MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYIN NO : 687
TEKNİK EĞİTİM FAKÜLTESİ YAYIN NO : 21

ELYAF BİLGİSİ

Prof.Dr. İnci BAŞER

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYIN NO : 687
TEKNİK EĞİTİM FAKÜLTESİ YAYIN NO : 21

ELYAF BİLGİSİ

İKİNCİ BASKI

Prof.Dr. İnci BAŞER

İstanbul, 2002

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

ISBN : 975 – 400 – 075 – 1

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
DÖNER SERMAYE İŞLETMESİ
TEKNİK EĞİTİM FAKÜLTESİ
MATBAA BİRİMİNDE BASILMIŞTIR

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM I

I.GENEL BİLGİLER 1

I.1. Tekstil Liflerinin Sınıflandırılması 1

I.2. Tekstil Liflerinin İç Yapısı 5

I.2.1. Liflerdeki Polimer Moleküllerin Yapısı 8

I.3. Tekstil Liflerinin Temel Özellikleri 12

BÖLÜM II

II. DOĞAL LİFLER 27

II.1. Bitkisel Lifler 27

II.1.1. Selüloz 28

II.1.1.1. Selülozun Kimyasal Özellikleri 31

II.1.2. Pamuk 37

II.1.2.1. Pamuk Üretimi 37

II.1.2.2. Pamuk Lifinin Fiziksel Yapısı 38

II.1.2.3. Pamuk Tipleri 40

II.1.2.4. Pamuğun Fiziksel Özellikleri 41

II.1.2.5. Pamuk Lifinin Kimyasal Yapısı 43

II.1.2.6. Pamuk Lifinin Kimyasal Özellikleri 44

II.1.2.7. Pamukta Terbiye İşlemleri 45

II.1.3. Kapok 46

II.1.4. Keten 47

II.1.4.1. Keten Lif Üretimi 49

II.1.4.2. Keten Lifinin Fiziksel Yapısı 50
II.1.4.3. Keten Lifinin Fiziksel Özellikleri 51
II.1.4.4. Keten Lifinin Kimyasal Yapısı 51
II.1.4.5. Keten Lifinin Kimyasal Özellikleri 52
II.1.4.6. Ketende Terbiye İşlemleri 52
II.1.5. Kenevir 53
II.1.6. Jüt 54
II.1.7. Rami 54
II.1.8. Sisal 55
II.1.9. Manila Keneviri 56
II.1.10. Koko Elyafı 56
II.2. Hayvansal Lifler 57
II.2.1. Protein 57
II.2.1.1. Proteinin Kimyasal Özellikleri 61
II.2.2. Kıl Kökenli Lifler 64
II.2.2.1. Yün 67
II.2.2.1.1. Yünün Elde Edilmesi 68
II.2.2.1.2. Yünün Fiziksel Yapısı 70
II.2.2.1.3. Yünün Kimyasal Yapısı 75
II.2.2.1.4. Yünün Fiziksel Özellikleri 76
II.2.2.1.5. Yünün Kimyasal Özellikleri 81
II.2.2.1.5. Yünlü Materyalde Terbiye İşlemleri 84
II.2.2.2. Kıl Kökenli Diğer Lifler 86
II.2.2.3. Tiftik 86
II.2.2.3.1. Tiftik Lifinin Fiziksel Yapısı 86
II.2.2.3.2. Tiftik Lifinin Kimyasal Yapısı ve Özellikleri 87
II.2.2.4. Kaşmir 87
II.2.2.5. Keçi Kılları 88
II.2.2.6. Deve Tüyü 88
II.2.2.7. Alpaka 89

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

II.2.2.8. Lama 89
II.2.2.9. Vicuna 89
II.2.2.10. Tavşan Tüyü 89
II.2.3. Salgı Kökenli Lifler 90
II.2.3.1. Doğal İpek 90
II.2.3.1.1. İpekböceği Üretimi 90
II.2.3.1.2. İpeğin Fiziksel Yapısı 92
II.2.3.1.3. İpeğin Kimyasal Yapısı 93
II.2.3.1.4. İpeğin Fiziksel Özellikleri 96
II.2.3.1.5. İpeğin Kimyasal Özellikleri 97
II.2.3.1.6. İpekte Terbiye İşlemleri 98
BÖLÜM III
III. YAPAY (KİMYASAL) LİFLER 101
III.1. Rejenere Lifler 111
III.1.1. Rejenere Selülozik Lifler 111
III.1.1.1. Bakır İpeği 113
III.1.1.2. Viskoz İpeği 115
III.1.1.3. Modifiye Selülozik Lifler 120
III.1.2. Rejenere Selüloz Esterleri 121
III.1.2.1. Asetat İpeği 121
III.1.2.2. Triasetat İpeği 123
III.1.3. Rejenere Protein Lifleri 124
III.1.3.1. Zein Lifleri 124
III.1.3.2. Soya Fasulyesi Lifleri 125
III.1.3.3. Yer Fıstığı Lifleri 125
III.1.3.4. Kazein Lifleri 125
III.1.4. Alginat Lifleri 126
III.1.5. Kauçuk Lifleri 127
III.2. Sentetik Lifler 128
III.2.1. Poliamid Lifleri 128

III.2.1.1. Nylon 6,6 129
III.2.1.2. Nylon 6 134
III.2.1.3. Diğer Poliamid Lifleri 136
III.2.1.4. Aromatik Poliamidler 137
III.2.2. Poliester Lifleri 139
III.2.2.1. PET Poliester Lifleri 139
III.2.2.2. PCDT Poliester Lifleri 143
III.2.2.3. Modifiye Poliester Lifleri 144
III.2.3. Polivinil Lifleri 146
III.2.3.1. Poliakrilonitril Lifleri 147
III.2.3.2. Polivinilklorür Lifleri 156
III.2.3.3. Polivinilidenklorür Lifleri 158
III.2.3.4. Polivinilalkol Lifleri 159
III.2.4. Poliolefin Lifleri 160
III.2.4.1. Polietilen Lifleri 161
III.2.4.2. Polipropilen Lifleri 162
III.2.4.3. Politetrafluoroetilen Lifleri 162
III.2.5. Poliuretan Lifleri 163
IV. Ekler 167
Kaynaklar 171
İndeks 173

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYIN

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

ÖNSÖZ

Türkiye' de Tekstil Endüstrisi ve İhracatı son yıllarda büyük gelişme göstermiştir. Bu gelişmeye paralel olarak ,bu konuda orta ve yüksek öğretim düzeyinde eğitim veren kurum sayısı oldukça sınırlı ölçüde kalmıştır. Aynı oranla, Türkçe yayınlanan kitap sayısı da çok fazla değildir. Bu bakımdan, bu konu ilgili bir öğretim üyesi olarak ders notlarımı, gerek öğrencilerin, gerekse tekstil endüstrisinde çalışan elemanların yararına olmak üzere yayınlamayı planlamış bulunuyorum.

Tekstil elyafının temel özellikleri, sınıflandırılmaları, fiziksel ve kimyasal yapı ve özelliklerini içeren bu kitabın basımı için her zaman teşviklerini gördüğüm, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. A. Sait Sevgener ve Tekstil Eğitimi Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. İnci Tezcan' a şükranlarımı sunarım.

Bu ve diğer kitaplarımın hazırlanması sırasında değerli eleştirilerinden yararlandığım değerli arkadaşlarımla, desteklerini esirgemeyen ailemin tüm bireylerine teşekkür ederim.

Ayrıca, başta M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Matbaa Eğitimi Bölüm Başkanı Y.Doç.Dr. Aşkın Çelik olmak üzere, Araştırma Görevlileri Efe N. Gençoğlu ve Raif Öztürkcan, dizgi elemanı Sevil Girit'i ve bölümün diğer elemanlarını titiz çalışmalarından dolayı kutlar, sonsuz teşekkürlerimi bildiririm.

Prof. Dr. İnci Başer

İstanbul, Mayıs 1992

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

MARMARA
ÜNİVERSİTESİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

İKİNCİ BASKININ ÖNSÖZÜ

1992 yılında ilk baskısı yapılan Elyaf Bilgisi kitabının ders kitabı olarak kullanılması yanında, Tekstil Endüstrisinde çalışan elemanlarca da talep edilmesi, beklenilen zamandan önce tükenmesine sebep oldu. İkinci baskı için karar alınması ve baskıya hazırlanması, Üniversitelerin maddi olanaksızlıkları ve işlemlerin çok yavaş ilerlemesi nedeni ile ancak 2002 yılında tamamlanabildi. Bu arada, ders kitabı eksikliği, 1998 yılında basılan Tekstil Teknolojisi kitabım ile tamamlanmaya çalışıldı.

Tekstil Teknolojisindeki gelişmeler ve yeni tekstil ürünlerinin ortaya çıkması nedeni ile, bu ikinci baskı hazırlanırken, kitaptaki bazı eski ve geçerliliğini yitirmiş bilgiler çıkarılarak, yeni bilgiler ve yeni ürünler eklenmiştir.

İkinci baskı için teşviklerini ve yardımlarını gördüğüm çeşitli dönemlerdeki Marmara Üniversitesi ve Teknik Eğitim Fakültesi Yönetim Kadrosuna ve özellikle değerli arkadaşım Sayın Prof.Dr. Emre Dölen'e şükranlarımı sunarım.

Ayrıca, kitabın ilk ve ikinci basım işlemleri sırasında ilgilerini esirgemeyen M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Matbaa Eğitimi Bölümü Başkanı Sayın Y.Doç.Dr. Ş. Cem Özakhun ile Sayın Y.Doç.Dr. Mehmet Oktav ve arkadaşlarına, kitabın düzenlenmesinde büyük emeği geçen Sayın Sevil Girit'e sonsuz teşekkürlerimi bildiririm.

İstanbul, Haziran 2002

Prof. Dr. İnci Başer

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

BÖLÜM I

I. GENEL BİLGİLER

İnsanların hayatlarını devam ettirebilmeleri için ilk gereksinimleri beslenmedir; daha sonra çevrenin etkilerinden korunmak üzere barınma ve örtünme ihtiyaçları gelir. Barınakların yapımı dışında gerek örtünme, - ki modern anlamda giyinme olarak kabul edilmektedir - gerekse barınılan yerlerin düzenlenmesinde çeşitli materyaller kullanılır. Bu amaçlar için kullanılan her türde kumaş ve materyal, *elyaf* adı verilen hammaddeden yapılır. Tekstil sözcüğü ise, elyaf adı verilen bu hammaddenin elde edilmesinden tüketicinin istediği özelliklere sahip bir materyal haline getirilinceye kadar geçirdiği aşamalarla ilgili bir terimdir. Tekstil hammaddesi olan elyaf terimi de, lif kelimesinin çoğulu olup, gerilebilme ve kopma mukavemeti ile bükülebilme (eğirme) ve birbiri üzerine yapışma yeteneği olan ve boyu enine göre çok uzun, renkli veya renksiz materyaller için kullanılır.

I.1. TEKSTİL LİFLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Tekstil lifleri, materyalin elde edildiği kaynak gözönüne alınarak aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

I - Doğal lifler: Doğada lif olarak meydana gelmiş ve tekstilde kullanılabilen her tür materyal bu sınıfa girer. Bitkisel, hayvansal ve anorganik lifler olmak üzere üç sınıfa ayrılır.

A- Bitkisel lifler: Yapılarında % 60-90 oranında selüloz içerdiklerinden bunlara "*selülozik elyaf*" da denir. Bitkilerden elde edilen bu lifler, bitki üzerinde bulundukları yerlere göre ayrıca sınıflandırılırlar.

a) Bitki tohumundan elde edilen elyaf: Bu lifler bitki tohumunun

üzerinde bulunur. Bunlarda tek bir lifçik bir tek bitki hücresinden ibarettir. Bu bakımdan "*tek hücreli elyaf*" olarak da isimlendirilir. Örnek: Pamuk ve kapok.

b) Bitki gövdesinden elde edilen elyaf: Bu sınıf *bast elyafı* olarak da anılır. Bir tek lif birkaç bitki hücresinden oluşmuş bir demettir. Bu yüzden "*çok hücreli elyaf*" da denilir. Örnek: Keten, kenevir, jüt, ve rami.

c) Bitki yaprağından elde edilen elyaf: Geniş yapraklı tropikal bitkilerden elde edilir. Örnek: Sisal kendiri, Manila keneviri ve Yeni Zelanda keteni.

d) Meyvadan elde edilen elyaf: Hindistan cevizi meyvasından koko elyafı elde edilir.

B- Hayvansal Lifler: Kimyasal olarak protein yapısında oldukların-dan "*protein elyaf*" olarak da isimlendirilirler. İki alt sınıfa ayrılır:

a) Kıl kökenli (deri ürünü) elyaf: Bu sınıftaki hayvan tüyleri ve kıllarının tekstilde kullanımı çok eskilere dayanır. Örnek: Koyundan yün, tiftik keçisinden elde edilen moher, kaşmir, angora, alpaka, deve tüyü v.b.

b) Salgı kökenli elyaf: İpekböceğinden elde edilen doğal ipek, hayvanın salgısından elde edilir.

C- Doğal anorganik elyaf: Doğada bitkisel ve hayvansal kökenli organik yapıdaki lifler dışında, ayrıca anorganik yapıda ve lif şeklinde kristal yapıya sahip maddeler de vardır. Asbest veya amyant adı verilen materyal bu sınıftandır.

II - Kimyasal elyaf veya yapay elyaf: (İnsan yapısı = man–made lifler)

Kimyasal ve fiziksel işlemlerle doğal veya sentetik polimerlerin lif haline getirilmesiyle elde edilirler. Üç sınıfa ayrılırlar.

A- Rejenere lifler: Yapısal olarak lif olmaya uygun olan doğal polimerlerden, kimyasal ve fiziksel işlemler sonucunda elde edilen liflere rejenere lifler denir, beş sınıfa ayrılır:

a) Rejenere selülozik elyaf: Genel olarak "rayon" veya "suni ipek" de denilen bu tür elyaf, selüloz kaynağı olan hammaddelerden selülozun uygun çözücülerde çözündürülüp yeniden lif halinde çöktürülmesi ile elde edilir. Kullanılan yönteme göre viskoz ipeği, modal veya tencel gibi adlar alır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

b) Selüloz esterleri: Selülozun asetat esterlerinin lif haline getirilmesi ile elde edilen liflerdir. Asetat ipeği, asetat rayonu gibi isimler alır.

c) Rejenere protein elyafı: Doğal protein kaynaklarından elde edilen proteinler yeniden lif şekline getirilir. Doğal proteinin kaynağına göre bitkisel ve hayvansal olmak üzere ikiye ayrılır. Örnek: Vicara (mısırdan), ardil (yer fıstığından), lanital (süt kazeininden). Üretimleri çok azdır.

d) Alginat lifleri: Deniz yosunlarındaki alginik asidden elde edilen liflerdir.

e) Kauçuk elyafı: Doğal kauçuktan elde edilen elastik liflerdir.

B- Sentetik lifler: Basit kimyasal maddelerin sentetik olarak polimerleştirilmesi ve bu polimerin lif haline getirilmesi ile elde edilen liflere "*sentetik lifler*" denir. Kimyasal yapılarına göre sınıflandırılırlar:

a) Poliolefin lifleri: Olefin sınıfı hidrokarbonların ve türevlerinin polimerlerinden elde edilir, üç sınıfa ayrılır:

i) Polietilen lifleri *(polithen)*

ii) Polipropilen lifleri *(meraklon)*

iii) Politetrafluoroetilen lifleri *(teflon)*

b) Polivinil lifleri: Bileşiminde vinil grubu ve türevleri içerirler, altı sınıfta toplanır.

i) Akrilik elyaf *(orlon, dralon, acrilan, creslan)*

ii) Modakrilik lifleri *(dynel)*

iii) Polivinilidenklorür lifleri

iv) Polivinilklorür lifleri

v) Polivinilal lifleri

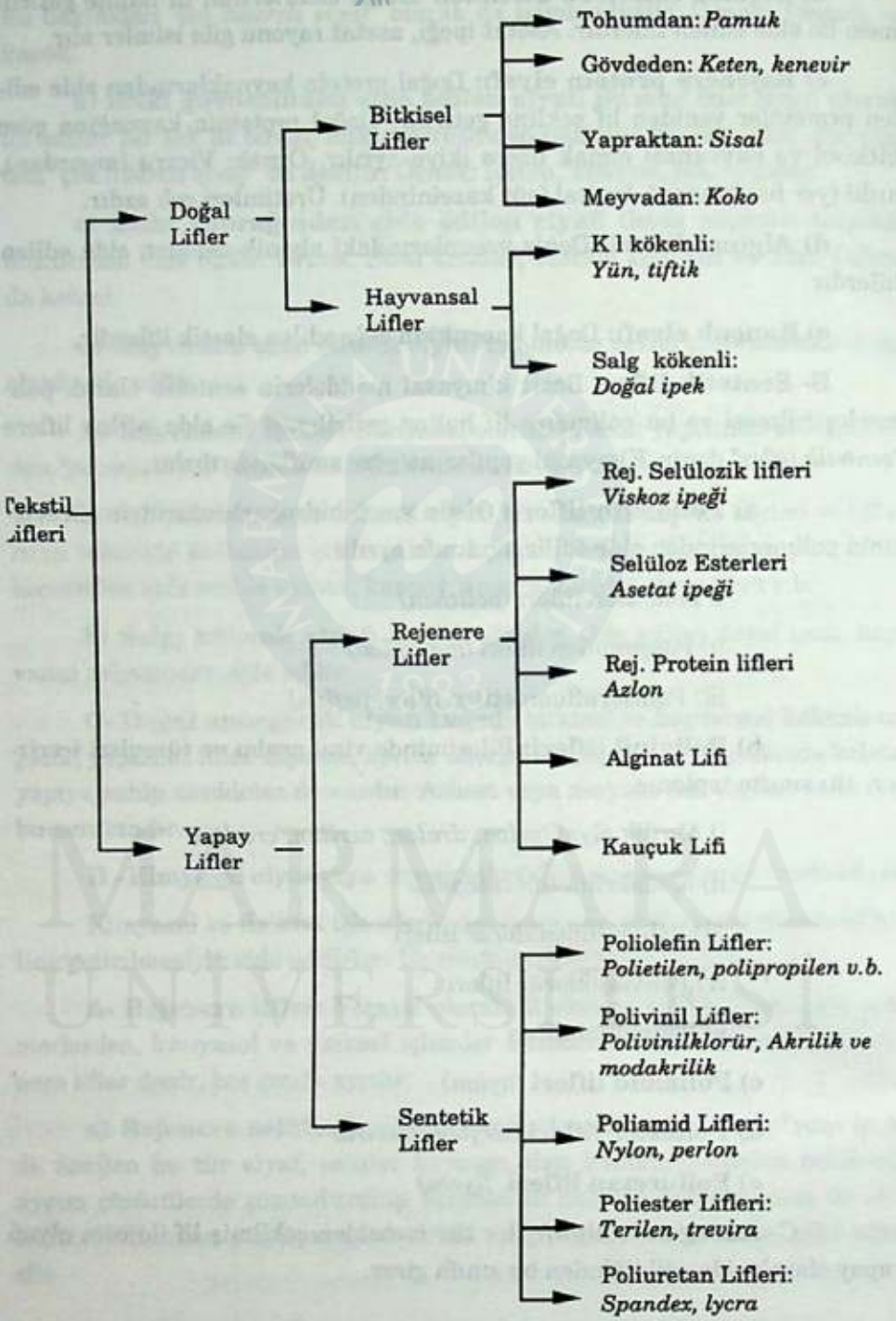
c) Poliamid lifleri *(nylon)*

d) Poliester lifleri *(terylen, trevira)*

e) Poliuretan lifleri *(lycra)*

C- Anorganik elyaf: Her tür metalden çekilmiş lif ile cam elyafı yapay olarak elde edildiğinden bu sınıfa girer.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

I.2. TEKSTİL LİFLERİNİN İÇ YAPISI

Anorganik elyaf dışında kalan doğal ve kimyasal liflerin tümü, polimer yapıda karbon bileşikleridir. Polimer bileşikler, *monomer* adı verilen küçük bir molekül biriminin, birbiri ile çok fazla sayıda kimyasal kovalent bağlarla birleşmesi sonucunda oluşmuş büyük moleküllerdir. Polimerlerin kimyasal yapısında aynı molekül grubu, yani monomer, çok sayıda ve ardarda tekrarlanır. Molekül ağırlıkları da çok büyüktür.

İki monomer molekülünün birbiri ile birleşmesi ile oluşmuş bileşiklere "dimer", üçünün birleşmesi ile oluşanlara "trimer" denir. Birleşen moleküllerin sayısı n = 10 - 100 arasında ise bileşiğe "oligomer"; 100 den fazla ise "*polimer*" adı verilir.

Polimer molekülündeki monomer sayısı, "*polimerleşme derecesi*" olarak isimlendirilir ve "n" harfi ile gösterilir. Bir polimerin, polimerleşme derecesi birbirinden farklı olan, değişik şekilleri olabilir. Bunların bazı özellikleri, P.D. (polimerleşme derecesi) nin değişmesi ile değişir. Bir polimer maddede, moleküllerin büyüklükleri (P.D.) ve buna bağlı olarak molekül ağırlıkları farklıdır. Her polimerde bileşiğin yapısında P.D. si farklı moleküller bulunur.

Polimer maddeler çeşitli özellikleri temel alınarak sınıflandırılabilir. Polimerleri, oluşum reaksiyonları, monomerlerin türü ve moleküllerinin düzenleniş şekillerine göre sınıflandırmak mümkündür.

A: Oluşum reaksiyonlarına göre polimerler ikiye ayrılır:

1- Addisiyon (katılım) polimerleri: Monomer moleküllerinin birbirlerine katılması ile oluşan polimer bileşiklere "*katılım polimerleri*" denir. A ve B aynı veya farklı iki monomer olarak düşünüldüğünde,

$$n\,A + n\,B \longrightarrow \ldots\ldots - A - B - A - B - A - B - \ldots\ldots$$

veya $n\,A + n\,B \longrightarrow -(A\text{–}B\text{–})_n$ şeklinde gösterilebilir.

Polietilen bir katılım polimeridir.

$$n\,CH_2 = CH_2 \longrightarrow \ldots\ldots - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - \ldots\ldots$$

Polietilen formülünde görüldüğü gibi, katılım polimerlerinde monomerleri birbirine bağlayan kovalent bağ C atomları arasındadır.

2- Kondensasyon (yoğuşum) polimerleri: Monomerlerin birleşmesi sırasında küçük bir molekülün ayrılması ile oluşan polimer bileşiklere "*kondensasyon polimerleri*" denir.

$$n\,A + n\,B \longrightarrow \ldots\ldots -A-B-A-B-A-B-\ldots\ldots$$

veya $$n\,A + n\,B \longrightarrow -(A\text{–}B\text{–})_n + n\,HX$$

Selüloz, poliamid ve poliester birer kondensasyon polimeridir.

$$\left[(CH_2)_x - CO - \underset{H}{N} -\right]_n \quad \text{poliamid}$$

Kondensasyon polimerlerinde, poliamid formülünde de görüldüğü gibi katılım polimerlerindeki -C-C- bağlarında farklı olarak, molekül zincirlerinde belli aralıklarla –O–, –N–, –S– gibi bağlar bulunur ve tekrarlanır.

B: Yapısındaki monomerin türüne göre polimerler iki sınıfa ayrılırlar:

1- Bir tek tür monomerin polimerleşmesi ile oluşmuş polimere "*homopolimer*" adı verilir.

$$\ldots\ldots -A-A-A-A-\ldots\ldots$$

2- Bir monomerin polimerleşmesi sırasında eklenen bir başka monomer, oluşmakta olan polimerin yapısına katılabilir. Böylece, A ve B gibi farklı monomerlerin birleşmesi ile oluşan polimerlere "*kopolimer*" adı verilir.

$$\ldots\ldots -A-B-A-B-A-\ldots\ldots$$

Kopolimerler, monomerlerin dizilişlerine göre ayrıca sınıflandırılırlar.

a) Monomerler yukarıdaki gibi ardarda diziliyorsa *ardarda kopolimer* adını alır.

b) Aynı türde monomer zincirde birbirini izliyorsa *blok kopolimer* adını alır.

$$\ldots\ldots -A-A-A-A-B-B-B-B-A-A-A-B-B-\ldots\ldots$$

c) Monomerlerin dizilişi düzensiz ise *rastgele kopolimer* denir.

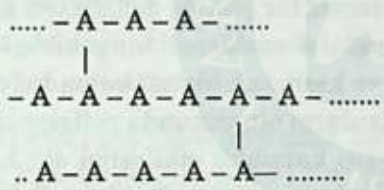
$$\ldots\ldots -A-B-B-A-B-A-A-\ldots\ldots \text{ gibi.}$$

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

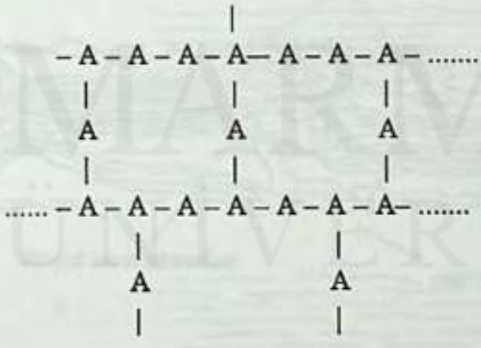
C: **Moleküllerinin düzenleniş şekillerine göre polimerler** üç sınıfta toplanırlar:

1- **Lineer polimerler**: Polimer molekülündeki yapı, düz zincir şeklindedir. Yukarıda yazılan tüm polimer formülleri lineer yapıdadır. İplik şeklinde olan bu moleküller, bir çözeltide çözündüğünde, ya açık iplik veya yumak biçimindedir. Molekül uçlarındaki elektrik yüklerinin birbirini çekme veya itmesine göre, molekül iplik veya yumak şeklinde bulunur. Molekülleri iplik şeklinde olan polimerler, diğerlerine göre daha viskoz (kıvamlı) çözeltiler oluştururlar. Bir polimer çözeltisinin viskozitesi molekül büyüklüğü, yani P.D.' si arttıkça artar.

2- **Dallanmış polimerler**: Polimer zincirinde dallanmalar varsa bu şekilde isimlendirilir.



3- **Ağ şeklinde polimerler**: Polimer zinciri üç boyut boyunca dallanmış durumdadır.



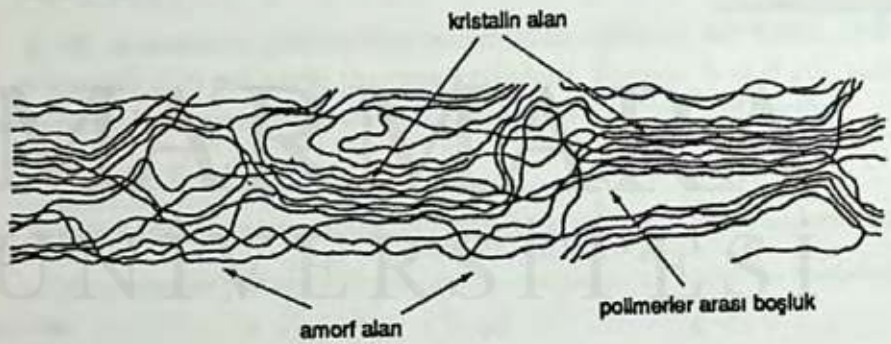
Polimer bileşikler, yapısındaki monomerin isminin başına "poli–" öneki getirilerek isimlendirilir. Etilenden yapılan polimere "polietilen" denildiği gibi ; iki farklı monomerden yapılan polimer de iki kelime ile ifade edilir: örneğin, Poli-etilentereftalat, etilen glikol ile tereftalik asidden yapılmıştır.

I.2.1. LİFLERDEKİ POLİMER MOLEKÜLLERİN YAPISI VE DÜZENLENMESİ

Doğal yapıdaki lifler, daha çok homopolimer ve kopolimer yapıdadır. Kimyasal yani yapay liflerde, hem homopolimer hem de kopolimer yapıya rastlanır. Aynı şekilde katılım ve kondensasyon polimerleri de çeşitli liflerin yapısını oluşturur. Ancak, bir tekstil lifi molekül yapısı bakımından yalnız lineer şekilde olabilir. Tekstil liflerinin tümünde, polimerler lineer yapıdadır.

Elektron mikroskobu, x-ışını diffraksiyon tekniği, kızılötesi IR ve buna benzer diğer fiziksel ölçme yöntemleri yardımıyla, elyafı oluşturan polimer zincirin elyaf içindeki durumu incelmiş ve liflerin iç yapısı hakkında geniş bilgiler elde edilmiştir.

Bu araştırmalarla, polimer zincirlerin, lifin bazı kısımlarında birbirine paralel, bazı kısımlarında ise düzensiz bir şekilde dizildikleri bilinmektedir. Polimer zincirlerinin birbirine paralel ve düzenli bir şekilde bulunduğu bölgelere "*kristalin alan*"; düzensiz ve karmaşık olarak bulunduğu bölgelere de "*amorf alan*" denilir. Kristalin alanların oluşumunda polimer zincirin yapısında bulunan fonksiyonel grupların karşılıklı etkileşimi söz konusudur. Her lif türünde amorf ve kristalin alanların oranları farklıdır. Şekil I.



Şekil I.1. Lif içinde polimer molekül zincirlerinin düzeni

Kristalin alanların belli yönlere yönlenmesi, büyüklüğü, ve sayısı, elyafın kıvrım, sertlik, sürtünme ve aşınmaya karşı direnci gibi özelliklerine etki eder. Amorf alanların varlığı ise yumuşak, bükülebilen, ve absorban bir elyaf oluşturur. Kimyasal reaktifler, boyarmadde molekülleri ve nem, yalnız

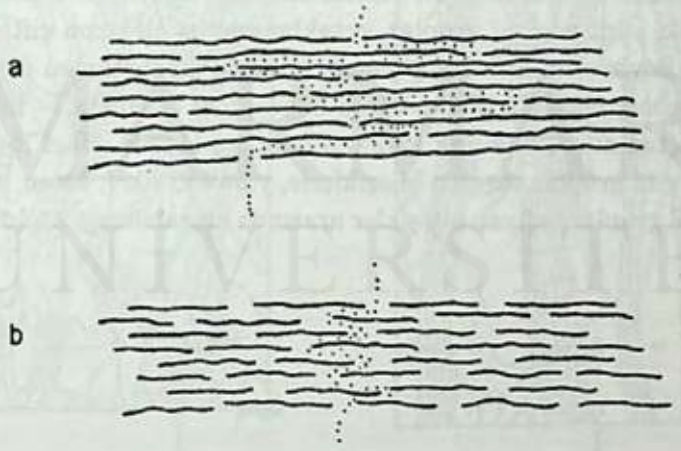
amorf bölgelere ve kristalin bölgelerin yüzeylerine etkir. Çünkü, polimer zincirdeki fonksiyonel gruplar, yalnız amorf alanlarda serbest durumdadır; kristalin alanlarda ise birbirleri ile karşılıklı etkileşim halindedir.

Amorf bölge oranı fazla olan liflerde	**Kristalin bölge oranı fazla olan liflerde**
a- fazla absorban bir yapı	a- daha az absorban yapı
b- daha dayanıksız	b- daha dayanıklı
c- kimyasal reaktiflerden daha kolay etkilenme	c- kimyasal reaktiflerden daha zor etkilenme
d- daha kolay boyanabilme	d- daha zor boyanabilme
e- daha yumuşak bir doku (tuşe)	e- daha sert bir doku (tuşe)
f- plastiklik ve kolayca bükülme	f- zor bükülme

gibi yapısal özellikler görülür.

Sonuç olarak, bir polimerin elyaf yapısını oluşturması için belirli temel koşullar yerine getirilmelidir:

1- Polimer, düz zincirli ve uzun bir moleküler yapı göstermelidir. Eğer moleküller kısa ise aşağıda şekil I.2 de de görüldüğü üzere daha az dayanıklı lifler meydana getirir.



Şekil I.2. Polimer zincir uzunluğuna bağlı olarak lifin koparılma olasılığı

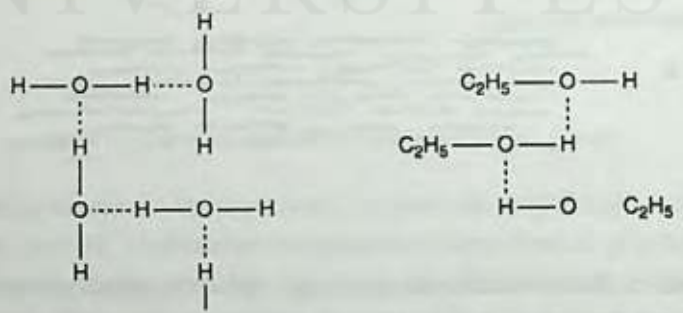
2- Polimerler, lifin bazı bölgelerinde birbirine paralel ve yakın olarak düzenlenmelidir.

3- Lifin yapısındaki polimer zincirlerin paralel halde kalabilmesi için, yan kuvvetler oluşmalıdır. Bu yan kuvvetler, zincirin yapısındaki fonksiyonel gruplar ve kohezyon kuvvetleri ile sağlanır.

Kristalin bölgelerin oluşumunda, polimer moleküller arasında üç ayrı türde kuvvet vardır. Bunlardan en sağlam olanı kimyasal bağlardır; daha sonra H-bağları gelir. En zayıf bağlar ise bir fiziksel çekim olarak da tanımlanan van der Waals kuvvetleridir.

1- Kimyasal bağlar: Kristalin bölgelerin oluşumunda kimyasal bağ olarak kovalent ve iyonik bağlar bulunur. Bu bağlar, polimer zincirler arasında çapraz bağlar olarak yerleşmiştir ve doğal proteinlerin yapısında bulunur. Komşu amino ve karboksil grupları arasındaki tuz bağları (iyonik bağ) ve zincirler arasındaki sistin bağları (kovalent bağ) polimer zincirleri birbirine bağlar. (Bkz. sayfa 65, 66).

2- H- bağları: Bu bağlar tekstil teknolojisinde önemli derecede rol oynar. Bir hidrojen atomu, N, O, veya F gibi elektron ilgisi yüksek bir atoma kovalent bağ ile bağlı ise, bu atomlar hidrojenin elektronlarını çekerek onu pozitifleştirirler. Bu durumda H, elektron yoğunluğu yüksek bölgelere doğru çekilmeye eğilimi olan bir özellik kazanır. Genellikle elektron yoğunluğu yüksek, yani negatif gruplar, ortaklanmamış elektron çiftleri taşıyan gruplardır. Böylece iki molekül arasında kuvvetli dipol etkiden doğan bir bağ meydana gelmiş olur. Bu bağlar H ile diğer atom arasında --- ile gösterilir. Yukarıdaki tanımlara bakarak H- bağlarının, su H-O-H, alkol R-O-H, aminler R-NH_2, gibi gruplar taşıyan bileşiklerle, yine su, alkol, keton, ester, amin ve nitril gibi gruplar taşıyan bileşikler arasında oluşabileceği söylenebilir.



Su ve alkol molekülleri arasındaki H- bağları

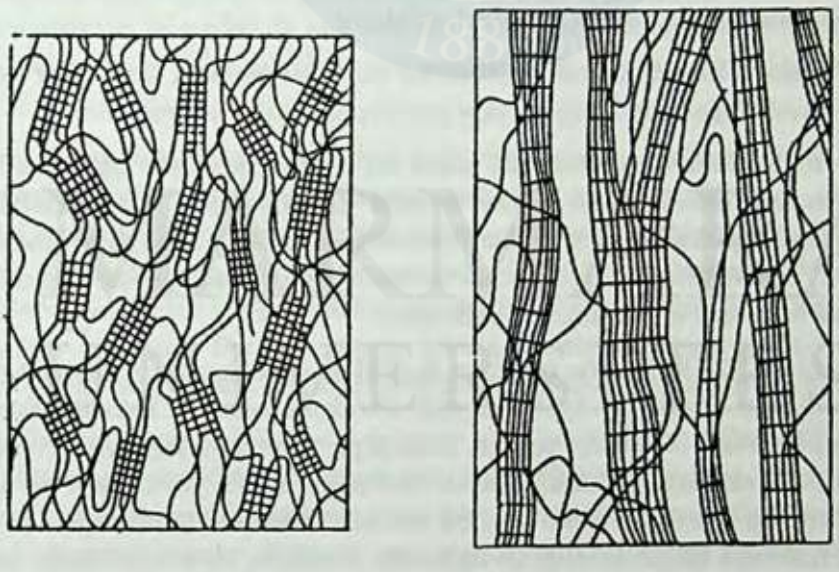
MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

3- van der Waals kuvvetleri: Moleküllerin fiziksel çekim gücü ile birarada tutulmasını sağlayan kuvvetlere van der Waals kuvvetleri adı verilir. Molekül yapısındaki elektrik yük yoğunluklarının eşit olarak dağılmamasından ileri gelen bu çekim kuvvetleri, genellikle bir fonksiyonel grup içermeyen polietilen gibi polimerlerde etkilidir.

Kristalin Bölgelerin Elyaf İçinde Düzenlenmesi

Elyaftaki kristalin bölgelerin farklı yönlere yönlenmiş ve uçlarında saçaklanmış bölgeler oluşturduğu kabul edilmekte ve bunlara "misel" adı verilmektedir. Bazı lif yapılarında ise, lif boyunca uzanan ve lif eksenine belli bir açı yapacak şekilde birbirine paralel olarak yönlenmiş kristalin bölgeler ile bunları birbirinden ayıran amorf bölgeler bulunmaktadır. Bu uzun kristalin alanlara da "*fibril*" denilmektedir. Şekil 1.3.

Genellikle doğal liflerde fibriler yapı, yapay liflerde ise saçaklı misel yapısı gözlenir. Örneğin, pamukta selüloz zincirlerinden 100 adedi bir tek fibril oluşturur. Dört fibrilden bir mikrofibril ve bunların birleşmesinden makrofibril denilen birimler meydana gelir.



Saçaklı misel yapısı *Fibriler yapı*

Şekil I.3. Kristalin bölgelerin lif içinde düzenlenme şekilleri

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

I.3. TEKSTİL LİFLERİNİN TEMEL ÖZELLİKLERİ

Bir tekstil lifinin ticari değeri, sahip olduğu bazı özelliklere geniş ölçüde bağlıdır. Bu özellikler, gerilme mukavemeti, incelik, esneklik, boyanabilme yeteneği gibi özelliklerdir. Bunların hepsi iyi bir kumaş elde etmek için gereklidir. Tüketici ayrıca alacağı tekstil materyalinin yararlılığı, kullanışlılığı, saklanabilme kolaylığı ile de ilgilenir. Bu yüzden nem çekme, temizlik, yıkanabilme, ağartıcı maddelerin etkisi, su ve tere karşı dayanıklılık gibi faktörler de gözönüne alınmalıdır. Kumaşın kullanılacağı yer ve amaca göre hangi elyaftan yapılacağı, bu bakımdan çözümü gereken ilk sorundur. Bu sorunun çözümü için liflerin temel özelliklerini ve bunlardan hangilerine sahip olduklarını bilmek gerekir.

1) UZUNLUK: Uzunlukları bakımından tekstil lifleri ikiye ayrılır:

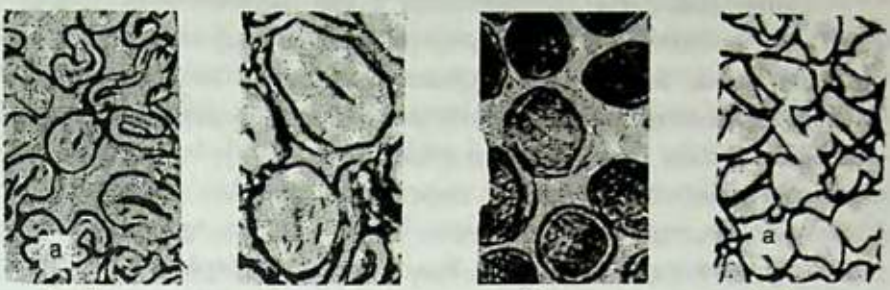
a) *Kesikli elyaf:* Bunlarda her bir lifin boyu birkaç santimetre büyüklüğündedir. Bu parçaların her birine "*stapel*" denir. Bu tip liflere örnek olarak pamuk ve yünü verebiliriz. Bu liflerde ortalama uzunluk 6-15 cm kadardır. Yapay elyafa pamuk ve yün gibi doğal görünüm verebilmek için belli boyda kesilir. Bunlara da "*yapay kesikli elyaf*" denir.

Kesikli liflerde uzunluk gözönüne alınması gereken önemli bir değerdir. Pekçok doğal lifin kalitesi stapellerinin uzunluğu ile orantılıdır.

b) *Kesiksiz elyaf:* Kontinü elyaf da denilen kesiksiz elyafta liflerin boyu sonsuz uzunluktadır. Böyle ürünler için "*filament*" terimi kullanılır. Doğal ipekte kozadan elde edilen filamentin uzunluğu 3000 m ye kadar çıkabilir. Yapay liflerde ise, uzunluk üretime bağlı olarak değişir. Doğal ipek ve tüm kimyasal elyaf filament halindedir.

2) İNCELİK: Elyafın bir diğer özelliği de enine kesitinin büyüklüğü ve biçimidir. Bu büyüklük, elyafın inceliği olarak da belirtilir. Tekstil teknolojisinde lifin enine kesitinin boyutu, yani çapı, doğrudan doğruya ölçülemez; dolaylı olarak verilir. Çünkü çok az lifin enine kesiti yuvarlaktır ve standard bir çapa sahiptir. Şekil 1.4. Bu nedenle, tekstilde lif inceliğinden çok, şerit, fitil veya ipliğin inceliği ile ilgilenilir. Pratikte, bir tekstil lifinin inceliği denildiğinde, birim uzunluğunun kütlesi düşünülür.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Pamuk Keten Yün İpek

Şekil I.4. Bazı liflerin enine kesit biçimleri

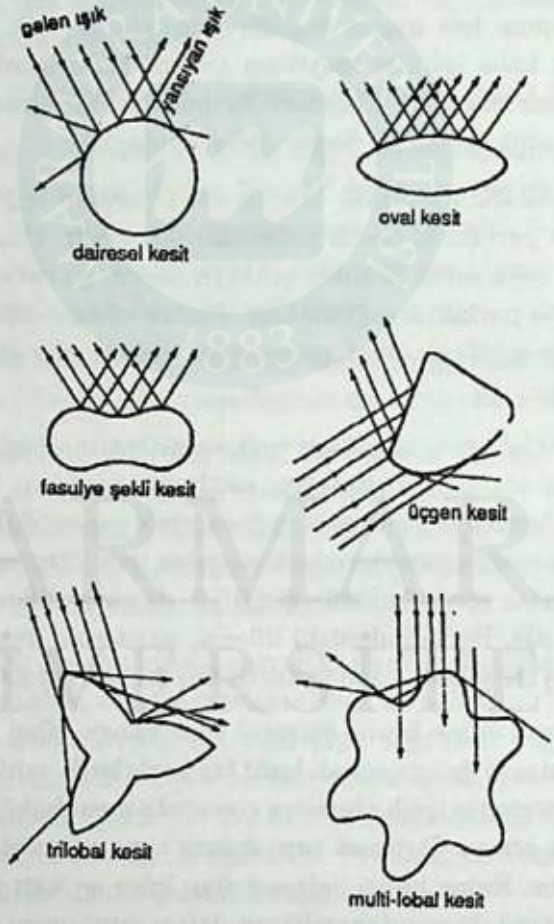
Lifin veya filamentin 10 μm den ince olanları ile 50 μm den kalın olanları iplik yapımı için uygun değildir. İnce olanlar çok çabuk kopabilir. Kalınlar ise çok kaba iplikler meydana getirir. Lifin incelik ve uzunluğu, onun temel karakteristiğidir. Tekstilde lif inceliği, enine kesitinin birimi yerine, lineer yoğunluk terimi ile verilir. (Bkz. sayfa, 19).

3- PARLAKLIK: Parlaklık düzgün bir yüzeyden ışığın yansıması ile oluşur. Kumaşta parlaklık, çeşitli yollardan elde edilir. Uzun kesiksiz elyafın kullanılması veya saten dokuma şeklinin seçimi gibi yöntemlerle ve özel apre maddeleri ile parlaklık sağlanabilir. Parlak olarak elde edilmiş kimyasal elyaf, rejenere selülozik elyaf, poliamidler, poliesterler ve ipek, parlak lif özelliğine sahiptir.

Lifin parlaklığı, üzerine düşen ışığı yansıtmasına bağlıdır. Gelen ışığı doğrusal düzgün olarak yansıtmayıp, saçılarak yansıtan lifler az parlak veya donuktur. Pamuk ve yün gelen ışığı saçarak yansıttıklarından daha az parlak, keten, merserize pamuk ve ipek ise gelen ışığı düzgün bir şekilde yansıttıklarından parlak görünümlüdür. Şekil 1.5. de yapay liflerdeki enine kesit biçimleri verilmiştir. Bu biçimlerdeki liflerin, üzerlerine düşen ışıkları, düzgün veya saçılmış bir şekilde nasıl yansıttıkları şekilde ayrıca görülmektedir.

Teorik olarak enine kesiti dairesel olan yapay lifler, gelen ışığı düzgün olarak yansıtmadığı için ancak hafif bir parlaklığa sahiptir. Bu yapıdaki bir lif veya filamentin iplik oluşumu sırasında nasıl bükülmüş olduğu da, parlaklığına etki etmez. Dairesel yapı daima aynı miktarda bir ışık yansımasına sebep olur. Enine kesiti dairesel olan lifler en katı ve en az bükülebilir liflerdir. Çapındaki muntazamlıktan dolayı mumumsu, kaygan bir tuşe sağlar ve deri ile maksimum temas oluşturduğundan, hoş olmayan bir tutum verir.

Enine kesiti oval, fasulye veya üçgen biçiminde olan yapay lifler, gelen ışığı, en fazla ve en düzgün bir şekilde yansıttığından en parlak lifler-dir. Bu yapıdaki lifler, iplik veya kumaş yapımında kendi üzerine bükülürse, gelen ışığı düzgün olarak yansıtamıyacağından, daha az bir parlaklık elde edilir. Bunlar en az bükülme güçlüğüne sahip, kolayca eğilebilen lifler-dir; gevşektirler ve kolayca kısa yarıçapı boyunca deforme olurlar. Bu düzgün yüzey ona mumumsu ve kaygan bir tuşe sağlar. Ayrıca elyafın deri ile maksimum temasına sebep olur. Kesiti üçgen olanlarda ise kesitin her bir yüzü, liflerin birbiri ile sürtünmesini sağladığından daha az kaygan ve daha gevrek bir tutum gösterir.



Şekil I.5. Farklı enine kesit yapısına sahip liflerde ışığın yansıması

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Trilobal ve multilobal kesitler ise, gelen ışığı tamamiyle düzgün olmayan bir şekilde yansıtır. Teorik olarak bu tür liflerin donuk bir görünüm vermesi beklenirken, bunlardan yapılan ipliklerin, belirgin ve çok parlak bir görünümde olması şaşırtıcıdır. Çünkü, lif veya filamentin kendi üzerine bükülmesi ile, gelen ışığın dağınık olarak yansıması etkisi azalır; buna karşılık yalnız düzgün yansıyan ışık birdenbire ortaya çıkar. Trilobal enine kesit ile en fazla parlaklık sağlanır. Enine kesitteki lobların sayısı arttıkça, gelen ışığın saçılması da fazla olacağından parlaklık azalır. Bunlar kolayca bükülebilen ve yumuşak tutumlu liflerdir. Lobların sayısı arttıkça lifler arasındaki sürtünme de artacağından, bir miktar sertleşme hissedilebilir.

4- EĞİRME YETENEĞİ: Her lifin iplik haline gelebilmesi için eğirme yeteneğine sahip olması gerekir. Bu özellik, liflerin birbirine biraz yapışıcı olması yanında kütle halinde iken birleşik halde bulunmasından ileri gelir. Bir lif demetinde lifçikler arasındaki gizli temas uçları bu yapışkanlığa sebep olur. Lif inceliği, lif yüzeyinin yapısı, uygulanan basınç ve lif uzunluğu, bu özelliğe etki eden faktörlerdir.

5- DAYANIKLILIK: Elyafın iplik veya kumaş haline gelinceye kadar birçok gerilimlere maruz kalması nedeniyle, bunlara karşı yeter derecede dayanıklı olması gerekir. Bir lif veya ipliğin dayanıklılığı, *gerilme mukavemeti* terimi ile verilir. Gerilme mukavemeti, onu koparmak için gerekli olan germe kuvvetinin ölçüsüdür. Koparma kuvveti, iplik veya lifin kalınlığı ile orantılı olduğundan g/tex veya kg/denier gibi birimlerle verilir. Lifin gerilmeye karşı mukavemeti, uzama ve esneklik konuları ile ilgili olduğundan, esneklik ve uzama konularında etraflıca incelenecektir.

Tekstil liflerinin mukavemeti, ölçme yapılan yerin atmosfer neminden etkilenir. Genellikle doğal bitkisel lifler ıslandıklarında veya nemli halde daha sağlam olurlar. Bunun dışındakilerin ise dayanıklılığı azalır. En sağlamı cam lifdir. Bundan sonra sırasıyla poliamid, poliester, ipek, keten, pamuk, akrilik, rayonlar ve yün gelir.

6- UZAMA VE ESNEKLİK: Herhangibir maddeye bir kuvvet etki ettiği zaman, bu cisimde bir gerilim meydana gelir. Eğer kuvvet cismi sıkıştırmakta ise, cisimde bir kısalma, çekmekte ise bir uzama meydana gelir ve bunun sonucu olarak bazı değişimler olur. Cisimdeki uzamanın miktarı başlangıçta çok küçüktür ve uygulanan kuvvetle orantılıdır. Şekil I.6. Bu

durum belli bir değere kadar devam eder. Kuvvet, arttırılmaya devam edilirse, uzama artık kuvvetle orantılı olarak gerçekleşmez. Bu noktaya kadar olan uzamalar geçicidir; kuvvet ortadan kalktıktan sonra cisim eski boyutuna döner. Bu noktaya *esneklik sınırı* denir. Esneklik sınırına kadar meydana gelen uzamalar elastik uzamalardır. Bu değerden daha büyük kuvvetlerle yapılan uzamalarda kuvvet kaldırıldığı halde cisim eski boyutlarına dönmez. (Akma Noktası). Kalıcı uzama denilen bu uzamanın sonunda, kuvvet belli bir değere eriştiğinde cisimde kopma görülür.

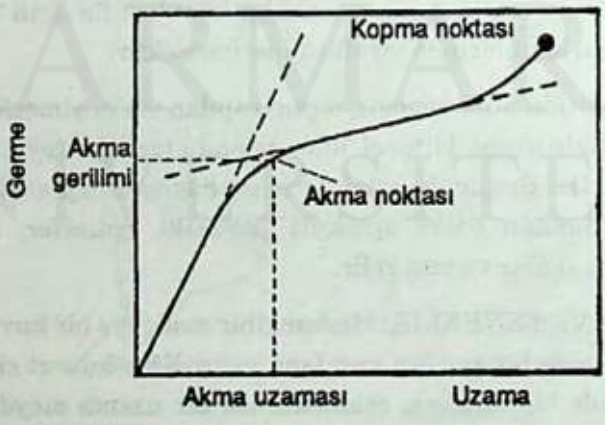
Tekstil lifleri de belirli bir kuvvet etkisi altında yukarıdaki davranışları gösterir. Gerilme ekseni boyunca değişiklikler meydana gelir ki, bu etkinin basit sonucu uzama ve kopmadır.

Materyaldeki uzama miktarı % uzama terimi ile belirlenir. Malzemenin ilk boyutu ile koptuktan sonraki veya kopma anındaki boyutu arasındaki farkın ilk boyutuna bölümünün 100 ile çarpımı % uzama değeridir.

$$\% \text{ Uzama} = \frac{\ell_1 - \ell_o}{\ell_o} \times 100$$

ℓ_o: cismin ilk boyutu

ℓ_1: cismin kopma anındaki boyutu



Şekil 1.6. Cisimlerde kuvvet-uzama diyagramı

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Tekstil materyalinin bir gerilim karşısındaki davranışı, onun yapısına ve polimer moleküllerinin düzenlenmesine bağlıdır. Lifin gerilme özellikleri, ona uygulanan işlemlere, mekanik işlemlere, taşıdığı nem miktarına ve sıcaklığa bağlı olarak değiştiğinden denemenin sonuçları verilirken bunlar belirtilmelidir.

