulması optimal araştırma sonuçları için, Foster and Freeman tarafından tavsiye edilmektedir. Bant ölçülerinin; 25x, 50x, 100x veya 225 x 175 mm olması tercih edilir. Fakat sistem değişik biçimlerle de çalışma kapasitesine sahiptir. Bantları taşıyan poliester kâğıtlar, ölçüm odasına plastik merdanelerle çekilir. Büyük partiküller bantlardan uzaklaştırılmalıdır aksi halde bunlar besleme mekanizmasında sıkıntı doğurur. Benzer şekilde, çok fazla ince veya esnek yardımcı materyaller de problem oluşturur. İşleme başlamadan önce, yardımcı materyaller, poliester folye ya da kâğıda, sabitlenmelidir. Mikroskop lam-lamellerine yapıştırılan bantlar FX5 Forensic Fibre Finder ile değerlendirilemez (156).

Bantlar sisteme beslendikleri zaman otomatik olarak pozisyon alırlar. Sistem kendini poliester kağıtlar üzerine yapılan işaretlere göre oryente eder. Bu işaret (üst sol), her bantın başlangıcıdır. Bantların resimleri yüksek kalite makro objektif ve yüksek çözünürlüklü çizgi taramasının kombinasyonu olarak kaydedilir ki örnek üzerinde 50 µm adımlarda hareket eder. Dedektör sisteminin maksimum çözünürlüğü 3600 x 5000 dpi dir. Poliester kâğıda belli pozisyonda sabitlenmiş referans lif, bantın sol köşesinde

başlayan 7 mm genişliğinde alanda olmalıdır. Sistem referans lifleri kırmızı, yeşil ve mavi filtrelerde başarıyla tarayarak, (x 50 büyütmede) renkli piksel imajı üretir. Renk; 390'dan 750 nm arasındaki spektral yelpazeden alınan 10 absorpsiyon değerine göre tanımlanır. Bu prosedür, FX5 Fibre Finder'ı diğer tüm lif arama sistemlerinden ayırır. Testler göstermiştir ki, bu prosedür, Fx5'in, optimal şartlarda metamerik boyalar arasında ayırıştırma yapabilmesine olanak sağlar (156).

Hedeflenen lifi bulmak için FX5 bağımsız olarak, 4 farklı dalga boyunda filtreler dizisi seçer. Filtre dizileri, araştırılan renge bağlı olarak değişir. Eğer bu önceden belirlenen diziler, hedef lifleri arkaplandan ayırmada yetersiz kalırsa, bunlara manuel olarak farklı filtreler eklenebilir. Deneyler göstermiştir ki, bir veya iki filtre net bir ayırıştırma için yeterlidir. Bunun yanında araştırmacının, kendi filtreleme serisini seçebilmesi de mümkündür (190).

Bu sistemde, arama prosedürleri bir dizi kur içinde uygulanır. İlk kurda, ilk filtre altında bantın bütün yüzeyi taranır. Eğer sistem, bu dalga boyunda, referans lifin değerleri ile aynı absorpsiyon değerlerinde lifler tespit ederse, çizgi numarası, piksel pozisyonu ve absorpsiyon değeri kaydedilir. İkinci kurda, ikinci filtre ile sadece ilk filtrede kaydedilen pozisyonlarda çizgisel tarama yapılır ve absorpsiyon değerleri ölçülür. Eğer tekrar referans lif ile uyuma mevcutsa, bu pozisyon tekrar kaydedilir. Eğer uyuma mevcut değilse, bu pozisyonlar red edilir. Bu prosedür, tüm filtreler için tekrar edilir. Referans lifler için absorpsiyonlarının $\pm\%20$ sınırlarında absorpsiyon değerlerine sahip bant üzerindeki lifler, ilk filtrelemede kabul edilir. Diğer filtreleme kurlarında ise bu değer $\pm\%1$ sınırlarındadır. Bu iki parametre yüzde yoğunluğu (percentage intensity) ve referans lif eğrisinin uyumu (fit of the reference fibre curve) olarak isimlendirilir. Filtreleme kurları ve sayısındaki çeşitliliklere bağlı olarak, arama sonuçlarının optimizasyonu için bu iki parametreyi arttırmak veya azaltmak mümkündür. Her bant için arama sonuçlarının kaydedilmesi ayrı ayrı yapılır. Bir poliester kâğıttaki tüm bantların araması bittiğinde, Fibre Finder bu bantların baskı çıktısını alır. Bu çıktıda, referans lif ile eşleşen her lifin pozisyonu noktanır. Stereo mikroskopta inceleme yapılırken, bu çıktı sonuçlarına göre mikroskoba bantlar yerleştirilerek söz konusu lifler bulunur. Opsiyonel otomatik bant besleme, Fibre Finder sisteminin uzun zaman periyodunda bağımsız olarak lif araması yapmasına olanak

sağlar. Arama kriterleri sisteme kaydedildikten sonra, tamamı bant dolu 20 kadar poliestere kâğıdın taranması mümkündür (156).

1995'den beri, Fx5 Fibre Finder sistemiyle ilgili çeşitli testler (populasyon ve hedef lif çalışmaları) şu laboratuvarlar tarafından uygulanmıştır:

Metropolitan Laboratory, F.S.S. London, England.

Police Forensic Laboratory, Dundee, Scotland.

Forensic Science Agency, Carrickfergus, Northern Ireland.

IPSC, Lausanne Switzerland.

RCMP Forensic Laboratory, Winnipeg, Canada.

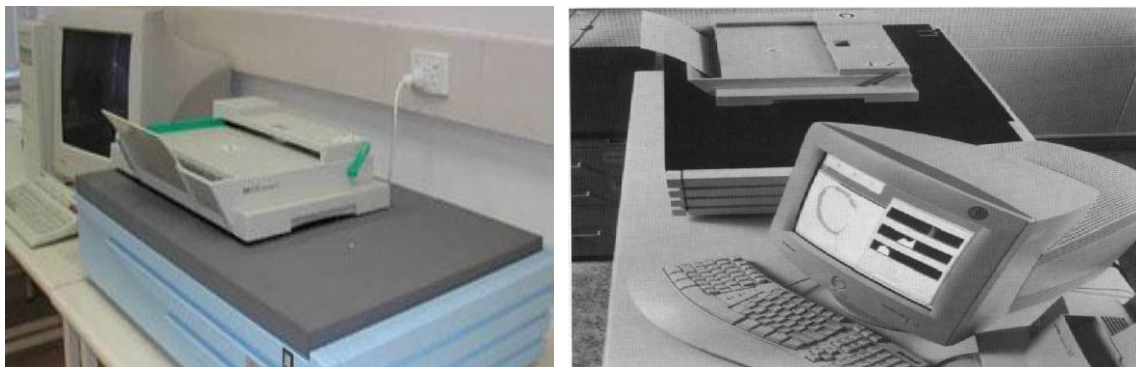
Bundeskriminalamt, Wiesbaden, Germany.

Forensic Science Laboratory of The Netherlands, Rijswijk, Netherlands.

Israel Police Laboratory, Jerusalem, Israel.

Fx5 Forensic Fibre Finder ile yapılan çalışmalar ve elde edilen tecrübeler, çok soluk renkli mat liflerin tespitinde bu sistemde sorunların olabileceğini göstermiştir (191).

Maxcan-Cox Analitik Sistemleri AB



Şekil 45 Maxcan-Cox Analitik Sistemleri AB (192)

Fibre Finder'dan başka, İsveç firmaları tarafından sunulan otomatik lif bulma sistemlerinin diğeri Maxcan'dır. Sistem, yaklaşık 2 m² alana ihtiyaç duyar. Sistemin kalbi, 5000 dpi'ye kadar çözünürlükle tarayan yüksek kalite tarayıcıdır (flatbed scanner). Sıcaklık değişikliklerine karşı stabilize edilmiş, lineer üç çizgili RGB-CCD

tarama sensörü ile çalışır. Aydınlatma, özel florasan tüplerle gerçekleştirilir. Arama yapacağı maksimum alan 290x460 mm (DIN A3)'dir. 50 adede kadar kağıt besleme yapılabilen opsiyonel besleyici kullanıldığı zaman, maksimum izin verilen bant boyutları 210 x297 mm (DIN A4) ebatlarına indirgenir.

Sistem verileri, laboratuvarın isteklerine göre değiştirilerek, en yeni bilgisayar teknolojileri ile donatılabilen çalışma istasyonunda değerlendirir. Örneğin; çalışma süresini minimize etmek için bilgisayar iki işlemcili- CPU (central processin unit) olabilir. Tercihen; 17 veya 21 inç yüksek kalite monitör kullanılabilir. Aynı monitörde; ergonomik nedenler, verilerin eş zamanlı gösterimi ve farklı yazılımların eş zamanlı işletilmesi gibi sebeplerden dolayı, 21 inç ekran tavsiye edilmektedir. Cox'un, lif araştırmaları ve atış artıkları tespiti için yazılımları mevcuttur. Her iki yazılım modülü de Windows NT işletim sistemi altında çalıştırılabilmekte ve çeşitli dillerde sunulmaktadır.

Optimal sonuçlara ulaşmak için, Cox; arama yapılacak bantların beyaz plastik arka plan üzerine yerleştirilmesini önerir. Bu çeşit arka plan kâğıtlar, araştırılacak lifler için homojen aydınlatma sağlar. Eğer otomatik kâğıt besleme kullanılmıyorsa, bütün bant çeşitleri, destek materyaline bakmaksızın araştırılabilir. Bantların şeffaf destek materyaline uygulandığı durumlarda, beyaz plastik kağıtla arkadan bu materyalin kaplanması tavsiye edilir. Referans renk verileri; referans liflerin piksel resimleri kullanılarak, üçboyutlu HSL renk sisteminin renk (hue), saturasyon (saturation) ve aydınlılık (luminance) parametrelerinin yardımıyla, üretilir. Renk verilerini optimize etmek için bu üç parametrenin histogramları azaltılıp genişletilebilir. Lif araştırmasından önce; lif çapı, lif boyu hakkında bilgileri içeren tanımlamalar uygun alanlarda geliştirilebilir. Böylece, arama sırasında liflerden yuvarlak partikülleri ayırmak mümkün olur. Maxcan 16'ya kadar farklı renk ve formda, simultane aramalara izin verir. Tarayıcı donanımının geniş dinamik yelpazesinden ötürü, üreticisi çok koyu veya çok açık boyalı liflerin dahi, bu sistemde tespit edilebileceğini iddia etmektedir.

Bu sistemde, lif arama standardı tek adımda uygulanmaktadır. Araştırılacak tüm alan, 2500 veya 5000 dpi çözünürlükle taranır. Referans örnek rengi ile eşleşen bir nesne tespit edildiğinde, tarayıcının pozisyonu kaydedilir. Bu prosedür, referans renklerin 2500 veya 5000 dpi çözünürlükle optimizasyonu ve tanımlanmasını gerektirir.

Sistem, referans lif ile eşleşen her lif resmini ve koordinatlarını kaydeder. Arama sonunda, eşleşen tespitler, interaktif olarak görsel kontrol edilir ve monitördeki referans lif resmi ile eşzamanlı karşılaştırılır. Stereo mikroskop altında eşleşen tespitlerin lokasyonu için, kâğıt veya şeffaf folye üzerine, bire bir laser baskılı yazıcı çıktısı alınır. Çıktıda, eşleşen tespitlerin lokasyonları işaretlenmektedir. Kalite güvencesi açısından, ölçüm şartları, referans renk verileri ve eşleşen tespitlerin listeleri de çıktı olarak alınmaktadır.

Maxcan'ın ilk sürümleri, Avrupa ve Kuzey Amerika'daki adli bilimlerin laboratuvarlarında mevcuttur. Greenlay (1997) tarafından yapılan deney ve testler göstermiştir ki, konsept ve ayırtma gücü bakımından, Maxcan'ın adli olaylarda kullanılabilirliği mümkündür. Fakat daha detaylı testler, kapsamlı değerlendirme için gerekli olacaktır (156).

Q550FiFi- Leica Vertrieb GMBH

Lif bulma sistemi Q550 FiFi –Leica, Fibre Finder-Cox analitik sistemleri gibi, geleneksel manuel/görsel lif arama prensiplerine benzer prensiplerle çalışır. Sistem; kamera, stereo mikroskop, lamba, örnek sehpa ve monitör ile yazıcıdan oluşan bilgisayardan meydana gelir. Q550 FiFi, Fx5 Forensic Fibre Finder gibi, 1,5 m² alana ihtiyaç duyar. Resim; üç çipli kamera ile oluşturulur ki, bu kamera, renk nuans doğrulama aygıtına sahiptir. Bu aygıt, kamera tarafından oluşturulan resimdeki hataların, kayıtlı imajın tümünde doğrulanmasını sağlar. Kamera, M420 tipi c-mount adaptör kullanan sabit bir stereo mikroskoba monte edilmiştir. M420, renk doğrulayıcı apo zoomlu objektif ve kilitlenebilir zoom pozisyonludur. 3,5'dan x 35'e büyütme sağlayabilmektedir. Işık kaynağı olarak normal halojen lamba kullanılır. Örnek üzerindeki aydınlatmada, renk varyasyonlarından kaçınmak için, lambanın yoğunluğu voltajla değil, değişebilen yarıklı (slit) filtrelerle sağlanır. Split fiber optik kablo, ışığı ring illuminatöre iletir ki, bu örneğin homojen biçimde aydınlatılmasını sağlar. Ring illuminatör; belirli nitelikte aydınlatma şartlarını sağlamak için; buzlu cam disk, polarize filtre veya alternatif aksesuarlarla donatılmış olabilir. Örnek objektif arasındaki çalışma mesafesi yaklaşık 11 cm'dir.

Farklı mikroskop tablasının seçimi bu sistemde mümkündür. Bantlar için kullanılan destekleyici materyale bağlı olarak; 16'ya kadar lam kapasiteli tabla veya

plastik kağıta (DIN A4 boyutlarında) tutturulmuş bantlar için farklı bir tabla kullanılabilir. Bütün tabla çeşitleri x-y yönlerinde hareket ettirilebilir ve bant üzerindeki özel konumların tekrar bakılmasını sağlayabilir. Tablanın üst yüzeyi beyaz yansıtıcı tabaka içerir ki bu life doğru, dağınık yansıma (diffuse reflectance) olmasını sağlar.

Kameranin RGB sinyalleri olarak kaydettiği görüntü, frame grabber tarafından sayısallaştırılarak (dijitalleştirilerek) monitör üzerinde piksel biçiminde gösterilir. Standart sürümlerde, bu görüntü, yazılımla yan yanadır. Gelişmiş sürümlerde, lifler başka bir monitörde görünür. Arama programı, Leicanın imaj analiz yazılımı QWin; hem Win 95, hemde Win NT işletim sistemlerinde çalıştırılabilir. Atış artıkları araştırmaları içinde ek yazılım modüllerinin kullanılması mümkündür. Yazılım, kullanıcının kendi program modülüne izin verir. Yazılım dilleri, Almanca, İngilizce ve Dutch dilindedir. İsteğe bağlı olarak diğer dillerde de üretim yapılmaktadır.

Q550FiFi referans renkleri HSI renk uzayı kullanarak tanımlar. Histogram; referans renk verilerinin optimizasyonu için renk (hue), saturasyon (saturation) ve yoğunluk (intensity) için artırılıp azaltılabilir. Yazılım online olarak monitörde, optimizasyon adımlarının etkilerini, arama prosesleri üzerinde gösterir. Sistemde; aynı anda 8 renge kadar tanımlama ve arama yapılabilir. Arama prosesleri sırasında, devamlı aydınlatılan tabla ve bantlar, kamera altında adım adım hareket ettirilir. Geçmiş testler göstermiştir ki, Q550FiFi; en uygun renk tespit ve ayrıştırması x20, büyütmede elde edilmektedir. Bu şartlarda, sistemin belirli bir noktada hareketi, resim oluşturması ve bu resmi değerlendirmesi, 4 saniyede gerçekleşir. Bu da 20x20 mm alan için çalışma süresinin yaklaşık 5 dakikaya tekabül etmesi anlamına gelmektedir.

Araştırma sonuçları liste biçiminde elde edilir. Listedeki eşleşen tespitler; çeşitli parametrelere göre sınıflandırılır. Bunlar; alan, uzunluk, çap, (roundness) gibi parametrelerdir. Bu bağlamda kabalık (roundness) faktörü, lifleri yuvarlak partiküllerden ayırt etmede kullanılır. Taranan alan ve eşleştiği tespit edilen liflerin lokasyonu, grafiksel olarak gösterilebilir. Eşleştiği tespit edilen lokasyonlar mousea tıklanarak işaretlenir ve canlı olarak monitörden izlenebilir. Tespit edilen liflerin sonraki incelemeleri için, alanın bire bir çıktısı alınır. Bu çıktıda eşleşen lif sayısı bilgileri, araştırılan renk ve arama koşulları mevcuttur. Bir banttaki çeşitli referans renkleri için eşzamanlı arama sırasında, eşleşen lif konumları birbirinden farklı renklerle işaretlenir.

Q550FiFi lif bulma sistemi, Avrupanın çeşitli laboratuvarlarında test edilmektedir ve geliştirilmektedir. Bu testler ve çalışmaların sonuçları; konsept ve ayrıştırma gücü bakımından bu sistem rutin çalışmalarda kullanılabileceğini fakat daha detaylı araştırmalarında gerektiğini göstermektedir (156).

Lucia Fibre Finder-Laboratuvar Imaging

Bu beş lif bulma sistemi içerisinde en yenisi, 1997 sonbaharından beri piyasada bulunan Lucia Fibre Finder'dır. Yaklaşık olarak 1,4 m² alan kaplayan masaüstü bir sistemdir. Bantlar için, örnek masası maksimum 210 x297 mm (DIN A4) boyutlarındadır. Bantlar beyaz mat cam tabla üzerine, diğer sistemlerde olduğu gibi, homojen aydınlatma sağlayarak incelenmek üzere yerleştirilir. Kamera vibrasyonları elimine etmekte ve 0,7 den x4 büyütmeye sahip makro objektiflere sahiptir. Lif araştırmaları için 3'den 4' e büyütme önerilmektedir. Bu şekilde monitörde, 140'dan 180'e kadar büyüme oluşturulur. Lifler, (185 W) üzeri yansıyan ışık veya (150 W) altı transmit ışık veya her ikisinin birlikte olduğu biçimde aydınlatılır. Renk sıcaklıkları voltajla ayarlanan, halojen lambalar kullanılır. Kamera ve örnek masası, her ikisinde birbirlerine dik hareket ettirilebilir. İmaj analizi, kameranın kontrolü ve örnek masasının kontrolü, el ile iki işlemcili (CPU) bilgisayar kullanılarak gerçekleştirilir. Örneğin pozisyonu ve tam odaklanma, joystick kullanılarak sağlanır. Sistem, yazıcı ile tamamlanmıştır. Yazılım; İngiliz ve Çek dillerinde olup, Win NT işletim sistemi altında çalışmaktadır. Şu an için otomatik besleme yoktur (156).

Kameranın ve büyütme faktörünün kalibrasyonundan sonra, referans örneğin resmi oluşturulur ve sayısallaştırılır (dijitalleştirilir). Piksel olarak yeniden üretilen bu resim kullanılarak, referans renk HSI renk uzayında tanımlanır. Referans renk verilerinin optimizasyonu 17 inch monitörde online izlenebilir. Renk (hue) ve saturasyon parametreleri histogram olarak sunulmamaktadır. Renk nüansları ve saturasyon, renk dairesi şeklindeki alanda sunulmaktadır. Bu daire, söz konusu parametrelerin optimizasyonunu, basit bir biçimde yapmayı sağlar. Önceden tanımlanmış bir alanda, beşe kadar kayıtlı renk, eşzamanlı olarak aranabilir. Sistem, her bir taramayı devamlı aydınlatma altında yapar. Diğer sistemlerdeki gibi ikinci tarama kuruna gerek yoktur. Sistem, 2.5 x 10 cm alan için taramayı yaklaşık olarak 5 dakikada gerçekleştirir. Aramanın sonunda, imaj analiz yazılımındaki araçlar, yuvarlak partiküller

ile lif benzeri biçimleri ayırıştırır. Bu proseden sonra, bulunan liflerin lokasyonu monitörden izlenir. Bilgisayarın faresi kullanılarak işaretlenen her eşleşme monitörde izlenerek, referans lifin resmi ile eşzamanlı karşılaştırma yapılabilir. Liflerin daha sonra tekrar incelenmeleri için, sistem eşleşen tespitlerin pozisyonlarının işaretlendiği, bire bir yazıcı çıktısı sağlar. En iyi sonuçlar, bantların yarısnek poliester tabaka ya da folyölere monte edildiği zaman elde edilir. Ayrıca teorik olarak, polietilen esnek tabakalar veya cam mikroskop lamalarına bantların monte edilmesiyle de sonuca ulaşılabilir. Günümüzde Lucia Fiber Finder ın ikinci sürümü geliştirilmiştir (156).

Aşağıdaki tabloda, mevcut lif bulma sistemlerinin özellikleri, birbirleriyle karşılaştırmalı olarak özetlenmektedir.

Tablo 34 Mevcut Lif Bulma Sistemlerinin Özelliklerinin Kısaca Gösterimi (156)

Sistem	Önerilen Örnek Formatı	Yazılım/İşletim sistemi	Eşleşen yerlerin (Hit) lokasyonu	Tarama Yöntemi	İhtiyaç duyulan alan	Otomatik kâğıt besleme
Fibre Finder	Bantların ve destek (backing) materyallerin tüm kombinasyonları	Bifrost/MSDOS	Oto-pen ile işaretleme	3 çip CCD kamera makro objektifli	12 m ²	Gerekli değil
FX5 Forensic Fibre Finder	A4 Poliester kağıda bantlama	Win 3.11	Birebir baskı çıktısı	Çizgisel tarayıcı 3600x5000 dpi	1,4 m ²	Opsiyonel
Maxcan	A4 beyaz plastik kağıda bantlama; A4'e kadar bantların ve destek materyallerin tüm kombinasyonları	Win NT	Birebir baskı çıktısı	Çizgisel tarayıcı maks. 5000 dpi	2 m ²	Opsiyonel
Q550FiFi	A4'e kadar bantların ve destek (backing) materyallerin tüm kombinasyonları	Win 95 Win NT	Birebir baskı çıktısı	3 çipli CCD kamera - stereo mikroskop monte edilmiş	1,5 m ²	Geliştirilmekte
Lucia Fibre Finder	A4'e kadar bantların ve destek (backing) materyallerin tüm kombinasyonları	Win NT	Birebir baskı çıktısı	3 çip CCD kamera - mikro objektifli	1,4 m ²	Yok

2.3. MİKROSKOP

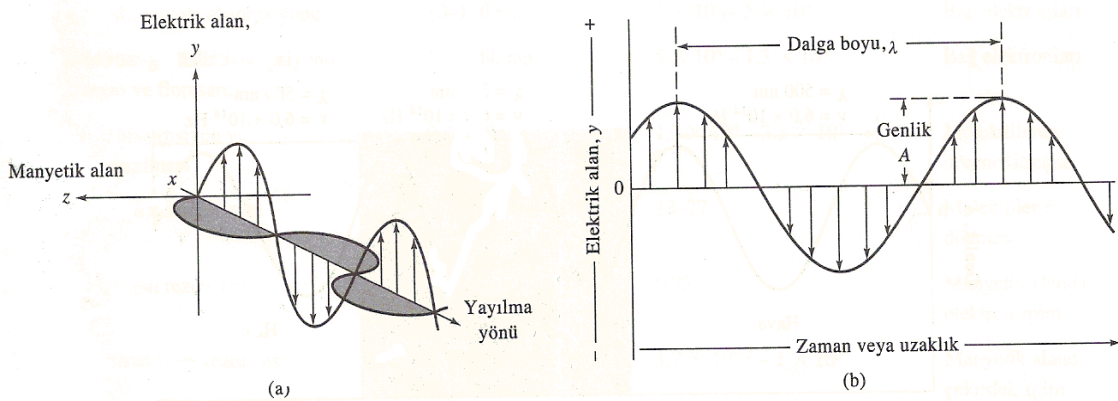
Mikroskop, gözle görülemeyecek kadar küçük cisimlerin büyütülmüş görüntülerini elde etmekte kullanılan, mercek sistemlerinden oluşan optik alettir.

2.3.1. Işık ve Işık Özellikleri

Işık görmeyi sağladığından insanları çok ilgilendirmiş, mahiyeti ve özellikleri hakkında pek çok araştırma yapılmıştır. Işık hakkındaki teorilerin bir kısmı ışığın maddesel karakterde olduğunu, bir kısmı da bir nevi dalga hareketine sahip olduğunu kabul etmiştir. Günümüzde ışığın bir enerji olduğu ve uzayda fotonlar halinde yayılan elektromanyetik dalgalardan oluştuğu kabul edilmiştir (14).

Bu modelde elektromanyetik ışın, enerjileri ışın frekansı ile orantılı olan ve foton adı verilen parçacıklar veya dalga paketlerinden oluşmuş olarak görülür. Işığın bu şekilde parçacıklar ve dalgalar halinde, çift özellikle algılanması, birbirini dışlayan değil, aksine tamamlayan kavramlar olarak alınmalıdır (193).

Elektromanyetik ışının birçok özelliği; dalga boyu, frekans, hız ve genlik gibi parametreleri de içeren klasik sinus dalga modeli ile uygun şekilde açıklanabilir. Bir sinus dalgasının matematiksel tanımı; $y = A \sin(\omega t + \Phi)$ biçiminde ifade edilmiş olup; y elektrik alanı, A y 'nin en yüksek değeri veya genlik, t zaman, Φ ise faz açısını ifade eder. ω vektörünün açısal hızı ile ışının frekansı ν arasında $\omega = 2\pi\nu$ şeklinde bir ilişki vardır. Dolayısıyla; sinus dalgasının matematiksel tanımı; $y = A \sin(2\pi\nu t + \Phi)$ olarak da ifade edilebilir (193).





Şekil 46 Düzlem-Polarlanmış, Monokromatik Bir Işık Demetinin Gösterimi : (a)Yayılma Yönü ve Birbirlerine Dik Açıda Olan Elektrik ve Manyetik Alanları (b) Elektrik Vektörünün İki boyutlu Gösterimi (c) Dikey ve Yatay Polarizör Arasında Işının Düzlem Polarlanması (193, 194)

Bir elektromanyetik ışın dalgasındaki parametreler aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

A (*genlik*); dalga içindeki elektrik vektörlerinin en uzunudur.

p (*periyot*); uzayda sabit tutulan bir noktadan ardışık maksimumlar veya minimumların geçmesi için gerekli süre olup, birimi saniye (s) olarak ifade edilir.

ν (*frekans*); alanın saniyedeki salınım sayısı olup, birimi ($1/s$, s^{-1} , Hertz (Hz)) olarak ifade edilir.

λ (*dalga boyu*); ardışık dalgalar üzerinde iki eşdeğer ya da diğer bir ifade ile ardışık maksimum veya minimumlar arası doğrusal mesafe olup, birimi angstrom (Å), nanometre (nm) dir.

V_i (*yayılmanın hızı*); ışığın saniyede devir olarak frekans ile metre/devir olarak dalga boyunun çarpımı olup, metre/saniye olarak birimlendirilir. Matematiksel olarak; $V_i = \nu \lambda$ şeklinde ifade edilir.

Bir ışın demeti için ν (frekans), ışık kaynağına bağlı ve değişmez değerdedir. λ_i (dalga boyu) ise ortama bağlıdır. Matematiksel olarak, i alt indisi bu bağımlılığı ifade eder. Dolayısıyla V_i (ışının yayılma hızı) da ışının geçtiği ortamın bileşimine bağlı olarak değişir. Madde içeren herhangi bir ortamda, ışının yayılma hızı ışının elektromanyetik alanı ile maddedeki bağlı elektronlar arasındaki etkileşim nedeniyle azalır.

Elektromanyetik ışın dalgaları; ses gibi diğer dalga hareketlerinden farklı olarak, yayılımı hiçbir destek ortamı gerektirmeyen, boşluktan (vakum) da kolaylıkla geçebilen

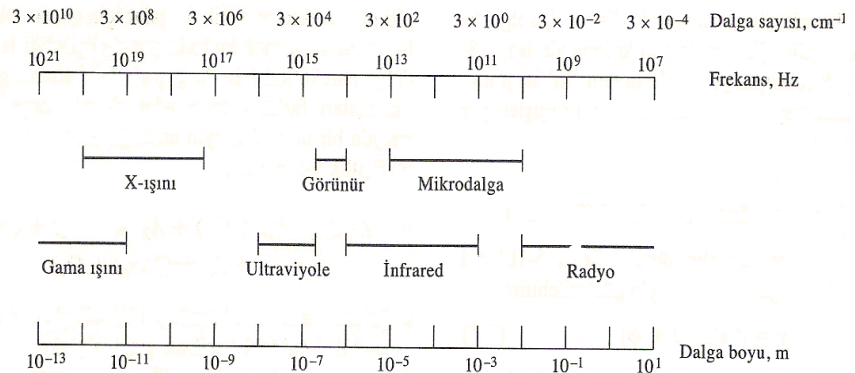
dalgalardır. Boşlukta ışının hızı, ışının dalga boyundan bağımsız olup, alabileceği en büyük değerdir. c simgesiyle gösterilen bu hız; $2,99792 \times 10^8$ m/s olarak bulunmuştur. Elektromanyetik ışın dalgasının havadaki hızı c 'den çok az sapma gösterir (yaklaşık % 0,03 den daha az), bu yüzden ışının boşluktaki ve havadaki hızı eşit kabul edilebilir ve üç anlamlı rakam ile kısaca $c = 3 \times 10^8$ m/s olarak belirlenir (193).

P (ışının gücü); belli alana saniyede düşen ışın enerjisidir.

I (ışın şiddeti); birim katı açısı için ışın gücüdür. Tam anlamıyla doğru olmamakla birlikte güç ve şiddet eş anlamlı olarak kullanılır. P ve I genliğin karesi ile doğru orantılıdır (193).

E (foton enerjisi); h plank sabiti ve ν (elektromanyetik ışın dalgasının frekansı) nın çarpımı ile ifade edilir. h plank sabiti $= 6,63 \times 10^{-34}$ J.s , ν (elektromanyetik ışın dalgasının frekansı) ; 1/s biriminde olup, E (foton enerjisi), Joule birimi ile ifade edilmektedir.

Pek çok dalga boyu ve frekans aralığında bulunan ışınlar elektromanyetik spektrumda bölgeler olarak gösterilmiştir. Bu aralıklar öyle büyüktür ki logaritmik ölçeğin kullanımı gerekir. Şekil47 önemli spektrum bölgelerini kalitatif olarak da göstermektedir. Bu bölgeler, ışın türlerini oluşturma ve algılama yöntemlerine göre belirlenmiştir. Bölgeler arasında çakışma da vardır ve insan gözünün algılayabildiği görünür bölge, diğer bölgelere göre ancak çok küçük bir aralığı kapsamaktadır (193).



Şekil 47 Elektromanyetik Spektrumda Bölgeler (193)

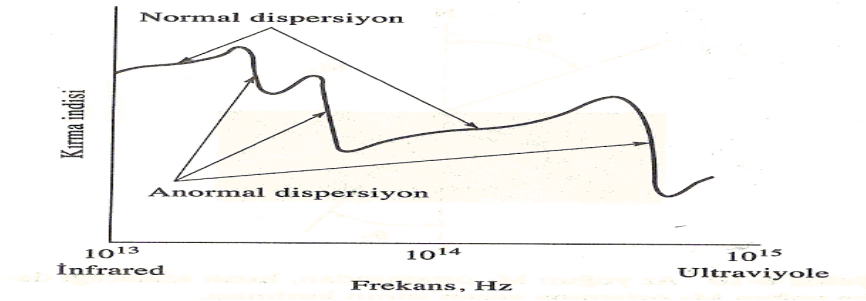
Sinüs dalga modeli ile açıklanan elektromanyetik ışın dalgalarının şekil46'da görününen elektrik ve manyetik alan bileşenleri vardır. Işığın; geçirgenlik, yansıma,

kırılma ve absorpsiyon gibi olaylarından yalnızca elektrik alan sorumludur. Bununla birlikte, nükleer manyetik rezonans olayında radyo-frekansındaki dalgaların absorpsiyonundan elektromanyetik ışının manyetik bileşeni sorumludur (193).

Saydam bir ortamdan geçen ışının hızı, o ortamda bulunan atom, iyon ve moleküllerin tür ve derişimine de bağılı olarak, boşluktaki hızına göre daha düşüktür; bu olgu, deneysel olarak gözlenmiştir. Bu gözlemlerden yola çıkarak, ışının madde ile herhangi bir şekilde etkileşimde bulunduğu anlaşılır. Ancak, bu sırada ışının frekansında bir değişme olmadığı için, bu etkileşimde kalıcı bir enerji aktarımı söz konusu olamaz.

Bir ortamın kırma indisi, ortamın ışınla etkileşiminin bir ölçüsüdür ve $n_i = c / V_i$ şeklinde matematiksel olarak ifade edilir. Burada; n_i belirli bir i frekansındaki kırma indisi dir.

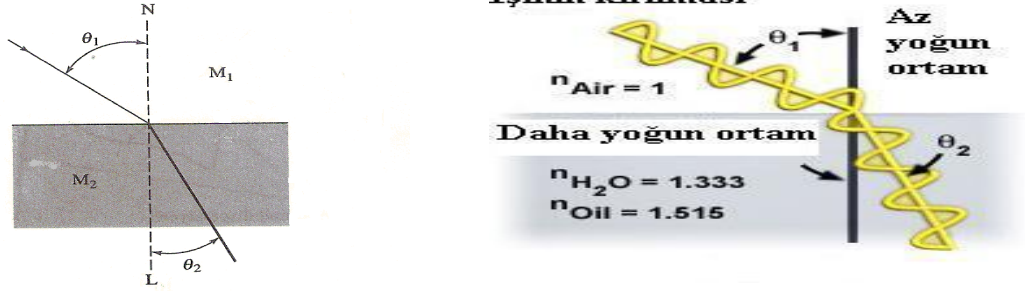
Işığın ortamdaki hızı dalga boyuna bağılı olduğundan ve c ışığın vakumdaki hızı sabit olduğundan, bir maddenin kırma indisi de dalga boyu ile değişmelidir. Bir maddenin kırma indisinin dalga boyu ve frekans ile değişimine dispersiyon adı verilir. Bir madde için tipik dispersiyon eğrisi Şekil48’de gösterilmektedir.



Şekil 48 Tipik Bir Dispersiyon Eğrisi (193)

Cihazlarda optik bileşenler için madde seçiminde dispersiyon eğrileri önemlidir. Yüksek ve oldukça sabit bir kırma indisinin istendiği merceklerin yapımında, o dalga boyu aralığında normal dispersiyon gösteren maddelerin kullanılması uygundur. Tam tersine hem yüksek hem de frekans değişimine çok bağılı bir kırma indisi dağılımı içeren maddeler ise, prizmaların yapımı için seçilmektedir. Böylece bir prizmanın kullanılabilir dalga boyu bölgesi, yapıldığı maddenin anormal dispersiyon bölgesine yaklaşır.

Bir ışın demeti farklı yoğunlukta olan iki saydam ortamın ara yüzeyinden dik olmayan bir açı ile geçerse, bu iki ortamdaki ışın hızı farkından dolayı, ışın yönünde keskin bir değişme veya kırılma gözlenir. Işık daha az yoğunluktaki ortamdan daha yoğun olan ortama doğru geçerse, Şekil49 gibi kırılma arayüzey normaline yaklaşacak şekilde oluşur. Normalden uzaklaşacak şekilde kırılma ise, ışın yoğun ortamdan daha az yoğun ortama geçerken gözlenir.



Şekil 49 Az yoğun M₁ Ortamından, Hızın Azalacağı Daha Yoğun M₂ Ortamına Geçen Işığın Kırılması (193, 194)

Kırılmanın ne ölçüde olacağı Snell yasası ile belirlenir:

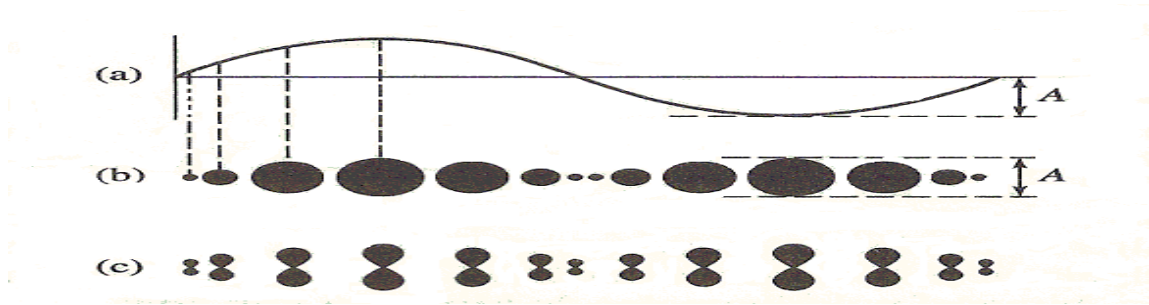
$$\sin\theta_1 / \sin\theta_2 = \eta_2/\eta_1 = v_1 / v_2 \quad (193).$$

Saydam iki ortamdan kırma indisi daha büyük olana optikçe yoğun ortam, tersine optikçe hafif ortam denir. Optikçe daha yoğun bir ortamda ilerleyen bir ışının optikçe daha hafif bir ortama kırılarak geçebilmesi için gelme açısının daha büyük veya eşit olması gerekir. Aksi halde ışın optikçe hafif ortama geçemez ve tamamı sınır yüzeyinde yansırarak optikçe yoğun ortama geri döner (14).

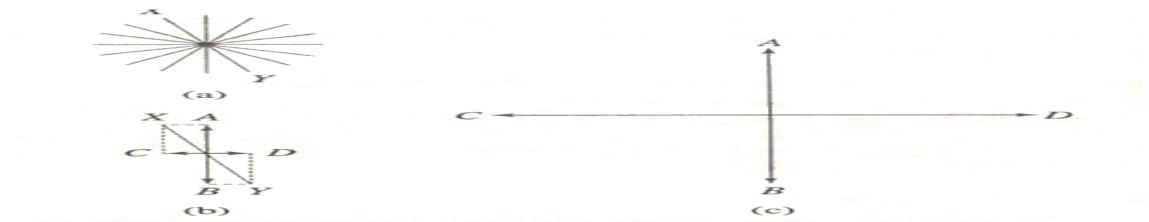
Normal olarak ışın, gidiş yolu merkez olmak üzere bu yolun etrafında eşit olarak dağıtılmış çok sayıda düzlemde yol alan bir demet elektromanyetik dalgadan oluşur. Işık dalgalarının yayılma doğrultusundan sonsuz sayıda titreşim düzlemi geçirilebileceği için, enine dalgalar yayılma doğrultusuna dik bütün doğrularda titreşebilir. Yalnız bir düzlemde yer alan titreşimlere çizgisel kutuplanmış titreşimler ve dalgalara da çizgisel veya düzlem polarlanmış enine dalgalar denir (14).

Bir ışık kaynağının atomları birbirinden bağımsız olarak ve düzensiz aralıklarla dalga paketleri (fotonlar) yayarlar. Her dalga paketi çizgisel kutuplanmış olmakla beraber ışık kaynağından çıkan milyarlarca atom rastgele yönelmiş olduğundan, yayılan ışık içinde titreşim düzlemi mümkün olan her doğrultuda yönelmiş dalga paketleri

bulunur. Bu nedenle bir ışık kaynağının yaydığı ışık (laser kaynakları hariç) kutuplanmamıştır. Işığı kutuplamak için çeşitli yöntemler vardır. Yansıma, kırılma, küçük tanecikler tarafından saçılma, anizotrop ortamlarda çift kırılma, bazı maddelerde seçimli soğurulma olayları yardımı ile ışık kutuplanabilmektedir (14).



Şekil 50 Polarlanmamış ve Düzlem Polarlanmış Işın. (a) Monokromatik Işının Kesiti (b) (a)'daki Işın Polarlanmamış ise, Sondan Bakışla Ardışık Görünümleri (c) (a)'daki Işının Dik Eksen Üzerinde Düzlem-polarlanmışsa Sondan Bakışla Ardışık Görünümleri (193).



Şekil 51 (a) Sayfaya Dik Düzlemde Yol Alan Işının Elektrik Vektörleri (b) XY Düzleminde Yol Alan Işın Elektrik Vektörleri (c) Tüm Vektörlerin Ayrılması İle Oluşan Vektörlerin Bileşkesi (193).

Şekil50(a)'da verilen titreşimin iki bileşke düzleminde birisinin ortadan alınması ile düzlem polarlanmış ışın oluşturur. Düzlem polarlanmış ışının elektrik vektör bileşkesi, uzayda tek bir düzlemde bulunur. Şekil50(c) böylece düzlem polarlanmış bir ışının çeşitli zaman aralıklarında bir uçtan bakıştaki durumunu göstermektedir (193).

Polarlanmış uv veya görünür ışın, tek düzlemde yol alan ışını absorplayan, yansıtan veya kıran bir ortamdan polarlanmamış ışının geçirilmesiyle elde edilir (193).

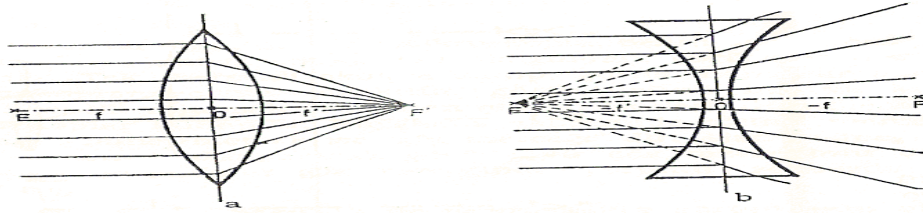
2.3.2. Mercekler, Işığın Merceklerde Kırılması ve Görüntü

Hemen hemen bütün optik aletlerin yapısında bulunan mercekler; Küresel ve Silindirik olmak üzere iki grupta toplanır.

Optik mikroskopta bulunan mercekler; küresel mercekler olup, iki küre yüzeyi arasında kalan ve merkezler doğrultusuna göre simetrik olan saydam madde parçaları olarak tanımlanabilir. Küresel mercekler iki çeşittir. Bunlar;

İnce kenarlı (konveks) mercekler; ışınlar optik eksene yaklaşarak kırıldığından yakınsak mercekler olarak tabir edilirler.

Kalın kenarlı (konkav) mercekler; ışınlar optik eksenden uzaklaşarak kırıldığından ıraksak mercekler olarak tabir edilirler.

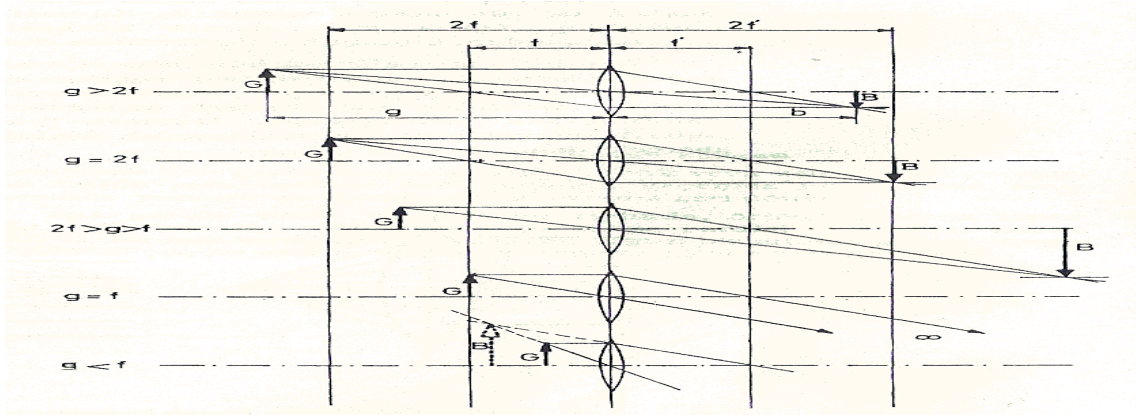


Şekil 52 İnce ve Kalın Kenarlı Merceklerde Işın Kırılması. (a) İnce Kenarlı, (b) Kalın Kenarlı Mercekler (14)

Merceklerde merceği sınırlayan küre yüzeylerinin merkezlerini birleştiren doğruya; optik eksen (asal eksen), bu eksenden geçen bir düzlemle merceğin ara kesitine; asal kesit, asal kesit içinde kalan optik eksen parçasının orta noktasına; optik merkez, merceğin optik merkezinden geçen her doğruya; yan eksen (ikincil eksen), asal eksene paralel gelen ışınların mercekten geçtikten sonraki doğrularının asal eksenini kestiği noktaya; odak noktası, odak noktasında asal eksene dik düzleme; odak düzlemi, odak noktasının optik merkeze uzaklığına; merceğin odak uzaklığı denir (14).