Lifin boyutu denemenin sonuçlarına doğrudan etki eder; örneğin, diğer faktörler değişmezse, elyafı koparma kuvveti, enine kesitinin büyüklüğü; uzaması ise lifin boyu ile orantılı olarak artar. Uzun liflerde, zayıf bir noktanın var olması olasılığı kısa liflere oranla daha fazladır. Elyaf en zayıf noktadan kopacağından uzun liflerin ortalama kopma gerilimi, kısa olanlardan daha düşüktür. Bu nedenle denemelerde lifin boyu mutlaka belirtilmelidir.

Lifteki uzama miktarı uygulanan kuvvetin süresine de bağlı olarak değişir. Sabit bir kuvvet altında kalan lif, ani bir uzamanın sonunda yavaş yavaş uzamaya devam eder. Kuvvetin, kopmaya sebep olacak büyüklükte olması durumunda, bu uzamanın sonunda lif kopar. Kopmaya sebep olacak kuvvetin, denemenin kısa sürede, yani hızlı yapılması durumunda yavaş yapılandan daha büyük olduğu bulunmuştur.

Tablo I.1. Çeşitli liflerde kopma mukavemeti ve % uzama değerleri

ELYAF CİNSİ	Gerilme mukavemeti (g/tex)	Kopmada uzama %
Pamuk	46	6,8
Keten	55	3,0
Jüt	32	1,8
Kenevir	48	2,2
Viskoz ipeği	18,5	27,2
İpek	39	23,4
Yün	14	42,9
Nylon	48	26,0
Cam elyafı	76	2,5
Terilen	48	15,0
Asetat ipeği	13	23,7
Orlon (akrilik)	28	25,0

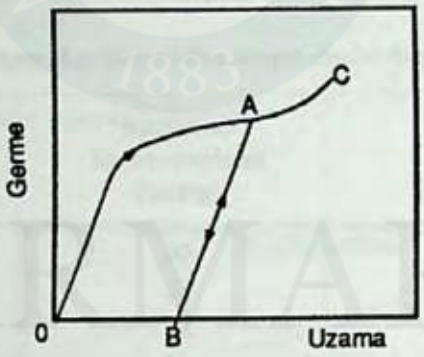
Tablo I.1 de bazı lif türlerinin gerilme özellikleri verilmiştir.

Belli bir gerilim altında kalan materyalin kopma noktasından önce esneklik sınırına eriştiğini görmüştük. Bu sınırdan önceki değerlerde cisme uygulanan kuvvet ortadan kaldırıldığında, cisim eski boyutlarına dönmeye çalışır. Eski boyutlarına en yakın değerleri alabilen bir cismin esneklik özelliğinden söz edilir. Bir lif ilk defa gerildiğinde germe-uzama eğrisi Şekil 1.7 de görüldüğü gibi OA eğrisi şeklindedir. Kuvvet kalktığında ise geriye dönüş AB eğrisini izler. Lifteki kalıcı uzama OB miktarı kadardır. OB değeri ne kadar küçükse lif orijinal boyutuna o kadar yakın bir değer almış demektir ve esneklik özelliği çok yüksektir. Esneklik, elyafın ve buna bağlı olarak kumaşın dayanıklılığını artırır. Ayrıca, kumaşın vücuda iyi oturmasını sağlar. Esneklik değeri, % olarak verilir.

$$\% \text{ Esneklik} = \frac{\ell_o}{\ell} \times 100$$

ℓ_o, lifin orijinal uzunluğu

ℓ, kuvvet kalktığında lifin aldığı uzunluk değeridir.



Şekil I.7. Liflerde germe - uzama diyagramı

Tablo 1.2 de bazı liflerin % 60 relatif nemde, % 1 lik ve % 5 lik uzamalardaki % esneklik değerleri verilmiştir.

Gerildiğinde çok fazla miktarda uzayabilen ve kuvvet kaldırıldığında eski boyutlarını en kısa zamanda yeniden alabilen esnek liflere, "elastomer elyaf" denir. Kauçuk ve yapay olarak elde edilmiş *elastomer elyaf*, esnekliği en fazla olan liflerdir. Esneklik özelliği olan diğer lifler yün, poliamid, ipek, triasetat, akrilik ve poliesterdir. Keten, esnekliği çok az olduğundan kolay buruşması ile bilinir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Tablo 1.2. Liflerde uzama miktarına bağlı olarak % esneklik değerleri

ELYAF TÜRÜ	% 1 lik uzamada	% 5 lik uzamada
Pamuk	91	52
Viskoz ipeği	67	60
Asetat ipeği	96	46
Yün	99	69
İpek	84	52
Nylon	90	89
Dacron	98	65
Orlon	92	50

7 - YOĞUNLUK: Tekstil liflerinde yoğunluk iki şekilde tanımlanır.

a) Hacimsel yoğunluk: Bir cismin kütlesinin, aynı hacimdeki suyun kütlesine oranıdır. Tekstil liflerinin hacimsel yoğunlukları genellikle 1 den büyüktür.

b) Lineer yoğunluk: Lifin birim uzunluğunun ağırlığı, lineer yoğunluk olarak verir. Tekstil liflerinde ve ipliklerinde birim uzunluğun ağırlığı, numaralandırma sistemi ile verilir. Bu numaralandırma sistemlerinden ikisi, tex ve denier' dir. Bunlar dışında kullanılan pekçok numaralandırma sistemini ortadan kaldırarak, tek bir sistem koymak üzere kullanılması öngörülen tex biriminin, kilotex, decitex ve militex gibi as ve üskatları da vardır.

Tex : 1000 m uzunluğundaki lifin gram olarak değeridir.

Denier : 9000 m uzunluğundaki lifin gram olarak değeridir.

İpliğin veya lifin inceliği arttıkça numarası (lineer yoğunluğu) küçülür; kalınlaştıkça artar.

Tablo 1.3 de çeşitli tekstil materyallerinin hacimsel yoğunlukları verilmiştir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Tablo 1.3. Tekstil liflerinde hacimsel yoğunluklar

Lifin Cinsi	Yoğunluğu (g / cm^3)
Pamuk	1,55
Yün	1,30
Viskoz ipeği	1,52
İpek	1,34
Nylon	1,14
Orlon	1,19
Terilen	1,39
Asetat ipeği	1,31
Cam elyafı	2,5

8 – NEM ÇEKME ÖZELLİĞİ : Tekstil liflerinin önemli özelliklerinden biri de belli sıcaklık ve bağıl nemde (Relatif nem) su absorplama yeteneğidir. Absorplanan nem miktarı, elyafın türüne ve bulunduğu ortamın rutubetine göre değişir. (Relatif nem : Atmosferde mevcut su buharı miktarının o sıcaklıktaki doymuş su buharı miktarına oranıdır).

Rutubetli havaya bırakılan bir kumaş, üzerine su toplar; buna karşılık nemli veya ıslak bir kumaş kuru havada üzerinde bulunan suyu kaybeder. Su absorpbiyonu veya kaybı, bir denge kuruluncaya kadar devam eder. Bir elyaf ne kadar çabuk su absorplıyorsa o kadar çabuk kurur. Fakat nem absorplama veya salıverme hızını, nem çekme miktarı ile karıştırmamak gerekir.

Tekstil materyalindeki nem miktarı, % nem ve mutlak nem olmak üzere iki şekilde belirlenir.

a) % Nem : Tekstil materyalinin absorpladığı su miktarının, nemli materyal ağırlığına oranıdır.

G = Nemli materyalin ağırlığı

G' = Kuru materyalin ağırlığı

g = G – G' = Materyaldeki su miktarı

R = % nem olarak alınırsa,

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

$$R = \frac{g}{G} \times 100$$

formülü ile bulunur.

b) Mutlak nem : Tekstil materyalindeki su miktarının kuru materyal ağırlığına oranıdır.

M = Mutlak nem olarak alınırsa,

$$M = \frac{g}{G'} \times 100$$

değerine eşittir.

Mutlak nem, % nem cinsinden aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$R = \frac{M}{1 + \frac{M}{100}}$$

Aynı bağıl neme sahip bir ortama konulan lifler içinde, en fazla nem çeken yündür. Bundan sonra sırasıyla ipek, rayonlar, keten, pamuk, asetat ipeği, poliamid ve diğer sentetik elyaf gelir. Cam elyafın nem çekme miktarı sıfırdır. Doğal lifler oldukça fazla miktarda nem çektiği halde elle tutulduğunda kuru hissedilebilir. Bu nedenle ticarette lif üzerinde bulunabilecek nem miktarı sınırlandırılmıştır. Tablo 1.4 de izin verilen ticari nem değerleri verilmiştir.

Suyun elyafa bağlanması sırasında, ısı şeklinde bir enerji açığa çıkar. Bu ısıya "nem absorplama ısısı" denir ve birimi *cal / g* ' dır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Tablo 1.4. Liflerde ticari olarak sınırlandırılan nem miktarları

Lifin cinsi	Kabul edilen nem miktarı
Pamuk	% 7–8,5
Keten	% 12
Jüt	% 13,5
İpek	% 11
Yün	% 13–19
Viskoz ipeği	% 11–13

% 0 mutlak nemdeki liflerin ıslatıldığında verdikleri ısı miktarları aşağıda gösterilmiştir. Tablo 1.5

Tablo 1.5. Liflerin su absorplama ısıları

Lifin cinsi	Su absorplama ısısı (cal /g)
Pamuk	11,0
Merserize pamuk	17,5
Viskoz ipeği	25,2
Keten	13,0
Yün	26,9
İpek	16,5
Nylon	7,5
Orlon	1,7
Terilen	1,2

Nem absorbsiyonu sırasında bir ısı enerjisinin yayılması olayı, tekstil materyallerinin seçimi ve kullanılma şartlarını belirleyen önemli bir faktördür. Örneğin, 18°C lik ve % 45 relatif rutubetteki bir kapalı ortamdan, 5°C lik ve % 95 relatif rutubetli açık hava ortamına çıkıldığında, yün üzerindeki mutlak nem miktarı % 10 dan % 27 ye çıkar. Bir paltonun 1,5 kg olduğu kabul edilirse, bu değişim 150.000 kalorilik bir ısı değişimidir. Bu miktarda bir ısı, insan metabolizması tarafından 1,5 saatte oluşturulabilir. Bu ısı ya-

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

yımı, insan vücudunun yeni koşullara kolayca uyum sağlamasına sebep olur ki fizyolojik bakımdan önemli bir avantajdır. Tablo 1.6 da 1 kg tekstil materyalinin % 40 relatif rutubetten % 70 relatif rutubetli bir ortama geçtiğinde açığa çıkan ısı miktarları verilmektedir.

Tablo 1.6. 1 kg tekstil lifinin nemli ortama geçtiğinde verdiği ısı miktarları

Lifin cinsi	Isı miktarı (kcal)
Yün	38
Pamuk	20
Viskoz ipeği	40
Asetat ipeği	12
Nylon	10
Terylen	1

9- ISIDAN ETKİLENME ÖZELLİĞİ :

Isı enerjisi aldığında, bir organik maddenin bu enerjiden etkileşimi belli bir değere kadar fizikseldir. Belli bir sıcaklık değerinden sonra kimyasal etkileşim meydana gelmeye başlar. Isının organik bileşiği kimyasal olarak etkilemesi olayına "yanma" denir.

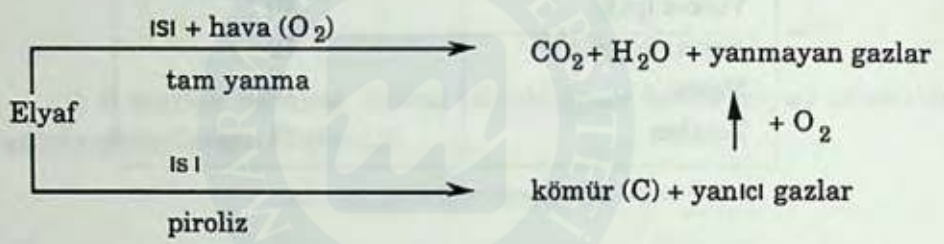
Tekstil liflerinin yanma olayından önce ısı enerjisine karşı gösterdiği fiziksel tepki iki şekildedir. Farklı fiziksel tepki gösteren lifler, bu özellikleri bakımından iki sınıfa ayrılır. Bunlara *termoplastik* ve *non-termoplastik lifler* adı verilir. Plastik kelimesi, herhangi bir etki altında şekil verilebilen ve biçim değiştiren anlamındadır.

a) Termoplastik lifler, sıcaklığın belli bir miktarda yükselmesi ile biçim değiştirirler. Bunlarda, önce yumuşama, daha yüksek sıcaklıklarda ise erime gözlenir. Belirli bir sıcaklığa erişildiğinde, bozunma ve yanma gözlemlenir. Bütün sentetik lifler ile rejenere asetat ipeği termoplastik yapıdadır. Yanan termoplastik materyal söndürüldüğünde, geriye boncuk şeklinde bir kalıntı bırakır. Termoplastik liflerin ilk yumuşama gösterdiği sıcaklık derecesine *camlaşma sıcaklığı* (cam geçiş sıcaklığı) denir ve T_g ile semboli-

ze edilir. Erimenin meydana geldiği sıcaklık derecesi olan erime noktası ise T_m olarak gösterilir.

b) Non-termoplastik liflerde, sıcaklık yükselmesi sırasında yanma noktasına kadar herhangi bir biçim değişikliği görülmez; yumuşama ve erime yoktur. Tüm doğal liflerle rejenere lifler nontermoplastik yapıdadır. Bu tür lifler de yanma noktası sıcaklığına eriştiklerinde, yanarlar ve geriye bir miktar kül bırakırlar.

Lifler, organik yapıda bileşikler olduğundan, belli bir sıcaklık derecesine eriştiklerinde yanarlar. Bu sıcaklık derecesine de yanma noktası denir. Yanma olayı havasız ortamda ve havada farklı şekilde gerçekleşir.



10 – IŞIKTAN ETKİLENME ÖZELLİĞİ : Işık bir enerji türüdür. Bu nedenle organik bir bileşik olan lifler, uzun zaman içinde ışık enerjisinden etkilenir. Bu etkilenme, polimerleşme derecesinin düşmesi ve buna bağlı olarak dayanıklılığın azalması şeklinde ortaya çıkar.

Elyaf + ışık enerjisi $\longrightarrow$ Elyaf *

Işık enerjisi alarak uyarılmış duruma geçen elyaf*, kolayca hava oksijeni ve diğer etkenlerle reaksiyon verir. Yukarıda sözü edilen sonuçlar ortaya çıkar.

Özellikle güneş ışığının kuvvetli radyasyonlarından hemen hemen her elyaf etkilenir. Ancak etki süresi bazıları için kısa sürelidir; bazıları ise uzun yıllar alabilir.

11 - KİMYASAL REAKTİFLERDEN ETKİLENME : Lif, kendisini oluşturan polimerin yapısına bağlı olarak, asid, baz, yükseltgen maddeler gibi kimyasal reaktiflerden etkilenir. Bu etkilenme her lif türü için farklı olduğundan konuları içinde incelenecektir.

Tekstilde kullanılan kimyasalların en önemlisi boyarmaddelerdir. Boyarmaddeler, her lif türü için değişik yöntemler uygulanarak kullanılır.

12 - ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER : Tekstil materyali elektrik endüstrisinde izolasyon amacı ile kullanılacaksa, bu özellik önem kazanır. Ayrıca dokuma ve diğer işlemler sırasında, iplik ve kumaşın makine aksamına sürtünmesi sonucunda üzerinde birikecek statik elektrik de bir dereceye kadar etkilidir.

Statik elektrik, mekanik yüzeyler ile kumaş ve ipliklerin arasındaki sürtünmeden ileri gelebilir. Statik elektrik dokuma ve diğer mekanik işlemlerde zorluklar doğurur. Bir elyafın elektrik direnci, spesifik kütle direnci yardımıyla tanımlanabilir. Spesifik kütle direnci, 1 cm uzunlukta, 1 gram materyalin elektrik direncidir. Statik elektriğin oluşumu, büyük ölçüde nem absorblama özelliği ile ilgilidir. Nemli materyal, elektriği oluşurken ileteceğinden, elyaf üzerinde birikmeler olmayacaktır. Bu nedenle nem absorplanma yeteneği düşük liflerde statik elektriklenme daha fazla görülür.

MARMARA
ÜNİVERSİTESİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

BÖLÜM II

II. DOĞAL LİFLER

Bu bölümde, Bölüm I de yapılan sınıflama sırasına göre doğal liflerin tümü; elde edilme ve üretim yöntemleri, özellikleri, terbiye işlemleri ve kullanım alanları ele alınacaktır.

II.1. BİTKİSEL LİFLER

Bitkilerin yapıtaşının selüloz olması nedeniyle, bitkisel elyafa "selülozik elyaf" da denir. Bitkilerden elde edilen ve doğrudan tekstil hammaddesi olarak kullanılabilen lifler bu sınıfta yer alır.

Bitkisel liflerin sınıflandırılması, bitki üzerinde bulunduğu yere göre yapılır.

1 - Bitki tohumundan elde edilen; pamuk ve kapok.

2 - Bitki gövdesinden elde edilen; keten, kenevir, jüt ve rami

3 - Bitki yaprağının elde edilen; Manila keteni, Sisal kendiri, Y.Zelanda keneviri.

4 - Bitki meyvasından elde edilen; koko elyafı.

Yukarı verilen sınıflandırmaya göre her lif türü ayrı ayrı incelenecektir. Ancak bundan önce bu grubun yapı taşı olan selülozun kimyasal yapısı ve bazı özellikleri hakkında bilgi verilecektir.

MARMARA
ÜNİVERSİTESİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

BÖLÜM II

II. DOĞAL LİFLER

Bu bölümde, Bölüm I de yapılan sınıflama sırasına göre doğal liflerin tümü; elde edilme ve üretim yöntemleri, özellikleri, terbiye işlemleri ve kullanım alanları ele alınacaktır.

II.1. BİTKİSEL LİFLER

Bitkilerin yapıtaşının selüloz olması nedeniyle, bitkisel elyafa "selülozik elyaf" da denir. Bitkilerden elde edilen ve doğrudan tekstil hammaddesi olarak kullanılabilen lifler bu sınıfta yer alır.

Bitkisel liflerin sınıflandırılması, bitki üzerinde bulunduğu yere göre yapılır.

1 - Bitki tohumundan elde edilen; pamuk ve kapok.

2 - Bitki gövdesinden elde edilen; keten, kenevir, jüt ve rami

3 - Bitki yaprağının elde edilen; Manila keteni, Sisal kendiri, Y.Zelanda keneviri.

4 - Bitki meyvasından elde edilen; koko elyafı.

Yukarı verilen sınıflandırmaya göre her lif türü ayrı ayrı incelenecektir. Ancak bundan önce bu grubun yapı taşı olan selülozun kimyasal yapısı ve bazı özellikleri hakkında bilgi verilecektir.

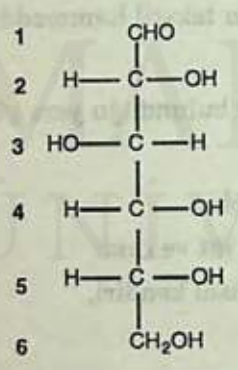
MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

II.1.1. SELÜLOZ

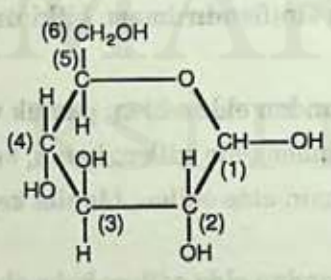
Selüloz, bütün bitki, ot ve ağaçların ana yapıtaşıdır. Doğada saf halde bulunmaz. Odunun ağırlıkça % 40' ını, ketenin % 60–85' ini, pamuk liflerinin % 85–90' ını selüloz oluşturur. Keten, kenevir, jüt gibi elyafta selüloz yanında linyin, pektin gibi diğer maddeler de bulunur.

Selülozun elementer analizinde elde edilen % 44,4 C; % 6,2 H; ve % 49,4 O değerleri ile, kaba formülü ($C_6H_{10}0_5$)$_x$ olarak bulunur. Bu formül onun bir karbonhidrat olduğunu gösterir. Karbonhidratlar, moleküllerinde, aldehid veya keton şeklinde bir karbonil grubu ile çeşitli sayılarda alkol grupları içeren bileşiklerdir. Kaba formülleri $(CH_2O)_x$ şeklindedir. Moleküllerinde altı veya daha az C atomu içerenlere *monosakkarit*, iki monosakkarit molekülünün birleşmesi ile meydana gelen bileşiklere *disakkarit*, çok sayıda monosakkaritin birbiri ile birleşmesinden oluşanlara da *polisakkarit* adı verilir. Selüloz, bir mononakkarit olan β–glikozun çok sayıda birbiri ile birleşmesi sonucu meydana gelmiş bir polisakkarittir.

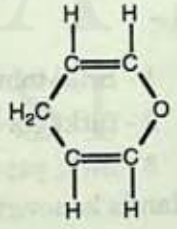
Altı karbonlu glikoz molekülünde biri primer, diğerleri sekonder olmak üzere beş alkol grubu ile bir aldehid grubu bulunur. Aldehid grubunun bağlı olduğu karbon atomu 1 rakamı ile numaralandırılır. Diğer karbon atomlarına 2,3,4 v.b. numaralar verilir.



Formül II.1.



Formül II.2

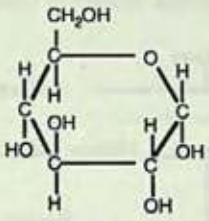


Formül II.3.

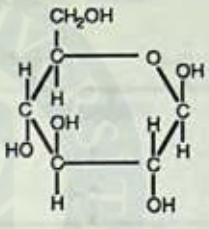
Formül II.1 de görüldüğü gibi, 1. C atomu aldehid, 2,3,4, ve 5. C atomları sekonder alkol, 6. C atomu ise primer alkol grubu taşır. Glikoz, sulu çözeltilerde, formül II.2 deki gibi halka şekline bulunur. Bunun sebebi, moleküldeki aldehid grubu ile 5. karbondaki sekonder alkol grubunun bir

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

yarıasetal vermek üzere reaksiyon vermesidir. Glikoz formülündeki halkanın, Formül II.3 de görülen piran halkasına benzerliği nedeniyle, glikozun bu şekline *piranoz* şekli denir. Bilindiği gibi, piranda, beşi karbon, biri oksijen olan heterosiklik bir yapı söz konusudur. Piranoz şeklindeki glikoz molekülünde, 1. karbon atomunda bulunan –OH, yarıasetal hidroksili; diğerleri ise alkol hidroksilidir. Halka şeklindeki bu molekül bir düzlem biçiminde düzenlenmiştir. Formülde görüldüğü gibi, –OH, –H ve $-CH_2OH$ grupları halka düzleminin üstünde ve altında yer alır.



α - Glikoz

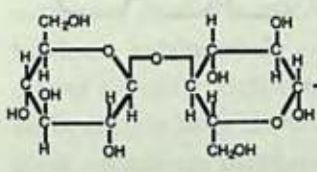


β - Glikoz

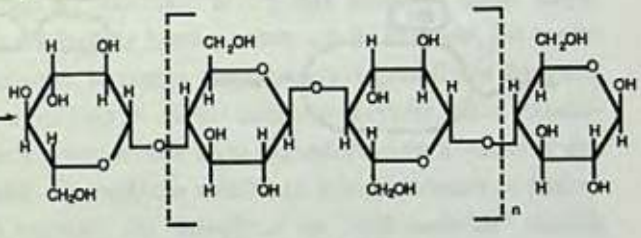
Formül II.4. α - ve β. glikozun molekül formülleri

Farklı koşullarda kristallenmiş glikozun, polarize ışığı saptırma açısı ölçüldüğünde iki farklı şekilde (optik izomer) düzenlendiği bulunmuştur. Birbirleri ile optik izomer olan bu iki yapıya alfa ve beta glikoz denir. Bunların yapıları, 1. karbon atomundaki yarısetal hidroksilinin halka düzleminin üstünde ve altında yer alması ile farklandırılır. Formül II.4.

β–glikoz molekülünde 1. karbondaki yarıasetal hidroksili ile bir başka β–glikoz molekülünün 4. karbon atomundaki sekonder alkolün kondanse olması, yani 1–4 bağlanması ile *sellobioz* adı verilen disakkarit meydana gelir. Kaba formülü $C_{12}H_{22}O_{11}$ olan sellobiozun n tanesinin birleşmesi sonucunda da *selüloz* polimeri oluşur. Formül. II. 5 ve 6.



Formül II.5



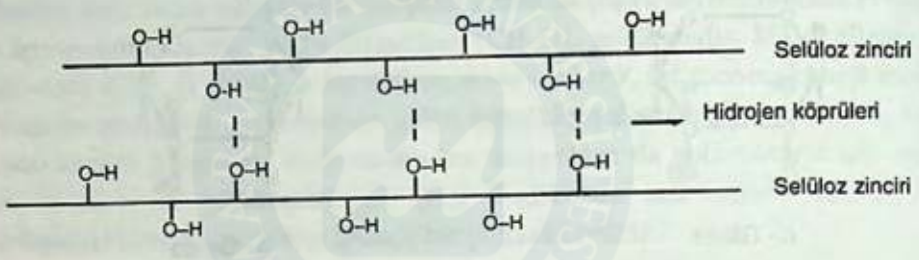
Formül II.6

Selüloz

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

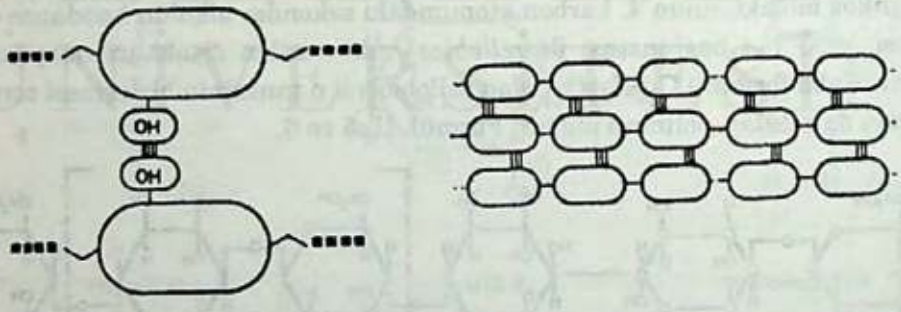
Selüloz molekülünde, reaksiyon yeteneği olan alkol grupları yanında, 1 ve 5. karbon arasındaki yarıasetal oksijeni ile 1. ve 4. karbonlarını bağlayan asetal (glikozit) bağı bulunmaktadır. Molekülün polimerleşme derecesi, selülozun elde edildiği kaynağa göre değişir. Pamuk selülozunun P. D.' si 3000–11500, keten selülozunun 25000–36000, rejenere selülozik elyafın ise 350–800 arasındadır.

Selüloz polimeri, dallanmamış uzun zincirler oluşturur. Bu zincirler üzerinde bulunan primer ve sekonder alkol grupları karşılıklı etkileşerek H–köprüleri meydana getirirler. Formül. II.7.



Formül II.7. Selüloz moleküllerini birbirine bağlayan H-köprüleri

Selüloz zincirleri birbirine paralel şekilde düzenlenmişse yukarıda görüldüğü üzere hidrojen köprüleri oluşarak sağlam bir şekilde bağlanırlar. Bu bağlanmalar sonucunda kristalin bölgeler oluşur. Doğal selülozda kristalin bölgelerin oranı % 70; rejenere selülozda % 35–40 kadardır. Şekil II.1.



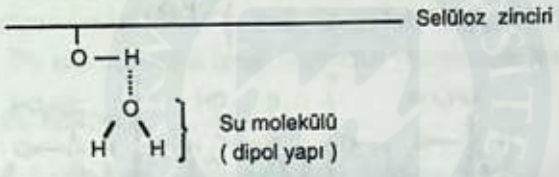
Şekil II.1. Selüloz polimerinde H-köprülerinin yapısı

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

II.1.1.1. SELÜLOZUN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

a) Selüloza Suyun Etkisi :

Su molekülü, atomlarının yerleşim biçiminden dolayı, dipol karakterdedir. Bu nedenle sudaki oksijen atomları, selülozun alkol grupları ile hidrojen köprüleri meydana getirir. Böylece su ile ıslanmış bir selülozik materyal, su moleküllerini hidrojen köprüleri yardımıyla üzerine bağlar. Polimer zincirleri arasına giren su molekülleri nedeniyle zincirlerin arası açılır, selülozda şişme görülür; fakat kimyasal bir etki söz konusu olmaz.



Formül II.8. Selülozun su molükülü ile H- köprüsü şeklinde bağlanması.

Şişme olayı, selülozdan yapılmış lif, iplik ve kumaşı da etkileyeceğinden; kumaşın boyca ve ence kısalmasına sebep olur. Suya batırılmış bir pamuk lifi enine kesit olarak % 45–50 şişer. Sıcaklık derecesindeki artma, şişme miktarında da artmaya sebep olur. Bkz. s. 42, Şekil II.7.

b) Organik Çözücülerin Etkisi :

Alkol, eter, benzen ve petrol eteri gibi bilinen organik çözücülerde selüloz çözünmez ve etkilenmez.

c) Asidlerin Etkisi :

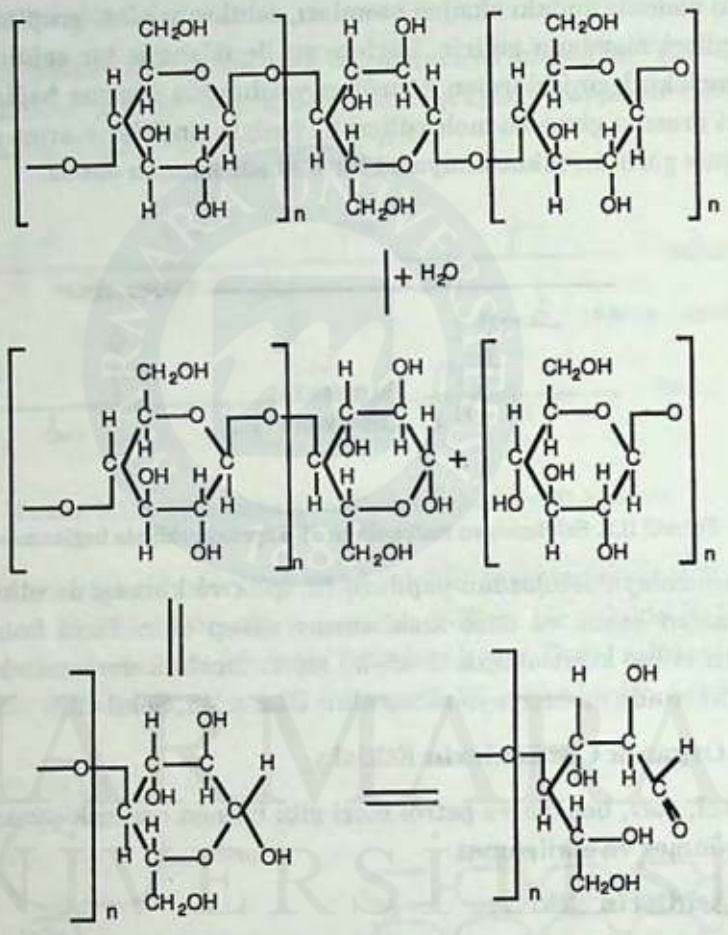
Selülozdaki glikozid bağları, özellikle anorganik asidlere karşı dayanıksızdır. Asidlerin etkisi ile bu bağlar kopar, sonra su ile birleşir. Su molekülünün katılması ile sonuçlanan ayrışma reaksiyonları genellikle *hidroliz* olarak adlandırıldığından, bu reaksiyon da bir hidroliz olayıdır. Asid çözeltisinin etkime hızı, zincirin farklı yerlerinde aynı olmadığından kopmalar değişik noktalarda meydana gelir. Bu nedenle selülozun tamamlanmayan hidroliz reaksiyonunun ürünü, karmaşık bir bileşiktir ve "*hidroselüloz*" olarak isimlendirilir. Formül II.9.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Hidroliz tamamlandığında son ürün olarak glikoz elde edilir.

$(C_6H_{10}0_5)_n + nH_20 \longrightarrow n\ C_6H_{12}0_6$

Bu reaksiyon, selülozu seyreltik asidlerle bile kaynatmakla meydana gelebilir.



Formül. II.9. Selülozun hidroliz reaksiyonu

Hidroselülozun P.D.' si , zincir kopmaları nedeniyle selülozun polimerleşme derecesinden düşüktür ve hidroliz şartlarına bağlı olarak değişir. Zincir kopmaları sırasında serbest aldehid grupları oluştuğundan, hidroselüloz indirgen özellik gösterir. Hidroselüloza dönüşmüş selülozik materyalin dayanıklılığı azalır; kırılgan ve sert bir durum alır.

Nitrik asid (HNO_3) gibi, yükseltgen etkisi olan asidlerle selüloz oksi-

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

selüloza dönüşebilir. Çok kısa süre için, soğuk nitrik aside batırılan selülozik materyalde, boyca ve ence kısalma yanında, gerilme mukavemetinde ve boyarmadde affinitesinde artma görülür. Bu reaksiyonda asidle temas süresi arttıkça oksidasyon olasılığı da artar.

Hidroliz reaksiyonunun derecesi, asidin cinsine ve sıcaklığa bağlıdır. Yüksek sıcaklıklarda reaksiyon, daha kolay olur. Sülfürik, nitrik ve hidroklorik asidler çok kuvvetli hidrolizleyicidirler; buna karşılık, formik ve asetik asid gibi organik asidlerin reaksiyon yetenekleri düşüktür.

d) Tuzların Etkisi :

Selüloz nötral tuz çözeltileri ile şişme gösterir. $AlCl_3$ gibi, asidik tuzların çözeltilerinde, kolayca hidroliz olur. Derişik amonyak ve bakır oksidle yapılmış olan tetraammin bakır hidroksid [$Cu(NH_3)_4$] $(OH)_2$ çözeltisinde, selüloz çözünür. Bu çözelti bakır ipeği (rayonu) yapımında kullanılır.

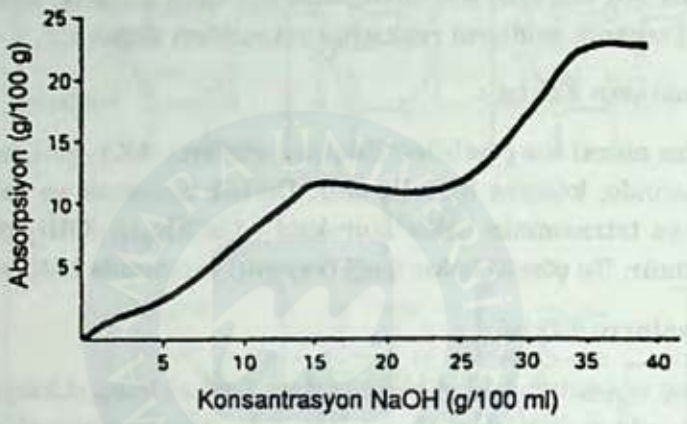
e) Bazların Etkisi :

Selüloz molekülündeki glikozid bağları, bazlara karşı oldukça dayanıklıdır. Na_2CO_3 gibi zayıf bazlar, havasız ortamda, düşük ve yüksek sıcaklıklarda selüloza etki etmez. Fakat reaksiyon ortamında hava veya oksijenin bulunması ile oksiselüloz oluşumu olasılığı doğar. Selüloz, bazik çözeltilerle özellikle sıcakta hava oksijeninden etkilenerek oksiselüloza yükseltgenir.

Oda sıcaklığında, seyreltik NaOH çözeltileri de selüloza etki etmez. Kaynar temperatürde, % 1 veya 2 lik NaOH ile havasız ortamda etkilenmez; hava veya oksijen varsa, çok az miktarda selüloz bozunarak çözeltiye geçer. Baz konsantrasyonu arttıkça, selülozun çözünürlüğü de artar.

% 10' un üzerindeki sodyum hidroksid çözeltilerinde farklı bir etki gözlenir. Oda sıcaklığında elyaf şişer, elastikleşir ve boyca kısalır. Kısalma önlenirse, materyal yıkandıktan sonra parlaklık kazanır. Bu işlemde meydana gelen ürüne "*alkali selüloz*" adı verilir. Şimdiye kadar yapılan araştırmalarda, alkali selülozun bileşimi tam olarak açıklanamamıştır. Ancak yapılan denemelerden bazı sonuçlar çıkarılmıştır. Reaksiyonlarda NaOH' in, selüloza ya bir katılma bileşiği şeklinde, veya alkolat şeklinde bağlandığı kabul edilmektedir. Selüloza bağlanan NaOH miktarları eşdeğer olarak tayin edilirse, % 16 ya kadar konsantrasyonlardaki NaOH çözeltilerine batırılan materyalin absorpladığı alkali miktarı, konsantrasyon arttıkça artar. % 16–24 arasındaki konsantrasyonlarda selülozun bağladığı alkali miktarı % 12,5 gibi sabit bir değerde kalır. Bu değer, selülozdaki iki glikoz birimi

başına bir NaOH bağlandığını gösterir ki, bunun formülü $(C_6H_{10}O_5)_2$ NaOH dır. % 24 ün üzerindeki NaOH konsantrasyonlarında ise, absorplanan alkali miktarı giderek artar ve 22,5 g/100 g selüloz değerine eriştiğinde sabit kalır. Bu değer de selülozdaki her glikoz biriminin bir mol alkali bağladığını kanıtlamaktadır ve formülü de $(C_6H_{10}O_5)$. NaOH dir. Şekil II.2.



Şekil II.2. Sodyum hidroksit konsantrasyonuna bağlı olarak selülozun NaOH absorpsiyonu

Düşük temperatürlerde, bazik çözeltiler içinde uzun süre bırakılan selülozun büyük bir kısmı bozunarak çözünür. Sıcaklık arttıkça çözünme oranı da artar.

Soğukta derişik sodyum hidroksit çözeltilerinde kısa sürede meydana gelen özel etkilerden, selülozik elyafın terbiyesinde, "*merserizasyon*" işleminde yararlanılmaktadır. Böylece selülozik materyal daha hidrofil ve absorban olur.

f) Yükseltgen Maddelerin Etkisi :

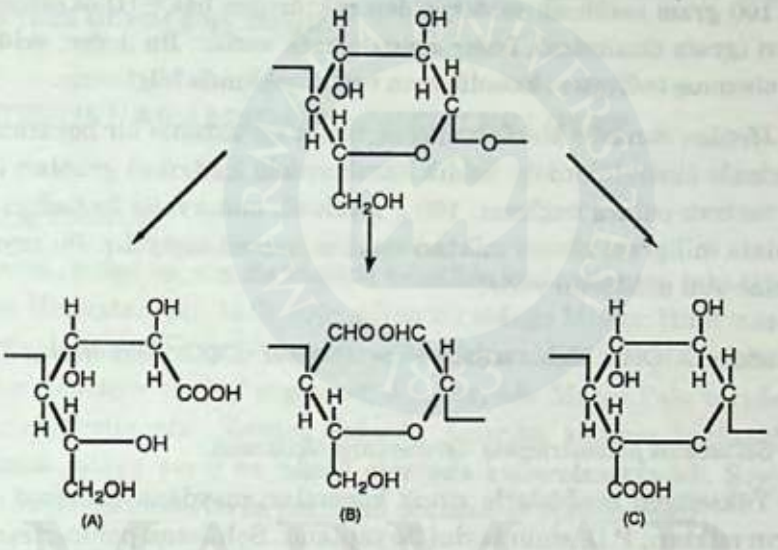
Yükseltgen maddeler, selülozu kolayca *oksiselüloz*' a dönüştürür. Terbiye işlemlerinde kireç kaymağı, sodyum hipoklorit, sodyum klorit, sodyum ve potasyum kloratlar ve kromat gibi yükseltgen maddeler kullanılmaktadır. Bu reaktifler az veya çok, selülozun fonksiyonel gruplarına veya glikozid bağlarına etki ederek, zincir kopmalarına neden olur. Selülozdaki hidroksil gruplarının etkilenmesi; primer alkol grubunun aldehid ve karboksilik aside; sekonder alkol grubunun ise ketona ve bağ kopması sonucu aldehide dönüşmesi şeklinde meydana gelir. Glikoz biriminin altıncı karbon atomun-

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

daki primer alkol grubu, aldehid veya karboksil grubuna kadar yükseltgenir. Formül II.10 (C).

İkinci ve üçüncü karbon atomlarındaki sekonder alkol grupları da önce keto grubuna, daha sonra bağ açılması ile aldehid grubuna dönüşür. Formül II.10 (B)

Yükseltgenme, glikozid bağlarında da meydana gelebilir. Bu takdirde zincir kopmaları ile birlikte, uçlarda aldehid grupları da oluşur. Selülozun polimerleşme derecesi düşer. Formül II.10 (A).



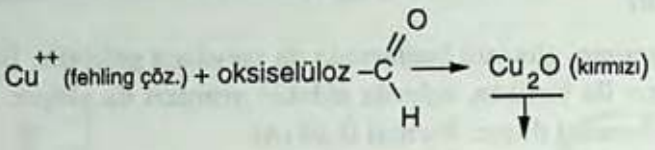
Formül II.10. Selüloz zincirinde yükseltgenme

Yukarıdaki formüllerde görüldüğü üzere, son ürünlerde selüloz zincirinde aldehid (B), ve karboksil (A, C) grupları meydana gelir. Aldehid grupları indirgen özellik; karboksil grupları ise asidik özellik gösterdiğinden, meydana gelen oksiselüloz, "*asidik oksiselüloz*" ve "*indirgen oksiselüloz*" olmak üzere farklandırılır. Yapısında karboksil grupları bulunan oksiselüloza asidik, aldehid grupları bulunana ise indirgen oksiselüloz denir.

Yükseltgenen selülozun ne kadarının oksiselüloza dönüştüğü ve meydana gelen indirgen ve asidik oksiselülozun miktarları, *bakır* sayısı ve *metilen mavisi sayısı* ile belirlenir.Polimerleşme derecesindeki düşme ise, akışkanlık ölçümü ile tayin edilir.

Bakır sayısı : Zincirde yükseltgenme nedeniyle aldehid grupları oluş-

muşsa; selülozun *Fehling çözeltisi* ile kaynatılması sonucunda, selülozik materyal üzerinde indirgen oksiselüloza eşdeğer miktarda bakır (I) oksit bileşiği çöker. Bu çökelti, selülozik materyal üzerinde kırmızı renkte görülür.



100 gram selülozik materyalden çöktürülen bakır (I) oksiddeki bakır miktarı (gram cinsinden), *bakır sayısı* olarak verilir. Bu değer, selüloz üzerinde oluşmuş indirgen oksiselülozun oranı hakkında bilgi verir.

Metilen mavisi : Metilen mavisi, bazik karakterde bir boyarmaddedir. Bu nedenle oksiselülozdaki asidik karakterdeki karboksil grupları ile reaksiyon vererek onlara bağlanır. 100 g selülozik materyalin bağladığı metilen mavisinin miligram olarak miktarı metilen mavisi sayısıdır. Bu sayı, asidik oksiselülozun miktarını verir.



Selülozun polimerleşme derecesinin ölçülmesi :

Yükseltgen maddelerle zincir kopmaları meydana gelmişse, bu kopmaların miktarı, P.D. sinin tayini ile saptanır. Selülozun polimerleşme derecesi, diğer polimer maddelerde olduğu gibi, çözeltilerinin akışkanlığını ölçmekle tayin edilir. Akışkanlık ölçümü viskozimetre yardımıyla yapılır. Polimer maddelerin seyreltik çözeltilerinde alışkanlık, makromolekülün molekül ağırlığı ve buna bağlı olarak P.D. si ile orantılı olarak değişir. Molekül ağırlığındaki bu değişme, viskozite ile doğru; akışkanlık ile ters orantılıdır. Viskoziteyi ölçebilmek için selüloz, cuoxam (tetrammin bakır hidroksit), cuen (bis–etilendiamin bakır hidroksit) veya cadoxen (tetrammin kadmiyum hidroksit) de çözündürülür. Hazırlanan bu çözeltinin viskozitesi ölçülerek polimerleşme derecesi tayin edilir.

Denemede kullanılacak tetrammin bakır hidroksit çözeltisi, 1 litrede, 240 g amonyak ve 15 g bakır içerecek şekilde hazırlanmalıdır. Bu standart çözeltinin 100 mL sinde 0,5 g selüloz çözündürülür ve uygun bir viskozimetre ile viskozitesi veya akışkanlığı ölçülür. Elde edilen değerler, selüloz molekü-

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

lündeki bozunma derecesini gösterir. Test çözeltisindeki selüloz doğal selüloz ise akışkanlık değeri 3 ile 5 arasında bulunur. Bundan daha yüksek değerler selülozda P.D. sinin düştüğünü, yani zincirde kopmalar olduğunu gösterir.

g) Işığın ve Atmosferin Etkisi :

Işığın etkisi altında, selüloz fotokimyasal bir reaksiyonla, havanın oksijeni ile yükseltgenerek oksiselüloz oluşturur. Bunun sonucunda dayanıklılığında azalma gözlenir. Selülozun fotooksidasyonu, ışığın dalga boyuna (UV ışınları, görünür ışınlardan daha aktiftir.), ortamın nemine ve sıcaklığına, materyalin cinsine göre değişir.

BİTKİ TOHUMLARINDAN ELDE EDİLEN LİFLER

II.1.2. PAMUK

Pamuk, keten ve yün ile birlikte tekstilde kullanılan en eski elyaftır. Anavatanı Hindistan' dır. M.Ö. 3000 yılına ait olduğu bilinen Hind mezarlarında pamuklu materyal örneklerine rastlanmıştır. M.S. 800 yıllarında Hindistan' dan Japonya ve Çin' e geçmiş; 13. yüzyılda Marco Polo tarafından Avrupa' ya getirilmiştir. Kristof Kolomb, Amerika kıtasını keşfettiğinde orada pamuk bitkisi vardı ve tekstil alanında kullanılmakta idi. Şöyle ki, Peru' nun keşfinde mezarlarda pamuklu dokumalar bulunmuştur.

Pamuk bitkisi, Antartika dışında dünyanın her yerinde yetişir. Ancak bitki daha çok nemli ve sıcak iklimi sever. Dünyada en fazla pamuk üreten 10 ülke arasında Türkiye de vardır. Bunlar, A.B.D. , B.D.T. (Özbekistan ve Kazakistan), Çin, Hindistan, Meksika, Pakistan, Brezilya, Türkiye, Mısır ve Sudan' dır. Türkiye' deki üretim Ege, Çukurova, Antalya ve GAP olmak üzere başlıca dört bölgede yapılmaktadır. Ayrıca, az miktarda Trakya, Iğdır Ovası ve Orta Anadolu'da da yetiştirilmektedir. Üretilen pamuk türleri : Coker, Deltapine, Carolina Queen ve yerli maydos pamuklarıdır.

II.1.2.1. PAMUK ÜRETİMİ

Pamuk bir yıllık bir bitkidir. İlkbaharda ekilen tohumdan, üretim şartlarına göre boyu en fazla 1 metreye varan bir bitki elde edilir. 80 – 100 gün

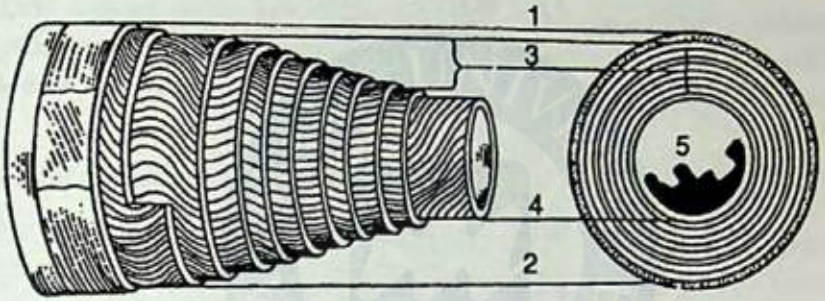
sonra en yüksek boyuna eriştiğinde açık pembeden kırmızıya giden renklerde çiçek açar. Bu çiçekler kuruyup döküldüğünde küçük koyu yeşil piramid şeklinde ve ceviz büyüklüğünde bir tohum zarfı oluşur. Bunun içinde 4–20 kadar tohum bulunur. Koza adı verilen bu tohum zarfının, olgunluğa erişme süresi içinde, tohumlar üzerinde uzun ve ince lifler oluşur. 10 gün sonra da bu tohumlar üzerindeki uzun liflerin yanında, kısa tüyler meydana gelir. Bunlara "*pamuk linteri*" adı verilir. Çiçekten sonra kozanın olgunlaşması 45–50 gün sürer. Olgunlaşma sırasında lif, çekirdeğe bağlı ince bir kabuk veya boş bir tüp gibidir. *Primer duvar* denilen bu kısım doğal yağ ve vakslardan yapılmıştır. Olgunlaşma sırasında bu dış duvar içine selülozdan duvarlar örülür. Yaklaşık 20 gün yirmi tabaka halinde örülen bu duvara *sekonder duvar* adı verilir. Koza olgunluğa eriştikten sonra çatlar ve pamuk tohumları bir lif kütlesi ile kaplı bir halde açığa çıkar. Çiğit de denilen her bir pamuk tohumu üzerinde 10.000 – 20.000 kadar lif vardır. Kozanın açılmasından önce renksiz denecek kadar parlak olan lifler, havaya çıktığı andan itibaren su kaybeder; hücre sıvısı buharlaşır. Rengi donuklaşır ve enine kesiti dairesel halden bir tarafı göçmüş bir hale geçer.

Pamuk liflerinin hasadı Ağustos ve Ekim ayları arasında yapılır. Olgunlaşan pamuklar zaman zaman toplanır. Tarlalardan elle veya makinelerle toplanan pamuklara, kütlü pamuk denir. Toplanan pamuklar, koza kabukları ve tohumlarından ayırmak üzere çırçır makinelerine yollanır. Çırçırlanmış pamuklar balyalar haline getirilerek iplik fabrikalarına yollanır. Geriye kalan tohumların üzerindeki linterler ayrılarak, yapay ipek yapımında kullanılır. Pamuk tohumları yağ bakımından çok zengindir. Pamuk yağı üretilerek yağı alınmış tohumlar, hayvan yemi olarak tüketilir.

II.1.2.2. PAMUK LİFİNİN FİZİKSEL YAPISI

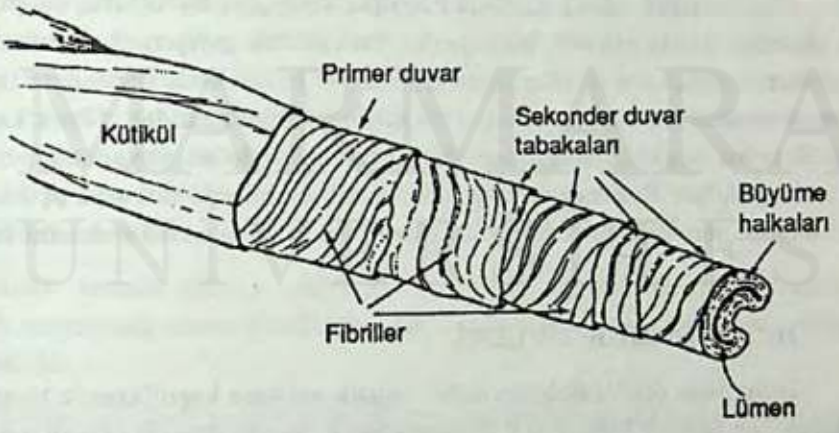
Pamuk lifi içi protoplazma sıvısı ile dolu ince duvarlı bir bitki hücresidir. Hücrenin üstü kapalı, tohumdan koparılan kısmı ise açıktır. Hücrenin en dışında *kütikül* olarak adlandırılan yağ ve vakslardan oluşmuş bir ince tabaka vardır. Bunun hemen altında, kalınlığı 200 nm (1nm = 10^{-9} m) kadar olan ve selülozdan yapılmış fibrillerden oluşan *primer hücre duvarı* bulunur. Bu duvarın fibrilleri eksene 70° açı yapacak şekilde sarmal olarak düzenlenmiştir. Daha sonra, merkeze doğru lifin bütün kütlesini oluşturan ve yine selülozdan yapılmış *sekonder hücre duvarı* yer alır. Sekonder hücre duvarı, lifin olgunlaşması sırasında, her gün bir tabaka olmak üzere selüloz ile

örülür. Bu günlük büyüme halkaları lifin enine kesitinin mikroskop altında incelenmesi sırasında kolayca görülür. Bu duvar üç bölgeden yapılmıştır. En dıştaki tabakada fibriller, eksene 20 – 30° lik açı ile sarmal yapı gösterirler. İkinci bölgedeki fibriller ise yine aynı açılarla, fakat diğer bölgenin ters yönünde yerleşiktir. Sekonder duvarın üçüncü bölgesi de *lümen* denilen ve içi protoplazma sıvısı ile dolu olan kanalı çevreler. Bu sıvı içinde proteinler, şekerler ve mineraller bulunur. Şekil II.3 ve 4.



1– Primer duvar 2,3,4– Sekonder duvar 5– Lümen

Şekil II.3. Pamuk lifinin su kaybı olmadan önce enine kesiti



Şekil II.4. Pamuk lifinde bulunan primer ve sekonder tabakalar

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Bitki olgunlaşıp, kozalar açıldığında protoplazma sıvısı kurur. Bu kuruma sırasında hücrenin enine kesiti, dairesel halden bir tarafı göçmüş bir duruma geçer. Lifin yapısına mikroskop altında bakıldığında uçlara doğru daralan, bükülmüş bir şerit gibidir. Enine kesiti incelendiğinde bu durum oldukça iyi bir şekilde gözlenir. (Şekil. II.4 ve 5). Lifin yapısındaki bu büklümler, eğirme kalitesini arttıran önemli bir özelliğidir.



Şekil II.5. Pamuk liflerinin enine kesitinin mikroskop altında görünümleri

Üretim sırasındaki olumsuz koşullar, sekonder duvarların oluşumunu da olumsuz yönde etkiler; bu çeperler tam olarak gelişemez. İç tabakaları tam olarak gelişmemiş lifler, ince duvarlı ve büklümsüz görünüştedir. *Ölü pamuk* denilen bu tür lifler, zayıf ve kırılgan olduklarından düşük kalitelidir. Kolayca boyanamadığından materyal üzerinde az boyanmış benekler halinde görülür. Boyama ve diğer kimyasal işlemlerde duvarların kalınlığı ve lümenin genişliği çok önemlidir; çözeltinin lif içine nüfuz etmesini sağlar.

II.1.2.3. PAMUK TİPLERİ

Dünyanın çeşitli bölgelerinde, değişik yetişme koşullarında ticari olarak pek çok pamuk bitkisi yetiştirilmektedir. Bunun sonucu olarak çok sayıda ve farklı derece ve kalitede pamuk üretilmektedir. Pamuk liflerinin farklandırılması, büyük uzmanlık ve maharet isteyen zor bir iştir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Genellikle kalite, lif boyu ile doğrudan ilgilidir. Ticari olarak pamuk lifleri lif boyuna göre üç sınıfa ayrılır :

1 – Lif uzunluğu 2,5 – 6,5 cm olanlar :

Bu sınıftaki pamuklar, ince ve parlak liflerden oluşmuştur ve en üst kalitededir. Bu liflerin çapı 10–15 μm ve inceliği 0,99–1,62 denierdir. Sea Island, Mısır, Amerikan–Mısır pamukları bu sınıftandır.

2– Lif uzunluğu 1,5–3 cm olanlar :

Orta mukavemette, orta parlaklıktadır ve dünyada üretilen pamukların büyük kısmı bu kalitededir. Genellikle 12–17 μm çapında olup, incelikleri 1,26–1,98 denierdir. Amerikan Upland ve bazı Peru pamukları bu sınıftandır.

3– Lif uzunlukları 1–2,5 cm olanlar :

Bu sınıf lifler, kaba ve düşük değerlidir. Dayanıklılıkları az ve donuktur. Lifler, 13–22 μm çapında ve 1,35–2,61 denier inceliğindedir. Asya' da ve Hindistan' da üretilen pamukların çoğu bu sınıfa girer.

II.1.2.4. PAMUĞUN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Pamuk lifleri kremimsi beyaz renktedir. Bu renk iklim ve yetişme şartları yanında bitkinin türüne göre de değişir. Pamuk lifinin boyu 1 cm' den 7,5 cm' e kadar değişir. Çapı ise 6–25 μm dir. ($\mu m = 10^{-6}$ m). Hacimsel yoğunluğu 1,50–1,55 arasındadır. Pamuk havadan kolaylıkla nem adsorplar. Standart şartlarda, (20°C sıcaklık ve % 65 relatif nemde) % 8,5 nem adsorplamasına rağmen, elle tutulduğunda kuru hissedilebilir. Ticarette izin verilen maksimum nem miktarı % 8,5 dir. % 100 relatif nemde, pamuklu materyal % 25–27 su adsorblar.

Lifin uzama miktarı ortalama % 7–8 dir. Elastik özellikleri yoktur. % 2 lik uzamadan sonra elastik geri dönme % 74; % 5 lik uzamadan sonra ise % 45 dir.

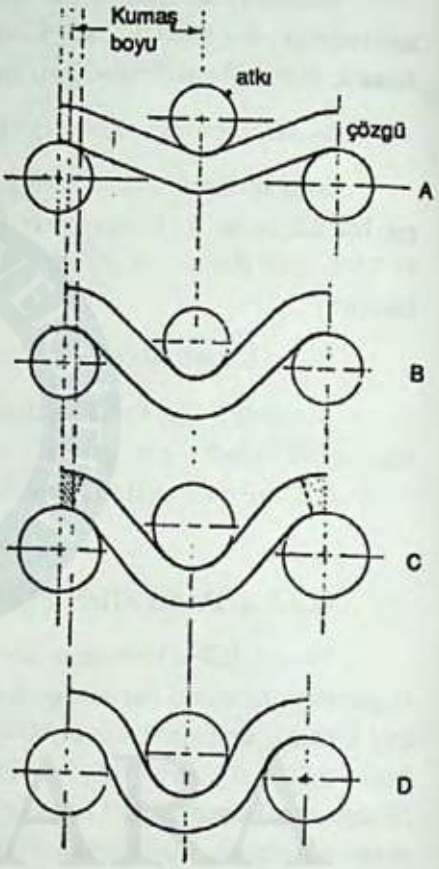
Bütün selülozik materyalde görülen ıslandığında boyca ve ence kısalma, pamuklu materyalde de gözlenir. Kısalma, elyafta meydana gelen şişmeden dolayıdır. Bu şişme Şekil II.7 de görüldüğü üzere kısalmaya neden olur. Atkı ve çözgü ipliklerinde meydana gelen şişme olayı, karşılıklı olarak

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

ipliklerin aşağı ve yukarıya doğru itilmesine ve böylece materyalin boyutlarının küçülmesine yol açar.



Şekil II.6. Koza içinde ve dışında pamuk liflerinin enine kesit görünümü



Şekil II.7. Pamuklu kumaşta ıslanma ve şişme sonunda kısalma

Bütün selülozik elyafta olduğu gibi, pamukta da ıslandığında dayanıklılıkta artma görülür. Dayanıklılık artması % 30 civarındadır. Ancak bu değer, pamuğun herhangi bir işlemle bozunmadığı durumlar için geçerlidir. Aksi halde, dayanıklılık kuru haldekinden daha az olur. Pamuk ıslatıldığında ağırlığının % 70 i kadar su çeker.

II.1.2.5. PAMUK LİFİNİN KİMYASAL YAPISI

Pamuk lifinin kimyasal yapısı, bitkinin yetişme koşullarına göre kısmen değişiklikler gösterir. Ham pamuğun kimyasal bileşiminde, selüloz yanında yağ ve vakslar, hemiselüloz, pektin ve protein gibi maddeler bulunur. Bu maddelerin pamuk lifi içindeki oranları Tablo II.1 de verilmiştir.

Tablo II.1. Pamuğun kimyasal bileşimi

Selüloz	% 88–96
Hemiselüloz ve pektin	% 4–6
Protein ve renkli mad.	% 1,5–5
Anorganik maddeler	% 1,0–1,2
Vaks ve yağlar	% 0,5–0,6

Pamuklu materyale yapılacak ön terbiye işlemleri ile selüloz yüzdesi 99'a kadar ulaşır. Selülozun yapısı hakkında daha önce bilgi verilmişti. Elyaf yapısında az miktarda da olsa diğer yabancı maddeler, onun bazı özelliklerini etkiler.

Hemiselüloz : Bitkilerin hücre duvarlarında selülozla birlikte bulunan bir cins polisakkarittir.

Protein : Protein ve diğer azotlu bileşikler, genellikle lümen sıvısı olan protoplazmada bulunur. Bu maddelerin pamuklu materyalden uzaklaştırılması, sodyum hidroksit ile pişirme sırasında gerçekleşir.

Pektin : Pektinler bitkilerin yapısında geniş ölçüde bulunan çok karmaşık yapıda karbonhidrat bileşikleridir. Ana bileşeni, kalsiyum–magnezyum pektatdır. Bu tuzu oluşturan pektik asid, karboksil grupları esterleşmiş poligalakturonik asiddir.

Doğal pektinlerde, pektik asid yüksek karbonhidratlarla birlikte bulunur. Yapıları tam olarak açıklanmamıştır. Pamuktan pektinin uzaklaştırıl-

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

ması, amonyum oksalat veya amonyum sitrat ile ekstrakte ederek gerçekleştirilir. Sıcakta bazik çözeltilerle kaynatmakla da (pişirme işlemi) uzaklaştırılabilir.

Anorganik maddeler : Pamuk lifinin yanması sonucu arta kalan kül, lifin yapısındaki anorganik maddelerdir. Pamuk külünde, silisyum dioksid, K, Na, Mg ve Mn karbonatlar, klorürler, sülfatlar, ve fosfatlar ile demir ve alüminyum oksitleri bulunur. Bunların bileşimi toprak ve yetişme koşullarına göre değişir. Potasyum ve sodyum tuzları, külün % 95 ini oluşturur. Bu bileşim üretim ve iklim koşullarına göre az veya çok değişir.

Yağ ve vakslar : Bitkisel liflerdeki yağ ve vakslar, organik çözücülerle ekstrakte edilerek uzaklaştırılabilen bileşikler olarak tanımlanır. Pamuktaki yağ ve vaks miktarının % 44' ünü gossipil alkol C_{30} H_{61} OH oluşturur. Bunun dışında az miktarlarda, montanil alkol bulunur. Bu alkoller yanında serbest halde palmitik, stearik ve oleik asidlerle; bu asid ve alkollerin esterleri (vaks) vardır. Pamuktaki vakslar, kütikül tabakada bulunur.

II.1.2.6. PAMUK LİFİNİN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Pamuk lifi % 100 e yakın oranda selüloz içerdiğinden, selülozun tüm kimyasal özelliklerini gösterir. Derişik ve kuvvetli asidlerle sıcakta ve soğukta bozunur. Derişik sülfürik asidde bozunarak tamamen çözünür. Seyreltik asidlerle, sıcakta hidroselüloz vermek üzere bozunur ve çürür. Seyreltik bazlar pamuğa çok az etki eder. Fakat derişik bazlarla özel etkiler görülür (merserizasyon). Uzun süre havada kalan pamuklu materyal fazla etkilenmez. Nontermoplastik yapıdaki pamuk 150°C nin üstündeki sıcaklıklarda bozunmaya başlar; 170°C de kısa zamanda kavrulur. Yakıldığında, siyah, parmak arasında ezilebilen bir kül bırakır ve yanık kağıt kokusu duyulur. Yükseltgen ağartıcılarla uzun süre temas halinde kalırsa oksiselüloz oluşumu ile bozunur.

Güneş ışığındaki UV ışınları, hava oksijeni, nem ve kirli hava koşulları altında kalan pamukta polimer bozunur. Doğrudan güneş ışığı, özellikle sıcak ve çok nemli havada pamuklu materyale etkiyerek dayanıklılığını azaltır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

II.1.2.7. PAMUKTA TERBİYE İŞLEMLERİ

Pamuk lifleri, çırçır makinelerinde çekirdeklerinden ayrıldıktan sonra balyalar halinde iplik fabrikalarına gönderilir. Burada iplik haline getirildikten sonra, dokuma veya örme işlemlerine yollanır. Her pamuklu kumaş, dokuma veya örme işleminden sonra tüketiciye sunulmadan önce, terbiye işlemlerinden geçer. Bu işlemlerle kumaşın kusurları düzeltilir, kullanışlı hale getirilir, boyama veya baskı şeklinde renklendirme yapılır ve aprelenir. Pamuklu kumaşlarda terbiye işlemleri şu sırayı izler : 1– Yakma (alazlama), 2– Haşıl sökme, 3– Pişirme ve ağartma (kasar), 4– Merserizasyon, 5– Boyama veya baskı, 6– Apre (Bitim işlemleri).

1– Yakma : Dokuma tezgahından çıkmış pamuklu kumaşların yüzeyinde, ipliklerdeki liflerin serbest uçlarından dolayı ince bir hav vardır. Özellikle baskı yapılacak kumaşlarda düzgün bir yüzey istendiğinden; bu havın mutlaka giderilmesi gerekir. Bunun için kumaş yüzeyi yakma makinelerinde hafifçe yakılarak, tüyler giderilir. Kumaşın makineden geçiş hızı, kumaşın yanmasını önleyecek şekilde olmalıdır. Yakma için *gazlı* ve *plate* olmak üzere iki tip makine vardır. Yakma makinesinden çıkan kumaşlar hemen su dolu teknelere yollanarak daha sonra meydana gelebilecek yanmalar önlenir.

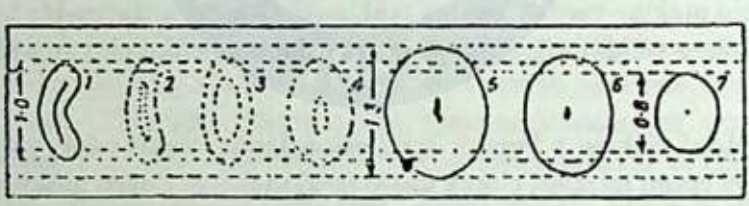
2– Haşıl Sökme : Pamuk iplikleri dokuma makinesine verilmeden önce atkı ve çözgü iplikleri olmak üzere farklandırılır. Çözgü iplikleri, dokuma makinesinin etkilerinden korumak ve kopmaları önlemek üzere nişasta ve diğer yumuşatıcı ve yapıştırıcı yardımcı maddelerle haşıllanır. Dokuma sonrasında bu haşıl maddesinin giderilmesi gereklidir. Haşıl sökme işlemi, asidler, su ile bekletme, yükseltgen maddeler ve enzimlerle yapılır. Günümüzde en çok kullanılan yöntem ucuz ve tehlikesiz olan enzimle haşıl sökme yöntemidir.

3– Pişirme ve Ağartma (KASAR) : Ham pamuk üzerinde % 0,5 oranında bulunan yağ ve vakslar, pamuğun hidrofilliğini (suya karşı ilgisi) azalttığından diğer terbiye işlemlerinde abraşlara (kumaş yüzeyinde tekdüze olmayan etkilenme) sebep olur. Bu nedenle vaksların giderilmesi gerekir. Bu uzaklaştırma pişirme işlemi ile yapılır. Pişirme işleminin prensibi, bazik çözeltilerle pamuklu materyalin açık veya kapalı kaplarda kaynatılmasıdır. Kaynatma sırasında yağların bileşimindeki yağ asidleri, bazlarla sabun yapısında bileşikler meydana getirir. Bu bileşikler de, vaksların emülsiyon ha-

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

linde çözeltiye geçmesini sağlarlar. Bu şekilde yağ ve vakslar su ile yıkanarak elyaf üzerinden uzaklaştırılır. Ağartma işlemi, pişirme sonrasında yükseltgen maddelerle yapılır. Bu işlemde pamuğa renk veren maddeler, yükseltgenlerin etkisi ile bozunur ve renksizleşir. Böylece materyale renk veren maddeler yıkamakla uzaklaştırılarak beyazlık arttırılır. Ağartıcı olarak sodyum hipoklorit NaClO, sodyumperborat $NaBO_2$ H_2O_2. $3H_2O$, hidrojen peroksit H_2O_2 ve sodyum klorit $NaClO_2$ kullanılır.

4– Merserizasyon : Pamuklu materyalin soğuk derişik sodyum hidroksit çözeltisi ile kısa sürede muamele edilmesi işlemidir. Bu işlemle pamuklu materyalin absorban özelllikleri artar.Nem ve boyayı daha kolay çeker. İşlem, materyalin boyca kısalması önlenerek yani gerilerek yapılırsa, materyal parlaklak kazanır. % 21–23 lük NaOH çözeltisi ile 15°C de 30 – 60 saniye muamele edilen pamuk liflerindeki değişimler, mikroskop altında incelenecek olursa Şekil. II.8 deki safhalar gözlenir. Merserize pamuk lifleri, normal liflerden enine kesitlerinin daireselliği ve lifteki bükümlerin azlığı ile farklandırılabilir.



Şekil.II.8. Merserizasyon sırasında pamuk lifinin enine kesit biçiminde meydana gelen değişiklikler

5– Boyama ve Baskı : Pamuklu materyalin renklendirilmesi işlemi ya düz boyama veya baskı ile desen uygulaması şeklinde yapılır. Bunun için direkt, reaktif, azoik (naftol), küp ve çözünür küp, kükürt ve çözünür kükürt boyarmaddeleri, baskıda da pigmentler kullanılır.

II.1.3. KAPOK

Bitki tohumundan elde edilen bir başka lif cinsi de kapoktur. Kapok ağacı, tropik iklimlerde (Hindistan, Java, Sumatra ve Afrika) yetişir. Ağacın kapsül şeklindeki meyvası içinde tohumu ile birlikte bulunan lifler,

elle veya makinelerle kapsüllerden ayrılır. Tohumlar liflerden pamuğa nazaran çok daha kolay ayrılır. Sarı renkli, yumuşak elastik ve dayanıksız bir elyaftır. Lifler tek hücrelidir. Lif uzunluğu 1–3,5 cm dir. Yapısında % 63 selüloz, % 13 linyin bulunur. Hacimsel yoğunluk bakımından pamuğun altıda biri kadar ağırlıktadır. Hafif olduğundan, dolgu maddesi olarak kullanılır; yatak ve yastık yapılır. Lifin yapısındaki gözenekler yüzünden iyi bir hava ve ısı izolasyonu sağlanır. Ayrıca bilinen en iyi ses tutucudur. Hafifliği ve ses izolatörü olması nedeniyle uçaklarda bu özelliklerinden yararlanılmaktadır. Suda uzun süre ıslanmaz ve hafif olduğundan yüzer. Islandığında çabuk kurur. Islanmaması, elyafın yüzeyinin vaks ile kaplı olmasındandır. Nem ve su çekme özelliği olmadığından, can yeleklerinde ve can simidlerinde kullanılır. 1 kg kapok, 35 kg lık bir ağırlığı su üzerinde rahatça tutar.

BİTKİ GÖVDESİNDEN ELDE EDİLEN LİFLER

Bitki gövdesinden elde edilen liflere "*bast elyafı*" da denir. Bu lifler, bir tek hücreden değil, birçok hücreden oluşmuş bir lif demeti şeklindedir. Bu yüzden bu sınıfa, "çok hücreli elyaf" adı da verilir. Keten, kenevir, jüt ve rami gibi lifler bu sınıftan olup, bunlardan dünyada en fazla üretileni jüttür.

II.1.4. KETEN

Keten bitkisi, başlıca, tohumu ve lifi için yetiştirilir. % 40–45 yağ içeren tohumundan, kuruyan yağ türünde yağ elde edilir. Bezir yağı olarak bilinen bu yağ, boyacılıkta kullanılır. Yağı alınan tohumlardan geriye kalan küspe, hayvan yemi olarak değerlendirilir.

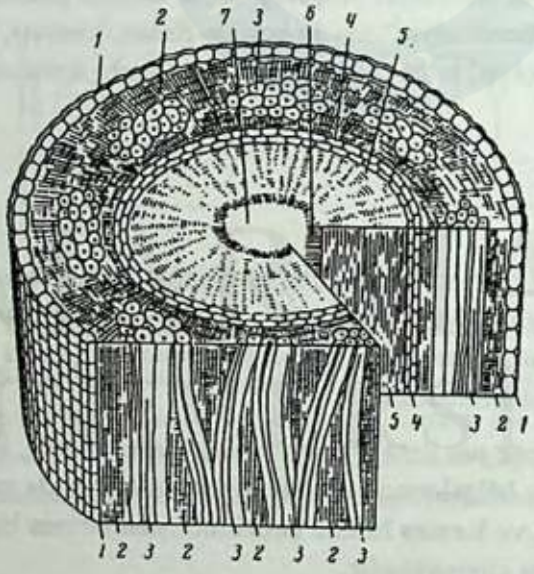
Tarih öncesi devirlerine ait ketenden yapılmış materyallere, İsviçre' nin göl kıyılarındaki yerleşim bölgelerinde ve Eski Mısır mezarlarında rastlanmıştır. Bu da ketenin, iplik ve kumaş haline getirilme işlemlerinin binlerce yıl önceden geliştiğini ortaya koymaktadır.

Dünya üretiminde, % 70 ile Rusya başta gelir. Bu ülkeyi % 20 ile Polonya izler. Daha sonra, Fransa, Belçika, Kuzey İrlanda ve Romanya gelir. Fransız keteni parlaklığı, İrlanda keteni ise beyazlığı ile ünlüdür.

Sonbaharda ve ilkbaharda ekilebilen keten, bir yıllık bir bitkidir. Nemli havayı sever. Lifinden ve yağından yararlanılacak keten bitkileri birbirinden farklıdır. Lif keteni uzun ve ince; yağ keteni ise kalın ve kısadır. Temmuz ve ağustos aylarında bitki yeşilliğini kaybedip, yapraklarını dökünce hasatı yapılmalıdır. Boyu en az 60 cm olan bitkiden tekstilde kullanılabilecek lifler elde edilebilir.

Keten lifi, bitkinin sap ve gövdesinden elde edilir. Keten sapının enine kesitinde, en dışta *epiderm* adı verilen bir kabuk tabakası görülür. Şekil II.9. Bu tabakanın iç kısımlarında odunsu hücreler arasında, demetler halinde *lif* hücreleri bulunur. Bu lif demetleri, birbirlerine ve kabukdaki diğer dokulara (odunsu hücrelere), pektin maddesi ile bağlanmıştır. Lif hücrelerini birbirine bağlayan pektin maddesi (*iç pektin*) ile demetleri odunsu hücrelere bağlayan pektin maddesi (*dış pektin*) arasında yapı bakımından biraz fark vardır.

Kalın bitki saplarında odunsu hücreler fazla olacağından lif oranı düşer. Bu nedenle ince bitki saplarında lif miktarı daha fazladır.



1- Kabuk tabakası

2- Odunsu Hücreler

3- Keten lif hücreleri

Şekil.II.9. Bir keten bitki gövdesinin enine kesiti

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

II.1.4.1. KETEN LİF ÜRETİMİ

Olgunluğa erişen lif keteni bitkisinin hasadı, kesilmeden topraktan elle yolunarak yapılır. Kökler bir tarafa, saplar bir tarafa gelmek üzere demetler halinde tarlada kurumaya bırakılır. Üzerindeki yapraklar kuruyup döküldükten sonra kendi sapları ile bağlanarak demet haline getirilir. Kurutulmuş bitkiden lifin elde edilmesi üç aşamada gerçekleşir :

1- Çürütme, 2- Dövme, 3- Taraklama.

1 – Çürütme : Keten liflerini yapışık olduğu diğer dokulardan ayırmak için *çürütme* işlemi yapılır. Çürütme işlemi için çeşitli yöntemler uygulanabilir :

a) Çiğ ile çürütme : Nem oranı yüksek bölgelerde, keten sapları çayırlar üzerine serilerek nemli havaya bırakılır. Keten saplarının çürümesi mikroorganizmalar yardımıyla olur. Nem etkisi ile üreyen mikroorganizmalar, bu üreme sırasında lif demetlerini odunsu hücrelere bağlayan pektin maddesini bozundururlar. İşlem 1–1,5 ayda tamamlanır. Bu yöntemle çok yumuşak lifler elde edilir.

b) Su ile çürütme : Kurak bölgelerde keten sapları su ile ıslatılarak çürütülür. Islatma işlemi, ya havuzlar içinde durgun suda veya akar sularda yapılır. Durgun suda havuzlamada, mikroorganizmaların faaliyetinden dolayı sıcaklık yükselir ve çürüme süresi kısalır. Bu şekilde çürütme 4–7 günde biter. Bu yöntemde dikkat edilecek husus havuzlamayı ve sıcaklığı kontrol altında tutmaktadır. Aksi halde mikroorganizmalar, dış pektini parçaladıktan sonra iç pektini de bozundurmağa başlarlar ve lif demetlerini parçalarlar ve tek tek hücrelere ayrılırlar. Buna *ketenin pamuklaşması* veya *kotonize* olması denir. Bu takdirde ketenin kalitesi düşer. Akarsularda yapılan çürütme işleminde, su devamlı olarak değiştiği için sıcaklık yükselmesi görülmez. Akarsuyun sıcaklığına bağlı olarak işlem, 1 hafta ile 6 hafta arasında sürer.

c) Kimyasal çürütme : Keten sapları % 3 lük HCl ile havuzlarda 2–3 gün süre ile bekletilir. Yıkanıp nötralize edilir. Diğer çürütme yöntemlerinden daha çabuk, fakat daha düşük kalitede lifler elde edilir.

2 – Dövme : Çürütme işlemi bittikten sonra demetler dikine sıralanarak açık havada veya güneşsiz yerde kurutulur. Kurumuş saplar önce tokmakla dövülür; sonra mengenezlerde kırılır. Mengenezler bu iş için yapılmış

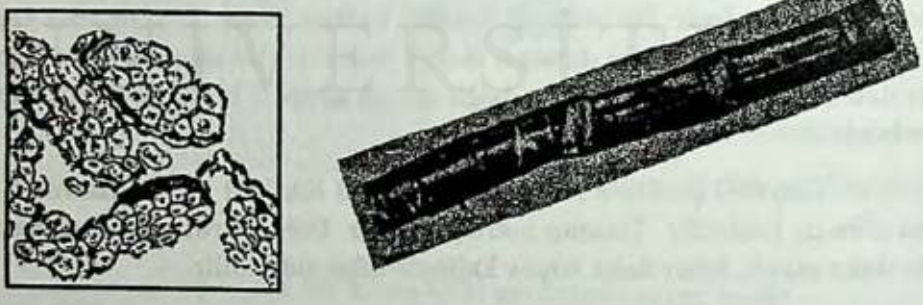
küt ağızlı bir bıçaktan ibarettir. Mengenezde odunsu hücrelerin bulunduğu sap kısımları parçalarak dökülür, geriye lif demetleri kalır.

3 – Taraklama : Keten lifleri üzerinde kalmış odunsu parçalarını uzaklaştırmak için önce çırpılır; daha sonra uzun ve kısa lifleri birbirinden ayırmak üzere taraklanır.

Düşük kaliteli lifler, asid, baz veya sabun çözeltileri kullanılarak kotonize edilir. Kotonize edilmiş lifler genellikle pamukla karıştırılarak kullanılır.

II.1.4.2. KETEN LİFİNİN FİZİKSEL YAPISI

Taraklanmış keten liflerinin boyu 20–75 cm kadardır. Bu değer ortalama 50 cm civarındadır. Tek tek lif hücreleri ise, 7–8 cm boyundadır. Yetişme koşullarına ve lifi oluşturan hücrelerin sayısına göre lif kalınlığı değişir; 0,014 – 0,025 mm arasındadır. Bir tek lif en az 3–6 hücreden ibarettir. Lifin mikroskobik görünümünde uzun, şeffaf ve silindirik tüpler görülür. Bunların aralarında, boğum veya düğüm denilen enlemesine işaretler vardır ki, bu yapı keten için karakteristiktir. Şekil II.10. Bu boğumların sayısı, her bir lif hücresinde 800 kadar olabilir. Lifin enine kesiti çokgen şeklindedir. Şekil II.10. En dışta ince bir tabaka halinde yağ ve vakslar bulunur. Daha içte primer ve sekonder duvarları ile ortada küçük bir lümen bulunur. Sekonder duvardaki fibrillerin yönü, pamukta olduğu gibi, tabakalarda sıra ile S Z S yönündedir. Her keten lif hücresinde iç kısımda ince ve dar bir lümen bulunur. Lifin enine kesiti çokgen biçimindedir. İyi gelişmiş liflerde enine kesit ovaldir ve hücre duvarları çok incedir. Rengi sarımtırak beyaz veya esmerdir. Bu rengin derecesi bitkinin işlenmesi ve kalitesi ile ilgilidir.



Şekil II.10. Keten liflerinin enine kesitleri ve Keten liflerinde boğumlar

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

II.1.4.3. KETEN LİFİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Keten, pamuktan daha dayanıklı bir elyaftır. Bu özelliği ıslandığında daha da artar. İyi bir ısı iletkenidir. Yazın serin tutar. Esnekliği az olduğundan çabuk buruşur. Kristalin bölgelerin oranı pamuğa kıyasla daha fazla olduğundan dayanıklılık yanında, keten lifleri daha gevşek, gıcırtılı ve sert bir tutuma sahiptir. Dayanıklılığı, pamuktan daha fazladır. Kopma anında uzama miktarı, kuru iken % 1,8; yaşken % 2,2 dir. Islakken % 20 daha dayanıklıdır. Özgül ağırlığı 1,5 g/cm^3 dür.

II.1.4.4. KETEN LİFİNİN KİMYASAL YAPISI

Tablo II.2. Keten lifinin kimyasal bileşimi

Selüloz	% 70–85
Hemiselüloz	% 18,5
Linyin	% 2–3
Pektin	% 2–7
Yağ ve vaks	% 1–3
Protein	% 2–2,5
Anorganik mad	% 0,5–1,5

Keten selülozu, yaklaşık 18.000 sellobioz biriminden oluşmuştur. Yani, P.D. si 18.000 civarında olup, bu sayı yetişme ve toprak koşullarına göre değişir. Bu değer, bilinen tekstil lifleri içinde ketenin en uzun polimer zincire sahip olduğunu gösterir.

Ketende, pamukta bulunmayan linyin maddesi vardır. Linyinin kimyasal bileşimi aydınlatılmamıştır. Bir polimer madde olan linyinin monomerinin β– hidroksi – koniferil alkol olduğu, bu monomerin birbiri ile eter, yarıasetal ve asetal köprüleri ile bağlandığı ileri sürülmektedir. Linyinin

tanınması HCl ile asidlendirilmiş floroglusin çözeltisi ile verdiği morumsu kırmızı renkten anlaşılır. Ketenin yapısında bulunan diğer maddeler, pamuk konusunda incelenmiştir. Bkz. s. 43.

Ketenin yapısında bulunan fazla miktardaki yağ ve vaks ona parlaklık ve dayanıklılık kazandırır. Parlak ve düzgün yüzeyli olduğundan kir tutmaz.

II.1.4.5. KETEN LİFİNİN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Keten lifleri, kimyasal reaktiflere karşı pamuğun gösterdiği özellikleri gösterir. Kaynar su, güneş ve deterjanlardan fazla etkilenmez. Nem çekme özelliği oldukça iyidir. Bu nedenle ticarette en fazla % 18 nem kabul edilir. Bu nemi taşıdığında bile kuru hissedilebilir. 120°C nin üstündeki sıcaklıklarda bozunur. Güneş ışığında dayanıklığını kaybeder.

II.1.4.6. KETENDE TERBİYE İŞLEMLERİ

Ketenden mamul kumaşlara pamuklu materyalde gösterilen terbiye işlemleri yapılır. Ancak, kimyasal bileşiminde görüldüğü gibi, yapısında % 25 den fazla selülozik olmayan madde içerir. Bu maddelerin pişirme ve ağartma işlemleri ile uzaklaştırılması oldukça fazla bir ağırlık kaybına neden olur. Bu sebeple pamuğun aksine bütün yabancı maddelerin uzaklaştırılması istenmez. Ardarda yapılan pişirme ve ağartma işlemleri, istenilen beyazlığa göre yapılır. Beyazlığın derecesi ise, elyaftaki ağırlık azalması ile tayin edilir; 1/4 beyazlık, 1/2 beyazlık ve tam beyazlık gibi. Bu değerler aynı zamanda, elyafın selüloz dışında kalan maddelerindeki ağırlık kaybını gösterir.

Pişirme işlemi için NaOH sodyum hidroksid (sud kostik) veya Na_2CO_3 sodyum karbonat (soda) kullanılır. Ağartma işlemleri ise NaClO sodyum hipoklorit, H_2O_2 hidrojen peroksid ve $NaClO_2$ sodyum klorit reaktiflerinden biri ile yapılır.

Ketenden yapılmış iplik ve kumaşlara merserize işlemi uygulanmaz. Merserizasyonda kullanılacak NaOH, lif hücreleri üzerindeki vaksı ve zamksı maddeyi hidroliz ederek uzaklaştırdığından, lif hücreleri birbirinden ayrılır. Bu olaya ketenin pamuklaşması (kotonize olması) denildiğini daha önce görmüştük. Bkz. s. 49.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Ketenden dokunmuş kumaşlar genellikle yatak takımları, sofra takımları ve elbiselik olarak kullanılır. Serin tutması bakımından yazlık giysilerde tercih edilir. Ancak, günümüzde dünyada oldukça az miktarda üretilmektedir. Bunun sebebi, işletme ve üretim işlerinin zorluğu ve pahalı oluşudur. Keten atıkları iyi cins kağıt (banknot kağıtları, sigara kağıtları) yapımında kullanılır.

II.1.5. KENEVİR

Kendir adı da verilen kenevir bitkisi, lifi ve tohumundan elde edilen yağı için yetiştirilir. Kenevir bitkisi dişi ve erkek olmak üzere iki tiptir. Dişi kenevirlerde dalların uç yapraklarında bulunan salgı tüyleri, yapışkan ve kendine has kokusu olan uyuşturucu etkili bir madde salgılar. Bu madde *esrar* adı ile bilinir. Bitkinin *Cannabis sativa türü*, lifi için üretilir. *Cannabis indica* (Hind keneviri) türünde ise narkotik madde miktarı daha fazladır. Bu nedenle kenevir devlet kontrolünde üretilir; hind keneviri üretimi ise yasaktır.

Dünyada kenevir üretimi yapan ülkeler, BDT, Hindistan, Çin, Macaristan, Polonya ve Yugoslavya' dır. Türkiye'de de bir miktar kenevir yetiştirilir. Türkiye'de pamuktan sonra en fazla üretilen tekstil bitkisidir ve Kastamonu, Ünye, Fatsa, Malatya ve Urfa dolaylarında yetiştirilir.

Kenevir bir yıllık bir bitkidir. Ekimden 120–140 gün sonra hasadı yapılır. Lif hücreleri, ketende olduğu gibi kabuk kısmında demetler halindedir. Her lif demetinde 30–50 lif hücresi vardır. Lif üretimi ketende olduğu gibi, çürütme, dövme ve taraklama işlemleri ile yapılır.

Lif uzunluğu 40–45 mm dir, bitkinin uzunluğuna bağlı olarak 2 metreye kadar ulaşır. Kimyasal bileşiminde % 78 selüloz, % 9 kadar da linyin ve pektin bulunur. Linyin oranı ketenden daha fazla olduğundan daha kaba lifler şeklindedir. Parlak sarı veya esmer renklidir. Genellikle sicim, halat, urgan yapımında; yelken, çadır bezi ve çuval şeklinde veya halı çözgü ipliği olarak kullanılır. Ayrıca kotonize edilerek pamuk ile de karıştırılır. Ketende olduğu gibi, kenevir atıkları da sigara kağıdı gibi iyi kalite kağıt üretiminde ham madde olarak kullanılır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

II.1.6. JÜT

Jüt, pamuktan sonra dünyada en fazla üretilen bitkisel liftir. Tropik iklimde yetişen jütün anavatanı Hindistandır. Dünya üretiminin % 80' i Hindistan, Pakistan ve Bengladeş tarafından karşılanır.

Bir yıllık bir bitki olan jütün gövdesinde lif hücreleri demetler halinde bulunur. Hücrelerin primer duvarlarında büyük ölçüde linyin vardır. Sekonder duvardaki selüloz tabakaları da bir miktar linyin içerir. Bitki gövdesinin enine kesiti incelendiğinde beşgen veya altıgen şeklinde köşeli hücreler görülür. Hücrelerde lümenler daha geniştir. Bitkinin hasadı keten ve kenevirdeki gibi yapraklar sararmaya başladığı zaman yapılır. Hasadın geç kalması liflerdeki linyin miktarının artmasına sebep olur. Lif üretimi, çürütme yöntemi ile yapılır. Çürütme sonunda lif demetleri gövdeden elle soyularak ayrılır. Mekanik yöntemler de bu iş için kullanılır.

Elde edilen liflerin boyu 18–25 cm dir. Lif demetlerindeki hücreleri birbirinden ayırmak zordur; bu nedenle lifler oldukça kalındır. Yapısında, % 60–64 selüloz, % 20 linyin ve % 5 pektin bulunur. İlk elde edildiğinde açık sarı olan lifler zaman geçtikçe açık kahverengine döner. Kenevirden daha parlak lifler elde edilir.

Esneklik özelliği oldukça azdır. Diğer selülozik elyafta olduğu gibi, nem çekme özelliği fazla olduğundan, nem miktarı ticarette % 12 ile sınırlandırılmıştır. Dayanıklılığı keten ve kenevirden daha düşüktür.

Dünyada üretilen jütün büyük bir kısmı çuval, örtü kumaşları, ip ve sicim yapımında kullanılmaktadır. Üretildiği ülkelerde işçilik ücretleri düşük olduğundan ucuza maledilmektedir. Bu nedenle dayanıksız olması bir sorun yaratmaz. Ayrıca halı tabanı örgüsü olarak da kullanılmaktadır.

II.1.7. RAMİ

Sıcak ve orta kuşak ikliminde yetişen rami bitkisinin iki ayrı türü vardır. Anavatanı Çin olan ve *beyaz rami* de denilen türünün yaprakları, *yeşil rami* denilen diğer türünden daha geniştir; çiçeklerinin salkımları da daha sıktır.

Lif hücreleri, bitkinin gövdesinde kabuk kısmının altında yer alır. Hücreler diğer bast elyaftan farklı olarak tek tek dizilmiş şekildedir, demet halinde değildir. Mikroskop altında incelendiğinde liflerin enine kesitlerinin ke-

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

tenden çok, pamuk liflerine benzediği görülür.

Bitkinin yaprakları sararmaya başladığında hasadı yapılır. Daha sonra bitki henüz yaşken kabuk kısımları soyulur. Soyma işlemi elle veya makinelerle yapılır. Kabuklar henüz yaşken bir bıçak yardımıyla sıyrılarak temizlenebilir. Bu şekilde elde edilen lifler, üzerinde yapışkan madde bulunduğundan oldukça serttir ve *ham rami* olarak adlandırılır. Bu lifler kırılgan ve gevşektir. Üzerindeki zamksı maddenin uzaklaştırılması için çürütme işlemi uygulanır. Mikroorganizmalarla veya kimyasal maddelerle yapılan zamk giderme işleminden sonra elde edilen lifler yumuşayarak daha iyi eğirilebilir hale gelirler.

Ortalama 15 cm uzunluğunda parlak beyaz rami liflerinin % 80–85 i selülozdan yapılmıştır. Ramide diğer bast elyafın aksine linyin yoktur. % 6,5 – 7,5 oranında pektin maddesi bulunur.

Çeşitli yerel giyim eşyaları, döşemelikler, ip ve halat yapımında ve endüstri tekstilinde kullanılmaktadır.

BİTKİ YAPRAKLARINDAN ELDE EDİLEN LİFLER

II.1.8. SİSAL

Sisal bitkisi sıcak ve nemli iklimde yetişir. Yapraktan elde edilen lif sınıfında en fazla sisal üretilir. Brezilya, Afrika ve Endonezya' da yetiştirilen sisal bitkisi, 7–8 yaşına geldiğinde lif üretimi için kullanılabilir. Uzun, etli ve kın şeklindeki yaprakların % 80–85' i sudur. Taze yapraktan çürütme yöntemi ile % 3–4 kadar lif elde edilebilir. Bir bitkiden 15–20 yıl boyunca ürün alınabilir.

Sisal lifleri birbirleri ile yapışık halde bulunan hücre demetleri şeklindedir. Liflerin boyu 100 cm'e kadar ulaşır. Rengi beyazdan sarı–kahveye kadar gider. Yapısında % 65–72 selüloz, ayrıca hemiselüloz, pektin ve linyin bulunur. Pektin miktarı % 9–14 kadardır. Elyafta küçük gözenekler olduğundan nem çekme özelliği fazladır.

Sağlamlığı ve tuzlu suya karşı dayanıklılığı oldukça fazladır. Aynı zamanda diğer kaba liflere göre esnekliği iyidir. Bu nedenle gemi halatları, tarımda ve denizcilikte bağlama malzemesi olarak ve örme işlerinde kullanılır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

II.1.9. MANİLA KENEVİRİ (*ABACA*)

Hurma ağacına benzeyen ve 8–20 yıl yaşayan bir tropikal bitkidir. Filipinlerde yetişir. Dünya üretiminin % 94 ünü bu ülke karşılar. Yaprak kınları içinde lifler, demetler halinde bulunur. Yapraklar, bitki çiçeklenmeye başladığında hasad edilir. Yaprak kınından lifli kısımlar sıyırma ile ayrılır. Daha sonra güneşte kurutulur. Beyazdan kahverengine kadar giden renklerde, parlak ve sağlam lifler elde edilir. Yapısında % 63–64 selüloz, % 10 hemiselüloz ve % 5 linyin ve pektin içerir. % 10 kadar da nem bulunur.

Abaca lifleri sağlamlığı ve nem çekici özelliğinin azlığından dolayı yelken bezleri, gemi halatları yapımında kullanılır. Ayrıca kaba dokuma kumaşlar ve yastık dolgu maddesi yapılır.

BİTKİ MEYVESİNDEN ELDE EDİLEN LİFLER

II.1.10. KOKO ELYAFI

Tropikal bir bitki olan hindistan cevizi meyvasının üstünü örten lifli tabakadan elde edilir. Seylan, Hindistan ve Pakistan' da yetiştirilir. Üretimi için hindistancevizi kabukları nehirlerde 6–12 ay bekletilir. Bu süre içinde kabuklardaki çamurlar gider; odunsu hücreleri liflere bağlayan yapışkan madde bozunur ve lifler birbirinden ayrılacak hale gelir. Bu kabuklar kurutulur ve odun tokmaklarla dövülür. Sonra temizlenerek kaba, uzun ince ve kısa lifler sınıflandırılarak ayrılır. Açıktan koyu kahveye giden renklerde, sert fakat esnekliği fazla olan lifler elde edilir. Suya karşı dayanıklıdır.

Koko lifleri, iplik haline getirilip; parlak renkli koko hasırlarının yapımında, çuval ve gemi halatı imalinde kullanılır. Sert olanları paspas ve fırça olarak tüketilir.

II. 2. HAYVANSAL LİFLER

Tekstilde kullanılmak amacıyla hayvanlardan elde edilen lifler bu sınıfa girer. Bu sınıftaki bütün liflerin yapı taşının, hayvansal organizmanın da yapı taşı olan protein olması nedeniyle bu liflere *protein lifleri* de denir. Hayvansal lifler, kıl kökenli (deri ürünü) ve salgı kökenli olmak üzere iki alt sınıfa ayrılır. Kıl kökenli lifler sınıfında, koyundan elde edilen yün başta gelir. Koyundan başka çeşitli hayvanların kılları da tekstil elyafı olarak kullanılır. Bunlar; tiftik keçisinden *moher*, tavşandan *angora*, deveden *deve tüyü*, keşmir keçisinden *kaşmir*, adi keçiden *keçi kılı* gibi liflerdir. Salgı kökenli lif ise, ipekböceğinden elde edilen doğal ipektir.

Hayvansal liflerin yıllık üretim miktarı, tüm liflerin toplam miktarının % 10 undan daha azdır. Bu miktarla dünya lif kaynaklarının çok az bir kısmını oluştururlar. Ancak, bunların sınırlı miktardaki üretiminden çok, dünya tekstil ticaretindeki rollerinin önemi büyüktür.

Selülozik elyafta selüloz hakkında olduğu gibi, hayvansal liflerin yapı taşı olan protein hakkında da, yapı ve özellikler bakımından gerekli bilgilerin, hayvansal liflerin tek tek incelenmesinden önce bilinmesi gerekir. Böylece hayvansal liflerin bazı özellikleri, protein hakkında edinilen genel bilgilerle açıklanabilir.

II.2.1. PROTEİN

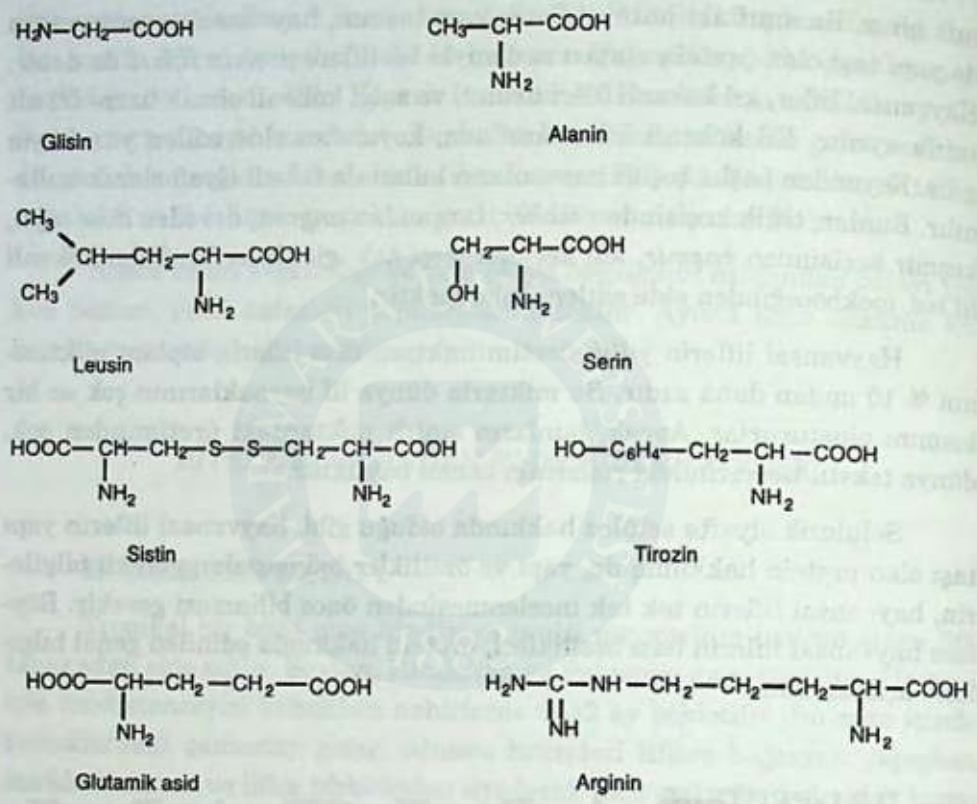
Doğada bulunan proteinler yüksek molekül ağırlıklı polimer bileşiklerdir. Elementer analizlerinde karbon, hidrojen, oksijen, azot yanında az miktarda kükürt ve fosfor bulunur, α–Amino asidlerin polimerleşmesi ile oluşan proteinler, yumak veya iplik şeklinde büyük moleküller halindedir. Bunlardan iplik şeklinde olanları, lif oluşturmaya uygundur.

Proteinlerin monomerleri olan α–amino asidlerin moleküllerinde 2. karbon atomunda $-NH_2$ amino grubu vardır. Genel formülleri

$$R-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}-COOH$$ şeklindedir.

Formülde R ile gösterilen kısım, alifatik ve aromatik gruplar içerebilen çeşitli yapıda gruplardır ve yan zincir olarak isimlendirilirler. Doğada

bulunan α–amino asidlerden bazılarının formülleri Formül II.11 de verilmiştir.

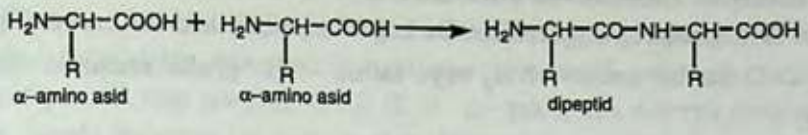


Formül II.11. Bazı amino asitlerin formülleri

Formüllerde görüldüğü gibi, aminoasidlerin karakteristik grupları olan, $-NH_2$ ve –COOH, her molekülde vardır. Genel formülde molekülün R ile gösterilen kısmı, her aminoasidde farklıdır. Böylece R' leri farklı birçok amino asid molekülü bulunabilir. Formül II.11 de bu aminoasidlerden bazıları verilmiştir.

α–Amino asidler, birbirleri ile bir molekül su ayrılması ile oluşan kondensasyon reaksiyonları verirler. Bu reaksiyon sonucunda iki molekül arasında peptit bağı adı verilen bir kovalent bağ meydana gelir. İki molekül amino asidden oluşan bu bileşiğe de *dipeptid* denir. Formül II.12.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

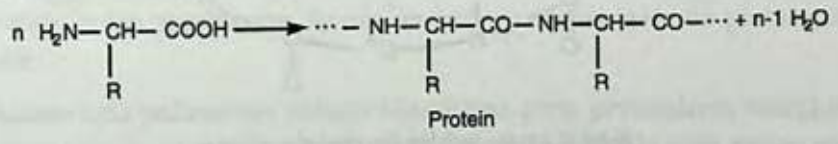


Formül II.12. Dipeptid oluşumu

Bu bileşiğe üçüncü bir amino asidin aynı şekilde kondensasyonu ile meydana gelen yeni peptide ise *tripeptid* denir.Bileşikteki amino asid sayısına göre peptidler, *tetra–* ve *pentapeptid* olarak isimlendirilirler. Genel olarak peptiddeki amino asid molekülü sayısı 5–10 arasında ise *oligopeptid*, 10–100 arasında ise *polipeptid,* 100 den fazla sayıda ise *protein* adını alır. Doğada bulunan 30 kadar amino asidden bütün proteinler meydana gelir. Bu amino asidlerden 20 kadarına oldukça sık rastlanır. Bkz. Formül II.11 Bunların polimerleşmesinde değişik sıralanmaları yanında, değişik moleküllerin farklı yerleşimi ile, farklı yapı ve özellikte proteinler oluşur. 10 farklı amino asidden oluşabilecek değişik proteinlerin sayısı 10! = 3628800 adettir. Bu kombinasyonların fazlalığı, doğada yapıları farklı çeşitli proteinlerin meydana gelmesini sağlar. Sadece insan vücudunda 100.000 den fazla türde farklı protein molekülü bulunmaktadır.

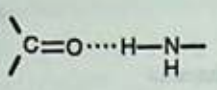
Protein moleküllerinin mol ağırlıkları onbin ile birkaç milyon arasındadır. Polimerleşme derecesi ise yüz ile birkaç bin kadardır. Protein moleküllerindeki karakteristik grup (–CO–NH–) amid bağıdır. Bu bağa peptid bağı da denir.

Bir proteinin oluşum reaksiyonu Formül II.13 de gösterilmiştir. Formülde R ile belirtilen yan zincirler apolar yapıda hidrokarbon radikalleri olabildiği gibi, polar gruplar da olabilir. Bu polar gruplar nedeniyle proteinler, asidik veya bazik karakter gösterilebilir. Örneğin Formül II.11 deki glutamik asid molekülünde iki asidik karboksil grubuna karşılık, bir bazik amino grubu vardır. Arginin molekülünde ise, bazik amino gruplarının sayısı fazla olduğundan bazik karakter gösterir.