Kalın kenarlı merceklerde asal eksene paralel ışınlar merceği kestikten sonra asal eksenini kesmedikleri için, odak noktaları ve odak uzaklıkları zahiridir. Mikroskoplarda, küçük cisimlerin görüntülerinin büyütülmesi amaçlandığı için ince kenarlı merceklerden yararlanır. Ancak, bu merceklerin kusurlarını gidermek için kalın kenarlı merceklerde kullanılır.

Bir ince kenarlı mercekte görüntünün büyüklüğü, düz veya ters oluşu, gerçek veya zahiri oluşu; cismin merceğe olan mesafesine bağlıdır.



Şekil 53 Konveks Merceklerde Cismın Merceğe Uzaklığına Göre Görüntü. G: Cısım, B: Görüntü (14)

Şekle göre; cisim mercekten çok uzakta ($> 2f$) ise görüntü; hakiki, ters ve cisimden küçük; cisim mercekten odak uzaklığının iki katı mesafede ($= 2f$) ise görüntü; hakiki, ters ve cisim büyüklüğünde; cisim odağın yakınında ($3/2 f$) ise görüntü; hakiki, ters ve cisimden büyük; cisim eğer odak uzaklığında ($= f$) ise görüntü; sonsuzda, cisim eğer odak ile mercek arasında ($2/3 f$) ise görüntü; zahiri, düz ve büyüktür.

Bir mikroskop objektifinde durum; cismin odak yakınında ($3/2 f$) olduğu gibi, mikroskop okulerinde ise durum; cismin odak ile mercek arasında ($2/3 f$) olduğu gibidir.

2.3.3. Polarize Işık Mikroskobu



Şekil 54 Leica 2500 P Polarize Işık Mikroskobu ve Işığın; Polarizör, Örnek ve Analizörle Etkileşim Sonrası Durumu (194, 195)

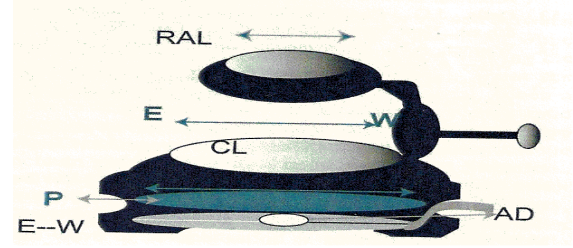
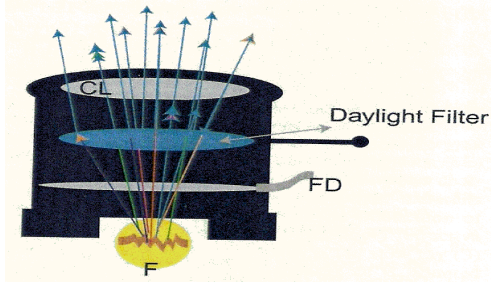
Genel olarak bütün mikroskoplar üç kısımdan oluşur. Bunlar;

Mekanik Kısım; Mikroskop ayağı, mikroskop kolu, mikroskop tablası, mikroskop maşaları, mikroskop tüpü ve ayar vidaları bu kısım içinde sayılır. Mikroskop ayağı; genellikle yuvarlak, dikdörtgen ya da at nalı şeklinde olan ağır madensel kısım olup, mikroskobun devrilmemesini sağlamaktadır. Mikroskop kolu; mikroskobun tutulması ve istenilen eğiklikte çalışılmasını sağlamaktadır. Mikroskop tablası; üzerine incelenecek preparatın konulduğu, mikroskop koluna eklenmiş, ortasında ışığın geçebileceği delik bulunan ve sağ-sol, ileri-geri yönde hareket ettirilebilen bölümdür. Mikroskop maşaları; tabla üzerinde preparatı tespit maksatlı yerleştirilen sıkıştırma tertibatlarıdır. Mikroskop tüpü; optik kısımları taşıyan borudur. Ayar vidaları; mikroskop kolunun yan tarafında dişli kızak üzerinde bulunan ve tablayı yukarı-aşağı yönde hareket ettiren vidalardır. Büyük ve kaba hareketler makrovida ile mikrometre cinsinden küçük hareketler ise mikrovida yardımıyla gerçekleştirilmektedir.

Aydınlatma Kısım; Genel olarak; ışık kaynağı, ayna, diyafram ve kondansörden oluşur. Ayna; ışık kaynağından gelen ışığı tablanın ortasındaki delikten yukarı doğru yansıtır. Aydınlatma sistemi mikroskop bünyesinde düzenlenen mikroskoplarda ayna bulunmaz. Diyafram; ortası istenildiği kadar açılıp kapanabilen bir delikten ibaret olup, ışık miktarını ayarlayan kısımdır. Kondansör ise; aşağı-yukarı hareketle gelen ışığı preparat üzerinde toplayan mercek ya da mercek sistemidir.

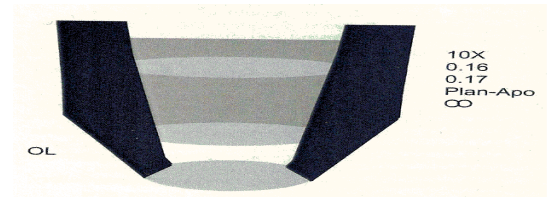
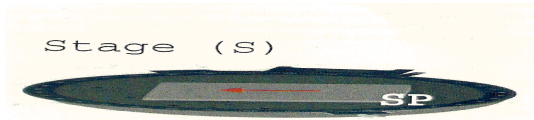
Optik Kısım; Mikroskopta objektif ve oküler adı verilen mercek sistemlerinden oluşan bölümdür.

Göz ile göremeyeceğimiz kadar küçük cisimlerin görüntülerini büyötmek için kullanılan mikroskop çeşitlerinden birisi de polarize ışık mikroskobudur. Bir çeşit kompakt mikroskop olan polarize ışık mikroskobunda; kompakt mikroskopta bulunan esas elemanlar olan; ışık kaynağı, kondansör, örnek tablası, objektifler, okülerler, destek ve hizalama bölümlerine ilaveten; polarizer, analizör, kompensatörler (first-order red, quarter-wave, quartz wedge) ve Bertrand lensler bulunur.



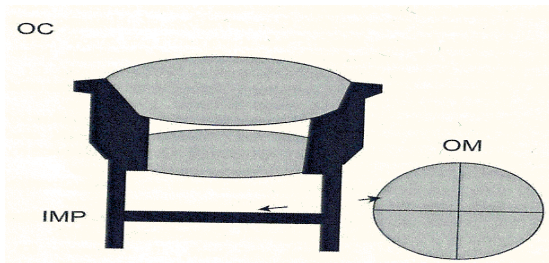
Şekil 55 İlliminatör ve Kondansör (196)

Şekil 55’ de mikroskobun aydınlatma bölümünde (illuminator); F ışık kaynağı, FD alan diyaframı (field diaphram),CL kondansör lensler ve filtre kısmı görülmektedir. Polarize ışık mikroskobunun kondansörünün yapısına bakıldığında, şekle göre; AD apertur diyaframı (aperture diaphram), doğu-batı yönlü polarizörü ve CL kondansör lensleri, RAL hareketli yardımcı lensleri (removable auxiliary lens) temsil etmektedir.



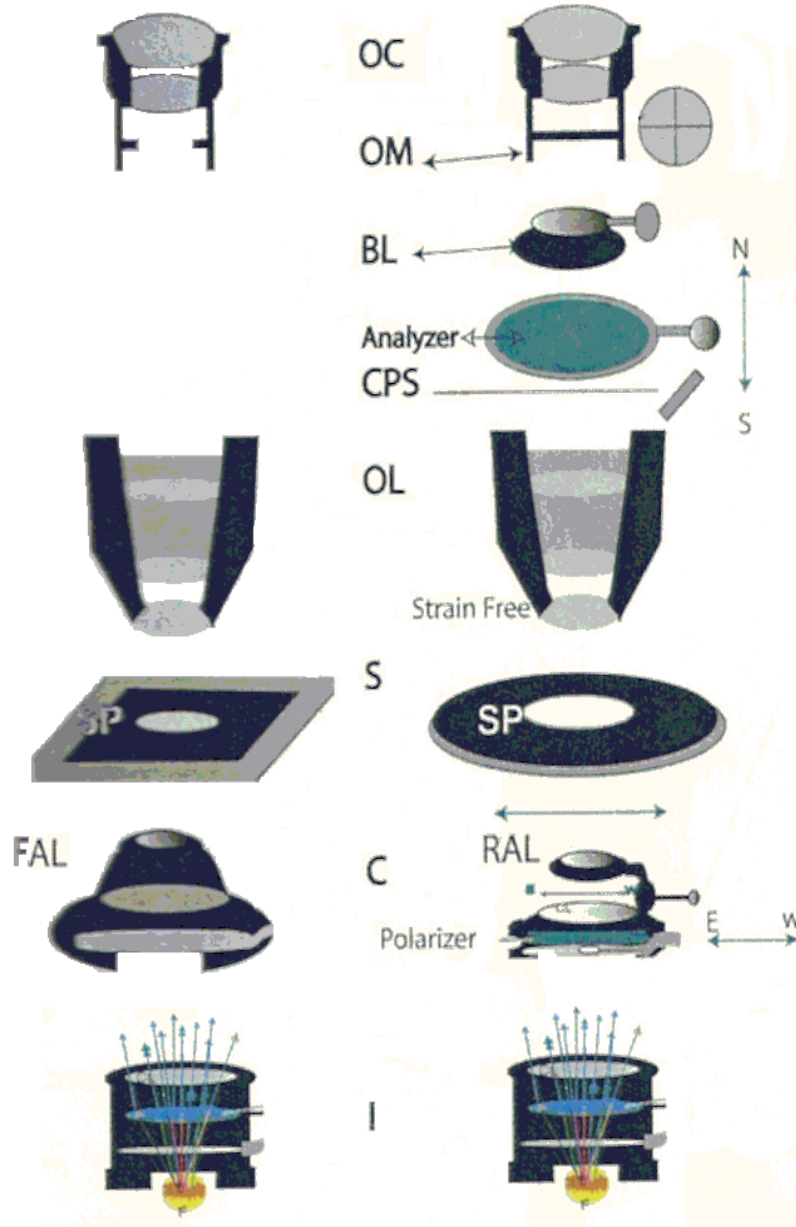
Şekil 56 Tabla ve Objektif (196)

Şekil 56’da tipik bir polarize ışık mikroskobunun yuvarlak şekilli tablası S ve örneğin konulduğu örnek alanı SP gösterilmektedir. Yanında, ilk görüntüyü oluşturan objektif lensler OL ile gösterilmiştir. Objektiflere ait büyütme değeri (magnification 10x, 40x vb.), odak uzaklığı (0,16 mm), lamel kalınlığı (0,17 mm), objektif tipi (plan-apo), ve tüp uzunluğu objektif silindirinin dış yüzeyinde yazmaktadır.



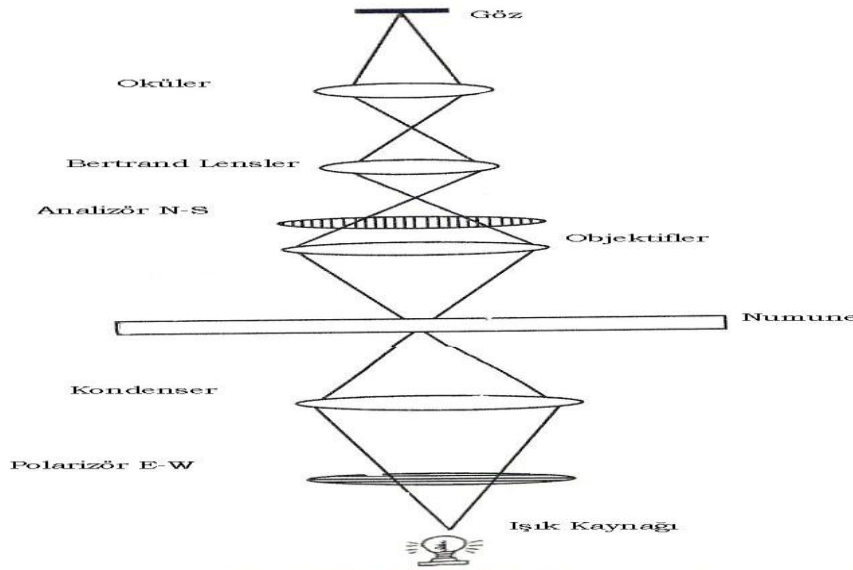
Şekil 57 Oküler (196)

Şekil 57’de basit bir büyüteç gibi davranarak, objektiflerde oluşturulan ilk görüntüyü büyüten oküler OC ile gösterilmiştir. Polarize ışık mikroskoplarında oküler içerisinde oküler mikrometresi OM ara imaj bölgesine (IMP) yerleştirilmektedir.



Şekil 58 Basit Bir Kompakt Mikroskop ve Polarize Işık Mikroskopunun Şematik Görünümü (196)

Şekil 58 'de basit bir mikroskop ile polarize ışık mikroskopunun farkları gösterilmektedir. Buna göre; her iki kompakt mikroskopta da aydınlatma esasen aynıdır (I). Solda yer alan mikroskopun kondansöründe (C), sabit yardımcı lensler varken; polarize ışık mikroskopunda yer alan kondenserde, hareketli yardımcı lensler ve polarizör mevcuttur. Polarizör kondenserden tüm düzlemlerde titreşen ve 360° de yayılmış halde gelen ışınları, doğu-batı ($E \leftrightarrow W$) yönünde titreşen çizgisel kutuplanmış ışınlar (plane polarized light) biçimine dönüştürür. Tabla (S); polarize ışık mikroskopunda diğerinden farklı olarak, yuvarlak ve ortasında bulunan örneğin yerleştirildiği boşluk eksen kabul edildiğinde, bunun etrafında 360° dönme özelliğine sahiptir. Objektif mercekleri (OL); polarize ışık mikroskopunda firtresizdir (strain free) ancak diğerinde filtreli lensler kullanılabilmektedir. Objektif lens ve oküler arası diğer mikroskoplarda boş olup, bazılarında kontrastı arttıran yardımcı aparatlar (auxiliary contrast enhancement devices) bulunabilir. Polarize ışık mikroskopunda ise objektif ve oküler arasında mikroskopun optik eksenini 45° açılı ile kesen kompensasyon yarığı (compensation slot -CSP) ve üzerinde analizör mevcuttur. Analizör ışık yolunda hareket ettirilebilir ve 90° dönebilir olup; üzerinde Bertrand lensleri (BL) yerleştirilmiştir. Analizör; polarizöre 90° , dik veya kuzey-güney ($N \leftrightarrow S$) yönlüdür. Işık yolu üzerine Bertrand lensler yerleştirildiği zaman objektifin arka odağında görüntüyü kolaylaştırır. Son olarak, polarize ışık mikroskoplarındaki okülerler; diğerlerinden farklı olarak, oküler mikrometre (OM) sahiptir (196).



Şekil 59 Polarize Işık Mikroskopunun Şematik Görünümü (197)

Polarize ışık mikroskobunda görüntü elde etme Şekil 59' da görüldüğü biçimde teorik olarak şu şekilde açıklanabilir. Işık kaynağından gelen ışınlar, polarizörden çizgisel polarlanmış olarak geçtikten sonra kondansör tarafından örnek üzerinde toplanır. Bu çizgisel polarlanmış ışık (plane polarized light) örnek ile etkileşiminden sonra objektif tarafından toplanarak, analizör üzerine (eğer analizör kullanmak tercih edilirse) yeniden odaklanır. Burada analizör genellikle kuzey-güney doğrultusunda titreşen ışınlarla izin verecek şekilde, polarizöre dik doğrultuda oryante edilmiştir. Oküler analizörden gelen ışınları toplayarak, mikroskop kullanıcısının gözüne yeniden odaklar (197).

2.3.4. Polarize Işık Mikroskobu Kullanılarak Yapılan Temel Gözlem ve Ölçümler

Polarize ışık mikroskobu kullanılarak yapılan temel gözlem ve ölçümler; renk, şekil ve boyut gibi örneğin fiziksel özellikleri ile optik özellikleridir. Örneğe ait fiziksel özellikler diğer kompakt mikroskoplarla da incelenebilirken, optik özellikler polarize ışık mikroskobu kullanılarak anlaşılabilir.

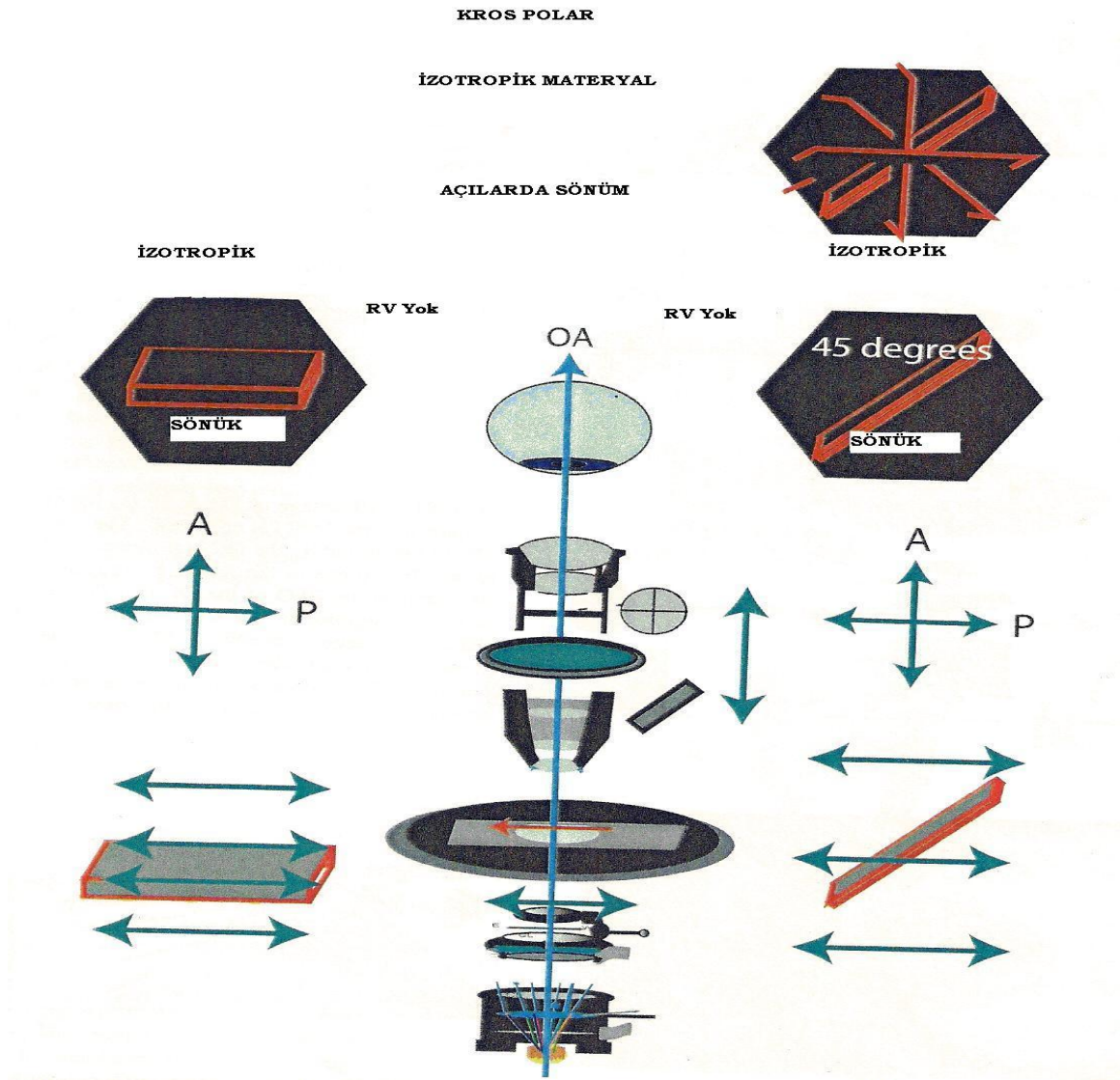
Söz konusu optik özellikler; incelenen materyalin izotrop ya da anizotrop olması, pleochroic özellik gösterip göstermediği, cismin çift kırıcılık (birefringence -Bi) değeri, cisim anizotrop ise gecikme mesafesi vektörü (retardation vector, RV), numunenin paralel ve dikey kırılma indeksi ($n_{//}$, $n_{\perp}$), uzama işareti (sign of elongation) ve girişim (interference) renkleridir.

Fiziksel özellikleri her doğrultuda aynı olan cisimlere 'izotrop', aynı olmayan cisimlere ise 'anizotrop' cisimler denir (14).

Bir ışık demeti bazı anizotrop cisimleri geçerken, birbirine dik doğrultuda çizgisel kutuplanmış ise o cisimlere 'çift kırıcı' denir. Örneğin liflerde çoğu asimetrik gruplar ve yönlü moleküller bulunduğu için, çift kırıcıdır. Liflerin çift kırıcılığı, lif eksenine boyunca paralel kırılma ($n_{//}$) ile lif eksenine dik kırılma ($n_{\perp}$) arasındaki farktır. Matematiksel olarak; $Bi = n_{//} - n_{\perp}$ ifade edilir (14).

Tek bir kırılma indisi olan ışığı geçiren (transparan) örnekler; analizör ve polarizörün birbirlerine dik olduğu (cross polarizer) durumda, siyah arka planda siyah ya da diğer bir ifade ile sönmük (extinct) görünürler. Mikroskop tablası 360° döndürüldüğü zaman, bu görüntülerinde tablanın hiçbir açısında değişiklik olmaz. Bu cisimlere

izotropik cisimler denir. Cam ve bazı kristaller gibi amorf yapıda materyaller, sadece bir kırılma indisi olduklarından bu şekilde görünürler (196).

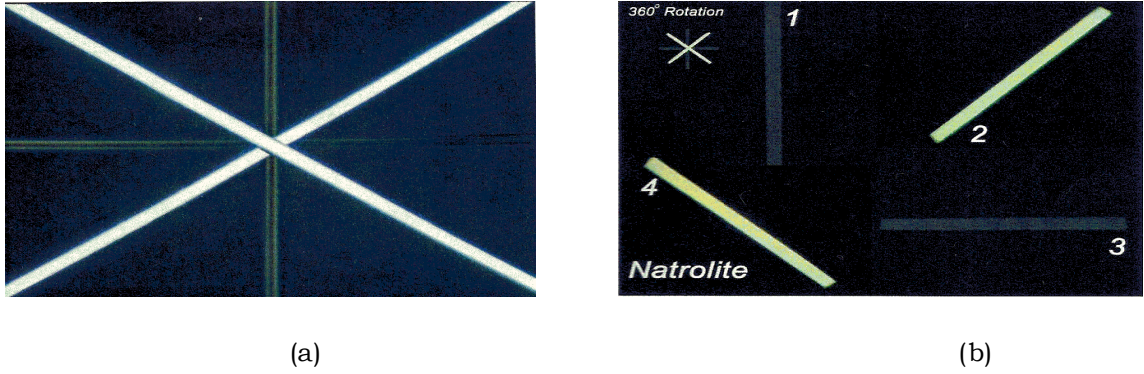


Şekil 60 İzotropik Materyalin Farklı Açılarda Durumu (196)

Şekil 60'da bu durum gösterilmektedir. Sol tarafta polarizörde doğu-batı yönlü ($E \leftrightarrow W$) çizgisel kutuplanmış ışık, kondenserden bu yöne paralel yerleştirilmiş izotropik örneğe yönelmekte, örnekle etkileşen çizgisel kutuplanmış ışınlar doğu-batı yönlü ($E \leftrightarrow W$) titreşimlerini sürdürerek örnekten ayrılmakta ve objektif tarafından toplanmaktadır. Objektiften analizöre gelen bu ışınlar, analizörün kuzey-güney ($N \leftrightarrow S$) yönlü titreşen ışınlar dışındaki ışınları geçirmemesinden dolayı örnek ve örneğin arka planı siyah görünmekte, ya da örnek sönük görünmektedir. Şekilde sağ tarafta ise, polarizör ve analizör cross polar konumda iken, örnek tablasının her dönüş açısında,

diğer bir ifade ile izotropik örneğin gelen çizgisel polarlanmış ışık karşısında aldığı her açıda, örneğin sönük görüntüsünde değişiklik olmadığı gösterilmektedir (196).

Anizotropik cisimler; polarizör ve analizör bir birine dik konumdayken, izotropik cisimlerden farklı davranırlar. Polarizör veya analizörün; doğu-batı ya da kuzey-güney yönlü titreşimlerinden birine izin verdiği ışınlara paralel konumdalarken, izotrop cisimler gibi siyah arka planda; siyah veya sönük görünürler. Ancak, diğer taraftan, mikroskop tablası döndürülerek, polarizör veya analizörün titreşim yönüne izin verdiği ışınlara olan paralel konumu bozulduğunda, bu ışınlarla arasındaki açı değiştiğinde, siyah arka planda polarizasyon renklerini gösterirler. Anizotropik örnek, tabla üzerinde 360° döndürüldüğünde; 4 defa siyah ya da sönük görülmektedir. Diğer bir ifade ile 90° ve katlarından farklı konumlanmış anizotropik cisim, girişim (interference) renklerini vermektedir. Anizotropik bir cisim için en parlak renklerini aldığı açı 45° dir. Şekil 61’de bu durum gösterilmektedir (196).

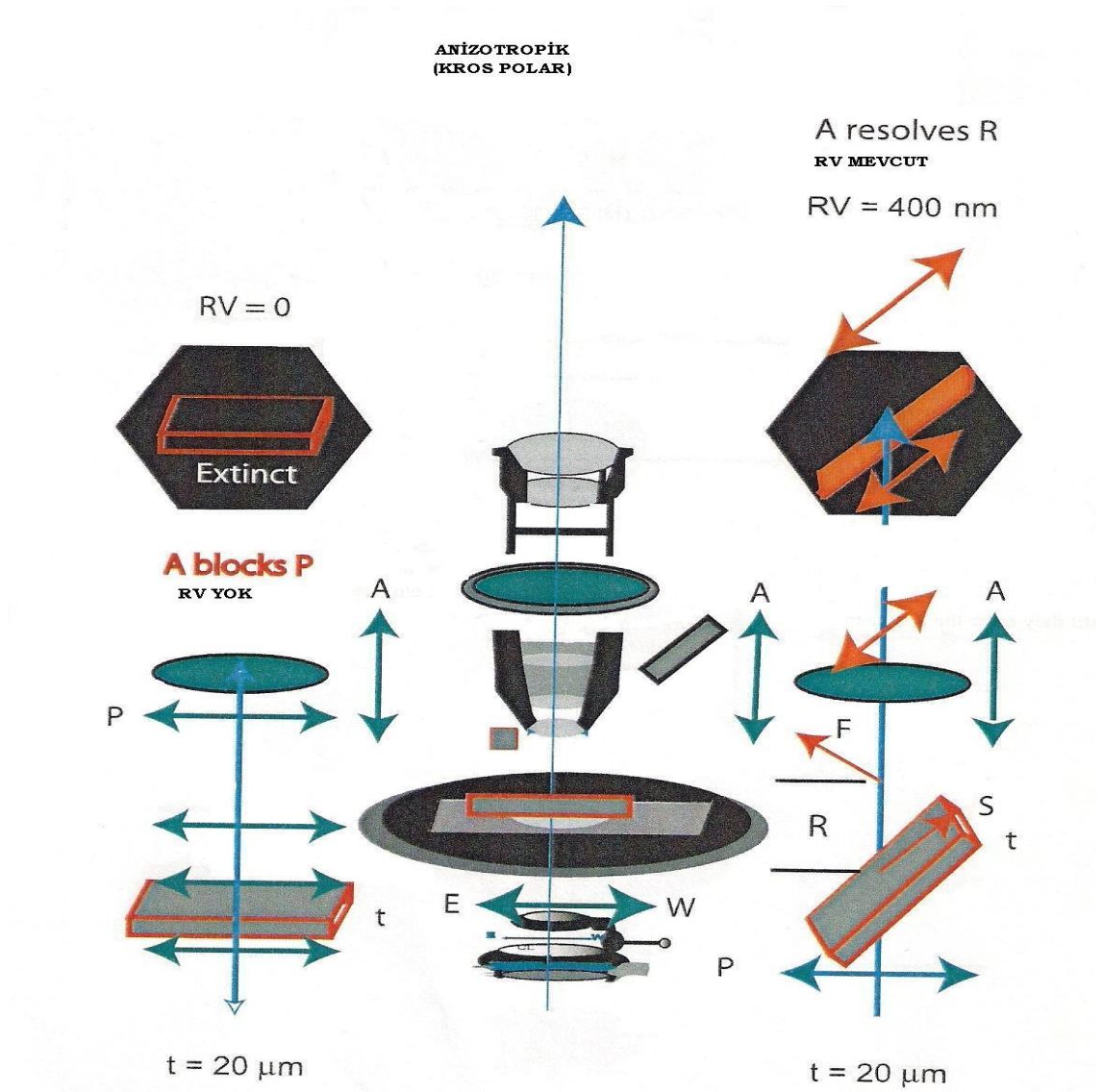


Şekil 61 Anizotropik Lifin Görünüşü (196)

Şekil 62’de sol tarafta; transparan materyal, cross polarize konumda izotrop bir cisim gibi davranmaktadır. Sağ tarafta ise; polarizörden gelen çizgisel kutuplanmış ışınlar, cisim yüzeyine girdikten sonra bileşenlerine ayrılmakta, birbirlerine dik bu vektörlerin her ikisinde çizgisel kutuplanmış olup, bir birlerine göre 90° zıt düzlemlerde titreşim yapmaktadırlar. Daha yavaş olan ışın (S), hızlı olan ışının (F) arkasında kalmakta ve analizöre girinceye kadar bu iki ışın birbirleriyle girişim yapamamaktadır. Yavaş ve hızlı olan ışın vektörleri arasında kalan mesafe R ile gösterilmiş olup, gecikme mesafesidir (retardation distance). Retardation nm cinsinden ifade edilmektedir. t ise örneğin kalınlığı olup; μm cinsinden ifade edilmektedir. Şekilde sol tarafta; izotrop

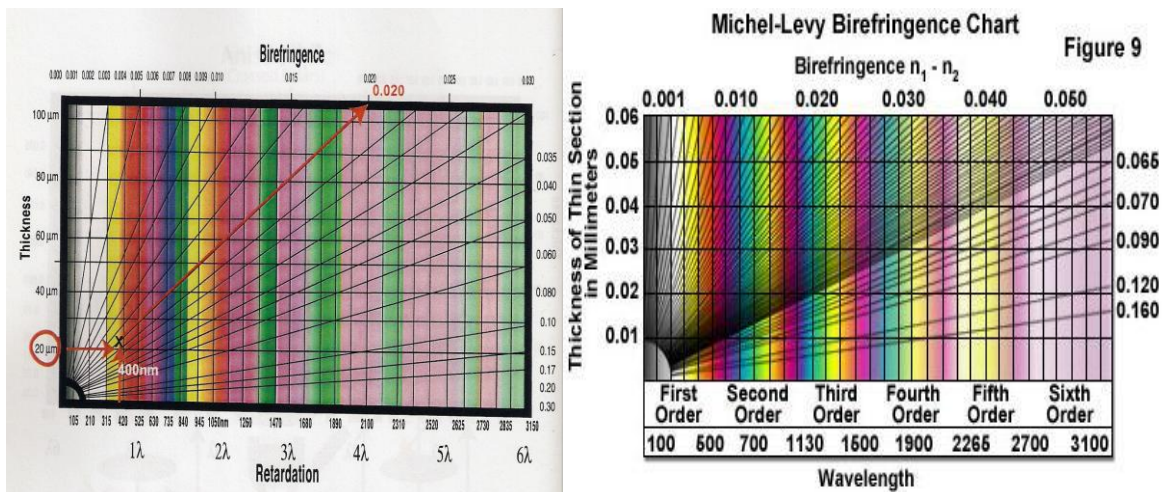
cisim davranışında gecikme vektörü $RV = 0$, sağ tarafta anizotrop davranışında gecikme vektörü $RV = 400 \text{ nm}$ dir (196).

Anizotrop bir cisim için geçerli olan, gecikme mesafesi (retardation distance) ; analizlenen örneğin kalınlığı ile yavaş ve hızlı hareket eden ışın dalgalarının o cisimdeki kırılma indisleri farkına bağlı olarak değişir. Bu durum matematiksel olarak; $RV = t \times (\eta_s - \eta_f) \times 1000$ biçiminde ifade edilir. RV (retardation vektör); gecikme mesafesi nm birimiyle, t (thickness); cismin kalınlığı μm birimiyle, $(\eta_s - \eta_f)$ yavaş ve hızlı ışınların kırılma indisleri arasındaki fark yani çift kırıcılığı (Birefringence, B_i) birimsiz olup, 1000 rakamı μm den nm ye dönüştürmek içindir (196).



Şekil 62 Anizotropik Materyal ve Gecikme Vektörü (196)

Kalınlığı bilinen bir anizotrop cismin, cross polarize konumda mikroskopta verdiği girişim renkleri ile Şekil63'deki girişim renk tablosu (interference color chart) kullanılarak; gecikme (retardation) ve çift kırıcılık (birefringence) değerleri tahmin edilebilmektedir. Örneğin; 20 µm kalınlıkta bir anizotrop cisim, polarize ışık mikroskopunda, polarizer ve analizör bir birine dik konumda iken, yani cismin arka planı siyah renkte iken, en parlak girişim renklerini verdiği oküler mikrometrede, 45 ° açı ile örnek tablasında konumlandırıldığında; kırmızı-turuncu rengi veriyorsa; şekil63'deki girişim renk tablosunda dikey eksendeki 20 µm noktasından yatay eksene paralel doğru ile kırmızı-turuncu rengin kesiştiği noktadan, yatay eksene dik inen doğru yaklaşık olarak 400 nm olan gecikme mesafesini verecektir. Skalada; orijinden ve kalınlık ile gecikmenin kesişme noktasından giden diagonal doğru ise çift kırıcılık değerini göstermektedir. Matematiksel olarak da kalınlığı ve gecikme mesafesi bilindiğinden, $B_i = RV/1000 \times t$ formülü ile birimsiz olarak bulunabilmektedir (196).



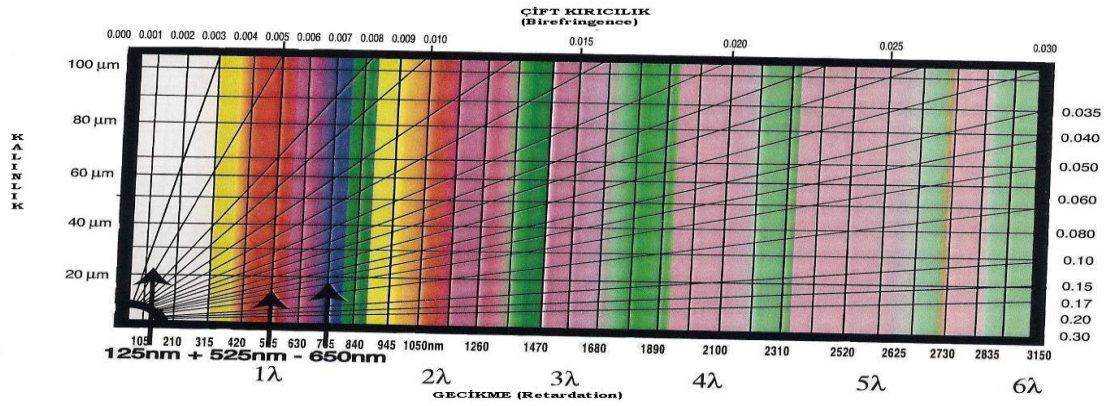
Şekil 63 Girişim Renk Tablosu, Michel-Levy Birefringence Chart (194, 196)

Ancak bu durum; enine kesiti yuvarlak olan lifler için geçerlidir (14).

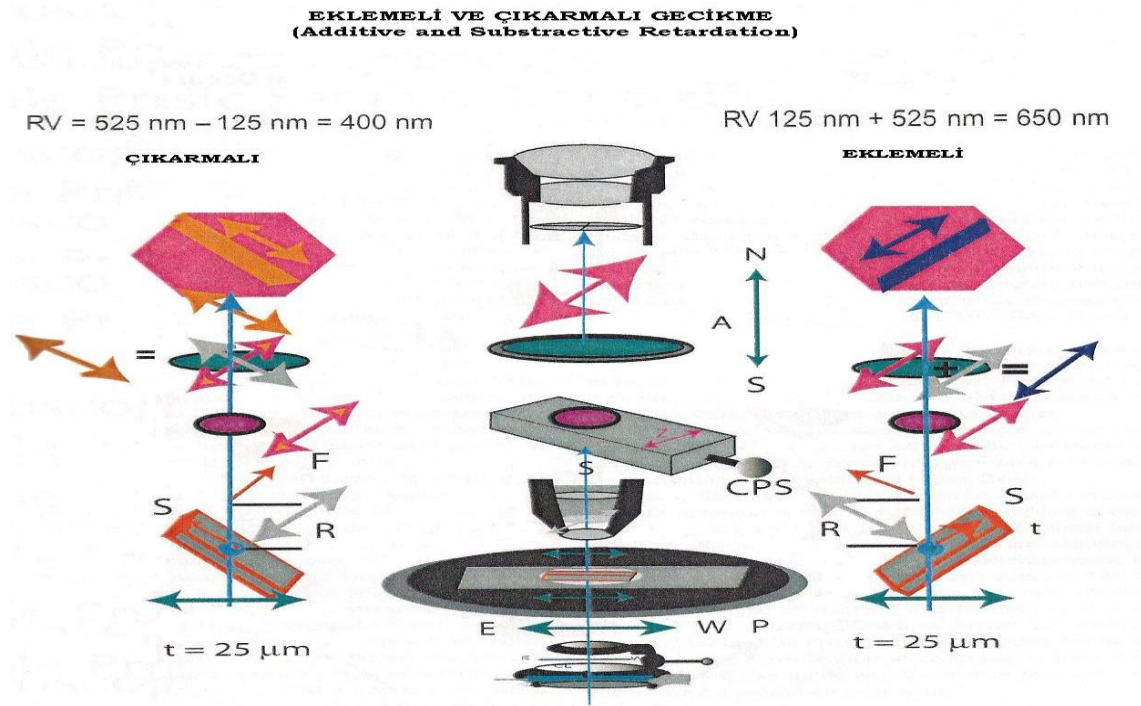
Ancak bazı analizlerde; Michel-Levy renk tablosunu (interference color chart) kullanarak renkleri doğru noktada belirleyip, yaklaşık tahmin yapabilmek mümkün olamamaktadır. Bu durumda kompensatör olarak bilinen aparatlar kullanılmaktadır. Kompensatörler sabit ve değişken olmak üzere iki ana tiptir. Sabit kompensatörler; anizotropik materyalden yapılmış olup tam kalınlığı bilinen disk içine daldırılmış, optik sistem içinde retardation miktarının kesin ve tahmin edilebilir olmasını sağlar. Gecikme miktarı direk olarak cihazda yazılıdır. Ek olarak, anizotropik materyalin daldırıldığı

disk, yavaş ışınların kompensatör uzunluğuna 90° açılı ile yönettildiği dayanak içerisinde. Kompansatörün yavaş ışınlarının yönü, kompensatör üzerinde işaretlidir. Polarize ışık mikroskobu sistemleri için çok çeşitli sabit kompensatörler mevcuttur. En popüler olan üç çeşidi; $\frac{1}{4}$ wave plate olan tipler; yaklaşık olarak 130 nm değerinde, tam wave plate olanlar; yaklaşık olarak 525 nm değerinde ve Sénarmont kompensatörleridir. Sénarmont kompensatörleri sıklıkla; düşük düzende interference renkleri sergileyen liflerin gecikme değerlerinin kesin olarak belirlenmesinde kullanılırlar (196).

Şekil 65’de sabit kondensatörün (525 nm) kullanımı tasvir edilmektedir. Ortada bir sabit kondansatör, polarize ışık mikroskobunun optik eksenine eklenmiştir. Polarizörden gelen çizgisel polarlanmış ışınlar, anizotropik örnekten geçerken kırılmamışlardır çünkü çizgisel polarlanmış ışınlar ile örnek paralel konumdadır ve Şekil 61 (a), (b) ve Şekil 62’deki izotropik cisim gibi davrandığı açıda, örnek tablası üzerinde konumlanmıştır. Kısaca anizotrop cisim, izotrop gibi davranmaktadır ve cismin RV değeri, 0 dır. Objektif tarafından toplanan numuneden gelen ışın, ilk görüntüyü oluşturur ve bu ışınlar objektiften kompensatöre yönelir. Kompansatör anizotropik bir materyalden oluştuğu için, kompensatörden geçen ışınlar, hızlı ve yavaş olan bileşenlerine ayrılır ve bu ışınlar karşılıklı olarak birbirlerine diktir. Bu durumda, hızlı ve yavaş ışınlar arasında skaler büyüklüğü 525 nm olan gecikme vektörü oluşur. Analizöre bu ışınlar girmesinden önce, geçmesi imtiyazlı yönde titreşenlere dik titreşen çizgisel polarlanmış ışınlar bloke edilir. Sadece geçmesi imtiyazlı yönde titreşenlere 45° açılı ile titreşen ışınların analizöre girmesine izin verilir. Bu noktada, analizör içinden geçen ışınlarda kompensatörle aynı değerde (burada 525 nm) gecikme vektörü oluşur. Örnek ve arka plan toplam gecikme miktarını temsil eden girişim renklerini, kompensatörden dolayı sergilerler (burada magenta rengi). Şekilde sol tarafta; anizotrop materyal, tabla üzerinde 45° lik konumda, analizör ve polarizör birbirine dik durumda görülmekte ve maksimum girişim rengi gri-beyaz arası, 125 nm gecikmede, siyah arka planda göstermektedir. Sağ tarafta ise; aynı anizotrop materyal, tabla üzerinde 45° lik konum ve analizör ve polarizör birbirine dik durumda durumda, yine maksimum girişim rengini vermekte ancak burada sabit kompensatörle beraber toplam gecikme vektörünün skaler değeri; $125 + 525 = 650$ nm olmaktadır. Böylece materyal; magenta arka planda, mavi renk vermektedir.



Şekil 64 Michel-Levy Cetveli (196)



Şekil 65 Ekleme ve Çıkarmalı Gecikme (196)

Eğer kompensatör ve incelenen materyalin yavaş hızdaki ışınları, birbirlerine paralel ise; her birinin gecikme vektörünün skaler değeri toplanarak, gözlenen rengin gecikme değerine ulaşılır. Bu olaya ‘artan kompensasyon (additive compensation)’ denir. Eğer kompensatör ve incelen materyalin yavaş hızdaki ışınları, birbirlerine dik konumda ise; bunların gecikme vektörlerinin skaler değeri birbirlerinden çıkarılarak,

gözlenen girişim renginin gecikme değerine ulaşılır. Bu olaya ‘eksilen kompensasyon (subtractive compensation)’ denir.

Şekil 65’de bu olay temsil edilmektedir. Sağ tarafta; örnekten gelen yavaş ışınlar (S) ile kompensatörden gelenler, birbirlerine paralel haldedirler. Artan (additive) kompensasyon meydana gelir ve toplam gecikme vektörü 650 nm değerindedir. Sol tarafta ise örnekten gelen yavaş ışınlar (S) ile kompensatörden gelenler, birbirlerine göre dik yönlendirilmişlerdir. Sonuç olarak eksilen (subtractive) kompensasyon meydana gelir ve toplam gecikme vektörünün skaler değeri; birbirlerinden çıkarılarak 400 nm bulunmuştur.