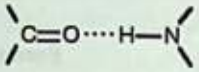


Formül II.13. Protein oluşum reaksiyonu

Protein zincirlerindeki *amid* grupları, zincir içinde veya zincirler arasında H–köprüleri oluşturabilir. Bu köprüler, zincirdeki bir karbonil grubu $>C=O$ ile; bir amino $-NH_2$ veya imino –NH– grubu arasında meydana gelir.



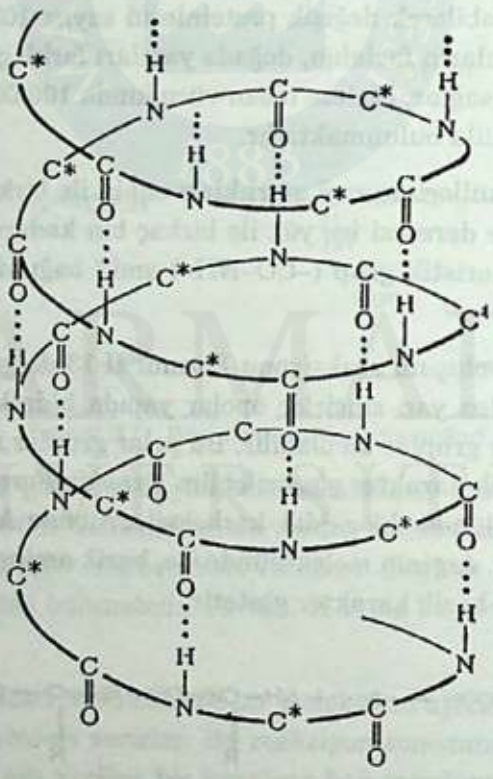
karbonil amino



karbonil imino

Bu hidrojen köprüleri, protein zincirlerinin farklı şekilde düzenlenmelerine sebep olur. Bu farklı şekillerden iki tanesi en dayanıklı olanlarıdır.

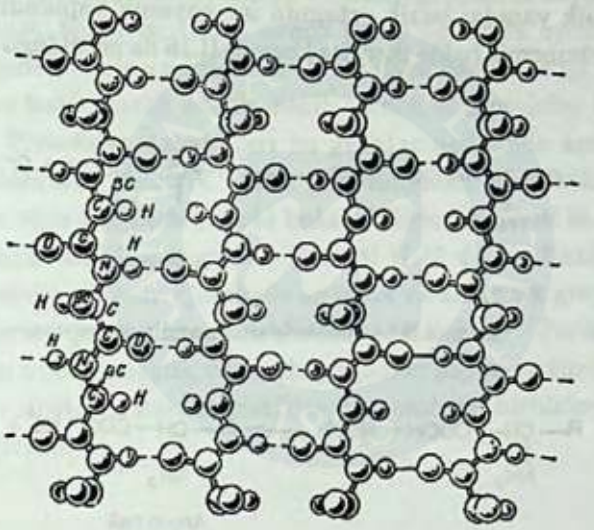
1. α– *şekli* : H–köprüleri aynı protein zinciri içinde oluşursa, zincirin düşey bir eksen etrafında helezon şeklinde kıvrılmasına neden olur. Bu yapıya α– şekli denir. H–köprüleri dört amino asid biriminde bir tekrarlanır. Şekil II.11



Şekil II.11. α– şeklinde protein zinciri

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

2. *β–Şekli* : H–köprüleri farklı protein zincirleri arasında meydana gelebilir. Zincirin zikzak şekilde dizildiği bu şekilde R yan grupları aynı veya zıt yönde sıralanabilir. Aynı yönde sıralanmışsa paralel, zıt yönde sıralanmışsa antiparalel yapı görülür. Şekil II.12. α– şekli, kas dokuyu oluşturan *miyosin*, kanda bulunan bir protein olan *fibrinojen* ve yünde bulunan α–keratin' in yapısında görülür. β–Şeklindeki proteinler ise ipek *fibroini* ve kuş tüyünde bulunan *β–keratindir*.



Şekil II.12. *β–keratin formülü*

II.2.1.1. PROTEİNİN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

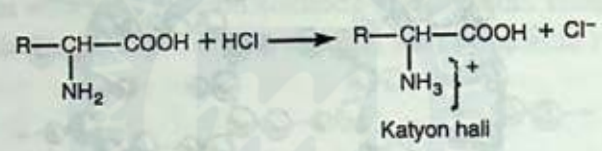
Proteinler, bütün canlılarda bulunan organik bileşiklerdir. Hayvansal organizmanın yapısının en büyük kısmını çeşitli proteinler oluşturur. Deri, kas, kan, saç, tırnak, kıl gibi dokular yapı bakımından birbirlerinden farklı olan proteinlerden yapılmıştır. Ayrıca enzimler ve hormonlar da protein türevleridir.

Amino asid polimerleri olduğu bilindiğine göre, proteinlerin özellikleri, yapısına iştirak eden amino asidlere bağlıdır. Bu nedenle önce amino asi-

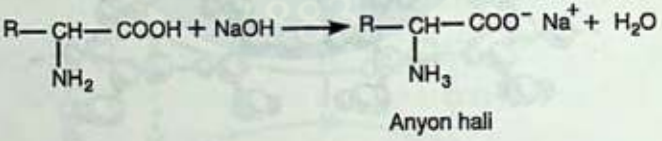
dlerin kimyasal özellikleri hakkında bilgi edilmekte yarar vardır.

Amino asidler, suda kolay çözünen bileşiklerdir. Organik çözücülerde çözünmezler. Moleküllerinde hem asid hem de bazik gruplar bulunduğundan asidlerle (Formül II.14) ve bazlarla (Formül II.15) reaksiyon verirler. Hem asid hem de bazlarla reaksiyon verip tuz oluşturan bu tür bileşiklere *amfoter* bileşik adı verilir. Amino asidler ve bunlardan oluşan proteinler de amfoter bileşiklerdir.

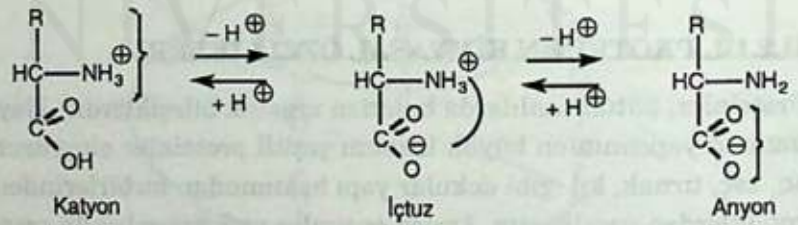
Formül II.14 ve Formül II.15 de görüldüğü gibi, asidik ortamda amino asid katyonik yapıda; bazik ortamda ise anyonik yapıdadır. Nötral çözeltilerde ve çözünmemiş halde iken ise Formül II.16 da görüldüğü gibi iç tuz şeklindedir.



Formül II.14. Asidlerle amino asidin reaksiyonu



Formül II.15. Bazlarla amino asidin reaksiyonu

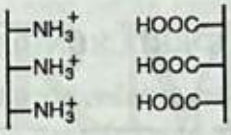


Formül II.16. Amino asidlerin nötral, asidik ve bazik çözeltilerdeki iyonik yapıları

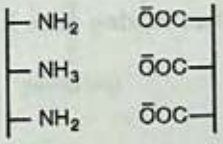
MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Bir amino asidin sudaki çözeltisine asid ilave edildiğinde molekül katyon haline geçer ve elektrolizde katoda gider. Aynı çözeltiye baz eklenerek ortam bazikleştirilirse; molekül anyon olur ve elektrolizde anoda doğru yönlenir. Çözeltinin asidik veya bazik karakter göstermediği belli bir pH değerinde ise, molekül iç tuz şeklindedir. Bu pH değerindeki bir ortamda molekül elektroliz edilirse bir iyon göçü olmaz. Amino asidlerin iç tuz şeklinde bulunduğu bu pH değerine *izoelektrik nokta* denir. Glisin için bu değer, pH = 6 dır.

Amino asidler, taşıdıkları asidik ve bazik grupların sayısına ve durumuna göre *asidik, bazik* ve *nötral* olmak üzere üç sınıfa ayrılır. Proteinler de bu farklı yapıdaki amino asidlerden oluştuklarından, taşıdığı amino asidlerin özelliklerine bağlı olarak asidik, bazik ve nötral proteinler şeklinde sınıflandırılabilir. Proteinler, taşıdıkları bu gruplar nedeniyle amfoter maddelerdir. Çözeltilerinden elektrik akımı geçirildiğinde bu özelliklerine bağlı olarak anyonik veya katyonik yapıda bulunabilirler. Formül II.17 de bir protein molekülünün asidik ortamdaki, Formül II.18 de ise bazik ortamdaki iyonik yapısı görülmektedir. Çözeltide anyonik ve katyonik grupların eşit olduğu pH değerine proteinin izoelektrik noktası denir. Formül II.19. Bu değer, üzerinde taşıdığı asidik ve bazik grupların sayısı ve türüne göre değişir; her protein cinsi için karakteristiktir; proteinlerin birbirinden ayırdedilmeleri için kullanılır.

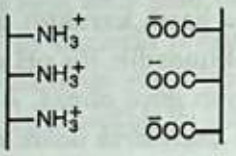


Formül II.17. Asidik ortamda protein zincirindeki iyonik yapı



Formül II.18. Bazik ortamda protein zincirindeki iyonik yapı

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Formül II.19. İzoelektrik pH ortamında protein zincirindeki iyonik yapı

Proteinler *suda çözünen* ve *suda çözünmeyen* olmak üzere iki ayrı sınıfa ayrılır. Bunlardan suda çözünmeyenleri, seyreltik tuz, baz ve asidlerde de çözünmez. Tamamı fibriler (lineer zincir) yapıdadır. Yün proteini olan keratin ve ipek proteini olan fibroin bu sınıftandır.

Proteinlerin farklı kimyasal reaktiflerle reaksiyonları, her protein türü için farklıdır. Bu nedenle farklı liflerin incelenmesi sırasında bu reaksiyonlar ayrıca incelenecektir. Bununla beraber proteinlerin tanınması için kullanılan birkaç özel reaksiyon vardır.

a) Ksantoprotein reaksiyonu : Proteinler derişik nitrat asidi ile koyu sarı renkli bileşikler meydana getirirler.

b) Büre reaksiyonu : Proteinler bazik bakırsülfat çözeltisi ile menekşe renkli kompleks yapıda bir bileşik oluştururlar.

II.2.2. KIL KÖKENLİ (DERİ ÜRÜNÜ) LİFLER

Hayvanlardan elde edilen ürünler, bir ülkenin ekonomisinin belli bir oranını oluşturur. Bu nedenle hayvanlardan elde edilen tekstil lifleri olan yün ve diğer deri ürünü lifler, ekonomik değeri olan ürünlerdir. Koyundan elde edilen yün, hayvansal lifler içinde % 90 dan daha fazla orandadır.

Kıl kökenli deri ürünü liflerin tümünün kimyasal yapı taşı keratindir. Bu nedenle kıl kökenli lifleri tanımadan önce keratin hakkında bilgi edinilmesi gereklidir.

KERATİN

Keratin, yün ve saç gibi kıllar yanında, hayvanların boynuz ve tırnak gibi dokularını oluşturan bir protein maddesidir. Bütün proteinler gibi, ke-

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

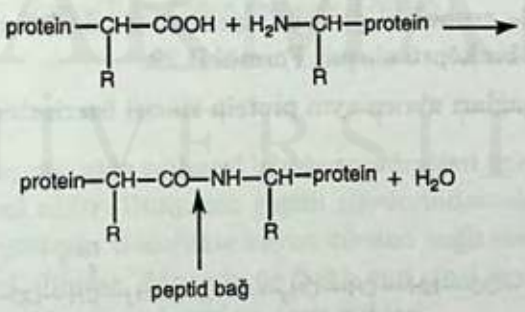
ratin de karmaşık yapıda bir kimyasal bileşiktir. Yapısında karbon, oksijen, hidrojen, azot ve kükürt elementleri bulunur. Fazla miktarda içerdiği kükürt ile diğer proteinlerden farklandırılır. Keratinin yapısına iştirak eden amino asidlerden başlıcaları ve oranları Tablo II.3 de gösterilmiştir.

Tablo II.3. Keratinin kimyasal bileşimi

Glutamik asid	%	12,2–16,0
Arginin	%	7,1–10,4
Sistin	%	11,0–13,1
Serin	%	9,5–11,5
Aspartik asid	%	6,2–7,3
Glisin	%	5,8–6,5
Alanin	%	4,4–5,5
Lösin	%	7,6–8,1
Tirosin	%	4,0–6,1
Pirolin	%	7,5–8,1
Treonin	%	6,6–7,0

Bunların dışında çok az miktarlarda olmak üzere, alanin, valin, izolösin, metionin, lizin, fenilalanin, histidin ve triptofan gibi amino asidler de keratinin bileşiminde bulunur. Keratin zincirinde bu asidler birbirlerine, aşağıdaki kimyasal bağlarla bağlanır.

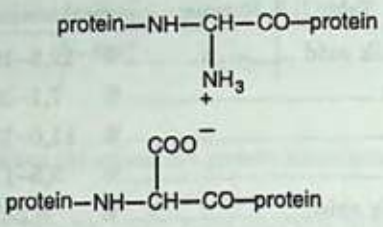
1– Peptid bağları : Amino asidlerin proteinleri oluştururken polimerleşmesi sırasında meydana gelen kovalent bağlardır. Bir amino asidin karboksil grubu ile diğer bir amino asidin amino grubu arasında bir molekül su ayrılması ile oluşur.



Formül II.20. Protein zincirinde peptid bağı oluşumu

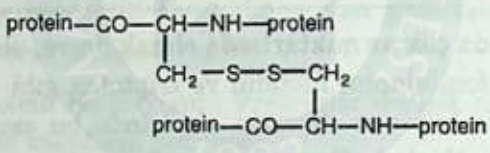
2– Tuz bağları : Amino asid birimlerinde bazı R yan grupları asidik (–COOH) veya bazik gruplar ($-NH_2$) içerir. Uzun protein zinciri üzerinde

peptidleşmeye iştirak etmemiş karboksil ve amino grupları varsa, serbest kalan bu gruplar birbirleri ile tuz yapısında bağlar oluşturur. Adından da anlaşılacağı üzere bu bağlar iyonik karakterdedir. Bu tür bağlar protein zincirlerini birbirlerine yan bağlarla (çapraz bağlar) bağlamış durumdadırlar.



Formül II.21. Proteinlerde tuz bağı oluşumu

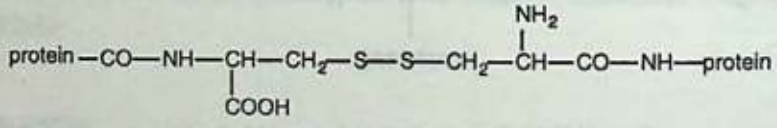
3- Sistin bağları : Yün keratininde, kovalent bağ karakterinde ve yan zincir (çapraz bağ) oluşturan bir başka bağ da sistin bağlarıdır. Sistin amino asidinin iki ayrı protein zincirine bağlanması sonucunda oluşur.



Formül II.22. Proteinlerde çapraz sistin bağları

Keratin zincirinin yapısına iştirak eden sistinde, iki amino ve iki karboksil grubu vardır. Bu iki grup, protein oluşturmak üzere diğer amino asidlerle birleşip, peptid bağlarını meydana getirirler. Formül II.22. Bu bağlanma sırasında –S–S– grubu iki protein zinciri arasında kalır. Böylece iki zincir arasında yeni bir köprü oluşur. Formül II.22.

Sistin bağları ayrıca aynı protein zinciri üzerinde de bulunabilir. Formül II.23.

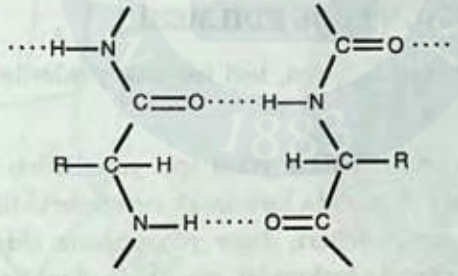


Formül II.23. Protein zincirinde sistin bağları

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

4– H – Bağları : Keratin zincirindeki amid –CO–NH– grupları kolayca hidrojen köprüleri oluştururlar. Karbonil grubu, zincirin farklı yerlerindeki imino grubu ile H-bağı yapar. Zincirdeki karbonil (>C=O) grubu ile imino (– NH –) grubu arasındaki H– bağı, aynı protein zincirinde meydana gelirse α–şekli; karşılıklı polimer zincirleri arasında oluşursa β–şekli meydana gelir. Gerilmemiş normal durumdaki yün lifinin doğal yapısı α–şeklindedir. Gerilmiş halde ise β–keratin şekline dönüşür; ancak kendi haline bırakıldığında yine α–şekline dönmeye çalışır. Bunun dışında hidrojen bağları protofibriller arasında da bulunur. Keratin, oldukça düzensiz yapıdadır. Kristalin bölgelerinin oranı % 25–30; amorf bölgeler ise % 70–75 arasındadır.

Keratinin yapısındaki bu karakteristik bağlar, kıl kökenli liflerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirler; kimyasal reaktiflerle reaksiyonlarda etkili rol oynar.



Formül II.24. Protein zincirinde H-bağları

II.2.2.1. YÜN

Birçok ülkede, yün elde edilmesi için koyun üretimi önemli bir endüstri dalı olarak kabul edilir. Dünyanın çeşitli yörelerinden elde edilen yün, kalite farklılıkları gösterir. Genellikle koyun cinsine bağlı olarak da değişebilen kaliteler temel alınırsa, dünyada üç farklı yün cinsi sayılabilir : Merinos yünleri, crossbred (melez) yünleri ve Asya yünleri.

Merinos Yünleri

İnce ve yumuşak lifler elde edilen merinos koyunları, genellikle Avusturalya, Güney Amerika ve Güney Afrika' da yetiştirilir. Güney Afrika' da

üretilen merinos yünleri, çok kıvrımlı ve dalgalıdır. Yıkandıktan sonra iyi bir beyaz renge sahip olur. Güney Amerika merinoslarının yünleri, Afrika ve Avustralya merinoslarınınkinden biraz daha düşük kalitelidir. Çeşitli Avrupa ülkeleri ile ülkemizde de az miktarlarda merinos yünleri üretilmektedir. Avustralya' da üretilen merinos yünleri, botany yünü adını da alır ve en iyi kalite yünlerdir.

Crossbreed (melez) yünler

Merinos koyunlarının çeşitli İngiliz ırkı koyunlarla melezleştirilmesinden elde edilen koyun tiplerinden üretilen yünlerdir. Bunlar içinde Cheviot ve Shetland yünleri önemlidir.

Asya Yünleri

Çin, Türkiye veya Sibirya gibi Asya' nın çeşitli bölgelerinde üretilen yünlerdir. Bunlar düşük kalitede uzun ve kaba liflerdir.

II.2.2.1.1. YÜNÜN ELDE EDİLMESİ

Üçü koyunun kendisinden, biri ise atık yünlerden olmak üzere, dört şekilde yün elde edilir.

1– Kırkım yünü : Yalnız yünü için yetiştirilen canlı hayvanlardan ilkbahar ve sonbahar aylarında kırkılmak suretiyle elde edilir. Sırt yünü de denilen bu yünün ticari değeri, diğer yöntemlerle elde edilenlerden daha yüksektir. Canlı hayvanda kırkım işi, genellikle el makası veya bu iş için geliştirilmiş motorlu aletlerle yapılır. Kırkılan yün genellikle dağıtılmadan bir bütün olarak alınır ve toplanır. Buna memleketimizin çeşitli yörelerinde *tulup, tulum* veya *gömlek* adı verilir. İlkbahar aylarında kırkım yolu ile elde edilen liflere *yaz yünü* veya *yapağı* adı verilir. Sonbaharda elde edilene ise sadece yün denir.

2– Tabak yünü : Kasaplık hayvanlar, kesildikten sonra derilerinin değerlendirilmesi sırasında elde edilen yünlerdir. *Kasapbaşı yünü* de denilen bu yünler, derilerin üzerindeki kılların yolunması ile veya kurutulan postekilerin üzerindeki kılların kimyasal reaktiflerle (zırnık veya sönmüş kireç) sökülmesi ile elde edilirler. Bu işleme derinin tabaklanması denildiğinden, elde edilen yüne *tabak yünü* de denir. Kasaplık hayvanların yünü, kırkım yününden daha düşük kalitelidir.

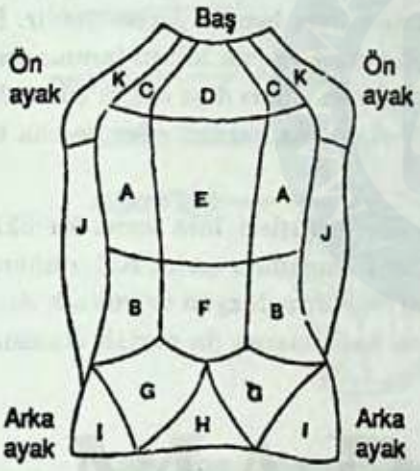
3– Ölü hayvan yünü : Herhangi bir nedenle ölmüş olan hayvanın de-

risinden tabak yününün elde edildiği yöntemlerle elde edilen yündür. *Post yünü* de denir.

4- Paçavra yünü : Eskimiş yünlü materyallerden mekanik veya kimyasal (karbonizasyon) yollarla elde edilen yünlerdir. Üç tip paçavra yünü vardır.

Shoddy yünleri : Üretimi sırasında dinklenmemiş kumaş artıklarından elde edilir. Tweed, örgü ve ştrayhgarn kumaşlar shoddy yünleri ile takviye edilir.

Mungo yünleri : Üretimi sırasında dinklenmiş veya hafifçe keçeleştirilmiş kumaşlardan elde edilen yünlere mungo yünleri denir.



Şekil II.13. Tulumda çeşitli bölgeler



Şekil II.14. Deride kıl kökü'nün yerleşimi

Ekstrakt yünler : Pamuk/yün veya viskon/yün karışımlarından geri kazanılan yünlerdir. Karışımdaki pamuk lifleri seyreltik sülfürik asit ile muamele edilerek uzaklaştırılır. Geri kazanılmış yünler içinde en düşük değerli olanıdır.

En kaliteli yün kırkım yünüdür. Bundan sonra sırasıyla, tabak yünü, post yapağısı ve paçavra yünü gelir. Kırkım yününde de gömleğin farklı yerlerinden farklı kalitede yün elde edilir. En iyi kalite yün, omuz ve sırt bölgelerinden; bacaklar ve karın bölgesinden de en kaba lifler elde edilir. Şekil II.13.

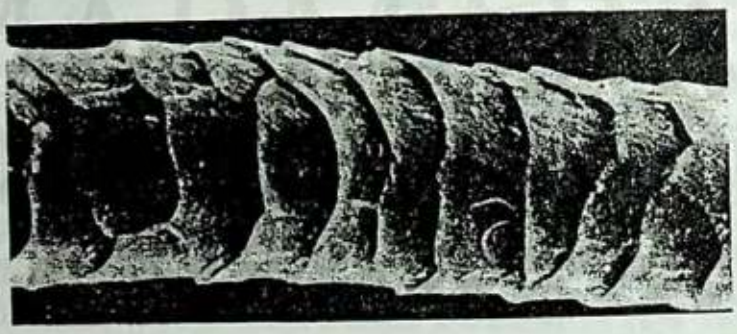
MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

II.2.2.1.2. YÜNÜN FİZİKSEL YAPISI

Koyun derisi üzerindeki kıllar, kıl kökü ve kıl gövdesi olmak üzere iki kısımdır. Kırkım yolu ile elde edilen yünlerde kıl kökü bulunmaz. Tabak yünü ve post yapağısında kıl kökleri de bulunduğundan kalite düşer. Deri içinde ayrıca, kılı besleyici kan damarları, ter ve yağ bezleri vardır. Şekil II.14. Bir yün lifinin enine kesiti incelenecek olursa en dışta epiderm, ortada korteks ve içte de medula tabakası görülür.

Epiderm : Kütikül de denilen epiderm tabakası, elyafın en dış yüzeyidir. Lifin mikroskop altında görünen yüzeyi bu tabakadır. Birbiri üzerine kapanan pul şeklinde hücrelerden ibarettir. Bu hücreler, sert ve boynuzsu yapıdadır. Balık pulları veya damdaki kiremitlere benzer görünüştedir. Bu görünüm mikroskop altında kolayca incelenebilir ve yün lifinin tanınmasında karakteristiktir. Şekil II.15. Pulların serbest uçları dışa doğru çıkıntılar yapar. Bu tabaka elyafın iç kısmının korunmasına yardım eder ve ona bir miktar sertlik verir.

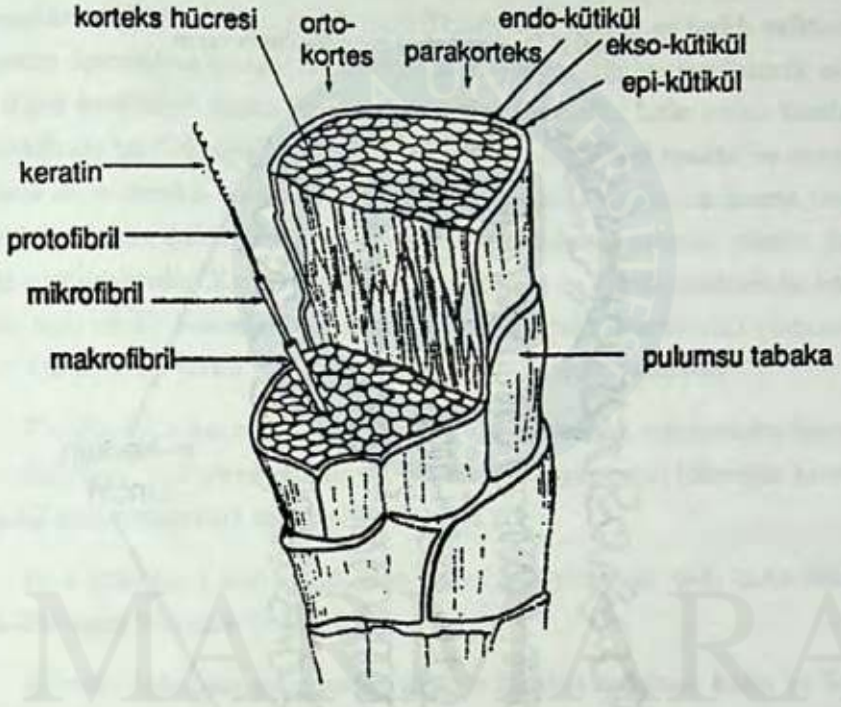
Yün lifinin üzerindeki pulların şekli ve dizilişleri, lifin temel özelliklerine etki eder. İnce yünlerde tek bir pul, lifin tamamını sarar. Kalın liflerde ise, çap ile birlikte pulların sayısı da artar. Pulların düzgün ve yüksek oluşu da lifin yüzeyinin düzgün olmasına; buna bağlı olarak da parlak olmasına yol açar.



Şekil II.15. Yün Lifinin Mikroskop Altında Görünümü

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

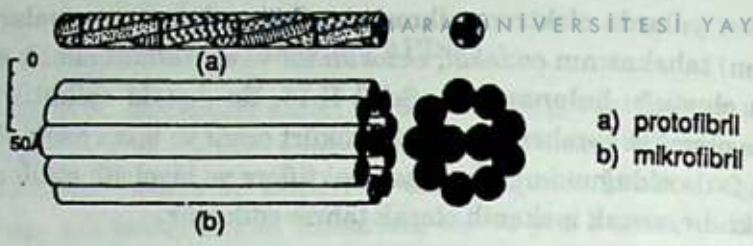
Son yıllarda elektron mikroskobu ile yapılan araştırmalarda kütikül (epiderm) tabakasının *endokül, eksokütikül* ve *epikütikül* olmak üzere üç kısımdan oluştuğu bulunmuştur. Şekil II.16. En dıştaki epikütikül tabakası çok ince olmakla beraber, yapısında kükürt oranı ve buna bağlı olarak sistin bağları fazla olduğundan, kimyasal reaktiflere ve biyolojik etkilere karşı çok dayanıklıdır, ancak mekanik olarak tahrip edilebilir.



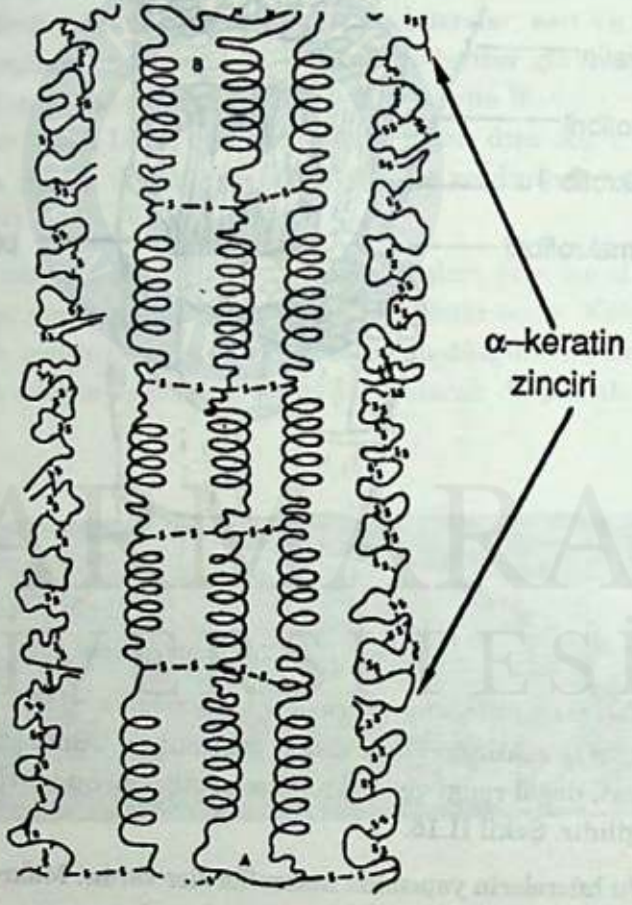
Şekil II.16. Yün lifinin iç yapısı

Korteks : Lifin ana parçasıdır ve ortalama % 90' ını oluşturur. Uzun, kat kat ve iğ şeklinde hücrelerden yapılmıştır. Yünün dayanıklılığı, elâstik özellikleri, doğal rengi ve boyanabilme yeteneği, bu kortikal hücrelerin yapısı ile ilgilidir. Şekil II.16.

Bu hücrelerin yapısında makrofibriller vardır. Makrofibriller, mikrofibril denilen daha küçük yapıdaki birimlerden oluşmuştur. Mikrofibriller de 11 tane protofibrilden meydana gelmiştir. Şekil II.17 ve 18.



Şekil II.17. Korteksteki mikrofibrillerin yapısı



Şekil II.18. α- keratininin molekül yapısı

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Bir protofibril üç tane α–keratin zincirinden oluşmuştur; 500 nm uzunluğunda 2 nm çapındadır. Onbir tane protofibrilden oluşan mikrofibril ise 5 nm çapındadır. Mikrofibrillerin birleşmesiyle meydana gelen makrofibriller de 100–200 nm çapındadır. Kortikal hücre içinde bu makrofibriller birbirlerine proteinle bağlıdır. Şekil II.18.

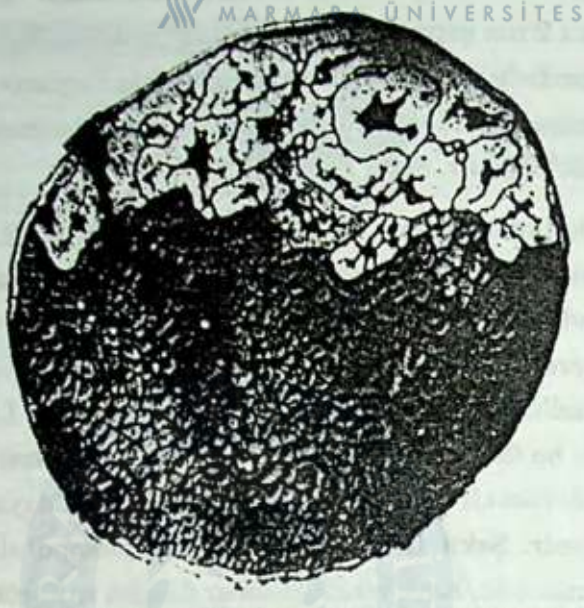
Kortikal hücrelerinin boyu 100 mikron, çapı ise 2,5 mikrondur. Elyaf ekseni boyunca birbirlerine paralel bir şekilde sıralanırlar. Korteks hücreleri, yapılarındaki keratinin farklı modifikasyonda olması ve farklı miktarlarda sistin içermeleri nedeniyle; kimyasal dayanıklılığı ve izoelektrik nokta gibi diğer özellikleri farklı iki ayrı bölümden ibarettir. Lifin enine kesiti incelendiğinde bu fark açıkça görülür. Bunlardan kimyasal reaktif ve enzimlere daha az dayanıklı olan bölgeye *ortokorteks,* daha dayanıklı kısma ise *parakorteks* denir. Şekil II.19 da elektron mikroskopu altında yünün enine kesiti görülmektedir. Koyu renkli kısımlar düzgün ve küçük ortokorteks hücrelerini, açık renkli kısımlar ise, düzensiz parakorteks hücrelerini göstermektedir. Yündeki bu farklı yapıya *bilateral yapı* da denilmektedir.

Parakorteks hücreleri lifin içbükey yüzeylerinde, ortokorteks hücreleri ise dışbükey yüzeylerde bulunur. Bu iki farklı yapı yün liflerinin kıvrımlı bir şekil göstermelerine sebep olur. Şekil II.20

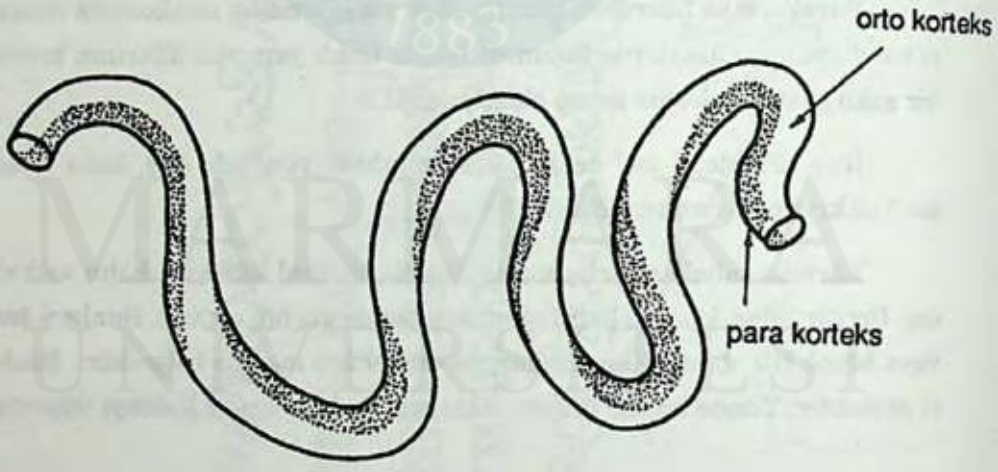
İnce liflerde, 1 cm' de 10, orta kalınlıkta yünlerde 4–8, kaba liflerde ise 1–2 kıvrım bulunur. Şekil II.20.

Korteks tabakası gelişmemiş liflerde kütikül tabakası kalın ve kabadır. Bu tür lifler, kısa ve kalın olup; boyamada güçlük çıkarır. Bunlara *kemp* veya *köpek kılı* denir. Kemp kıllarının dörtte üçü medüla bölgesidir. Renkleri parlaktır. Yünde bu tür liflerin fazla oranda bulunması kaliteyi düşürür.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Şekil II.19. Bir yün lifinin enine kesitinde ortokorteks ve parakorteks bölgelerinin mikroskop altında görünümü



Şekil II.20. Yün lifinde ortokorteks ve parakorteks bölgeleri

Medüla : Korteks tabakasının orta kısımlarında, elyaf boyunca uzanan ve medüla hücreleri ile gevşek şekilde doldurulmuş dar bir kanaldır. Çok ince liflerde yoktur. İnce yünlerde ise dar bir tek kanal halindedir. Kaba liflerde medüla bölgesi birbirine paralel birkaç kanal halindedir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

II.2.2.1.3. YÜNÜN KİMYASAL YAPISI

Hayvandan elde edilen ham yün ile, yıkanmış yünün bileşimi oldukça farklıdır. Temizlenmemiş yünde deri içindeki yağ ve ter bezlerinden ileri gelen yağlar ve vakslarla, ter tuzları vardır. Bunun yanında hayvanın yaşadığı ortamdan gelen ot, yaprak, toprak ve dışkı artıkları da bulunur. Bu bakımdan yıkandıktan sonra % 100' e yakın kısmı keratin olan yünün, ham haldeyken bileşimi Tablo II.4 de verilmiştir.

Tablo II.4. Yünün kimyasal yapısı

Keratin (Yün proteini)	% 33
Kir ve Pislik	% 26
Ter tuzları	% 28
Yün vaksı	% 12
Anorganik maddeler	% 1

Keratin : Keratin hakkında geniş bilgi, II.1.2.2. (sayfa 64) Kıl kökenli Lifler – Keratin konusu altında daha önce verilmiştir.

Kir ve Pislik : Ham yün lifleri önemli ölçüde çevreden gelen pislikleri içerir. Bu kirler, yün vaksının yapışkanlığı nedeniyle lif üzerinde tutulurlar; ancak yapak yıkama ve karbonizasyon işlemleri ile giderilmektedirler.

Ter Tuzları : Ham yünden sulu ekstraksiyon sonucu ayrılabilen maddelere ter tuzları denir. Ter tuzları, oleik ve stearik asidin potasyum tuzları ile potasyum karbonat içerir. Ayrıca küçük moleküllü asetik, laktik, valerik ve kaprilik asidleri; hem serbest halde, hem de potasyum tuzları şeklinde bulunur. Bunların yanında lösin, glisin, tirozin gibi serbest amino asidlere de rastlanır.

Yün yağı (yün vaksı) : Doğal yağların çoğu, 12–18 karbonlu yağ asidlerinin (karboksilik asid) bir trialkol olan gliserin ile yapmış olduğu esterlerdir. Vaks denilen bileşikler ise, büyük molekülü alkollerin büyük moleküllü karboksilli asidlerle yaptıkları esterlerdir. Ham yünde bulunan ve suda çözünmeyen yün yağı denilen kısım, kolesterol ve izokolesterol adı verilen yüksek karbonlu monohidroksi alkollerin yağ asidleri ile yaptıkları esterler

karışımıdır. Bu nedenler yünün suda çözünmeyen kısmı, yün vaksı olarak ifade edilmelidir. Çoğunlukla yanlış olarak yün yağı da denilmektedir.

Yün vaksı, sarımsı beyaz renkte ve organik çözücülerde çözünebilen bir maddedir. Alkollü potasyum hidroksitle bile zor sabunlaşır. Ham yünden vaksın uzaklaştırılması işlemi, yapak yıkama işlemi sırasında emülsiyon haline getirilerek yapılır. İstenildiğinde yıkama banyosundan yeniden kazanılır. Yıkama banyosundan ilk ayrıldığında kirli sarı renkte ve koyun kokusunda olan yağ, temizlendikten sonra, kokusuz, açık sarı renkte, erime noktası 38–44 °C olan pazarlama değeri yüksek bir madde haline geçer. Temizlenmiş yün vaksı, parafin ve su ile karıştırılarak kozmetik sanayiinde kullanılan *lanolin* elde edilir.

Anorganik maddeler : Yün yakıldığında bir miktar kül bırakır. Na, K, Ca tuzları ile kükürtlü bileşiklerden ibaret olan bu anorganik maddelerin bileşimleri, koyunun yetiştiği yere ve koşullara göre değişir.

II.2.2.1.4. YÜNÜN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Yün liflerinin, taşıdığı özellikleri nedeniyle, ticari değerleri oldukça yüksektir. Yaylanma yeteneği, esneklik, keçeleşme, nem çekme gibi özellikleri, diğer liflerle kıyaslandığında ona üstünlük sağlar.

1– Yaylanma Yeteneği : Bir tutam lif demetini sıkıştırdıktan sonra, basıncın kalkması ile demetin eski biçimini ve hacmini almasına yaylanma yeteneği denir. Halı, döşemelik ve yatak yapılacak yün liflerinde bu özellik aranır. Yumuşak yünlerde bu yetenek azdır; sert ve karışık lifler bu özelliğin gerektiği durumlarda en uygundur.

2 – Uzama ve Esneklik : Yün liflerinde en önemli özelliktir. Yaş haldeki yün, başlangıçtaki uzunluğunun % 70 ine kadar uzatılabilir. Çekim kuvveti kısa zamanda kaldırılırsa eski boyutlarına ulaşır. Kuru yün ise, biraz çekildikten sonra kuvvet kaldırılırsa, başlangıctaki uzunluğunun yarısına hemen, diğer yarısına da daha uzun bir sürede geri döner. Gerilmiş yün liflerinde keratin, α–şeklinden β–şekline dönüşür. Yün üzerinden bu gerilim kaldırıldığında, polimer zinciri daima α–keratin yapısına dönmeye meyleder. Bunun nedeni, molekül–içi tuz, disülfür ve hidrojen bağlarının yeniden oluşumudur. Devamlı kullanma sonucu buruşan ve torbalanmalar meydana gelen yünlü kumaştan yapılmış giysiler, bu özellikten dolayı bir süre askıda durmakla yeniden düzelir. Tekrarlanan çekme olayları yün lifle-

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

rinde sürekli biçim bozuklukları meydana getirir. Diğer doğal liflerle karşılaştırıldığında, bu özellik en fazla yünde görülür.

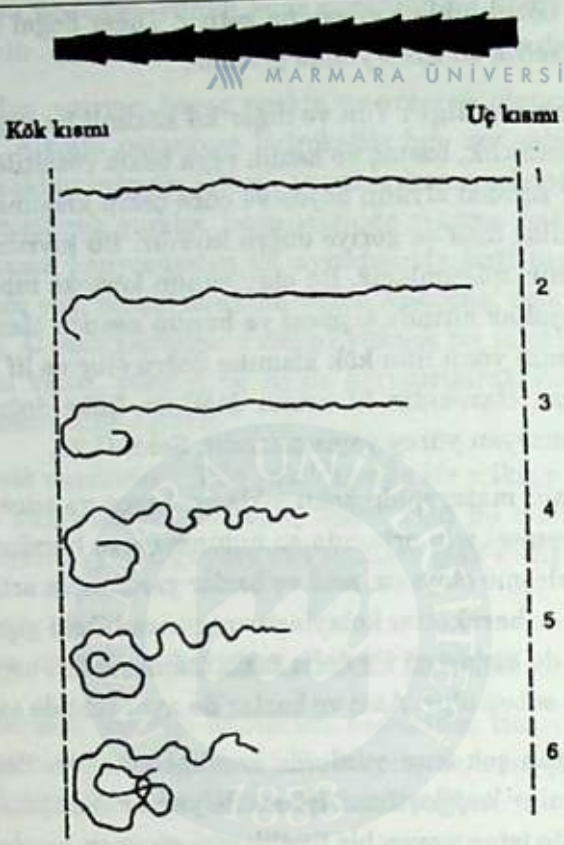
3 – Keçeleşme özelliği : Yün ve diğer kıl kökenli hayvansal liflerde görülen bu özellik; sıcaklık, basınç ve asidik veya bazik çözeltilerin etkisi ile mekanik hareketler sonucu elyafın boyca ve ence çekip kısalmasıdır. Bu kısalma sırasında, pullar dışa ve geriye doğru kıvrılır. Bu kıvrılmalarla lifler birbiri üzerine dolanır, düğümlenir. Bu olay yünün korteks tabakasının yukarıda belirtilen koşullar altında şişmesi ve bunun sonucu olarak boyca kısalmasıdır. Kısalmanın yönü lifin kök kısmına doğru olur ve lif kendi kendine kıvrılmaya başlar. Hareketin lif ucuna değil de, köke doğru olmasının nedeni, testereye benzeyen yüzey yapısındandır. Şekil II.21.

Keçeleşen yünlü materyalde doku sıklaşır; boyca ve ence kısalma görülür. Yünün keçeleşmesi için ortamda su bulunması ve hareket halinde olması yeterlidir. Keçeleşme olayı ısı, asid ve bazlar yardımıyla artar. Isı, lifleri daha elastikleştirir ve hareketini kolaylaştırır; ayrıca lifteki şişmeyi de artırır. Liflerin şişmesi de birbirleri ile daha fazla temas yüzeyi sağlar ve birbirine düğümlenmeye sebep olur. Asid ve bazlar da aynı şekilde etki yapar.

Keçeleşme, daha çok ince yünlerde kendini gösterir. Battaniye, serj kumaşlar, fötr şapkalar keçeleştirme işlemi ile yapılır. Sık yıkanması gereken yünlü materyalde istenmeyen bir özellik gibi görünen bu olaydan, bu şekilde bazı durumlarda yararlanılmış olur.

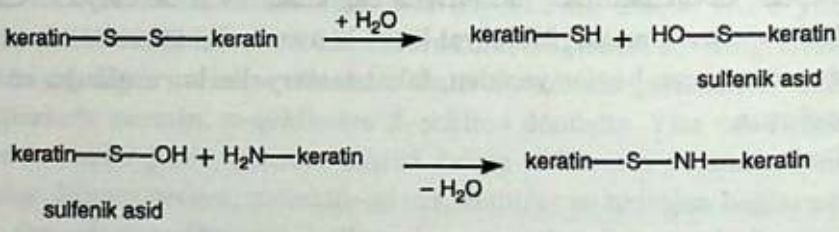
4 – Biçimlenme Yeteneği : Yün ve diğer keratin liflerine özgü olan bu özellik, geçici ve devamlı olarak meydana gelir. Islatılmış bir yünlü materyal kurutulurken belli bir basınçla istenen şekilde tutulursa, tamamen kuruduğunda bu şekli alır ve kuru kaldığı sürece şeklini muhafaza eder. Ancak ıslatıldığında yeniden eski biçimine döner. Bu koşullarda biçimlenmenin sebebi, su moleküllerinin hidrojen bağlarını ve bir dereceye kadar da tuz bağlarını koparmasıdır. Materyal kururken su molekülleri de uzaklaşacağından, sözü geçen bağlar yeniden, fakat materyalin kurutulduğu andaki şekil ile oluşur.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Şekil II.21. Keçeleşme sırasında yün lifinin hareketi

Yüne bu işlem su yerine buhar ile yapılacak olursa, disülfür bağları etkilenir; sülfenik asid ve hidrosülfür vermek üzere parçalanır. Formül II.25.

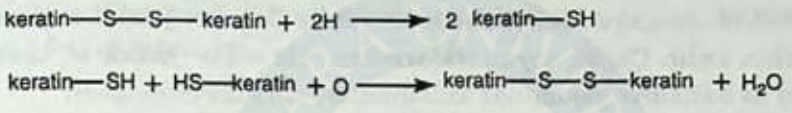


Formül II.25

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Keratin zincirinde yan grup olarak meydana gelen sülfenik asid komşu moleküllerdeki primer amin grupları ile birleşir. Bu birleşme, basınç altındaki yünün biçimini korumasını sağlar. Buharla yapılan biçimlendirme işlemi süreklidir, geri dönüşümü yoktur.

Biçimlendirme işlemi, kimyasal yolla da yapılır. Disülfür bağları amonyum tiyoglukonat, kalsiyum tiyoglukonat, sodyumbisülfit gibi maddelerle indirgenirken materyale istenen biçim verilir. Daha sonra potasyum bromat veya persülfat ile yeniden yükseltgenir. Formül II.26. Bu yöntemle insan saçı da kıvırcık etkisi vermek üzere biçimlendirilir (Perma).



Formül II.26

Tekstilde yünlü materyallerin biçimlendirilmeleri *fiksaj* olarak isimlendirilir. Yünlü işletmelerinde önemli bir bitim işlemidir.

5 – Dayanıklılık : Yün oldukça dayanıksız bir liftir. Az miktarda hidrojen bağı oluşturmasından dolayı gerilme direnci ve kopma mukavemeti düşüktür. Yün ıslandığında dayanıklığı daha da azalır. Çünkü su molekülleri polimerdeki hidrojen bağlarının kopmasına ve amorf bölgelerdeki tuz bağlarının hidrolizine sebep olur.

Pamuk ve keten gibi bitkisel elyafla karşılaştırıldığında onlardan daha dayanıksızdır.

6 – İncelik : Yün liflerinde incelik çok önemlidir ve lifin kalitesini belirler. İncelik *'s derecesi* ile ifade edilir. Bu birim en düşük 32' s ve en yüksek 80' s olmak üzere sıralanabilir. Liflerin 's derecesine göre mikron (μ=1:10000 cm) olarak kalınlıkları Tablo II.5 de verilmiştir.

Tablo II.5. Yün liflerinin inceliğine göre sınıfları

80's.....18,8 mikron	50's.....30,5 mikron
70's.....19,7 mikron	48's.....32,6 mikron
64's.....20,7 mikron	46's.....34,0 mikron
60's.....23,3 mikron	44's.....36,2 mikron
58's.....24,9 mikron	40's.....38,7 mikron
56's.....26,4 mikron	36's.....39,7 mikron

Listeden de görüldüğü gibi, 's derecesi arttıkça lifin inceliği de artar. İncelikleri bakımından yün lifleri beş sınıfa ayrılır.

a) Merinos yünleri : İnce yün tipi de denilen bu yünler, anavatanı Avustralya olan merinos denilen bir cins koyundan elde edilir. Merinos koyunları yalnız yünü için yetiştirilir. Eti lezzetsizdir. En ince lifler bu hayvandan elde edilir. Kıvrımları fazla, keçeleşme özelliği yüksektir. Yumuşak tutumlu (tuşeli), aprelenme ve boyanma yeteneği fazla kumaşların yapımında kulanılır. 60–100's inceliğinde olan merinos yünleri, dünyadaki yün üretiminin % 40' ını teşkil eder.

b) Orta yün tipi : Bu yünler, ince yünler ile uzun yünler arasındadır. Kıvrımları azdır. Çeşitli koyun ırklarından elde edilir. Erkek ve kadın kumaşları ile battaniye yapımında kullanılır. 44–60's derecesindedir.

c) Uzun yün tipi : Uzunluğu 18–23 cm arasında olan liflerdir. Orta yünlerden daha kalın ve parlaktır. 44–50's derecesinde olup çeşitli İngiliz koyun ırklarından elde edilir. Palto ve pardösülük kumaşlar ile battaniye ve keçe yapımında kullanılır.

d) Crossbred (melez) yünleri : Bu yünler orta yün tipi inceliğindedir, fakat kıvrımları fazladır. Merinoslarla İngiliz yerli koyunlarının melezleşmesinden elde edilen koyunlardan üretilir. Genellikle kamgarn kumaş yapımında kullanılır. 50–60's derecesindedir.

e) Halı yünleri : Dünyanın hemen hemen her yerinde yetişen çeşitli ırklara mensup koyunlardan üretilir. Bu tip yünlerde ince, orta ve uzun lifler yanında köpek kıllarına (kemp) da rastlanır. Ucuz yünlü kumaşlar, döşemelik, battaniye ve keçe yapımında kullanılır.

Türkiye' de yerli koyun ırklarından halı tipi yünler elde edilir. En iyi kalite yerli yün, kıvırcık ve dağlıç türlerinden üretilir.

7 – Nem Çekme Özelliği : Yün en fazla nem çeken elyaftır. Kendi ağırlığının yarısı kadar nem çekebilir. Bu bakımdan ticarette üzerindeki nem miktarı % 16–18 olarak sınırlandırılmıştır. Yünün fazla miktarda nem çekmesinin nedeni yapısında amorf bölgelerin çok olması ve su moleküllerinin kolayca polimer zincirler arasına girebilmesidir. Bunun yanında yapıdaki polar peptid grupları ve tuz bağları da su molekülleri ile ilişkiyi arttırıcı olarak rol oynar.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Yün liflerinin en önemli özelliği, nem çekme sırasında fazla miktarda ısı açığa çıkarmasıdır. Bu nedenle konfor ve sağlık bakımından kışın kullanılacak en uygun tekstil materyalidir.