Polarize ışık mikroskobu ile çeşitli anizotrop materyalleri tanımlar ve karakterize ederken; kullanılan diğer önemli bir parametre ‘elongasyon işareti’ olarak tabir edilen optik özelliktir. Elongasyon işareti; birden çok kırılma indisi olan transparan materyallerde, büyük olan kırılma indisin oryantasyonu, yani ışın hızının yavaşladığı bölgeler, diğer bir deyişle yavaş olan (S) ışınların, materyalde yönlendikleri doğrultu ile ilişkilidir. Buradan hareketle; eğer, yavaş ışınlar (S) veya en büyük kırılma indisi değeri; anizotropik bir lif ya da kristalin geometrik uzunluğu yönünde oryante oluyorsa; bu cisim için elongasyon işareti pozitifdir (+SE). Eğer, yavaş ışınlar (S) veya en büyük kırılma indisi değeri; anizotropik bir lif ya da kristalin eni doğrultusunda hizalanıyorsa; bu cismin elongasyon işareti negatiftir (-SE).

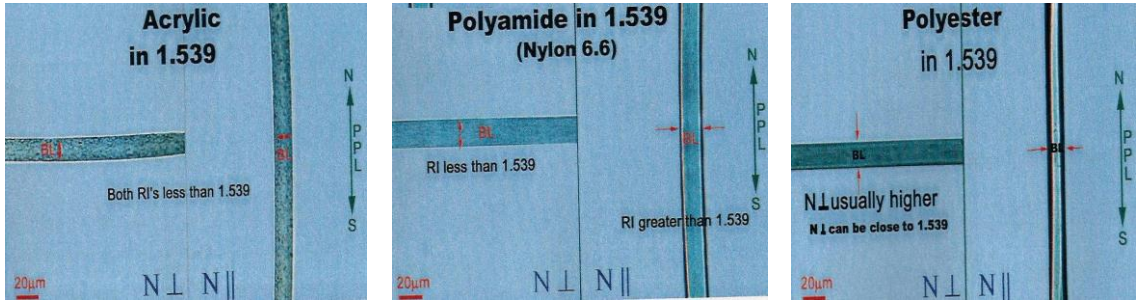
Sabit kompensatörler; örneğin SE işaretini belirlemede yarar sağlamaktadırlar. Şekilde bu gösterilmektedir. Ortada gri-beyaz girişim rengi veren örneğin yaklaşık gecikme mesafesi değeri, 125 nm’dir. Sol tarafta; yukarıda bahsedilen, eksilen (subtractive) kompensasyon olayı gerçekleşmiştir. Bunun meydana gelebilmesi için; numuneden gelen yavaş ışınlar (S) ile kompensatörün birbirine göre dik olmaları gerekir. Bunun anlamı; yavaş ışınların anizotrop cisimde enine yönde hizalandığıdır ve bu cisim için, SE işaretinin negatif (-SE) olmasıdır. Diğer yandan sağ taraftaki şekildeki, diğerinden farklı anizotrop cisim için; yukarıda bahsedilen artan (additive) kompensasyon olayı gerçekleşmiştir. Bunun meydana gelebilmesi için; numuneden gelen yavaş ışınlar (S) ile kompensatörün birbirlerine göre paralel olmaları gerekir ki bu da yavaş ışınların (S) anizotrop cisimde boyuna yönde hizalandıkları, diğer bir deyişle

paralel kırılma indisinin daha büyük olmasıdır. Sağ taraftaki cisim için SE işareti pozitifdir (+SE).

Paralel kırılma indis değeri ($\eta_{//}$) > dikey kırılma indis değeri ($\eta_{\perp}$) ise; +SE

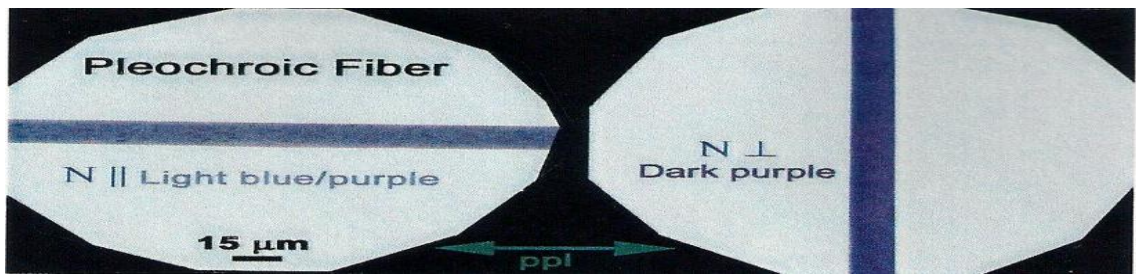
Paralel kırılma indis değeri ($\eta_{//}$) < dikey kırılma indis değeri ($\eta_{\perp}$) ise; -SE olarak da basitçe ifade edilebilir.

Polarize ışık mikroskopunda; kırılma indisi bilinen bir bağlayıcı sıvı içerisinde analizlenen materyalin; paralel ya da dikey kırılma indislerinin bu bağlayıcı sıvıdan büyük mü yoksa küçük mü olduğu belirlenebilir. Kırılma indisi bilinen bağlayıcı sıvı içinde, polarize ışık mikroskopunda incelenen materyalde; Becke Line hareketleri olarak bilinen, materyalin kenar kısımlarında parlak hale ya da ışık halkası gözlenir. Gözlenen bu ışık halkasının yönü her zaman kırılma indisi büyük olan tarafa doğrudur. Eğer bağlayıcı sıvının kırılma indisi materyalden büyükse; şekil 66 (a)'daki gibi materyalin dışında hale oluşurken, bağlayıcı sıvının kırılma indisi daha küçükse; şekil 66 (c)'deki gibi materyale doğru bir daralma ile bu hale gözlemlenir.



Şekil 66 PAN, PA6,6 ve PES Liflerinin PLM Görüntüleri (196)

Pleochroizm; düzlem polarlanmış ışık altında, farklı açılarda gözlenen transparan materyalin, farklı renkler sergileme özelliğidir. Basitçe, düzlem polarlanmış ışıkta döndürülen transparan örneğin rengindeki değişme olarak da ifade edilebilir. Şekil 67' de pleochroic bir lif örneği görünmektedir.



Şekil 67 Pleochroic Lifin PLM'de Görüntüsü (196)

2.4. LİF BULGULARININ YORUMLANMASI

2.4.1. Lif Bulgularının Yorumlanmasında Yararlanılan Kaynaklar ve Bunların Delil Değerlendirmesine Etkileri

Lif bulgularını inceleyen analistten; söz konusu bulguların delil olarak önemini ve ne kadar değerli olduğunu, adli olayla ilgili olarak ne ifade ettiğini rapor halinde yazması beklenir. Bilim adamları, avukatlar ve sıradan kimseler tarafından anlaşılabilir olması gereken bu raporun; bir birlerinden çok farklı olabilecek disiplinlerde çalışan, farklı terminolojiler kullanan ve bazen konu ile ilgili hiçbir rasyonel bilgisi olmayabilen kişiler tarafından anlaşılabilir halde yazılması hiç de kolay değildir.

Yargı önünde lif delillerinin değerlendirilmesi sırasında, adli bilimci üç ana sorunun cevabını verme girişimindedir. Bunlar;

Bu ne tür bir liftir?

Ne kadar yaygın bir liftir?

Bu lif orada rastlantısal mı bulunmuştur?

Bazı bilim adamları bu soruları, kişisel tecrübeleriyle cevaplayabilseler de; kendi yorumlama yeteneklerini destekleyen ek bilgilere her zaman ihtiyaç duyarlar. Lif örneklerinden oluşan koleksiyon ya da arşivler, frekans verileri, popülasyon ve hedef lif çalışmaları, bilim adamlarına, bulguların değerlendirilmesinde sübjektiflikten uzaklaşmada katkı sağlayan kaynaklardır (156).

2.4.1.1.Olaydaki Ayrıntıların Etkileri

Starrs (198) gibi pek çokları; tamamen tarafsız olması açısından, analistin, üzerinde çalıştığı olayla ilgili ayrıntıları tamamiyle bilmemesini tercih etmektedirler. Fakat bu anlayış lif araştırmaları için doğru bulunmamaktadır. Ekonomik kısıtlamalar ve etkili olay yeri yönetimine duyulan ihtiyaç göz önüne alındığında, en kısa zamanda en kullanışlı sonuçları elde etmek için tasarlanacak analitik strateji; sadece olayla ilgili tüm hikâyenin ve ayrıntıların bilinmesi ile mümkün olabilmektedir. Adli olayda rol alan kişilerin lif çevreleriyle ilgili bazı verileri, bulguların doğru yorumlanması için çok önemli bilgiler sağlayabilir.

Lif inceleyicileri; olay yeri ile ilgili tüm bilgilere sahip olmadıkları. Olay yerini kendilerinin gözlemleme şansları yok ise, olayda yer alan kişiler ve olayın işleyiş zinciri hakkında kapsamlı detaylarla bilgilendirilmeleri gerekmektedir.

Araştırmacılar; şu soruların yanıtlarına ulaşmak için, her zaman bu bilgilere ihtiyaç duyarlar:

Suç nerede oluştu; suç mahalline kim yaklaştı? (yasal olarak-ilk ekip, olay yeri inceleme ekibi vb.)

Tecavüz ya da saldırı, bir yaşam alanında gerçekleştiyse; fil tam olarak yatakta mı, yerde mi, kanepede mi işlendi?

Olay ne zaman oldu ve olay yeri bulguları ne zaman toplandı?

Olayda yer alan şahıslar (fail, kurban, şüpheliler vb.) kesin olarak ne giyiniyorlardı?

Olay yeri ikametgâh veya ev tekstilleri ile döşenmiş bir alan ise, bu alanda ikincil-dolaylı transfer ile şüpheli üzerine geçebilecek, hedef lifler (parlak renkli lifler, lif dökme özelliği iyi olan materyaller vb.) mevcut mu?

Lif bulgusu içeren adli olaylar çok fazla materyal içerdiğinden, genellikle, emek-yoğun ve çok zaman gerektiren araştırmalardan oluşur. Pratikte; iş yoğunluğunu hafifletmek, olayların çözümünde hız kazanmak gibi nedenlerden, lif araştırmalarını, sadece söz konusu adli olayla ilişkili olduğu düşünülen bazı materyaller üzerinde arama yaparak uygulamak da mümkündür (tecavüz olaylarında özellikle iç çamaşırlarında lif araştırmak vb.) Olay ile ilgili ayrıntılar; doğru yaklaşımın sergilenmesi bakımından, analist için büyük önem arzeder.

Delillerin güvenlik ve bütünlüğü, bulgu ile ilgili olarak yorum yapacak analist için çok önemlidir. Analistin; bulgularda karşılıklı bulaşma (kontaminasyon) olmadığına dair, güven içinde olması gerekir. Kalite güvencesi açısından ölçümler ve prosedürleri müsamahasız mutlak uygulamak, ilerde olabilecek pek çok aksiliğin önüne geçecektir. Aksi halde en iyi lif bulguları bile, yargı tarafından cinayetle ilgisiz olarak algılanacaktır.

Araştırmacı, bulguları yorumlarken, olaydaki ayrıntıların bu bulguların delil değeri üzerindeki etkilerini bilmek zorundadır.

Aşağıdaki faktörler lif bulgularının delil olarak değerini azaltmaktadırlar. Bunlar;

Ne kadar önemli ya da küçük olup olmadığına bakılmaksızın, gerçekleşme ihtimali olan karşılıklı bulaşma (kontaminasyon).

Lif transferinin, kişiler ya da nesneler arasındaki meşru, suç olmayan temasları sırasında gerçekleşmeleri, örneğin; yemek yerken, dans ederken veya birlikte aynı sosyal alandaki yasal faaliyetleri sırasında. Bu durumda, lif transferinin ne zaman gerçekleşmiş olabileceği önemli bir rol oynar.

Şüpheli ya da mağdurun, birlikte ortak bir yaşam alanını ya da çevreyi kullandıkları zaman, örneğin aile içi işlenen suçlarda. Bu durumlarda; transfer liflerin dağılımı ve sayısı çok önemli olmaktadır.

Eğer bulunan lifler piyasada çok yaygın olarak bulunan tipte iseler, örneğin; sülfür siyah ile boyanmış gri veya beyaz pamuk lifleri gibi...

Aşağıdaki faktörler ise lif bulgularının delil olarak değerini arttırmaktadırlar. Bunlar;

Giyisiler arası lif transferinin tamamen birbirine yabancı kişiler arasında gerçekleştiği gösterilebilirse, özellikle çok sayıda farklı renk ve tip liflerin doğrudan transfer olduğu durumlarda, liflerden başka fiziksel bulgularla da adli olayla ilgili iddia, destekleniyorsa.

Eğer lif bulguları, yapay liflerden oluşuyorsa. Popülasyon çalışmaları göstermiştir ki, yapay lifler oldukça polimorfik materyallerdir. Özellikle lif rengi çok önemli bir rol oynamaktadır (199, 200, 201).

Lif bulgularının toplanma zamanı ile olayın gerçekleşme zamanı arasındaki gecikmenin azaldığı durumlarda.

Lif transferinin özel eşyalar arasında olduğu durumlarda (cinsel içerikli suçlarda, iç çamaşırları üzerinden alınan transfer lif bulguları gibi...).

Transfer lifler, piyasada çok kullanılmayan, nadir olarak bulunan lif tiplerindeler ise.

Transfer lifler, bir yönleriyle yaygın olmayan lif konumundalarsa ya da çok yaygın lifler dahi olsalar (mavi denim pantolonlarda kullanılan pamuk lifleri gibi...) miktar olarak çok fazla ve normalde bulunması mantıklı olmayan yerlerden toplandırlarsa (200).

Düşük lif tutma potansiyeline sahip yüzeylerden toplanan, çok sayıda eşleşen hedef lif konumunda iseler (156).

2.4.1.2. Lif Çeşitlerinin Arşivlenmesi

Lif bulgusu içeren bir olayda ilk adım, materyalin tanımlanmasıdır. Bu adım, tanımlama testleri ile yapılır. ‘Bunu daha önce görmüştüm, akrilik olmalı’ gibi bir yaklaşım, pek çok analistin zaman zaman düştüğü bir hata olup, bu yaklaşım doğru sonuçlara ulaşabilse de, yanlışlık yapma riskini her zaman taşımaktadır. Örneğin, söz konusu lif, bir lif çeşidinin sıra dışı, atipik bir örneği veya daha önce görülmemiş yeni bir lif çeşidi olabilir. Infrared spektroskopisi farklı bir yanıt verinceye kadar, ilk bakışta, bir trilobal kesitli polipropilen lifi, poliamid lifi ile karıştırılabilir.

Bu yüzden, tüm laboratuvarlar, ne kadar deneyimli olduklarına bakılmaksızın, lif tanımlama ve uygulamalarında; sistematik bir yaklaşımın parçası olan referans koleksiyonlara, arşivlere ihtiyaç duyarlar. Bu koleksiyon ya da lif arşivleri; yeni üretim teknolojileri ve firmaların ar-ge çalışmaları gibi sebeplerle piyasada yenilenen ürün çeşitliliğine bağlı olarak, sürekli güncellenmek zorundadırlar. Örneğin; European Fibres Group’un 1995’de yaptığı çalışmada, pek çok laboratuvar, o zamanlar yeni bir ürün olan Tencel lifini, güncelleme eksikliğinden dolayı tanımlamada başarısız olmuşlardır.

Laboratuvarların, lif arşivlerini sürekli güncel tutması, hem zaman hem de maliyet gerektiren bir işlemdir. Ticari kuruluşların ellerindeki bilgileri aynı alanda faaliyet gösteren rakiplere vermemek gerektiği şeklindeki algıları, lif çeşitlerinin arşivlendirilmesinde karşılaşılan diğer bir kısıtlamadır.

Pek çok koleksiyon, belirli projelerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere yapılmıştır. Culliford (1963)’de Şekil 68’de gösterilen; yapay liflerin tanımlanması için katsayı girdili kart indeks sistemi üretmiş, Smalldon (1973)’de, akrilik liflerin koleksiyonunu,

analitik verilerle fiziksel nitelikleri birleştirme yoluyla, ayırt etmeyi geliştirmek için kullanmıştır. Culliford'un topladığı örnekler, Metropolitan Police Forensic Science Laboratuvarı (şimdi Metropolitan Laboratuvarı, FSS)'nın lif arşivinin temelini oluşturmaktadır. Bu koleksiyona, yıllarca düzensiz olarak eklemeler yapılmış olup, söz konusu arşiv, örneklerin menşei ile ilgili bilgiler mevcut olmayan, 175 adet bitkisel, 360 adet hayvansal ve 1650 adet yapay lif örneği içerir. Almanya, Forensic Science Institute, Bundeskriminalamt (BKA)'nın lif bölümü, Wiesbaden, de geniş bir koleksiyona sahiptir. Örnek lif arşivlerine, geniş kapsamlı lif sınıfları içerisinde, tanımlama ve ayırt etme amacıyla yöntem geliştirmek üzere tasarlanan çeşitli projeler için gerek duyulmuştur. Montana'da uzman olarak çalışan Phyllis Friesen, yaklaşık 150 örnek içeren, doğal lif rehberi ve lif tanımlama kiti hazırlamıştır. Bunlar, USA ve Kanada'da adli bilimciler tarafından kullanılmıştır (156).

A B C D										E F G H									
52										53									
47										48									
44										45									
43										44									
42										43									
41										42									
40										41									
39										40									
38										39									
37										38									
36										37									
35										36									
34										35									
33										34									
32										33									
31										32									
30										31									
29										30									
28										29									
27										28									
26										27									
25										26									
24										25									
23										24									
22										23									
21										22									
20										21									
19										20									
18										19									
17										18									
16										17									
15										16									
14										15									
13										14									
12										13									
11										12									
10										11									
9										10									
8										9									
7										8									
6										7									
5										6									
4										5									
3										4									
2										3									
1										2									
0										1									
-1										0									
-2										-1									
-3										-2									
-4										-3									
-5										-4									
-6										-5									
-7										-6									
-8										-7									
-9										-8									
-10										-9									
-11										-10									
-12										-11									
-13										-12									
-14										-13									
-15										-14									
-16										-15									
-17										-16									
-18										-17									
-19										-18									
-20										-19									
-21										-20									
-22										-21									
-23										-22									
-24										-23									
-25										-24									
-26										-25									
-27										-26									
-28										-27									
-29										-28									
-30										-29									
-31										-30									
-32										-31									
-33										-32									
-34										-33									
-35										-34									
-36										-35									
-37										-36									
-38										-37									
-39										-38									
-40										-39									
-41										-40									
-42										-41									
-43										-42									
-44										-43									
-45										-44									
-46										-45									
-47										-46									
-48										-47									
-49										-48									
-50										-49									
-51										-50									
-52										-51									
-53										-52									
-54										-53									
-55										-54									
-56										-55									
-57										-56									
-58										-57									
-59										-58									
-60										-59									
-61										-60									
-62										-61									
-63										-62									
-64										-63									
-65										-64									
-66										-65									
-67										-66									
-68										-67									
-69										-68									
-70										-69									
-71										-70									
-72										-71									
-73										-72									
-74										-73									
-75										-74									
-76										-75									
-77										-76									
-78										-77									
-79										-78									
-80										-79									
-81										-80									
-82										-81									
-83										-82									
-84										-83									
-85										-84									
-86										-85									
-87										-86									
-88										-87									
-89										-88									
-90										-89									
-91										-90									
-92										-91									
-93										-92									
-94										-93									
-95										-94									
-96										-95									
-97										-96									
-98										-97									
-99										-98									
-100										-99									
-101										-100									
-102										-101									
-103										-102									
-104										-103									
-105										-104									
-106										-105									
-107										-106									
-108										-107									
-109										-108									
-110										-109									
-111										-110									
-112										-111									
-113										-112									
-114										-113									
-115										-114									
-116										-115									
-117										-116									
-118										-117									
-119										-118									
-120										-119									
-121										-120									
-122										-121									
-123										-122									
-124										-123									
-125										-124									
-126										-125									
-127										-126									
-128										-127									
-129										-128									
-130										-129									
-131										-130									
-132										-131									
-133										-132									
-134										-133									
-135										-134									
-136										-135									
-137										-136									
-138										-137									
-139										-138									
-140										-139									
-141										-140									
-142										-141									
-143										-142									
-144										-143									
-145										-144									
-146										-145									
-147										-146									
-148										-147									
-149										-148									
-150										-149									
-151										-150									
-152										-151									
-153										-152									
-154										-153									
-155										-154									
-156										-155									
-157										-156									
-158										-157									
-159										-158									
-160										-159									
-161										-160									
-162										-161									
-163										-162									
-164										-163									
-165										-164									
-166										-165									
-167										-166									
-168										-167									
-169										-168									
-170										-169									
-171										-170									
-172										-171									
-173										-172									
-174										-173									
-175										-174									
-176										-175									
-177										-176									
-178										-177									
-179										-178									
-180										-179									
-181										-180									
-182										-181									
-183										-182									
-184										-183									
-185										-184									
-186										-185									
-187										-186									
-188										-187									
-189										-188									
-190										-189									
-191										-190									
-192										-191									
-193										-192									
-194										-193									
-195										-194									
-196										-195									
-197										-196									
-198										-197									
-199										-198									
-200										-199									
-201										-200									
-202										-201									
-203										-202									
-204										-203									
-205										-204									
-206										-205									
-207										-206									
-208										-207									
-209										-208									
-210										-209									
-211										-210									
-212										-211									
-213										-212									
-214										-213									
-215										-214									
-216										-215									
-217										-216									
-218										-217									
-219										-218									
-220										-219									
-221										-220									
-222										-221									
-223										-222									
-224										-223									
-225										-224									
-226										-225									
-227										-226									
-228										-227									
-229										-228									
-230										-229									
-231										-230									
-232										-231									
-233										-232									
-234										-233									
-235										-234									
-236										-235									
-237										-236									
-238										-237									
-239										-238									
-240										-239									
-241										-240									
-242										-241									
-243										-242									
-244										-243									
-245										-244									
-246										-245									
-247										-246									
-248										-247									
-249										-248									
-250										-249									
-251										-250									
-252										-251									
-253										-252									
-254										-253									
-255										-254									
-256										-255									
-257										-256									
-258										-257									
-259										-258									
-260										-259									
-261										-260									
-262										-261									
-263										-262									
-264										-263									
-265										-264									
-266										-265									
-267										-266									
-268										-267									
-269										-268									
-270										-269									
-271										-270									
-272										-271									
-273										-272									
-274										-273									
-275										-274									
-276										-275									
-277										-276									
-278										-277									
-279										-278									
-280										-279									
-281										-280									
-282										-281									
-283										-282									
-284										-283									
-285										-284									
-286										-285									
-287										-286									
-288										-287									
-289										-288									
-290										-289									
-291										-290									
-292										-291									
-293										-292									
-294										-293									
-295										-294									
-296										-295									
-297										-296									
-298										-297									
-299										-298									
-300										-299									
-301										-300									
-302										-301									
-303										-302									
-304										-303									
-305										-304									
-306										-305									
-307										-306									
-308										-307									
-309										-308									
-310										-309									
-311										-310									
-312										-311									
-313										-312									
-314										-313									
-315										-314									
-316										-315									
-317										-316									
-318										-317									
-319										-318									
-320										-319									
-321										-320									
-322										-321									
-323										-322									
-324										-323									
-325										-324									
-326										-325									
-327										-326									
-328										-327									
-329										-328									
-330										-329									
-331										-330									
-332										-331									
-333										-332									
-334										-333									
-335										-334									
-336										-335									
-337										-336									
-338										-337									
-339										-338									
-340										-339									
-341										-340									
-342										-341									
-343										-342									
-344										-343									
-345										-344									
-346										-345									
-347										-346									
-348										-347									

Lif arşivindeki veri miktarı arttıkça, bu arşivin dijital ortamda saklanması kaçınılmaz olmaktadır. Carroll (1988)'de; ticari olarak temin edilebilen bir yazılımı, Collaborative Testing Services/US National Bureau of Standards ve olay materyallerinden aldığı referans örneklerini, arşivlemede kullandı. Tungol (1990)'da, 53 lif çeşidinden oluşan, spektral veri bankası yaptı. Bu banka, lif çeşitleri ve kimyasal alt gruplarını, poliamid alt sınıflarını istisna tutarak, tanımlamada kullanıldı. Pek çok firma ticari lif spektral veri bankaları ürettiler, örneğin Nicolet ve Sadtler (156).

2.4.1.3. Lif Frekansları İle İlgili Veri Toplama

Adli bilimciler, eşleşen bulgu liflerin, delil olarak ne anlama geldiğini ve ne kadar önemli olduğunu, değerlendirmeye ihtiyaç duyarlar. Genellikle, piyasada sıklıkla bulunan lifler, daha düşük delil değeri taşırlar. Aksine, nadir rastlanılan lifler, az sayıda dahi bulunsalar, kuvvetli delil değerindedirler. Her ne kadar gerçekte sadece bir ideal olsa da, mevcut bütün lif çeşitlerinin, renklerinin, transfer ve kalıcılık potansiyellerinin, olduğu frekansın değerlendirilmesi, lif analistleri için paha biçilmez bir araç olurdu. Gerçekte, hiçbir koleksiyon ya da arşiv, bütün verileri içermez fakat temsili örnekleri elde etmek için yapılırlar. Geçmişte koleksiyonlar için protokoller çeşitli olup, bunlar farklı veri grupları üretmişlerdir. Örneğin, lif laboratuvarları tarafından uygulanan bir metot, delil olarak önemli lifleri sağlayacak kıyafet örneklerinin toplanmasıydı. Bu metot, örneğin koyu mavi akrilik veya kırmızı poliamid liflerinin, ne kadar yaygın olduğunun değerlendirilmesi için kullanışlı idi, fakat renksiz olan ya da transfer olmayan ve bu yüzden de hedef lif olarak aranmayan yüksek oranda lifleri de içeren tüm lif popülasyonunu tam olarak temsil edemeyecekti (156).

Tüm giysi popülasyonu üzerinden bilgi edinme girişimi ilk olarak, Textile Market Studies (TMS- bağımsız bir pazar araştırma firması) tarafından, 1981'de Birleşik Krallıklar Home Office Forensic Science Laboratuvarları (şimdi FSS) için yapıldı. Vatandaşlara uygulanan anketler ve onlarla yapılan mülakatlarda giysiler; çeşidi, giyicisi, lif içeriği (etikette ifade edilen) ve renklerinin subjektif değerlendirmesi baz alınarak araştırıldı. Bu araştırma çok geniş veriyi hızlı bir biçimde toplama avantajı sağlamakla birlikte, lif morfolojisi veya renklerin objektif değerlendirilmesine yönelik bilgi içermemekteydi.

İlk kapsamlı veri toplama çalışması, Home ve Dudley (1980) tarafından yapıldı. Bu çalışmada, sekiz Birleşik Krallık adli bilimler laboratuvarında iki aylık periyotta, iki defa, 3836 giysiden elde edilen 10034 lif toplanarak incelendi. Örnekler; giysi tipine, lif çeşidine ve Methuen Handbook of Colour (Kornerup ve Wanscher, 1967) dan sağlanan renk kodlarına göre sınıflandırıldı. Bu çalışma, belirli giysilerde ve de tüm koleksiyondaki lif tip ve renklerinin, frekanslarının hızlı bir biçimde tahminlenmesine olanak sağladı. Burada çok önemli olabilecek ikinci çıkarım, liflerin olaydaki kıyafette alternatif bir kaynağa sahip olma olasılığı, yorumlama sırasında bilim adamının hesaba katma zorunluluğudur (156).

Bu verilerin faydalı olması, Birleşik Krallık adli bilimler laboratuvarlarını daha başka projelere girişme konusunda cesaretlendirdi ve arşivleme protokolü, Laing (1987) tarafından geliştirildi. Bu veri koleksiyonu, 1982-1990 yılları arasında, on laboratuardan toplanan, 7367 giysiden 19959 adet lif ve bunların mikroskopik özellikleri, kimyasal alt sınıfları ve ortalama tamamlayıcı chromatik koordinatları ile ilgili bilgiler içermektedir. Veriler, FSS bilim adamları tarafından sorgulanmak üzere temin edilebiliyor ve çok yaygın olarak kullanılıyordu. 1990' dan sonra yeni verilerin eklenmemesi sonucunda, güncellenmeyen bilgiler, zamanla bilim adamlarının bu verileri daha az kullanmasına sebep oldu. Böylece, 1995'de, 2000 liften oluşan küçük bir koleksiyon, orijinaliyle karşılaştırıldı. Her iki veri seti de yaklaşık olarak giysilerin, lif çeşitlerinin ve renklerinin benzer dağılımını gösterdi ve bu orijinal koleksiyonun kullanılmasına devam etmek için yeniden onaylama (revalidasyon) sayıldı (156).

Almanya'da benzer bir arşiv çalışması, Jenne (1983) tarafından tanımlanan pilot bir proje biçiminde sunuldu. Fakat hiçbir zaman bu arşiv, istenen kaynaklar ve toplam lif popülasyonu ile ilgili tam olarak ne kadar temsil edici veri olduğu bakımından, tamamen belirlenmedi. Bazı daha ileri bilgiler Ritter (1997) tarafından sunuldu. Veri arşivleri, tüm giysi popülasyonundan çok az sayıda örnek içermektedir ve sadece adli bilimler laboratuvarlarına ibraz edilen materyallerden gelmektedir; bu yüzden temsil etmediği biçiminde tenkit edilmekteydi. Ancak her ne kadar mükemmel olmasalar da, bu veriler, kısıtlamaları bilindiği takdirde lif yorumlamalarına katkı sağlayan bilgiler olmayı sürdürmektedir (156).

Biermann ve Grieve (19, 20), daha ucuz ve daha farklı bir yaklaşımı, lif veri kaynakları olarak Alman posta katologları (German mail-order catalogues) kullanarak, tanımladılar. Bilgiler, giysi çeşidi (yaklaşık 90 kategoriye bölünerek), lif çeşidi ve rengi biçiminde depolandı. Bu yaklaşım, TMS tarafından önceden tanımlanan orijinal araştırmaya benzer bir yaklaşımdı. Her ne kadar, renk değerlendirmesi subjektif, ve ölçüm içermemekte ise de, çok fazla miktarda veri oldukça çabuk toplanabilmekteydi. Dokuz ay içerisinde; 20786 kayıt (şimdiye dek 90000 civarı) elde edildi. Katalog veri bankası (catalogue database-CDB), FFS koleksiyonları ve dünya çapında lif üretim verilerinin karşılaştırması bazı farklılıklar gösterdi, fakat yaygın lif çeşitleri ve renkleri için toplam verilerin yüzde değerlerinde, genel olarak bir uyuşma vardı. CDB bazı büyük avantajlara sahipti, özellikle, çabuk veri toplanabilmesinden dolayı güncelleştirilmesi kolaydı. Genel popülasyonda tüm giysi çeşitlerini içermekte ve oldukça hızlı kontrol edilebilmekteydi böylece en azından Almanya için, temsil edici özellikte varsayıldı. Asıl dezavantajı, morfolojik bilgiler ve renk bilgileri içermemesi, diğer veri koleksiyonlarında olduğu gibi, tekstil üretim miktarlarında örtüşme bulunmamasıydı (156).

Veri tabanlarından elde edilebilecek bilgi çeşitlerinin bazıları şunlardır:

Bir lif çeşidinde, morfolojik özellik frekansı-sıklığı,

Bir lif çeşidinde, polimer bileşim frekansı-sıklığı,

Genel lif popülasyonunda, nadir bulunan lif çeşitlerinin frekansı-sıklığı,

Farklı tekstillerde, lif çeşitlerinin kullanım frekansı-sıklığı,

Farklı tekstillerde, belli lif karışım ya da kombinasyonlarının kullanım frekansı-sıklığı,

Farklı yaklaşımlarda olmalarına rağmen, her tipte frekans veritabanları bulgu yorumlamalarında kullanışlıdır ve her biri birbirinden farklı kuvvetli ve zayıf yönleri ile birbirini tamamlamaktadır (156).

2.4.1.4. Lif Frekansları

Deadman (202); lif çeşitlerini, ortaya çıkma sıklıklarına göre gruplandırmıştır. Bir tarafta; tartışmasız olarak yaygın olan lifler vardır ve bunlar yığın üretimi yapılan ürünlerde kullanılmaktadırlar. Beyaz pamuk, bu çeşit lifler için en iyi örnektir. Çünkü, bu liflerin kaynakları çok çeşitli olup, farklı kaynaklarına göre ayırt edilememektedir. Bu çeşit liflerin delil olarak sahip oldukları değer çok azdır (156).

Diğer yandan, sıra dışı morfolojik karakterleri, sınırlı miktarlarda üretimleri veya modası geçmiş ürün olmaları, ekstrem düzeyde spesifik son kullanım alanları; lifleri sıra dışı, nadir bulunan lifler kategorisine sokar.

Deadman'e göre; diğer tüm lif tipleri bu iki uç arasında dağılmış durumdadır. Son 10 yılda, lif frekansları ile ilgili bilgilerin toplanmasında dikkate değer ilerlemeler şu çalışmalar sayesinde gerçekleşmiştir;

Popülasyon çalışmaları; seçilen bir yüzeyde lif popülasyonlarının bileşimlerinin detaylandırılması,

Hedef lif çalışmaları; rastgele seçilen lif popülasyonu içerisinde, seçilen özel bir lif tipine rastlama ihtimalinin belirlenmesi,

Veri bankaları; verilen bir popülasyon içinde, farklı tipteki liflerin ortaya çıkma sıklıkları ile ilgili verilerin saklanması.

Lif analistleri bazı tip liflere, diğerlerinden daha sıklıkta rastlarlar. Her adli olayda, altı adet baskın lif çeşidi bulunmaktadır, bunlar; pamuk, yün, poliester, poliamid, akrilik ve viskozdur. Hangi liflerin daha fazla miktarlarda üretildikleri, tekstil sektörü ile ilgili yayınlardan elde edilebilir. Ayrıca; hazır giyim, ev tekstili veya teknik tekstil gibi farklı alanlarda, hangi lif çeşitlerinin daha çok kullanıldığı gibi ayrıntılara da ulaşmak mümkündür. Bu konuda, yıllara göre lif üretim miktarlarının değişmesi, pazara yeni lif çeşitlerinin girmesi, bir takım nedenlerle (ekonomik, ekolojik, yasal vs.) bazı lif türlerinin üretiminin durması gibi sebeplerden dolayı, güncel verilerin takip edilmesi çok önemlidir (156).

Aşağıdaki tablo çeşitli liflerin yıllara göre miktarlarının nasıl değiştiğini göstermektedir.

Tablo 35 Yıllara Göre Dünyada Pamuk, Yün, Sentetik Lifler, Selülozik Esaslı Rejenere Liflerin Üretim Miktarlarının Değişimi (9)

DÜNYA LİF ÜRETİMİ										
Yıl 19..	Doğal Lifler		Sentetik Lifler			Selülozik Lifler			Toplam (kg)	
	Pamuk (kg)	Yün (kg)	İplik (kg)	Elyaf (kg)	Toplam (kg)	İplik (kg)	Elyaf (kg)	Toplam (kg)		
81	14966	1616	4883	6218	11101		3516	3516	14617	31199
82	14412	1632	4521	5829	10350		3256	3256	13606	29650
83	14433	1657	4895	6426	11321		3224	3224	14545	30365
84	19144	1744	5472	6956	12428		3322	3322	15750	36638
85	17383	1744	5811	7307	13118		3218	3218	16336	35463
86	15339	1789	6046	7630	13676		3178	3178	16854	33982
87	17670	1832	6378	8098	14476		3236	3236	17712	37214
88	18366	1886	6947	8285	15232		3284	3284	18516	38768
89	17431	1955	7246	8472	15718		3284	3284	19002	38388
90	18997	1927	7173	8201	15374		3145	3145	18519	39443
91	20793	1779	7369	8201	15727		2897	2897	18624	41196
92	17990	1719	7786	8358	16335	692	2045	2737	19072	38781
93	16673	1673	8016	8549	16522	670	2083	2752	19274	37620
94	18695	1554	9293	8506	18445	672	2204	2877	21322	41571
95	19962	1486	10169	9152	19190	667	2347	3014	22204	43652
96	18960	1476	12180	9021	22466	649	2211	2859	25325	45761
97	19849	1440	13778	10285	25020	625	2271	2896	27915	49204
98	18429	1382	15084	11241	26589	587	2129	2716	29305	49116
99	19176	1380	16206	11505	28227	518	2111	2629	30856	51412
00	18901	1357	17585	12021	30321	491	2290	2781	33102	53360
01	21237	1309	17689	12736	30298	480	2119	2671	32969	55515
02	19142	1254	19002	12609	32293	464	2266	2729	35022	55418
03	20420	1231	19988	13661	33648	486	2361	2847	36495	58146
04	21900	1200	19988	13661	33648	486	2361	2847	37979	62079

Ayrıca, adli bilimciler, kullandıkları verilerin, olayın geçtiği ülkede temsil edici özellikte olmasını, dikkate almak zorundadırlar. Bu açıdan, yerel pazar verileri adli bilimci açısından çok daha önemlidir. Spesifik bir coğrafi bölgedeki genel lif popülasyonu içerisinde, belirli lif tiplerinin sıklığını etkileyen çeşitli faktörler mevcuttur. Kültürel ve iklimsel etkiler gibi söz konusu ülkeye ait özellikler, o ülkedeki giysi çeşitlerinin miktarları (soğuk bölgelerde kaban, kürk, palto sayısının fazla olması gibi), perakendeciler ve mağaza zincirlerinin pazar payları (sadece iç çamaşırı üreten bir markanın veya sadece çocuk giyiminde faaliyet gösteren bir markanın pazar payları gibi), giysi kalite ve fiyatları arasındaki ilişki, bu faktörlerden bazılarıdır. Dünya çapında araştırıldığında çok yaygın olmayan bir lif çeşidi; sayılan bu gibi faktörlerin etkisi ile sadece yerel bir coğrafi alanda çok fazla karşılaşılabilen bir lif olabilir, bu da o lifin delil değerini anlamaya çalışırken, verilerin olayın geçtiği yerde temsil edici özellikte olmasının ne kadar önemli olduğunu gösterir.

Tüketici beğenileri (yaş gruplarına, gelir düzeylerine, sosyal statülere, moda trendleri ve müşterilerle yapılan anket çalışmalarına göre) yaygın lif tiplerinin sıklıklarını muhtemelen etkilememektedir. Çünkü giysiler, müşteri beğenilerinden daha çok, arzu edilen kullanımla ilgili spesifikasyonları en uygun karşılayabilen liflerden imal edilmektedir. Diğer taraftan, kişisel kıyafetlerle ilgili incelemeler göstermektedir ki, kişisel gardrop içerikleri muhtemelen ekstrem düzeyde öznel olmaktadır (203).

Catalogue Data Base (CDB)'de yer alan liflere bakıldığında; asetat, kupro, keten, modal, modakrilik, polipropilen, ipek ve triasetat lifleri, delil değeri yüksek lifler olarak kabul edilmektedir. Bu lif tipleri; genel lif popülasyonunda seyrek olarak tanımlanabilirler. (1996 yılındaki çalışmadan alınan bu bilgide, aradaki zaman sürecinde bu lif çeşitlerinin değişebileceği unutulmamalıdır.)(204).

Sık rastlanan bir lif tipi, bazen özel polimer kompozisyonu veya özel çözücü kullanılarak üretilmesi gibi nedenlerle nispeten az rastlanılan lif olarak kabul edilebilir. Bunlara en iyi örnek poliakrilik lifleridir. Metilakrilat (%60) ve vinylasetat (%30)' dan üretilenler, en sık rastlananlardır. Dolayısıyla daha az olan diğerlerinin delil değeri artacaktır (205). Örneğin, çözücü olarak etilen karbonat kullanılarak imal edilen bir akrilik tipi daha nadir rastlanılmakta ve delil değeri yüksek kabul edilmektedir. Bu

lifler; Romanya ve Kuzey Kore firmaları tarafından nispeten az miktarda üretilmektedir. Grieve, 25 yıllık lif incelemelerinde sadece bu liflerden bir örnekle karşılaştığını beyan ederken, Romanya’da çalışan adli bilimci için ise bu lifler çok daha sık karşılaşılan lifler olabilirler. Lif üretimindeki değişiklikler, frekansı etkilemektedir, bu yüzden, bikomponent akrilikler, 10 yıl önce olduğu sıklıkta görülmemektedir. Fabrikalar el değiştirmekte ve bazı lif tiplerinin üretimi durmaktadır. Ancak, güncel bilgileri takip etmek zorunda olan adli bilim uzmanları bu üretimi duran liflerden haberdar olmalıdırlar. Örneğin, araba döşemesinden alınan, ‘Verel’ modakrilik lifleri, üretimi 1980’ lerde durmuş ve 1996’da bir cinayet olayının aydınlatılmasında çok önemli rol oynamıştır (156).

Sık rastlanılan lif tipleri içerisinde; frekans değerlendirmelerinde, renk önemli bir parametredir. Grieve ve Dunlop’un 1992 deki konuyla ilgili çalışmaları; Grieve ve Biermann 1997’deki açık havada lif popülasyon çalışmaları ile Roux ve Margot 1997’deki çalışmaları tarafından da aynı gözlemler doğrulanarak, desteklenmiştir. Açık havada yapılan popülasyon çalışmasına göre; pamuk, yün ve yapay liflerde (sadece renk parametresine göre tanımlandıklarında); portakal rengi, yeşil, mor ve sarı renkli lifler tüm lif popülasyonu içerisinde çok nadir karşılaşılan liflerdir. Bu üç kategorideki liflerin toplamı bile, bu renklerde %5’e varmamaktadır ve portakal rengi ile mor renkler, %1’in altında kalmaktadır. Bu çalışmada; renkler sadece subjektif olarak değerlendirilmiş, mikrospektrometriden (MSP) yararlanılmamıştır. MSP ile renkler kesin olarak ölçüldüğünde ve yapay lifler, tiplerine göre alt gruplarına bölündüğünde, renk tip kombinasyonlarının yüzdelерinin; daha da azalacağı açıktır (156).

Tüm popülasyon çalışmaları göstermiştir ki; en sık rastlanılan pamuk lifleri; renksiz, mavi (indigo boyalı), siyah-gri, mavi (indigo olmayan) ve kırmızı renkte olanlardır. Grieve (1988)’deki çalışmaları göstermiştir ki, eşleşen siyah pamuk liflerinin frekansı, 58 de 1 (0,01724); kırmızı pamuk liflerinin, 148 de 1 (0,00676) ve mavi pamuk liflerinin ki 259 da 1(0,00386) dir. Bu rakamların anlamı; en fazla siyah sonra kırmızı sonra da mavi pamuk lifleri ile karşılaşılmıştır. Bundan dolayı da; siyah pamuk lifleri, kırmızı ve mavi pamuklara nispeten daha düşük delil niteliğindedirler. Bu çalışmada; her renk için 1053 karşılaştırmada, karşılaştırma mikroskobu (bright-field ve fluorescence) ve mikrospektrometre yöntemi kullanılmıştır. Eğer transmit ışık

karşılaştırma mikroskobu karşılaştırmada kullanılan tek teknik olsaydı, eşleşme sıklığı (4 de 1, 3 de 1 ve 7 de 1) biçiminde artacaktı ki bu liflerin delil olarak değerlerini daha da azaltacaktı. Bu durum, delil niteliklerinin değerlendirilmesinin, karşılaştırma incelemesinin içerik ve yöntemlerine bağlı olarak nasıl etkilendiklerini gösterir (156).

Robson (206), tarafından pamuk liflerinin frekansları üzerine bir çalışma yapıldı. Bu çalışmada; yaklaşık 150 kırmızı pamuk lifi örneğinin çeşitliliği incelendi. Robson, örneklerin; her biri üç altbölümden oluşan altı gruba bölünebileceğini buldu. Yeterli çeşitlilik kırmızı pamuk lifinin hedef lif olarak kullanılmasının doğruluğunu göstermekteydi. Bazı spektral tipler, diğerlerine nispeten daha sıkı ve bu durum, yaygın bir grup içinde, bazı lif örneklerinin nispi frekansının değerlendirilmesinin de mümkün olduğu anlamını taşımaktaydı.

Almanya'da geliştirilen, Catalogue Data Bank içindeki örnekler (203,204), bu örneklerden oluşan verilerin, morfolojik özellik verileriyle ve belki spektral frekansları ile dahi birleştirilme olasılığı; lif frekansları ile ilgili realistik sayıların üretilmesinin ve bazı lif türlerinin çok nadir karşılaşılan tipler olduğunun kesin bir biçimde gösterilebilmelerinin mümkün olduğuna işaret eder. Sonuçta; bu veriler, yorumlamada Bayes yaklaşımı dikkate alındığı zaman, lif bulgularının delilsel anlamda öneminin doğru bir yere yerleştirilebilmesine, objektif katkı sağlarlar (156).

2.4.1.5. Hedef Lif Çalışmaları

Transfer liflerin incelemesinde ilk adım, hangi eşyaların uygun 'hedef lif' bulundurabileceğine karar vermektir. Analist tarafından aranacak bu lifler; bulunduğu takdirde, adli olayda şahıslar veya nesneler arasında transferin gerçekleştiğini gösterecektir. Unutulmamalıdır ki, her transfer delili önemli olmayabilir, bu yüzden hedef liflerin delil değeri yüksek olan liflerden seçilmesi, boş yere zaman ve emek kaybını önler. Ayrıca, hangi lifler hedef lif olarak seçilirse seçilsin, hatırlanmalıdır ki, transfer liflerin bulunamaması temasın olmadığı anlamına gelmez, çünkü liflerin transfer ve kalıcılık mekanizmaları karmaşık faktörlerden etkilenirler.

Lif bulgularının adli olayda bir değer ifade etmediğini kanıtlamak üzere ileri sürülen basit bir savunma yolu; örneğin şüpheli üzerinde tespit edilen ve kurbanın kazağı ile eşleşen lifin, başka bir tekstil materyalinden ve olay ile hiç ilgisi olmayan başka bir mekan ya da kişiden, şüpheli üzerine şans eseri geçmiş olabilme ihtimalidir.

Bu hipotez ilk kez Cook ve Wilson tarafından test edilmiştir (207). Cook ve Wilson çalışmalarında, çok yaygın olarak piyasada bulunan dört lif çeşidini transfer olmuş halde üzerlerinde bulundurması bakımından, 335 adet giysiyi incelemişlerdir. 10 giyside sadece 12 eşleşen lif bulunmuş ve sadece aynı giyside maksimum iki adet lifin bulunduğu belirlenmiştir. Jackson ve Cook (208) benzer bir çalışma yapmışlar, iki yaygın lif çeşidi için, 108 adet arabanın ön koltuklarını aramışlardır. Maksimum 13 adet lif aynı koltukta, maksimum 20 adet aynı arabada olmak üzere, 45 tane eşleşme tespit etmişlerdir. Sadece iki olayda, doğrudan temas (primary contact) olduğu kanaatine varmak için, yeterli sayıda lif (20 ve 7 adet kırmızı yün lifi) mevcut olup, bu her iki olayda da söz konusu aranan liflerin kaynağının bu arabaların sahibi olduğu anlaşılmıştır. Eşleşen liflere daha çok rastlanılması, giysilere nispeten araba döşemelerinde transfer liflerin kalıcılıklarının daha uzun sürmesine bağlanmıştır. Cook (209) moda renkleri ve araba döşeme kumaşlarını içeren, 100 örnekli çalışma yapmıştır. Bu çalışmada, 62 siyah yün olan toplam 67 eşleşen lif, 27 koltuk kılıfı üzerinde, birinde maksimum 11 siyah yün olmak üzere bulunmuştur. Çok daha fazla siyah yün bulunmasına rağmen, bu çalışma yine de tesadüfi eşleşmenin nadir bir olay olduğunu göstermektedir zira örneklerin 73/100'ünde eşleşen lif bulunmamıştır.

Diğer çalışmalar, sinemalardaki ve arabalardaki koltuk döşemeleri (210), giysiler (211), insan saçları üzerinde (212) ve evlerde bulunan koltuklarda (213) yapılmıştır. Bütün çalışmalar, benzer şekilde, çeşitli hedef lif eşleşmelerinin az sayıda olduğunu göstermiştir (156).

Bu veriler; varsayılan kaynak yerine, farklı kaynaklardan gelen liflerin rastlantısal biçimde aranan lifle eşleşmelerinin, pek çok olayda, çok düşük bir ihtimal olduğuna işaret eder. Alternatif kaynaklardan gelen eşleşmeler olsa bile; bunlar hem çok düşük sayıda, örneğin beş den daha az, veya çok yaygın lifler için örneğin siyah yün lifi gibi, olmaktadır. Bu çalışmalar, iki eşleşen lif çeşidinin varlığının, şans eseri olma ihtimalinin çok nadir olduğunu gösterir (156).

2.4.1.6. Popülasyon Çalışmaları

Lif delillerinin değerlendirilmesinde hesaba katılması gereken bir faktörde, giysi üzerinde bulunan, konu dışı lif popülasyonunun seçilmesidir. Bu bilgi, öncelikle hangi

liflerin yaygın oldukları konusunda tahmin yürütmeye ve eğer Bayes yaklaşımı kullanılacaksa, arka plan verilerinin sağlanması açısından önemlidir.

İlk çalışma, Fong ve Inami (214) tarafından yapılmıştır. Çalışmada, 40 giysiden 763 adet konu dışı lif incelenmiştir. Etkileyici bir performans sergilenerek, giysiler arasında şans eseri eşleşme ihtimali değerlendirilen 280000 karşılaştırma yapılmıştır. Sonuçta, mavi liflerin (11 pamuk, 1 yün ve 1 PES), 1 sarı akrilik lifinin, 2 kırmızı pamuk lifinin ve 3 soluk renkli ya da renksiz olarak nitelenebilecek PES lifinin, eşleşme şansı en fazla olduğu saptanmıştır. Bu çalışma, yaygın lif/reng kombinasyonlarını bu popülasyonda empririk gözlemle doğrular. Sırasıyla bunlar; kırmızı akrilik, mavi pamuk, mavi PES, mavi yün, kırmızı pamuktur. Ortak yaygın renk; mavi sonra kırmızı ve ortak yaygın lif akrilik ve sonra pamuktur.

Bu konuyla ilgili çalışmalar çok fazla zaman gerektirdiğinden, nispeten daha az popülasyon çalışması tamamlanmıştır. Grive ve Dunlop (199) renksiz lifleri, mavi denim ve zeytin rengi pamuk liflerini ve 1 mm altında uzunlukta olan lifleri dışlayarak, çalışma prosesini basitleştirerek, 20 iç çamaşırı üzerinde yabancı lifleri incelemiştir. Önce sadece stereo mikroskop kullanmışlar, sonra belirtilen lifler dışındaki yabancı lifleri toplamışlar ve çeşitlerine, çaplarına, şekillerine, delustrant (matlaştırıcı) içeriklerinin varlığı ya da yokluğuna, renklerine (subjektif olarak) göre sınıflandırmışlardır. Yaygın lif tipi olarak; pamuk ve akrilik ve yaygın lif olarak siyah pamuk (gri de dahil) lifi sonucuna ulaşmışlardır.

Rothe (215), 100 erkek pantolonu üzerinde lif popülasyon çalışması yapmıştır. 75 pantolon farklı bağımsız kimselerden, 25 pantolon olay çalışmalarından alınmıştır. Her pantolon üzerinden, yaklaşık 30x35 cm alandan, yapışkan bant ile lifler toplanmıştır. Toplanan 14 236 adet lif; tipe, renge, matlığına (delustrant), kesit şekline, doku ve boyanmasına göre sınıflandırılmıştır. Lif popülasyonunda, ayrıca, sarı-yeşil viskoz hedef lifi de aranmıştır ve hiç bulunamamıştır.

Daha sonraki çalışmalarda Roux ve Margot (201), otomobil koltuklarında liflerin popülasyonuna bakmış, Grieve ve Biermann (216), ise açıkavada bulunan tekstil yüzeylerini incelemişlerdir. Her iki çalışmada da sonuç, yaygın liflerin renksiz, mavi ve siyah pamuk olduğu, nispeten yapay liflerin daha az yaygın olduğudur (%13, %14,3). Grieve ve Biermann ek olarak, birçok lifin 0,5 mm den az olduğunu, yaklaşık

%60 in 1 mm ve altında olduğunu göstermişlerdir. Massonnet (217), beyaz tişörtler üzerinde, üç farklı koşulda, lif popülasyonlarını incelemiş ve elde edilen verileri, Bayes teoremini basit bir olay senaryosuna uygulayarak, basit bir transfer çalışması ile ilişkilendirmiştir.

Bütün bu popülasyon çalışmalarından çıkan genel sonuç aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

En ayırt edici analitik teknikler kullanıldığı zaman, pek çok renk/morfoloji/tip kombinasyonları, rastgele bir popülasyon içinde tek lif tarafından temsil edildiği gösterilebilir. Yapay lifler son derece polimorfiktir.

Mikrospektrometri ile renk ölçümü yapılmadığı zaman bile; rastgele seçilen popülasyonun %1'inden daha büyük olan lifleri oluşturan bir çeşit yapay lif, çok küçüktür.

Rastgele seçilen lif popülasyonunda; düşük oranda (%13-%17) yapay lif olmasının, çok sıra dışı olmadığı görülür.

Bu çeşit veriler, tecrübeli bir lif uzmanının; 'En yaygın lif tipleri bile fazla miktarlarda sistemli olarak şans eseri bulunamaz' şeklinde ifade edilebilecek subjektif fikirlerini doğrulamaktadır (156).

2.4.2. Lif Delillerinin Yorumlanması İle Aydınlatılmış Adli Olaylar

ADLI OLAY-1:

Soğuk bir kış günü, Doğu Harlem'de kiralık ucuz evlerin arasındaki dar yolda, bir bayan cesedi, yakınında; plastik saksıda çiçek ve California çiçekçisine ait çiçek kutusu ile beraber bulundu. Maktul, bilinen bir kilisenin üyesi olarak tanınmaktaydı ve kiliseye ait kitapları, civardaki evlere sattığı biliniyordu. Olay yerinde bulunan çiçek kutusu, plastik saksı ve maktüle ait giysiler kriminal laboratuara gönderildi.

Polarize ışık mikroskobu kullanılarak yapılan analizde; çiçek kutusu ve plastik saksıda; taba rengi yün, kırmızı akrilik ve lacivert yün lifleri tespit edildi. Bu lifler maktulün giysileri ile karşılaştırıldıklarında; maktulün taba rengi yün palto, lacivert yün/pes karışımı bol pantolon ve kırmızı akrilik süveter giysileri ile tutarlılık gösterdiği belirlendi. Bu bulgular; maktül ile olay yerindeki çiçek kutusu ve saksıyı ilişkilendirdi.

Ek olarak; açık mavi naylon (poliamid) kilim lifleri, ve çok sayıda kahverengi tavşan kılları; çiçek kutusu ve saksı üzerinde tespit edildi. Benzer açık mavi naylon (poliamid) kilim lifleri, kırmızı naylon (poliamid) kilim lifleri ve tavşan kılları; maktûlün taba rengi yün paltosu üzerinde de bulundu. Ne tavşan kılları ne de naylon (poliamid) kilim lifleri maktûlün çevresi (giysiler ve konutu) ile ilişkilendirilemedi.

Bu bilgi alanda çalışan araştırmacılara iletildi. Komşularla yapılan sorgulardan sonra; uzun, kahverengi, tavşan kılından imal bir paltonun; bölgede yaşayan bir adama; cesedin bulunduğu günden sonra civardakilerce daha önceden tanınmayan bir adam tarafından satıldığı ortaya çıktı. Dedektifler, paltoyu satın alan adamı bulup, paltoyu temin ettiler. Paltodaki tavşan tüyleri, olay yerinde bulunanlar ile mikroskobik olarak karşılaştırıldı. Örnekler fiziksel ve mikroskobik özellikler yönünden birebir uyum gösterdiler. Bu bilgi, polise şüphelinin apartman dairesinde arama kararı çıkartabilmenin yolunu açtı.

Şüphelinin apartman dairesinde iki kilim bulundu. Birisi açık mavi, diğeri kırmızı renkli naylon (poliamid) liflerden meydana gelmekteydi. Her iki kilimden de olay yeri inceleme birimi tarafından alınan numuneler kriminal laboratuara gönderildi.

Mukayese örnekleri ve olay yeri bulguları birbirleriyle karşılaştırıldıklarında tamamen uyum gösterdi. Açık mavi naylon (poliamid) kilim lifleri, kırmızı naylon (poliamid) kilim lifleri ve kahverengi tavşan kılları; çiçek kutusunda, saksıda ve cesedin giysilerinde bulunmuştu. Bu durum maktûlün, şüphelinin apartman dairesinde bulunduğu anlamına geliyordu.

Dedektifler; şüpheli hakkında soruşturmaya devam ettiler. Elde edilen bilgilere göre; bir görgü tanığı; şüpheliyi cesedin bulunduğu yerden, bir veya iki gün önce büyük bir California çiçek kutusu taşıırken görmüştü. Delillerden; kadının şüphelinin apartman dairesinde öldürüldüğü, cesedin çiçek kutusuna yerleştirildiği, şüphelinin cesedi ikametgahının çatısına taşındığı ve buradan binalar arasındaki arayola fırlattığı biçiminde bir olay senaryosu üretildi.

Delillerden hareketle; şüpheli tutuklandı ve ikinci dereceden cinayetden dava açıldı. Sanık; suçlu bulunup ömür boyu hapis cezasına mahkum oldu.

Bu olay; kişiler, yerler ve nesneler arasında ilişkilendirmede, iz delillerinin önemini göstermektedir (196).

ADLI OLAY – 2:

Olay yerinde; genç bir adam yatağında, başının sol tarafında görülen mermi yarası ile ölü halde ve 38 kalibre-deforme olmuş kurşun mermi çekirdeği, cesedin başı altındaki yastığın içinde bulundu. Otopsi sonucunda ölüm sebebi olduğu belirlenen bu yaranın; yastık içerisinde bulunun mermi çekirdeği tarafından oluşturulduğu doğrulanmak istendi.

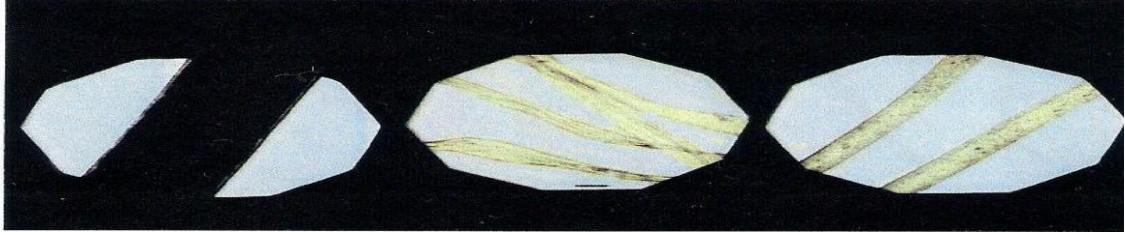
Mermi çekirdeği üzerinde bulunan iz delilleri bu doğrulamayı sağlayacaktı. Şekil 69’da mermi çekirdeği (B) büyük bir tutam beyaz lif tabakası (F) ve saç telleri ile kaplanmıştı. Mermi çekirdeğinin dikkatli biçimde incelenmesi sonucu; çekirdek üzerinde iz materyallerinin dört ayrı tabaka oluşturduğu gözlemlendi.

En dışta tabakada, beyaz lifler polarize ışık mikroskobu ile incelendiğinde; PES lifleri olarak tanımlandı, karşılaştırma sonucu; yastık içini dolduran lifler aynı PES lifleri idi. Bir alt tabakadaki beyaz parçalar, beyaz pamuk iplikçikleri olarak tanımlandı ve bunlarda yastık yüzünü kaplayan kumaştaki pamuk iplikleri ile uyum gösteriyordu. Üçüncü tabaka; kahverengi insan saçları ve kemik parçaları içeriyordu. Son tabaka ise tamamen kahverengi insan saçından oluşmaktaydı. Bazı kan ve yumuşak dokular bu tabakalarda yayılmış haldeydi. Mermi çekirdeğindeki insan saçları; maktulün saçları ile aynı karakteristikleri gösteriyordu.

Mermi çekirdeğinin ölen şahsın başına girişi, kafatası içindeki hareketi, başının diğer tarafından çıkışı, yastık kılıfı ile teması ve yastık içinde PES lifleri içinde durması; çekirdekte en dıştan içe doğru, bu sıralamanın aksi yönde iz delillerini tabakalar halinde oluşturmakta bu da mermi çekirdeğinin nasıl bir yol izlediğini anlamamıza yardımcı olmaktaydı. Çekirdek üzerindeki iz delilleri; ölüme neden olan yaraya, bu çekirdeğin sebep olduğunu açıkça göstermekteydi (196).



Şekil 69 Beyaz PES Lif Öbekleri ve Kahverengi Saç Yapışmış, Deforme Olmuş Kurşun Mermi Çekirdeği (196)



Şekil 70 PES Lifleri, Pamuk Lifleri ve Şahsa Ait Kahverengi Saç Görüntüsü (196)

ADLİ OLAY -3:

1986 yılının, karlı bir Mart ayında, polise; New York şehrinin Çin mahallesinde yaşayan göçmen bir ailenin 14 yaşındaki kız çocuklarının kaybolduğu, ihbarı geldi. Ailenin geri kalanı işten eve her zamanki gibi saat: 18.00 sıralarında dönmüşlerdi ve eve girdiklerinde ev dağınık haldeydi. Okul kıyafetleri evde olduğu için; kızın öğleden sonra eve döndüğü anlaşıyordu.

Polisin; ailenin ikametgâhı ve çevredeki binalarda yaptığı araştırmalarda sonuca ulaşılamadı. Kısa bir süre sonra; aile, kızlarının sağ olarak geri dönmesi karşılığında, fidye isteyen bir telefon aldı. Ertesi gün polis, tekrar komşuların evlerinde, polis köpekleriyle beraber bir arama yaptı fakat yine sonuca ulaşılamadı ve kısa bir süre sonra; kızın cesedi, ailenin ikâmet ettiği dairenin arka bahçesinde, uyku tulumu içerisinde bulundu. Boğularak öldürülmüştü.

Olay yeri incelemesinde; uyku tulumundan, hav ve tozlar bulgu olarak toplandı.

İlerleyen günlerde; işsiz genç bir adam, çocuk kaçırma ve cinayetten alınmıştı. Bu şahsın ikâmetgahı; kurbanın evinin karşısında ve üç odalı kiralık bir konuttu. Odalardan biri söz konusu şahıs tarafından kiralanmış; diğer ikisi ise başka iki kiracıya aitti. Oturma odası, mutfak ve banyo bu üç kiracı tarafından ortak kullanılıyordu.

Şüphelinin odası, diğer kiracının odası, oturma odası, mutfak ve banyoda yapılan araştırmalarda; çok önemli bulgulara rastlanılmadı. Kiralık odalardan üçüncüsü

ise kilitli idi ve odanın bayan sahibi yurtdışında bulunuyordu. Kilitli oda ile ilgili de arama kararı çıkarıldı ve bu odada gri renkli kilim üzerinde, uyku tulumunda gözlenen havcık ve tozlara benzer bulgulara rastlandı.

Olay yeri inceleme ekipleri; bu tozların lokasyonlarını tespit edip, dökümanlarını hazırladıktan sonra; bu bulguları paketleyerek, kriminal laboratuara gönderdiler.

Kriminal laboratuarda yapılan incelemelerde; 28 adet materyalin; hem bu odadan alınan hav ve toz bulgularında, hem de cesedin üzerindeki uyku tulumundan alınan hav ve toz bulgularında, ortak olduğu tespit edildi. Şekil 73’de bu materyallerden altı tanesinin fotomikrografları görülmektedir. Tablo36’da, her iki toz ve havcık bulgularında ortak bulunan materyal listesi ve Şekil 71, cesedin bulunduğu konum, Şekil 72 ise tulum üzerinde bulguların fotoğraflarıdır.

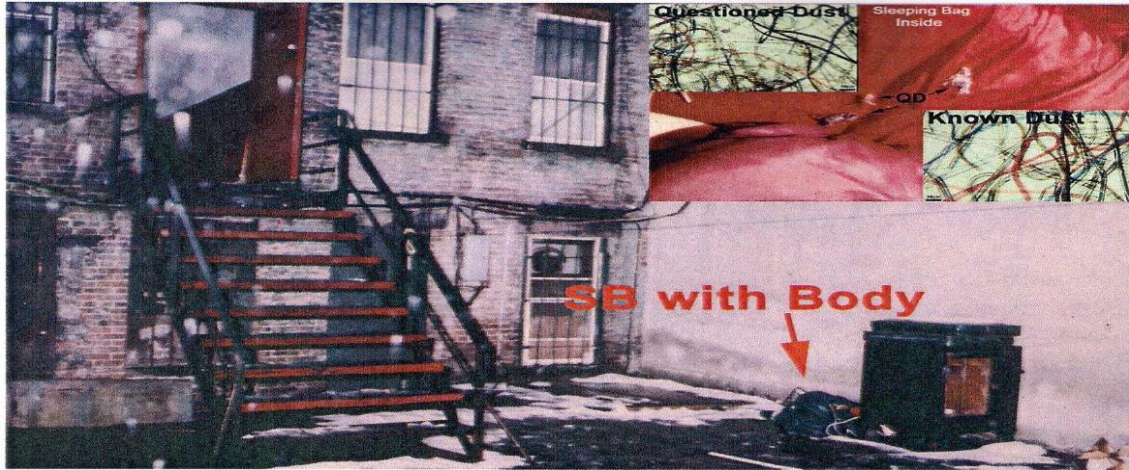
Kilitli odanın sahibi olan bayan kiracının yurtdışından dönüşü sonrası, alınan ifadesinden; bu şahsın terzi olduğu, işinin büyük bir kısmını kiralık odasında yaptığı, ceset üzerindeki uyku tulumunun kendisine ait olduğu ve bu tulumu, yurtdışına çıkmadan önce, odasında bulunan gömme dolap içerisine koyduğu öğrenildi.

Elde edilen veriler doğrultusunda geliştirilen teoriye göre; şüpheli cinayeti maktûlün evinde işlemişti. Sonra kendi evine getirerek, bayan kiracının kilitli odasındaki gri halı üzerine yatırmış ve dolap içerisinden aldığı uyku tulumuna sarmıştı. Geceye kadar bu kilitli odada sakladığı cesedi, karanlıkta cesedin bulunduğu yere taşımıştı.

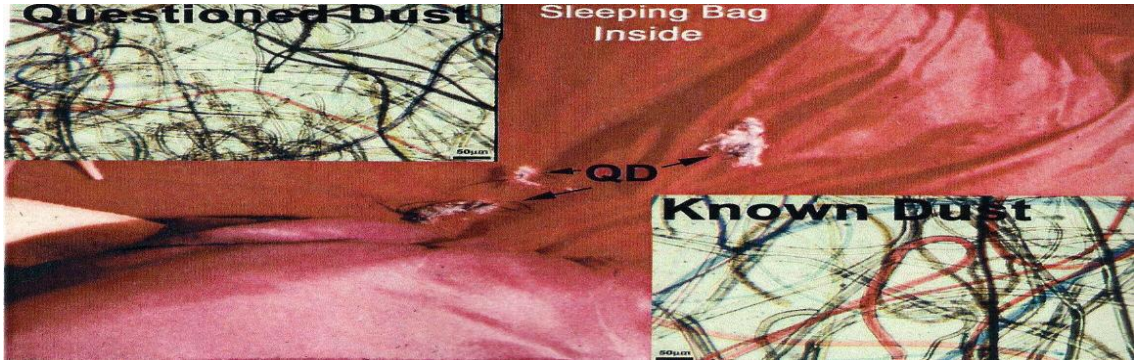
Şüpheli şahıs; kendisi aleyhine işleyen tüm bu delillerin elde edilmesi üzerine; itiraf etti ve isminin göçmen Çin topluluğuna açıklanmaması şartıyla suçunu kabul etti (196).

Tablo 36 Kilitli Oda ve Uyku Tulumunda Bulunan Havcık ve Tozlarda Bulunan Ortak Materyaller (196)

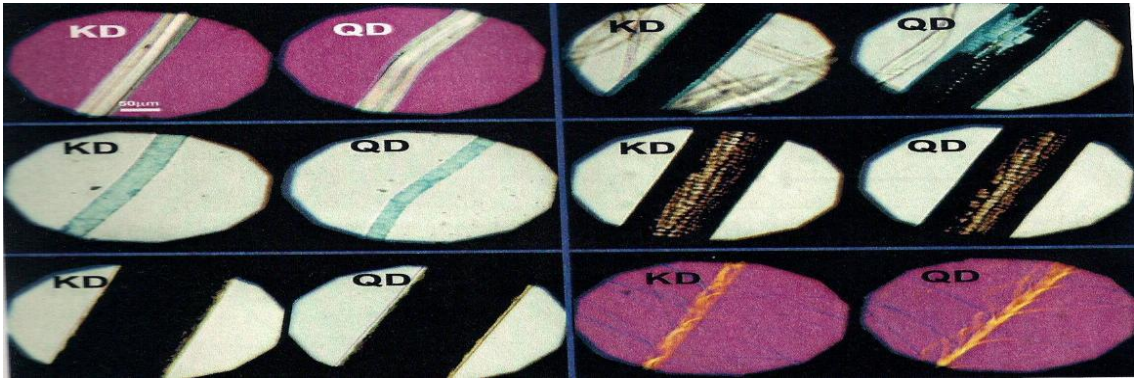
1.Pamuk:Beyaz,pembe,yeşil,mavi,sarı	4.Modakrilik: Siyah	7.Olefin : Mavi	10.PES: Açık gri
2.PAC:Beyaz,kırmızı,pembe,mavi,mor	5.Asetat: Turuncu	8.Tavşankılı: Kahve rengi	11.Yün: Siyah, turuncu, mavi, aqua
3.Nylon (PA) : Kırmızı,mavi,kahve renk	6.Beyaz köpek kılı	9.Mongoloid insan saç	



Şekil 71 Cesedin Bulunduğu Konum (196)



Şekil 72 Tulum Üzerinde Bulunan Bulgular (196)



Şekil 73 Kilitli Oda ve Uyku Tulumunda Ortak Bulunan Materyallerin Fotomikrografları (196)

ADLİ OLAY -4:

Manhattan şehrinin dışında bir dernekte, bir koruma görevlisi, iki el baş bölgesinden ve bir el karın bölgesinden ateşli silah kullanılarak vuruldu. Olay mahallinde yapılan araştırmada, üç adet 45 kalibre, otomatik kolt pistol (ACP)

yarıgömlekli (semijacketed) kurşun mermi çekirdeği bulundu. Şekil 74’de görülen çekirdeklerden ikisi çukur uçlu (hollow point), birisi yumuşak uçlu (soft point) idi. İki mermi çekirdeği olay mahallinde bulunan duvarlara saplanmıştı, her ikisinde çok fazla deforme olmuş ve yüzeyinde çok az boya ve sıva izi bulunduruyordu. Üçüncü mermi çekirdeği (yumuşak uçlu) ise; dernekte yerde bulundu ve bir miktar tahta parçası bu çekirdek içine sıkışmıştı.

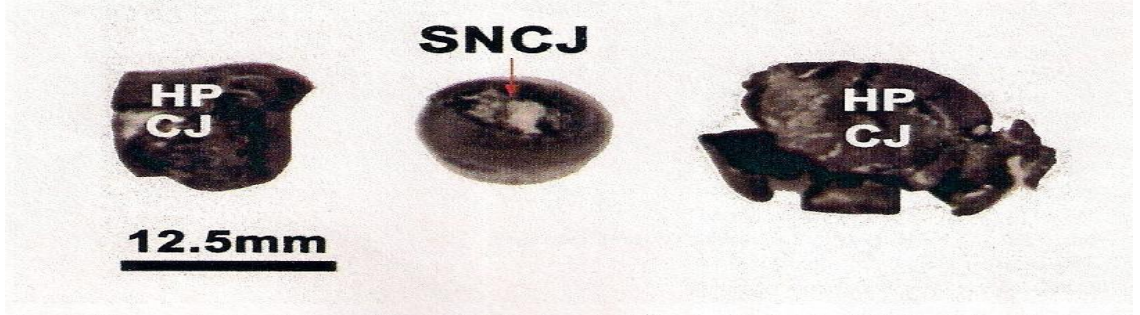
Dernek içinin tabanı parke kaplı idi. Parkelerden birinin üzerinde, mermi çekirdeğinin sekmesi ile oluşmuş bir iz göze çarpıyordu. Üzerinde iz olan bu parke parçası, sökülerek ilgili kuruma gönderildi. İki yıl sonra, bir şüpheli bu konuyla ilgili olarak yakalandı. Olayda kullanılan silah bulunamamıştı ve mahkeme için; parke üzerindeki izle sebep olan merminin, dernekte yerde bulunan mermi çekirdeği olup olmadığı önem kazandı.

İki buçuk yıl sonra; dernek tabanından sökülen parke, depolandığı yerden istendi. Söz konusu mermi çekirdekleri ile ilgili dosyalar, balistik bölümünden temin edildi. İncelemeler sonucunda; üzerinde iz bulunan parkenin kırmızı meşe ağacından olduğu, bu parkenin dernek tabanına monte edilmesinde, polistiren köpük malzeme kullanıldığı tespit edildi. Üzerindeki mermi izi çevresinde, eser miktarda bakıra rastlandı.

Mermi çekirdeğine sıkışmış tahta parçasının mikroskopik incelemesi sonucunda ise; bu tahta parçasının maun ağacı olduğu ve bu tahtada hiçbir şekilde polistirene rastlanmadığı rapor edildi, fakat mermi çekirdeğinden sıkışan tahta parçası çıkarıldıktan sonra alt kısmında mavi pamuk lifinden imal edilmiş, denim kumaş üretiminde kullanılan iplikçik parçaları tespit edildi. Olay gerçekleştiği gün kurban üzerinde mavi denim dokuma gömlek vardı.

Elde edilen bu bilgiler sayesinde; parke üzerindeki mermi izinin, söz konusu mermi tarafından yapılmadığı fakat bu mermi çekirdeğinin, kurbanın karnına girip çıkan mermi çekirdeği olduğu sonucuna ulaşıldı. Kurbanın karnından çıktıktan sonra başka bir tahta parçaya çarpmıştı ki bu çarptığı parçaya ait örnek olay yeri tarafından alınmamıştı. Ayrıca; parke üzerindeki izi yapan mermi de bakır gömlekli başka bir mermi çekirdeği olup, belki de daha önce olan ve rapor edilmeyen başka bir olaya aitti.

Ortaya çıkan bu bilgi ve sonuçlar; bölge başsavcısına bu şekilde rapor edilerek sunuldu (196).



Şekil 74 Mermi Çekirdekleri (196)

ADLİ OLAY -5:

Bir evden hırsızlık olayında; ev sahibi, oturma odasının penceresinden girerken, davetsiz misafiri vurur. Şahıs koşarak kaçır ve yaralı olduğu için hastaneye gider. Olay yeri inceleme ekipleri, oturma odası penceresinin bulunduğu arka avluda; 38 kalibre kurşun mermi çekirdeği bulurlar. Mermi çekirdeği yüzeyine çok sayıda, mavi life benzer materyaller yapışmıştır. Şahıs, hastane personelinin ateşli silah yarası olan birini tedavi ettiklerini polise bildirmeleri üzerine, yakalanır.

Şahıs polis tarafından alındığında, mavi renkte ceket giymektedir ve bu durum şikayetçi olan ev sahibinin tanımlamasına uymaktadır. Polarize ışık mikroskobu ile, analizi yapılan mermi çekirdeği üzerindeki lif materyallerin, mavi renkli akrilik lifler olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca mavi renkli poliester ve asetat lifleri de mermi çekirdeği üzerinde bulunmuştur. Şahsın giydiği ceketten alınan karşılaştırma numunesi de polarize ışık mikroskobu ile analizlenmiş ve ceketin iki farklı tip ve renkte mavi renk akrilik liflerinin karışımından imal ipliklerle dokunduğu belirlenmiştir. Mikroskopik, enstrumantal ve mikrokimyasal karşılaştırmaları yapılan; mermi çekirdeği ve ceketten elde edilen liflerin ayırt edilemez olduğu rapor edilmiştir. Buradan hareketle; mermi çekirdeği üzerindeki liflerin orjininin şahsın ceketindeki lifler olduğu kanaatine varılmış ve bu veri şahsı, hırsızlık olayı ile ilişkilendirmeyi mümkün hale getirmiştir. Duruşmada, lif delillerinin ayrıntılı açıklaması yapılmış ve şahıs evden hırsızlık suçundan hüküm giymiştir (196).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma; İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü, Adli Mikroskopi Laboratuvarında yapılmıştır.

3.1. LİF NUMUNELERİ

Çalışmada kullanılan örnekler; bitkisel liflerden 5, hayvansal liflerden 6, rejenere liflerden 5, tam yapay liflerden 5 olmak üzere; toplam 21 çeşit lif türünden oluşmaktadır. Lif örnekleri; 29 adet firmadan, 2009-2010 yıllarında, Tablo 37’de her bir lif türü için belirtilen numune adedinde toplam 298 adet olmak üzere, 100’er gramlık paketler halinde temin edilmiştir.

Tablo 37 Lif Örneklerinin Temin Edildiği Firmalar ve 100 g’lık Numune Paket Adedi

Lif Cinsi	Lif Örneklerinin Temin Edildiği Firma Kodları	Numune Adedi
1.Pamuk	F13, F3, F5, F4, F6, F8, F19, F20, F23, F22, F25, F21, F1	24
2.Kapok	F19, F12	2
3.Keten	F12, F13, F3, F18, F8, F20, F23, F25, F21, F1	16
4.Naturel Bambu	F12, F13, F3, F1	4
5.RejenereBambu	F12	1
6.Hint Keneviri	F12	1
7.Rejenere Hemp	F12	1
8. İpek	F12, F13, F18, F20, F17, F25, F16, F21, F1	12
9.Yün	F12, F13, F3, F14, F5, F8, F20, F23, F22, F25, F15, F16, F21, F1	19
10.Tiftik	F22, F15	2
11.Kaşmir	F12, F13, F1	3
12.Alpaka	F22, F15	2
13.Angora	F20, F25, F21, F1	4
14.Viskon	F12, F13, F2, F3, F5, F4, F8, F19, F20, F23, F22, F25, F16, F21, F1, F26	22
15.Tencel	F12, F3, F19, F20, F23, F1	6
16.Soya	F12, F3, F20, F17,	6
17.Poliester	F12, F13, F10, F2, F3, F5, F8, F19, F20, F9, F23, F22, F25, F11, F16, F1, F21, F24, F26, F29	49
18.Poliakrilonitril	F13, F3, F14, F8, F20, F22, F25, F15, F16, F21, F1, F28, F24, F26	85
19.Poliamid	F13, F2, F3, F8, F9, F23, F22, F25, F15, F16, F21, F1	17
20.Polipropilen	F2, F25, F11, F1	18
21.Polietilen	F11	4

Çalışmada analizlenecek lifler X(1)F(1')-(1''), şeklinde kodlanmış olup; kodlamada X; lifin cinsini, (1); kaçınıcı numune olduğunu, F(1'); hangi firmaya ait olduğunu; (1'') ise ait olduğu firmadan aynı lif için alınan farklı örnek numarasını temsil etmektedir. Filament halindeki numuneler ile iplik halden cımbız yardımıyla çekilen lif numuneleri için kodlama yapılırken ise kodun başına 'f harfi' yazılarak, kod; fX(1)F(1')-(1'') biçiminde yazılmıştır.

Pamuk lifleri için Co, keten lifleri için L, hint keneviri lifleri için He, ipek lifleri için Se, yün lifleri için Wo, tiftik lifleri için Wm, kaşmir lifleri için Ws, alpaka lifleri için Wp, angora lifleri için Wa, polyester lifleri için PES (Aynı kısaltma plastik endüstrisinde ISO1043 polyeter sulfone için de kullanılmaktadır), akrilik lifleri için PAN, poliamid lifleri için PA, polipropilen lifleri için PP, polietilen lifleri için PE, viskon lifleri için CV (218), soya lifleri için SPF, kapok lifleri için KP, bambu lifleri için B, tencel lifleri için T, rejenere bambu lifleri için RB, rejenere kenevir için RH sembolleri kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan lif numunelerine ait bazı özellikler firmalar tarafından gönderilmesine rağmen, her numuneye ait, her özellik gönderilmemiştir. Gönderilen özellikler; Tablo 38-Tablo 58 arasında, lifin cinsine göre aşağıda belirtilmiştir.

Tablo 38 Pamuk Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri

NUMUNE KODU	İNCELİK (Numara)	UZUNLUK	RENK	EK BİLGİ	KESİKLİ-FİLAMENT
Co1F1-1	-----	-----	Beyaz	Yunan Pamuğu	Stapel
Co2F1-2	-----	-----	Beyaz	Yunan Pamuğu	Stapel
Co3F3-1	-----	-----	Beyaz	Urfa Pamuğu	Stapel
Co4F3-2	-----	-----	Beyaz	Urfa Pamuğu	Stapel
Co5F3-3	-----	-----	Beyaz	Ege Organik Pamuk	Stapel
Co6F3-4	-----	-----	Beyaz	Ege Organik Pamuk	Stapel
Co7F4-1	4,2 mikroner	29,5 mm	Beyaz	Yunan (sawgin çırçırılı)	Stapel
Co8F4-2	4,2 mikroner	29,5 mm	Beyaz	Yunan (sawgin çırçırılı)	Stapel
Co9F4-3	4,2 mikroner	29,5 mm	Beyaz	Yunan (sawgin çırçırılı)	Stapel
Co10F5-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
Co11F5-2	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
Co12F5-3	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
Co13F6-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
Co14F6-2	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
Co15F6-3	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel

Co16F7-1	-----	-----	Mavi	Makyaj Pamuğu	-----
Co17F7-2	-----	-----	Pembe	Makyaj Pamuğu	-----
Co18F7-3	-----	-----	Beyaz	Makyaj Pamuğu	-----
Co19F7-4	-----	-----	Beyaz	Makyaj Pamuğu Hidrojen Peroksit ile ağartılmış	-----
Co20F7-5	-----	-----	Beyaz	Makyaj Temizleme Pedi	-----
Co21F7-6	-----	-----	Beyaz	Kulak Temizleme Çubuğu	-----
Co22F8-1	4,2 mikroner	28 mm	Beyaz	Yunan Pamuğu	Stapel
Co23F8-2	-----	-----	Siyah	Bergama Pamuğu	Stapel
Co24F13-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
Co25F13-2	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
Co26F19-1	-----	-----	Beyaz	Penye Telefi	Stapel
Co27F19-2	-----	-----	Beyaz	Penye Telefi	Stapel
Co28F20-1	-----	-----	Beyaz	USA Pima Pamuk	Stapel
Co29F20-2	-----	-----	Beyaz	USA Pima Pamuk	Stapel
Co30F20-3	-----	-----	Beyaz	Urfa Pamuğu	Stapel
Co31F20-4	-----	-----	Beyaz	Urfa Pamuğu	Stapel
Co32F20-5	-----	-----	Beyaz	Diyarbakır Pamuğu	Stapel
Co33F20-6	-----	-----	Beyaz	Diyarbakır Pamuğu	Stapel
Co34F20-7	-----	-----	Beyaz	Yunan Pamuğu	Stapel
Co35F20-8	-----	-----	Beyaz	Yunan Pamuğu	Stapel
Co36F20-9	-----	-----	Beyaz	Adana Pamuğu	Stapel
Co37F20-10	-----	-----	Beyaz	Adana Pamuğu	Stapel
Co38F20-11	-----	-----	Beyaz	Ege Pamuğu	Stapel
Co39F20-12	-----	-----	Beyaz	Ege Pamuğu	Stapel
Co40F20-13	-----	-----	Beyaz	Ege Pamuğu	Stapel
Co41F21-1	-----	-----	Beyaz	Ege Pamuğu	Stapel
Co42F22-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
Co43F23-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
Co44F25-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel

Tablo 39 Kapok Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri

NUMUNE KODU	İNCELİK (Numara)	UZUNLUK	RENK	EK BİLGİ	KESİKLİ-FİLAMENT
KP1F12-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
KP2F12-2	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
KP3F12-3	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
KP4F12-4	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
KP5F19-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
KP6F19-2	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
KP7F19-3	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
KP8F19-4	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
KP9F19-5	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel

Tablo 40 Keten Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri

NUMUNE KODU	İNCELİK (Numara)	UZUNLUK	RENK	EK BİLGİ	KESİKLİ-FİLAMENT
L1F1-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L2F1-2	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L3F1-3	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L4F3-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L5F3-2	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L6F8-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L7F8-2	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L8F12-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L9F12-2	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L10F13-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L11F13-2	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L12F13-3	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L13F18-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L14F18-2	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L15F18-3	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L16F18-4	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L17F18-5	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L18F18-6	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L19F18-7	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L20F18-8	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L21F18-9	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L22F18-10	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L23F18-11	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L24F18-12	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L25F18-3	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L26F18-4	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L27F18-15	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
L28F18-16	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
L29F20-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L30F20-2	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L31F21-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L32F23-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
L33F25-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
fL34F25-2	-----	-----	Doğal Rengi	-----	İplik
fL35F25-3	-----	-----	Doğal Rengi	-----	İplik

Tablo 41 Bambu Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri

NUMUNE KODU	İNCELİK (Numara)	UZUNLUK	RENK	EK BİLGİ	KESİKLİ-FİLAMENT
B6F12-1	-----	-----	-----	-----	Staple
B7F12-2	-----	-----	-----	-----	Staple
B8F12-3	-----	-----	-----	-----	Staple

Tablo 42 Hint Keneviri Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri

NUMUNE KODU	İNCELİK (Numara)	UZUNLUK	RENK	EK BİLGİ	KESİKLİ-FİLAMENT
He1F12-1	-----	-----	-----	-----	Staple
He2F12-2	-----	-----	-----	-----	Staple
He3F12-3	-----	-----	-----	-----	Staple
He4F12-4	-----	-----	-----	-----	Staple

Tablo 43 İpek Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri

NUMUNE KODU	İNCELİK (Numara)	UZUNLUK	RENK	EK BİLGİ	KESİKLİ-FİLAMENT
Se1F1-1	-----	-----	-----	-----	-----
Se2F1-2	-----	-----	-----	-----	-----
Se3F12-1	-----	-----	-----	-----	-----
Se4F12-2	-----	-----	-----	-----	-----
Se5F12-3	-----	-----	-----	-----	-----
Se6F13-1	-----	-----	-----	-----	-----
Se7F13-2	-----	-----	-----	-----	-----
Se8F13-3	-----	-----	-----	-----	-----
Se9F16-1	-----	-----	-----	-----	-----
Se10F16-2	-----	-----	-----	-----	-----
Se11F17-1	-----	-----	-----	-----	-----
Se12F17-2	-----	-----	-----	-----	-----
Se13F17-3	-----	-----	-----	-----	-----
Se14F17-4	-----	-----	-----	Silk Noil Tarak Altı Kısa İpek	-----
Se15F17-5	-----	-----	-----	Silk Noil Tarak Altı Kısa İpek	-----
Se16F17-6	-----	-----	-----	Silk Noil Tarak Altı Kısa İpek	-----
Se17F17-7	-----	-----	-----	-----	-----
Se18F17-8	-----	-----	-----	-----	-----
Se19F17-9	-----	-----	-----	-----	-----
Se20F17-10	20/22 denye	-----	-----	Ham İpek Serisini Alınmamış	-----
Se21F17-11	20/22 denye	-----	-----	Ham İpek Serisini Alınmamış	-----
Se22F17-12	-----	-----	-----	Bombx Mori Irkı Böcek Kuru Kozasından Alınmıştır	-----
Se23F17-13	-----	-----	-----	Bombx Mori Irkı Böcek Kuru Kozasından Alınmıştır	-----

Se24F18-17	-----	-----	-----	-----	-----
Se25F18-18	-----	-----	-----	-----	-----
Se26F20-1	-----	-----	-----	-----	-----
Se27F20-2	-----	-----	-----	-----	-----
Se28F20-3	-----	-----	-----	-----	-----
Se29F21-1	-----	-----	-----	-----	-----
Se30F21-2	-----	-----	-----	-----	-----
Se31F25-1	-----	-----	-----	-----	Staple
fSe32F25-2	-----	-----	-----	-----	Filament