Kuru havada yün üzerinde statik elektrik gelişir. Bunun nedeni, oluşacak statik elektriği dağıtmak için, kafi derecede su molekülü bulunmayışıdır.

Yün lifleri ıslatıldığında dayanıklılığının bir kısmını kaybeder, ancak gerilme kabiliyetinde artma görülür. Bunun nedeni su moleküllerinin polimer zincirler arasına girip, zincirler arasındaki etkileşim noktalarındaki kuvvetleri azaltmasıdır. Bunun sonucu olarak elyafın çapı % 18–20; boyu ise % 1–2 kadar artar.

II.2.2.1.5. YÜN LİFİNİN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

1 – Su etkisi : Su molekülleri, soğukta ve sıcakta keratine farklı şekilde etkir. Bu etki, soğukta tuz bağlarının, sıcakta ise sistin bağlarının kopması şeklinde olur. Ancak, bu kopmadan sonra materyal kuruduğunda ve soğuduğunda yeniden molekül–içi bağlar teşekkül eder. (Bkz, biçimlenme yeteneği s. 77). Sıcaklık arttıkça suyun etkisi de artar. 150°C de basınç altında yün proteini hidroliz olur, peptid bağları kopar.

2 – Amfoter özelliği : Yün protein zinciri yan gruplarında asidik (–COOH) ve bazik ($-NH_2$) gruplar içerir. Bu gruplar tüm moleküle hem asidik hem de bazik özellikler kazandırır. Bu bakımdan yün, hem asidlerle hem de bazlarla reaksiyon verebilen amfoter bir maddedir. Bu özelliği, boyamada büyük kolaylık sağlar. Anyonik ve katyonik boyarmaddelerle –iyonik bağlar yaparak– boyanır.

3– Asidlerin yüne etkisi : Yün asidlere karşı bazlardan daha dayanıklıdır. Seyreltik anorganik asidlerin çözeltileri ile muamele edilen yün, keratinin amfoter özelliğinden dolayı bir miktar asid absorplar. Genellikle 100 g yün, 80 mL N HCl ile birleşir. Bağlanan bu asid, yünü su ile çalkalamakla giderilmez.

$$\text{yün}-NH_2 + HCl \longrightarrow \text{yün}-NH_3^+Cl^-$$

Yünün ağırlığına göre % 10 u geçmeyen asid miktarları seyreltik konsantrasyonlarda ve soğukta yüne etki etmez; dayanıklılıkta bir azalma görülmez. % 80 e kadar derişik asid çözeltileri soğukta ve kısa bir sürede,

yünün dayanıklılığını azaltır. Bu etki sıcaklık ve temas süresi arttıkça artar. Dayanıklılıkta azalmanın sebebi, zincirler arasındaki karşılıklı bağların kopması ve tuz bağları ile peptid bağlarının hidrolizi sonucunda parçalanmasıdır.

4- Bazların Yüne Etkisi : Yün, baz çözeltilerinde kolayca çözünür. Bazlar yündeki yalnız tuz bağlarını değil, sistin köprülerini de etkiler; yünün mekanik özellikleri yanında keratinin yapısındaki kükürt miktarını da azaltır ve bazın konsantrasyonuna bağlı olarak bir miktar keratini çözündürür. Yündeki bu etkiler, bazın cinsine, sıcaklığa, süreye ve konsantrasyona bağlı olarak değişir. Örneğin, karbonat tuzları ve amonyak gibi zayıf bazlar, sodyum ve potasyum hidroksidlerden daha az etkilidir. Sodyum karbonat, boraks ve sodyum heksametafosfat gibi zayıf bazik karakterdeki temizleyici maddelerle güvenli bir şekilde çalışmak için 60°C nin üzerine çıkılmamalıdır. Bozunma, özelikle yüksek sıcaklıklarda daha çabuktur. % 3 lük sodyum veya potasyum hidroksid çözeltisinde kaynatılan yün, derhal ve tamamen çözünür. Peptid bağlarının kopması sonucunda keratin, amino asidlere kadar parçalanır.

$$\text{yün–CO–NH–yün} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{yün–COONa} + \text{yün–NH}_2$$

5- Tuzların Yüne Etkisi : Alkali ve toprak alkali metallerin nötral tuzları yün tarafından az miktarda absorblanır. Bu tuzların sulu çözeltilerinin de etkisi aynıdır. Tuz çözeltisinin konsantrasyonu % 5 i aştığında kaynar çözeltilerde ve uzun sürede, yün kısmen bozunur. Bir miktar keratin çözünür ve dayanıklılık azalır. Ca ve Mg iyonları içeren sert sularla kaynatıldığında yünde sararma olur.

6- İndirgenlerin Etkisi : Yün, bazik ortamda indirgenlerden kolaylıkla etkilenir. Sodyum sülfürle (Na_2S) yünde şişme meydana gelir. Lifin çapı artarken boyu kısalır. % 1 lik sodyum sülfür çözeltisi ile 65°C de, yüksek sıcaklıkta, 0,1 N NaOH ilavesi ile veya ilave edilmeksizin yünde oldukça fazla bozunma meydana gelir. 30 dakika sonra yün ağırlığının % 50 sini kaybeder; bunun yanında kükürt içeriği % 3,16 dan % 3,04 e düşer. İki saat sonra bu değer % 2,77 olur.

Sülfit asidi (SO_2 nin sudaki çözeltisi) ve sodyum hidrojen sülfit ($NaHSO_3$) ile disülfür bağları parçalanır.

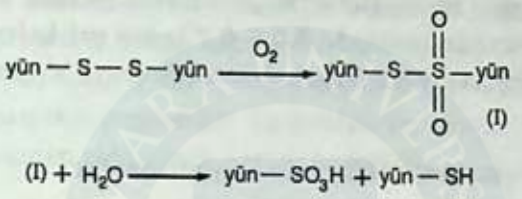
$$\text{yün–S–S–yün} + \text{NaHSO}_3 \longrightarrow \text{yün–SH} + \text{yün–S–SO}_3\text{Na}$$

% 5 lik sodyum hidrojen sülfit çözeltisi ile 30 dakika kaynatılıp, daha

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

sonra yıkama ve kurutma uygulanırsa, sistin ve tuz bağlarının kopmasından dolayı polimer zincirin başlangıçtaki uzunluğunun % 30 u kaybolur. Bu şekilde indirgenmiş yünün, yeniden yükseltgenmesi ile kimyasal biçimlendirme yapıldığı daha önce anlatılmıştır. Bkz. s. 77.

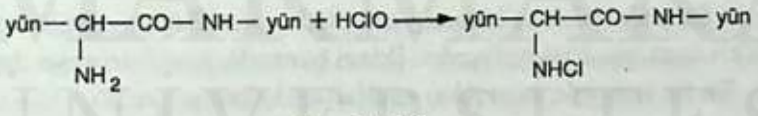
7- Yükseltgenlerin Etkisi : Yünün ağartılmasında kullanılan yükseltgen maddeler, lifin özelliklerini ve bileşimini değiştirici yönde etki eder. Ortamda ışık ve hava oksijeni olması etkiyi artırır; sistin bağları hidrolitik bozunmaya uğrar.



Formül II.27

50°C de % 3 lük H_2O_2 ile işlem görmüş yünde, elementlerin birbirlerine karşı oranları sabit kalır. Bu koşullarda hidrojen peroksit ile 3 saatten daha fazla süre muamele edilen yünde bir dayanıklılık azalması gözlenir. Ancak ortama bir miktar alkali ilavesi oksidasyona sebep olur; fiziksel özelliklerde değişme ve kükürt içeriğinde azalma görülür.

Yün halojenlerden de yükseltgenerek etkilenir. Özellikle hipoklorit (HClO) asidi ile kloramin bileşikleri oluşur. Bu bileşiklerin meydana gelmesi ile yünde sararmalar görülür. Bu nedenle klorlu yükseltgenler, yünün ağartılmasında kullanılamaz.



Formül II.28

8- Yüne Işığın Etkisi : Uzun süre ışık altında kalan yün lifleri kırılgan ve gevşek bir hale gelir. Boyarmaddelere karşı ilgisi azalır. Renginde sararma görülür. Bunun sebebi UV ışınlarının peptid ve disülfür bağlarına etki etmesidir.

9- Yüne Isı Etkisi : Yün 100–105°C de uzun süre tutulduğunda bileşiminden su kaybeder; sert ve dayanıksız bir hal alır. Daha yüksek sıcaklıklara ısıtıldığında, bozunma başlar; amonyak ve hidrojen sülfür gazları çıkar. Yün yakıldığında yanık boynuz kokusu duyulur. Nontermoplastiktir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

II.2.2.1.6. YÜNLÜ MATERYALDE TERBİYE İŞLEMLERİ

Yün lifleri hayvandan elde edildikten sonra fabrikalarda çeşitli işlemlere tabi tutulur.

1- Yapak Yıkanması : Tekstil alanında kullanılacak her yünün önce yıkanması gerekir. Yün, koyunun kendisinden ileri gelen yağlı maddeler ve ter tuzlarından başka, çevreden gelen kuru ot, saman, tohum, kurumuş yağlar ve dışkı maddeleri içerir. Bunların giderilmesi yıkama işlemi ile yapılır. Yıkama sonucunda yün üzerinde % 0,5–0,7 kadar yağ kalmalıdır. Yağın tamamen uzaklaştırılması veya fazla kalması eğirme ve boyama işlemlerinde zorluklar çıkarır.

Yıkama için dört farklı yöntem uygulanabilir :

a) Su ile yıkama
b) Sabunla yıkama
c) Çözücü ile yıkama
d) Dondurularak temizleme

a) Yündeki ter tuzları uzun zincirli organik asidlerin alkali metal tuzlarıdır. Bu nedenle deterjan özelliklerine sahiptir. Yün su ile ıslatılarak ter tuzlarının bu suda çözünmesi sağlanır. Böylece elde edilen yıkama suyu deterjan özelliği taşıdığından yün yağını emülsiyon haline getirici olarak kullanılır. Bu işlemden sonra yün çalkalanır, sabunla yıkanır ve ikinci bir çalkalamadan geçirilir. Bu yöntemin üstünlüğü, kullanılacak madde miktarının azlığı nedeniyle ekonomik olmasıdır.

b) Sabunla yıkama birinci yönteme benzer. Başlangıçtaki su yerine % 2–4 lük sabun çözeltisi kullanılır. İkinci banyoda da sabun veya deterjan bulunur. Bu iki banyoda yün vaksı emülsiyon haline geçer. Bundan sonraki üç ayrı banyoda su ile yıkama yapılır. Yıkama işlemleri sırasında yünün keçeleşmesinden sakınmak gerekir. Bu nedenle yıkama sırasında yünün hareketleri çok yavaş olmalıdır.

c) Çözücü ile yıkamada yün vaksı, karbontetraklorürle çözündürülerek uzaklaştırılır. Kurutulduktan sonra ter tuzları ve diğer kirleri giderebilmek için sabunlu su ile bir yıkama yapılır. Keçeleşme tehlikesi olmayan, fakat buna karşılık masrafı fazla bir yöntemdir.

d) Yün nemlendirildikten sonra –30°C ye soğutulursa, yün vaksı, bit-

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

kisel maddeler ve diğer pislikler donarak sert ve kırılgan bir hal alırlar. Donan maddeler, mekanik yolla dövülerek toz haline getirilip uzaklaştırılır.

2- Karbonizasyon : Ham yün, vaks ve ter tuzları yanında bitkisel artıklar da içerir. Bunlar çok küçükse ayrılmaları da çok zor olur ve tarak ve eğirme işlemlerinde zorluklar çıkarır. Ayrıca yün üzerinde kaldığı zaman boyama sırasında boyanmadan kalır. Bu nedenle selülozik artıkların giderilmesi gerektir. Bu işlem, kimyasal yolla yapılır ve *"karbonizasyon işlemi"* olarak ifade edilir. Bu işlem anorganik asidlerle selülozik maddeleri hidroliz ederek, kırılgan bir madde olan hidroselüloz haline dönüştürmektir. Daha ileri bir reaksiyonla selüloz kömürleştiğinden karbonizasyon olarak isimlendirilir. Karbonizasyon işlemi, kuru HCl gazı, % 8 lik sülfürik asid veya $AlCl_3$ gibi asidik tuzlarla yapılabilir. Karbonizasyon işlemi eski kumaşlardan yün liflerini yeniden elde etmek için de kullanılır.

Yıkanmış ve gerekirse karbonize edilmiş yün liflerinden iplik yapımı pamuk iplikçiliğine benzerse de bazı ayrıcalıkları vardır. Yün lifinin özelliklerine göre iki farklı türde iplik elde edilir :

a) Kammgarn : İnce uzun ve parlak yünlerden yapılır. Yıkanmış elyaf önce bir ön taramadan geçirilir. Daha sonra tekrar taraklanarak kısa lifler uzunlardan ayrılır. Uzun lifler düzgün hale getirilir ve eğrilir. Bu ipliklere *kammgarn* denir. En iyi kalite yün ipliğidir. Bu iplikten yapılmış kumaşlarda atkı ve çözgü iplikleri ayrı ayrı seçilebilir.

b) Ştrayhgarn : Genellikle kısa elyaf bu tür iplik yapımında kullanılır. Yıkanmış elyaf tarandıktan sonra uzun ve kısa ayrımı yapılmaksızın eğirilir. Atkı ve çözgü iplikleri strayhgarn kumaşlarda gözle ayırdedilemez.

3- Dinkleme : Yünlü kumaşları sıkı ve yoğun bir hale getirmek için yapılan kontrollü keçeleştirme işlemidir. Dinklenmiş kumaşta atkı ve çözgü iplikleri gözle görülmez. Genellikle strayhgarn kumaşlara bazen de kammgarn kumaşlara uygulanır. Keçeleştirme için seyreltik asid çözeltileri ile bazik çözelti olarak sabun çözeltilerinden yararlanılır.

4- Keçeleşmezlik : Yün lifleri bazik veya asidik çözeltilerle sıcaklık ve basınç altında keçeleşir. Yünden yapılmış, sık sık yıkama, ütüleme ve temizleme gerektiren materyallerde keçeleşme, istenmeyen bir özelliktir. Bu nedenle yün keçeleşmeyecek bir hale getirilir. Keçeleşmede rol oynayan pulumsu yüzey ya kimyasal reaktiflerle bozundurularak giderilir veya bazı kimyasal maddelerle kaplanarak dışa doğru açılması önlenir. Pulların gide-

rilmesi, klor ve alkollü potasyum hidroksidle veya enzimlerle yapılır. Fiziksel olarak pulların hareketi de bazı reçineler kullanılarak önlenebilir. Fiziksel yolla keçeleşmezlik işlemi birkaç yıkamadan sonra veya sürtünme yoluyla reçineler uzaklaşacağından devamlı değildir. Kimyasal keçeleşmezlik işlemi ile devamlı bir etki sağlanır. Keçeleşmezlik işlemi yapılmış yün, "cool wool" olarak adlandırılır.

5– Yünde ağartma : Doğal haldeki yünde bir miktar renk verici maddeler bulunduğundan hafif sarımsı renktedir. Genellikle yünlü materyal bu şekilde boyanır ve aprelenir. Ancak beyaz olarak kullanılacak materyal ile açık renklere boyanacak olanlar ağartılır. Ağartma ya indirgen veya yükseltgen maddelerle yapılır. İndirgen olarak SO_2 gazı veya bu gazın sudaki çözeltisi kullanılır. Ayrıca sodyum hidrojen sülfit de indirgen ağartıcı olarak uygulanabilir. Yükseltgen ağartıcı olarak en uygun madde hidrojen peroksiddir. Klorlu ağartıcılar yünde sararma meydana getirdiğinden kullanılamaz.

II.2.2. KIL KÖKENLİ DİĞER LİFLER

KEÇİ TÜRÜ HAYVANLARDAN ELDE EDİLEN LİFLER

II.2.2.3. TİFTİK *(Moher)*

Ankara keçisinin uzun, parlak ve yumuşak kıllarından elde edilir. 140 yıl kadar önce Orta Anadolu' da yetiştirilen tiftik keçileri ile Anadolu, dünya piyasalarında 1 numaralı üretici idi. Türkiye bu özelliğini 1950' li yıllara kadar koruyabilmiştir. Günümüzde tiftik üretiminde; ABD birinci, Türkiye ikinci, Güney Afrika Cumhuriyeti de üçüncü sırayı alır. Tiftik endüstrisinde ise İngiltere, 1839 yılından beri liderliğini sürdürmektedir.

II.2.2.3.1. FİZİKSEL YAPISI

Yünde olduğu gibi, kütikül (epiderm), korteks ve medüla tabakalarından yapılmıştır. Kütikül tabakasındaki örtü hücreleri, yünde olduğu gibi kalkık şekilde değildir; pullar geniş ve ince yapılıdır. Bu özellik, tiftiğin yünden çok daha parlak olmasını sağlar. İpek gibi parlak ve yumuşak liflere sahiptir. Pulların yapısından dolayı yün kadar çekmez ve keçeleşmez. Korteks tabakasında ise yine yünde olduğu gibi ortokorteks ve parakorteks hücreleri

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

bulunur. Ortokorteksin oranı parakorteksden daha fazladır. Bu nedenle kıvrımları sayısı daha azdır. İnce lifler, kaba liflerden daha kısadır. Moher lifleri uzunlukları bakımından üçe ayrılır:

11–15 cm boyundaki liflere *kısa lifler*

15–23 cm boyundaki liflere *orta lifler*

23 cm den uzunlara da *uzun lifler* denir.

Renkleri beyazdan açık krem rengine kadar değişir.

II.2.2.3.2. KİMYASAL YAPISI ve ÖZELLİKLERİ

Tiftik liflerinde de protein olarak keratin vardır. Pulumsu yüzeyinin ince olması nedeniyle, kimyasal reaktiflere karşı yünden daha fazla duyarlıdır.

Kammgarn ve strayhgarn olarak işlenebilir. Yünle karıştırılarak kullanılabildiği gibi yalnız olarak, döşemelik kumaşlar, kadın ve erkek kumaşları, örme trikolar ve battaniyeler yapılabilir.

II.2.2.4. KAŞMİR

Orta Asya'da Tibet ve Keşmir'de yetişen keçi türünde bir hayvan olan keşmir keçisinden elde edilir. Hayvanın kıl örtüsü, farklı iki tür kıldan oluşmuştur. Üstte kaba kıllar ve altında ince yünler bulunur. Kıllar, Haziran aylarında hayvandan yolunmak ve taranmak suretiyle alınır. Bir hayvandan ancak 200–250 g lif alınabilir. Bu bakımdan oldukça pahalı bir elyaftır.

Fiziksel yapıları merinos yünlerine çok benzer. Pulumsu yüzey, korteks ve medüla tabakalarından oluşmuştur. Lifler, beyaz, sarı, bej, açık ve koyu kahve renklerinde olabilir.

Üstteki kaba kıllardan ip, çuval ve kilim yapımında yararlanılır. İnce lifler ise, yumuşak kumaşların yapımında kullanılır. Kaşmirden yapılan ve yerel giysilerle kullanılan şal, atkı ve kuşaklar ünlüdür. Günümüzde ince yünlü kadın kumaşları ve ipek–kaşmir kadifelerin yapımı için kullanılmaktadır. Birçok kumaşta kaşmir lifleri olmadığı halde bu adla anılmaktadır. Ayrıca kaliteli kumaşların yapımında diğer liflerle de karıştırılmaktadır. En iyi kalite kaşmir lifleri, Çin ve Moğolistan'da elde edilir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

II.2.2.5. KEÇİ KILLARI

Adi keçilerin kılları kaba ve kıvrımsızdır. Bu yüzden kumaş dokumada kullanılmaz. Genellikle siyah ve kahverengi, nadiren beyaz ve gri olur. Kıl çuvallar, yem torbaları, çadır bezleri ve kilim dokumaları yapılır.

DEVE TÜRÜ HAYVANLARDAN ELDE EDİLEN LİFLER

II.2.2.6. DEVE TÜYÜ

Evcil bir hayvan olan devenin kıl örtüsünden elde edilen liflere *deve tüyü* veya *kamel* denir. Devenin kıl örtüsünden tekstilde yararlanma fikri ilk defa Hindistan'da görevli bir İngiliz subay tarafından düşünülmüş ve uygulamaya konularak kumaş haline getirilmiştir. Asya ve Afrika'da yaşayan bir hayvan olan deveden elde edilen deve tüyünün başlıca alıcısı İngiltere'dir. Deve, Türkiye'nin güney bölgelerinde de bulunur; ancak yününden yararlanılmaz.

Devenin derisi üzerinde iki farklı kıl örtüsü vardır. Üst tabaka kaba kıllardan, alt tabaka ise ince tüylerden oluşmuştur. Alttaki ince kıllar, *deve tüyü* olarak adlandırılır ve ekonomik değeri çok yüksektir. Devedeki kıl örtüsü ilkbahar ve yaz başlarında kendiliğinden dökülür. Dökülen bu kıllar hayvanın gezindiği veya oturduğu yerlerden toplanır. Toplanan lifler, taraklama yoluyla kalın ve ince olmak üzere ayrılır. Kaba lifler heybe, urgan, çadır bezi yapımında kullanılır. İnce olanlarından ise, özel elbiselik ve paltoluk kumaş yapılır.

Deve tüyünün rengi çeşitli bölgelere göre değişir. Açık kahverenkli olan kumaşların çoğu deve tüyü rengi olarak vasıflandırılır. Bu rengin ağartılması mümkün değildir. Zaten rengi, deve tüyünün bir özelliği olduğundan ağartma gerekmez; kendi renginde kullanılır. Soğuk ve sıcağı geçirmediğinden kışlık kumaşların yapımı için idealdir. Aynı zamanda su itici özelliği de vardır.

Dünya piyasasında deve tüyü üç ayrı kalite olarak satılır. En iyi kalite 1. kalitedir ve hayvanın göğüs tüylerinden elde edilir.

II.2.2.7. ALPAKA

Güney Amerika' da yetişen deve türü bir hayvan olan alpakadan elde edilen lifler de aynı adı taşır. Kıllar hayvandan kırkım yoluyla elde edilir. Görünüş bakımından tiftik yünlerine benzer. Beyazdan kahverengi siyaha kadar giden renklerdedir. Doğal renkleri ile kullanılan alpakanın en değerli olanları, nadir bulunan kahve ve siyah renklileridir. Kammgarn ve strayhgarn olarak işlenip, kazak, elbiselik kumaşlar ve iç çamaşırları yapılır.

II.2.2.8. LAMA

Deve türü bir hayvan olan lamadan alpakaya göre daha kalın ve uzun kıllar elde edilir. Genellikle kahverengi olan elyaf doğal rengi ile kullanılır. Kammgarn ve strayhgarn olarak işlenip kalın kumaşlar dokunur.

II.2.2.9. VİCUNA

Güney Amerika' da yetişen yabani bir hayvandır. Kıl örtüsü çok ince, yumuşak ve parlaktır. Bu iyi özellikleri yanında hayvan avlanma ile elde edildiğinden, ticari değeri çok yüksektir.

DİĞER HAYVANLARDAN ELDE EDİLEN LİFLER

II.2.10. TAVŞAN TÜYÜ

Tavşandan elde edilen tüylerin tekstilde kullanımı, 1920 li yıllara rastlar. Tavşan tüylerinin en kalitelisi *Ankara tavşanı* türünden elde edildiğinden, angora olarak da isimlendirilir.

Tavşan derisi üzerinde uzun ve kaba kılların altında ince ve yumuşak tüyler vardır. Hayvandan tarama, yolma veya kırkma yolu ile elde edilir. Bir tavşandan yılda 200–400 g gibi az bir miktar elde edilmesi yanında yumuşaklığı, sıcak ve soğuk geçirgenliğinin azlığı nedeniyle ticari değeri yüksektir. Dayanıksız olması sebebiyle yalnız başına kullanılmaz. % 30–40 tavşan tüyü ve % 60–70 yün ile karıştırılır. Örgü iplikleri, örgü kumaşlar ve fötr kumaş yapımında kullanılır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

II.2.3. SALGI KÖKENLİ LİFLER

II.2.3.1. DOĞAL İPEK

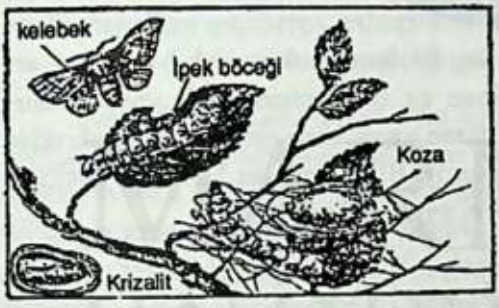
Doğal ipek, Doğu Asya ile bazı Akdeniz ülkelerinde yetişen *bombyx mori* adı verilen ipek böceğinin ürünüdür. M.Ö. 2000 yıllarında ipek Çin'de biliniyordu ve dünyaya buradan satılıyordu. İpekten dokunmuş kumaşlar Yakındoğu üzerinden (ipek yolu) Avrupa'ya taşınıyordu. Çinliler, ipek böceğinden ipek üretimini M.S. beşinci yüzyıla kadar sır olarak sakladılar. Bu tarihlerde Bizanslı iki rahip ipek böceği yumurtalarını bastonları içinde Çin'den kaçırıp Anadolu'ya getirdiler. Bundan sonra ipek üretimi hızla yayıldı. 1850–1900 yılları arasında Anadolu'da ipek üretimi en parlak dönemini yaşamıştır. O tarihte yıllık yaş koza üretimi 13000–19000 ton arasında değişmekte idi. 1900 lü yıllarda ipekböceğine karataban adı verilen bir hastalık musallat olmuş ve üretim büyük ölçüde düşmüştür. Bilimsel yollarla yapılan hastalık mücadelesi de çok başarılı olamamıştır. Günümüzde az da olsa Bursa ve çevresi başta olmak üzere ipek böceği üretimi yapılmaktadır. Türkiye' deki ipek üretimi hakkında bir fikir verme bakımından 1977 deki yaş koza üretiminin 1300 ton olduğu ve bu miktarın dünya üretiminin yaklaşık % 0,5 ini içerdiği bilinmektedir. Bu miktarla bile Türkiye dünyadaki başlıca ipek üreticisi ülkeler, Çin, Hindistan, İtalya, İspanya, Fransa, İran, Yunanistan, Suriye ve Bulgaristan arasında yer alır.

II.2.3.1.1. İPEKBÖCEĞİ ÜRETİMİ

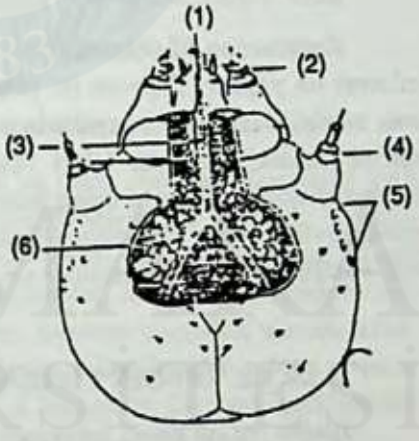
Bir dişi ipekböceği kelebeği 350–400 adet yumurta yumurtlar. Bu yumurtalar önce sarı renktedir; daha sonra kararır. Halk arasında yanlış olarak bu yumurtalara tohum da denilir. Bütün kış boyunca yumurtalar serin yerde saklanır. İlkbahara doğru, yani ipekböceğinin besin maddesi olan dut yaprakları filizlenmeye başlarken yumurtalar 20–25°C sıcaklıkta kuluçkaya yatırılır. Yumurtalardan 8–12 gün içinde kurtçuklar çıkmaya başlar. İlk çıktığında kurtçuğun boyu 2–3 mm dir, ağırlığı ise 5 mg kadardır. Bu kurtçuğun kritalit dönemine kadar geçirdiği süre beş devreye ayrılır. Bu devrelere, *yaş* adı verilir. Her yaş devresi uyku dönemi ile sona erer. Kurtçuklar yumurtadan çıktıktan sonra günde 4–5 kez kıyılmış dut yaprağı ile beslenir. I. yaş devresi 4 gün sürer. Bu 4 günün sonunda kurtçuk uyku dönemine girer. Uyku döneminde kurtçuk hiçbir şey yemez, deri değiştirir. I. uyku dö-

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

nemi 24 saattir. 5–6 gün süren II. yaş devresinde yine kıyılmış dut yaprağı ile beslenir ve tekrar 24 saatlik uyku dönemine girer. III. yaş devresi 6–7 gündür. Yine dut yaprağı ile beslenerek 26–30 saatlik üçüncü uykuya geçer. IV. yaşı 8–10 gün; uyku dönemi ise 30–36 saattir. V. yaşı 10–13 gündür. Bu yaşın sonunda kurtçuk artık tırtıl haline gelmiştir; ağırlığı 4–5 gramı, boyu ise 5–9 cm'i bulur. Tırtıl beşinci yaşın sonunda krizalit dönemine girer. Kendisine içinde krizalit dönemini geçireceği bir koza örmeğe başlar. Tırtıl kozayı örmek için sekiz rakkamına benzeyen hareketler yaparken ağzından bir sıvı salgılar. Bu viskoz sıvı havada lif şeklinde katılaşır. Kozanın örülmesi 4–5 gün sürer. Bu sürenin sonunda tırtıl kendini koza içine hapseder. Bu koza içinde 18–20 gün kaldıktan sonra kozayı delerek, kelebek halinde kozadan dışarı çıkar ve yeniden üremeye hazırlanır. İpekböceğinin başının içinde iki tarafta simetrik olarak yerleşmiş dört salgı bezi vardır. Bu dört salgı bezi iki tür sıvı salgılar. Arka taraftaki büyük bezlerden çıkan sıvı, daha küçük olan diğer bezlerden çıkan sıvı ile kaplanır. Deliklerden ipek sıvısı bileşiminde geçen bu madde, havaya çıktıktan sonra iki filament şeklinde pıhtılaşır. Bu filamentleri ipekböceği ön ayakları ile çeker ve düzeltir. Şekil II.22 ve 23.



Şekil II.22. İpekböceğinin çeşitli evreleri



Şekil II.23. (1) İpek filamenti (2) Salgının çıkış ağzı (3) Bileşik bez kanalı (4) Anten (5) Gözler (6) Salgı bezleri

Kelebek haline gelen ipekböceğinden damızlık olarak kullanılacakların kozayı delip çıkmalarına ve böylece yumurtlamalarına izin verilir. Bunların dışındakilerin kozayı delmesi istenmez. Çünkü delinen kozalardan kesiksiz lifler elde edilemez. Bu yüzden koza içindeki kelebek, delme aşamasına gelmeden önce öldürülür. Bu işlem üç yöntemle yapılır.

1 – Koza içindeki krizalit en fazla –15°C ye kadar dayanıklıdır. Kozalar – 20°C de bekletilirse böcekler öldürülmüş olur.

2 – En fazla 2–3 atm basıncına dayanabilen böcekler, kozaları 5 atm basınç altında tutmakla öldürülebilirler.

3 – Böcekler yüksek sıcaklıkta, veya 70–80°C lik buharla 20 dakika veya 90°C lik kuru havada 15 dakikada öldürülürler.

Böcekleri öldürülmüş kozalar daha sonra kurutulmaya bırakılır. Yaş koza ile kuru kozanın ağırlıkları oranı *reza terimi* ile ifade edilir.

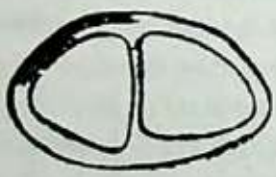
$$\text{Reza} = \frac{\text{Kuru koza ağırlığı}}{\text{Yaş koza ağırlığı}} \times 100$$

Reza değeri, % 38–46 arasında değişir.

Kozalardan lif uçlarının bulunup çekilmesi, bunların sıcak su ile pişirilmesi ile yapılır. Pişirme ile liflerin birbirinden ayrılması sağlanır. Pişirme, sıcaklıkları farklı banyolarla yapılır. Böylece sıcak ve ılık banyolara ardarda konan kozaların içleri tamamen su ile doldurularak yumuşatılır. Kozayı oluşturan filament uçları bulunduktan sonra, biraraya getirilerek çıkrıklar yardımıyla sarılır. Bu işleme *filatür* denir. Birkaç tanesi biraraya getirilerek bükülmüş ipek ipliklerine *ham ipek* veya *grej* adı verilir.

II.2.3.1.2. İPEĞİN FİZİKSEL YAPISI

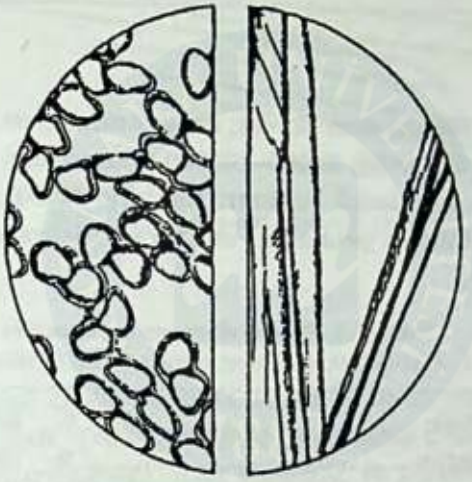
İpeğin enine kesiti incelendiğinde iki ayrı yapı görülür. Şekil II.24.



Şekil II.24. İpek lifinin enine kesiti

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Orta kısımda iki ayrı bezden salgılanan iki ayrı bölüm halinde fibroin maddesinden oluşmuş lif kısmı; dışında ise hem iki bölümü birbirine yapıştıran hem de tüm lifi kaplayan *serisin* adı verilen yapışkan bir madde vardır. Bu yapışkan madde life dik, sert ve donuk bir görünüm verir. Bu nedenle ham ipek donuk ve serttir. Rengi sarımsı beyazdır. Bu hafif sarımsı renk, büyük ölçüde karoten, ksantofil ve bitkisel pigmentlerden ileri gelir. Şekil II.25 de ham ipeğin mikroskop altındaki uzunlamasına ve enine kesitleri görülmektedir.



Şekil II.25. İpek lifinin mikroskop altında enine kesit ve boyuna görünümü

İpek filamentleri doğal lifler içinde en uzun olanıdır. Kozadaki ipek filamentinin uzunluğu 1000–3000 m arasında değişir. Bir kozadan koparılmaksızın 600 m kadar filament elde edilebilir. Ham ipeğin çapı, 12 μm ile 30μm arasında değişir. Bu değerler filamentin, kurtçuk tarafından uniform bir incelikte üretilemediğini gösterir. Kozanın dışından alınan lifler, çok daha kalın; içtekiler (daha sonra salgılananlar) ise daha ince ve uniformdur. Ham ipekte incelik ortalama 1,8–3 denier'dir. Serisini uzaklaştırılmış ipekte ise bu değer 1,3 denier'dir.

II.2.3.1.3. İPEĞİN KİMYASAL YAPISI

Ham ipeğin kimyasal bileşimi üretim koşulları ve böceğin kaynağına göre değişir. Genellikle bileşim, Tablo II.6 daki değerleri gösterir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Tablo II. 6. İpek lifinin kimyasal yapısı

Fibroin	% 63–67
Serisin	% 22–25
Su	% 7–11
Vaks	% 0,5–1
Anorganik mad	% 1–1,7

Fibroin :

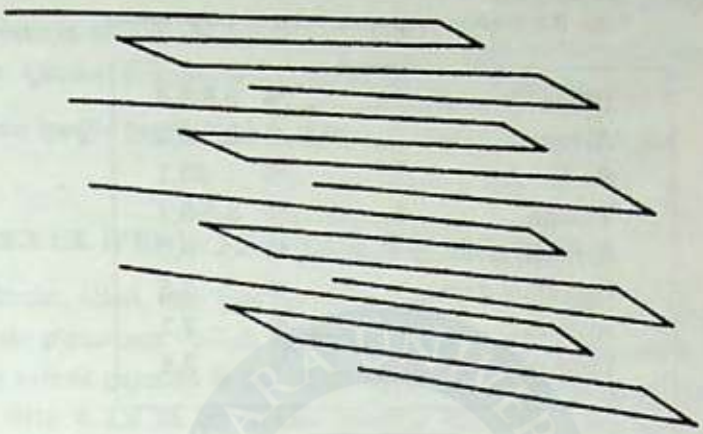
İpekte ana madde olan fibroin, suda çözünmeyen ve ipliksi yapıda bir proteindir. Molekül ağırlığı 80000–100000 arasındadır. Kimyasal bileşiminde toplam onaltı aminoasid bulunur. Bunların % 80' ini alanin, glisin ve serin oluşturur. Fibroin proteinini oluşturan başlıca amino asidler Tablo II.7 de verilmiştir.

Tablo II. 7. Fibroini oluşturan amino asidler

Glisin	% 30 - 36
Alanin	% 18 - 20
Serin	% 7,8 - 10
Tirosin	% 14,7

Fibroin amino asidleri içinde kükürt içerene rastlanmaz. Bu nedenle polimer sisteminde disülfür bağları yoktur. Polimer zincirleri, birbirlerine sıkıca bağlı bir yapıdadır ve bu yapı birbirine komşu zincirlerin –NH–CO– grupları arasındaki hidrojen bağları ile sağlanır. Ayrıca, yan bağlardaki asidik ve bazik gruplar da çapraz tuz bağları oluşturur. Yapısında basit amino asidlerin (alanin ve glisin) oranının fazla olması, molekülün β–şeklinde bulunmasına sebep olur. β–şeklindeki fibroin zincirleri, Şekil II.26 da görüldüğü gibi katlanmış durumda bulunurlar. Bu yapı, kristalin bölge oluşturma olasılığını artırır. Gerçekten de ipekte % 65–70 oranı ile kristalin bölgeler yüne nazaran oldukça fazladır. Polimer zincirler arasındaki çekim kuvvetleri H–bağları ile sağlanır.

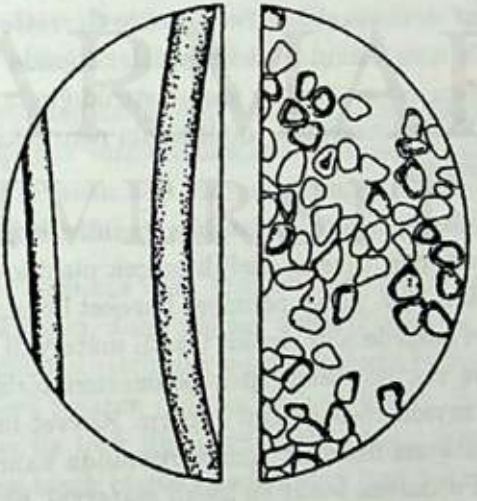
MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Şekil II.26. β- Fibroinin molekül yapısı

Serisin :

İpekte bulunan ikinci protein maddesi serisindir. Lifin temel maddesi olan fibroinin üzerini kaplayan, suda, asidik ve bazik çözeltilerde çözünebilen bir maddedir. Ham ipekten, pişirme veya zamk çıkarma işlemi denilen bir işlemle uzaklaştırıldığında, ipek yumuşak ve parlak bir görünüm alır. Şekil II.27.



Şekil II.27. Zamk çıkarma işlemi görmüş ipek liflerinin mikroskop altında görünümü

Serisinin bileşimindeki başlıca amino asidler.Tablo II.8 de verilmiştir.

Tablo II.8. Serisinin yapısında bulunan amino asidler

Glisin	%	3,5-5,8
Alanin	%	3,7-9,2
Serin	%	30,1
Tirozin	%	3,2-5,7
Aspartik asid	%	~ 9,0
Glutamik asid	%	~ 2,5
Arginin	%	~ 3,7
Tirosin	%	~ 3,8

Vakslar : İpekten eterle ekstrakte edilebilen maddeler, genellikle vaks yapısındadır. Bunun yanında eser miktarda 25 den büyük karbon sayısında parafinler de vardır.

II.2.3.1.4. İPEĞİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

İpekte nem çekme özelliği çok yüksektir. Ancak kristalin bölge oranının fazlalığı sebebiyle, yün kadar çok nem çekmez. Islaklık hissi duyulmaksızın % 30' a kadar nem çekebilir. Bu nedenle ticarette kuru ağırlığının % 11'i kadar mutlak nem kabul edilebilir. Islandığında dayanıklılığının % 15'ini kaybeder. Nem çekme hızları karşılaştırıldığında, ipek yünden daha çabuk nem çeker. Çünkü üzerinde yündeki gibi nem çekmeyi engelleyici pulumsu bir tabaka yoktur.

Hayvansal lifler içinde en dayanıklı olanıdır. Koparılmaksızın % 10–25 gerilebilir. Ancak ipek, elastik özellikten çok plastik olarak kabul edilir. Çünkü fazla kristalin olan yapısı polimere hareket imkanı vermez. Bu hareket daha çok amorf bölgede olur. İpekli tekstil materyali aşırı derecede uzatılırsa, bu gerilmiş durumu alan ipek polimerleri birbiri üstünde kayar. Germe işlemi çok sayıda H–bağlarını koparır. Kuvvet kaldırıldığında, polimerler orjinal durumuna dönmez; yeni durumunda kalır. Bu durum ipeğin polimer sisteminin düzenini bozar ve ipekli materyal, bükülmüş, buruşmuş ve kırışmış şekilde kalır.

Elektrik iletkenliği çok kötüdür. Bu yüzden eskiden elektrik kablolarının sarılmasında kullanılırdı. Bu özelliğine bağlı olarak sürtme ile elektriklenir.

Kristalin bölgelerin fazlalığına rağmen ipek filamentlerinin tuşesi yumuşaktır. Çünkü, filamentlerin yüzeyi düzgün ve pürüzsüzdür.

Ham ipeğin özgül ağırlığı, 1,30 – 1,37 g/cm^3 değerindedir.

II.2.3.1.5. İPEĞİN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Fibroin, alkol, eter gibi organik çözücülerde çözünmez. Bunun yanında suda da çözünmez. Ancak su ile bir şişme gösterir. Bu şişme, 18°C de % 30–35 su alarak çapında % 16–18 lik bir artma şeklinde gerçekleşir. Bu koşullarda lifte % 1,2 lik bir uzama görülür. Havadan nem absorplaması da bir şişme ile elele gider. Şişme, asidik ve bazik çözeltilerle daha da fazla olur. Bazik çözeltilerle oluşan şişme olayında geriye dönüş yoktur.

Fibroin, asidlere karşı bazlardan daha dayanıklıdır. Kuvvetli asidlerin seyreltik çözeltileri ipekte her hangi bir bozunmaya sebep olmaz. Yüksek sıcaklıklarda ve yüksek konsantrasyonlarda etki artar. Örneğin soğukta bile derişik sülfürik asid ve hidroklorik asidde çözünür. Asidlerin etkisi büyük ölçüde çözeltinin pH' ına ve sıcaklığa bağlıdır. Formül VI.25 görüldüğü gibi, hidroliz reaksiyonu ile amino asidlere parçalanır. İpek, organik asidlerden de etkilenir. Asetik, oksalik, formik ve laktik asidler ipekli kumaşa parlaklık ve özel bir tutum (hışırtı) verirler. Bu asidler, bu nedenle ipeğin terbiye işlemlerinde kullanılır. Bu işleme *avivaj* denir.

Asidler, ipeği yünden daha fazla bozundururlar. Asidlerin ipekle yünden daha kolay reaksiyon vermelerinin sebebi, yapılarında yündekine benzer bir çapraz disülfür kovalent bağı bulunmamasıdır. Kuvvetli asidler, fibroindeki peptid bağlarını hidrolitik parçalanma ile koparır.

Bazik çözeltiler soğukta ipek filamentinde şişme meydana getirir. Bazik çözeltilerle etkileşim, daha yüksek sıcaklıklarda ve uzun sürede bozunmaya dönüşür. İpek polimerlerini çapraz bağlarla birbirine bağlayan tuz bağları ve H–köprüleri kolayca hidroliz olur ve kopar. Polimer zincirlerin birbirinden ayrılması ile ipek filamenti bazik çözelti içinde çözünür hale gelir. Daha uzun süre bazik çözelti içinde kalan ipek polimerlerinde peptid bağları da hidroliz olur ve polimer tamamen amino asidlere parçalanarak

çözünür. Formül II.25. % 5–7 lik NaOH çözeltilerinde birkaç dakika kaynatmakla tamamen parçalanıp çözünür. İpek, amonyak çözeltisi, soda, sodyum fosfat çözeltisi ve hatta sodalı sabun çözeltilerinden bile zarar görür. Bu etkiler sıcaklık derecesi arttıkça artar.

$$\text{Fibroin} - \text{NH} - \text{CO} - \text{fibroin} + H_2O \xrightarrow{OH^-} \text{Fibroin} - NH_2 + \text{fibroin} - \text{COOH}$$

Formül II.25

Kalsiyum, baryum, stronsiyum katyonlarının bazı tuzları ile çinko klorürün derişik çözeltilerinde, fibroin sınırsız şekilde şişer ve viskoz bir çözelti oluşturur.

Hipoklorit ve klor çözeltileri, düşük konsantrasyonlarda bile fibroini bozundurur. Diğer proteinlere benzer şekilde önce kloramin oluşumundan dolayı sararma; daha ileri reaksiyonla da zincirde parçalanma görülür. İpek ağartılmasında kullanılan hidrojen peroksit çözeltileri ise fibroin üzerine kuvvetli bir etki yapmaz.

İpeğe ışık da etki eder. Işık etkisi altında hava oksijeni ile bir fotokimyasal oksidasyon reaksiyonu meydana gelir. Asidler, bazlar, bakır, kalay, kurşun ve özellikle demir tuzları bu reaksiyonu kataliz eder.

İpek ısıya karşı yünden daha duyarlıdır. İpekte mevcut olan peptid, tuz ve hidrojen bağları 100°C nin üzerindeki sıcaklıklarda kopmaya eğilimlidir. Yandığında karakteristik yanık saç veya kıl kokusu duyulur.

II.2.3.1.6. İPEKTE TERBİYE İŞLEMLERİ

a) Zamk Çıkarma (Pişirme) :

Kozalardan elde edilen filamentler daha sonra iplik ve kumaş haline getirilir. Genel olarak iplik halinde iken serisini uzaklaştırma işlemi, yani zamk çıkarma yapılır. Zamk çıkarma işlemi üç farklı yöntemle yapılabilir. Bunlardan ikisi, serisinin suda çok çözündüğü ortamlar olan asidik ve bazik banyolarda zamk çıkarmadır. En çok kullanılan bazik banyolardır. Bunlarda pH : 10–10,5 olacak şekilde ayarlanmış sabun çözeltileri kullanılır. Bu çözeltilerde kaynatılan ham ipek üzerindeki serisin maddesi banyoya geçer. Zamk çıkarmada kullanılan sabun çözeltisi, daha sonra ipeğin boyanmasında yardımcı madde olarak kullanılır. Bu banyoya *bast sabunu* denir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Asidik banyolarla zamk çıkarma işlemi pH değeri 2,3 olan banyolarda gerçekleştirilir. Fakat günümüzde bu yönteme nadiren başvurulur.

Üçüncü bir zamk çıkarma işlemi enzimlerden yararlanmadır. Bunun için kullanılan enzimler, pepsin, tripsin ve papaindir. Bu yöntem zamk çıkarma için en uygun fakat pahalı bir yöntemdir.

Serisinin filamentten tamamen uzaklaştırılıp uzaklaştırılmadığı % 0,1 lik pikrokarmin içeren bir çözelti ile anlaşılır. Bu çözelti ile ipek ıslatılacak olursa, serisin maddesi varsa koyu kırmızı, yoksa açık sarı olur.

Çoğu zaman ipek filamentlerinin üzerinden serisinin tamamının uzaklaştırılması istenmez. Böyle durumlarda zamk çıkarma işlemi kısmen yapılır. Zamk çıkarma derecesine göre ipek, çeşitli isimler alır :

Ecru ipeği : Sıcak su ile basit bir yıkama sonucunda serisinin ancak % 3–5 i gider. Çözgü ipliği olarak kullanılan bu tür ipeklere ecru ipeği veya *sert ipek* denir.

Souple ipeği : Ham ipek 60°C deki sabun çözeltisinde birkaç saat bırakılırsa, serisinin yarısı çözeltiye geçer. Atkı ve çözgü ipliği olarak kullanılan bu ipeğe, souple ipeği veya *esnek ipek* adı verilir.

Cuit ipeği : Ham ipeğin üzerindeki zamk tamamen giderilmişse çok yumuşak ve parlak filamentler elde edilir. Bu ipek yalnız atkı ipliği olarak kullanılır; cuit ipeği veya *yumuşak ipek* denir.

b) Ağartma : İpek için en iyi ağartıcı hidrojen peroksittir. Ancak ipeğin hidrojen peroksitle uzun süre temas etmesi yapısını bozar. Ağartma kısa sürede ve pH : 10' a getirilerek 60–75°C de yapılır. Banyoda bir gece bekletilecekse peroksit konsantrasyonu azaltılır.

c) Ağırlaştırma (Şarj) : İpeğin zamk çıkarma işlemi ile kaybettiği ağırlığın (yaklaşık % 25) kumaşa yeniden verilmesi işlemine denir. Bu işlem ağır metal tuzlarını elyafa bağlamak şeklinde yapılır. Koyu ve açık renkteki kumaşlara farklı ağırlaştırma maddeleri kullanılır : Koyu renkler için Fe^{++} tuzları ve tannin, açık renkler içinse, kalay (II) klorür ve sodyum fosfat tuzları seçilir. Bu maddeler ipek üzerinde molekül ağırlığı büyük bileşikler halinde çökerler ve kumaşı ağırlaştırırlar. İpekte ağırlaştırma derecesi "*pari*" terimi ile verilir. Eğer ipekli kumaş kaybettiği ağırlık kadar ağırlaştırılmışsa, *pari ağırlaştırılmış kumaş* denir. Daha az ağırlaştırılmışsa parinin altında, fazla ağırlaştırılmışsa parinin üstünde ağırlaştırılmış ipek olarak vasıflandırılır. Bu değerler % olarak verilir. Çok fazla ağırlaştırma ipeğin dayanıklılığını düşürdüğünden ticarette en fazla % 60 parinin üstünde ağırlaştırma kabul edilmektedir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

BÖLÜM III

III. YAPAY (KİMYASAL) LİFLER

Yeryüzünde nüfus arttıkça, doğal lifler, insanların ihtiyacına yetmemeğe başladı. Bu nedenle insanlar, gereksinmeleri olan lifleri belli ölçüde kendileri elde etmeyi düşündüler. Bu hususdaki ilk fikir, 1664 yılında İngiliz R. Hooke tarafından ortaya atıldı. Daha sonra, 1710 yılında Fransız R.A. Réaumur, reçine ve vernik kullanarak bir filament elde etmeyi tasarladı. Ancak kimyasal olarak elyaf yapımında ilk ciddi adım, 1855 de İsveçli G. Audemars' ın selüloz nitratı keşfetmesi ile atılmış oldu. Bu konu üzerine yapılan birçok araştırma Chardonet tarafından sonuçlandırılmıştır. Chardonnet, ipekböceğinin hastalıkları üzerine araştırmalar yapan Pasteur' un öğrencisi idi. Chardonnet, ipekböceğinin ipek filamentini üretimine benzeterek, suda çözünen selüloz nitratı ince deliklerden basınçla verip, bir taraftan da kurutarak selüloz nitrat filamentlerini elde etti. Selüloz nitratın çok kolay alevlendiğini gözönüne alarak filamentleri amonyum sülfür ile denitrate etti. Bu ürün, 1890 yılında Paris Fuarında ilk kimyasal elyaf olarak sergilenmiş oldu. Bu yolla imal edilen yapay liflere ipeğe benzerliği nedeniyle ve üreticisinin adına *Chardonnet ipeği* adı verildi.

1920 li yıllarda Staudinger, sentetik (sentez yolu ile elde edilen) polimerler üzerinde çalışmaya başladı. Bu çalışmalarla birlikte polimerler hakkında daha geniş bilgiler elde edildi. Bunun yanında çok sayıda yeni polimer sentez edildi. Yapılan çalışmalar sonucunda, sentetik bir polimerden üretilen ilk sentetik elyaf 1938 yılında tüketiciye sunuldu.