Tablo 44 Yün Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri

NUMUNE KODU	İNCELİK (Numara)	UZUNLUK	RENK	EK BİLGİ	KESİKLİ-FİLAMENT
Wo1F1-1	23 mikron	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wo2F1-2	23 mikron	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wo3F3-1	22 mikron	70 mm	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wo4F3-2	22 mikron	70 mm	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wo5F5-1	21,5 mikron	-----	Doğal Rengi	Almanya	Stapel
Wo6F5-2	21,5 mikron	-----	Doğal Rengi	Almanya	Stapel
Wo7F5-3	21,5 mikron	-----	Doğal Rengi	Almanya	Stapel
Wo8F8-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wo9F8-2	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wo10F12-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wo11F13-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wo12F13-2	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wo13F1-1	22 mikron	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wo14F14-2	19,5 mikron	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wo15F14-3	29 mikron	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wo16F14-4	25 mikron	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wo17F15-1	34 mikron	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wo18F15-2	27 mikron	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wo19F15-3	22 mikron	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wo20F16-1	21 mikron	-----	Doğal Rengi	Tops	Stapel
Wo21F20-1	-----	-----	-----	-----	Stapel
Wo22F20-2	-----	-----	-----	-----	Stapel
Wo23F21-1	23 mikron	-----	Doğal Rengi	Avustralya Cut tops	Stapel
Wo24F21-2	23 mikron	-----	Doğal Rengi	Avustralya Cut tops	Stapel
Wo25F22-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wo26F22-2	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wo27F23-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wo28F23-2	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wo29F25-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wo30F25-2	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel

Tablo 45 Tiftik Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri

NUMUNE KODU	İNCELİK (NUMARA)	UZUNLUK	RENK	EK BİLGİ	KESİKLİ-FİLAMENT
Wm1F15-1	33 mikron	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wm2F15-2	33 mikron	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wm3F15-3	33 mikron	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wm4F22-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wm5F22-2	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wm6F22-3	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wm7F22-4	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel

Tablo 46 Kaşmir Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri

NUMUNE KODU	İNCELİK (Numara)	UZUNLUK	RENK	EK BİLGİ	KESİKLİ-FİLAMENT
Ws1F1-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Ws2F1-2	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Ws3F12-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Ws4F12-2	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Ws5F13-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Ws6F13-2	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Ws7F13-3	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel

Tablo 47 Alpaka Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri

NUMUNE KODU	İNCELİK (Numara)	UZUNLUK	RENK	EK BİLGİ	KESİKLİ-FİLAMENT
Wp1F15-1	33 mikron	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wp2F15-2	33 mikron	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wp3F15-3	33 mikron	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wp4F22-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wp5F22-2	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wp6F22-3	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wp7F22-4	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel

Tablo 48 Angora Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri

NUMUNE KODU	İNCELİK (Numara)	UZUNLUK	RENK	EK BİLGİ	KESİKLİ-FİLAMENT
Wa1F1-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wa2F1-2	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wa3F20-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wa4F20-2	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wa5F20-3	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wa6F21-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wa7F21-2	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel

Wa8F21-3	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wa9F25-1	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wa10F25-2	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel
Wa11F25-3	-----	-----	Doğal Rengi	-----	Stapel

Tablo 49 Poliester Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri

NUMUNE KODU	İNCELİK (Numara)	UZUNLUK	RENK	EK BİLGİ	KESİKLİ-FİLAMENT
PES1F1-1	1,3 dtex	32 mm	Beyaz	-----	Stapel
PES2F1-2	1,3 dtex	32 mm	Beyaz	-----	Stapel
PES3F2-1	1,6 dtex	-----	Beyaz	F10'dan Temin Edilmiş	Stapel
PES4F2-2	3,3 dtex	-----	Siyah	F10'dan Temin Edilmiş	Stapel
PES5F3-1	1,2 denye	32 mm	Beyaz	F10'dan Temin Edilmiş	Stapel
PES6F3-2	1,4 denye	32 mm	Siyah	F10'dan Temin Edilmiş	Stapel
PES7F3-3	1,5 denye	30 mm	Mavi	F10'dan Temin Edilmiş	Stapel
PES8F5-1	1,4 denye	38 mm	-----	F10'dan Temin Edilmiş	Stapel
PES9F5-2	1,4 denye	38 mm	-----	F10'dan Temin Edilmiş	Stapel
PES10F8-1	1,5 denye	38 mm	Beyaz	-----	Stapel
PES11F8-2	1,5 denye	38 mm	Kırmızı	-----	Stapel
PES12F8-3	1,7 denye	32 mm	Kahve rengi	-----	Stapel
PES13F8-4	1,7 denye	38 mm	Yeşil-Haki	-----	Stapel
PES14F8-5	1,7 denye	38 mm	Lacivert	-----	Stapel
PES15F8-6	1,5 denye	38 mm	Siyah	-----	Stapel
PES16F9-1	-----	-----	Mat-Beyaz	-----	Filament
PES17F9-2	-----	-----	Parlak-Beyaz	-----	Filament
PES18F9-3	-----	-----	Yarı-Mat Beyaz	-----	Filament
PES19F9-4	-----	-----	Parlak-Altın Rengi	-----	Filament
PES20F10-1	12	60 mm	Siyah	Nonwoven Tipi	Stapel
PES21F10-2	2,5	38 mm	Siyah	Nonwoven Tipi	Stapel
PES22F10-3	6	60 mm	Siyah	Nonwoven Tipi	Stapel
PES23F10-4	1,4	38 mm	Siyah	Tekstil Tipi	Stapel
PES24F10-5	1,5	38 mm	Kahve r.	Tekstil Tipi	Stapel
PES25F10-6	1,5	38 mm	Siyah	Nonwoven Tipi	Stapel
PES26F10-7	1,5	38 mm	Siyah	Nonwoven Tipi	Stapel
PES27F10-8	3	60 mm	Siyah	Nonwoven Tipi	Stapel
PES28F10-9	1,4	38 mm	Beyaz	Nonwoven Tipi	Stapel
PES29F10-10	15	64 mm	Beyaz	Hollow Conjugate Silikon	Stapel
PES30F10-11	0,9	32 mm	Beyaz	Tekstil Tipi Mikro Elyaf	Stapel
PES31F10-12	6	59 mm	Beyaz	Fiberfill	Stapel
PES32F10-13	3	38 mm	Beyaz	Nonwoven Tipi	Stapel
PES33F10-14	7	64 mm	Beyaz	Hollow Conjugate Silikon	Stapel
PES34F10-15	1,5	38 mm	Optik Beyaz	-----	Stapel

PES35F10-16	1,4	38 mm	Beyaz	Tekstil Tipi	Stapel
PES36F11-1	3 denye	-----	Deve Tüyü	-----	Stapel
PES37F11-2	6 denye	-----	Beyaz	-----	Stapel
PES38F11-3	7 denye	-----	Mavi	-----	Stapel
PES39F11-4	7 denye	-----	Mavi Gri	-----	Stapel
PES40F12-1	-----	-----	Kırmızı	-----	Stapel
PES41F12-2	34 µm	6 mm	Beyaz	Beton Mukavemeti	Stapel
PES42F13-1	1,3	38 mm	-----	-----	Stapel
PES43F13-2	1,3	38 mm	-----	-----	Stapel
PES44F16-1	2,4 dtex	-----	Beyaz	Tops	Stapel
PES45F16-2	2,4 dtex	-----	Beyaz	Tops	Stapel
PES46F19-1	-----	-----	-----	-----	Stapel
PES47F19-2	-----	-----	-----	-----	Stapel
PES48F20-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
PES49F20-2	-----	-----	Siyah	-----	Stapel
PES50F20-3	-----	-----	Yeşil Grusten	-----	Stapel
PES51F20-4	-----	-----	Siyah Trevira	-----	Stapel
PES52F21-1	1,3 dtex	38 mm	-----	-----	Stapel
PES53F22-1	-----	-----	-----	-----	Stapel
PES54F23-1	-----	-----	-----	-----	Stapel
PES55F24-1	7 denye	64 mm	Beyaz	Holow Conjugate Siliconized	Stapel
PES56F24-2	-----	-----	Beyaz	Geri Dönüşümden Elde Edilmiş (Recycled)	Stapel
PES57F24-3	-----	-----	Beyaz	Geri Dönüşümden Elde Edilmiş (Recycled)	Stapel
PES58F25-1	-----	-----	-----	-----	Stapel
PES59F25-2	-----	-----	-----	-----	Stapel
fPES60F25-3	Ne60/1	-----	-----	-----	Filament
fPES61F25-4	Ne60/1	-----	-----	-----	Filament
PES62F26-1	7 denye	64 mm	Beyaz	Psf Hcs Virgin - Kore	Stapel
PES63F26-2	6 denye	51 mm	Beyaz	Psf-Antimikro-biyal Virgin ABD	Stapel
PES64F26-3	7 denye	32 mm	Beyaz	Psf Hcs-Eastlon	Stapel
PES65F26-4	6,67	54 mm	Beyaz	Psf -Wellman	Stapel
PES66F26-5	6 denye	64 mm	Beyaz	Psf Holow Dry Virgin - Kore	Stapel
PES67F26-6	7 denye	32 mm	Beyaz	PsfHcs Virgin- ABD	Stapel
PES68F26-7	7 denye	64 mm	Beyaz	Hcs-Stein F.	Stapel
PES69F26-8	7 denye	64 mm	Beyaz	Psf Hcs -Eastlon	Stapel
PES70F26-9	7 denye	32 mm	Beyaz	PsfHs- Eastlon	Stapel
PES71F26-10	7 denye	32 mm	Beyaz	Psf Hcs-Stein Fibres	Stapel

PES72F26-11	7 denye	32 mm	Beyaz	PsfHcs Virgin-Stein Fibres	Stapel
PES73F26-12	7 denye	64 mm	Beyaz	Virgin-Stein Fibres	Stapel
PES74F26-13	7 denye	64 mm	Beyaz	Geri Dönüşüm Hcs-Stein Fibres	Stapel
PES75F26-14	7 denye	64 mm	Beyaz	Geri Dönüşüm Psf Hcs- Çin	Stapel
PES76F26-15	7 denye	64 mm	Beyaz	Virgin- Stein Fibres	Stapel
fPES77F29-1	220/96 dtex	-----	Sarı	Dope Dyed	Filament
fPES78F29-2	150 denye 167/192 dtex	-----	Eflatun	Dope Dyed	Filament
fPES79F29-3	150 denye 167/48 dtex	-----	Parlak Krem r.	Dope Dyed	Filament
fPES80F29-4	150 denye 167/3 dtex	-----	Sarı	Dope Dyed	Filament
fPES81F29-5	1210/288 dtex	-----	Yarı-Mat Beyaz	-----	Filament
fPES82F29-6	75/24 dtex	-----	Yarı-Mat Beyaz	-----	Filament
fPES83F29-7	150 denye 167/48 dtex	-----	Yarı-Mat Beyaz	-----	Filament
fPES84F29-8	150 denye 167/36dtex	-----	Yarı-Mat Beyaz	-----	Filament
fPES85F29-9	150 denye 167/288 dtex	-----	Yarı-Mat Beyaz	-----	Filament
fPES86F2910	150 denye 167/48dtex	-----	Parlak Beyaz	-----	Filament
fPES87F2911	150 denye 167/72	-----	Mat Beyaz	-----	Filament
fPES88F2912	20denye/1 flaman 22/1dtex	-----	Yarı-Mat Beyaz	-----	Filament
fPES89F2913	110/96 dtex	-----	Yarı-Mat Beyaz	-----	Filament
fPES90F2914	200denye/ 10 flaman 225/10dtex	-----	Yarı-Mat Beyaz	-----	Filament
fPES91F2915	211/49dtex	-----	Beyaz	Elastik Puntalı Kaplama	Filament
fPES92F2916	211/97dtex	-----	Beyaz	Elastik Bükümlü Kaplama	Filament

Tablo 50 Akrilik Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri

NUMUNE KODU	İNCELİK (Numara)	UZUNLUK	RENK	EK BİLGİ	KESİKLİ-FİLAMENT
PAN1F1-1	1,3 dtex	38 mm	Beyaz	-----	Stapel
PAN2F1-2	1,3 dtex	38 mm	Beyaz	-----	Stapel
PAN3F1-3	1,3 dtex	38 mm	Parlak Beyaz	-----	Stapel
PAN4F1-4	1,3 dtex	38 mm	Parlak Beyaz	-----	Stapel
PAN5F3-1	-----	-----	Beyaz	F28'den Temin	Stapel
PAN6F8-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
PAN7F8-2	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
PAN8F13-1	1,3 dtex	32 mm	Beyaz	-----	Stapel
PAN9F13-2	1,3 dtex	32 mm	Beyaz	-----	Stapel
PAN10F14-1	3,3 dtex	-----	Yarı-Mat Beyaz	-----	Stapel
PAN11F14-2	3,3 dtex	-----	Parlak Beyaz	-----	Stapel
PAN12F14-3	2,2 dtex	-----	Yarı-Mat Beyaz	-----	Stapel
PAN13F14-4	5,6 dtex	-----	Parlak Beyaz	-----	Stapel
PAN14F14-5	5,6 dtex	-----	Yarı-Mat Beyaz	-----	Stapel
PAN15F14-6	2,2 dtex	-----	Parlak Beyaz	-----	Stapel
PAN16F15-1	3 denye	-----	Yarı-Mat Beyaz	-----	Stapel
PAN17F15-2	3 denye	-----	Parlak Beyaz	-----	Stapel
PAN18F15-3	5 denye	-----	Parlak Beyaz	-----	Stapel
PAN19F16-1	3,3 dtex	-----	Kahve r.	Tops	Stapel
PAN20F16-2	3,3 dtex	-----	Kahve r.	Tops	Stapel
PAN21F20-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
PAN22F21-1	1,3 dtex	40 mm	Beyaz	-----	Stapel
PAN23F22-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
PAN24F24-1	-----	-----	Pembe	-----	Stapel
PAN25F25-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
fPAN26F25-2	-----	-----	Beyaz	-----	Filament
PAN27F26-1	1,5 denye	44 mm	Parlak Beyaz	Kuru Çekim Indian Akrilik	Stapel
PAN28F26-2	1,5 denye 60 ktex	-----	Beyaz	Tow Indian Dupont	-----
PAN29F26-3	2 denye 60 ktex	-----	Beyaz	Tow Indian Dupont	-----
PAN30F26-4	2 denye	51 mm	Parlak Siyah	Mitsubishi Rayon Co. Ltd.	Staple
PAN31F26-5	2denye 20 ktex	-----	Optik Beyaz	Normal Shrink Indian Akrilik Ltd.	-----
PAN32F26-6	3 denye 65 ktex	-----	Parlak Beyaz	Kuru Çekim Tow Hindistan	-----
PAN33F26-7	0,9 denye	44 mm	Parlak Beyaz	Reg. Shrink Indlon	Staple

PAN34F26-8	1,2 denye	44 mm	Parlak Beyaz	Kuru Hindistan Çekim	Staple
PAN35F26-9	1 dtex	38 mm	Parlak Beyaz	Exlan Japan	Staple
PAN36F26-10	1,7 dtex	38 mm	Parlak Beyaz	Exlan Japan	Staple
PAN37F26-11	2 denye	44 mm	Parlak Beyaz	Mitsubishi Rayon Co.	Staple
PAN38F26-12	1,5 denye	38 mm	Beyaz	Indlon	Staple
PAN39F26-13	1,2 denye	38 mm	Beyaz	Reg. Shrink Indlon Dupont	Staple
PAN40F26-14	0,9 dtex	38 mm	Parlak Beyaz	Exlan Japan	Staple
PAN41F26-15	3 denye 90 ktex	-----	Parlak Beyaz	Reg. Tow	-----
PAN42F28-1	5,6 dtex	-----	Parlak Mavi	High Bulk	Tops Koparma
PAN43F28-2	2,2 dtex	50 mm	Parlak krem kahve	Relax	Staple
PAN44F28-3	2,2 dtex	45 mm	Parlak Yeşil	Relax Tarak Bandı	Staple
PAN45F28-4	5,6 dtex	-----	Parlak Açık Mavi	Relax	Tops Koparma
PAN46F28-5	3 dtex	-----	Parlak Bordo	High Bulk	Tops Koparma
PAN47F28-6	2,75 dtex	-----	Yarı-Mat Siyah	High Bulk	Tops Koparma
PAN48F28-7	2,2 dtex	50 mm	Parlak Siyah	Relax	Staple
PAN49F28-8	2,2 dtex	45 mm	Parlak Turuncu	Relax	Staple
PAN50F28-9	5,6 dtex	64 mm	Parlak Yeşil	Relax	Staple
PAN51F28-10	2,2 dtex	45 mm	Parlak Turuncu	Relax	Staple
PAN52F28-11	1,3 dtex	38 mm	Parlak Siyah	Relax	Staple
PAN53F28-12	2,2 dtex	45 mm	Parlak kahve-turuncu	Relax Tarak Bandı	Staple
PAN54F28-13	2,75 dtex	-----	Parlak Siyah	High Bulk	Tops Koparma
PAN55F28-14	3,3 dtex	-----	Yarı-Mat Siyah	Relax	Tops Koparma
PAN56F28-15	3,3 dtex	30 mm	Parlak Koyu Yeşil	Relax	Staple
PAN57F28-16	3,3 dtex	80 mm	Parlak Kahve r.	Relax	Staple
PAN58F28-17	2,75 dtex	60 mm	Parlak Kahve r.	Relax	Staple
PAN59F28-18	2,75 dtex	-----	Yarı-Mat Siyah	High Bulk	Tops Koparma
PAN60F28-19	2,2 dtex	40 mm	Parlak Siyah	Relax	Staple
PAN61F28-20	2,75 dtex	76 mm	Parlak Siyah	Relax	Staple
PAN62F28-21	2,2 dtex	50 mm	Parlak Yeşil	Relax	Staple
PAN63F28-22	2,2 dtex	50 mm	Parlak Yeşil	Relax	Staple
PAN64F28-23	2,2 dtex	45 mm	Parlak Yeşil	Relax	Staple

PAN65F28-24	5,6 dtex	64 mm	Parlak Yeşil	Relax	Staple
PAN66F28-25	2,2 dtex	50 mm	Parlak Kırmızı	Relax	Staple
PAN67F28-26	3 dtex	60 mm	Parlak Kahve-Turuncu	Relax	Staple
PAN68F28-27	2,2 dtex	45 mm	Parlak Kızıl	Relax Tarak Bandı	Staple
PAN69F28-28	5,6 dtex		Parlak Kahve r.	Relax	
PAN70F28-29	13,2 dtex	150 mm	Parlak Eflatun	Relax	Stapel
PAN71F28-30	2,2 dtex	50 mm	Parlak Pembe	Relax Tarak Bandı	Stapel
PAN72F28-31	2,2 dtex	50 mm	Parlak Mavimsi Yeşil	Relax	Stapel
PAN73F28-32	3,3 dtex	60 mm	Parlak Gri	Relax	Stapel
PAN74F28-33	2,2 dtex	45 mm	Parlak Gri	Relax Tarak Bandı	Stapel
PAN75F28-34	2,2 dtex	45 mm	Parlak Gri	Relax	Stapel
PAN76F28-35	2,2 dtex	50 mm	Parlak Gri	Relax	Stapel
PAN77F28-36	3,3 dtex	60 mm	Parlak Açık Mavi	Relax	Stapel
PAN78F28-37	11 dtex	-----	Parlak Açık Mavi	Relax	Tov Koparma
PAN79F28-38	2,2 dtex	50 mm	Parlak Sarı	Relax Tarak Bandı	Stapel
PAN80F28-39	2,2 dtex	45 mm	Parlak Sarı	Relax	Stapel
PAN81F28-40	2,2 dtex	50 mm	Parlak Sarı	Relax Tarak Bandı	Stapel
PAN82F28-41	8,9 dtex	-----	Yarı-Mat Krem r.	AR	Tops Koparma
PAN83F28-42	2,2 dtex	45 mm	Parlak Krem r.	Relax Tarak Bandı	Staple
PAN84F28-43	2,2 dtex	45 mm	Parlak Koyu Krem r.	Relax Tarak Bandı	Staple
PAN85F28-44	2,2 dtex	45 mm	Parlak Koyu Krem r.	Relax Tarak Bandı	Staple
PAN86F28-45	8,9 dtex	150 mm	Krem r.	Relax	Stapel
PAN87F28-46	6,6 dtex	150 mm	Krem r.	Relax	Stapel
PAN88F28-47	7,7 dtex	150 mm	Parlak Açık Krem r.	Relax	Staple
PAN89F28-48	3,3 dtex	82 mm	Parlak Beyaz	Relax	Staple
PAN90F28-49	1,3 dtex	40 mm	Parlak Beyaz	Relax	Staple
PAN91F28-50	5,6 dtex	25 mm	Parlak Beyaz	Relax	Staple
PAN92F28-51	3,3 dtex	-----	Parlak Beyaz	Relax	Tops Koparma
PAN93F28-52	5,6 dtex	130 mm	Parlak Beyaz	Relax	Staple
PAN94F28-53	3,3 dtex	60 mm	Yarı-Mat Beyaz	Relax	Staple
PAN95F28-54	3,3 dtex	64 mm	Yarı-Mat Beyaz	Yüksek Çekim	Staple
PAN96F28-55	3,3 dtex	64 mm	Yarı-Mat Beyaz	Yüksek Çekim	Staple
PAN97F28-56	2,2 dtex	50 mm	Parlak Beyaz	Relax Tarak Bandı	Staple
PAN98F28-57	1,7 dtex	38 mm	Yarı-Mat Beyaz	Relax	Staple
PAN99F28-58	3,3 dtex	-----	Parlak Beyaz	High Bulk	Tops Koparma

PAN100F28-59	0,9 dtex	38 mm	Parlak Beyaz	Relax	Staple
PAN101F28-60	1,7 dtex	36 mm	Parlak Beyaz	Relax	Staple
PAN102F28-61	3,3 dtex	25 mm	Parlak Beyaz	Relax	Staple
PAN103F28-62	7,7 dtex	25 mm	Parlak Beyaz	Relax	Staple
PAN104F28-63	3,3 dtex	64 mm	Parlak Beyaz	Relax	Staple
PAN105F28-64	1,3 dtex	40 mm	Yarı-Mat Beyaz	Relax	Staple
PAN106F28-65	1,3 dtex	40 mm	Parlak Beyaz	Relax	Staple

Tablo 51 Poliamid Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri

NUMUNE KODU	İNCELİK (Numara)	UZUNLUK	RENK	EK BİLGİ	KESİKLİ-FİLAMENT
PA6,61F1-1	1,7	40 mm	Beyaz	-----	Stapel
PA6,62F1-2	1,7	40 mm	Beyaz	-----	Stapel
PA63F2-1	1,9 dtex		Beyaz	-----	Stapel
PA4F3-1	1,5 denye	38 mm	Beyaz	-----	Stapel
PA5F3-2	1,5 denye	38 mm	Beyaz	-----	Staple
PA6F8-1	-----	-----	Kırçılı	-----	Staple
PA7F8-2	-----	-----	Kırçılı	-----	Staple
fPA8F9-1	-----	-----	Yarı-Mat Kırmızı	-----	Filament
fPA9F9-2	-----	-----	Yarı-Mat Lacivert	-----	Filament
fPA10F9-3	-----	-----	Yarı-Mat Düz	-----	Filament
fPA11F9-4	-----	-----	Parlak Düz	-----	Filament
fPA12F9-5	-----	-----	Yarı-Mat Muss	-----	Filament
PA13F13-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
PA14F13-2	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
PA15F15-1	3 denye	-----	Beyaz	-----	Stapel
PA16F15-2	6 denye	-----	Beyaz	-----	Stapel
PA17F16-1	3,3 dtex	-----	Beyaz	Tops	Stapel
PA18F16-2	3,3 dtex	-----	Beyaz	Tops	Stapel
PA19F16-3	3,3 dtex	-----	Beyaz	Tops	Stapel
PA20F21-1	1,5 dtex	-----	Beyaz	-----	Stapel
PA21F21-2	1,5 dtex	-----	Beyaz	-----	Staple
PA22F22-1	-----	-----	Beyaz	-----	Staple
PA23F22-2	-----	-----	Beyaz	-----	Staple
PA24F23-1	-----	-----	Beyaz	-----	Staple
PA25F23-2	-----	-----	Beyaz	-----	Staple
PA26F25-1	-----	-----	Beyaz	-----	Staple
fPA27F25-2	-----	-----	Beyaz	-----	Staple
fPA28F27-2	44 dtex/13f	-----	Beyaz	Z Büküm PA6	Filament
fPA29F27-2	44 dtex/13f	-----	Beyaz	Z Büküm PA6,6	Filament
fPA30F27-3	78 dtex/24f	-----	Beyaz	Z Büküm PA6	Filament
fPA31F27-4	22 dtex/7f	-----	Beyaz	Z Büküm PA6,6	Filament

fPA32F27-5	17 dtex/5f	-----	Beyaz	S Büküm PA6,6	Filament
fPA33F27-6	11 dtex/5f	-----	Beyaz	S Büküm PA6,6	Filament
fPA34F27-7	44 dtex/34f	-----	Beyaz	S Büküm PA6,6	Filament
fPA35F27-8	33 dtex/10f	-----	Beyaz	S Büküm PA6,6	Filament
fPA36F27-9	33 dtex/10f	-----	Beyaz	Z Büküm PA6	Filament
fPA37F27-10	22 dtex/7f	-----	Beyaz	S Büküm PA6	Filament

Tablo 52 Polipropilen Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri

NUMUNE KODU	İNCELİK (Numara)	UZUNLUK	RENK	EK BİLGİ	KESİKLİ-FİLAMENT
PP1F1-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
PP2F1-2	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
PP3F2-1	2,2 dtex	-----	Beyaz	Fibervision	Stapel
PP4F2-2	2,2 dtex	-----	Beyaz	Fibervision	Stapel
PP5F11-1	17 denye	-----	Parlak Lacivert	-----	Stapel
PP6F11-2	10 denye	-----	Kırmızı	-----	Stapel
PP7F11-3	5 denye	-----	Gri	-----	Stapel
PP8F11-4	4 denye	-----	Açık Mavi	-----	Stapel
PP9F11-5	25 denye	-----	Kahverengi	-----	Stapel
PP10F11-6	25 denye	-----	Füme	-----	Stapel
PP11F11-7	5 denye	-----	Pembe	-----	Stapel
PP12F11-8	5 denye	-----	Parlak Yeşil	-----	Stapel
PP13F11-9	15 denye	-----	Kahverengi	-----	Stapel
PP14F11-10	4 denye	-----	Turuncu	-----	Stapel
PP15F11-11	4 denye	-----	Yeşil	-----	Stapel
PP16F11-12	6 denye	-----	Sarı	-----	Stapel
PP17F11-13	22 denye	-----	Deve Tüyü Rengi	-----	Stapel
PP18F11-14	10 denye	-----	Açık Sarı	-----	Stapel
PP19F11-15	4 denye	-----	Beyaz	-----	Stapel
PP20F25-1	-----	-----	-----	-----	Stapel

Tablo 53 Polietilen Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri

NUMUNE KODU	İNCELİK (Numara)	UZUNLUK	RENK	EK BİLGİ	KESİKLİ-FİLAMENT
PE1F11-1	13 denye	-----	Parlak Yeşilimsi Mavi	-----	Stapel
PE2F11-2	13 denye	-----	Kırmızı	-----	Stapel
PE3F11-3	13 denye	-----	Kırmızı	-----	Stapel
PE4F11-4	13 denye	-----	Leylak Rengi	-----	Stapel
PE5F11-5	13 denye	-----	Siyah	-----	Stapel

Tablo 54 Viskon Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri

NUMUNE KODU	İNCELİK (Numara)	UZUNLUK	RENK	EK BİLGİ	KESİKLİ-FİLAMENT
CV1F1-1	1,3 dtex	39 mm	Beyaz	-----	Stapel
CV2F1-2	1,3 dtex	39 mm	Beyaz	-----	Stapel
CV3F2-1	3,3 dtex	-----	Leylak Rengi	Lenzig	Stapel
CV4F2-2	3,3 dtex	-----	Turuncu	Lenzig	Stapel
CV5F2-3	3,3 dtex	-----	Sarı	Lenzig	Stapel
CV6F2-4	2,8 dtex	-----	Mat Beyaz	Lenzig	Stapel
CV7F3-1	-----	-----	Siyah	Hindistan	Stapel
CV8F3-2	1,5 denye	38 mm	Beyaz	Tayvan	Stapel
CV9F4-1	1,3 dtex1,17 denye	38 mm	Parlak Beyaz	Vicunha Brezilya	Stapel
CV10F4-2	1,3 dtex1,17 denye	39 mm	Parlak Beyaz	Vicunha Brezilya	Stapel
CV11F5-1	1,7 dtex	39 mm	Beyaz	Lenzig Avusturya	Stapel
CV12F5-2	1,7 dtex	39 mm	Beyaz	Lenzig Avusturya	Stapel
CV13F8-1	1,33 dtex	32 mm	Beyaz	-----	Stapel
CV14F8-2	1,7 dtex	38 m	Siyah	-----	Stapel
CV15F12-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
CV16F12-2	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
CV17F13-1	1,3	39 mm	Beyaz	-----	Stapel
CV18F13-2	1,3	39 mm	Beyaz	-----	Stapel
CV19F16-1	3,3 dtex	-----	Siyah	Tops	Stapel
CV20F16-2	3,3 dtex	-----	Siyah	Tops	Stapel
CV21F19-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
CV22F19-2	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
CV23F19-3	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
CV24F20-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
CV25F20-2	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
CV26F20-3	-----	-----	Siyah	-----	Stapel
CV27F20-4	-----	-----	Siyah	-----	Stapel
CV28F21-1	1,3 dtex	40 mm	Beyaz	Lenzig	Stapel
CV29F21-2	1,3 dtex	40 mm	Beyaz	Danufill	Stapel
CV30F22-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
CV31F23-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
CV32F23-2	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
CV33F25-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
fCV34F25-2	-----	-----	Beyaz	-----	Filament
CV35F26-1	1,2 denye	38 mm	Beyaz	Rayonstar	Staple
CV36F26-2	1,17 denye	38 mm	Parlak Beyaz	Fibra	Staple
CV37F26-3	1,7 dtex	38 mm	Parlak Beyaz	Snıace	Staple
CV38F26-4	1,4 dtex	38 mm	Beyaz	Omikenshi	Staple
CV39F26-5	1,7 dtex	38 mm	Parlak Siyah	Snıace İspanya	Staple
CV40F26-6	1,7 dtex	51 mm	Mat Sarı	Nonwoven Tipi	Staple

CV41F26-7	1,5 denye	38 mm	Parlak Beyaz	Fibra	Staple
CV42F26-8	1,1 dtex	32 mm	Parlak Beyaz	Vicunha	Staple
CV43F26-9	3 denye	51 mm	Parlak Beyaz	Snice İspanya	Staple
CV44F26-10	1,5 denye	38 mm	Beyaz	Rayonstar	Staple
CV45F26-11	1,4 dtex	38 mm	Beyaz	Daiwabo	Staple
CV46F26-12	6 denye	61 mm	Beyaz	Tayvan	Staple

Tablo 55 Tencel Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri

NUMUNE KODU	İNCELİK (Numara)	UZUNLUK	RENK	EK BİLGİ	KESİKLİ-FİLAMENT
T1F1-1	1,3 dtex	38 mm	Beyaz	-----	Stapel
T2F1-2	1,3 dtex	38 mm	Beyaz	-----	Stapel
T3F3-1	1,4 dtex	38 mm	Beyaz	Filofibra	Stapel
T4F3-2	1,4 dtex	38 mm	Beyaz	Filofibra	Stapel
T5F12-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
T6F12-2	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
T7F12-3	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
TL1F12-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
TL2F12-2	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
TL3F12-3	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
T8F19-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
T9F19-2	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
T10F19-3	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
T11F20-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
T12F20-2	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
T13F20-3	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
T14F20-4	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
T15F23-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
T16F23-2	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel

Tablo 56 Rejene Bambu Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri

NUMUNE KODU	İNCELİK (Numara)	UZUNLUK	RENK	EK BİLGİ	KESİKLİ-FİLAMENT
RB1F1-1	1,5 dtex	38 mm	Beyaz	-----	Stapel
RB2F1-2	1,5 dtex	38 mm	Beyaz	-----	Stapel
RB3F3-1	1,5 dtex	38 mm	Beyaz	-----	Stapel
RB4F3-2	1,5 dtex	38 mm	Beyaz	-----	Stapel
RB5F3-3	1,5 dtex	38 mm	Beyaz	-----	Stapel
RB9F12-4	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
RB10F12-5	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
RB11F13-1	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
RB12F13-2	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel

RB13F13-3	-----	-----	Beyaz	-----	Stapel
-----------	-------	-------	-------	-------	--------

Tablo 57 Soya Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri

NUMUNE KODU	İNCELİK (Numara)	UZUNLUK	RENK	EK BİLGİ	KESİKLİ-FİLAMENT
SPF1F3-1	1,5 dtex	38 mm	Sarımtırak (doğal rengi)	-----	Staple
SPF2F3-2	1,5 dtex	39 mm	Sarımtırak (doğal rengi)	-----	Staple
SPF3F3-3	1,5 dtex	40 mm	Sarımtırak (doğal rengi)	-----	Staple
SPF4F12-1	-----	-----	Sarımtırak (doğal rengi)	-----	Staple
SPF5F12-2	-----	-----	Sarımtırak (doğal rengi)	-----	Staple
SPF6F17-14	1,5 dtex	-----	Sarımtırak (doğal rengi)	-----	Staple
SPF7F17-15	1,5 dtex	-----	Sarımtırak (doğal rengi)	-----	Staple
SPF8F17-16	1,5 dtex	-----	Sarımtırak (doğal rengi)	-----	Staple
SPF9F17-17	1,5 dtex	38 mm	Beyazlatılmış	-----	Staple
SPF10F17-18	1,5 dtex	38 mm	Beyazlatılmış	-----	Staple
SPF11F17-19	1,5 dtex	38 mm	Beyazlatılmış	-----	Staple
SPF12F17-20	1,5 dtex	76 mm	Sarımtırak (doğal rengi)	-----	Şerit
SPF13F17-21	1,5 dtex	76 mm	Sarımtırak (doğal rengi)	-----	Şerit
SPF14F17-22	1,5 dtex	76 mm	Sarımtırak (doğal rengi)	-----	Şerit
SPF15F20-1	-----	-----	Sarımtırak (doğal rengi)	-----	Staple
SPF16F20-2	-----	-----	Sarımtırak (doğal rengi)	-----	Staple

Tablo 58 Rejenere Kenevir (Hemp) Numunelerinin Temin Edildiği Firmalar Tarafından Verilen Özellikleri

NUMUNE KODU	İNCELİK (Numara)	UZUNLUK	RENK	EK BİLGİ	KESİKLİ-FİLAMENT
RH1F12-1	-----	-----	Beyaz	-----	Staple
RH2F12-2	-----	-----	Beyaz	-----	Staple
RH3F12-3	-----	-----	Beyaz	-----	Staple
RH4F12-4	-----	-----	Beyaz	-----	Staple

3.2. MİKROSKOP

Çalışmada Görüntü Analiz Programlı, 5 objektifli (x2,5; 10; 20; 40; 63 büyütme) Polarize Işık Mikroskobu LEICA DM 2500 P kullanılmıştır.

LEICA DM 2500 Polarize ışık mikroskobuna entegre ;

Leica Dijital Firewire Kamera (DFC) ve

Leica Application Suite (LAS) yazılımı, incelenen örneklerin fotoğraflanması ve analizlenmesinde kullanılmıştır (195).

3.3. KULLANILAN KİMYASALLAR VE MALZEMELER

İncelenecek preperatların hazırlanmasında aşağıda belirtilen kimyasallar ile araç ve malzemeler kullanılmıştır.

Entellan®New:

Bağlayıcı sıvı olarak kullanılan entellan®new; ksilen içinde çözülmüş polimerlerden imal edilmiştir. Bu polimerler çeşitli sentetik reçinelerin kombinasyonlarından oluşmaktadır.

Özellikleri:

Tutuşma Sıcaklığı	: > 250 °C
Yoğunluk	: 0,95 g/ cm ³ (20 °C)
Ph Değeri	: (H ₂ O) uygulanamaz
Kaynama Noktası	:137-143 °C
Buhar Basıncı	: < -8 hPa (20 °C)
Patlama Sınırları	:1,1-8,0 % (V) (ksilen)
Alevlenme Noktası	: 26 °C
Oda sıcaklığında bağlama süresi	: 20 dakika
Rengi	: Renksiz, tamamen şeffaf
Nötralite Asit Numarası	: < 2,5
Kırılma Indisi	: n ₂₀ ^d 1,49-1,50
Sıcaklığa karşı dayanımı	: 90°C üzeri
Soğuğa karşı dayanımı	: -17 °C altı
Viskosite (20 °C de)	: < 450cP
Çözücüler	:Aseton, eter, benzen, kloroform, dioksan, toluen, ksilen.
Su ile reaksiyonu	:Çok düşük, karıştırılmaz.
Kuru kaybı	: Yaklaşık % 75 (219).

Ksilen (Xylene):

Ksilen ticari olarak orto-ksilen, meta-ksilen ve para-ksilen isomerlerinin karışımından oluşmaktadır. Aromatik Hidrokarbondur.

Özellikleri:

Kimyasal Formülü : $C_6H_4(CH_3)_2$

Synonimleri : Dimetil benzen, ksilol, metil toluen, 1,4-dimetil benzen, violet 3

CAS Numarası : 1330-20-7

Görüntü ve Kokusu : o-ksilen ve m-ksilen berrak, renksiz, balsam (kınaçiçeği yumuşatıcı krem) kokusundadır. Düşük sıcaklıklarda para isomerleri berrak ve renksizdir.

Moleküler Ağırlık : 106,16

Kaynama Noktası (760 torr) : O - ksilen; 144 ° C, m - ksilen; 139 ° C, p- ksilen; 138 ° C

Erime Noktası : O - ksilen; - 25 ° C, m - ksilen; -47 ° C, p- ksilen; 13,4 ° C

Buhar Basıncı : O - ksilen; 0,91 kPa, m - ksilen; 1,12 kPa, p - ksilen; 1,118 kPa

Çözünürlük : Suda çözülmez. Alkol, eter, aseton, benzen içinde çözülür.

Yoğunluk : 0,865-0,875 g/ml

Destilasyon sınırları : 137-140 ° C, (220).

Lam-Lamel:

Çalışmada; 26 x 76 mm boyutlarında, 1 mm et kalınlığında kenarı rodajlı lam ile 24 x 50 mm boyutlarında 0,17 mm et kalınlığında lamel kullanılmıştır.

Plastik pensBistüri:

Çalışmada; 11 numara uçlu bisturi kullanılmıştır.

0,4 mm iç çapında plastik borular

Pipet

İplik

Lup

Sert Karton:

Çalışmada; 15x30 cm boyutlarında, üzeri siyah kadife kaplı karton kullanılmıştır.

Çakmak

3.4. LİFLERİN BOYUNA YÖNDE İNCELENMESİ

Çalışmada liflerin boyuna görüntülerinin alınması ve liflerin analizlenme işlemi şu şekilde yapılmıştır:

1. Lam üzerine entellan damlatılmıştır.
2. Analizlenecek lif, plastik pens yardımıyla entellan üzerine serbest halde, gerdirilmeden yatırılmıştır.
3. Lamel; lam ile arasında 45 ° açılı oluşturacak şekilde temas ettirilerek, yavaşça entellan içindeki lif üzerine, içerisinde hava kabarcıkları oluşturmayacak halde kapatılmıştır.
4. Örnek; Leica DM 2500 P Polarize ışık mikroskopunun tablası üzerine konularak; görüntü alınmış, elde edilen görüntü, Leica Application Suite Version 2.8.1 yazılımı ile bilgisayar ortamında fotoğraflanmıştır.
5. Elde edilen fotoğraflar; Leica Application Suite Version 2.8.1 yazılımı kullanılarak, her örnek lif görüntüsünün 5 ayrı yerinden en uzunluğu μm cinsinden ölçülmüş; elde edilen beş ölçümün aritmetik ortalaması, sapma aralıkları ve standart hatası hesaplanmıştır.
6. Her örnek için elde edilen sapma aralıklarının, her lif tür grubunda aritmetik ortalamaları ile maksimum ve minimum olan sapma aralıkları çıkarıldıktan sonra kalanların aritmetik ortalamaları hesaplanmıştır.

7. Her lif cinsinde, en uzunluklarında bulunan aritmetik ortalamalar içerisinde, maksimum ve minimum olanlar tespit edilmiş, her lif tür grubu için çalışılan incelik sınırları belirlenmiştir.

8. Liflerin boyuna görüntüleri, şekil ve renk özellikleri bakımından gözlenmiş, bu liflerin tanımlanması ve birbirleriyle karşılaştırma yapılmasında veri olacak, birbirlerinden farklı ve birbirlerine benzer yönleri tespit edilmiştir.

3.5. LİFLERİN KESİTSEL İNCELENMESİ

Çalışmada liflerin kesit görüntüleri şu şekilde alınmıştır.

1. Lif numuneleri, el ile birbirine göre paralel olacak şekilde taranarak yönlendirilmiş, plastik boru içerisinden geçecek kalınlıkta, bant formatı kazandırılmıştır.

2. Bu lif tutamı, orta kısmına sarılan ince bir iplik yardımıyla, yaklaşık 0,4 mm iç çapındaki plastik boru içerisinden geçirilmiştir.

3. Plastik borunun uç kısmından damlatılan entellan ile liflerin birbirlerine tutunmaları ve daha stabil bir yapı almaları sağlanmıştır.

4. Plastik boru, enine yönde, bistüri ile yaklaşık 0,5 mm uzunluğunda kesilmiştir.

5. 0,5 mm yüksekliğinde ve 0,4 mm iç çapında, içi birbirine tutunmuş lif numuneleri ile dolu parça, lam üzerine plastik pens yardımıyla konulmuş, üzerine entellan damlatıldıktan sonra, lamel ile kapatılmış ve Leica DM 2500 P Polarize ışık mikroskobunun tablası üzerine konularak; elde edilen görüntü Leica Application Suite Version 2.8.1 yazılımı ile bilgisayar ortamında fotoğraflanmıştır.

6. Liflerin kesit görüntüleri, şekil özellikleri bakımından gözlenmiş, bu liflerin tanımlanması ve birbirleriyle karşılaştırma yapılmasında veri olacak, birbirlerinden farklı ve birbirlerine benzer yönleri tespit edilmiştir.

3.6. LİFLERE UYGULANAN YAKMA TESTİ

Çalışmada incelenen liflere uygulanan yakma testi şu şekilde yapılmıştır.

1. Bir lif demeti pens yardımıyla alınmıştır.
2. Önce lif demeti çakmak alevine yavaşça yaklaştırılmış ve oluşan değişiklikler gözlenmiştir.
3. Elyaf tutuşur tutuşmaz alev geri çekilmiş ve elyafın yanması sırasında meydana gelen değişiklikler gözlenmiştir.
4. Yanma işlemi bitinceye kadar gözlem yapılmış, yanma sırasında meydana gelen duman ve koku belirlenmiştir.
5. Yanma sonrası meydana gelen kalıntı; renk ve biçim özellikleri bakımından gözlenmiştir.

4. BULGULAR

4.1. LİFLERİN BOYUNA YÖNLÜ GÖRÜNTÜLERİNDEN ELDE EDİLEN ÖLÇÜM DEĞERLERİ

Çalışmada analizi yapılan 21 çeşit lifin; minimum/maksimum incelik değerleri, sapma aralıklarının ortalaması, maksimum ve minimum sapma aralığı, maksimum ve minimum sapma aralıkları çıkarıldıktan sonra kalan sapma aralıklarının ortalaması ile analizi yapılan liflerin fotoğraf sayıları Tablo 59’da gösterilmiştir.