Kimyasal lifler üzerindeki araştırmalar günümüzde halen devam etmektedir. Bu araştırmalarla iki ayrı ana sınıfta inceleyebileceğimiz çok sayıda lif türü elde edilmektedir. İnsanlar tarafından yapılan ve yapay lif adını da verebileceğimiz kimyasal lifler, ham maddesinin kaynağına göre iki ana sınıfa ayrılır.

1 – REJENERE LİFLER : Elyafın ana maddesini oluşturan polimerler, doğal kaynaklardan polimer bileşikler halinde elde edilip, bir takım fiziksel ve kimyasal yöntemlerle lif haline getiriliyorsa *rejenere lifler* olarak isimlendirilir.

2 – SENTETİK LİFLER : Elyafın ana maddesi olan polimer, bazı kimyasal maddelerden sentez yoluyla elde ediliyorsa *sentetik lifler* olarak adlandırılmaktadır.

Ayrıca yapısı anorganik olan maddelerden insan eliyle elde edilmiş lifler de varır. Cam lifleri ve metalden çekilmiş bu tür liflere yapay anorganik lifler denir.

YAPAY LİFLERİN ELDE EDİLMESİ

Yapay liflerin elde edilmesinde prensip, ipekböceğinin ipek filamentlerini üretmesine benzer. İpekböceğinde olduğu gibi sıvı haldeki polimer madde, ince bir delikten katı hale gelebileceği bir ortama verilir. Kimyasal lif üretiminde üç koşul gereklidir.

a) Kullanılan polimer sıvı halde olmalıdır.

b) Sıvı polimer ince deliklerden (spinneret), sabit basınç altında püskürtülmelidir.

c) Deliklerden çıkan sıvı polimerin, filament halinde katılaşabileceği bir ortam bulunmalıdır.

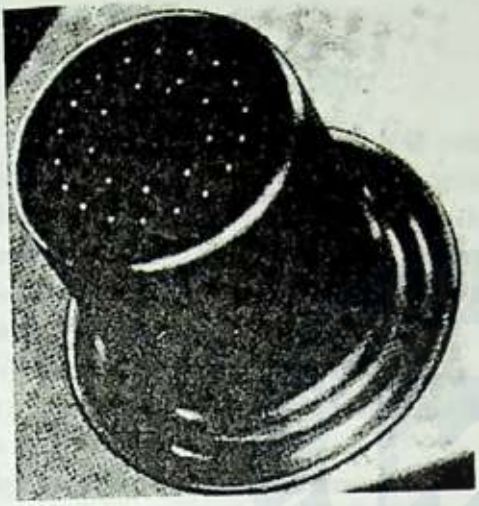
Bu prensipler uygulanarak üç farklı yöntemle yapay lif üretilir :

1) Yaş–eğirme, 2) Kuru–eğirme, 3) Yumuşak–eğirme.

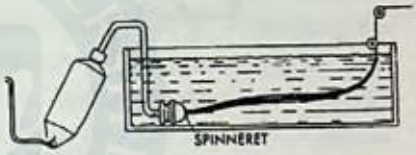
1– YAŞ EĞİRME YÖNTEMİ :

Bu yöntemde polimerin uygun bir çözücü içindeki çözeltisi hazırlanır. Bu çözelti, bir koagülasyon banyosu içinde bulunan spinneret (düze, nozül) başlığına (Şekil III.1) bir pompa yardımıyla sabit basınç altında gönderilir. Spinneret başlığının bulunduğu banyoya koagülasyon banyosu denmesinin sebebi, polimerin bu banyo içinde pıhtılaşması yani koagüle olmasıdır. Polimer çözeltisi ince deliklerden filament şeklinde çıktığından bu biçimde pıhtılaşır ve çöker. Şekil III.2. Koagülasyon banyosunun yapısı, polimeri çözelti halinden katı hale getirecek şekilde hazırlanır. Örneğin, bazik çözeltilerde çözünüp asidlerde çözünmeyen bir polimer maddenin bazik bir çözeltisi ha-

zırlanır; koagülasyon banyosu olarak da polimerin çözünmediği bir asidik çözelti seçilir.



Şekil III.1. Spinneret başlığı



Şekil III.2. Yüz eğirme yöntemi

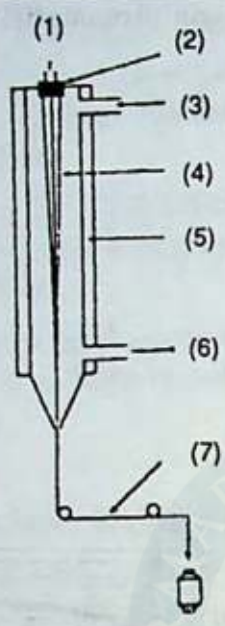
Spineret başlıkları, üzerinde elde edilecek filamentin çapı büyüklüğünde bir veya birkaç delik bulunan başlıklardır. Şekil II.1. Tek delikli bir spinneretten "*monofilament*" veya kısaca "*monofil*" denilen bir tek filament; çok delikli spinneretten ise "*multifilament*" veya "*multifil*" denilen filament demeti elde edilir.

2- KURU-EĞİRME YÖNTEMİ

Bu yöntemde, polimer çözeltisini hazırlamak için kullanılacak çözücü maddenin kolay uçucu, yani kaynama noktası düşük bir madde olması gerekir. Böyle bir çözelti ince deliklerden sabit basınç altında ve içinden sıcak hava akımı geçen odalara püskürtülürse, çözücü kolayca buharlaşır; geriye filament şeklinde biçimlenmiş polimer madde kalır. Şekil III.3.

Bu yöntemde, çözücü olarak kullanılacak maddenin kolay ucu olması yanında kolay bulunan, ucuz ve tutuşmayan cinsten olması tercih edilir. Spinneret başlığından çıkan polimerin sıcak havadan etkilenmesi durumunda, sıcak hava yerine sıcak doymuş buhar veya sıcak azot gazı kullanılır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



1– Polimer çözeltisi
2– Filtre
3– Sıcak hava girişi
4– Katılaşmış filamentler
5– Isınma hücresi
6– Gaz çıkışı
7– Germe – uzatma

Kuru–eğirme yöntemi

Şekil III.3. Kuru eğirme yöntemi

3 – YUMUŞAK EĞİRME YÖNTEMİ :

Herhangi bir çözücüde çözünmeyen termoplastik özelliğe sahip polimerler yumuşak eğirme yöntemi ile filament haline getiririrler. Bu yöntemde granül (çips) halindeki polimer parçaları, erime noktası üzerindeki sıcaklığa ısıtılarak eritilip sıvı hale getirilir. Erimiş polimer bir pompa yardımıyla sabit basınç altında spinneret başlıklarından, içinden soğuk hava akımı geçen odalara püskürtülür. Erimiş polimer, soğuk odalarda filament halinde katılaşır. Şekil III.4.



A : Polimer parçaları
B : Eğirme kabı
C : Elektrikle kızdırılmış ızgara
D : Erimiş Polimer
E : Düzeler (spinneret)
F : Pompa
G : Soğuk hava akımı
H : Buharlama odası
J : İplik
L : Bobin

Şekil III.4. Yumuşak eğirme yöntemi

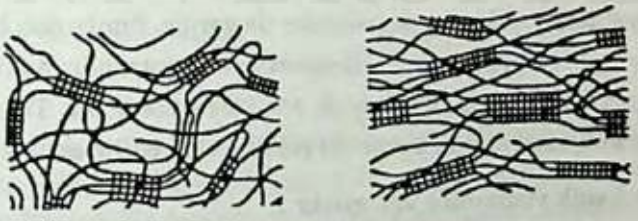
Polimeri eritmek için yüksek sıcaklık derecelerine ısıtmak gerekir. Bu sıcaklıklarda polimer hava oksijeni ile etkilenip bozunduğundan, sistemde soğutucu olarak hava yerine inert bir gaz olan azot gazı kullanılır.

GERME–ÇEKME İŞLEMİ :

Bu üç yöntemden biri ile elde edilmiş filamentler, taşıdığı özellikler bakımından henüz tekstilde kullanılmaya uygun değildir. Polimerin, sıvı halden katı hale ani olarak geçmesi, molekül zincirlerinin karmaşık olarak düzenlenmesine sebep olur. Kısa süre içinde polimer zincirlerinin kendi kendine düzenlenerek kristallenme meydana getirmesi beklenemez. Tekstil liflerinde ise, amorf ve kristalin bölgelerin belli oranlarda birlikte bulunmaları bazı özellikler bakımından gereklidir. Lifin içinde yalnız amorf bölgelerin olmaması, bir miktar da kristalin bölgenin teşekkül etmesi için katılaşma süresini uzun tutmak da yeterli olmaz. Lifin yapısındaki kristalin bölgeleri arttırmak, bunun sonucu olarak da filamente gerekli bazı özellikleri sağlamak üzere *germe–çekme* işlemi uygulanır.

Germe–çekme işleminde filamentler, boylarının üç ila on katı (% 300–1000) uzatılır. Bu uzatma sırasında filament incelir; iç yapıdaki polimer zincirleri elyaf ekseni boyunca yönlenir ve birbirine paralel hale geçer. Paralelleşen polimer zincirleri, kimyasal ilişki sonucunda kristalin bölgeleri oluşturur. Şekil III.5.

Germe–çekme işlemi yapılmamış iki lifin boyuna kesitleri mikroskop altında incelendiğinde, iç yapıdaki polimer zincirlerin önce karmaşık ve amorf karakterde olduğu; germe–çekme uygulandıktan sonra ise lif boyunca yönlenen kristalin bölgelerin oluştuğu gözlenir. Bu işlemle filamentin dayanıklılığı artar.

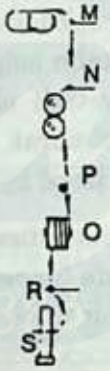


çekme yapılmamış filamentlerde kristalin bölgeler

çekme yapılmış filamentlerde kristalin bölgeler

Şekil III.5

Germe–çekme işlemi, hızları farkı iki silindir arasından filamenti geçirmek suretiyle yapılır. Filament her iki silindire kaymayı önlemek üzere birkaç kez sarılarak yerleştirilir. Filamentin önce sarıldığı silindirin hızı (υ_1), ikinci silindirin hızından (υ_2) daha küçük olmalıdır. Böylece ikinci silindirin daha hızlı oluşu ile silindirler arasındaki bölgede filament boyu uzayarak çekilir. Bu bölgeye çekim bölgesi denir. Filamentteki uzama miktarı hız farkı ile doğru orantılıdır. İkinci silindirin hızı birinciden ne kadar fazla ise uzama o oranda fazla olur. Germe–çekme işlemi soğukta yapılabildiği gibi, silindirler veya çekim bölgesi ısıtılarak sıcakta da yapılabilir. Şekil III.6.



M,N : İplik yönlendiricileri
O : Verici silindirler
P : Germe
Q : Alıcı silindirler
S : Bobin

Şekil III.6. Germe - çekme işlemi

TEKSTÜRE LİF ÜRETİMİ

Filament üretiminde germe–çekme işleminden sonra, doğal liflere benzetebilmek için yapılan başka işlemler de vardır. Bunlardan biri doğal liflerin çoğunda bulunan kıvrımları, filamentlere de kazandırmaktır. Bu işleme *tekstürizasyon*, elde edilen ipliklere de *tekstüre iplik* denir. Tekstüre iplikler, mekanik ve kimyasal olmak üzere iki şekilde elde edilirler.

1– Mekanik yöntemler üçe ayrılır :

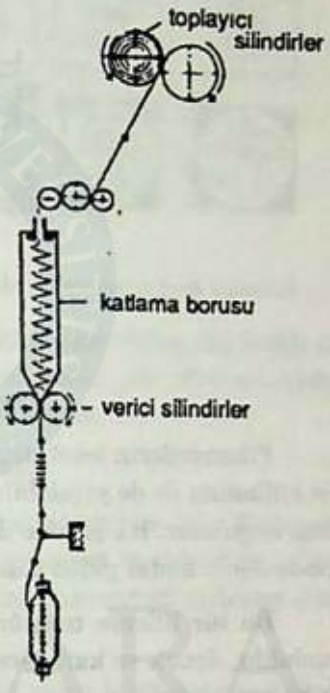
a) Sıcak yivli silindirlerle tekstüre lif üretimi : Üzerinde yivler bulunan sıcak silindirler arasından filament demeti geçirildiğinde, kıvrımlar

meydana gelir. Bu işlem termoplastik materyale uygulanır. Filamentler soğuduğunda kıvrımlar biçim olarak aynen kalır. Şekil III.7.

b) Sıcak katlama ile tekstüre lif üretimi : Bu yöntemde filament demeti, içinden sıcak buhar geçirilen bir boru içine verilir. Bu boru içinde biriktirilen filament demeti, sıkışarak katlanır. Bu kat yerleri, filament demeti boru içinden çıkıp soğuduktan sonra aynen kalır. Şekil III.8.



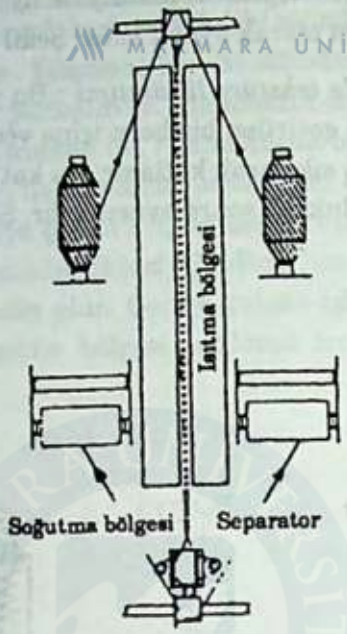
Şekil III.7. Tekstüre lif üretimi



Şekil III.8. Tekstüre lif üretimi

c) Bükülerek ısıtma ile tekstüre lif üretimi : Mekanik yöntemle tekstüre iplik üretiminde üçüncü yol, filament demetlerini birbiri üzerine bükerek ısıtmaktadır. Bu şekilde bükülmüş filamentler soğutulduktan sonra birbirinden ayrılırsa, bükümün şekli filament üzerinde kalır. Şekil III.9.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Şekil III.9. Tekstüre lif üretimi

Filamentlerin tekstürizasyonu, dairesel olmayan özel delikli spinneretlerin kullanımı ile de yapılabilir. Bu işlemler daha çok poliamid ve poliester liflere uygulanır. Bu şekilde değişik enine kesitlerin yanında, bazılarında lif içinde dörde kadar giden kanallar da elde edilebilir. Şekil III.10.

Bu tür liflerde tekstüre lif özellikleri bulunabilir. Ayrıca, düşük yoğunluklu, donuk ve kafi derecede higroskobiktir. Daha çok örme kumaşlarda kullanılırlar.

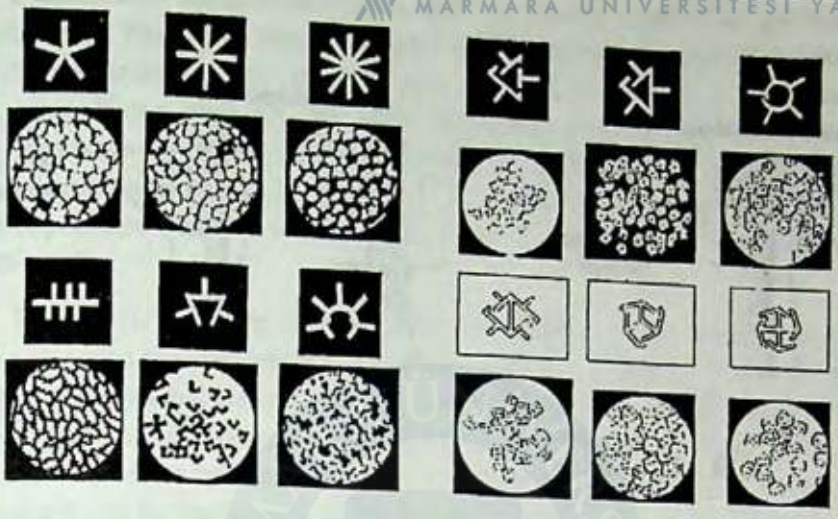
2 – Kimyasal yöntemle tekstüre lif üretimi :

Kimyasal yöntemlerle tekstüre lif üretimi de iki ayrı metodla yapılır : Koagülasyon banyosunda veya bikomponent ve bikonstituent lif üretimi şeklinde liflere gerekli kıvrımlar verilir.

a) Koagülasyon banyosunda tekstüre lif üretimi;

Koagülasyon banyosunda lif elde edilirken, önce hızlı bir koagülasyon gerçekleştirilir. Bu hızlı koagülasyonla filamentin dış kısmındaki polimerler katılaşırken, iç kısımdakiler henüz yumuşak kalır. Böyle yarı koagüle olmuş bir filament, şişme etkisi yapan bir sıvı içine batırıldığında

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Şekil III.10. Çeşitli spinneret başlıkları ile elde edilen liflerin enine kesit biçimleri

filamentin iki ayrı özellikteki bölgesi, farklı şişme gösterirler. Bu farklı şişmelerden dolayı filamentte kıvrımlar meydana gelir. Bu yöntem, viskoz ipeği gibi termoplastik olmayan polimerlere uygulanır.

b) Bikomponent liflerle tekstüre lif üretimi;

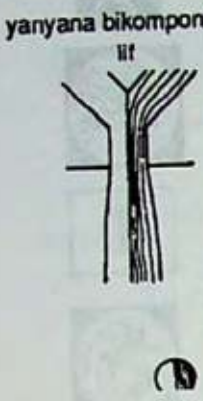
Bikomponent lifler, aynı polimerin iki farklı türünün aynı filamentte kullanılması ile elde edilirler. Bunu için aynı spinneret başlığından polimerin iki farklı türü aynı anda verilir. İki maddenin filamentteki yerleşme şekline göre üç tip bikomponent lif elde edilir :

1 – Yanyana bikomponent lif : Bu liflerin enine kesiti incelendiğinde, iki ayrı maddenin yanyana ve farklı yerlerde bulunduğu görülür. Bu görünüm filamentin boyuna kesiti incelendiğinde de gözlenir. Şekil III.11

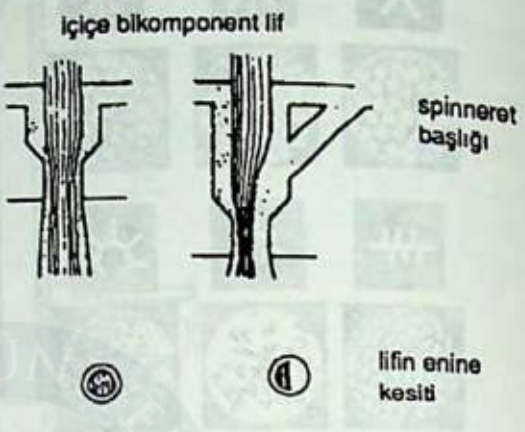
2 – İçiçe bikomponent lif : Bu liflerde aynı spinneret başlığından birbiri içine geçmiş iki boru vasıtasıyla iki ayrı madde verilir. Bu tür liflerin enine kesitleri incelendiğinde bir polimer maddenin dışının tamamen diğer madde ile kaplandığı görülür. Şekil III.12.

3 – Gömük bikomponent lif : Bu tür lif üretiminde bir polimer madde içinde çok az miktarda diğer maddeden dispersiyon halinde dağıtılır. Bu karışım spinneret başlıklarından geçirilip, filament haline getirildiğinde enine kesitinde benekler halinde dispers dağıtılmış diğer polimer madde görülür.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

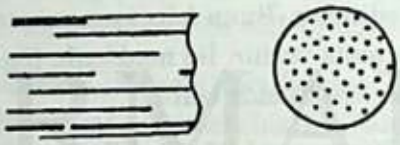


Şekil III.11. Yanyana bikomponent lif



Şekil III.12. İçiçe bikomponent lif

Boyuna kesitinde ise dispers madde lif içinde belli aralıklarla yerleşmiş olarak bulunur. Şekil III.13.



Şekil III.13. Gömük bikopoment lif

Bikomponent lif üretiminde dikkat edilecek en önemli husus; kullanılacak polimerin iki farklı türünün, belli bir sıvı içinde veya sıcak su, buhar ve kuru ısıtma şartlarında, farklı şişme dereceleri ve farklı etkiler göstermesidir. Ancak bu şekilde lifler üzerinde kıvrımlar ve bükümler meydana gelebilir.

Bikomponent liflerin üretiminde, aynı polimerin farklı cinsleri yerine, değişik polimerler de kullanılabilir. Farklı polimerlerden yapılmış bikomponent benzeri liflere, bikonstitüent lifler denir.

Filamentleri doğal liflere benzetmek için kesikli elyaf haline getirmek de gerekebilir. Pamuk ve yün gibi kesikli liflerle karıştırılacaksa filamentler, 6–20 cm boylarında kesilir. Bunlara yün tipi veya pamuk tipi yapay kesikli elyaf denir. Keten veya jüt gibi doğal liflere benzetmek için kesikli lifler, daha uzun boylarda (15–30 cm) ince demetler halinde kesilip yine bu demetler halinde muhafaza edilir. Bu işlemle elde edilmiş yapay kesikli lifler iki uçtan saçaklanmış haldedir. Bunlara keten veya jüt tipi lif veya *tow* (saçaklı lif) adı verilir.

Filamentte kesme işlemi kuru veya yaş halde yapılır. Yaş kesme işlemi koagülasyon banyosundan çıkan liflere uygulanır. Bu lifler banyodan çıktıktan sonra ıslak haldeyken keskin bıçaklar yardımıyla istenilen boyutlarda kesilir. Kuru kesme işleminde ise, lifler kurutulur; ya doğrudan belli aralıklarla kesilir veya yine belli aralıklarla önce aşındırma ve ezme işlemi uygulanır; daha sonra bu dayanıksız noktalardan koparılır.

III.1. REJENERE LİFLER

Rejenere lifler, daha önce de belirtildiği gibi doğada bulunan lineer yapıdaki bazı polimerlerin, fiziksel ve kimyasal yöntemlerle işlenerek lif haline getirilmesi ile oluşurlar. Kullanılan doğal polimerin kaynağına göre rejenere lifler beş sınıfa ayrılır;

a) Rejenere selülozik lifler
b) Selüloz esterleri
c) Rejenere protein lifleri
d) Alginat lifleri
e) Kauçuk elyafı

III.1.1. REJENERE SELÜLOZİK LİFLER

Lif üretiminde saf selülozun kullanıldığı lifler bu sınıfta yer alır. Bu tür liflerin elde edilmesi için doğadan selülozun saf halde izole edilmesi gerekir. Saf selüloz bu amaçla kullanıldığı gibi, ikinci rejenere lif sınıfı olan selüloz esterlerinin de ham maddesidir. Ayrıca iyi kalite kağıt yapımında da kullanılır.

Saf Selülozun Elde Edilmesi :

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Saf selülozu elde etmek için kaynak olarak, α–selüloz oranı yüksek kızıl cam, kayın, ladin ve kavak gibi ağaçlarla pamuk linteri, ayçiçeği, keten ve kenevir sapları kullanılır. (α–selüloz, selülozik maddenin % 17,5–18 lik NaOH çözeltisinde çözünmeyen kısmıdır. α–selülozun polimerleşme derecesi 2000 in üzerindedir.)

Yukarıda belirtilen selüloz kaynaklarında selüloz saf halde bulunmaz. Linyin, hemiselüloz, pektin, pentozlar (sakkaritler) ile karışım halindedir. Bunlardan suda çözünenleri ayırmak kolay olsa bile, linyin ve hemiselüloz suda çözünmediğinden saflaştırma için kimyasal işlemler gereklidir. Bunun için dört ayrı yöntem kullanılabilir, bunlardan ilk ikisi en çok kullanılanlardır.

1 – Bu yöntemle selüloz elde edilmesinde odun talaşları, % 6–8 lik NaOH çözeltisinde, 10 atm basınç altında, 170°C de 3–6 saat süreyle ısıtılır. Bu sürenin sonunda selülozdan başka bütün maddeler suda çözünür. Çözünmeyen selüloz süzülerek ayrılır; yıkanır ve kurutulur. Bu yöntemle elde edilen selüloza "*sud selülozu*" adı verilir.

2 – Saf selüloz üretiminde ikinci yöntemde, odun talaşları veya parçaları, $Ca(HSO_3)_2$ kalsiyum hidrojen sülfit çözeltisi ile ıslatılır. Bu çözelti, 3–9 atm basınç altında 140–150°C de 15 saat bekletilir. Selüloz dışındaki bütün maddeler çözünür. Selüloz bu maddelerden süzülerek ayrılır, yıkanır ve tabakalar halinde kurutulur. Bu yöntemle elde edilen selüloz, "*sülfit selülozu*" adını alır.

3 – 1 litrede 100 g NaOH + 30 g Na_2S + 250 g Na_2CO_3 + 10 g Na_2SO_4 içeren bir çözeltide odun parçaları ıslatılır. 160–175°C de 7–8 atm basınç altında 4 saat bekletilir. Bu sürenin sonunda çözünmeyen selüloz süzülüp ayrılarak yıkanır, kurutulur.

4 – Odun parçaları % 4–5 lik HNO_3 çözeltisinde 45°C de birkaç saat tutulur. Bu yöntemle elde edilen selüloz, daha sonra asidliğini gidermek üzere seyreltik NaOH ile çalkalanır.

Bu dört yöntemden biri ile elde edilen yıkanmış ve kurutulmuş selüloz, su ile karıştırılarak hamur haline getirilir. Bu hamura, odundan elde edildiği için *odun hamuru* veya kağıt yapımında kullanıldığı için *kağıt hamuru* adı verilir. Bu karışım kağıt yapımında veya yapay ipek de denilen rejenere lif yapımında kullanılır.

Kağıt hamuru, rejenere lif üretiminde ya saf selüloz veya selüloz esteri olarak kullanılır. Saf selüloz şeklinde *viskoz ipeği, bakır ipeği, modal* veya *tencel* (lyocell) elde edilir.

Rejenere selülozik liflerle selüloz esterlerine, ipeğe benzediklerinden ötürü, *yapay ipek, sun'i ipek* gibi isimler verilir. Ayrıca Amerikan literatüründe *rayon* terimi de kullanılmaktadır.

III.1.1.1. BAKIR İPEĞİ

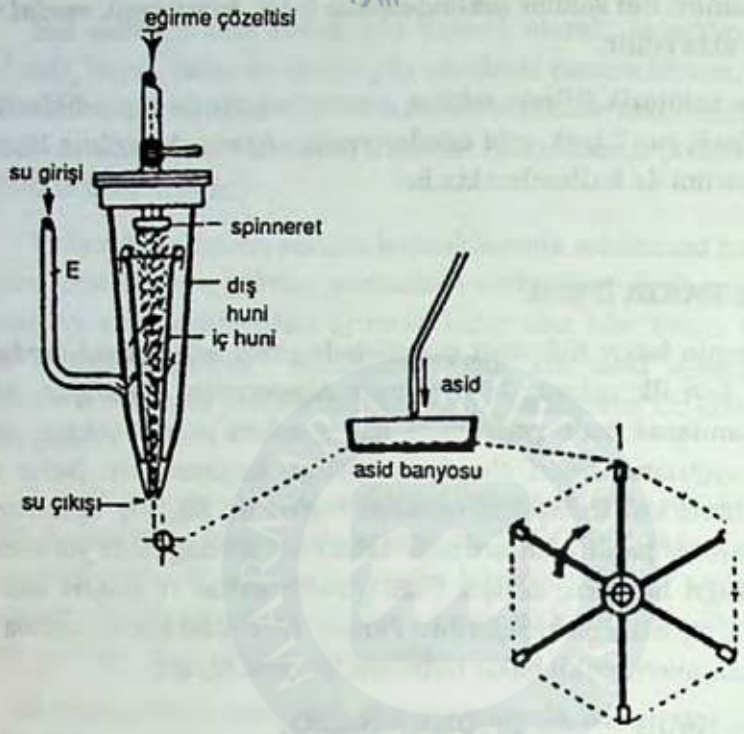
Tetraammin bakır hidroksit çözeltisinde çözünmüş saf selülozdan lif elde edilmesi için ilk patent, 1897 yılında Almanya'da alınmıştır. Ancak tekstilde kullanılacak hale getirilmesi için gereken germe–çekme işlemi, 1901 yılında uygulanıp ticari olarak üretilmeye başlanmıştır. Bakır ipeği için pamuk linteri kullanılacaksa önceden NaOH ile pişirilip ağartılır. Bu şekilde hazırlanmış pamuk linteri veya daha önce gördüğümüz yöntemlerle elde edilmiş kağıt hamuru, derişik $CuSO_4$ bakır sülfat ve NaOH dan elde edilen $Cu(OH)_2$ çökeltisi ile karıştırılır. Formül III.1. İnce küçük selüloz liflerinin tümü, açık mavi renkli bakır hidroksit ile iyice karışır.

$$CuSO_4 + NaOH \longrightarrow \underset{\downarrow}{Cu(OH)_2} + Na_2SO_4$$

Formül III.1

Bakır hidroksid ile karıştırılmış selüloz, üzerinde % 40 su kalacak şekilde sıkılır. Bu sıkma sırasında vakumla havası alınır. Çünkü selüloz, daha sonra ilave edilecek bazik amonyak çözeltisi ile hava oksijeninden yükseltgenerek bozunduğundan, lifler arasında kalan hava giderilmelidir. Suyu ve havası alınmış kütle derişik amonyak çözeltisi ile 24 saat karıştırılır. Selüloz üzerinde çökmüş bulunan bakır hidroksid ile amonyak, koyu mavi renkli tetraammin bakır hidroksid $[\ Cu\ (NH_3)_4\ ]\ (OH)_2$ çözeltisini oluşturur. Bu çözelti de selülozu lif yüzeylerinden başlamak üzere çözer. Meydana gelen mavi renkli çözelti % 8–10 selüloz içerir. Elde edilen çözeltinin vakumla havası alınır; süzülür. Çözelti ince deliklerden (spinneret başlıkları) sabit basınç altında püskürtülerek; içinden aynı yöne doğru su akan borulara verilir. Şekil III.14.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



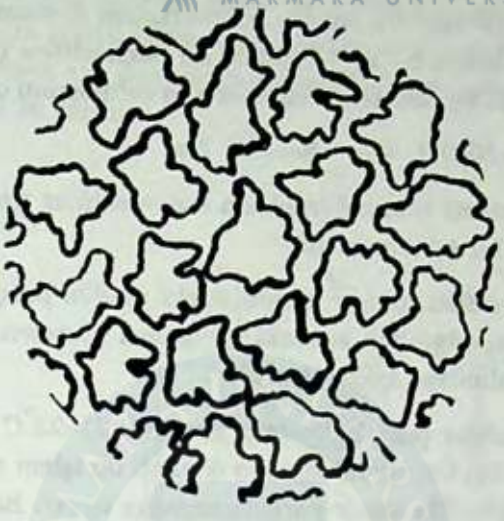
Şekil III.14. Yaş eğirme ile bakır ipeği elde edilmesi

Akar su zayıf bir pıhtılaştırıcı görevi yanında kısmen koagüle olmuş selüloza hafif bir çekim de sağlar. Bu arada çözeltideki bakır katyonları ve amonyak da su ile sürüklenerek uzaklaşır. Yarı plastik haldeki filamentler % 5 lik sülfürik asidle hazırlanmış ikinci bir koagülasyon banyosunda sertleştirilir. Daha sonra filamentler germe–çekme işlemine yollanarak dayanıklılığı arttırılır.

Bakır ipeği, kimyasal yapı bakımından % 100 selülozdan ibarettir. Bu nedenle doğal selülozik elyafın gösterdiği tüm özellikleri gösterir. Ancak üzerinde uygulanan kimyasal işlemler sonucu, polimerleşme derecesi düştüğünden doğal selülozik lifler kadar dayanıklı değildir. Ayrıca yapısındaki amorf bölge oranı da fazladır. Örneğin pamuk ve keten ıslandığında dayanıklılığı artma gösterirken bakır ipeğinin azalır.

Bakır ipeği görünüm olarak ipek filamentlerine benzer. Ancak mikroskop altında incelendiğinde, ipekten farklı olduğu görülür. Enine kesiti dairesel, boyuna görünümü ise, düzgün yüzeyli ve silindiriktir. Şekil III.15.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Şekil III.15. Bakır ipeğinin enine kesitinin mikroskop altında görünümü

Mukavemeti kuru iken 1,7–2,3 g/denier; ıslakken 1,1–1,3 g/denierdir. Boyama işlemlerinde, amorf bölgelerinin fazlalığından dolayı doğal selülozik liflere nazaran daha koyu tonlarda boyanır. Özgül ağırlığı 1,52 dir.

Doğal selülozik liflerle kıyaslandığında, sulu çözeltilerde kimyasal reaktiflerden daha fazla etkilenir ve daha fazla şişer. Bunun sonucu olarak da daha kolay bozunabilir. Bakır ipeğinin üretimi fazla masraflı olduğundan dünyada oldukça az miktarda üretilmektedir. Ancak çok ince kumaş, kurdela ve dantel üretimi için kullanılır. 250°C de erimeden yanar. Uzun süre güneş ışığında kalırsa bozunur ve dayanıklılığı azalır.

III.1.1.2. VİSKOZ İPEĞİ

Viskoz ipeği, Cross ve Bevan tarafından, selülozun genel özelliklerini kapsayan bir araştırma sırasında 1892 de keşfedildi. Bu işlem, selülozun ksantat asidi tuzu üzerinden yapılır. Viskoz ipeği üretimi için daha çok pamuk linterleri veya ladin ağacından elde edilmiş odun hamuru kullanılır. Üretime geçmeden önce, selüloz NaClO sodyum hipoklorit ile ağartılır.

Kağıt hamurundan viskoz ipeği üretimi aşağıdaki aşamalardan geçerek yapılır :

1 – Kağıt hamuru % 17,5–18 lik NaOH çözeltisi ile 18–20°C de ıslatı-

lır. 1–4 saat bekletilir. Bu sürede polimerleşme derecesi en yüksek olan α–selüloz dışında kalan β– ve ϒ–selüloz ile hemiselüloz çözünerek ayrılır. α–selüloz ise NaOH ile reaksiyon vererek sud selülozunu oluşturur.

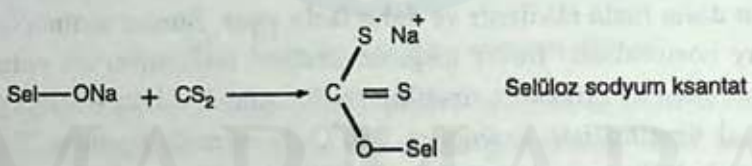
$$Sel\text{–}OH + NaOH \longrightarrow Sel\text{–}O^{-}\ Na^{+}$$

Islatma süresi tamamlandıktan sonra selüloz üzerinde % 300 çözelti kalacak şekilde bir sıkma verilir.

2 – Elde edilen hamur kıvamındaki madde parçalama makinelerine verilir. Parçalama, bundan sonraki işlemlerin homojen olması için çok ince kırpıntılara ayrılıncaya kadar yapılır.

3 – Kırpıntılar çelik kazanlara alınarak 21–23°C de 3–4 gün hava temasında bekletilir. Ön olgunlaştırma denilen bu işlem sırasında selüloz, oksijen ile bazik ortamda zincir parçalanmasına uğrar. Burada amaç polimerleşme derecesini belli bir ölçüye kadar düşürmektir. P.D. 350–800 arasında olduğunda beklemeye son verilir. P.D. si yüksek olursa, elde edilecek selüloz çözeltisinin viskozitesi yüksek olur ve spinneret deliklerinden geçemez.

4 – Sud selülozu kırpıntıları hava geçirmeyen kazanlara alınır ve CS_2 eklenir. CS_2 miktarı, selülozun % 10 u kadar olmalıdır.



Formül III.2

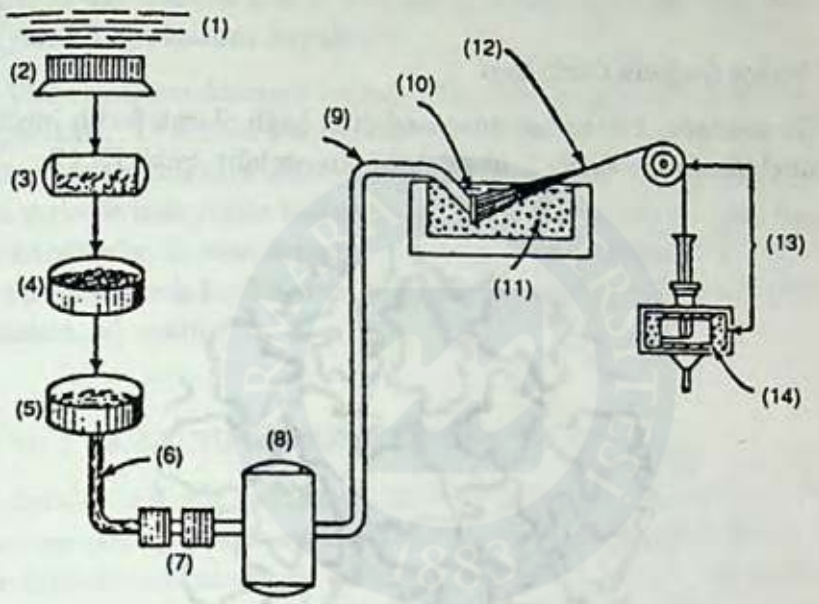
Karbon sülfür ve sud selülozu arasında meydana gelen reaksiyon eksotermiktir. Bu nedenle dıştan soğutarak 30°C de muhafaza edilir. Reaksiyon tamamlandıkça meydana gelen selüloz sodyum ksantat, ortamda çözünür. Bu çözelti turuncu ve viskoz bir sıvıdır. Bu nedenle bu çözeltiye viskoz çözeltisi denir.

5 – Turuncu renkli çözeltiden reaksiyona girmemiş karbon sülfürün fazlası vakumla uzaklaştırılır. Üzerine karışımda % 6,5 NaOH ve % 7,5 selüloz bulunacak şekilde seyreltik NaOH çözeltisi eklenir.

6 – Hazırlanan viskoz çözeltisine mat iplik elde edilmek isteniyorsa matlaştırıcı pigment olarak TiO_2 titan dioksit eklenir. Pigment miktarı istenen matlık derecesine göre ayarlanır. Bu aşamada istenirse, ayrıca pigmentler

MARMARA ÜNİVERSİTESİ BASIMEVİ

eklenerek renkli viskoz iplikleri elde edilebilir. Kütle boyama denilen bu işlemde renklendirme için çeşitli pigmentler kullanılır. Bu yöntemle boyama, uniform tonlar ve yüksek yaş hastalıkları sağlar. Ayrıca işlemlerin azaltılması gibi üstünlükleri de vardır.



(1) Selüloz, (2) Islatma, (3) Parçalama, (4) Olgunlaştırma (5) Ksantatlaştırma (6) Viskoz, (7) Filtre, (8) Olgunlaştırma, (9) Besleme, (10) Spinneret (11) Koagülasyon, (12) Filament, (13) Büküm verme, (14) Kek-bobin.

Şekil III.16. Viskoz ipeği elde edilmesi

7 – Viskoz çözelti, eğirme işlemine geçmeden önce bir süre dinlendirilir. Bu süre 4–5 gündür. Bu işleme ikinci olgunlaştırma denir.

8 – Dinlendirme işleminden sonra viskoz çözelti filtre edilir ve vakumlanır. Bu işlemin nedeni çözeltide kalabilecek küçük parçacıkların başlıkları tıkamasını ve kalabilecek hava kabarcıklarının lif üretiminde kopukluklar yapmasını engellemek içindir. Yaş–eğirme yöntemi ile filament haline getirilecek viskoz ipeği için koagülasyon banyosu olarak, % 1–5 $ZnSO_4$ çinko sülfat ve % 15–22 Na_2SO_4 sodyum sülfat içeren seyreltik % 7–10 lik sülfürik asid çözeltileri kullanılır. Şekil III.16. Koagülasyon banyosuna glikoz gibi bazı şekerlerle magnezyum sülfat $MgSO_4$ da katılabilir.

Koagülasyon banyosundan çıkan filamentler, önce yıkanır; koagülasyon sırasında çöken kükürtlü kompleks bileşik artıklarından arıtmak üzere sodyum sülfür çözeltisine batırılır, çalkalanır, gerekirse sodyum hipoklorit NaClO ile ağartılır. Bunu izleyen işlem HCl ile asidlendirme işlemidir. Daha sonra germe–çekme işlemine yollanarak dayanıklılıkda artma sağlanır.

Viskoz İpeğinin Özellikleri

Viskoz ipeği kullanılan düze başlığına bağlı olarak farklı inceliklerde elde edilebilir. Enine kesiti dairesel değil, kıvrımlıdır. Şekil III.17.



Şekil III.17. Viskoz ipeği enine kesitinin mikroskop altında görünümü

Viskoz rayonunu pamuk ile karşılaştırdığımızda her ikisi de % 100 selüloz olmasına rağmen, P.D. leri farklıdır. Bu değerler, pamukta 2000–10000 arası, viskoz ipeğinde ise 200–250 arasındadır. Ayrıca, pamukta % 70 olan kristalin bölgelerin oranı, viskoz ipeğinde % 40 dır. Bu farklar onların fiziksel ve kimyasal özelliklerinde de farklılıklar yaratır. Bu nedenle pamuktan daha mukavemetsiz, kimyasal reaktiflere karşı da direnci daha azdır. Islandığında dayanıklılığı daha da azalır. Mukavemeti kuru iken 2,0–2,6 g/denier; ıslakken 0,95–1,5 g/denierdir. Kopmadan % 17–25 uzama gösterebilir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Viskoz ipeği suda ve bazik çözeltilerde pamuktan daha fazla şişer. Benzeri pamuklu kumaşlardan daha fazla boyca ve ence kısalma gösterir. % 60 bağıl nemde % 11–13 kadar nem çeker. Ağartma gerektiğinde sodyum hipoklorit veya hidrojen peroksit kullanılır. Ağartma, daha çok lif haline getirilmeden önce kağıt hamuru halinde iken yapılır. 150°C nin üstündeki sıcaklıklarda dayanıklılık azalır. 185–205°C deki sıcaklıklarda yanar. Yandığında yanık kağıt kokusu duyulur.

Viskoz rayonu filament halinde elde edildiğinde ipeğe çok benzer. Çok fazla parlaktır. Üretimde matlaştırıcı pigmentlerin ilavesi ile bile merserize pamuk parlaklığına erişilebilir. Parlaklığı nedeniyle, dayanıklılık gerektirmeyen yerlerde ipek yerine kullanılır. Ayrıca ince çekilmiş sentetik filamentlere de karıştırılır. Bunun dışında viskoz ipeğine kıvrımlar vererek ve 6–20 cm boyunca keserek kesikli elyaf şeklinde de kullanılır. Kesilmiş viskoz liflerine *viskon* adı verilir.

III.1.1.3. MODİFİYE SELÜLOZİK LİFLER

Selülozdan yapılan rejenere lifler gerek ham maddesinin bol miktarda olması, gerekse ucuz elde edilmesi nedeniyle fazla miktarda üretilir. Ancak dayanıklılıklarının az olması kullanım alanlarını sınırlar. Bu nedenle rejenere selülozik liflerin dayanıklılığını arttırmak üzere çeşitli araştırmalar yapılmış ve bazı özel amaçlar için çeşitli lifler üretilmiştir. Farklı işlemler uygulanarak elde edilen rejenere selülozik liflere "*modifiye selüloz lifleri*" adı verilir.

1 – Yüksek mukavemetli viskoz rayonları :

Bu tip liflerin üretiminde, $ZnSO_4$ oranı yüksek banyolar koagülasyon için kullanılır. Bunlar daha sonra sıcak suda veya asidik banyolar içinde germe–çekme işlemine verilirler. Bu şekildeki bir koagülasyonda selüloz molekülleri birbirine paralel hale gelir; kristalinite artar ve P.D.' si bir miktar yükselir. Kristalin alan oranı % 50 ye P.D. ise 500 e çıkar. Bu şekilde elde edilmiş filamentleri çok sayıda biraraya getirerek, kalın iplikler oluşturulur ki bu ipliklerden dokunmuş kumaşların sürtünme direnci, dayanıklılığı, kopma mukavemeti ve esnekliği normal viskoz liflerinden daha fazladır. Bunlar kimyasal yapı bakımından selüloz yapısındadır. Viskoz rayonundan farkı, polimerleşme derecesi, kristalleşme derecesi, kristalin bölgelerin büyüklüğü ve yönlenme derecesi ile filamentteki üniformluktur.

Bunlar nedeniyle, mekanik özellikleri oldukça farklıdır. Mukavemeti, kuru iken 3,0–4,0 g/denier; ıslakken 1,9–2,5 g/denierdir. Süper yüksek mukavemetli rayonlarda bu değer, kuru iken 4,0–5,0 g/deniere çıkar. Özgül ağırlığı 1,52–1,55 dir. Su ile viskoz ipeği kadar şişme göstermez. *Tenasco, Durafil, Cardura* ticari adları ile bilinirler.

2 – Polinozik rayonlar :

Bunların elde edilmesinde viskoz çözeltisinin hazırlanma yöntemi farklıdır. Çözelti seyreltik NaOH da değil, su içinde % 6 selüloz ve % 2,8 sodyum hidroksit içerecek şekilde hazırlanır. Viskoz çözelti olgunlaştırılmadan, % 1 lik sülfürik asid banyosunda 25°C de koagüle edilir. Koagülasyon sırasında filamente % 30 kadar çekme verilir ve zayıf bir koagülasyon gerçekleştirilir. Yarı koagüle olmuş filamentler, % 10 sülfürik asid, % 1 çinko sülfat, ve % 18 sodyum sülfat içeren 45–55°C lik bir banyoya verilir. Burada pıhtılaşmanın çok yavaş olması sağlanır. Bu şartlarda selülozdaki bozunma minimum ölçüde tutulur. Koagülasyondan sonra filamentlere % 300 kadar germe–çekme işlemi uygulanır. Böylece esnekliği fazla, ıslak çekmeye dayanıklı, kopma mukavemeti yüksek, şişme özelliği az filamentler elde edilir. Polinozik adı ile bilinen bu lifler, O°C de % 8 lik sodyum hidroksit çözeltisinin etkisine dayanıklı, staple şeklinde ve mikrofibriler yapıda lifler olarak tanımlanır. Bunların ıslakken mukavemeti 2,2 g/denierdir. Bu yüzden bu lifler yapay pamuk şeklinde de isimlendirilmektedir. Pamukta ıslakken dayanıklılık 4,0 g/denier iken; polinozik liflerin çok fazla dayanıklı olanlarında bu değer 3,4–4,0 g/denierdir. Polinozik liflerin P.D.' si 550–700 dür. Kristalin bölgelerin oranı % 55 dir. Günümüzde daha çok Japonlar tarafından üretilmektedir.

3. Modal

Viskoz ipeği üretiminde, koagülasyon ve germe çekme adımlarında değişiklikler yapılarak, ıslandığında uzama özelliği daha az, kuru ve yaş dayanıklılığı daha iyi lifler elde edilmiştir. Bu lifler, *Modal* ticari adı ile bilinmektedir ve viskoz rayonundan daha pahalıdır. Viskozdan daha az nem çeker; bu nedenle ıslandığında boyut değişimi daha azdır. Modal lifleri günümüzde poliester veya pamuk ile karıştırılarak, örme kumaşlarda iç ve dış giysilerde geniş ölçüde kullanılmaktadır.

4. Lyocell (Tencel)

Lyocell, Courtaulds firması tarafından polinozik rayonlara bir alternatif lif olarak üretilmiş ve TENCEL ticari adı verilmiş yeni bir rejenere selulozik liftir. Selulozun N-metil morfolin oksit içinde çözündürülmesi ve yaş eğirilmesi ile elde edilir. Kullanılan çözücünün zehirli olmaması ve koagülasyon banyosu olarak su kullanılması bu elde edilme yöntemine çevre ve atıklar bakımından üstünlük kazandırmıştır. Lyocell'de selüloz polimerlerinin P.D., pamuğunkine yakındır. Bu nedenle, kısmen fibriler yapıda olan tek yapay liftir. Selülozun çözünmesi sırasında, viskoz üretimindekinin aksine, moleküler yapısının bozulmaması, lyocell'e önemli özellikler kazandırır. Lif, dairesel enine kesite ve düzgün bir yüzeye sahiptir, yumuşaktır. Filamentin görünümü, yumuşak eğirme ile elde edilmiş sentetik liflere benzer. Kuru iken mukavemeti 40 cN/tex, yaşken ise 36 cN/tex dir. Viskoza göre daha dayanıklı, ıslak mukavemeti yüksek ve daha düşük uzama miktarına sahiptir.

Poliester ile harmanlanarak kullanılabilir. Gömlek, bluz, denim kumaşları, dikiş iplikleri ile non-woven kumaş yapımında kullanılmaktadır. Defalarca yıkanmaya dayanıklı dökümlü, yumuşak ve parlak kumaşlardır. Ayrıca, triko ve örme kumaş yapımında da kullanılmaktadır.

III.1.2. REJENERE SELÜLOZ ESTERLERİ

III.1.2.1. ASETAT İPEĞİ

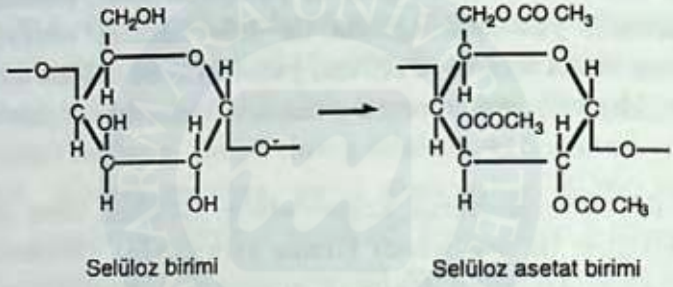
Selülozun asetik anhidrit ile çinko klorür katalizörü yardımıyla reaksiyonundan selüloz triasetat'ın meydana geldiği 1894 yılında Cross ve Bevan tarafından keşfedilmiş; fakat kloroform ve karbontetraklorür dışında başka çözücülerde çözünmediğinden ve bunlarla çalışma koşullarının pahalı ve tehlikeli oluşundan dolayı, endüstriyel ölçülerde uzun yıllar lif olarak elde edilememiştir. 1905 yılında Miles, selüloz triasetatı kısmen bir hidrolize uğratılıp, elde ettiği maddeyi asetonda çözerek lif üretmeyi başarmıştır.

Asetat ipeği üretimi viskoz ipeği gibi birkaç aşamada yürür :

1 – Asetat ipeği üretimi için odun hamuru, pamuk linterleri veya artıkları kullanılır. Önceden sodyum hidroksid ile işlem görmüş olan odun hamuru sodyum hipoklorit NaClO ile ağartılır ve kurutulur. Kurutulmuş selüloz hammaddesi, az miktarda derişik sülfürik asid içeren % 100 lük asetik asid

içinde ıslatılarak şişirilir. Katalizör olarak sülfürik asid yanında çinko klorür de kullanılır.

2 – Şişirilmiş selüloza asetik anhidrit eklenerek selülozda bulunan alkol gruplarının asetik ester haline dönüşümü sağlanır. Bu reaksiyon eksotermik olduğundan, karışım dıştan soğutulmalıdır. 6–7 saat sonra selüloz tamamen esterleşerek jelatinimsi viskoz bir kütle haline dönüşür. Asetillenmenin tamamlanıp tamamlanmadığı karışımın kloroformda çözünmesi ve asetat miktarını % 65' e ulaşması ile anlaşılır. *Primer asetat* da denilen selüloz triasetat asetonda çözünmez. Formül III.3.



Formül III.3

3 – Viskoz sıvı % 50 lik asetik asid çözeltisi ilave edilerek kısmen hidroliz edilir. Primer asetat 50°C de 12–16 saatte kısmen; yani glikoz birimlerindeki üç alkol grubundan 2,5 i ester halinde kalacak şekilde hidroliz olur. Hidrolizin derecesi karışımdaki asetat yüzdesi ile belirlenir. Asetat yüzdesi % 45–55 değerine eriştiğinde primer asetat, *sekonder asetat* veya *2,5 asetat* denilen bileşiğe dönüşmüş olur. Bu değere erişen ürün asetonda çözünmesi ile de karakterize edilebilir.