Tablo 59 Liflerin Boyuna Görüntülerinden Elde Edilen Ölçüm Değerleri

Lif Cinsi	Maks. Lif İnceliği (µm)	Min. Lif İnceliği (µm)	Sapma Aralıklarının Ortalaması	Maks. Sapma Aralığı	Min. Sapma Aralığı	Maks.-Min. Sapma Aralığı Çıkarıldıktan Sonra Kalan Sapma Aralıklarının Ortalaması	Analizlenen Lif Fotoğraf Sayısı
Pamuk	19,904	4,819	1,589	4,213	0,264	1,580	157
Kapok	20,383	5,788	1,054	3,496	0,145	1,019	46
Keten	35,496	4,316	0,784	5,595	0,116	0,756	147
Bambu	15,934	7,572	1,432	3,491	0,426	1,336	13
Hint Keneviri	18,260	6,589	0,484	1,328	0,140	0,421	10
İpek	46,277	3,922	0,774	4,375	0,144	0,760	76
Yün	30,149	7,815	0,784	1,688	0,183	0,750	54
Tiftik	41,210	9,553	0,502	1,087	0,169	0,445	22
Kaşmir	20,142	6,336	0,476	0,751	0,233	0,474	15
Alpaka	43,563	11,683	0,641	1,317	0,152	0,580	24
Angora	105,144	5,912	0,471	2,616	0,064	0,411	31
PES	76,604	4,999	0,375	1,337	0,053	0,317	99
PAN	26,905	4,573	0,432	1,628	0,104	0,424	106
PA	15,334	7,432	0,309	0,659	0,052	0,306	34
PP	54,017	7,793	0,461	1,148	0,190	0,391	19
PE	42,914	23,897	0,327	0,709	0,101	0,275	5
Viskon	13,475	5,606	0,342	1,078	0,062	0,332	45
Tencel	12,256	5,802	0,268	1,110	0,055	0,230	19
Soya	12,733	6,397	0,415	1,208	0,082	0,384	17
R. Bambu	11,708	5,341	0,265	0,537	0,108	0,251	10
R. Hemp	8,555	7,014	0,561	1,342	0,158	0,466	6

4.2. BOYUNA VE KESİTSEL GÖRÜNÜŞLER

Çalışmada toplam 4113 adet lif fotoğrafı incelenmiştir.

1. Pamuk lifine ait 334 adet uzunluğuna görünüş fotoğrafı incelendiğinde; pamuk liflerinin bükümlü bir görüntü verdiği, büküm yönünün lif boyunca aynı olmadığı örneğin; sağdan sola olan büküm yönünün aynı lifin herhangi bir yerinde soldan sağa döndüğü, aynı lif üzerinde bazı yerlerde büküm görülmediği ve yan yana duran iki silindirden oluşan bir şekil verdiği, bazı liflerin tamamen yassı ve şeffaf kurdeleler şeklinde görüldüğü tespit edilmiştir.

Beyaz zemin üzerinde pamuk liflerinin mavi, kahverengi, şeffaf ağırlıkta renkleri birbiri içine geçmiş olarak verdiği gözlenmiştir.

Pamuk liflerine ait kesit görüntüleri incelendiğinde; kimi liflerin böbrek ya da fasülye şeklinde dolgun göründükleri, kimi liflerin oval şekilde ve içerisinde geniş bir boşluğun olduğu, kimi liflerin ise yassı çubuklar şeklinde göründükleri tespit edilmiştir.

2. Kapok lifine ait 92 adet uzunluğuna görünüş fotoğrafı incelendiğinde; kapok liflerinin şeffaf şerit şeklinde görüntü verdikleri, kimi yerlerde pamuğunkine benzer şeffaf ve yassı kendi üzerine katlanma şekillerinin görüldüğü, kimi yerlerinde sarımsı tabakaların görüldüğü, bazı kapok liflerinin yer yer (Yazıcıoğlu G., (1996) Tekstil Mikroskopisi S.140, Şekil138)'de 'hava boşluğu' olarak ifade edilen bir şekil verdiği, bazı kapok liflerinin (Petraco N., Kubic T., (2004) Color Atlas and Manual of Microscopy for Criminalists, Chemists, and Conservators. S.105, Figure A8.8D)'de 'Cellophane görünüm' olarak ifade edilen görüntü verdikleri tespit edilmiştir.

Beyaz zemin üzerinde kapok lifleri şeffaf renkte olup, bazı görüntülerde kenar kısımlarında çok ince mavimsi ve yeşilimsi görüntü verdiği, siyah zemin üzerinde ise şeffaf mavimsi görüntü verdikleri tespit edilmiştir.

Kapok liflerine ait kesit görüntüleri incelendiğinde; yuvarlak veya oval şekilde, kenar kısımları siyah iç kısımları beyaz, 'O' harfini andıran bir halka şeklinde göründükleri gözlenmiştir.

3. Keten lifine ait 356 adet uzunluğuna görünüş fotoğrafı incelendiğinde; keten liflerinin ince bir ağaç dalına benzer düzgün olmayan silindirik şekil verdiği, yer yer enine çizgilerin görüldüğü, bu çizgilerin kimi yerlerde ince, kimi yerlerde ise üst üste

birbirine göre paralel olmayan şekilde ve birbirlerine göre çarpazlar oluşturacak şekilde daha kalın olduğu, kimi görüntülerde çizgilerin düzgün bir silindir üzerinde enine bantlar şeklinde göründükleri, bazı fotoğraflarda yan yana birkaç tane lifin bir arada bir bütünlük içinde oldukları, bazı görüntülerde bu bütünlük içindeki liflerin birbirinden ayrıştığı ve sonra tekrar birleştiği, kimi fotoğraflarda lif boyunca bazı noktalardan o lifi oluşturan daha ince lif uçlarının ayrıştığı, kimi fotoğraflarda yer yer lif gövdesinden ayrışan şeffaf şerit biçimlerinin olduğu, kimi fotoğraflarda keten lifinin uca doğru incelen bir yapı gösterdiği, lifin uç kısımlarında bir arada tutulan iplikler gibi görüntü verdikleri kimi fotoğraflarda keten lifinin uç kısımlarının bitkilerin kazık kök görüntüsüne benzediği tespit edilmiştir.

Beyaz zemin üzerinde keten lifleri; boyuna yönde mor, mavi, kırmızı, turuncu, yeşil renkli çubukların farklı tonlarda ve bazı görüntülerde kesintisiz bazı görüntülerde de kesintili ve iç içe geçmiş halde oryante olduğu şekilde gözlenmiştir. Bahsedilen renklerin her biri, her lif görüntüsünde mevcut değildir ancak farklı farklı liflerde bu renkte çubuklar farklı kombinasyonlarda bir aradadır. Bazı lif görüntülerinde lif kenarlarından çıkan şerit tabakaları beyaz zeminde şeffaf görüntü vermektedir.

Keten liflerine ait kesit görüntüleri incelendiğinde; poligonal ve köşeleri keskin olmayan hatlarda göründükleri, kimi liflerin orta kısmında çapı değişen siyah noktanın olduğu, kimilerinde ise bu boşluğun görülmediği ve poligonal şeklin tamamen içi dolu ve tek renk olduğu gözlenmiştir.

4. Bambu lifine ait 33 adet uzunluğuna görünüş fotoğrafı incelendiğinde; bu liflerin üniform olmayan ince bir ağaç dalına benzer silindirik bir şekil verdikleri, yer yer enine çizgilerin görüldüğü, bu çizgilerin kimi yerlerde ince, kimi yerlerde ise üst üste birbirine göre paralel olmayan şekilde daha kalın ve çarpazlar oluşturacak biçimde olduğu, kimi görüntülerde çizgilerin düzgün bir silindir üzerinde enine bantlar şeklinde göründükleri, bazı fotoğraflarda yan yana birkaç tane lifin bir arada bir bütünlük içinde oldukları, kimi fotoğraflarda yer yer lif gövdesinden ayrışan şeffaf şerit biçimlerinin olduğu, kimi fotoğraflarda, bambu lifinin uç kısımlarının bitkilerin kazık kök görüntüsüne benzediği tespit edilmiştir.

Beyaz zemin üzerinde bambu lifleri; boyuna yönde mor, mavi, kırmızı, turuncu, yeşil renkli çubukların farklı tonlarda ve bazı görüntülerde kesintisiz bazı görüntülerde

de kesintili ve iç içe geçmiş halde oryante olduğu şekilde gözlenmiştir. Bahsedilen renklerin her biri, her lif görüntüsünde mevcut değildir ancak farklı farklı liflerde bu renkte çubuklar farklı kombinasyonlarda bir aradadır. Bazı lif görüntülerinde lif kenarlarından çıkan şerit tabakaları beyaz zeminde şeffaf görüntü vermektedir. Bazı lif görüntülerinde lifin bir bölümü üzerinde enine ve boyuna çizgiler olduğu halde, iç kısmı turuncu tonları ve kenar kısımları mavi görüntü vermektedir.

Bambu lifine ait kesit görüntüleri incelendiğinde; genellikle yassı, bazılarında ise yuvarlak ve oval şekilde oldukları gözlenmiştir. Yassı olanların orta kısmında siyah çizgi şeklinde, yuvarlak ve oval olanların ortasında ise siyah dairesel bölge gözlemlenmiştir. Bu liflerde, orta kısımdaki çizgi ya da daireden lifin dış kısmına doğru ince çizgiler belirlenmiştir.

5. Hint Keneviri lifine ait 19 adet uzunluğuna görünüş fotoğrafı incelendiğinde; kenevir liflerinin üniform olmayan ince bir ağaç dalına benzer, düzgün olmayan silindirik şekil verdiği, yer yer enine çizgilerin görüldüğü, bu çizgilerin kimi yerlerde daha ince, kimi yerlerde ise üst üste birbirine göre paralel olmayan şekilde çarpazlar oluşturacak halde, daha kalın olduğu, kimi görüntülerde çizgilerin düzgün bir silindir üzerinde enine bantlar şeklinde göründükleri, x10 ile daha uzaktan alınan bir fotoğrafta kenevir liflerinin birkaçının bir arada tek bir lif halinde gözlemlendikleri, bu lif gövdesinde bir yerde birbirlerinden ayrılıp sonra tekrar birleştikleri, kenevir lifinin uç kısımlarının bitkilerin kazık kök görüntüsüne benzediği tespit edilmiştir.

Beyaz zemin üzerinde kenevir lifleri; boyuna yönde mor, mavi, kırmızı, turuncu, yeşil renkli çubukların farklı tonlarda ve bazı görüntülerde kesintisiz bazı görüntülerde de kesintili ve iç içe geçmiş halde oryante olduğu şekilde gözlenmiştir. Bahsedilen renklerin her biri, her lif görüntüsünde mevcut değildir ancak farklı farklı liflerde bu renkte çubuklar farklı kombinasyonlarda bir aradadır. Bazı lif görüntülerinde lif kenarlarından çıkan ipliksi çıkıntı beyaz zeminde şeffaf görüntü vermektedir

Kenevir liflerine ait kesit görüntüleri incelendiğinde; poligonal ve kısmen basık ve yayvan oldukları, köşe hatlarının basıklık arttıkça daha keskin olarak belirginleştiği, basık olanların orta kısmında siyah çizgi şeklinin olduğu, daha yuvarlak olanlarda siyah çizgi yerine siyah noktanın bulunduğu, kimi kesitlerde ise poligonal şeklin tamamen içi dolu ve tek renk olduğu gözlenmiştir.

6. İpek lifine ait 349 adet uzunluğuna görünüş fotoğrafı incelendiğinde; ipek liflerinin yumuşak ve parlak çubuklar şeklinde görüldükleri, kimi ipek lifi fotoğraflarının yassı şeritler şeklinde olup enine uzunluklar tüm lif boyunca düzgün olmayan görüntü verdikleri, kozadan alınan ipek lifinin iki çubuğun zamksı bir tabakayla yan yana birleştirilmesi şeklinde görüntü verdiği, serisini alınmamış ham ipek lifinin çok sayıda çubukların bir arada zamkla yapışmış gibi görüntü verdikleri, bir kısım ipek liflerinin üzerinde boyuna yönde kesikli çizgilerin olduğu, yassı şerit şeklinde ve pürüzlü bir görüntü verdikleri, enine yönde bazı bölümlerinde daralıp silindirik bir hal alırken bazı bölgelerinde genişleyerek yassı şerit biçimi verdiği gözlenmiştir.

Beyaz zemin üzerinde ipek liflerinden bazıları; mavi, mor, turuncu, kırmızı, sarı, yeşil, siyah renklerin uzunlamasına fakat kesikli ve birbiri içine girmiş halde, lifin çeşitli bölgelerinde bir arada oryante olduğu biçimde gözlenmiştir. Bazı ipek liflerinin; iç kısmı mavi, kenar çizgilerinin ise kalınlığı ve koyuluğu farklılaşan biçimde kahverengi renk verdiği gözlenmiştir. Bir kısım ipek liflerinde; iç kısım mavi ve kenar çizgileri kahverengi olduğu halde, iç kısımlarda yer yer boyuna uzayan sarı renkli bölgelerin olduğu gözlenmiştir. İpek liflerinde kenar kısımlar yassılaştığında bu bölgede renkler en dışta şeffaf bir hal alıp lif içine doğru kahverengi, mor ve mavi şeklinde dönüştükleri gözlenmiştir.

İpek liflerine ait kesit görüntüleri incelendiğinde; dağınık üçgen yada cam kırıkları şeklinde görüntü verdikleri; serisini alınmamış ham ipek lifinin ise kesitte birbirine yapışmış ikiz üçgenlerin gruplar halinde toplandığı bir görüntü verdikleri gözlenmiştir.

7. Yün lifine ait 168 adet uzunluğuna görünüş fotoğrafı incelendiğinde; yün liflerinin balık pulları veya çatıya dizilmiş kiremitler şeklinde bir tabakayla kaplı olduğu, ince olan lifler için iç içe geçmiş enine yönde tek tabakanın gözlendiği, yün lifi kalınlaştıkça enine iç içe geçen tabakanın birden çok olduğu, yün liflerinde görülen bu pul tabakasının uç kısımlarının lif dışında yukarı doğru kalkık olduğu, kimi eni daha kalın olan yün liflerinin orta kısmında boşlukların mevcut olduğu gözlenmiştir.

Beyaz zemin üzerinde yün liflerinden ince olanlar kahverengi renk vermekte, kimi yün liflerinde kalınlık arttıkça lifin iç kısımları mavi kenar kısımları kahverengi

görülmekte, kalınlığı daha da artan bazı liflerde ise lifin orta kısmı sarı, kenarlara doğru mavi ve en dışta kahverengi görüntü vermektedir. İç kısmı boş olan kalın yün liflerinde boşluğu oluşturan kanal koyu kahverengi ve pul tabakasız olarak görülmektedir. Boşluk kısımdaki kahverengi yer yer çok koyulaşarak siyaha yaklaşmakta ve dış kısımlardaki kahverengi den farklı olarak kumlu bir yüzey görüntüsü vermektedir.

Yün liflerine ait kesit görüntüleri incelendiğinde; şekil olarak oval ve yuvarlak görüntülere rastlanılmaktadır.

8. Tiftik lifine ait 65 adet uzunluğuna görünüş fotoğrafı incelendiğinde; tiftik liflerinin balık pulları veya çatıya dizilmiş kiremitler şeklinde bir tabakayla kaplı olduğu, ince olan lifler için iç içe geçmiş enine yönde tek tabakanın gözleendiği, tiftik lifi kalınlaştıkça enine iç içe geçen tabakanın birden çok olduğu, tiftik liflerinde görülen bu pul tabakasının uç kısımlarının lif dışında yukarı doğru çok fazla kalkık olmadığı, pul tabakasının yüne göre belli belirsiz görüldüğü, kimi eni daha kalın olan tiftik liflerinin orta kısmında boşlukların mevcut olduğu, bu boşlukların genellikle kesintisiz olmasına rağmen bazı liflerde kesintili görüntü verdiği, tiftik liflerinin en uzunluklarının aynı lifte daha homojen olduğu diğer bir ifadeyle daha uniform bir yapı gösterdiği gözlenmiştir.

Beyaz zemin üzerinde tiftik liflerinden ince olanlar kahverengi renk vermekte, kalınlık arttıkça orta kısımlar mavi kenar kısımlar kahverengi renk vermekte, bazı tiftik liflerinde ise orta kısım sarı dışa doğru mavi ve kahverengi görüntü vermekte, ortası boşluklu olan tiftik liflerinde boşluk olan kısım siyah gözlenmekte olup boşluk olan kısımda pul tabakalarının olmadığı tespit edilmiştir.

Tiftik liflerine ait kesit görüntüleri incelendiğinde; oval, yuvarlak ve bazılarının yassı şekilde görüntü verdikleri, kimi liflerin orta kısımları siyah olan halka görüntüsü verdikleri, yassı olan liflerin daha büyük boyutlu olup orta kısımlarının siyah olduğu gözlenmiştir.

9. Kaşmir lifine ait 38 adet uzunluğuna görünüş fotoğrafı incelendiğinde; kaşmir liflerinin balık pulları veya çatıya dizilmiş kiremitler şeklinde bir tabakayla kaplı olduğu, ince olan lifler için iç içe geçmiş enine yönde tek tabakanın gözleendiği diğer bir ifadeyle bir pulcuğun bir lifi çevrelediği, kaşmir lifi kalınlaştıkça enine iç içe geçen tabakanın birden çok olduğu, kaşmir liflerinde görülen bu pul tabakasının uç

kısımlarının lif dışında yukarı doğru çok fazla kalkık olmadığı, kimi eni daha kalın olan kaşmir liflerinin orta kısmında boşlukların mevcut olduğu, bu boşlukların kesintili ve kesintisiz olmak üzere çeşitlerinin olduğu, kaşmir liflerinin en uzunluklarının aynı lifte yüne nispeten daha homojen olduğu diğer bir ifadeyle daha uniform bir yapı gösterdiği gözlenmiştir.

Beyaz zemin üzerinde kaşmir lifleri kahverengi renk vermekte; kalınlığı fazla olanların orta kısımlarında koyu kahverengi ve siyah renkte kanallar görülmekte, bunların etrafı mavi renkli olup lifin dış kısmına doğru renk kahverengiye dönmekte olduğu gözlenmiştir.

Kaşmir liflerine ait kesit görüntüleri incelendiğinde; oval ve yuvarlak şekiller verdikleri gözlenmiştir.

10. Alpaka lifine ait 128 adet uzunluğuna görünüş fotoğrafı incelendiğinde; alpaka liflerinin balık pulları veya çatıya dizilmiş kiremitler şeklinde bir tabakayla kaplı olduğu ancak bunların beyaz zeminde; ince olanlarda kısmen net olmasına rağmen kalın olanlarda çok net görünmediği, pul tabakasının uç kısımlarının kalkık olmadığı, birim alanda daha çok sayıda olacak şekilde her bir pulun yün ve tiftiğe göre daha küçük görüldüğü, alpaka liflerinin çoğunun orta kısımlarında boşluğun olduğu, bu boşlukların bazı görüntülerde kesikli bazılarında ise kesintisiz olduğu, kimi alpaka liflerinde bu boşluğun yer yer ya da tamamen kumlu görüntü veren flu bir tabakayla kaplı olduğu, kimi alpaka liflerinde boşluk olmadığı, kimi kalın alpaka liflerinde yan yana dizilmiş farklı çubuklar şeklinde tabakaların olduğu bu tabakaların beyaz zeminde mavi ve kahverengi renklerle birbirlerinden ayrılabilirdikleri gözlenmiştir.

Beyaz zemin üzerinde alpaka lifleri kahverengi renk vermekte; genellikle çoğu içinde boşluk olan alpaka liflerinde boşluk kısmı kahverengi, koyu kahverengi ve siyah renkler vermekte; boşluk kenarlarından lif dışına doğru kimilerinde sarı, mavi ve kahverengi renkler görülmektedir.

Alpaka liflerine ait kesit görüntüleri incelendiğinde; oval ve yuvarlak şekillerde oldukları; tamamına yakınının orta kısmında siyah bölgenin olduğu ve halka görüntüsü verdikleri tespit edilmiştir.

11. Angora lifine ait 199 adet uzunluğuna görünüş fotoğrafı incelendiğinde; angora liflerinin iç içe geçmiş pul tabakasıyla kaplı olduğu, bu tabakadaki pulcukların uç kısmı daralan daha sivri ve uzun bir yapı gösterdikleri, kimi angora liflerinde bu tabakanın lifin enine doğru çizilmiş (/) şeklinde, kimilerinde ise (V) şeklinde görüntü hissi verdikleri gözlenmiştir. Angora lifinin orta kısımlarında merdiveni andıran boşluklu bir yapı görülmekte, lif kalınlığı arttıkça lifin orta kısmında yan yana bitişik duran dizili boncukları andıran bir görüntü gözlenmektedir. Kimi angora liflerinde ise boşluk kısmı kesikli olup, merdiven ve boncuk şekillerine hiç benzemeyen bir yapı göstermektedir. Kimi kalın angora liflerinde lifin orta kısmında camsı bir görüntü veren kenarları kırıklardan oluşan bir çubuk mevcuttur.

Beyaz zemin üzerinde angora lifleri; kahverengi renk vermekte; iç kısımlarındaki merdiven yapı, yan yana dizilmiş boncuk görüntüsü ile kesikli boşluk görüntüsünü oluşturan bölgeler daha koyu kahverengi gözlenmektedir. İç bölgesi tamamen dolu olan liflerde iç kısmı mavi kenarları kahverengi görüntü gözlenmekte, iç bölgesinde camsı çubuk görülen angora lifinde ise; camsı çubuk krem rengi, kenarları sarı bölge, dışa doğru mavi ve lifin en kenar kısımları kahverengi gözlenmektedir. Diğer bir iç bölgesinde camsı çubuk görülen angora lifinde ise camsı çubuk yeşil, kenar kısımları eflatun ve mor; camsı görüntü veren çubuktan lifin enine yönde dış kısımlarına doğru yeşil, mavi, mor, kırmızı, yeşil, mavi, mor ve kahverengi çubuklar şeklinde görüntü verdiği tespit edilmiştir.

Angora liflerine ait kesit görüntüleri incelendiğinde; liflerin yuvarlak, oval, çubuk ve ‘dog bone’ diye tabir edilen orta kısmı yassı kenarları daha yuvarlak kemiğe benzer şekillerde görüntü verdikleri gözlenmiş, yuvarlak ve oval olanlar daha ince iken yassı ve ‘dog bone’ görüntüsü veren liflerin daha kalın olduğu tespit edilmiştir. Kesit görüntülerinde yuvarlak ve oval olanların iç bölgesi siyah olup halka şeklinde görüntü vermekte, yassı ve ‘dog bone’ görüntüsü verenlerde de iç bölge siyah ancak odacıklı bir yapı göstermektedir.

12. Poliester lifine ait 551 adet uzunluğuna görünüş fotoğrafı incelendiğinde; birbirlerine görüntü olarak benzemeyen 6 grup oluşturulmuştur. Gruplara ait liflerin tamamına yakını şerit şeklinde, silindirin boyuna kesitine benzer bir uzunlamasına

görüntü vermekte ancak iç bölgelerinde renk, parlaklık ve tabaka farklılıkları görünmektedir.

1. gruba yerleştirilen 194 adet PES lifi incelendiğinde; staple olan 169 adet lifin şerit şeklinde göründükleri, beyaz zemin üzerinde; lifin orta kısmında boyuna yönde, yeşil bir çubuğun yer aldığı, lifin orta kısmından enine yönde iki dış kenarına doğru, ortadaki çubuk eksen kabul edildiğinde, simetrik şekilde ard arda pembe ve tekrar yeşil gelecek şekilde boyuna çubukların oryante olduğu gözlenmiştir. Kimi liflerde ise yine beyaz zeminde lifin orta kısmındaki yeşil çubuk pembe renk almakta, bu durumda kenarlara doğru ardışık dizilen diğer çubuklarda yeşiller pembe, pembeler yeşil olarak renk değiştirmektedir. Siyah zemin üzerinde de aynı şekilde pembe ve yeşil renklerin, çubuklarda beyaz zemin üzerindeki görüntünün tersi olacak şekilde yer değiştirdiği gözlenmiştir. 3 adet PES lif fotoğrafında ise; pembe-yeşil çubukların olduğu ancak liflerin boyuna yönde tirbişon şeklinde büküm hareketi yapıyor olmasından, net bir görüntü oluşturulamadığı tespit edilmiştir. Filament halindeki 22 adet PES görüntü fotoğrafı incelendiğinde staple olanlarla aynı görüntüyü vermişler, ancak içlerinden bazılarında çubukların bazı yerlerinde pembe ve yeşil renkler iç içe girmiştir. 1.grupta yer alan PES lif yüzeylerinin çoğu üzerinde noktalar bulunmakta, pürüzlü bir yüzey görüntüsü vermektedir.

2. gruba yerleştirilen 216 adet PES lifi incelendiğinde; bu grupta yer alan liflerin silindirik bir görüntü verdikleri, bu liflerin iç kısmında boyuna yönde kesintisiz bir kanalın varlığı gözlemlenmiştir. Bu kanal bazı liflerde lifin tam ortasından geçmekte bazılarında, lif sağ kenarına bazılarında ise lif sol kenarına yakın görüntü vermektedir. Kanal olarak nitelediğimiz bu çubuk görüntüsü, birbirlerine yakın incelik değerlerindeki farklı liflerde, farklı en uzunluğuna sahiptir. Bu kanal benzeri çubuklar; kimi liflerde siyah, kimi liflerde iç kısmında görüntünün flulaştığı ve cellophane görüntü halini aldığı bir şekilde, kimi liflerde ise tamamen birinci gruptaki pes liflerine benzer pembe ve yeşil çubukların içini doldurduğu biçimde görünmektedirler. 2. grubu oluşturan PES liflerinde kanal olarak nitelediğimiz bu çubuk kenarlarından, lifin iki dış kenarına doğru pembe ve yeşil çubuklar oryante olmuş haldedirler. Kanalın ortada yer aldığı PES liflerinde; kanal eksen alındığında lifin iki kenarına doğru belirli bir simetri göze çarparken, kanalın ortada yer almadığı PES liflerinde; simetri görülmemektedir. Bazı

PES liflerinde kanal kısmı yeşil-pembe çubuklardan oluşmakta ve hem de daha camsı ve parlakken, kanalın iki yanında yüzey görüntüsü, noktaların bulunduğu, pürüzlü bir hal almaktadır.

3. gruba yerleştirilen 84 adet PES lif görüntüsü incelendiğinde; bu liflerinde şerit şeklinde görüntü verdikleri, birinci grubu oluşturan liflere benzer görünmeleriyle beraber, birinci grupta beyaz zeminde pembe renk, yerini bir kısım liflerde kırmızıya, bir kısım liflerde mora bırakmıştır, diğer bir ifadeyle çubuk renkleri pembe- yeşil değil, kırmızı-yeşil ile mor-yeşildir. Bu grupta yer alan bir kısım lifler ise beyaz zeminde ilk bakışta tamamen siyah görünmekte, ancak büyütülerek bakıldığında siyahla karışmış koyu yeşil-siyahla karışmış koyu kırmızı çubuklar fark edilmektedir. Bu liflere siyah zeminde bakıldığında bu çubuklar daha belirgin olmaktadır. Bu gruptaki PES liflerinin tamamında pürüzlü yüzey görüntüsü hissi vermektedir.

4. gruba yerleştirilen 9 adet PES lifi görüntüsü incelendiğinde; bu liflerin silindirik şekilde göründükleri, bu görüntülerden 7 adedinde lif yüzeyinin hem beyaz hem siyah zeminde, tamamen kahverengi olduğu görülmektedir. Bir kısım kahverengi yüzeyli liflerde beyaz ve siyah zeminde büyütme yapıldığında pembe-yeşil çubuklar belirlenebilirken, bir kısım liflerde bu çubuklar görülememektedir. Siyah zeminde pembe-yeşil çubuk görüntüleri büyütme yapılmadan da beyaz zemine nispeten daha net olmaktadır. Bu grupta yer alan 2 adet lif fotoğrafında lifin iç kısmında parlak ve pembe-yeşil çubuklardan oluşan bir kanal bulunmakta, bu kanaldan lifin iki kenarına doğru enine yönde lif kahverengi renk vermektedir. Bu grupta yer alan lif yüzeyleri de önceki gruplar gibi noktalardan oluşan pürüzlü yüzey görüntüsü vermektedir.

5. gruba yerleştirilen 10 adet PES lifi görüntüsü incelendiğinde; bu liflerin şerit görüntüsü verdikleri, yeşil ve pembe çubukların boyuna yönde yan yana dizilmeleri biçiminde göründükleri, ancak lif eni boyunca lifin dış kenarlarına doğru herhangi bir simetrinin olmadığı gözlenmiştir. Bu gruptaki lifler içinde, noktalardan oluşan pürüzlü yüzey görüntüsünde olan lifler olduğu gibi noktaların yer almadığı daha parlak ve kaygan bir yüzey hissi veren görüntüde lifler de mevcuttur.

6. gruba yerleştirilen 38 adet PES lif fotoğrafı incelendiğinde; bu liflerden bir kısmının oldukça kalın şerit görüntüsü verdikleri, siyah, gri ve sarı renklerden çubuk şeklinde görüntü verdikleri ancak bu çubukların iç kısımlarında bu renklerin bir biri

içine geçmiş halde olduğu gözlemlendi. Bazı lifler boyuna yönde iki kenarı silindirden oluşan bir şerit görüntüsü verdiği, bu liflerde yeşil-pembe-mor –kırmızı-turuncu renklerin lifin bazı bölgelerinde çubuklar ve şerit üzerinde düzenli, bazı bölgelerinde ise düzensiz halde olduğu tespit edildi. Bir kısım lifler yine şerit görüntüsünde ve tamamen parlak mavi renkten oluşmakla birlikte, yüzeyinde enine yönde ve dış şartlarla sonradan meydana gelir biçimde siyah kesik şeklinde çizgiler ve bu çizgiler etrafında siyah bölgeler olduğu gözlemlendi. Bazı lifler yine şerit şeklinde olmakla beraber, beyaz zeminde orta kısmında mor ve geniş bir çubuk, bu mor çubuk eksen kabul edildiğinde, lifin en yönünde iki dış kenara simetrik halde dizilmiş sırasıyla bordo, turuncu, mavi ve lifin en dış kenarlarında koyu mavi çubukların ardışık olarak yer aldığı gözlemlendi. Bu liflerin bir kısmında ise orta kısmı turuncu olup, iki dış kenara mavi ve en dışta koyu mavi şeklinde çubukların ardışık dizildiği gözlemlendi.

Poliester liflerine ait kesit görüntüleri incelendiğinde; içi tamamen dolu daire şeklinde görüntü veren lifler, içi boş O harfi ya da halka şeklinde görüntü veren lifler gözlemlendi.

13. Poliakrilonitril lifine ait 723 adet uzunluğuna görünüş fotoğrafı incelendiğinde; bu liflerin silindirin uzunlamasına kesiti şeklini veren şerit görüntüsü verdiği, bir kısmının ise bu şeridin iç kısmından belli belirsiz ve bazılarında tam ortasından bazılarında ise kenarlara yakın kısmından sanki iki lifin yan yana durmasında birbirlerine temas ettikleri yerlermiş gibi görülen kanal görüntüsü verdiği, liflerin üzerlerinde kesikli halde ince çizgicikler bulunduğu gözlemlenmiştir. Bazı liflerde kum tanelerini andıran noktalar tespit edilmiştir.

Beyaz zemin üzerinde pek çok PAN lifi şeffaf, açık kahverengi ve tonlarında görüntü vermişlerdir. Üzerinde kum tanesini andıran noktalar görünenlerde şeffaflık daha az dikkat çekicidir. Siyah zemin üzerinde ise mavi ve tonlarında renk gözlemlenmiştir. Bazı PAN lifleri beyaz zemin üzerinde tamamen mavi, sarı tonları, kırmızı, mavi-kahverengi karışımı, çok koyu kahverengi, turuncu, gri, açık yeşil, siyah gibi çeşitli renkler vermektedirler. Bu akriliklerin bazılarında kum tanesini andıran noktalar varken bazılarında bu noktalar yoktur.

PAN liflerine ait kesit görüntüleri incelendiğinde; bu görüntülerde böbrek ya da fasülye şekline benzer görüntülere rastlanmıştır. Bazıların da kum tanelerini andıran noktalar mevcutken bazılarında bu noktalar görülmemektedir.

14. Poliamid lifine ait 265 adet uzunluğuna görünüş fotoğrafı incelendiğinde; bu liflerin silindirin uzunlamasına kesiti şeklini veren bir şerit görüntüsü verdiği gözlenmiştir.

Beyaz zemin üzerinde; bazı poliamid liflerinin orta bölgesinde boyuna yönde mor renkli çubuklar, bu çubuklar eksen alındığında sağ ve sol tarafında simetrik halde portakal rengiden sarıya ve mavi renge çubukların boyuna oryante oldukları gözlenmiştir. Kimi poliamid liflerinde ortadaki mor çubuk görülmemekte yerini portakal rengi çubuk almaktadır. Kimi poliamid liflerinde orta bölgedeki mor çubuk içinde yeşil renkli çubuğun olduğu tespit edilmiştir. Poliamid lif görüntülerinden birinde lifin tamamen kırmızı olduğu, içinde iki kenar kısmında mor renkli çubukların yer aldığı gözlenmiştir. Bir kısım fotoğraflarda sarı, mavi, kırmızı ve turuncu çubukların lif orta noktasından iki yana simetri oluşturmada yan yana dizildikleri gözlenmiştir. Siyah zeminde ise beyazda mor olan bölgeler yeşil, turuncular mavi ve maviler turuncu renge dönmektedir. Filament haldeki poliamid liflerinden bazıları içi mavi kenar kısımları kahverengi bir kısmı mavi ve sarı renkler vermektedir. Filament haldeki bazı poliamid lifleri ise renk bakımından stapel olanlardan farklı olmamakla birlikte, çubuk görüntüleri birbiri içine geçmiş, adeta bükümlü bir yapı gösterdiğinden görüntü flulaşmıştır. Poliamid liflerinin bazılarında kum tanelerini andıran noktalara rastlanmaktadır.

Poliamid liflerine ait kesit görüntüleri incelendiğinde; bir kısım liflerin ‘dog bone’ diye tabir edilen orta kısmı yassı kenarları yuvarlak bir şekil verdiği, bazı liflerin ise içi tamamen dolu daire şeklinde oldukları gözlenmiştir.

15. Polipropilen lifine ait 77 adet uzunluğuna görünüş fotoğrafı incelendiğinde; PP liflerin silindirin boyuna kesiti şeklinde şerit görüntüsü verdiği gözlenmiştir. Bazı liflerde kum tanesini andıran görüntü mevcuttur.

Beyaz zemin üzerinde; bazı PP lifleri kenar çizgileri koyu kahverengi, içi açık mavi olacak şekilde görüntü vermişler, PP lif numunelerinden biri tamamen kırmızı bir

renk vermiş yüzeyinde yer alan siyah çukurlar biçimindeki noktalardan dolayı pürüzlü bir yüzey olarak gözlenmiştir. Bazı PP lif örneklerinde; yüzey tamamen mavi olmakla birlikte, ortasında boyuna yönde yeşil çubuk ve bu çubuk eksen alındığında iki dış kenara simetrik yerleşmiş mavi, portakal rengi ve tekrar mavi çubuklar görülmüştür. Bazı PP lif örneklerinde; lifin iç kısmı turuncu kenarları mavi, bazılarında lifin orta kısmında mor renkli çubuk ve iki kenara simetrik yerleşen turuncu ve mavi çubuklar görüldüğü tespit edilmiştir. Kalın şerit halindeki PP örneği fotoğraflandığında iç kısmı tamamen parlak zümrüt yeşili görüntüsü vermiş, bu şeritin kenar kısımlarında turuncu, mavi, sarı ve mor renkler belirlenmiştir.

Polipropilen liflerine ait kesit görüntüleri; içi dolu yuvarlak daire şeklindedir.

16. Polietilen lifine ait 17 adet uzunluğuna görünüş fotoğrafı incelendiğinde; bu liflerin silindirin boyuna kesiti şeklinde şerit görüntüsü verdiği gözlenmiştir.

Beyaz zemin üzerinde; polietilen liflerinin tamamında orta kısmında yer alan çubuğun sağ ve sol tarafına simetrik olarak oryante olmuş çubuklar şeklinde görüntü mevcuttur. Lifin orta kısmında yer alan çubuk rengi bazılarında mor bazılarında eflatun ve yeşil olup; kenarlara doğru yerleşen simetrik çubukların rengi turuncu, mavidir. Lif fotoğraflarından biri tamamen kırmızı olup bu lifin iki dış kenarına yakın mor renkli çubuklar mevcuttur.

Polietilen liflerine ait kesit görüntüleri; içi dolu yuvarlak daire şeklindedir.

17. Viskon lifine ait 284 adet uzunluğuna görünüş fotoğrafı incelendiğinde; viskon liflerinin şerit görüntüsü verdiği, pek çoğunun yüzeyinde boyuna yönde ve kesintisiz çizgi şeklinde kanalların olduğu, bazı viskon liflerinde kum tanelerini andıran noktalara yoğun şekilde rastlanırken bazılarında yoğunluğun azaldığını bazılarında ise hiç rastlanmadığı tespit edilmiştir.

Beyaz zemin üzerinde viskon lifleri mavi ve kahverengi renk vermektedir. Bir kısmında içi mavi kenarları kahverengi iken, bazılarında içi kahverengi kenarları mavi olabilmekte ya da kahverengi ve maviler belirli bir düzen olmadan ama mutlaka boyuna yönde görülebilmektedir. Siyah zeminde mavi renkler kahverengiye, kahverengi bölgeler ise mavi renge dönmektedir.

Viskon liflerine ait kesit görüntüleri incelendiğinde; bu liflerin kenarları düzgün olmayıp girintili çıkıntılıdır. Patlamış mısırı andıran bir görüntü vermektedirler. Bu girinti ve çıkıntılar her lif için eşit olmayıp bazıları yuvarlağa daha yakındır.

18. Tencel lifine ait 170 adet uzunluğuna görünüş fotoğrafı incelendiğinde; tencel liflerinin oldukça düzgün bir silindirik görüntüsü verdiği gözlenmiştir.

Beyaz zemin üzerinde tencel liflerinin büyük çoğunluğu mavi renk vermekte, liflerin kenarları koyulaşmakta orta kısmı ise açık mavi olmaktadır. Kum tanelerini andıran noktalara tencel liflerinde rastlanmamıştır. Siyah zeminde ise tamamen kahverengi görülmekte, kenar kısımları daha açık iç kısmı daha koyu bir görüntü vermektedirler. Bazı tencel lifleri ise büyük çoğunluğundan farklı olarak içi tamamen turuncu kenarlara doğru mavileşen bir görüntü vermektedir. Bir kısım tencel lif fotoğraflarında liflerin kıvrımlı yapısı ve kıvrım oluşturan yerlerde enine çizgiler ile yassılaşıma ve renkte morla karışık kahverengiye dönme gözlenmiştir.

Tencel liflerinin enine kesit görüntüleri incelendiğinde; bu liflerin yan yana duran boncukları andıran, yuvarlak içi dolu daireler şeklinde göründükleri gözlenmiştir.

19. Soya lifine ait 171 adet uzunluğuna görünüş fotoğrafı incelendiğinde; soya liflerinin şerit görüntüsü verdiği, lif yüzeyinde çeşitli boyutlarda yuvarlak, yassı, çizgisel ve kimi zaman belirli bir geometrik şekli olmayan lekelerin düzensiz halde yerleşmiş şekilde görüldüğü tespit edilmiştir.

Beyaz zemin üzerinde soya lifleri mavi ve kahverengi renkler vermektedir. Mavi ve kahverengi renkler bazı liflerde iç içe girmiş, bazı lifer de ise çok düzgün olmayan çubuk şeklinde lif boyuna oryante olmuştur.

Soya lifine ait enine kesit görüntüleri incelendiğinde; düzensiz ve girintili çıkıntılı şekillerde olduğu tespit edilmiştir.

20. Rejenere Bambu lifine ait 52 adet uzunluğuna görünüş fotoğrafı incelendiğinde; rejenere bambu liflerinin şerit görüntüsü verdiği, pek çoğunun yüzeyinde boyuna yönde ve kesintisiz çizgi şeklinde kanalların olduğu, liflerin tamamında ince kum tanelerini andıran noktalara bazılarında daha yoğun bazılarında daha az yoğun halde rastlandığı tespit edilmiştir.

Beyaz zemin üzerinde rejenere bambu lifleri mavi ve kahverengi renk vermektedir. Bir kısmında içi mavi kenarları kahverengi iken bazılarında içi kahverengi kenarları mavi olabilmekte ya da kahverengi ve maviler belirli bir düzen olmadan ama mutlaka boyuna yönde görülebilmektedir. Siyah zeminde mavi renkler kahverengiye, kahverengi bölgeler ise mavi renge dönmektedir.

Rejenere bambu lifine ait kesit görüntüleri incelendiğinde; bu liflerin kenarları girintili çıkıntılı oval şekil verdikleri, patlamış mısırı andırdıkları görülmüş, bazılarının iç kısmında siyah noktalara rastlanırken bazıları tamamen içi dolu görüntü vermişlerdir.

21. Rejenere Kenevir (Hemp) lifine ait 22 adet uzunluğuna görünüş fotoğrafı incelendiğinde; rejenere hint keneviri liflerinin şerit görüntüsü verdiği, pek çoğunun üzerinde boyuna yönde ve kesintisiz çizgi şeklinde kanalların olduğu, büyük çoğunluğunda kum tanelerini andıran noktalara farklı yoğunlukta rastlandığı gözlemlenmiştir.

Beyaz zemin üzerinde rejenere hint keneviri lifleri mavi ve kahverengi renk vermektedir. Bir kısmında içi mavi kenarları kahverengi iken bazılarında içi kahverengi kenarları mavi olabilmekte ya da kahverengi ve maviler belirli bir düzen olmadan ama mutlaka boyuna yönde görülebilmektedir. Siyah zeminde mavi renkler kahverengiye, kahverengi bölgeler ise mavi renge dönmektedir.

Rejenere hint keneviri lifine ait kesit görüntüleri incelendiğinde; bu liflerin kenarları girintili çıkıntılı oval şekil verdikleri, patlamış mısırı yada çiçek görüntüsünü andırdıkları, büyük çoğunluğunun iç kısmında siyah çizgi veya nokta şeklinde gölgeli bir görüntü verdikleri gözlenmiştir.

4.3. YAKMA TESTİNDE ELDE EDİLEN BULGULAR

Çalışmada incelenen liflere uygulanan yakma testi sonucunda, liflerin yanma özellikleri (kendi kendine yanma, kendini çekme, erime, yanmanın hızı, erime şekli, çözülme, yanma sonrası yanmanın devam edip etmediği, külün şekli ve elde kolayca dağılma veya sertleşme gibi külün tabiatı) gözlemlenmiştir.

Çalışmada incelenen liflerin gözlemlenen; aleve karşı tepkileri ve yanma karakteristikleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 60 Yakma Testi Yapılarak Gözlemlenen Bulgular

Elyaf Çeşidi	Aleve Yaklaşırken	Alevin İçinde	Alevden Uzaklaştıktan Sonra	Koku Özellikleri	Kül ve Kalıntı Özellikleri
Yün	Büzülmüş ateşten kıvrılarak kaçmıştır.	ve Yavaş alevlenmiş ve yanarken cızırdamıştır	Kendi kendine sönmüştür.	Yanık saç kokusu, boynuz kokusu vermiştir.	Önce kabarcıklı, siyahımsı ve gevrek kül bırakmıştır.
Tiftik	Büzülmüş ateşten kıvrılarak kaçmıştır.	ve Yavaş alevlenmiş ve yanarken cızırdamıştır	Kendi kendine sönmüştür.	Yanık saç kokusu, boynuz kokusu vermiştir	Önce kabarcıklı, siyahımsı ve gevrek kül bırakmıştır.
Kaşmir	Büzülmüş ateşten kıvrılarak kaçmıştır.	ve Yavaş alevlenmiştir	Kendi kendine sönmüştür.	Yanık saç kokusu, boynuz kokusu vermiştir	Önce kabarcıklı, siyahımsı ve gevrek kül bırakmıştır.
Alpaka	Büzülmüş ateşten kıvrılarak kaçmıştır.	ve Yavaş alevlenmiş ve yanarken cızırdamıştır	Kendi kendine sönmüştür.	Yanık saç kokusu, boynuz kokusu vermiştir.	Önce kabarcıklı, siyahımsı ve gevrek kül bırakmıştır.
Angora	Büzülmüş ateşten kıvrılarak kaçmıştır.	ve Yavaş alevlenmiş ve yanarken cızırdamıştır	Kendi kendine sönmüştür.	Yanık saç kokusu, boynuz kokusu vermiştir.	Önce kabarcıklı, siyahımsı ve gevrek kül bırakmıştır.
İpek	Erimiş ateşten kıvrılarak kaçmıştır.	ve Yavaş eriyerek yanmış, yanarken cızırdamıştır	ve Çok yavaş yanmış, kendiliğinden sönmüştür.	Yanık saç kokusu vermiştir.	Boncuk şeklinde siyah, gevrek kül bırakmıştır.
Poliamid lifleri	Önce kendini geriye çekerek erimiş, sonra yanmıştır.	Eriken yavaş yavaş alevlenmiştir	Oldukça çabuk sönmüştür. İssiz yanmış, söndükten sonra beyaz duman çıkarmıştır.	Kereviz gibi kokmuştur. (Hafif yanık saç kokusu, pridin gibi kokar)	Kremsi-sarı, kahverengi (esmer-siyah) boncuk şeklinde sert kalıntı bırakmıştır.
Poliester lifleri	Önce kendini geri çekerek erimiş, sonra yanmıştır.	Yavaş alevlenmiş ve eriyerek yanmıştır.	Alevden çıkınca çok çabuk sönmüştür. Dumanı isli ve siyahtır.	Tatlı aromatik keskin kokulu.	Külü kremsi-sarı, kahverengi (esmer-siyah) boncuk şeklinde ve sert kalıntıdır.