4 – Elde edilen sekonder asetat suya dökülür ve beyaz toz halinde çöktürülür. Süzülür, yıkanır ve kurutulur.

5 – Bir kısım sekonder asetat, üç kısım asetonda çözündürülür. 24 saat karıştırılarak bekletilen çözelti, vakumlanır ve süzülür. Mat filamentler elde etmek için TiO_2 eklenir. Kütle boyama isteniyorsa pigmentler eklenir. Kuru–eğirme yöntemi ile filament haline getirilir. Sekonder asetat ayrıca 230°C ye ısıtılıp eritilerek yumuşak–eğirme yöntemi ile de filament haline getirilir. Dayanıklılığı arttırmak üzere germe–çekme işlemine yollanır.

Asetat İpeğinin Özellikleri

Ham maddesi selüloz olmakla birlikte asetat ipeğinin kimyasal yapısı selülozdan farklıdır. Zincirdeki alkol grupları ester haline dönüştüğünden selülozun gösterdiği özelliklerden tamamen farklı özellikler gösterir. Örneğin, pamuk, keten ve rejenere selülozik elyaf non–termoplastik olmasına karşın; asetat ipeği termoplastiktir ve 190°C de büzülür. 250°C de yumuşar ve 280°C de erir. Bunun yanında yukarıda verilen lif örnekleri ile karşılaştırıldığında nem çekme oranı da düşüktür. Çünkü su moleküllerini bağlayacak olan alkol (–OH) grupları esterleşerek bloke edilmiştir. Düşük miktarda absorbladığı nem az da olsa iplik ve kumaşta bir şişme meydana getirir. Bunun sonucu olarak kir ve lekeler kumaş içine çok fazla nüfuz etmediğinden kolayca yıkanıp, uzaklaştırılabilir. Asetat ipeğini saydığımız liflerden ayıran diğer özellik de CCl_4 karbontetraklorür ve CH_2Cl_2 metilen diklorür gibi organik çözücülerde çözünmesidir. Bu özelliği nedeniyle bu gibi organik çözücülerin kullanıldığı kuru temizleme işlemi, asetat ipeğine uygulanamaz. Ester yapısında olduğundan kolayca sıcak baz çözeltilerinden etkilenir. Bu yüzden yıkama ve boyama işlemlerinde dikkatli olunmalıdır. Seyreltik asidlere karşı bazlardan daha dayanıklıdır.

Asetat ipeği filament halinde elde edildiğinde ipek yumuşaklığında ve parlaklığındadır. Uzama yeteneği % 20–25 dir. Mukavemeti 1,1–1,3 g/ denierdir. Enine kesiti dairesel değil, kıvrımlar şeklindedir. Isı iletkenliği çok azdır. Yumuşama noktası düşük olduğundan ancak ılık ütü tavsiye edilir. Asetat ipeği doğal ipeğin yerine genellikle dayanıklılık istenmeyen yerlerde kullanılır. Asetat ipeği yandığında sirke kokusu duyulur.

III.1.2.2. TRİASETAT İPEĞİ *(ARNEL)*

Primer asetat olarak da bilinen ve asetonda çözünmeyen selüloz triasetat, günümüzde çözücü olarak metilen diklorür ve alkol karışımı kullanılmak suretiyle filament olarak üretilmektedir. Ticari adı *Arnel* olan triasetat, asetat ipeğine benzer şekilde elde edilmektedir. Üretimde kısmi hidroliz kademesinden vazgeçilir. Elde edilen triasetatın % 20 lik çözeltisi metilen diklorür + alkol karışımı içinde hazırlanır. Bu çözelti, ya kuru–eğirme veya koagülasyon banyosu olarak su kullanılmak suretiyle yaş–eğirme yöntem-

leri ile lif haline getirilir. Triasetat, pekçok özellik bakımından asetat ipeğine benzer, termoplastiktir ve kuru temizleme yapılamaz. Erime noktası biraz daha yüksek (300°C) olduğundan daha yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır. *Arnel, triafil* veya *tricel* adları ile satılır.

III.1.3. REJENERE PROTEİN LİFLERİ

Doğada bulunan protein kaynaklarından proteinin izole edilmesi ile oluşturulan liflere rejenere protein lifleri adı verilir. Bunlara genel olarak *azlon* da denilmektedir. Doğal proteinler iki kaynaktan elde edilirler :

1 – Bitkisel kaynaklardan elde edilenlere *bitkisel protein* denir. Mısır, soya fasulyesi ve yer fıstığından elde edilenler bitkisel proteindir.

2 – Hayvansal kaynaklardan elde edilen süt kazeini gibi proteinlere de *hayvansal protein* denir.

II.1.3.1. ZEİN LİFLERİ (*VİCARA*)

Zein, mısırda bulunan bitkisel proteine verilen addır. Zein mısırdan, nişasta elde edilmesi sırasında % 70 lik izopropil alkol ile ekstrakte edilerek ayrılır. Alkolden buharlaştırılarak alınan zein, açık sarı renkte bir tozdur. Bu maddenin seyreltik NaOH da % 16 lik çözeltisi hazırlanır ve çözelti 24 saat olgunlaştırma için bekletilir. Elyafa sağlamlık kazandırmak için az miktarda formaldehid de eklenebilir. Sonra süzülür ve vakumlanır. İçinde sülfürik asid, asetik asid ve çinko sülfat olan bir asidik koagülasyon banyosu kullanarak, yaş–eğirme ile filament haline getirilir.

Vicara diğer lif türleri ile harman yapılarak kullanılan bir liftir. Filamentlerin gerilme direnci ve esnekliği fazladır. Islandığında dayanıklığı azalır. % 5 gerildiğinde esnekliği % 100 dür. Yün gibi hafif sarımsı renkli olup kesikli lif halinde yünle karıştırılarak kullanılır. Yünden daha dayanıklıdır ve yün gibi keçeleşme özelliği yoktur. Fazla miktarda nem çeker. Bu yüzden ticarette nem miktarı % 13 ile sınırlandırılmıştır. Yapıtaşı protein olduğundan kimyasal reaktiflere karşı protein liflerinin gösterdiği özellikleri gösterir. Asidlere karşı yün ve ipekten daha dayanıklı; bazlara karşı ise daha hassastır.

Yumuşak bir materyal olduğundan yün, pamuk, viskon ve nylonla ka-

rıştırılarak kadın ve erkek kumaşları, triko ve jarse kumaşlarla bebek giysileri yapılır.

III.1.3.2. SOYA FASULYESİ LİFLERİ (*SİLKOOL*)

Soya fasulyesi, bitkisel protein oranı % 35 lik değerle oldukça yüksek olan maddelerden biridir. Yağı alınmış soya fasulyesi unu, % 0,1 lik Na_2SO_3 çözeltisi ile ekstrakte edilir. Elde edilen protein çözeltisi pH = 4,5 oluncaya kadar sülfürik asid ile asidlendirilir. Bu değer, soya fasulyesi proteininin izoelektrik noktasıdır. Bu noktada çözünürlüğü en az değerde olacağından protein çöker, süzülerek ayrılır. Seyreltik NaOH da çözündürülür. Bu çözelti, olgunlaştırılır, süzülür, vakumlanır ve asidik banyo ile filament haline getirilir.

Silkool ticari adı ile anılan soya fasulyesi elyafı, doğal olarak kıvrımlı bir yapıya sahiptir. Yumuşak ve parlak filamentlerdir. Kimyasal özellikler bakımından diğer protein liflerine benzer. Genellikle başka liflerle karışık olarak kullanılır.

Silkool, beyazdan açık ten rengine kadar değişen yarı parlak ve yumuşak bir elyaftır. Doğal olarak kıvrımlıdır. Islandığı zaman dayanıklılığını kaybeder. Kuru halde % 40, ıslakken % 60 uzayabilir ve % 10–13 nem absorplar.

III.1.3.3. YER FISTIĞI LİFLERİ (*ARDİL*)

Yer fıstığı, protein ve yağ bakımından zengin bir bitkisel üründür. Yağı alınmış yer fıstığındaki protein, seyreltik NaOH çözeltisi ile ekstraksiyon yoluyla izole edilir. Protein çözeltisi, olgunlaştırılıp, süzülür ve vakumlanır. Asidik banyolar kullanılarak, yaş–eğirme yöntemi ile filament elde edilir.

Ardil, ticari adı ile anılan yer fıstığı lifleri yapı bakımından olduğu gibi görünüş bakımından da yüne benzer. Bu nedenle yün ile karıştırılarak kullanılır.

III.1.3.4. KAZEİN LİFLERİ

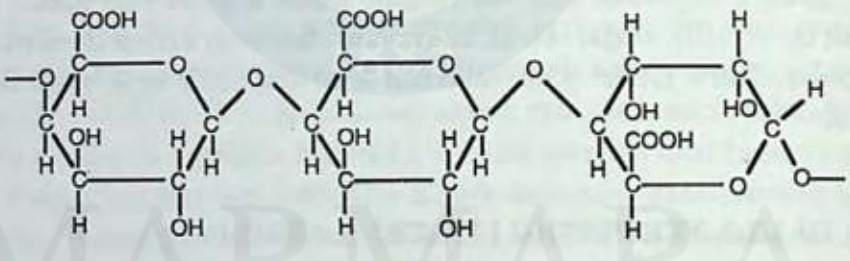
Rejenere protein lifleri içinde ilk elde edilen kazein lifleridir. Yağı

alınmış sütten elde edilir. Sütteki kazein, asitler yardımıyla çöktürülür. Ayrılan çökelti, seyreltik NaOH çözeltisinde çözündürülüp, olgunlaşmaya bırakılır. Bu çözeltiden seyreltik asid banyosunda yaş–eğirme yöntemi ile filament elde edilir.

Lanital ve *Merinova* ticari adları ile İtalya' da piyasaya verilen kazein lifleri, yüne çok benzemesine rağmen daha az dayanıklıdır. Islandığında dayanıklılığı daha da azalır. Yakıldığında erir ve yanık süt kokusu duyulur. Yünden daha parlak ve yumuşaktır. Zayıf asidlere karşı dayanıklıdır. Genellikle kesikli elyaf halinde yünle karıştırılarak kullanılır.

III.1.4. ALGİNAT LİFLERİ

Deniz yosunlarının bir türü olan alglerin yapısında bulunan alginik asid, polimer ve selüloza benzer yapıdadır. Selülozun glikoz birimlerindeki primer alkol grubu, alginik asidde karboksil grubu şeklindedir. Alglerin yapısında % 15–40 oranında bulunan alginik asid, besin endüstrisi yanında, kağıt imalinde ve tekstil boya ve apre işlemlerinde kullanılır. Formül III.4.



Formül III.4

Deniz yosunları toplanıp, kurutulduktan sonra öğütülür. Toz halindeki yosunlar sodyum karbonat çözeltisi ile 24 saat muamele edildiğinde koyu viskoz bir sıvı meydana gelir. Jel halindeki bu siyah çözelti süzülüp hipoklorit ile ağartılır. Bazik çözeltide sodyum alginat şeklinde bulunan alginik asid, koagülasyon banyosu olarak $CaCl_2$ ve HCl içeren bir çözelti kullanılarak yaş–eğirme yöntemi ile filamentler elde edilir. Meydana gelen lifler kalsiyum alginat yapısındadır.

Kalsiyum alginatın iki önemli özelliği vardır. Biri aleve dayanıklılığı, diğeri ise zayıf baz çözeltilerinde bile çözünmesidir. Hatta sabunlu suda yıkamada bile çözünür. Alginat lifleri en fazla nem çeken elyaftır. Dayanıklığı nemli haldeyken daha da azalır. Sentetik reçinelerle kaplanarak bazlara

karşı direnci arttırılabilir. Bazik çözeltilerde çözünmesi, bu liflerin basit bir yıkama bile gerektiren tekstil materyellerinde kullanılamayacağını gösterir. Alginat filamentleri bir başka elyafla harman yapılarak eğirilir ve dokunursa; apre işlemleri sırasında bazik çözeltilerle işlem gördüğünde alginat lifleri çözünür. Geriye karışımdaki diğer elyaftan tek başına dokunması çok güç olan ince kumaşlar elde edilir. Ayrıca bu yöntem, dantel ve perde yapımında kullanılır. Alginat lifleri IR ışınlarını da geçirmediğinden II. Dünya Savaşı sırasında askeri amaçla kamuflaj malzemesi olarak da kullanılmıştır. Ayrıca günümüzde, iplik veya dokunmuş kumaş şeklinde cerrahi amaçlarla da kullanılmaktadır. Alginat, yara üzerinde koruyucu bir film oluşturarak kanamayı durdurmaktadır.

III.1.5. KAUÇUK LİFLERİ

Kauçuk, tropik bölgelerde yetişen kauçuk ağacının bitki özsuyundan elde edilir. Belli mevsimlerde ağaç üzerinde çizikler yapılarak süt şeklinde akan bitki özsuları toplanır. Bazı kimyasal işlemlerden geçirildikten sonra latex adı verilen ham kauçuk maddesi uygun organik çözücülerde çözülür. Bu çözeltiden yaş veya kuru eğirme yöntemine göre filamentler yapılır. Kauçuk lifleri doğrudan tekstilde kullanılamaz. En önemli özelliği esnekliğidir. Bu özelliğinden yararlanabilmek için, pamuk, ipek, nylon gibi liflerle kaplanarak, lastik çoraplar, bazı sağlık malzemeleri, korseler, kemerler ve spor malzemeleri gibi tekstil ürünlerinde kullanılırdı. Yeni sentetik elastomer liflerin piyasaya çıkması ile kauçuk lifleri önemini yitirmiştir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

III.2. SENTETİK LİFLER

Sentetik lifler, sentez yoluyla elde edilen polimerlerden imal edilir. Bu sınıftaki liflerin yapısını oluşturan polimerler doğada yoktur; basit monomerlerden sentetik olarak elde edilir. Genellikle, polimeri oluşturacak olan monomer veya monomerler, petrol veya kömürün ayrımsal damıtılmasından elde edilmiş yan ürünlerdir. Dünyada ilk elde edilen sentetik polimer, poliamid yapısındadır ve üretici firma tarafından *nylon* özel adı ile piyasaya verilmiştir. Sentetik polimerler ya kimyasal yapısına veya sentez yöntemine (adisyon polimerleri, kondansasyon polimeri gibi) göre sınıflandırılır.

Bu kitapta sentetik lifler, kimyasal yapılarına göre sınıflandırılacaktır. Bu sınıflandırma, tekstil liflerinin sınıflandırılması konusu içinde verilmiştir. (Bkz. Bölüm I, s. 2).

III.2.1. POLİAMİD (*PA*) LİFLERİ

Poliamid sözcüğü, yapısında amid (–CO–NH–) grubunun belli aralıklarla tekrarlandığı polimerler için kullanılmaktadır. Bu grubun bulunduğu polimer bileşiklere örnek olarak daha önce proteinleri görmüştük. Protein ve polipeptidler, doğada bulunan doğal poliamidler olarak bilinir. Poliamidler ayrıca sentetik olarak da üretilirler. Böylece poliamidleri, doğal ve sentetik olmak üzere ikiye ayırabiliriz. Doğal poliamidlerden, yün, ipek ve benzeri hayvansal liflerin yapı taşı olan proteinler sayılabilir. Sentetik poliamidler ise bu konu içinde incelenecektir.

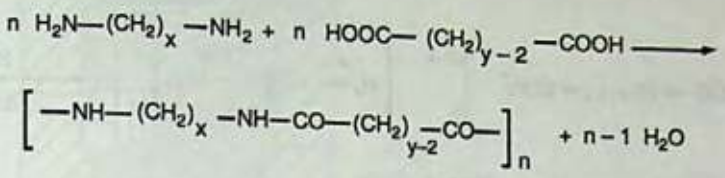
Dünyadaki ilk sentetik elyaf poliamidden üretilmiştir. Poliamidler konusunda A.B.D.' de du Pont de Nemours firması tarafından 1927 de başlatılan araştırmalar sonucu, bu firmanın araştırma merkezinde 1938 de W.H. Carothers ve arkadaşları tarafından poliamid lifleri geliştirilerek piyasaya verilmiştir. Firmanın bu ürüne verdiği ticari ad olan Nylon sözcüğü, günümüzde halen tüm poliamid lifler için genel bir ad olarak kullanılmaktadır.

Sentetik poliamidler iki farklı yöntemle elde edilmektedir.

1 – Lineer yapıda bir diamin ile yine lineer yapıda bir dikarboksilik asidin polikondensasyonundan elde edilirler. Bu poliamidlerde amid

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

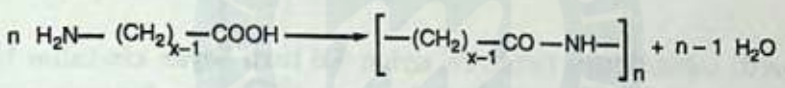
grupları arasında farklı uzunlukta metilen grupları yer alır. Formül III.5.



poliamid (PA) *Nylon x,y*

Formül III.5

2 – Poliamid monomeri olarak yukarıdaki gibi iki değil, tek tür monomer de kullanılabilir. Bu takdirde kullanılacak başlangıç maddesi bir ω– amino karboksilik asiddir ve bu da lineer yapıda olmalıdır. Formül III.6.



poliamid *Nylon x*

Formül III.6

Bu iki farklı yöntemle ve karbon sayıları (x ve y) değişik başlangıç maddeleri kullanılarak yapılan sentezlerle, çok sayıda poliamid ürünleri elde edilir. Bu ürünleri birbirinden ayırdetmek için poliamidlerin genel adı olan Nylon sözcüğünden sonra numaralandırma yapılır. Bu numaralandırmada birinci yöntemle elde edilen poliamidlerde Nylon kelimesinin sonuna iki rakkam getirilir. Bunlardan birincisi diamindeki karbon sayısı, ikincisi ise dikarboksilik asiddeki karbon sayısıdır : Nylon (x,y) gibi. İkinci yöntemle elde edilenler ise, tek monomerden üretildiğinden, nylon kelimesinden sonra, bu monomerdeki karbon sayısını gösteren tek rakamla belirtilir : Nylon (x) şeklinde.

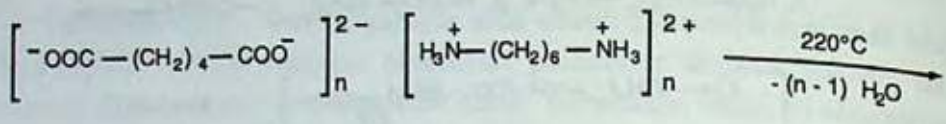
Poliamid lifleri içinde en çok üretilen ve tüketilen iki tür vardır. Bunlardan biri heksametilen diamin ile adipik asidden oluşan Nylon 6,6 ; diğeri ise ω– amino heksanoik asidden elde edilen Nylon 6 dır.

III.2.1.1. Nylon 6,6

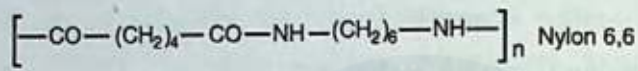
Nylon 6,6 nın başlangıç maddeleri adipik asid ile heksametilen diamindir. Bu başlangıç maddeleri etil alkol içinde ısıtıldığında Formül III.7

de verilen Nylon 6,6 tuzu oluşur.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Nylon 6,6 tuzu



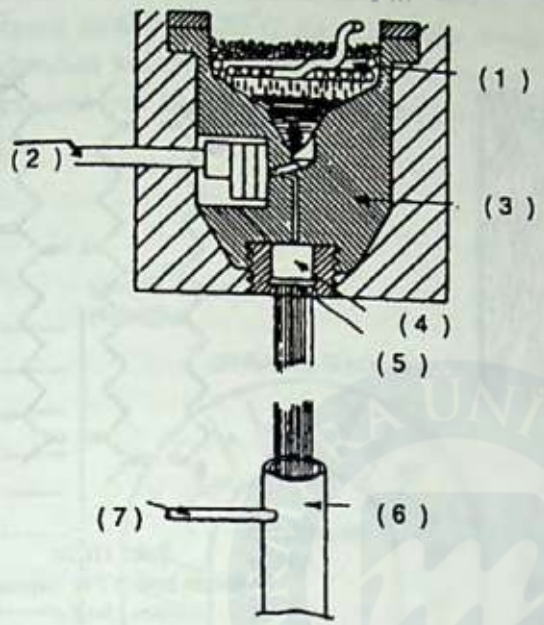
Nylon 6,6

Formül III.7

Çözelti soğutulduğu takdirde, nylon 6,6 tuzu beyaz kristaller halinde ayrılır. Bu tuzun sudaki çözeltisi basınç altında ve havasız ortamda, buharla beslenerek 215–220°C de tutulursa polimerleşme başlar. Reaksiyon 2–3 saatte tamamlanır. Polimerleşme reaksiyonunu, elde edilecek ürünün erime noktası 300°C civarında olacak şekilde kontrol altında tutmak gerekir. Polimerleşme ilerledikçe molekül ağırlığı, dolayısıyla polimerleşme derecesi artar. Bu artışla birlikte dayanıklılıkta da artma gözlenir. Ancak bunun sonucunda erime noktası da yükseldiğinden rahat çalışabilmek için polimerleşme belli bir değerde durdurulur. Meydana gelen polimerin molekül ağırlığı 6000–10000 (P.D. 50–80) arasında olduğunda karışıma % 1 oranında asetik asid eklenerek reaksiyon sona erdirilir. Burada asetik asid, amino grubunu bloke ederek polimerleşmeyi durdurur. Nylon 66 polimeri süt beyazı rengindedir. Katı haldeki polimer küçük parçalara kesilir ve yumuşak–eğirme yöntemine göre filament haline getirilir.

Yumuşak–eğirme işleminde, eritme sırasında hava oksijeninin zararlı etkisinden korumak için eritme bölmesi azotla doldurulur. 300°C de erimiş polimerin basınçla ince deliklerden fışkırtılması ile elde edilen filamentler, kapalı bir soğutma odasından geçirilir. Yeni katılaşmış nylonda nem bulunmaz. Atmosfer nemi ile bir dengeye erişirken hafifçe uzamaya meyleder. Bu olay filamentleri bobinlere sardıktan sonra olursa paketleme gevşek ve yetersiz olur. Bu bakımdan soğutma odasından çıkan filamentler sarılmadan önce bir tavlama odasında buharlanarak nemlendirilir. Şekil III.19.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



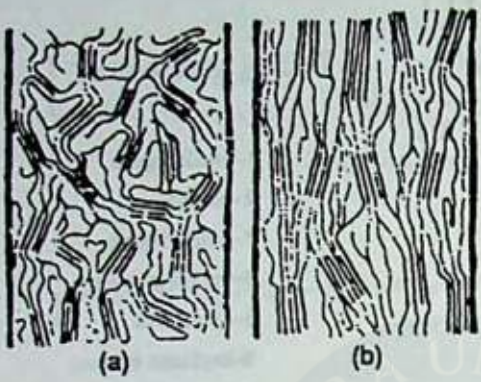
1–sıcak ızgara
2–pompa
3–ısıtıcı bölme
4–erimiş polimer
5–spinneret
6–tavlama borusu
7–buhar girişi

Şekil III.18. Nylon'un yumuşak eğirme yöntemi ile elde edilmesi

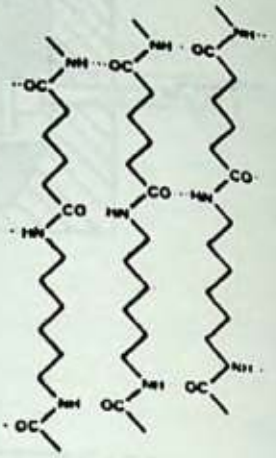
Nylon 6,6 filamentleri mat olarak elde edilmek isteniyorsa nylon 6,6 tuzu halinde iken yaklaşık % 1 oranında TiO_2 eklenir. Böylece mat görünümlü filamentler elde edilmiş olur. Parlak filamentler ise, enine kesiti trilobal kesitli olarak üretilir.

Yumuşak–eğirme ile elde edilen filamentler daha sonra bir germe–çekme işlemine yollanırlar. Soğukta % 400–500 oranında uzatılan nylon 6,6 filamentlerinde kristalin alanların oranı artar ve bu kristalin alanlar elyaf ekseni boyunca yönlenirler. Şekil III.19. Bunun sonucu olarak liflerin dayanıklılığında artma gözlenir. Bu işlemle kristalin bölgelerin artmasının sebebi, polimer zincirlerin birbirine yaklaşması ve zincirlerin üzerinde bulunan imino ve karbonil grupları arasında H–köprüleri meydana gelmesidir. Nylon filamentlerinin bir başka yapısal özelliği de polimer zincirlerin lineer fakat zig–zag şeklinde olmasıdır. Şekil III.20.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Şekil III.19
Çekme yapılmamış (a) ve çekme yapılmış (b) filamentte kristalin alanların durumu.

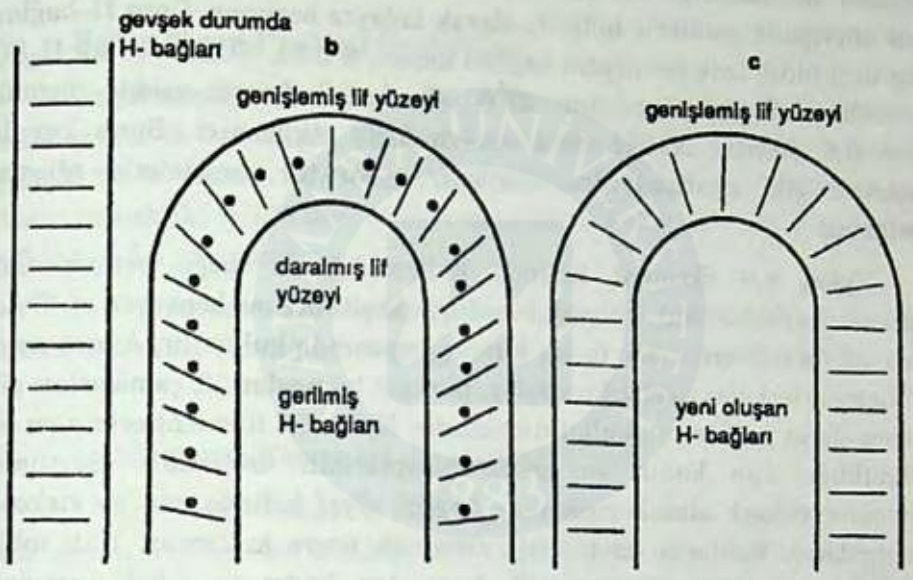


Şekil III.20
Nylonun moleküler yapısında çapraz bağlar

Nylon 6,6' nın Fiziksel Özellikleri

Nylon 6,6, % 100 bağıl nemde en fazla % 4–4,5 nem çeker. Kristalin bölgelerin oranı % 65–85 gibi yüksek bir değer olduğundan su molekülü ile ilişki kurabilecek fonksiyonel grupların sayısı azdır. Kristalin bölge oranının fazlalığı yanında amorf bölgelerdeki karbonil ve imino grupları arasında da H–bağları oluşabilir. Bu yapı nylon 6,6' yı dayanıklı kılar. Materyal ıslandığında amorf bölgelerdeki H–bağlarının büyük bir kısmı su molekülleri tarafından hidroliz edildiğinden dayanıklığı azalır. Uzama ve esneklik özellikleri iyidir. Kopmadan % 25–30 kadar uzama gösterebilir. % 4 kadar uzatılmışsa geriye dönme oranı % 100 dür. Bunun sebebi, kuvvetli H–bağlarının oluşturduğu düzgün şebeke sisteminden dolayıdır. Zincirler arasındaki H–bağları çok kısa mesafeler içindedir ve optimum dayanıklılık gösterir; polimerleri kaymaya karşı korur. Gerilme kuvveti kaldırıldığında, polimer sistemi eski orjinal durumuna kolayca döner. Yani, nylon tekstil materyalleri, buruşma ve kırışma sonucu kolayca orjinal biçimini yeniden alır. Ancak, bunun da bir sınırı vardır. Tekrarlanan gerilimler, H–bağlarında kopmaya ve polimer kaymalarına sebep olur. Ardarda buruşturulmuş nylon tekstil materyalinde bükülmeler meydana gelir. Polimerin zig–zag yapısı da esneklik değerini arttırır.

150°C de 6 saat içinde sararır. 250°C de yumuşar. 290–300°C de erir. Tutuşma sıcaklığı 532°C dir. Ütüleme sıcaklığı 150°C dir. Termo–plastik olduğundan kolayca tekstüre edilir. Nylon 6,6 ve diğer termoplastik liflere sıcakta kolayca biçim verilebilir. Bu işleme *ısı ile fiksaj* işlemi denir. Şekil III.21.



Şekil III.21. Termofiksaj sırasında çapraz bağların durumu

Şekil III.22 de a durumunda, polimer zincirler arasında H–bağları normal durumdadır. Bağlar, polimerler arasında kısa mesafelerde oluşmuş durumdadır.

b durumunda, lif büküldüğünde, dış yüzeyi genişlerken, iç yüzeyi daralır. Bu durum H–bağlarını gerer.

c durumunda, lif ısıtıldığında veya kinetik enerji uygulandığında, gerilen H–bağları kopar. Soğutulduğunda mümkün olan en kısa mesafelerde yeniden oluşur. Bu durum elyafın bükülmüş halde kalmasına sebep olur. Buna ısı ile fiksaj işlemi, *termofiksaj* denir.

Nylon 6,6 filamentlerinin statik elektriklenme özelliği de fazladır. Kafi derecede su molekülü bağlamadığından üzerine toplanan elektrik

dağılamaz. Isı iletkenliği ise oldukça zayıftır. UV ışıktan etkilenir ve bozunur. Mukavemeti kuru halde 4,6–5,8; ıslak halde 4,0–5,1 g/denierdir.

Nylon 6,6 nın Kimyasal Özellikleri

Yapı bakımından doğal poliamidlere benzerse de onların gösterdiği kimyasal özellikleri göstermez. Nylon 6,6 seyreltik asidlerden etkilenmez; fakat anorganik asidlerle hidroliz olarak kolayca bozunur. Önce H–bağları, daha ileri hidrolizde ise peptid bağları kopar. % 5 lik HCl ve %5 lik H_2SO_4 ile sıcakta kolayca parçalanır. 27°C de derişik formik asidde çözünür. Nylon 6,6; kaynar NaOH çözeltisinden fazla etkilenmez. Buna karşılık hipoklorit gibi ağartıcılardan etkilenir. Bu tür maddelerle ağartma yapılamaz.

Nylon 6,6 filament halinde kullanıldığında ipeğe benzer. Özel spinneret başlıkları kullanılmak koşuluyla kesiti üçgene benzeyen ve *Trilon* ticari adıyla bilinen cinsi, ipekli kumaş yapımında kullanılır. Ayrıca nylon 6,6 filamentleri şemsiyelik kumaşlar, paraşüt kumaşları, iç çamaşırları gibi malzemelerin yapımında kullanılmaktadır. Nylon 6,6 filamentlerinin en çok kullanıldığı alan kadın ve erkek çoraplarının üretimidir. Sürtünme direncinin yüksek olması nedeniyle kesikli elyaf halinde yün ve viskonla karıştırılarak bunların dayanıklığı artırmak üzere kullanılır. Halı ipliği, kadife kumaş iplikleri, döşemelik kumaşlar, kadın ve erkek çorapları, eldivenlik kumaşlar ile kord bezi ve sanayi tekstillerinde kullanılır.

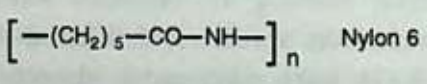
III.2.1.2. Nylon 6

Nylon 6 polimeri yukarıda belirtilen ikinci yönteme göre elde edilir. Başlangıç maddesi ω–amino kaproik asiddir.



Kaprolaktam

Formül III.8



Nylon 6

Formül III.9

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Bu madde 260°C de basınç altında ve katalizör olarak nylon 6,6 tuzu kullanılmak suretiyle polimerleştirilir. (Formül III.9)

Nylon 6 polimeri 220°C de eritilerek yumuşak–eğirme yöntemi ile filament haline getirilir. Soğuk germe–çekme işlemi ile dayanıklılığı arttırılır. Bu madde savaş yıllarında Almanya' da 1939 da *Perlon L* ticari adı ile üretilmeye başlanmıştı.

Nylon 6' nın Fiziksel Özellikleri

Özgül ağırlığı 1,14 olan nylon 6, % 4–4,5 nem çeker; bu değer % 100 bağıl nemde % 9 a ulaşır. Uzama yeteneği yüksektir; filament kalınlığına göre % 25–40 uzama verilebilir. % 8 uzama verilmiş filamentlerde geriye dönüş (esneklik) % 100 dür. Mukavemeti kuru halde 4,5–5,8 g/denier ; ıslak halde 4,1–5,1 g/denierdir.

217°C de erir. Termoplastik materyal olduğundan kolayca tekstüre lifler elde edilir. Yandığında tutuşmaz, eriyerek damlalar oluşturur.

Nylon 6' nın Kimyasal Özellikleri

Nylon 6'nın kimyasal özellikleri nylon 6,6'ya benzer. Seyreltik asidlerden ve kaynar NaOH dan etkilenmez. Anorganik asidlerde ise kolayca parçalanır. Nylon 6 güneş ışığından da etkilenir; özellikle UV ışığında, *imino* grupları havanın oksijeni ile reaksiyon verir. Bu gruplar daha reaktif ve suda çözünür hale geçer. Böylece tekstil materyalinde zayıflama ve çürüme olur. Bu nedenle nylon 6, perdelik kumaş yapımında kullanılmaz. Ancak, UV ışığına karşı nylon 6,6 dan daha dayanıklıdır. Nylon 6,6 dan daha fazla boyarmadde affinitelidir. Yani aynı banyoda boyanırsa, nylon 6 lifleri 6,6 dan daha koyu tonlarda boyanır. Nylon 6, *Capron* ticari adı ile de bilinmektedir.

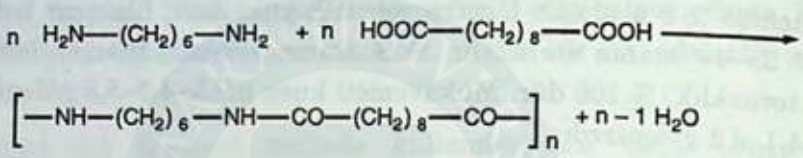
Nylon 6 ve nylon 6,6 monomerlerinden kopolimer olarak üretilen polimer madde değişik özelliklere sahip bir elyaf olarak *Helenca*, *Trelon* veya *Nylon 6+66* adları ile piyasada bulunur. Su tutma ve nem çekme özelliğinin çok az olması nedeniyle mayo ve benzeri deniz giysileri yapımında kullanılır. Ayrıca esneklik özelliği dolayısıyla kadın ve erkek çorapları yapılır.

Nylon 6 ve nylon 66 filamentlerini birbirinden ayırmak için 80°C de % 50 lik HCOOH çözeltisi kullanılır. Formik asidde bu sıcaklıkta nylon 6 bir buruşma ve erime gösterirken, nylon 66 etkilenmeden dibe batar.

III.2.1.3. DİĞER POLİAMİD LİFLERİ

Nylon 6,10

Altı karbonlu heksametilen diamin ile on karbonlu sebazik asidden polikondensasyon ile üretilen nylon 6,10 yumuşak–eğirme ile filament haline getirilir.



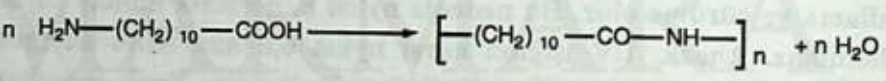
Nylon 6,10

Formül III.10

Nylon 6,10 un erime noktası 214°C dir. Nem çekme miktarı % 2,6 dır.

Nylon 11

ω–amino undekanoik asidden ikinci yönteme göre elde edilir.



Nylon 11

Formül III.11

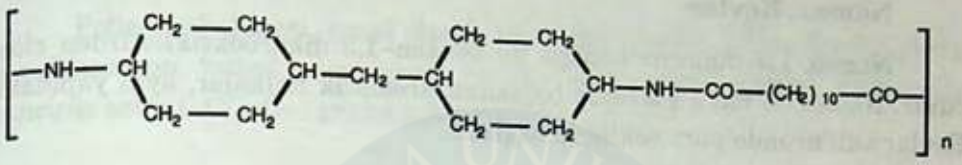
Rilsan veya *rilsanit* ticari adları ile bilinen Nylon 11'in yumuşama noktası 170°C, erime noktası ise 189°C dir. Hidrokarbon zincirinin uzunluğundan dolayı nem çekme oranı, diğerlerinden daha düşüktür (% 1,8). Diğer nylonlara göre boyarmadde absorpsiyonu zayıftır ve elde mumumsu bir his bırakır. Aşınmaya karşı dayanıklı olduğundan kesikli elyaf halinde üretilip halı ve kilim yapımında kullanılır.

Nylon 3, nylon 4, nylon 5 ve nylon 7 gibi poliamidler de çeşitli firmalar tarafından çeşitli adlar altında üretilmektedir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Qiana (PA472)

1968 yılında Du Pont firması tarafından keşfedilen bu poliamid, başlangıç maddesi olarak halkalı yapıda bir diamin içerir. Dikarboksilli asid bileşeni ise oniki karbonludur.



Formül III.12

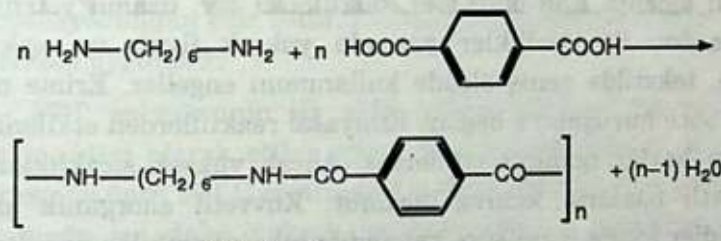
Erime noktası 275°C olan Qiana'nın enine kesiti trilobal olacak şekilde üretilir. Bu yapı ona parlaklık sağlar. Yoğunluğu 1,04 olup oldukça hafiftir. Çok ince de çekilebildiğinden fantazi kumaşlarda ipek yerine kullanılabilir. Qiana' nın endüstride kullanım alanı yoktur. Boyanma özellikleri poliesterin boyanmasına benzer.

III.2.1.4. AROMATİK POLİAMİDLER

Yapısında aromatik gruplar bulunan poliamidlere *aramid* adı verilir. Bu sınıfta Nylon 6–T ve Nomex lifleri incelenecektir.

Nylon 6–T

Başlangıç maddesi olarak heksametilen diamin ile bir aromatik karboksilli asid olan tereftalik asid kullanılır.



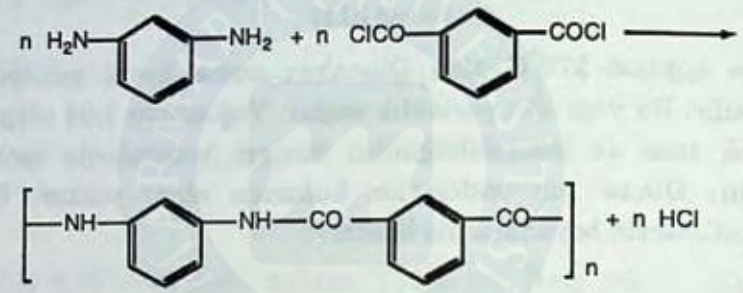
Nylon 6 – T

Formül III.13

Polimer zincirde aromatik yapı içeren poliamidlerin en önemli özelliği, erime noktalarının yüksek olmasıdır. Nylon 6–T bu nedenle 370°C de erir. Dayanıklıdır. Oto lastiklerinde kord bezi olarak ve diğer endüstri ürünlerinde kullanılır.

Nomex, Kevlar

Nomex 1,3–diamino benzen ile benzen–1,3 dikarboksiklorürden elde edilir. Nomex'de meta şeklinde bağlanan aromatik halkalar, aynı yapıdaki Kevlar adlı üründe para şeklinde bağlıdır.



Nomex

Formül III.14

Polimerin erime noktası 475°C, bozunma noktası ise 410°C dir. Bu nedenle nomex çözelti halinde elde edilir ve yaş–eğirme ile filament haline getirilir. Yaş–eğirme çözeltisi % 100 lük sülfürik asid veya oleumda (H_2SO_4 + SO_3) hazırlanır. Koagülasyon banyosu olarak seyreltik asid veya su kullanılır.

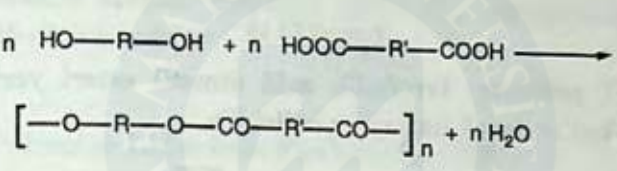
Özgül ağırlığı 1,38 olup sert, bükülmesi zor, uzama yeteneği zayıf, esnekliği azdır. Bu özellikler yanında yüksek fiyatı ve açık sarımsı kahverengi, tekstilde geniş ölçüde kullanımını engeller. Erime noktasına erişmeden önce buruşmaya başlar. Kimyasal reaktiflerden etkilenmez. Oda sıcaklığında bazlar nomex'i etkilemez. Ancak yüksek sıcaklıklarda uzun süre kuvvetli bazlarla kalırsa bozunur. Kuvvetli anorganik asidler ve organik asidler içinde uzun süre kalmadığı takdirde etkilenmez. Peroksit ve klorit gibi ağartıcılarla ağartılabilir. Aleve tutulduğunda diğer sentetik elyaf gibi erimez. Alevle temas halinde kalmak koşulu ile 400°C de kömürleşerek yanar. Alevden uzaklaşınca yanma yavaşlar, erime

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

gözlenmez. Bu özellikleri nedeni ile nomex, askeri amaçlar için kullanılan güç tutuşan giysiler ve malzemenin yapımında kullanılır. Kevlar ise, dayanıklılık isteyen endüstri tekstillerinde ve kurşun geçmez kumaş imalinde kullanılmaktadır.

III.2.2. POLİESTER LİFLERİ

Poliester kelimesi, genel olarak bir dialkol ile bir dikarboksilik asidin kondensasyon ürünü olan uzun zincirli polimerlere verilen addır. Bu zincirde ester (–CO–O–) grubu çok sayıda tekrarlanır.



Formül III.15

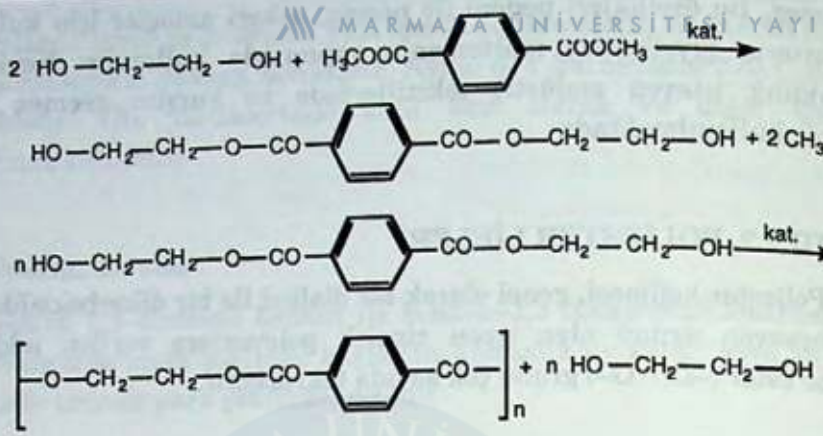
Zincirdeki R ve R' alifatik yapıda ise, polimerin erime noktası çok düşüktür. Bu yüzden tekstilde kullanılamaz. Tekstilde kullanılabilen polimerlerin elde edilmesi için aromatik yapıda bileşenler seçilir. Bu bileşenlere göre farklı yapıda poliesterler elde edilir.

III.2.2.1. PET Poliester Lifleri

Kimyasal adı polietilen–tereftalat olan PET poliesteri, Whinfield ve Dickson tarafından keşfedilmiş olup, ilk defa 1941 yılında ticari ölçüde üretilmiştir. Etilen glikolün tereftalik asid veya tereftalik asid dimetil esteri ile kondensasyonundan elde edilir. Başlangıç maddelerindeki bu farka göre iki ayrı yöntem uygulanır.

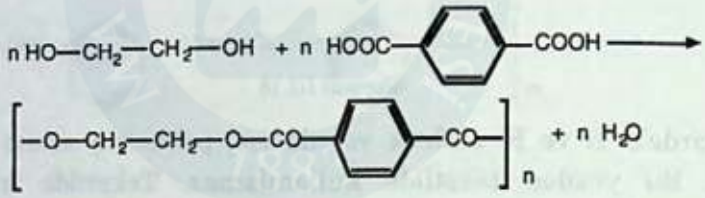
1 – PET poliesterinin ilk elde edilme yöntemi bu reaksiyondur. Başlangıç maddesi olarak etilen glikol ve dimetiltereftalat alınır. Bu iki bileşen arasında önce 200°C civarında katalizör etkisi ile bir ester değişimi, ikinci aşamada ise daha yüksek sıcaklıklarda ve katalizör yardımıyla kondensasyon meydana gelir. Bu yöntemde kondensasyon artığı olarak metil alkol ayrılır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Formül III.16

2 – PET poliesteri tereftalik asid dimetil esteri yerine doğrudan tereftalik asid kullanılarak da sentez edilebilir.



Formül III.17

İkinci sentez yönteminde, kullanılan bileşenlerin çok saf olması gereklidir. Aksi halde polimerleşme istenilen yönde ilerlemez. Bu nedenle gerek etilen glikol, gerekse tereftalik asid çok saf olmalıdır. Etilen glikolün kolayca saflaştırılması mümkünse de teraftalik asid zor saflaştırılır. Bu nedenle günümüzde pekçok ülkede birinci yöntem uygulanmaktadır. Ancak saflaştırma yöntemleri üzerinde yapılan çalışmalarla bu işlemler kolaylaştırılmaya çalışılmaktadır. Böylece ileriki yıllarda, yalnız kondensasyon aşaması ile reaksiyon veren ve kullanılan hammadde bakımından daha ucuz olan ikinci yöntemin tercih edilmesi mümkündür.

Esterleşme reaksiyonlarında ayrılan su ve metilalkol, reaksiyonun yapıldığı 270°C de destillenerek uzaklaştırılır. Bunlardan metilalkol yeniden tereftalik asid dimetilester yapımında kullanılır.

Polimerleşme kazanından soğutularak alınan poliester, küçük parçalara kesilerek (chips) üretilir. Polimerin erime noktası olan 260°C de

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

eritilerek yumuşak–eğirme yöntemi ile filament haline getirilir. İşlem sırasında polimerin hava ile teması azot gazı kullanılarak önlenir. Aksi halde polimerde oksijenle etkilenme sonucunda bozunma görülür. Elde edilen filamentlere sıcakta % 500 kadar bir germe–çekme işlemi uygulanır. Sıcakta yapılan germe–çekme işleminde soğukta uygulanana nazaran daha dayanıklı filamentler elde edilir. Germe–çekme uygulanmamış poliester filamentlerinde kristalin bölge oranı % 0 iken, gerilmiş liflerde bu değer, en az % 55 e kadar çıkar. Germe–çekme işleminin uygulanması sırasında karbonil grupları ile metilen gruplarının hidrojen atomları karşılıklı geldikleri takdirde aralarında H–köprüleri oluşur. Böylece polimer zincirleri van der Waals kuvvetleri yanında H–köprüleri ile de birarada tutularak kristalin alanlar meydana gelir. PET poliesterinde kristalinite oranı % 65–85 arasındadır.

PET Poliester Liflerinin Fiziksel Özellikleri

Poliester liflerinin yoğunluğu, bazı yapay ve doğal liflerle kıyaslandığında oldukça yüksektir. (1,36–1,45 g/cm^3). Bu değer polimerdeki kristalin alanların oranı ile değişir. Kristalin bölge oranı fazla olan liflerde daha yüksek, az olan liflerde ise daha düşüktür. P.D. 115–140 arasındadır.

Liflerin gerilme ve ısınmaya karşı dayanıklılığı fazladır. Filamentlerin mukavemeti, 4–7 g/denier; kesikli liflerin ise 4–5 g/denierdir. Kristalin bölge oranının yüksekliği ve polar yapısından dolayı, nem çekme özelliği azdır. Su molekülleri ancak, bir moleküler film tabakası şeklinde lif yüzeyinde tutunabilirler. Oda sıcaklığında ve standard koşullarda en fazla % 0,4 nem absoplar. Tamamiyle hidrofobik karakterde olması nedeni ile, ıslandığında dayanıklılıkta azalma görülmez. Çünkü kristal yapısı, su moleküllerinin etkisini önler. Lifin hidrofobik yapısı, onun yağlar ve yağlı kirlere karşı da ilgisini artırır. Poliesterin ayrıca statik elektriklenme özelliği de olduğundan, havadaki yağlı kirleri çeker ve çok çabuk kirlenir. Bu niteliği yıkamada problemler yaratır. Suda çözünmeyen yağlı kirlerin, hidrofobik yapıdaki poliester liflerinden uzaklaştırılması çok zordur. Bu tür kirlerin temizlenmesinde, hidrofobrik çözücülerin kullanıldığı kuru temizleme ile daha fazla başarı sağlanır.

Termoplastik etkiler nedeniyle 100°C nin üzerindeki sıcaklıklarda büzülme gösterir. Bu nedenle kaynar yıkama ve ütülemede dikkatli davranılmalıdır. Ütüleme sıcaklığı 135–140°C olmalıdır. PET poliesteri

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

200°C civarında yumuşama gösterir. Kaynar su veya su buharı etkisinde kaldığında belirli bir süre sonra ester bağlarında hidroliz olayı ve mukavemette bir miktar azalma ortaya çıkar. Termofiksaj sıcaklığı 180–220°C dir.

Sert bir tuşesi vardır. Bükülme ve kıvrılmaya karşı direnç gösterir. Bu nedenle buruşmaya karşı da dayanıklıdır. Poliester tekstil materyallerindeki mumumsu tuşenin nedeni, polimer yapısında polar grupların bulunmamasıdır. Zincirdeki metilen grupları ile benzen halkaları bu özelliği sağlar.

Poliester hem plastik hem de elastik özelliklere sahiptir. Çok fazla gerilme ve çekmeye karşı van der Waals kuvvetleri, polimer sistemin kaymasını önler. Aşırı etkilenmelerde zayıf H–bağları kopar.

PET Poliesterinin Kimyasal Özellikleri

Poliester liflerinde mukavemeti arttırmak için yapılan germe–çekme işleminde kristalinite ile birlikte kimyasal reaktiflere karşı ilgisizlik de artar. Bu nedenle poliester lifleri zayıf asid çözeltilerine karşı soğukta ve sıcakta oldukça dayanıklıdır. Derişik anorganik asidlerden de oda sıcaklığında etkilenmez Ancak sıcaklık yükseldikçe etkilenme başlar. Özellikle nitrik asidde tamamen çözünür. Buna karşılık derişik sülfürik asid çözeltisinden sıcakta kısa sürede etkilenmez. Bu özelliğinden poliester liflerinin selülozik liflerden farklandırılmasında yararlanılır.

PET poliesteri zayıf bazik çözeltilerden etkilenmez. Bu nedenle sabun ve deterjanlara karşı dayanıklıdır. Ancak kuvvetli bazik çözeltiler zincirdeki ester bağlarına etki eder. Kısa bir süre için derişik NaOH ile yapılan işlemlerde, lif yüzeyi hafif pürüzlü bir hal alır. Bu işlem poliester lifine bazı olumlu özellikler kazandırır. Ancak çok derişik NaOH çözeltileri özellikle sıcaklık yükseldiğinde liflere zarar vererek dayanıklılığını azaltır.

Poliesterin yükseltgenlere karşı da dayanıklılığı fazladır. Ağartıcılarla –özellikle $NaClO_2$ ile– sorunsuz bir şekilde ağartılabilir. Güneş ışığına karşı dayanıklıdır. UV ışınlardan bir miktar etkilenir. Yakıldığında erir ve isli bir alev çıkarır. Geriye cam gibi sarı–kahverengi bir boncuk bırakır. Dumanları karakteristik aromatik tatlımsı kokudadır.