Poliakrilik lifleri	Önce erimiş ve sonra yanmıştır.		Alevden çıkarılınca sönmez. Hızlı ve siyah isli olarak yanmaya devam eder. (modakrilik çıkarılınca kendini söndürür (122))	Yanık et kokusu, tatlı aromatik bir koku, acı badem kokusu vermiştir.	Siyah, sert şekilsiz kabarık kalıntı bırakmıştır.
Polipropilen lifleri	Kendini geri çekerek erimiştir. Yanmamıştır, beyaz dumanlar çıkartmıştır.	Eridikten sonra alevlenmiş, yanmaya devam etmiştir.	Kısa zamanda sönmüştür.	Yanan mum kokusu verir.	Gevşek kahverengi kalıntı.
Polietilen lifleri	Önce erimiş, sonra yanmıştır.		Alevden çıkarılınca yanmaya devam eder. Dumanı issiz ve beyazdır.	Yanan mum kokusu verir.	Gevşek kahverengi kalıntı.
Viskon	Alevden uzaklaşmamış, hemen yanmıştır.	Pamuk lifinden daha çabuk tutuşmuştur	Yanmaya devam etmiş, yavaş yavaş sönmekte olan bir ateş bırakmıştır.	Yanmış kağıt kokusu vermiştir.	Çok az miktarda hafif kabarık olan gri-siyah kül bırakmıştır.
Tencel	Alevden uzaklaşmamış, hemen yanmıştır.	Viskon benzeri çabucak tutuşmuştur	Yanmaya alevsiz olarak devam etmiştir, yavaş yavaş sönmüştür.	Yanmış kağıt kokusu vermiştir.	Grimsi siyah kül bırakmıştır.
Soya (Azlon) lifi	Erir ve ateşten kıvrılarak kaçar.	Yavaş bir şekilde yanar.	Kendiliğinden söner.	Yanık saç, boynuz kokusu verir.	Topak halinde kabarcıklı kül bırakmıştır. Kalıntısı kırılğan, çabuk dağılabilen ve beyaz renklidir.
R. Bambu	Alevden uzaklaşmamış, hemen yanmıştır.	Viskon benzeri çabucak tutuşmuştur	Yanmaya alevsiz olarak devam etmiş, için için yanarak yavaş sönmüştür.	Yanmış kağıt kokusu vermiştir.	Grimsi siyah kül bırakmıştır.
R. Hemp	Alevden uzaklaşmamış, hemen yanmıştır.	Viskon benzeri çabucak tutuşmuştur	Yanmaya alevsiz olarak devam etmiş, için için yanarak yavaş sönmüştür.	Yanmış kağıt kokusu vermiştir.	Grimsi siyah kül bırakmıştır.

Pamuk	Çabuk alevlenmiştir.	Yavaş yanmıştır.	İçin için yanmaya devam etmiştir.	Yanık kâğıt kokusu vermiştir.	Kül rengi beyaz-gridir ve elde çabucak dağılan bir yapıda olduğu gözlenmiştir.
Keten	Çabuk alevlenmiştir.	Alevle yanmaya devam etmiştir.	İçin için yanma görülmüştür.	Yanık kâğıt kokusu vermiştir.	Kül rengi beyaz-gridir ve elde çabuk dağılan bir yapıda olduğu gözlenmiştir.
Hint Keneviri	Çabuk alevlenmiştir.	Alevle yanmaya devam etmiştir.	İçin için yanmaya devam etmiştir.	Yanık kâğıt kokusu vermiştir.	Kül rengi beyaz-gridir ve elde çabuk dağılan bir yapıda olduğu gözlenmiştir.
Bambu	Çabuk alevlenmiştir.	Alevle yanmaya devam etmiştir.	İçin için yanmaya devam etmiştir.	Yanık kâğıt kokusu vermiştir.	Kül rengi beyaz-gridir ve elde çabuk dağılan bir yapıda olduğu gözlenmiştir.
Kapok	Çabuk alevlenmiştir.	Alevle yanmaya devam etmiştir.	İçin için yanmaya devam etmiştir.	Yanık kâğıt kokusu vermiştir.	Kül rengi beyaz-gridir ve elde çabuk dağılan bir yapıda olduğu gözlenmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. TARTIŞMA

Analizi yapılan lif numuneleri içerisinde maksimum ve minimum sapma aralıkları çıkarıldıktan sonra kalan sapma aralıklarının ortalamalarına göre büyükten küçüğe doğru sıralandıklarında;

Pamuk-1,58 >bambu- 1,336 >kapok-1,019 > ipek- 0,760 > keten- 0,756 > yün- 0,750 > alpaka-0,580 >kaşmir-0,474 >rejenere hemp-0,466 >tiftik-0,445 >PAN-0,424 >hint keneviri-0,421 >angora-0,411 > PP- 0,391 >soya-0,384 >viskon-0,332 >PES- 0,317 >PA-0,306 >PE-0,275 >rejenere bambu-0,251 >tencel-0,230 şeklinde olduğu görülmektedir.

Sapma aralığı değeri büyüdükçe, lif boyunca en uzunluğunun homojenliği, üniform yapısı azalmaktadır, dolayısıyla sapma aralık değeri küçük olanlar büyük olanlara nispeten lif boyunca daha düzgün incelik değerlerindedir.

Bu durum bize lif boyunca en uzunluğunun üniformluğunun en fazla pamukta en az ise tencel de değiştiğini göstermektedir. Doğal liflerin lif boyunca en uzunluğunun üniformluğu sentetik ve rejenere olan yapay liflere nispeten daha azdır. Doğal liflerden hint keneviri ve angora yukarıdaki rakamlara göre istisna oluşturmakta ve diğer doğal liflere nispeten, rejenere hemp ve PAN liflerinden daha düzgün bir yapı göstermektedir.

Doğal lifler; hayvansal ve bitkisel olanlar biçiminde bakıldığında, yukarıdaki rakamlara göre bitkisel liflerin çoğunun, hayvansal liflerden daha düzgünsüz olduğu sonucu çıkmaktadır. İstisna olarak hint keneviri; angora dışındaki hayvansal liflerden daha uniform görünmektedir.

Çalışmada; polarize ışık mikroskobu ile boyuna ve kesitsel görüntüsü elde edilen lifler ile ilgili bulgular göstermektedir ki;

A. Bitkisel Lifler için;

1. Pamuk lifleri

Literatürde; pamuk liflerinin mikroskop altında tirbuşon, bükümlü olarak görülmesinin sebebi, kozanın açıldığı dönemde rutubetin düşmesi, ortam basıncının

değişmesi, sekonder çerperde selülozik kitlenin aynı yoğunlukta dağılmamasından dolayı liflerin hidrat suyunu vererek kuruması olduğu belirtilmektedir (3). Lif bükümünün, soldan sağa ve sağdan sola dönüş yönünün sabit olmaması ise; lifi oluşturan fibrillerin lif boyunca birçok kere yön değiştirmesiyle ilgili görülmektedir (7).

Polarize ışık mikroskobu altında, pamuk liflerinin iç içe geçmiş renkler vermesi de yine bu fibrillerin lif boyunca birçok kere yön değiştirmesiyle ilgili olabilir.

Literatürde; pamuk liflerinin mikroskop altında kesit görüntülerinde ortasında bulunan boşluk lümen olarak tarif edilmektedir. Lifte selüloz tabakası, lif geliştikçe lif çapında değişme olmadan, lifin iç kısmına doğru artmakta ve lümen kısmını daraltmaktadır. Dolayısıyla lümen kısmı az olan lifler olgun lifler olarak nitelenmektedir (3, 14).Bulgularda, bazı liflerin uzunlamasına görüntülerinde şeffaf olmaları da, yine bu selüloz tabakasının miktarı ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Ölü liflerde selüloz tabakasının (sekonder çerperin) olmaması şeffaf görüntünün sebebi olabilir.

2. Kapok lifleri;

Literatürde, kapoğun kimyasal analizine göre; kapok %1,3 Kül, %63,6 Selüloz, % 13 Lignin, %23 Pentozanlar içermektedir. Çeperinde yağ, mum ve reçinelerin bulunmasından dolayı rutubet çekmeme özelliğindedir (3). Kapok lifleri içi boşluklu ve uç kısımları kapalı bir liftir (27).

Kapok liflerinin selüloz miktarı pamuğa nispeten azdır (%63,6). Kapok liflerinde yağ, mum ve reçine lifin en dış tabakasıdır. Liflerin uzunlamasına şeffaf görünüşlü olması, selüloz tabakası (sekonder çerper) çok az olan ya da hiç olmayan ölü pamuk liflerinde olduğu gibi selüloz miktarının az olması ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Bazı kapok liflerinde görülen sarımsı tabakalar, bu liflerde bulunan yağ mum gibi maddeler olabilir. Yer yer bazı liflerde görülen hava boşluklarının, kapok lifinin uç kısmı kapalı ortası boş bir boruya benzeyen yapısından kaynaklanabileceği, lifin gelişim mekanizması sırasında meydana gelebilecek bu hava boşluklarının, lifin uç kısmı kapalı olduğu için lif içinde kalmış olabileceği düşünülmektedir.

3. Keten lifleri;

Keten lif hücrelerinin fibrilleri daha fazla pektin içerirler (3). Sayıları 12-40 arasında değişen lif hücrelerinden oluşan lif huzmeleri (lif demetleri), kabuk dokuyu oluşturan parانشim hücrelerine, parانشim orta lameli (dış pektin) denilen bir çeşit pektin ile bağlıdır. Lif huzmelerini oluşturan lif hücrelerini de birbirlerine yapıştıran, sklerenşim orta lameli bir çeşit pektinden (iç pektin) oluşmaktadır. Yalnız bu 'iç pektin', 'dış pektin'e nazaran kimyasal ve biyolojik bakımdan daha dayanıklıdır (3,7,14).

Keten lifleri boyuna görüntüleri incelendiğinde; birkaç tane lifin yan yana olduğu, bazı yerlerde birbirlerinden ayrıldığı ve bazı yerlerde tekrar birleştiği görülmektedir. Bunun sebebinin; keten liflerinin 12-40 arasında değişen sayıda lif hücrelerinden oluşan lif huzmeleri olmalarıdır. Lifin uç kısmından alınan görüntülerde de bu durum açık bir şekilde görülmektedir. Zaman zaman şeffaf şerit şeklinde, keten liflerinden ayrılan tabakaların da bu huzmeleri birbirine bağlayan pektin olabileceği düşünülmektedir.

Ayrıca keten lif hücrelerinin fibrillerinin daha fazla pektin içermeleri ve bu fibrillerin birbirine göre pamuk lifine nispeten daha paralel olması ve yön değiştirmemeleri, boyuna polarize ışık altında verdiği renklerin, pamuk gibi iç içe geçmiş değil, daha çok bir çubuk gibi olmasının nedeni olarak düşünülmektedir. Bu durum keten liflerin mukavementinin pamuktan yüksek olmasıyla da doğrulanmaktadır.

Kesit görüntülerde görülen ortadaki boşluk, pamuk liflerinde olduğu gibi lumendir.

Keten liflerinde bazı yerlerde enine kırılma çizgileri görülmüştür. Bu çizgiler bazı araştırmacılara göre mekanik etkilerden meydana gelmektedir. Bazı araştırmacılar ise büyüme mekanizmalarındaki farklılaşmadan ileri geldiğini ifade etmektedirler (14).

4. Bambu lifleri;

Bambu liflerinin uzunlamasına görünüşü keten lifleri ile benzerlik göstermektedir. Keten liflerindeki gibi, bambu lifleri de tek bir hücreden değil lif huzmelerinden oluştuğundan bazı görüntülerde yan yana birkaç lif bir arada

görülmektedir. Keten hücrelerinde görülen şeffaf şeritler bambu lifleri için de geçerlidir.

Bambu lif hücreleri birbirlerine lignin ile bağlıdır (39). Boyuna görüntülerde gözlemlenen şeffaf şeritlerin, lif hücrelerini bir birine bağlayan lignin olduğu düşünülmektedir.

Çeşitli literatürlerde rastlanılan, bambu liflerinin yüzeyindeki çok sayıda küçük oyuklara (36, 38) polarize ışık mikroskopu ile sağlanan görüntülerde rastlanmamıştır.

5. Hint keneviri lifleri;

Hint keneviri liflerinin uzunlamasına görünüşleri keten ve bambu lifleri ile büyük benzerlik göstermektedir. Bu liflerde huzme lifleri olduğu için, tek bir hücreden değil birkaç tane lifin bir arada bulunmasıyla oluşmaktadırlar. Keten ve Bambu liflerindeki enine kesik çizgiler bu liflerde de mevcuttur. Bazı fotoğraflarda görülen, şeffaf şeritlerin lif huzmelerini birbirine bağlayan pektin olduğu düşünülmektedir.

B. Hayvansal Lifler için;

1. İpek lifleri;

Doğrudan kozadan alınan ipek lifi görüntülerinde iki çubuğu zamksı bir tabakanın birleştirdiği belirlenmiştir. Bu tabakanın kozada iken henüz liften uzaklaştırılmayan, ipek lifinin yapısını oluşturan, serisin tabakası olduğu düşünülmektedir. Yine serisini alınmamış fakat doğrudan kozadan alınmayan ipek lifi fotoğrafında, ipeğin daha kalın olduğu gözlenmiştir. Kozadan alınan ipek gibi, bu ipekte de serisin mevcuttur ancak çok daha kalın bir görüntü vermektedir. Bunun sebebinin; imalat sırasında 5-10 arasında değişen kozadan beraber çekim yapıldığı, bu çekilen ipek liflerinin serisininin alındıktan sonra ayrıştırıldığıdır. Serisini alınmış ipek lifleri ise ince ve zamksı tabakadan arınmış görüntü vermektedirler. Bu yüzden de daha parlak ve pürüzsüz oldukları düşünülmektedir.

Serisini alınmamış ham ipek lifinin kesitinde, birbirine yapışık pek çok üçgenler gibi görünmesi de yukarıda belirtilen 5-10 kozanın bir arada çekimini doğrular niteliktedir.

Diğer ipek liflerinin ise üçgen kesitli cam kırıkları gibi görünmesi, literatürde belirtilen iki fibroin proteinini saran serisin yapısında, serisini alındıktan sonraki durum ile örtüşmektedir.

2.Yün lifleri;

Yün liflerinin, literatürde, dıştan içe doğru; epidermis, korteks ve medula olmak üzere, histolojik olarak üç bölümden oluştuğu belirtilmektedir. Bulgularda ifade edilen, balık pulunu andıran şekiller, yün liflerindeki epidermis tabakasıdır. Bu tabakada, pulcukların uç kısımlarının kalkık olması, yün lifleri için önemli bir özellik olan keçeleşmeye sebep olmakta, liflerin birbirlerine tutunma yeteneklerini arttırmaktadır.

Medula olarak ifade edilen tabaka, ölü hücrelerden oluşmaktadır ve bulgularda bazı yün liflerinin ortasında kesikli bazılarında ise devamlı bir kanal biçiminde gözlemlenmiştir. Bu tabaka, kalın yün liflerinde daha çok görülmüş, genel olarak tüm yün lifleri içerisinde medulalı olan yün lifleri çok daha az gözlemlenmiştir. Medulalı kalın yünler, tekstil de iplik çekimi için uygun olmayıp, çalışmamızda kullandığımız yün lifleri, tekstil sektörüne uygun incelik ve uzunlukta liflerdir. Tekstil elyaf ve iplik firmalarından temin edilen materyalimizde, bundan dolayı medulalı yün liflerine daha az rastlandığı düşünülmektedir. Genel olarak, yün liflerinde medulalı yün miktarının çok ya da az olduğu, koyun üzerinden alınan yapağıda yapılan gözlemlerle daha doğru biçimde anlaşılabilceği tahmin edilmektedir.

3.Tiftik lifleri;

Tiftik lifleri de diğer deri ürünü lifler gibi, dıştan içe doğru epidermis, korteks ve medula tabakalarından oluşmaktadır. Tiftik liflerinde gözlemlenen, pul benzeri şekiller, epidermis tabakasıdır. Ancak bu liflerdeki pulların uç kısmı yünde olduğu gibi kalkık değildir. Yün liflerinin keçeleşme özelliği üzerinde etkili olan bu uç kısımlardaki kalkıklık, tiftik liflerinde mevcut olmadığından bu lifler keçeleşmemektedir. Tiftik liflerinin daha uniform bir yapıdaymış gibi görünmesi, çalışmamızda elde ettiğimiz sapma aralık değerinin küçük olmasıyla da desteklenmektedir (yün- 0,750 > alpaka-0,580 >kaşmir-0,474 >rejenere hemp-0,466 >tiftik-0,445 >pan-0,424 >hint keneviri-0,421 >angora-0,411).

Literatürde, tiftik liflerinin epidermis tabakasının yüne ($0.7 \mu\text{m}$ 'den büyük) nispeten daha ince ($0.5 \mu\text{m}$ 'den küçük) olduğu belirtilmektedir (75). Çalışmamızda elde ettiğimiz görüntülerde, pul tabakasının yüne nispeten belli belirsiz görülmesi bu bilgiyi destekler niteliktedir.

4. Kaşmir lifleri;

Kaşmir lifleri de diğer deri ürünü lifler gibi, dıştan içe doğru epidermis, korteks ve medula tabakalarından oluşmaktadır. Kaşmir liflerinde gözlemlenen, pul benzeri şekiller, epidermis tabakasıdır. Ancak bu liflerdeki pulların uç kısmı yünde olduğu gibi kalkık değildir. Yün liflerinin keçeleşme özelliği üzerinde etkili olan bu uç kısımlardaki kalkıklık, kaşmir liflerinde çok belirgin değildir. Kaşmir liflerinin yüne nispeten daha uniform bir görüntü vermeleri, çalışmada elde edilen sapma aralığının (yün- $0,750 >$ alpaka- $0,580 >$ kaşmir- $0,474 >$ rejenere hemp- $0,466 >$ tiftik- $0,445 >$ pan- $0,424 >$ hint keneviri- $0,421 >$ angora- $0,411$) yünden daha küçük olmasıyla da desteklenmektedir. Kaşmir liflerinde pulcuklar tiftik liflerine göre daha belirginmiş gibi görülseler de, subjektif bir değerlendirme olduğu düşünüldüğünden, her ikisi de keçi türlerinden elde edilen tiftik ve kaşmir arasında göz ile kolayca ayırt edilebilecek farklılıkların tespit edilemediğini söylemek daha doğrudur.

5. Alpaka lifleri;

Alpaka lifleri, diğer deri ürünü lifler gibi, dıştan içe doğru epidermis, korteks ve medula tabakalarından oluşmaktadır. Alpaka liflerinde gözlemlenen, pul benzeri şekiller, epidermis tabakasıdır. Ancak bu pulcuklar, diğer deri ürünü liflere göre özellikle kalın olanlarında, belli belirsiz görülmektedir.

Literatürde, alpaka liflerinde, lif dış yüzeyindeki katikül hücrelerinin yüksekliğinin düşük olduğu belirtilmektedir (58). Bu durumun, alpaka liflerinde, bu tabakanın belli belirsiz görünmesinin önemli bir sebebi olduğu düşünülmektedir.

Yine literatürde, alpaka liflerinin keçeleşme özelliğinin düşük olduğu (106), alpaka lifinin ipeksi, ve pürüzsüz olduğu (58) ifade edilmektedir. Keçeleşme özelliğinin lif üzerindeki pulcukların uç kısımlarının kalkık olmasıyla artacağı yine bu pulcukların kalkık olmamasının daha pürüzsüz bir yüzeye sebep olacağı bilindiğinden, alpaka

liflerinde pulcukların uç kısımlarının kalkık olmadığının görülmesi, bu bilgileri doğrular niteliktedir.

Literatürde, alpaka lifleri arasında medulası bulunmayan lif oranının %10' dan daha az olduğu, genellikle hepsinde medulanın varlığı ifade edilmekte, kalın liflerin bazılarında medula oranının %50'nin üstünde olduğu, bazılarında medulanın iki kanallı biçimiyle alpaka lifleri için diğer liflerden ayırt edici özellik olduğu belirtilmektedir (74). Çalışmamızda elde edilen görüntülerde hemen hemen tamamında medula görülmesi, bazı lif görüntülerinde iki medulanın yan yana görülmesi, kalın liflerde medulanın çok büyük yer kaplaması bu bilgileri doğrular niteliktedir.

Literatürde, alpaka, 22 tane doğal rengi olan tek hayvan olduğu (58), renkli liflerde pigmentlerin belirgin olduğu (74) ifade edilmektedir. Ancak çalışmamızda aldığımız alpaka görüntülerinde renk pigmenti olarak belirtebileceğimiz noktalar tespit edilememiştir. Bunun sebebinin, çalışmada incelenen liflerin tamamının kahverengi-krem olarak ifade edebileceğimiz doğal renklerinde olup, farklı doğal renklerde (özellikle siyah renkli alpaka) lif örnekleri ile çalışılmaması olduğu düşünülmektedir.

6. Angora lifleri;

Ankara tavşanı lifi, diğer deri ürünü lifler gibi, dıştan içe doğru epidermis, korteks ve medula tabakalarından oluşmaktadır. Ancak çalışmada elde edilen görüntülerde hem pul hücreleri, hem de medula yapısındaki farklılıkla, bu lifler çalışmada incelenen diğer deri ürünü liflerden açık bir şekilde ayrışmaktadır.

Angora liflerinde, pul tabakasının lif yönü ile yaptığı açılı diğer deri ürünü liflere nispeten çok dar ve pulcukların uç kısımları oldukça sivri olarak gözlemlenmiştir.

Literatürde, angora liflerinin yoğunluğunun (1,15-1,18 g/cm³ arasında); yün (1,33 g/cm³) ve pamuk (1,50 g/cm³) ile karşılaştırıldığında daha düşük olduğu ifade edilmektedir (111). Ayrıca, ısı tutma, izolasyon özelliği açısından da, merinos yününden daha hafif ve ince olmasına karşın, iki kat fazla yalıtım özelliği olduğu (108, 113) ifade edilmektedir.

Çalışmada incelenen angora liflerinin, boncuk şeklindeki odacıklı medulalı yapısı, bu liflerin diğer deri ürünü liflere kıyasla daha düşük yoğunlukta olmalarını sağladığı düşünülmektedir. Çünkü, bu odacıklar içerisinde makromoleküller yerine daha

düşük ağırlıkta havanın olması, aynı hacimde daha düşük kütleli bir yapıya neden olmaktadır. Ayrıca, izolasyon özelliği de yine bu boncuk şeklindeki odacıklı yapıdan dolayı diğer deri ürünü liflere nispeten çok daha iyi olmasının sebebi olarak görülmektedir. Çünkü, iki farklı sıcaklık bölgesi arasında yer alan farklı boşluk tabakalarının sayısı ne kadar çok olursa, ısının bu iki bölge arasındaki iletiminin o kadar gecikeceği düşünülmektedir.

C. Sentetik Lifler için;

1. Poliester lifleri;

Çalışmada PES liflerinden elde edilen boyuna görüntülerde en belirgin özellik, bu liflerde gözlemlenen pembe ve yeşil renkli boyuna çubuk görüntüleridir. Bu çubuklar, görüntülerin çoğunda birbirine lif yönü boyunca paralel olmakla birlikte bir kısmında iç içe girmiştir. Bu iç içe girme sebebinin; cımbızla liflerin çekilerek lam ve lamel arasına yerleştirme sırasında, bu liflere uygulanan çekme etkisiyle oluşturulan deformasyon olduğu düşünülmektedir. Bazı kıvrımlı liflerde de aynı şekilde bu renkler iç içe girmiş görünmektedir. Lifin doğasına üretim sırasında kıvrımcılaştırma işlemi ile kazandırılan kıvrımların, bu yeşil ve pembe renkli çubukların mikroskop altında iç içe girmiş ve net olmayan görüntülerine sebep olduğu tahmin edilmektedir.

Bazı lif yüzeylerine pürüzlü bir görüntü izlenimi veren nokta ya da taneciklerin, lifin üretimi sırasında matlaştırma işlemlerinde kullanılan kimyasal maddeler olduğu tahmin edilmektedir. Çünkü söz konusu tanecik ve noktalar sadece mat liflerde mevcutken, parlak liflerin mikroskop görüntülerinde bu taneciklere rastlanmamıştır.

Bir kısım PES liflerinde gözlemlenen kanal şeklindeki çubuk görüntüsünün sebebinin; bu liflerin iç kısmı boş bir boru şeklinde üretilmelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Boyuna görüntülerinde lif boyunca kanal görüntüsü veren liflerin kesit görüntüsünün, içi boş bir daire biçiminde olması, içi dolu daire biçimli kesit görüntüsüne sahip liflerin uzunlamasına görüntülerinde bu kanallara rastlanmaması bunu doğrular niteliktedir. Bazı PES liflerinin boyuna görüntülerinde; iki kenarı silindirden oluşan bir şerit görüntüsü verdiği, bu görüntüde yeşil-pembe-mor-kırmızı-turuncu renklerin lifin bazı bölgelerinde çubuklar ve şerit üzerinde düzenli, bazı bölgelerinde ise düzensiz halde olduğu tespit edildi. Bu durumun sebebinin de; yine

kesit biçiminin yıldız biçimine benzer farklılığından kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir.

Renkli liflerde, boyuna görüntülerde pembe ve yeşil çubuk renkleri, lifin rengine bağlı olarak değişmektedir. Kırmızı renkli liflerde çubukların rengi kırmızı-yeşil, mor renkli liflerde çubukların renkleri mor-yeşildir. Pembe renkli çubuk bölgesinin renk değiştirmesi fakat yeşil rengin aynı kalması, renksizken pembe olan bölgelerin boyarmaddeleri absorbe eden amorf bölgeler olma ihtimalini akla getirmektedir. Ancak siyah renkli PES lifinde görüntü tamamen siyah olup, görüntü büyütülerek dikkatli bakıldığında, lif üzerinde siyahla karışmış koyu yeşil ve siyahla karışmış koyu kırmızı çubuklar göze çarpmaktadır. Bu durum ise renksiz liflerde pembe bölgelerin amorf bölgeler olma düşüncesini doğrulamamakta ya da boyar maddenin veya boyarmaddenin life aplikasyon tekniğinin farklı özelliğinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Bir kısım PES liflerinde; yüzey tamamen kahverengi olup, bu liflerin bazılarında dikkatle büyütülerek bakıldığında renkli çubuklar gözlemlenirken, bazılarında gözlemlenmemiştir. Kahverengi görüntünün kaynağının; iplik üretim öncesi, üretim işlemlerinin daha kolay ve problemsiz yapılabilmesi için, sonradan yıkamayla uzaklaştırılacak yağlar veya anti statik maddeler gibi çeşitli kimyasalların neden olabileceği düşünülmektedir.

2. Poliakrilonitril lifleri;

PAN liflerinin büyük bir kısmı silindirin uzunlamasına kesiti şeklinde görüntü verirlerken bazıları ise bu şeridin tam ortasından bazılarında ise kenarlara yakın kısmından sanki iki lifin yan yana durmasında birbirlerine temas ettikleri yerlermiş izlenimine neden olan kanal görüntüsü vermektedirler. Bunun sebebinin, bu liflerin 'böbrek şekline benzer' kesit biçimlerinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Literatürde; farklı kesit şekline sahip düzelerin farklı kesit lifler üretiminde kullanıldığı, genellikle yuvarlak delikli düzeler ile fasulye (böbrek) ve yuvarlak şekilli lifler üretilmekte olduğu belirtilmektedir (120).

Literatürde, koagülasyon banyo özelliklerinin; zayıf dış yüzeyli liflerin, özellikle difüzyon sonucunda meydana gelen hacim küçülmesi neticesinde bu zayıf dış yüzeyin içeri doğru çekilmesi ile böbrek şeklini aldıkları, ayrıca liflerin enine kesit şekillerinin,

üretim metodu ve yapılan diğer işlemlerden de doğrudan etkilendiği belirtilmektedir. Kesit şekilleri bazı ticari akrilik liflerinin tanınmasında belirleyici parametrelerden biri olarak ta kullanılabilmektedir (120).

İncelenen PAN liflerinin bazılarında gözlemlenen noktacıkların kaynağının; bu lifleri matlaştırma da kullanılan TiO_2 tanecikleri veya boyarmadde pigmentleri olduğu düşünülebilir. Ancak, renkli PAN liflerinin bazılarında bu tanecikler gözlemlenememiştir. Bu durum PAN liflerinin farklı tip boyarmaddelerden boyanmasından dolayı kimilerinde tanecik olmasına rağmen kimilerinde olmaması şeklinde açıklanabilir. Ancak bazı renksiz PAN liflerinde de bu noktacıkların gözlemlenmesi, bu taneciklerin boyarmaddelerden kaynaklanma ihtimalini ortadan kaldırmaktadır. Dolayısıyla bu tanecikler; yoğun olarak görülenlerde tam mat, daha az yoğunlukta görünenlerde ise yarı mat lif üretimi için polimer çözeltisine karıştırılan matlaştırıcılardır. Kesit görüntülerde, bu taneciklerin lifin iç ve dış kısmında (tüm kesitinde) görülmesi bu matlaştırıcıların daha sonraki terbiye işlemlerde life applike edilme metodu yerine, lif çözeltisine katıldıklarını doğrulamaktadır. Sonradan aplikasyon metoduyla liflerin matlaştırılması durumunda, bu taneciklerin kesit görüntüde gözlenmemesi sadece boyuna görüntülerde gözlenmesi beklenmektedir.

Renkli akriliklerde, boyanmalarından kaynaklı tanecikler gözlemlenmemiş, boyanmış renkli liflerde, beyaz ve siyah zeminde renksiz liflerden farklı girişim renkleri vermeleri bu lifleri renksizlerden farklılaştırmıştır.

Literatürde, difüzyon ve faz değişimi, hem lif yapısındaki gözeneklerin oluşmasında ve hem de lif enine kesitinde çok önemli etkileyici olarak belirtilmektedir (120). PAN liflerinin boyuna görüntülerde tespit edilen, lif eksenine paralel küçük çizgiciklerde söz konusu gözenekler benzeri, koagülasyon banyosundaki difüzyon ve faz değişim olaylarıyla oluştukları düşünülmektedir.

3. Poliamid /Polipropilen/Polietilen lifleri;

Literatürde; infrared spektroskopisi farklı bir yanıt verinceye kadar, mikroskop altında ilk bakışta, bir trilobal kesitli polipropilen lifinin, poliamid lifi ile karıştırılabileceği belirtilmektedir (156). Polipropilen ve polietilen; poliolefin lifleridir (14).

Çalışmamızda; bu üç lif tipinin polarize ışık mikroskobu altında verdikleri boyuna görüntülerde renklerle bunların lif üzerindeki pozisyonları, birbirleri ile benzerlik göstermektedir. Bu durum literatürde belirtilen bilgilerle örtüşmektedir.

Bazı liflerde görülen taneciklerin, diğer sentetik ve rejenere liflerde olduğu gibi matlaştırıcılar olduğu düşünülmektedir.

D. Rejenere Lifler için;

1. Viskon lifleri;

Çalışmamızda gözlemlenen viskon liflerinin uzunlamasına görüntülerinde kanal şeklinde çizgilerin olduğu gözlemlenmiştir. Kesit görüntülerinde lifin girintili, çıkıntılı şekilde olması, boyuna mevcut bu çizgilerin, kesitte gözlemlenen girinti ve çıkıntılarının boyuna vereceği görüntü olduğunu düşündürmektedir.

Kesitteki bu girintili çıkıntılı şekil; düze biçimlerinden kaynaklanabileceği gibi, çöktürme banyosundaki fiziksel ve kimyasal olaylardan da kaynaklanabilir.

Literatürde; viskon liflerinin, çöktürme banyosuna girdiğinde koagülasyon sayesinde ilk olarak bir membran gibi etki gösteren ince bir tabakanın oluştuğu, bundan dolayı bu liflerde manto olarak isimlendirilen kalın bir dış tabakanın var olduğu ifade edilmektedir (21). Bu tabakanın oluşması ile ilgili; viskon lif ışınlarının çöktürme banyosundan geçerken dış yüzeylerinin hızlı bir şekilde H_2SO_4 ile etkileştiği ve dış kısmı sert iç kısmı yumuşak lifler elde edildiğine dair bilgiler mevcuttur (4,5,6,21,135). Manto denilen dış kısımlarda daha sıkı ve düzgün bir yerleşim olduğu, çekirdek ismi verilen iç kısımların ise amorf yapıda olduğu ifade edilmektedir (6).

Kesitteki bu girinti ve çıkıntılar, her lif için standart değil aksine aynı numuneden alınan kimi liflerde, yuvarlağa daha yakınken, kimi liflerde girinti ve çıkıntılar farklı biçimlerde ve boyutlardadır. Bu durum; kesit görüntüsünün düze şeklinden daha çok çöktürme banyosunda oluştuğu ihtimalini arttırmaktadır. Çünkü; düze de oluşan tüm liflerde tamamen birbirinin aynı bir görüntü beklenirken, çöktürme banyosunda; liflerin biçim alması; zaman değişimi, sıcaklık değişimi, difüzyon faz değişim olayları sırasında ortamda bulunan konsantrasyonlardaki değişim gibi pek çok faktörle çeşitlenmektedir. Bu da aynı partide genel anlamda aynı şekil olmasına rağmen, lif ışını boyunca bire bir kesit örtüşmesinin olmaması üzerinde etkili olabilir.

Boyuna görüntülerde gözlemlenen mavi ve kahverengi renklerde yine literatürlerde belirtilen manto ve çekirdek yapıdan kaynaklanabilir. Bunu; manto yapısının oluşmasının üretim sırasında engellendiği Tencel liflerinde mavi kahverengi renkler yerine sadece mavi rengin gözlemlenmesi doğrulamaktadır.

Literatürde, parlak viskon liflerinin matlaştırılmaları; lif çözeltisine katılacak bazı katı veya sıvı maddelerle sağlandığı, toluen, ksilen, klorbenzen, β -naftol, antrakinon, çinkooksit, titandioksit ve benzeri çeşitli organik ve inorganik bileşikler içerisinde yaygın kullanılan titandioksit olduğu, düşük düzeyde matlık için; % 0,5, tam matlık için; %2 kadar titandioksit lif çözeltisine katıldığı belirtilmektedir (6).

Çalışmada boyuna görüntülerde karşılaşılan noktacıkların TiO_2 olduğu düşünülmektedir.

2. Tencel lifleri;

Uzunlamasına oldukça düzgün silindirik görüntü vermişlerdir. Kesit şekilleri ise boncuk tanelerini andıran yuvarlaklardır. Tencel lifleri, üçüncü nesil viskon lifleri olup, viskon liflerinin düşük yaş mukavemetlerinin yükseltilmesi amacıyla, üretimi sırasında farklı işlem aşamaları uygulanan ve viskon liflerindeki manto- çekirdek yapısının oluşmasına izin verilmeyen liflerdir. Dolayısıyla; normal viskon liflerinden oldukça farklı boyuna ve kesit görüntü vermektedirler. Viskon liflerinden farklı olarak mavi-kahverengi renkler yerine sadece mavi renkli görünmesi ve yüzeyinde çubukların gözlemlenmemesi nedeninin, kesit şeklinin tam daire olması ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Toplam 170 adet uzunlamasına görüntü içerisinde, aynı firmaya ait numuneden alınan sadece 14 boyuna görüntüde beyaz zeminde, diğer tencel liflerinden farklı olarak silindirik şeklin turuncu ve mavi renklerden oluştuğu gözlenmiştir. Bu farklılığın sebebinin; söz konusu numunenin tencel ile aynı olan üçüncü nesil viskon liflerinden lyocell lifi olduğu tahmin edilmektedir.

3. Rejenere Bambu lifleri;

Rejenere bambu liflerinin hammaddesi olan selülozun bambudan elde edilmesi dışında viskon liflerinden çok farklı yönleri yoktur. Elde edilen görüntülerde de viskon

lifleri ile rejenere bambu lifleri arasında fark olmayıp, birbirlerine benzer boyuna ve kesit görüntüleri elde edilmiştir.

4. Rejenere Hint Keneviri (hemp) lifleri;

Rejenere hemp liflerinin hammaddesi olan selülozun hint kenevirinden elde edilmesi dışında viskon liflerinden çok farklı yönleri yoktur. Elde edilen görüntülerde de viskon lifleri ile rejenere hemp lifleri arasında fark olmayıp, birbirlerine benzer boyuna ve kesit görüntüleri elde edilmiştir.

5. Soya lifleri;

Soya liflerinin boyuna görüntüsü; şerit şeklinde olması ve verdiği mavi ve kahverengi renklerle, selüloz esaslı rejenere liflere benzemekle birlikte, bu liflerin yüzeyinde gözlemlenen ve pürüzlü bir görüntü vermesine sebep olan yuvarlak, yassı, çizgisel ve kimi zaman düzgün bir geometrik şekli olmayan lekeler çalışmada incelenen diğer rejenere liflerden bu lifleri ayıran en önemli farktır. Bu farklılığın temel nedeninin çalışmada incelenen diğer rejenere liflerin hammaddesi selüloz iken, soya liflerinin hammaddesinin glisin proteini olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, proteinin çöktürme banyosundaki difüzyon ve faz değiştirme olayları sırasındaki davranışı bu gözeneklerin sebebi olabilir.

Literatürde (14); optik mikroskobun ayırma gücü her ne kadar yüksek olsa bile, incelenen cismin yapısını detaylı görebilmenin mümkün olmayabileceği belirtilmiştir. Görülmesi gereken kısımların veya ince yapı elemanlarının saydam olması, ışığı az soğurması, kırılma indislerinin cismin içine konduğu bağlayıcı sıvının kırılma indisine çok yakın olması gibi durumlarda, cismin ince yapısının çevre ortamına kıyasla kontrast olmaması gibi nedenlerden dolayı görme güçlüklerinin ortaya çıkacağı ifade edilmektedir. Bu gibi sebeplerle; tekstil liflerinin mikroskobik incelemesinde polarize ışık mikroskoplarından başka; normal ışık mikroskopları, floresans, faz kontrast, interferans, stereomikroskop, ultramikroskop, projeksiyon, SEM ve TEM gibi çok değişik mikroskop türlerinin de kullanıldığından bahsetmektedir. Çalışmada özellikle polarize ışık mikroskobunun tercih edilmesinin nedeni normal kompakt mikroskopta girişim renkleri gözlenmezken, polarize ışık mikroskobunda gözlemlenebilen girişim renklerinin özellikle, sentetik liflerde ayırt edici özelliğinden yararlanmaktır.

5.2. SONUÇ

Polarize ışık mikroskobu ile çalışmada incelenen liflerin; hayvansal, bitkisel, sentetik ve yeniden yapılan (rejenere) lif grubu içerisinde, hangisinde yer aldığını kesin olarak belirlemek mümkündür.

Polarize ışık mikroskobu ile çalışmada incelenen bitkisel liflerin; çekirdek lifleri, meyve lifleri ve sak liflerinden hangi gruba ait olduğunu belirlemek mümkündür. Çekirdek lifi olan pamuk lifi boyuna yönde ve kesitte verdiği kendine has görüntü ile diğer liflerden tamamen ayrılmaktadır. Meyve lifi olan kapok lifi de yine polarize ışık mikroskobu ile boyuna yönde ve kesitinde yapılan gözlemlerle doğrudan tanımlanabilmektedir. Sak liflerinde; bambu liflerinin boyuna yönlü görüntüleri, keten ve kenevirle çok benzerlik göstermekte ancak kesit görüntüsü bu lifleri keten ve kenevirden tamamen farklılaştırmaktadır. Sak liflerinden keten ve kenevir ise hem boyuna yönlü hem kesit görüntülerinde birbirlerine benzemekte ve keten lifi mi yoksa kenevir lifi mi olduğunu söylemek sadece polarize ışık mikroskobundan elde edilen fotoğraflarına bakarak, özellikle, adli olay yerinde bulunabilecek bir ya da iki gibi çok az sayıda analiz örneği düşünüldüğünde, mümkün değildir.

Polarize ışık mikroskobu ile çalışmada incelenen hayvansal liflerin; salgı lifleri ve deri ürünü liflerden hangi gruba ait olduğunu belirlemek mümkündür. Salgı ürünü hayvansal lif olan bombyx mori türü böceğe ait doğal ipek lifi; boyuna ve özellikle kesitte verdiği görüntü ile çalışmada incelenen diğer liflerden tamamen ayrıştırılabilmekte ve tanımlanabilmektedir. Çalışmada incelenen deri ürünü liflerden, tavşan yünü (angora lifi); incelenen diğer deri ürünü liflerden, medula yapısı ve pul tabakasının göz ile ayırtedilebilir farklılığı dolayısıyla tamamen ayrıştığından, polarize ışık mikroskobu görüntüsü ile kesin olarak tanımlanabilmektedir. Çalışmada incelenen diğer deri ürünü hayvansal liflerden yün, tiftik, kaşmir, alpaka lifleri arasında ciddi farklılıklar olmakla birlikte, doğrudan tanımlama yapılması özellikle incelenen lif sayısı çok az olduğunda oldukça zordur.

Örneğin yün liflerinde pul tabakasının uç kısımları kalkık; tiftik, kaşmir ve alpaka ise kalkık değildir. Yün liflerinde pul tabakası kalın ve belirgin; tiftik, kaşmir ve alpaka ise daha ince olduğundan daha az belirgindir. Tiftik, kaşmir ve alpaka; yün liflerine göre daha uniformdur. Alpaka liflerinin pek çoğunda tek ya da iki kanallı

medula mevcutken; yün, tiftik, kaşmir liflerinin çoğunda medula mevcut değildir. Bu farklılıklara rağmen, incelenen herhangi bir yün lifinde medula bulunabilir, gözlemci pul tabakasının uç kısımlarının kalkık olmadığı kanaatine varabilir. Ya da herhangi bir tiftik lifi incelenirken; pul tabakasının uç kısımları kalkık olarak ve bu tabaka belirgin olarak algılanabilir. Bu liflerde, büyük ölçüde analizi yapan kişinin tecrübelerine bağlı olarak algılanabilecek bu gibi farklılıklar, subjektif olduğu düşünüldüğünden, deri ürünü liflerden yün, tiftik, kaşmir ve alpaka liflerinin birbirlerinden kolaylıkla ayrıştırılamayacağı, hangi hayvan orijinli olduğunu (koyun, tiftik keçisi, kaşmir, alpaka vb.) sadece polarize ışık mikroskobunda verdiği görüntüden kesin olarak söylemenin mümkün olmadığı kanaatine varılmıştır.

Polarize ışık mikroskobu görüntüleri kullanılarak, çalışmada incelenen yapay lifleri; sentetik ve yeniden yapılan (rejenere) olarak ayırmak kesin olarak mümkündür. İncelenen bu rejenere lifleri; protein esaslı (silkoal) olan soya lifleri ve selüloz esaslı rejenere lifler olarak ayırmak mümkündür. Ancak, rejenere liflerin selüloz kaynağının hangi bitkiye ait olduğunu belirlemek mümkün değildir. Dolayısıyla; rejenere lifleri; viskon, rejenere hemp ya da rejenere bambu olarak tanımlamak sadece polarize ışık mikroskobu görüntülerinden yararlanılarak gerçekleştirilemez. Üçüncü nesil viskon lifleri olan, Tencel lifleri de, sahip olduğu boyuna yönlü ve kesitsel farklılıkları ile çalışmadaki diğer rejenere liflerin tamamından kolaylıkla ayırt edilebilmekte ve doğrudan Tencel lifi olarak tanımlanabilmektedir.

İncelen sentetik liflerden; PES ve PAN diğer liflerden tamamen ayrıştırılabilmekte, ancak PA, PP ve PE birbirlerine çok benzemekte ve sadece polarize ışık mikroskobundan elde edilen boyuna görüntülerle tanımlanamamaktadır.

Yakma testi sonucunda elde edilen bulgulara dayanarak lifleri hayvansal, bitkisel, tam yapay ve rejenere lifler olarak ayırmak mümkündür.

Hayvansal lifler içerisinde deri ürünü olan liflerin tamamı yakma testinde aynı sonuçları verdiği için, bunların hangi hayvan orijinli olduğunu belirlemek mümkün değildir. Salgı ürünü olan ipek lifleri ise eriyerek yanması ile deri ürünü hayvansallardan ayrışmaktadır.

Bitkisel lifleri; çekirdek lifi, meyve lifi ve gövde lifi olarak ayırtırmak, hangi bitkiden elde edildiğini anlamak, yakma testi sonucu elde edilen bilgilerle mümkün değildir. Çünkü incelenen bitkisel liflerin tamamı, alev karşısında aynı yanma özelliklerini göstermektedir.

Rejenere liflerden selüloz esaslı olanlar; alev karşısında bitkisel lifler gibi davranmakta fakat çok çabuk tutuşmaları ile bitkisel liflerden ayrılmaktadırlar. Ancak selüloz esaslı rejenere lifleri de kendi içlerinde viskon, tencel, rejenere bambu yada rejenere hint keneviri olarak tamamen tanımlamak mümkün değildir.

Rejenere liflerden protein esaslı soya lifleri; hayvansal liflerden ipek lifi gibi davranış göstermesine rağmen, söndükten sonra beyaz kalıntı bırakması ile ayrılmaktadır.

Çalışmada incelenen tam yapay liflerin tamamını yakma testi ile tanımlamak mümkündür. PAN ve PES lifleri yanarken isli siyah duman çıkararak diğer tam yapay liflerden ayrılmakta, PES lifleri alevden çıkarılınca sönerken, PAN lifleri yanmaya devam ederek farklı bir davranış göstermektedir. PA lifleri ise ıssız yanmakta ve söndükten sonra beyaz duman çıkararak tanımlanabilmektedir. PP lifleri alev karşısında erimekte, yanmamakta ve beyaz dumanlar çıkarmaktadır. Eridikten sonra alevlenmektedir. PE lifleri, PP lifleri gibi yanan mum kokusu vermesine rağmen, alevden çıkarılınca yanmaya devam ederek PP liflerinden ayrılmaktadır.

ÖZET

Bu çalışmada, adli olayların aydınlatılmasında delil niteliği taşıyan tekstil liflerinden bazılarını, polarize ışık mikroskopunda verdikleri görüntülerden yararlanarak tanımlayabilmek; bu liflerin birbirlerine benzer ve birbirlerinden farklı renk, biçim özelliklerini belirlemek amaçlanmıştır.

Çalışmanın genel bilgiler bölümünde; incelenen liflerin yapıları/üretimleri, fiziksel/kimyasal özellikleri, kullanım alanları, adli olaylarda liflerin transfer/kalıcılık mekanizmaları, olay yerinde liflerin tespit/toplama metodları, kriminal laboratuvarlarda lif bulma sistemleri, polarize ışık mikroskobu ve bu mikroskopla lifin optik özelliklerinden yararlanılarak yapılan ölçümler, lif bulgularının yorumlanmasında ve delil değerlerinin belirlenmesinde kullanılan parametreler hakkında; günümüze kadar yapılan çalışmaların bazılarında bilgiler derlenmiş, lif bulgularıyla aydınlatılan adli olaylardan örnekler verilmiştir.

Pamuk, kapok, keten, bambu, rejenere bambu, hint keneviri, rejenere hint keneviri, ipek, yün, tiftik, kaşmir, alpaka, angora, viskon, tencel, soya, poliester, poliakrilnitril, poliamid, polipropilen, polietilen lif örnekleri; Leica DM 2500 P polarize ışık mikroskobu altında gözlenmiş, Leica Application Suite Version 2.8.1 yazılımı kullanılarak bilgisayar ortamında fotoğraflanmış ve incelik değerleri analizlenmiştir. Boyuna ve kesitsel mikroskobik görüntülerinden, birbirlerine benzer ve birbirlerinden farklı renk, biçim özellikleri belirlenmiştir. Her bir lif çeşidi için, belirlenen benzerlik ve farklılıkların sebepleri literatürden elde edilen bilgilerle ilişkilendirilerek, irdelenmiştir. Yakma testi; her lif çeşidi için yapılarak, alev karşısında bu liflerin davranış biçimleri belirlenmiştir.

Sonuç bölümünde; hangi liflerin sadece mikroskobik görüntülerinden faydalanılarak doğrudan tanımlanabileceği, hangileri için bunun mümkün olmadığı, liflerin birbirleriyle karşılaştırılmalarında aynı orijinli olup olmadıklarının hangileri için anlaşılabilceği, tespit edilmiştir.

SUMMARY

In this study, it is aimed to identify and determine the similar and different colour/ shape features of some textile fibres, utilized as evidence for the elucidation of some forensic cases, by their polarized light microscope images.

In the general information section of this study; some informations about structures and manufactures, physical and chemical properties, end-product areas of the fibres, transfer and persistence mechanism of fibres in forensic cases, finding and collection methods of fibres at the crime scene, fibre finder systems at criminal laboratories, polarized light microscope and measurements of optical properties of fibres with PLM, parameters utilized for interpretation and determination of values of fibre evidences, are compiled from the studies to date. Some criminal events that were illuminated by fibre evidences were given as examples.

Cotton, kapok, linen, natural and rejenereted bamboo, natural and rejenerated hemp, silk, wool, mohaire, cashmere, alpaca, angora, viscon, tencel, soybean, polyester, polyacrilonitril, polyamid, polypropilen, polyetilen fibre examples were observed by LEICA DM 2500 P polarized light microscope, digital photos of them were taken by Leica Application Suite Version 2.8.1 Software and their fineness values were measured. Similar and different colour and shape properties of them were determined from longitudinal and cross-sectional images. For each fibre type, the reasons of the similarities and differences, in relation to information obtained from the literature, are discussed. Combustion tests were done for each fibre type and behaviours of them against flame were determined.

In the conclusion, it is determined that for which fibres it is possible to identify directly and for which not, only by observing microscope images of them and it is determined that for which fibres it is possible to state the origins of fibres while comparing between each other.

KAYNAKLAR

1. Kaya F., Ergenekon C. (1989) Mekikli El Dokumacılığı, Güneş Yay. No: 25 Ankara.
2. İşbilen A., Dinler V. (2005) Adli Olayların Çözümünde Tekstil Yüzey Ve Aksesuarların Delil Olarak Değerlendirilmesi, Poster, 3. Anadolu Adli Bilimler Kongresi, Eskişehir.
3. Yazıcıoğlu G., Harmancıoğlu M. (1978) Bitkisel Lifler, Ege Üniversitesi Yayınları, İzmir.
4. Seventekin N. (2001) Kimyasal lifler, E.Ü. Tekstil ve Konf. Arş. Uyg. Merkezi Yayınları, İzmir.
5. Seventekin N. (2004) Tekstil Kimyası, Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi Yayınları, İzmir.
6. Tarakçıoğlu I. (1986) Tekstil Terbiyesi ve Makinaları- Poliester Liflerinin Üretimi ve Terbiyesi, **3**, İzmir.
7. Tarakçıoğlu I. (1979) Tekstil Terbiyesi ve Makinaları- Tekstil Terbiyesinde Temel İşlemler ve Selüloz Liflerinin Terbiyesi, **1**, Ege Üniversitesi Tekstil Fakültesi Yayınları No:2, İzmir.
8. 12.08.2005 tarih ve 25904 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren 'Tekstil Ürünlerinin İsimlendirilmesine İlişkin Yönetmelik Ek1', 01.06.2008/26893 sayılı değişikliklerle beraber.
9. T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, Dokuzuncu Kalkınma Planı, (2007-2013) Kimya Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Sentetik Elyaf ve İplik Çalışma Grubu Raporu.
10. Ekmekçi A., (1998-1999) Doğal Lifler Ders Notları, Ege Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü.
11. Kadoğlu H., Temel Tekstil Teknolojisi Lifler, İplik Oluşumu, İzmir.
12. TS 4739 (Mart 1986) Tekstil Liflerinin Tanınması Metotları, ICS 59.060.01, 1.baskı, Ankara.
13. <http://www.iplikonline.com.tr/v1/kultur/tekstil-liflerinin-mekanik-ozellikleri.php>, erişim tarihi (13.03.2011), Tekstil Mühendisleri Odası verileri.
14. Yazıcıoğlu G., (1996) Tekstil Mikroskopisi, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
15. Tayyar A.E., Alan G., Sentetik Liflerden Üretilen Halat Yapıları ve Kullanım Performansları, *Tekstil ve Mühendis Dergisi*, **14(68)**, s.1-12.
16. Leonard Y., Mwaikambo, Martin P. A., (2002) Chemical Modification of Hemp, Sisal, Jute, and Kapok Fibers by Alkalization, *Journal of Applied Polymer Science*, **84**, p. 2222-2234.
17. Öktem T., Seventekin N., Yaman N., (2007) Polinozik Liflerin Üretimi, Özellikleri ve Kullanım Alanları (Bölüm 1), *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, **2007/3**, s.170-178.
18. Happy F., (1979) Applied Fibre Science, *Academic Press*, **3**, London.
19. Bahtiyari M.İ., (2005) Viskon Kumaşlarda Farklı Tip Enzimlerle Pilling Probleminin Önlenmesi ve Elde Edilen Efektlerin Karşılaştırılması, Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
20. Özgüney A.T., Ekmekçi Körlü A., Bahtiyari M.İ., Bahar M., (2006) Viskon Liflerinin Fiziksel Özellikleri ve Makromolekülerüstü Yapısı, *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, **2006/ 2**, s.100-104.
21. Rouette Hans-Karl, (2001) Encyclopedia of Textile Finishing, Springer, s.252-256, s.730-738.
22. <http://wapedia.mobi/en/Lignified>, erişim tarihi (13.03.2011).

23. Gedik G., Avinç O.O., Yavaş A., (2010) Kenevir Lifinin Özellikleri ve Tekstil Endüstrisinde Kullanımıyla Sağladığı Avantajlar, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **4(3)**, s.39-48.
24. İmer Z., (1999) Sayısız Özellikleriyle Göze Çarpan Bir Doğal Elyaf Kendirin Dünyada ve Türkiye’de Geçmişi ve Bugünü, *Tekstil ve Konfeksiyon*, **1999/6**.
25. Demir A., Torun A.R., (2003) Tekstil Üretim Yöntemleri, İstanbul.
26. MEGEP- Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (2007) Giyim Üretim Teknolojisi- Tekstil Lifleri, Ankara.
27. CUI P., WANG F., (2009) Kapok İzolasyon Malzemesinden Isı Akışının İncelenmesi, *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, **2009/ 2**, s.88-92.
28. Ekmekçi Körlü A., Gümüştürkmen Bozacı E., (2006) Ketenin Genel Özellikleri ve Havuzlanması, *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, **2006/1**, s.276-280.
29. Bayrak A., Kırılan M., İpek A., Arslan N., (2007) Bazı Keten Hat ve Çeşitlerinde Yağ Asitleri Bileşimlerinin Belirlenmesi, TÜBİTAK Tarım, Ormancılık ve Veterinerlik Araştırma Grubu, Proje No:1050166.
30. Enzyma Applications in Fiber Processing, p. 269-278.
31. Atav R., Namlıgöz S., (2009) Keten ve Jüt Liflerinin Boyanması ve Bu Konudaki Yenilikler, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **3**, s.65-69.
32. <http://www.fabrics.net/linen.asp>, erişim tarihi (13.03.2011).
33. <http://www.dersanlatim.net/bitki%20govdesinden-elde-edilen-lifler.html>, erişim tarihi (13.03.2011).
34. <http://en.wikipedia.org/wiki/Bamboo>, erişim tarihi (13.03.2011).
35. Erdumlu N., (2008) Bambu Lifi ve Özellikleri, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **3**, s.45-50.
36. Karahan A., Öktem T., Seventekin N., (2006) Doğal bambu lifleri, *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, **2006/4**, s.236-240.
37. <http://www-users.rwth-aachen.de/Christoph.Toenges/pagesEN/guadua.html>, erişim tarihi (2006), (loc cit:36).
38. Cedar Z., A New Area of the Application of Bamboo Resource The Exploitation And Production Of Natural Bamboo Textile Product, Ramie Ind. Co. Ltd.
39. Ray A.K., Das S.K., Mondal S., (2004) Microstructural Characterization of Bamboo, *Journal of Materials Sciebcce*, **39**, s.1055 – 1060.
40. Wang, Y., Gao, X. (2004) Study on Structure of the Nature Bamboo Fiber, Proceedings of the Textile Institute 83rd World Conference, May 23-27, 135-137, Shanghai, China.
41. <http://www.li-fei.com/products/6/w9.htm>, erişim tarihi (13.03.2011).
42. Leão A.L., Mattoso, L.H.C. (2000) Characterization and Factors Effecting Fiber Properties, Natural Polymers and Agrofibers Composites, San Carlos- Brazil.
43. <http://www.oldtop.com>, erişim tarihi (13.03.2011).
44. <http://www.swicofil.com/products/015bamboo.html>, erişim tarihi (13.03.2011).
45. Bayer M. (2003) Olay Yeri İnceleme, Ankara.
46. Amaducci S., Pelatti F., Bonatti P. M., (2005) Fibre Development in Hemp (Cannabis Sativa L.) as Affected by Agrotechnique: Preliminary Results of a Microscopic Study-*Journal of Industrial Hemp*, **10(1)**.
47. Chen Y, Sun L., Negulescu I., Wu Q., Henderson G., (2007) Comparative Study of Hemp Fiber for Nonwoven Composites, *Journal of Industrial Hemp*, **12(1)**.
48. Clark R. C., (2006) Searhing for Hempen Treasures, *Journal of Industrial Hemp*, **11 (2)**.
49. Kostic M.M, Pesij B.M., Asanovic K.A, Aleksic V.M., Skundric P.D., (2010) Effect of hemicelluloses and lignin on the sorption and electric properties of hemp fibers, *Industrial Crops and Products*, **32**, p.169-174.

50. Karus M., Kaup M., Ortmann S., (2003) Use of Natural Fibres in Composites in the German and Austrian Automotive Industry- Market Survey 2002: Status, Analysis and Trends, *Journal of Industrial Hemp*, **8(2)**.
51. Dellal G., Eliçin A., Tuncel E., Erdoğan Z., Taşkın T., Cengiz F., Ertuğrul M., Söylemezoğlu F., Dağ B., Özder M., Pehlivan E., Tuncer S.S., Kor A., Aytaç M., Koyuncu M., (2009) Türkiye’de Hayvansal Lif Üretiminin Durumu ve Geleceği.
52. Tarakçıoğlu I. (1983) Tekstil Terbiyesi ve Makinaları- Protein (Yumurta akı) Liflerinin Terbiyesi, **2**, Uludağ Üniversitesi Yayınları Yayın No:4-013-0094, Bursa.
53. Yazıcıoğlu G., Gülümser G., (1993) İpek ve Diğer Salgı Lifleri, E.Ü. Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları, Yayın No:27, İzmir.
54. Van den Akker L., Guatam M.P., Bijl B., (2007) Chyangra cashmere and silk products. Export Performans and Potential. International Trade Center. UNCTAD/WTO.
55. Duran K., Özdemir D., Namıgöz E. S., (2007) İpek Liflerindeki Serisinin Enzimatik Olarak Uzaklaştırılması, *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, **3**.
56. MEGEP- Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (2008) Tekstil Teknolojisi- Hayvansal Lifler, Ankara.
57. Annamaria S, Maria R, Tullia M, Silvio S, Orio C. (1998) The Microbial Degradation Of Silk: A Laboratory Investigation”, *International Biodeterioration & Biodegradation* **42**, s. 203-211.
58. Bilen U., (2007) Alpaka Lifinin Dokuma Ürünlerde Kullanılabilirliği, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
59. Simpson W.S., Crawshaw G.H., (2002) Wool: Science and Technology, The Textile Institute, s.62.
60. Duran K., Bahtiyari İ., Akça C., (2008) Yün Lifinin Kullanım Olanakları, *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, **1**.
61. Horrocks A.R., Anand S.C., Teknik Tekstiller El Kitabı, Türk Tekstil Vakfı, s.28.
62. McColl A., Lupton, C., Stohart, B., (2004) Fiber Characteristics Of US Huacaya Alpacas, *Alpaca Magazine*.
63. ASTM D 1388-96, 2002, Standard Test Method for Stiffness of Fabrics.
64. http://www.ymccoll.com/micron_reports.html, erişim tarihi (16.03.2011).
65. http://www.cutofcloth.com/article_wool.asp, erişim tarihi (2006), (loc cit:75).
66. Johnson N.A.G., Wood E.J., Ingham P.E., McNeil S.J., McFarlane I.D., (2003) Wool as a Technical Fiber, *Journal of Textile Institute*, **94**, s.26-40.
67. Duran K., Bahtiyari M. İ., (2003) Geotekstiller, Nonwoven Technology, *Technical Textiles Magazine*, **3**, s.36-38.
68. <http://www.csiro.au/files/files/pg6y.pdf>, erişim tarihi (2007), (loc cit:60).
69. Özcan L., (1989) Küçükbaş Hayvan Yetiştirme I (Keçi Üretimi), Ç.Ü.Z.F. Zootečni Bölümü, Ders Kitabı No:111. Balcalı-Adana.
70. Akman N., Emiroğlu M., Taymen A., (2001) Dünya’da Avrupa Birliği’nde Türkiye’de Koyunculuk, Hayvansal Üretim ve Ticareti, Çamlıca Kültür ve Yardım Vakfı Yayınları, Numune Matbaacılık, İstanbul.
71. Leeder, J.D., McGreoger, B.A., Steadman, R.G. (1998) Properties and Performance of Goat Fibre A Review and Interpretation of Existing Research Results, Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Publication No: 98/22. RIRDC Project No:ULA 8A.
72. <http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Lab/1987/zaplic0.html>, (loc cit:75).
73. Çoban S., (1999) Genel Tekstil Terbiyesi ve Bitim İşlemleri, E.Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi yayını, Yayın No:10, İzmir, (loc cit:75).
74. Harmancıoğlu M., (1974) Lif Teknolojisi (Yün ve Deri Ürünü Diğer Lifler), Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayını, S. 227-248, İzmir.
75. Öktem T., Atav R., (2006) Tiftik (Ankara Keçisi) Liflerinin Yapısal Özellikleri, *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, **2006/2**, s.105-109.

76. Yıldız D., Gültiken M.E., Bolat D., (2004) Ankara Keçisi Tiftiğinin Taramalı Elektron Mikroskobu İle İncelenmesi, *Ankara Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, **51**, s.225-227.
77. Tucker DJ., Hudson AHF., Ozolins GV. (1988) Some Aspects Of The Structure And Composition Of Specialty Animal Fibers, *Proceeding First International Symposium On Speciality Animal Fibers*, 15th-18th October Aachen, 71-103.
78. Utkanlar N., (1962) Türk Tiftiklerinde 1-12 Ay Arasında Görülen Histomorfolojik Değişiklikler ve Bu Değişiklikler Üzerine Yaş ve Cinsiyetin Etkileri, Ankara Basım ve Ciltevi, Ankara.
79. Erdogan Z., (1989) Ankara ve Bolu illerinde üretilen esas sınıf tiftiklerin bazı fiziksel özellikleri ile kullanım şekilleri üzerinde karşılaştırılmalı bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ev Ekonomisi Ana Bilim Dalı, Ankara.
80. Öztürk, A. ve Goncagül, T. (1994) Ankara Keçilerinde doğum ağırlığı ve farklı yaşlardaki canlı ağırlığın tiftik verim ve kalitesi üzerine etkisi, *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, **34:1-2**, s.103-109.
81. Yavuzer, Ü. (1997) Ankara Keçisinin çeşitli verim özellikleri ve yetistirme koşulları, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootečni Ana Bilim Dalı, S.104, Ankara.
82. Tiftik Semineri, (14 - 19 haziran - 1965) Sümerbank Genel Müdürlüğü Eğitim Notları.
83. <http://www.gotexan.org/Fiber/wooldir/Text/mohair.htm> , (loc cit:75).
84. Franck R.R., (2000) Silk, Mohair, Cashmere and other Luxury Fibres.
85. <http://www.mohairusa.com/story.html#Mohair%20can%20be%20used> , (loc cit:75).
86. Bolat Ü., (2006) Adana Bölgesinde Yetiştirilen Kıl Keçilerinde Alt Kıl (Kaşmir) Üretim Potansiyeli, Alt Kılların Fiziksel Karakteristikleri ve Tekstil Sektöründeki Kullanım Alanları, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootečni Anabilim Dalı, Adana.
87. Phan K.K, Wortman F.J., (1996) Identification and Classification of Cashmere, *European Fine Fibre Network. Occasional Publication. No:4*:45-55.
88. Phan K.K., Wortman F.J., (2000) Quality assessment of goat hair for textile use 7th International Conference on Goats, France.
89. Dellal G., (2001) Antalya İlinde Yetişen Kıl Keçilerinden Elde Edilen Alt Liflerin Tekstil Sanayii Açısından Uygunluklarının Belirlenmesi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, **7(2)**, s.131-134.
90. Ryder M.E., Stephenson S.K., (1968) *Wool and Growth* Academic Press, London- New York.
91. Savaş T., Konyalı A., Tölü C., Daş G., Keçi Yetiştiriciliği, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü.
92. Ayhan F., (2010) Tiftik Keçisi Yününün (Kaşmirin) Ürün Olarak Siirt ve Ülke Ekonomisine Katkısı.
93. Koth and Jalihal., (1963) *Goat Production in The Tropics*, p.22-23.
94. Coughman R.C., (1987) *Cashmere Production and Utilisation (A world overview)*. *Proceeding of the IV. International Conference on Goats* 1, s.153-167.
95. Hunter L., Hunter E.L., (2000) *Silk, Mohair, Cashmere and Other Luxury Fibres*, edited by R.R. Franck, Boca Raton Boston New York Washington DC, U.S.A, CRC Pres ISBN 0-8493-1311-2.
96. http://en.wikipedia.org/wiki/Alpaca_fiber, erişim tarihi (16.03.2011).
97. Safley M., (2006) Fiber plant, animal and man-made, *Alpaca Journal* , **2(1)**, (loc cit:58)
98. Safley M., (2005) Crimp vs crinkle, *Alpaca Journal*, **2(1)**, (loc cit:58)
99. <http://www.alpaca-journal.com/epds/default.aspx>, erişim tarihi (16.03.2011), (loc cit:58).

100. <http://www.alpakanation.com/library/fiber.asp>, erişim tarihi (16.03.2011), (loc cit:58).
101. Wang X., Wang L., And Liu X., (2003) The Quality Processing Performance of Alpaca Fibers, A report for the Rural Industries Research and Development Corporation, Australia.
102. www.llamapadia.com, erişim tarihi (16.03.2011), (loc cit:58).
103. Wang L, Wang X. And Liu X. (2005) Wool and Alpaca Fibre Blends, Wool Research Conference, Leeds.
104. <http://www.interweaveknits.com/articles/Alpaca-fall00.pdf>, erişim tarihi (16.03.2011), (loc cit:106).
105. <http://www.gatewayalpaca.com/alpaca/alpaca-fiber/fiber-overview.htm>, erişim tarihi (16.03.2011), (loc cit:106).
106. Atav R., (2010) Alpaka Lifleri, Namık Kemal Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **4(1)**, s.65-72.
107. Shlink A.C., Liu S.M., (2003) Angora Rabbits - A Potential New Industry for Australia, A Report for Rural Industries Research and Development Corporation by Csiro Livestock Industries, RIRDC Publication No:03/014.
108. Koçak Ç., Taşkın T., (2004) Ankara Tavşanı El Kitabı, Zootečni Derneği Yayınları No:1, İzmir.
109. Artukoğlu M., Işın Ş., Gençler F., Koçak Ç., (2006) Türkiye’de Ankara Tavşanı Yetiştiriciliğinin Bugünkü Durumu ve Ürünlerinin Pazarlaması Olanakları.
110. Çelik P., Bedez Üte T., Oğlakçioğlu N., Kadoğlu H., Marmaralı A., (2008) Kısa Stapelli Eğirme Sisteminde Angora Tavşan Lifi/ Pamuk Karışımli İplik Eğrilmesi Üzerine Bir Çalışma, *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, **2008/1**, s.23-28.
111. Kadoğlu, H., Marmaralı, A., Celik, P., (2006) Ankara(Angora) Tavşanı Lifinin Değerlendirilmesi Olanakları Üzerine Bir Araştırma, Proje No:TAM 2004-10, Aralık.
112. Çelik P., Bedez Üte T., Oğlakçioğlu N., Kadoğlu H., Marmaralı A., (2008) Doğal Renkli Pamuk ve Angora Tavşan Lifi Karışımında Üretilen İpliklerin Özellikleri ve Örgü Kumaşların Isıl Konforuna Etkileri Üzerine Bir Araştırma, *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, **2008/3**, s.191-196.
113. Koçak Ç., (2003) Ankara Tavşanı Yetiştiriciliği, TAYEK/TYUAP Hayvancılık Grubu Bilgi Alışveriş Toplantısı Bildirileri, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayın No:110, İzmir.
114. Görtanin N. (1978) Ankara Yeni Zelanda ve Şinşilla Tavşanlarında Yün Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Bir Araştırma, Ankara.
115. Doraiswamy I., Chellamani K. P., Chattopadhyay D., (2001) Production of Yarn from Angora Rabbit Hair, *Asian Textile Journal*, February, s: 47- 49.
116. Ölmez F.,Dellal G.(2002)Some Wool Characteristics Of German Originated Angora Rabbits Breeding In Turkey,*Indian Journal of Animal Sciences*,**72**, s.107-109.
117. <http://www.atb.gov.tr/pages.aspx?pageId=BEA70BFB-AA4B-4E3B-ABB3-179A8128C0B0>, erişim tarihi (16.03.2011).
118. Petrokimya Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu Sentetik Elyaf ve İplik Alt Komisyonu Raporu, (2001) Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ankara.
119. Organic Chemical Process Industry, 9/90, reformatted 1/95.
120. Bozdoğan F., Tiyek İ., (2006) Koagülasyon Banyo sıcaklığının akrilik liflerinin mikroskopik görünümüne etkisinin incelenmesi,*Tekstil ve Konfeksiyon*,**4**, s.251-257.
121. MEGEP- Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (2007) Tekstil- Rejenere Lifler, Ankara.
122. MEGEP- Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (2007) Tekstil Lifleri- Sentetik Lifler, Ankara.
123. Bozdoğan F., Tiyek İ., (2003) Akrilik Lifi İç Yapı Uzaklığında Yolculuk, *Tekstil Trend*, Şubat.
124. Bozdoğan F., Karacan İ., Tiyek İ., (2004) Characterisation of Structure and Properties of a Selection of Polyacrylonitrile (PAN)-Based Acrylic Fibers Produced In

- Turkey, E.Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayınları, p.81. İzmir.
125. Capone G.J., (1995) Wet Spinning Technology, 69–103, Acrylic Fiber Technology and Applications, Mason, J.C. (Ed.), Marcel Dekker Inc., 388p. New York.
126. www.polimernedir.com, erişim tarihi (16.03.2011).
127. Öktem T., Seventekin N., Yaman N., (2007) Polinozik Liflerin Üretimi, Özellikleri ve Kullanım Alanları (Bölüm 2), *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, **2007/4**, s.238-243.
128. Öktem, T., Atav, R., Durak G., Modal Liflerin Üretimi, Özellikleri, Terbiye İşlemleri ve Kullanım Alanları Yüksek Lisans Ödevi.
129. Albrecht W., Reintjes M., Wulfhorst B., (1997) Lyocell Fibers, 1st edition, Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen, (loc cit:130)
130. Yükseloğlu M., Canoğlu S., Lyocell Lifleri, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tekstil Eğitim Bölümü, Göztepe İstanbul.
131. Bozdoğan F., Tiye İ., Özçelik G., (2009) Farklı Tipteki Lyocell Liflerinin Fiziksel Özellikleri, 1.Uluslararası 5.Ulusal Meslek Yüksekokulları Sempozyumu, Selçuk Üniversitesi Kadınhanı Faik İçil Meslek Yüksekokulu, Konya.
132. Nikolov A., Nordisk N., (1997) Dye & Tech, 1, May-June, p32-36.
133. Honberg T, Thumm S., (1998) Veredlung von Lyocell, *Melliand Textilberichte*, **79**, p.252-255, (loc cit:130).
134. Yükseloğlu M., (2001) Man-made Selülozik Elyafı Yeni Tercih: Lyocell LF olabilir mi?, *Electronic Journal of Textiles*, **1**, No:1, s.1-7.
135. Seventekin N., Öktem T., (1998) Lyocell lifleri, *TekstilTerbiye ve Teknik*, **4**, s.78-81.
136. Bozdoğan F., Tiye İ., (2002) Aynı Numarada Farklı Fiziksel Özelliklere Sahip Lyocell Liflerinde İç Yapı Değişimleri İle Lif Fiziksel Özellikleri Arasındaki İlişkilerin Araştırılması, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi.
137. Finishing of Lyocell (1998) Published Rudolf GmbH & Co. KG in cooperation with Courtaulds Fibres Ltd.
138. Brederick K., (1998) Lyocell Liflerinin Yapısı Özellikleri ve Terbiye Davranışları, VIII. Uluslararası İzmir Tekstil ve Hazır Giyim Sempozyumu, s.387-394.
139. Yükseloğlu M., Yöney H., (2009) Bambu Elyaf Takviyeli Kompozit Yapılar ve Mekanik Özellikleri, *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, **2009/4**, s.261-264.
140. Büyükkakıncı Y., (2010) Rejenere Bambu Elyafın İç Yapı Özelliklerinin İncelenmesi, *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, **2010/4**, s.277-283.
141. Liu G., Zhang H., Hu X., (2004) The Dyeing Behaviours of Bamboo Fiber with Reactive Dyes and the Product Development, Proceedings of the Textile Institute 83rd World Conference, May 23-27, 135-137, Shanghai, China.
142. United States Patent 7060211, Yam and Cloths Made Mainly from Bamboo Sheaths and Methods For Manufacturing the Same, (loc cit:35)
143. Das S., Bamboo - 21st century eco fiber: Application in towel sector, (loc cit:35).
144. <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/3/269/bamboo-21st-century-eco-fiber-application-in-towel-sector1.asp>, erişim tarihi (16.03.2011).
145. Xu Y., Lu, Z., Tang, R., (2007) Structure and Thermal Properties of Bamboo Viscose, Tencel and Conventional Viscose Fiber, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, **89(1)**, s.197–201.
146. Wang Y, Gao X, (2005) The Performance of Fabric from Bamboo Fibre, *Textile Asia*, **36(6)**, s.35-38.
147. Shen Q, Liu D, Gao Y, Chen Y, (2004) Surface Properties of Bamboo Fiber and A Comparison with Cotton Linter Fibers Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, s.35.
148. <http://www.bambrotex.com>, erişim tarihi (16.03.2011), (loc cit:35).
149. <http://www.swicofil.com/bamboo.pdf>, erişim tarihi (16.03.2011).
150. Yi-you L., (2004) The Soybean Protein Fibre-A Healthy&Comfortable Fibre for the 21st Century, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, **12**, 2 (46), pp.8-9.

151. Örtlek H. G., Korkmaz M., Soya Fasülyesi İpliğinin Örme Kumaş Formundaki Performansının İncelenmesi.
152. Başer, İ. (1992) Elyaf bilgisi, Marmara Üniversitesi yayınları, yayın no: 524, s. 125, İstanbul.
153. Lima M., Vasconcelos R. M., Silva L. F., Cunha J., (2009) Analysis of the frictio coefficient in fabrics made from non-conventional blends (Geleneksel olmayan karışımlardan yapılan kumaşlarda sürtünme katsayısının analizi), *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, **2009/1**, s.15-19.
154. <http://www.spftex.com/Soybean%20protein%20fiber.asp?lb=Soybean> Protein Fiber, erişim tarihi (16.03.2011).
155. Seventekin N., (1998-1999) Tekstil Lifleri Ders Notları, Ege Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği, İzmir.
156. Robertson J., Grieve M., (1999) Forensic Examination of Fibres, Second Edition, İnternational Forensic Science and Investigation Series, CRC Press, Florida.
157. Kidd C., . B. M. and Robertson J., (1982) The transfer of textile fibres during simulated contacts, *J. Forens. Sci. Soc.*, **22**, p.301-308.
158. Hillary J B., (2008) The transfer and persistence of fibres on bare skin, thesis submitted to the Centre for Forensic Science, University of Strathclyde.
159. Kolar P., (1994) Transfer experiment with microfibre, Proceedings of the 2nd Meeting of the European Fibres Group, Wiesbaden, 10-11.
160. Quattrina I., (1997) Transfer of microfibre onto conventional garments and microfibre garments during simulated contacts and their persistence during wear, Proceedings of the 1st European Academy of Forensic Sciences Meeting, Lausanne.
161. Cordiner S., Stringer P., Wilson P., (1985) Fibre diameter and the transfer of wool fibres, *J. Forens. Sci. Soc.*, **25**, p.425-426.
162. Salter M., Cook R., Jackson A., (1984) Differential shedding from blended fabrics, *Forens. Sci. Int.*, **33**, p.155-164.
163. Parybyka E., Lokan J., (1986) A study of the numerical distribution of fibres transferred from blended fabrics, *J. Forens. Sci. Soc.*, **26**, p.61-68.
164. Mitchell J., Holland D., (1979) An unusual case of identification of transferred fibres, *J. Forens. Sci.*, **19**, p.23-26.
165. Hellwig J., (1997) The effect of textile construction on the shedding capacity of knitwear, Proceedings of the 5th Meeting of the European Fibres Group, Berlin, 102-106.
166. Pounds C. A., Smalldon K. W., (1975a) The transfer of fibres between clothing materials during simulated contacts and their persistence during wear- part I: fibre transference, *J. Forens. Sci. Soc.*, **15**, p.17-27.
167. Kriston L., (1984) ijber den Beweiswert der Textilmikrospiiren, *Arch. Krim.*, **173**, 109-115, (loc cit:156)
168. Pounds C. A., Smalldon K. W., (1975c) The transfer of fibres between clothing materials during simulated contacts and their persistence during wear- part 3: a preliminary investigation of the mechanisms involved, *J. Forens. Sci. Soc.*, **15**, p.197-207.
169. Lowrie C. N., Jackson G., (1994) Secondary transfer of fibres, *Forens. Sci. Int.*, **64**, p.73-82.
170. Grieve M. C., Biermann T. W., (1997) Wool fibres -transfer to vinyl and leather vehicle seats and some observations on their secondary transfer, *Sci. & Just.*, **37**, p.31-38.
171. Pounds C. A., Smalldon K. W., (1975) 13, The transfer of fibres between clothing materials during simulated contacts and their persistence during wear- part 2: fibre persistence, *J. Forens. Sci. Soc.*, **15**, p.29-37.
172. Robertson J., Kidd C.B.M., Parkinson H. M. P., (1982) The persistence of textile fibres transferred during simulated contacts, *J. Forens. Sci. Soc.*, **22**, p.353-360.
173. Robertson J., Lloyd A., (1984) Redistribution of textile fibres following transfer during simulated contacts, *J. Forens. Sci. Soc.*, **24**, p.3-7.

174. Krauss W., Hildebrand D., (1995) Fibre persistence on garments under open-air conditions, Proceedings of the 3rd Meeting of the European Fibres Group, Linköping, p.32-35.
175. Palmer R., (1997) The retention and recovery of transferred fibres following the washing of recipient garments, Proceedings of the 5th Meeting of the European Fibres Group, Berlin, p.60-62.
176. Robertson J., Olaniyan D., (1986) Effect of garment cleaning on the recovery and redistribution of transferred fibres, *J. Forens. Sci.*, **31**, p.73-78.
177. Talaline D., Vasiliauskiend E., (1996) Evidential value of textile fibre examinations. Proceedings of the 4th Meeting of the European Fibres Group, London, p.27-31.
178. Robertson J. N., De Gamboax M., (1984) The transfer of carpet fibres to footwear. Proceedings of the 10th International Association of Forensic Sciences Meeting, Oxford.
179. Roux C., Langdon S., Waight D., Robertson J., (1998) The transfer and persistence of automotive carpet fibres on shoe soles, *Sci. & Just.*
180. Lowrie C.M., Jackson G., (1991) Recovery of transferred fibres, *Forens. Sci. Int.*, **50**, p.111-119.
181. Biermann T., (1998) The advantages and disadvantages of 1:1 taping, Proceedings of the 6th European Fibres Group Meeting, Dundee.
182. http://en.wikipedia.org/wiki/Lint_roller, erişim tarihi (16.03.2011)
183. <http://www.tez.com.tr/hizmetlerimiz.php?language=turkish&id=121&pid=604&hedef=NjA0>, erişim tarihi (16.03.2011).
184. Wiggins K.G. (2001) Forensic Textile Fiber Examination Across the USA and Europe. *Journal of Forensic Sciences*, **46**, p.1303-1308.
185. Carper W.I., Lillesand T.M., Kiefer R.W. (1990) The Use of Intensity-Hue-Saturation Transformations for Merging SPOT Panchromatic and Multispectral Image data, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **56(4)**, p.459-467.
186. Paulsson N., Stocklassa B., (1999) A real-time color image processing system for forensic fiber investigations, *Forensic Science International*, **103**, p.37-59.
187. Paulsson N., (1994) A Real Time Color Image Processing System for Forensic Fibre Examination, thesis for the Degree of Licentiate of Philosophy, ISBN 91-7871-353-6.
188. Adams J., Paulsson N., Tar T. M., (1995) Personal Communication.
189. Wiggins K.G., Turner Y.J., Miles J.H., (1999) The Use of the Foster & Freeman FX5 Fibre Finder in Forensic Textile Examinations, *Science & Justice*, **39**, p.19-25.
190. Kelly E., (1996) The Fx5 Forensic Fibre Finder- a Feasibility Study and Its Use in a Target Fibre Study, MSc thesis, University of Strathclyde, Glasgow.
191. Biermann T.W., Deck S., (1997) Personal Communication.
192. MC Grieve., (2000) Back to the future-40 years of fibre examination in forensic science, Proceedings of the 40th Anniversary meeting of the forensic science society, *Science & Justice*; **40(2)**, p.93-99.
193. Skoog A.D., Holler F. J., Niemann T. A., (1998) Principles of Instrumental Analysis (Enstrumantal Analiz İlkeleri), Saunders Golden Sunburst Series, Bölüm 6, s.116.
194. <http://www.microscopyu.com>, erişim tarihi (16.03.2011).
195. Leica DM 2500 P Brochure.
196. Petraco N., Kubic T., (2004) Color Atlas and Manual of Microscopy for Criminalists, Chemists, and Conservators, CRC Press.
197. Wheeler B.P., Wilson L.J., (2008) Practical Forensic Microscopy, Wiley-Blackwell, s.211.

198. Starrs J., (1990) But Query: Forensic Scientist?, Plenary Lecture, Proc. 12 th International Association of Forensic Sciences Meeting, Adelaide.
199. Grieve M., Dunlop J., (1992) A Practical Aspect Of The Bayesian Interpretation Of Fibre Evidence, *J. Forens. Sci. Soc.*, **32**, p.169-175.
200. Grieve M., Biermann T., (1997a) The Population of Coloured Textile Fibres On Outdoor Surfaces, *Sci & Just*, **37**, p..231-241.
201. Roux C., Margot P., (1997) The Population of Textile Fibres On Car Seats, *Sci.& Just.*, **37**, p.25-31.
202. Deadman H., (1984) Fibre Evidence and The Wayne Williams Trial, Part1, FBI Law Enforce. Bull. March, 13-20.
203. Biermann T.W., Grieve M., (1998) A Computerized Data Base Of Mail Order Garments: A Contribution Towards Estimating The Frequency Of Fibre Types Found In Clothing. Part3: The Content of Data Bank- Is It Representative?, *Forens. Sci. Int.*, **95**, p.117-131.
204. Biermann T.W., Grieve M. (1996) A Computerized Data Base Of Mail Order Garments:A Contribution Towards Estimating The Frequency of Fibre Types Found In Clothing.Part2: The Content of The Data Bank and Its Statistical Evaluation., *Forens. Sci. Int.*, **77**, p.75-91.
205. Grieve M. (1995) Another look at the classification of acrylic fibres, using FTIR microscopy, *Sci.& Just.*, **35**, p.179-191.
206. Robson R., (1997) Spectral variation within red cotton dyes, Proc. 5th Meeting of the Europea Fibres Group, Berlin, p.66-75.
207. Cook R., Wilson C., (1986) The Significance of finding extraneous fibres in contact cases, *Forens. Sci. Int.*, **32**, p.267-273.
208. Jackson G., Cook R., (1986) The significance of fibres found on car seats, *Forens. Sci. & Int.*, **32**, p. 275-281.
209. Cook R., Salter M. T., O'connora M., (1993) The significance of finding extraneous fibres on clothing, Proc. International Association of Forensic Sciences Meeting, Diisseldorf.
210. Palmer R., Chinherend E., (1996) A target fibre study using cinema and car seats as recipients items, *J.Forens. Sci.*, **41**, p.802-803.
211. Bruschweile R., Grieve M., (1997) A study on the random distribution of a red acrylic target fibre, *Sci & Just.*, **37**, p.85-89.
212. Cook R., Webb-Salter M., Marshall L., (1997) The significance of fibres found in head hair, *Forens. Sci. Int.*, **87**, p.155-160.
213. Kelly E., Griffin R., (1998) A target fibre study on seats in public houses, *Sci. Just.*, **37**, p.39-44.
214. Fong W., Inami H., (1986) Result of a study to determine the probability of chance match occurrences between fibres known to be from different sources, *J. Forens. Sci.*, **31**, p.65-72.
215. Rothe M., (1997) Examination of foreign fibre populations, Proc. 5th European Fibres Group Meeting, Berlin, p.119-120.
216. Grieve M., Biermann T., (1997a) The Population of Coloured Textile Fibres On Outdoor Surfaces, *Sci & Just*, **37**, p.231-241.
217. Massonnet G., Schiesser M., Champod C., (1998) Population of textile fibres on white T-shirts, Proc. 6th European Fibres Group Meeting, Dundee.
218. Terminology of man-made fibres (2006) BISFA (The International Bureau for the standartisation of man-made fibres.
219. Merck, Entellan®New ürün bilgi kartı, 2010.
220. <http://www.inchem.org/documents/pims/chemical/xylene.htm>, erişim tarihi (16.03.2011).

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Orhan YEŞİLBAĞ

Doğum Yeri ve Tarihi : 08.02.1978 - Konya

İlk, orta ve lise öğrenimini Konya’da tamamladıktan sonra; 2002 yılında, Ege Üniversitesi Tekstil Mendisliği Bölümü, Tekstil Teknolojisi Opsiyonundan mezun oldu. 2005 yılında Eskişehir POMEM’ de polis meslek eğitimini tamamladı. 2008 yılında İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsünde yüksek lisans eğitimine başladı. Halen İstanbul İl Emniyet Müdürlüğü’nde Polis Memuru olarak görev yapmaktadır.

EKLER

EK A.LİFLERİN PLM'DE FOTOĞRAFLARI