Filament, stapel ve tow şeklinde üretilen PET liflerinin çözündürülmesinde fenol kullanılır. Kimyasal reaktiflerden etkilenmeyen

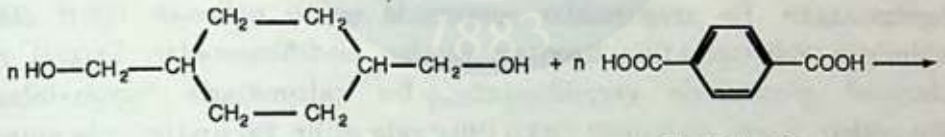
yapısı, boyama işlemlerinde de kendini gösterir. Poliester lifleri boyarmaddelerle kimyasal ilişkiye giremez. Boyama, dispersiyon boyarmaddeleri denilen ve suda çok az çözünürlüğü olan boyarmaddelerle yapılır. Elyafın boyanması, kimyasal bağlanma şeklinde değil, boyarmaddenin elyaf içinde çözünmesi şeklinde gerçekleşir.

PET poliester lifleri balık ağından yelken bezlerine, döşemelik kumaşlardan fantazi kumaşlara ve dikiş ipliklerine kadar çeşitli amaçlar için kullanılır. Poliester kord bezi yapımı için de uygundur.

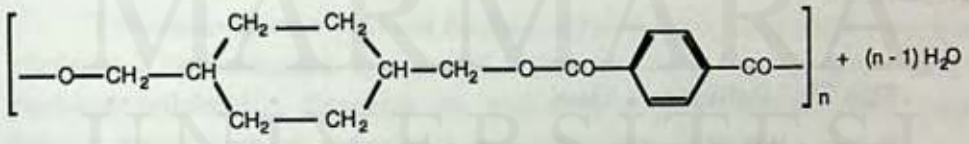
PET poliesteri Türkiye' de *Lalelen, Perilen* ve *Polylen* adları altında çeşitli firmalar tarafından üretilmektedir.

III.2.2.2. PCDT Poliester Lifleri

PCDT poliesterinin sentezinde diol bileşeni olarak halkalı yapıda bir bileşik (sikloheksilen dimetanol) kullanılır. Asid bileşeni ise PET' de olduğu gibi tereftalik asiddir.



Sikloheksilen dimetanol — Tereftalik asid



Polisikloheksilen dimetilen tereftalat (PCDT)

Formül III.18

Reaksiyon sırasında meydana gelen su, 300°C sıcaklık gerektiren polikondensasyon sırasında destillenerek uzaklaştırılır. Ticari adı *Kodel* olan PCDT lifleri, 290°C deki erime noktasının üstünde ısıtılıp, yumuşak–eğirme yöntemi ile filament haline getirilir. 120°C sıcaklıkta % 400–500 kadar uzatılarak mukavemeti arttırılır.

Kodel lifleri fiziksel ve kimyasal özellikler bakımından PET poliesterine benzer. Ancak, esneklik ve termoplastik özellikler bakımından

farklılık gösterir. Mukavemeti 2,5–3,0 g/denierdir. Yoğunluğu ise 1,23 dür. Nem çekme miktarı % 0,4 dür. Gerildiğinde % 24–34 arasında uzama gösterir. PET' den daha yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır. Termofiksaj sıcaklığı 160°C dir. 200°C de ütülenebilir. Kesikli ve saçaklı (tow) lifler halinde üretildiğinde yün ve pamuğa karıştırılır. Yoğunluğunun PET' den daha düşük (1,22 g/cm^3) oluşu ve sürtünmeye karşı yüksek direnci nedeniyle halı iplikleri ile yatak ve yorganlarda dolgu maddesi olarak ve örgü kumaşlarda kullanılır.

Kodel lifleri, PET poliesterinden kaynar dimetil formamidde çözünmemesi ile farklandırılır. PET ise oda sıcaklığında çözünmemekle beraber, kaynatıldıktan 5 dakika sonra çözünür.

III.2.2.3. Modifiye Poliester Lifleri

Poliester lifleri, doğal liflere göre çok daha ucuzdur ve bol miktarda elde edilebilir. Buna karşılık sahip olduğu özellikler nedeniyle doğal liflerden tamamiyle ayrılır. Bu yüzden poliester liflerini doğal liflere benzeyecek şekilde üretmek için çeşitli çalışmalar yapılmıştır ve yapılmaktadır. Bu araştırmalar sonucunda çeşitli poliester lifleri elde edilmiştir. Poliester lifleri üzerinde yapılan modifikasyonlar, fiziksel ve kimyasal yöntemlerle gerçekleştirilir. Bu çalışmalarla boyanabilme yetenekleri, tuşesi, görünümü farklı lifler elde edilir. Bu üretimlerde amaç, ya yüne benzetmek (yün tipi poliester) veya ipeğe benzetmek (ipek tipi poliester) tir.

Yün Tipi Poliester Lifleri

Poliester lifleri kesikli, tow şeklinde üretilip özellikleri bakımından yüne benzetilir. Bunlardan A.B.D.' de üretilen *Dacron* kimyasal modifiye edilmiştir. *Dacron 62* ve *Dacron 64* bileşimlerinde asidik yapıda gruplar (sülfonik) içerir. Bu nedenle bazik boyarmaddelerle boyanabilir. Yine A.B.D.' de üretilen *Vycron* lifleri de kesikli lif şeklinde elde edilir ve genellikle yün ve viskon ile karıştırılarak kullanılır. İsviçre' de elde edilen *Grilen* ise kimyasal modifiye poliester olup, polietilen tereftalatın sentezi sırasında p–hidroksi benzoik asid ilavesi ile kopolimer olarak üretilmektedir. Grilen lifleri hem yün tipi, hem de ipek tipi olarak çeşitli amaçlarda kullanılır. Japonya' da üretilen *E- tipi Teteron* lifleri ise, nem çekme özelliği dışında tuşe v.b. özellikleri yüne benzetilmek üzere kimyasal

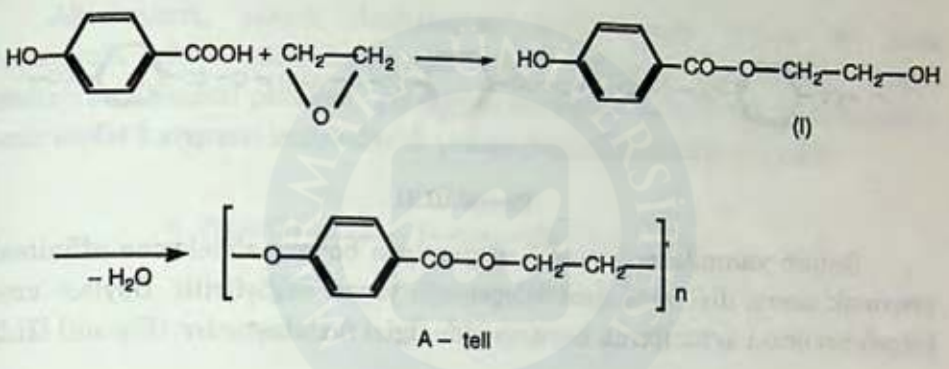
olarak modifiye edilmiş poliesterlerdir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Grilen, Türkiye' de lisans altında *Polylen* adı ile üretilmektedir.

İpek Tipi Poliester Lifleri

Filament şeklinde üretilip özellikleri ipeğe benzetilen poliester liflerinin en önemlisi *A–tell'* dir. A–tell Japonya' da p–hidroksi benzoik asid ve etilen oksidden elde edilir.



Formül III.19

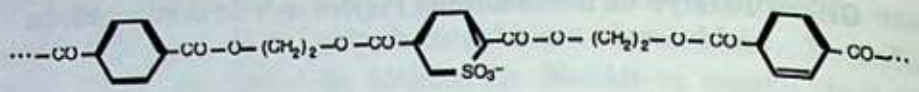
Meydana gelen (I) bileşiğinin polikondensasyonu ile ester–eter yapısında bir polimer oluşur.

Yumuşak–eğirme yöntemi ile filament elde edilir. Lif yüzeylerine ipek görünümü kazandırmak için asidik dikromat ile muamele edilir. Enine kesitleri trilobaldir. Esneklik ve yoğunluk değerleri bakımından ipeğe benzer. Ancak nem çekme miktarı ipeğe erişemez. (% 0,5).

Ayrıca ipek tipi poliester üretiminde, bikomponent liflerden de yararlanılır. Bikomponent poliester lifleri genellikle poliamid ile çeşitli oranlarda karışımı şeklinde üretilir. Örneğin, *Mendel, S 28, Sidera*, ve *Belima* bu tür bikomponent ye ipek tipi liflerdir.

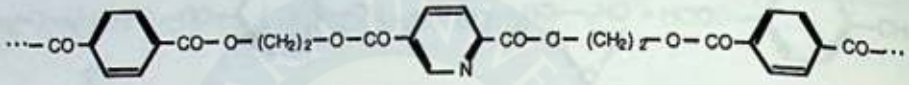
Normal poliester lifleri yalnız dispersiyon boyarmaddeleri ile ve güç koşullarla boyanabilmektedir. Bunların boyanabilme yeteneklerini geliştirmek üzere çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Poliester zincirine tereftalik asid birimi yerine sülfoizoftalik asid molekülü sokulduğunda zincirde anyonik karakter geliştirilir ve bazik boyarmaddelerle boyanabilme olasılığı doğar. (Formül III.20)

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



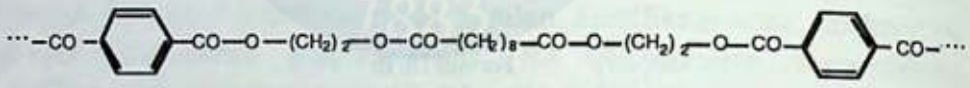
Formül III.20

Zincire bazik gruplar katmakla asid boyarmaddelere affinitesi olan poliesterler elde edilebilir. (Formül III.21)



Formül III.21

Bunun yanında poliesterin dispersiyon boyarmaddelerine affinitesini artırmak üzere, diol veya asid bileşeninin yapısı değiştirilir. Böylece amorf bölgelerin oranı arttırılarak boyarmadde ilgisi fazlalaştırılır. (Formül III.22)



Formül III.22

III.2.3. POLİVİNİL LİFLERİ

Yapısında vinil (CH_2=CH–) grubu bulunan monomerlerin polimerleşmesi ile oluşan maddelere polivinil bileşikleri adı verilir. Vinil grubuna bağlı olan grubun yapısına göre değişik polimerler elde edilir. Örneğin, –Cl bağlı ise polivinilklorür; –CN bağlı ise poliakrilonitril; –OH bağlı ise polivinilalkol oluşur. Oldukça bol bulunan asetilen ve etilenden, monomerleri kolayca elde edilebildiğinden, bu polimerler çok ucuzdur. Ancak, sahip oldukları özellikler, bazılarının testilde kullanımını engeller. İstenilen özellikleri verebilmek için bunlara başka polimerler, kopolimer şeklinde katılır veya farklı monomerlerin beraberce polimerleştirilmesi ile kopolimerler üretilir. Bu sınıfta polivinilklorür, polivinilidenklorür, polivinilalkol ve poliakrilonitril lifleri incelenecektir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

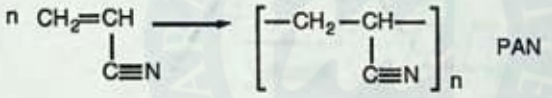
III.2.3.1. POLİAKRİLONİTRİL (PAN) LİFLERİ

Vinil siyanür olarak da isimlendirilen akrilonitril, doymamış bir karboksilik asid olan akrilik asidin nitrilidir.

$CH_2 = CH - COOH$ $\qquad$ $CH_2 = CH - C \equiv N$

Akrilik asidi $\qquad$ Akrilonitril

Akrilonitril, petrol destilasyon ürünlerinden kolay ve ucuz yöntemlerle elde edilebilmektedir. Sıvı haldeki akrilonitril, çeşitli katalizörler (benzoil peroksit, potasyum persülfat veya hidrojen peroksit + demir sülfat karışımı) kullanılarak polimerize edilir. Formül III.23.

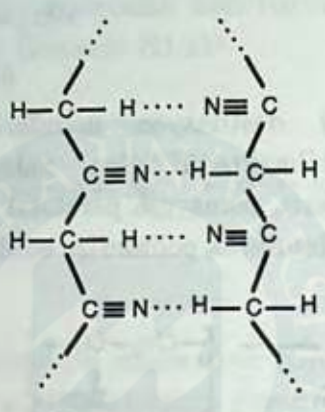


Formül III.23

Bu polimer ilk defa 1930 yılında sentez edilmiş; 1930–1945 yılları arasında yapay kauçuk olarak kullanılmıştır. 1945 yılında ilk defa *Fiber* adı ile filament haline getirilerek piyasaya sürülmüştür. 1950 yılında *Orlon* adı ile filament halinde; 1952 de ise aynı adla kesikli elyaf halinde piyasaya verilmiştir.

Sentezi ile filament halinde üretimi arasında bu kadar uzun zaman geçmesinin sebebi poliakrilonitrilin yapısına bağlı bazı olumsuz özelliklerinin olmasındandır. Poliakrilonitril yaklaşık 200°C olan erime noktasının civarındaki sıcaklıklarda bozunur. Bu yüzden yumuşak–eğirme ile filament haline getirilemez. Aynı zamanda yapısı gereği bilinen organik çözücülerde de çözünemez. Çünkü, polimer zincirde negatif polarlığı bulunan nitril grupları, bir başka polimer zincirin metilen grubu hidrojeni ile H–köprüleri oluşturur. Bu bağlar, polimer zincirleri çapraz bağlarla birbirine bağlar. Ayrıca van der Waals kuvvetleri de zincirleri bir arada tutar, polimerin kristallenme oranını arttırır ve çözünürlüğünü azaltır. Bu nedenle uzun yıllar PAN polimerini çözebilecek uygun bir çözücü araştırılmakla geçmiştir. Formül III.24

Böyle bir maddeyi çözmek için çözücü seçimi oldukça zordur; ancak birkaç uygun çözücü bulunabilir. En uygun çözücüler, N,N–dimetil formamid H–CO–$N(CH_3)_2$, dimetilsülfon $(CH_3)_2SO_2$ ve N,N–dimetilasetamiddir CH_3–CO–$N(CH_3)_2$. Poliakrilonitril filamentleri polimerin bu çözücülerdeki çözeltilerinden elde edilir. PAN' ın N,N– dimetil formamiddeki % 25–40 lık çözeltileri yaş veya kuru–eğirme için kullanılır.



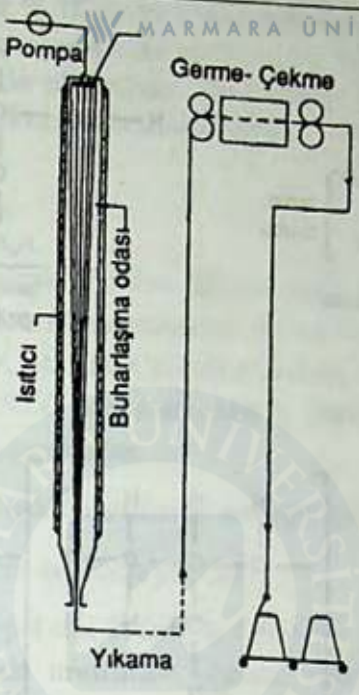
Formül III.24

Yaş–eğirme yönteminde bu çözelti, koagülasyon banyosu olarak gliserin, kalsiyum klorür ve başka yardımcı maddeler içeren bir çözeltide filament haline getirilir. Çöken filamentler, koagülasyon banyosu bileşenlerinden arıtılmak üzere, iyice yıkanır. 100°C deki buharda 3–10 katı germe–çekme uygulanır. 10 misli germe, moleküllerin yönlenmesi dolayısıyla, dayanıklılıkta 7 kat artışa sebep olur. Bu şekilde üretilen filamentler kesikli lif veya tow şeklinde tüketilir.

Aynı çözelti kuru–eğirme yönteminde de kullanılır. Bu çözelti 400°C lik sıcak hava akımı geçen odalara spinneret başlıklarından püskürtülür. Çözücüsü buharlaşan filamentler, yıkandıktan sonra, 150–175°C de 3–10 katı germe–çekme verilir. Kuru eğirme ile elde edilen PAN lifleri filament halinde tüketilir. Şekil III.22.

İlk elde edilen poliakrilonitril filamentleri % 100 saf polimerden oluşuyordu. Bunların yukarıda bahsedilen yapısal özelliği nedeniyle yönlenme ve kristallenme oranları oldukça yüksektir. Bu nedenle boyanma ve nem çekme gibi özellikleri olumsuzdu ve boyanma güçlüğü vardı. Günümüzde poliakrilonitril lifi üretiminde % 100 PAN kullanılmaz. Bunun yerine özelliklerini iyileştirmek ve boyanma yeteneği kazandırmak üzere %

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



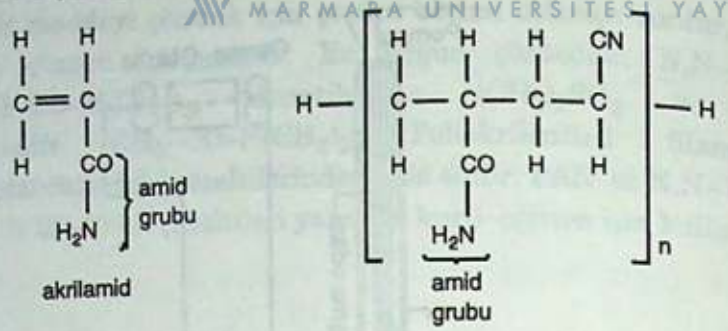
Şekil III.22. Kuru eğirme yöntemi ile akrilik liflerinin üretimi

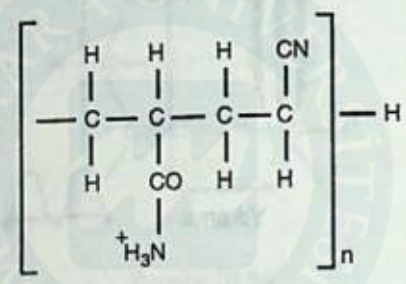
15' e kadar bir başka monomer içeren akrilonitril kopolimerleri sentez edilerek bunlardan lif üretilir. Polimere eklenen komonomerin yapısında polar grupların bulunması durumunda polimer zincir polarlık kazanır. Aynı zamanda yapıdaki kristalin bölgelerin oranı azalır. Böylece polimerin bazı çözücülerde çözünürlüğü ve boyanma yeteneği artar. Yapısında % 15' e kadar komonomer içeren poliakrilonitrilden yapılmış liflere *akrilik elyaf* adı verilir. Eklenen komonomerin polarlık özelliklerine göre *akrilik lifler,* ya anyonik veya katyonik karakterde olurlar. Poliakrilonitril zincirine komonomer olarak vinil piridin, akrilamid gibi bileşiklerin katılması bileşiğe asidik ortamlarda katyonik karakter kazandırır. Formül III.25. Buna karşılık akrilik asid ve sodyum vinil benzen sülfonat gibi monomerler elyafı negatif yüklü kılar. Formül III.26. Bu nedenle akrilik lifleri içindeki monomerin yapısına bağlı olarak *anyonik modifiye akrilik lifleri* ve *katyonik modifiye akrilik lifleri* şeklinde farklandırılır.

i) AKRİLİK LİFLER

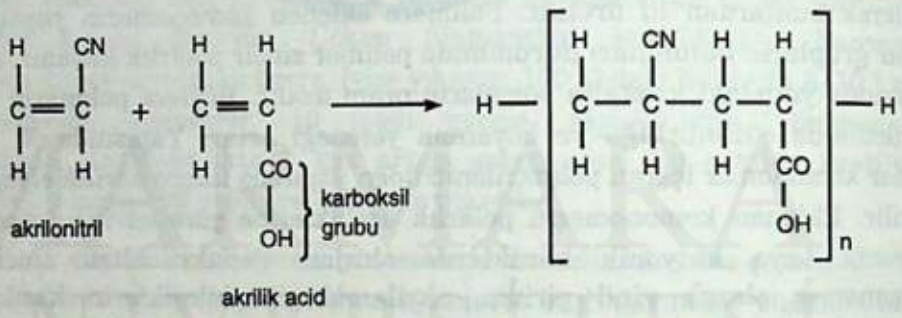
Poliakrilonitrilin hammaddesi çok ucuz olduğundan, bu polimerin lif üretiminde kullanılması düşünülmüş ve polimere, yukarıda belirtildiği

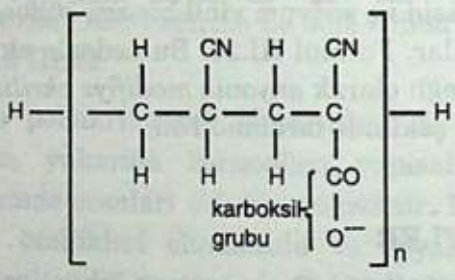
MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ





Formül III.25





Formül III.26

şekilde çeşitli monomerler % 15 sınırı içinde karıştırılarak değişik ürünler elde edilmiştir. Çeşitli firmaların elde ettikleri bu ürünlerin bileşimleri ve üretim teknikleri genellikle patentlidir. Bu nedenle bilinen pekçok akrilik lifin pek azının yapısı hakkında bilgimiz vardır. Bunlardan bazıları için aşağıda bilgi verilmiştir.

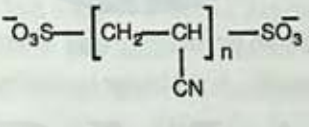
a) Orlon Akrilikleri :

Orlon akrilikleri olarak üretilen liflerin çoğu % 100 e yakın oranda poliakrilonitril içerir. Orlon filamentlerinin mukavemeti, 2,2–2,6 g/denier; özgül ağırlığı ise 1,18 dir. Standart koşullarda nem çekme miktarı % 1,7 dir. Ütüleme sıcaklığı 150°C olmalıdır. Orlon akrilikleri çeşitli tipte ve sayılarla farklandırılarak üretilirler.

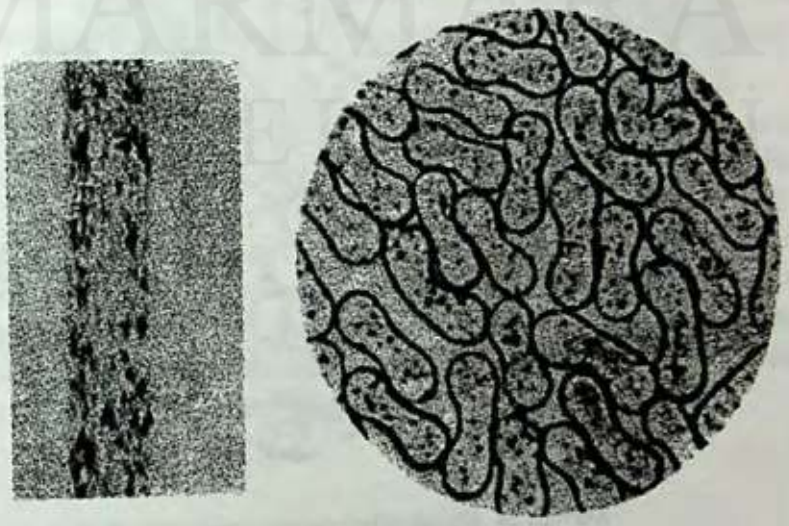
Orlon 42 kesikli lif şeklinde üretilir ve örgü iplikleri yapılır.

Orlon 81 ise filament şeklinde üretilir.

Orlon liflerinin, stapel tipi *Orlon 39*, *Orlon 37* ve *Orlon 21* tipleri de vardır. High–bulk olarak üretilirler. Ayrıca bikomponent lif şeklinde üretilenleri *Orlon Sayelle* adı ile bilinir; kıvrımlı bir yapıya sahiptir. Orlon tipi lifler, Almanya' da *Dralon* ticari adı ile bilinmektedir.



Formül III.27



Şekil III.23. Orlon liflerinin enine kesit görünümü

% 100 poliakrilonitrilden üretilen Orlon akrilikleri, üretim sırasında katalizör olarak kullanılan peroksi disülfat ve sülfit veya sülfat tuzları nedeni ile polimer zincir uçlarında anyonik karakterde sülfit veya sülfat grupları içerirler. Formül III.27.

Bu nedenle, Orlon akrilikleri anyonik modifiye akrilik lifler olup, çözeltilerinde + yük taşıyan boyarmaddelerle boyanabilirler. Şekil III.24 de orlon liflerinin enine kesitlerinin mikroskop altındaki görünümleri verilmiştir.

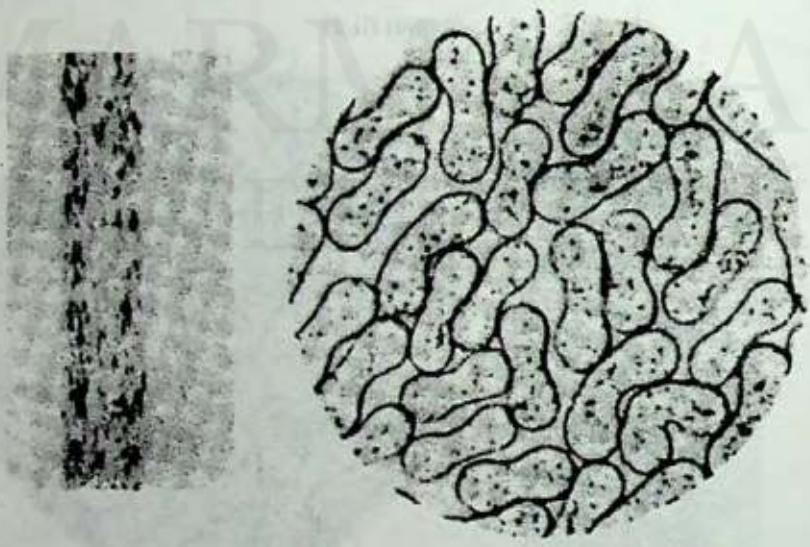
b) Acrilan Lifleri :

Acrilan liflerinin bileşimlerinde % 10–15 oranında katyonik monomer bulunur. Genellikle komonomer olarak % 6 vinil asetat ve % 6 vinil piridin içerir. Üretimi, dimetil asetamiddeki % 20 lik çözeltisinden 140°C lik gliserin banyosu kullanılmak suretiyle yaş eğirme yöntemine göre yapılır. Stapel veya filament halinde üretilir. Asid, krom, direkt ve metal kompleks boyarmaddelerle boyanabilir.

Acrilan 16 döşemelik ve perdelik yapımında,

Acrilan 26 halı ipliği yapımında,

Acrilan 38 ise dikiş ve endüstri ipliği olarak kullanılır. Şekil III.24 de Acrilan liflerinin enine kesitlerinin biçimi görülmektedir.



Şekil III.24. Akrilan liflerinin enine kesit görünümü

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

c) Courtelle Lifleri :

Kopolimer olarak az miktarlarda metil metakrilat içerir. Formül III.23. Bu nedenle anyonik grup taşırlar ve yaş–eğirme yöntemi ile üretilirler. Polimerdeki anyonik grup oranı daha fazla olduğundan, katyonik boyarmaddelere karşı affinitesi Orlon akriliklerinden daha çoktur.

d) Creslan Lifleri :

Creslan lifleri komonomer olarak akrilamid içerirler. Formül III.24. Monomerin yapısı katyonik karakterde olduğundan bu tip akrilik lifleri anyonik yapıda boyarmaddelerle boyanabilirler. Bunlar halı ve battaniye tipi materyalin yapımında kullanıldığı gibi, yün ile karıştırılarak kammgarn ve strayhgarn kumaşlar da üretilir.

e) Zefran Lifleri :

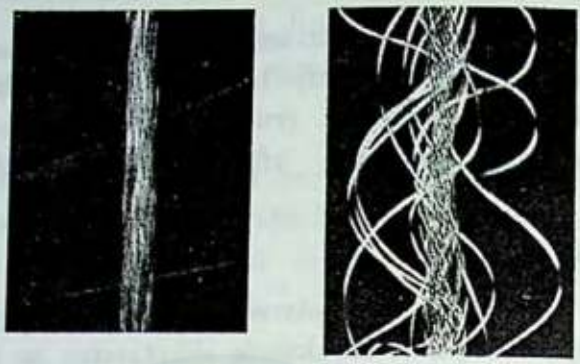
Komonomer olarak vinil pirrolidon içeren akrilik elyafı Zefran akrilikleri olarak bilinir. Daha çok halı ipliği olarak tüketilir.

Akrilik Elyafın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

% 100 e yakın PAN dan oluşan liflerde kristalin bölge oranı % 70–80 arasındadır. Bu filamentlerin dayanıklığı, içine % 15 e varan oranlarda monomer eklenmiş akrilik liflerden daha fazladır. Bunun nedeni polimer zincire monomer molekül girdiğinde kristalin bölge oranının azalmasıdır. Islandıklarında dayanıklılığı bir miktar azalır. Uzama özellikleri iyidir. % 20–36 oranında uzama gösterir. % 1 uzatıldığında ise esneklik özelliği % 95 dir.

Akrilik liflerinin en önemli özelliği, sıcakta % 15–30 luk bir gerilme verildiğinden uzamanın dayanıklı olmaması ve buharlama yapıldığında tekrar kısalarak eski boyutunu almasıdır. Bu şekilde gerilme verilmiş ve verilmemiş lifler birlikte eğrilip iplik yapıldıktan sonra buharlanırsa, gerilme verilmiş elyafta kısalma gözlenirken diğerleri kısalmaz. Gerilme verilmemiş liflerde, diğerinin kısalmasından dolayı büklümler meydana gelir ve iplik hacimli bir görünüm kazanır. Bu işleme *bulking*, elde edilen ipliklere de *high–bulk iplik* adı verilir. Şekil III.25.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Şekil III.25. High-bulk iplik

Akrilik lifleri termoplastik özellik gösterirler. Yüksek sıcaklıklarda kimyasal yapısı bozulur ; bu nedenle yumuşak–eğirme ile üretim yapılamaz. Elyafın ısı etkisi ile yumuşayıp, yarı plastik hale geçme sıcaklığı (cam geçiş temperatürü), 60–120°C arasındadır. Bu nedenle 60°C nin üstündeki sıcaklıklarda akrilik materyalin fiziksel yapı ve biçiminde değişiklikler olur. Yıkama ve boyamalar bunun üstündeki sıcaklıklarda yapıldığından dikkatli davranmalıdır. 150°C de sararır, daha yüksek sıcaklıklarda siyahlaşır. Çıplak alevde derhal tutuşur; eridikten sonra yanar. Klorlu monomerlerle kopolimer oluşturan akrilik lifleri; yanmaksızın erir ve kömürleşir.

Hava ve gün ışığından fazla etkilenmez. Bilinen çok az organik çözücüde çözünebilir. Bu nedenle kuru temizlemeye karşı dayanıklıdır. Buna karşılık, kuarterner amonyum tuzları, lityum bromür, amonyum rodanür, çinko klorür gibi tuzların çözeltilerinde çözünür.

Seyreltik bazlarda, lif yüzeyinde meydana gelen hidroliz ve sabunlaşma nedeniyle, polimerleşme derecesi düşer ve sararır. Derişik baz çözeltilerinde ise bozunur. Asidlere karşı, bazik çözeltilerden daha dayanıklıdır. Asid çözeltilerinde, ancak çok uzun süre kalırsa zarar görür. Yükseltgenlerden etkilenmez.

Nem çekme özelliği, taşıdığı monomerin cinsine bağlı olarak % 1,2 ile 2,6 arasında değişir.

Elektriklenme özelliği fazla olduğundan çabuk kirlenir. Ancak leke tutmaz ve çok kolay yıkanır.

Akrilik lifleri yüne çok benzer, bu sebeple örgü yünleri (Orlon 42),

battaniye (Orlon 39), halı ve kilim (Orlon 37) yapımında kullanılır. High–bulk iplik üretiminde acrilan lifleri uygundur. Ayrıca akrilik lifleri spor giysileri, döşemelik kumaşlar, oto döşemeleri, viskon ve yünle karıştırılarak erkek ve kadın kumaşları, erkek ve çocuk çorapları, bayrak kumaşları, tüylü kumaşlar, peluşlar, taklid kürkler, yer halıları ve non–vowen materyallerin yapımında uygundur.

ii) MODAKRİLİK LİFLERİ

Bileşiminde %35–85 oranında poliakrilonitril içeren sentetik kopolimerlerden yapılmış elyafa "*modakrilik elyaf*" denir. Bunlarda komonomer olarak vinilklorür, viniliden klorür ve vinil disiyanür bulunmaktadır. Bunların çoğunda bu ikinci bileşenin ya miktarı veya türü açıklanmaz, patentli olarak saklanır. Bu nedenle akrilik elyafta olduğu gibi modakrilik elyafta da yapıları hakkında geniş bilgi edinme olasılığından yoksun bulunmaktayız.

Verel Modakrilikleri :

Ortalama % 60 oranında komonomer içerirler. Bu komonomerler vinil klorür ve viniliden klorürdür. Genellikle kesikli lif olarak üretilir. Verel, diğer termoplastik ve akrilik liflerden daha fazla nem çeker. (% 3,5–5,4). Rengi beyazdır. Asidlere ve bazlara karşı dayanıklıdır. Verel, yünden daha fazla, pamuk, keten ve ipekten ise daha az dayanıklıdır. Hafiftir ve kolaylıkla high–bulk iplik oluşturabilir. Termoplastik yapıdadır. Kuru temizlenebilir ve kolayca yıkanabilir. Yıkama sonunda kırışıklıklar kalabilir. Suda çekmez. Işığa karşı dayanıklıdır. Bazik ve 1/2 lik metal–kompleks boyarmaddelerle boyanabilir.

Sef Modakrilikleri :

Üretimi patentli olan bir başka modakrilik lif de Sef' dir. Sef, yarı parlak ve kesikli olarak üretilir. Asid ve bazlara karşı dayanıklıdır. Modakrilik lifleri içinde en az dayanıklı olanıdır. Esnekliği de azdır. Diğer modakriliklere göre daha az nem çeker. Termoplastiktir. Yıkama ve kuru temizlemeye dayanıklıdır. Güneş ışığına, asidlere ve bazlara karşı da dayanıklıdır. Bazik ve dispersiyon boyarmaddeleri ile boyanabilir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Dynel Modakrilikleri :

Komonomer olarak vinil klorür içeren modakrilik lifleri, Dynel modakrilikleri adını alır. Bunlardan % 60 vinil klorür, % 40 akrilonitrilden oluşmuş polimerden çekilen filamentler Vinyon N ticari adı ile bilinir. Açık kremden sarıya giden renklerde olan bu polimer, sıcak asetonda çözündürülerek ya kuru–eğirme ile veya koagülasyon banyosu olarak su kullanmak suretiyle yaş–eğirme ile filament haline getirilir.

Dynel modakrilikleri diğer modakriliklerden daha dayanıklıdır. Islandığında dayanıklığı bir miktar azalır. Nem çekme özelliği ise diğerlerinden daha azdır. (% 0,4). Kolayca yıkanır ve kuru temizlenebilir. Ağartıcılardan etkilenmez. Kuvvetli baz ve asid çözeltilerine karşı dayanıklıdır. Açık renklerde yüksek haslıklarla dispersiyon boyarmaddeleri, direkt boyarmaddelerin birçoğu ve bazı küp boyarmaddeleri ile boyanabilir. Siyah ve kahve gibi renklerde boyama için polimer halinde iken çözündürme işlemi yapılır.

Dynelden yapay kürkler, peluşlar, halı battaniye, döşemelik, perdelik kumaşlar ve çoraplar üretilir.

III.2.3.2. POLİVİNİLKLORÜR (PVC) LİFLERİ

Polivinilklorür, asetilen ve hidroklorik asidden elde edilen vinilklorürün 40–50 atm basınç altında 30–80°C de katalizörlerle polimerleştirilmesi ile üretilir Formül III.28

$$CH \equiv CH + HCl \longrightarrow CH_2 = CH - Cl$$

$$n\ CH_2 = CH - Cl \longrightarrow \left[- CH_2 - \underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}} - \right]_n$$

Formül III.28.

Elde edilen polivinilklorür, katı, erime noktası yüksek, bükülmeye karşı dirençli bir maddedir. Endüstride bu özelliklerin gerekli olduğu birçok yerde, çeşitli amaçlar için kullanılır. Tekstilde kullanabilmek için, polimerin pek uygun olmayan bu özelliklerinde, bazı değişiklikler yapmak

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

gereklidir. Bunun için ya polimere plastikleştirici özellik vermek üzere bazı maddeler eklenir; veya kopolimerler olarak üretilir. Bu işlemlere göre polivinilkorür lifleri üç alt sınıfa ayrılır :

a) % 100 PVC lifleri :

Bir plastikleştirici ilavesiyle özellikleri düzeltilmiş % 100 polivinilklorürden üretilmiş liflerdir. Bunlar, 180°C nin altındaki sıcaklıklarda yumuşak–eğirme ile veya organik çözücülerde çözündürülerek kuru–eğirme ile elde edilirler. Bu tür lifler, Almanya' da PCU, Fransa' da *Rhovyl* ve *Thermovyl* adı ile satılırlar. Saf polivinilklorür liflerinin kullanılma alanlarını da belirleyen üç önemli özelliği vardır : birincisi, 75–80°C gibi düşük sıcaklıklarda yumuşama ve çekme göstermesi; ikincisi güç tutuşma ve yanmazlık özelliği ve üçüncü olarak da tüm kimyasal reaktiflerden etkilenmemesidir. Bu özellikleri nedeni ile daha çok endüstri tekstillerinde kullanılır. Örneğin, taşıyıcı bandlar, yelken kumaşları, balık ağları, non–woven denilen keçe tipi kumaşlar PVC liflerinin kullanılma alanlarıdır. Bu tür liflerde polimer maddeye plastikleştirici olarak eklenen bileşikler; zamanla, ya oksitlenerek veya yıkama ile çözünerek ya da buharlaşarak materyalden uzaklaşabilir. Bunun sonucunda materyal kırılgan, katı bir hal alır. Saf polivinilklorür liflerindeki bu olumsuz etkiler nedeniyle, bu maddenin yapısında değişiklikler düşünülmüş ve yeni tip maddeler elde edilmiştir. Bunlar modifiye polivinilklorürler olarak bilinmektedir.

b) Modifiye polivinilklorür lifleri :

Polivinilklorürün kimyasal yapısını çeşitli yollarla değiştirmek mümkündür. Bunlardan biri polimerin içindeki klor miktarını arttırmaktır. Bu şekilde içindeki klor miktarı % 64' e çıkarılmış PVC' nin bazı özellikleri değişir. Örneğin, asetondaki çözünürlüğü artarak daha kolay bir yaş–eğirme sağlanır. Yumuşama noktası 75–80°C den 80–100°C ye çıkar. Bu ürün asetondaki % 30 luk çözeltisinden ya kuru–eğirme ile veya koagülasyon banyosu olarak su kullanılarak yaş–eğirme ile filament haline getirilir. 3 katı kadar germe–çekme uygulanır. Uzama yeteneği % 40 olan bu filamentlerin Almanya' daki ticari adı *Pe Ce* lifleridir.

c) Polivinilklorür kopolimerleri :

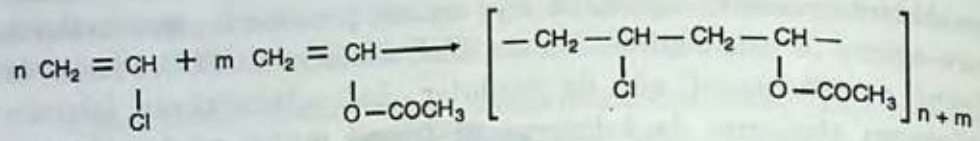
Vinilklorür monomerlerine, uygun başka monomerler eklenerek birlikte polimerleştirilir. Bunlar kopolimer halinde birleşirler. Bu şekilde yapısı PVC den farklı dolayısıyla özellikleri de farklı polimer maddeler elde

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

edilir ki bunlardan ikisi aşağıda verilmiştir.

i) Vinilklorür + vinilasetat kopolimeri :

Genellikle *vinyon* ticari adı ile bilinen bu kopolimerler değişik oranlarda ve değişik adlar altında çeşitli firmalar tarafından üretilirler. Formül III.29.



Formül III.29.

Bu kopolimerlere genellikle *Vinyon* adı verilir. Vinyonlarda PVC % 80–88 arasındadır; vinil asetat ise % 12–20 dir. Üretimdeki oranlara bağlı olarak vinyonlar, *Vinyon HH*, *Vinyon HST*, *Vinyon ST*, *MP Faser* adlarını alır.

Vinyon kopolimeri asetonda çözündürülerek kuru–eğirme yöntemi ile filament haline getirilir. İplik yapıldıktan sonra germe–çekme uygulanarak moleküllerin yönlenmesi ve dayanıklılık sağlanır. Kuru ve yaş halde dayanıklığı iyidir. % 95 relatif nemde % 0,1 nem absorplar. Küf ve mantarlardan etkilenmez. Derişik anorganik asidler ve bazlardan da etkilenmez. Alevlenmeden erir ve kömürleşir. Bilinen yöntemlerle boyama yapılamaz. Yumuşama noktası düşüktür; 75°C de çekme ve büzülme gösterir. 65°C nin üstündeki sıcaklıklara ısıtılmamalıdır. Kaynar suda yıkama yapılmaz ve ütülenemez.

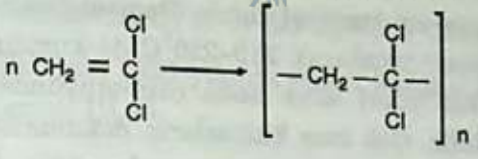
ii) Vinilklorür + Akrilonitril kopolimerleri :

% 60 oranında vinilklorür ve % 40 oranında akrilonitrilden oluşan kopolimerlere *Vinyon* N veya *Dynel* adı verilir. Bu lifler aynı zamanda akrilonitril kopolimeri de sayıldığından modifiye edilmiş akrilik elyaf (modakrilik lifler) konusunda incelenmiştir.

III.2.2.3. POLİVİNİLİDEN KLORÜR LİFLERİ

Viniliden klorür ışıkta kolayca polimerize olur. Formül III.30. Katalizör olarak peroksidler kullanılır. Yumuşama noktası yüksek ve organik çözücülerde kolayca çözenmeyen bir polimer elde edilir. Taşıdığı

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Formül III.30.

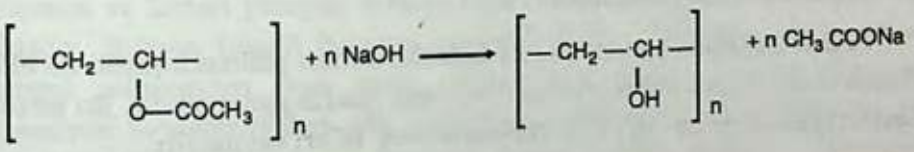
özellikler dolayısıyla lif haline gelebilme yeteneği yoktur. Bu nedenle polimerleşme sırasında başka polimerlerle karıştırılarak kopolimer halinde elde edilir. Böylece özellikleri düzeltilmiş olur. Bu kopolimerlerden en önemlisi *Saran* dır. *Velon* olarak da isimlendirilen saran, % 13 PVC ve % 2 PAN içeren bir polivinilidenklorür kopolimeridir.

Saran liflerinin üretimi 180°C de yumuşak–eğirme ile yapılır. Filamentlere soğukta 4 katı germe–çekme yapılır. Yoğunluğu 1,68–1,75 dir. Bu değerler ile ağır lifler arasında yer alır. Nem çekme özelliği % 0 dır. 24 saat su içinde kaldığında bile % 0,1 kadar su absoplar. Bu hidrofobik özellik, boyamada da kendini gösterir. Üretim sırasında kendisi ile karışabilen pigmentler ilavesi ile kütle boyama yöntemine göre, boyanabilir. Organik çözücülere karşı duyarlı olmadığı gibi, kuvvetli veya zayıf asid ve bazlardan da etkilemez. Güneş ışığına karşı da dayanıklıdır. Sürtünme direnci çok yüksek olduğundan tüylenme yapmaz. Esnekliği de fazladır. Isıya dayanıklığı yoktur. 75°C nin üstündeki sıcaklıklarda önce kısalır ve daha sonra dayanıklığını kaybeder. 115°C de yumuşamaya başlar.

Saran liflerinden oto döşemelikleri ve kılıfları, sineklik ve bina dışında kullanılacak döşemelikler yapılır.

III.2.3.4. POLİVİNİLALKOL (PVA) LİFLERİ

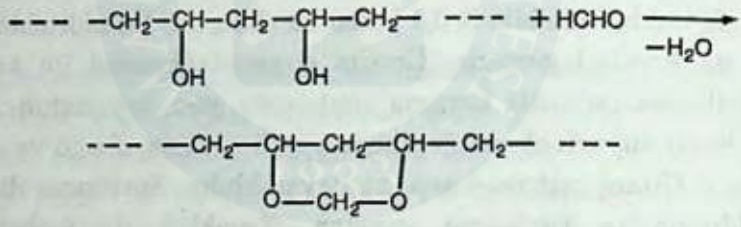
Polivinilalkolün monomeri olan vinilalkol, serbest halde bulunmadığından polivinilasetattan elde edilir. Polivinilasetatın alkoldeki çözeltisi NaOH ile sabunlaştırılır. Formül III.31.



Formül III.31.

PVA, sıcak sudaki çözeltisinden % 15 lik Na_2SO_4 çözeltisi kullanılmak suretiyle yaş–eğirme yöntemi ile filament haline getirilir. Daha sonra germe–çekme işlemi yapılarak 210–220°C de kurutulur. Bu şekilde elde edilen polivinilalkol lifleri sıcak suda çözündüğünden ancak sınırlı amaçlar için kullanılabilir. Çok ince kumaşların dokumalarında ve dantel gibi delikli desenlerin kumaşa uygulanmasında diğer liflerle beraber dokunup, sıcak yıkama ile kumaş üzerinden sökülebilir. Böylece, pratikçe dokunması mümkün olmayan çok ince kumaş ve dantellerin üretimi gerçekleştirilebilir. Ayrıca tıpta cerrahi ipliği olarak da kullanılır. Alginat liflerinin de aynı amaçla kullanıldığı ilgili bölümde anlatılmıştı.

Yukarıdaki şekilde elde edilen liflerin sudaki çözünürlüğünü kaybettirmek için 75°C de formaldehid ve sülfürik asidle muamele edilmesi gerekir. Bu işlem sonucu, polivinilalkoldeki hidroksil gruplarının % 41'i formaldehidle reaksiyon verir. Formül III.32.



Formül III.32.

Polimer zincirinde geriye kalan yaklaşık % 60 oranındaki serbest hidroksil grupları nem çekicilik özelliği kazandırır. % 10 bağıl nemde çektiği nem miktarı % 12 kadardır. Formaldehidle işlem görmüş PVA filamentleri, yüksek sıcaklığa ve kaynar suya dayanıklıdır. 200°C de yumuşar, kolay ütülenir ve yıkanır. *Vinylon* veya *vinal* adı ile bilinen PVA liflerinin uzama miktarı % 28 dir Endüstride balık ağları, filtre bezleri, ayrıca, çorap ve spor giysilerinin yapımında kullanılır.

III.2.4. POLİOLEFİN LİFLERİ

Poliolefin lifleri bir doymamış hidrokarbonun polimerleşmesi ile elde edilen sentetik lineer polimerlerden yapılmış liflerin genel adıdır. Bu sınıfta *polietilen, polipropilen* ve *politetrafluoroetilen* lifleri sayılabilir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

III.2.4.1. POLİETİLEN (PE) LİFLERİ (*POLİTHEN*)

Polietilen ilk defa 1939 yılında etilen gazının polimerleştirilmesi ile elde edilmiştir Formül III.33.

$$n\,CH_2 = CH_2 \longrightarrow \left[-CH_2-CH_2-\right]_n$$

Formül III.33.

Polimerleşme için sıcaklık, basınç ve katalizör gibi bazı koşullar gereklidir. Farklı koşullar kullanılarak iki ayrı yöntemle polietilen elde edilir.

1 – Düşük basınç yöntemi ile polietilen elde edilmesi : 50–70°C de $TiCl_4$ katalizörü kullanılarak etilen gazının polimerleştirilmesi ile üretilen polietilen, lineer yapıdadır. Bu yapıdaki polietilenin yoğunluğu 0,96 g/cm^3 dür. Bu ürüne yoğunluğu nedeni ile "*yüksek dansite polietileni*" veya elde edilme yöntemini belirtmek üzere "*alçak basınç polietileni*" adı verilir.

2 – Yüksek basınç yöntemi ile polietilen elde edilmesi :

Benzen veya klorobenzende çözünmüş etilen, 200°C de ve 150 atm basınç altında eser miktarda oksijenin katalizörlüğünde polimerleştirilirse elde edilen madde dallanmış yapıdadır ve yoğunluğu 0,91–0,94 g/cm^3 dür. Bu ürüne de yukarıdaki sebeplerden dolayı "*düşük dansite polietileni*" veya "*yüksek basınç polietileni*" adı verilmektedir.

İki farklı yöntemle elde edilen polietilenlerden alçak basınç yöntemi ile üretileni, lineer yapıda olduğundan lif yapımında kullanılabilir. Bu madde termoplastik özellik gösterir ve 300°C de yumuşak–eğirme yöntemi ile filament haline getirilir.

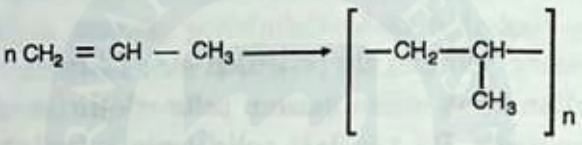
Genellikle monofil olarak çekilen filamentler, 90°C de yumuşayıp 110–120°C de erir. Elle tutulduğunda mumumsu bir his bırakır. Absorban özelliği yoktur. Nem çekme yeteneği hemen hemen sıfırdır. Bu yüzden kirlenmez ve kirleri yüzeyde tutmaz. Aynı sebepten boyarmaddelere karşı ilgisizdir. Bilinen tekstil boyama yöntemleri ile boyanamaz. Boyama, filament çekiminden önce suda çözünmeyen azoik, kükürt, küp ve dispersiyon boyarmaddeleri gibi pigmentlerle polimerin karıştırılması ile yapılabilir. Bu işleme kütle boyama denir. Güneş ışığından, özellikle

ultraviyole ışıktan kolayca etkilenir; polimerleşme derecesi düşer, dayanıklığı azalır. Yüksek sıcaklıklara karşı hassas olduğundan çok sıcak su ile yıkamaktan kaçınmalıdır. Asid ve bazlara karşı dayanıklıdır. Elektriği iletmez. Bu nedenle elektrik izolatörü olarak kullanılır.

Kimyasal reaktiflere karşı koruyucu kumaşların yapımında, oto döşemeleri, sinek telleri, balık ağı gibi dokumalarda kullanılır.

III.2.4.2. POLİPROPİLEN (PP) LİFLERİ (*MERAKLON*)

Propilenin 100°C de 20–30 atm basınç altında katalizörle polimerleşme reaksiyonundan polipropilen elde edilir. Formül III.34.

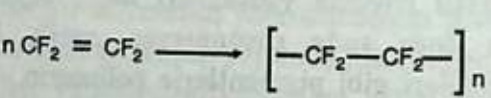


Formül III.34.

Polipropilen, 0,905g/cm^3 lük yoğunluğu ile, bilinen en hafif polimer maddedir. Yumuşak–eğirme yöntemi ile monofilament olarak elde edilir. Kimyasal özellikler akımından polietilene benzer. Nem ve kimyasal reaktiflerden etkilenmez. Nem çekme oranı % 0,05 dir. Isı, ışık ve yükseltgen maddelere karşı polietilenden daha az dayanıklıdır. Boyama işlemi polietilende olduğu gibi yapılır. Bu iki olumsuz özelliğine rağmen, ucuzluğu nedeniyle nylon ve akrilik gibi sentetik liflerle karıştırılarak kullanılır. Polipropilenin en önemli özelliği sürtünme direncinin yüksek olmasıdır. Bu özelliğinden dolayı halı ipliği yapımında kullanılmaktadır.

III.2.4.3. POLİTETRAFLUOROETİLEN (PTFE) LİFLERİ (*TEFLON*)

Tetrafluoroetilen gazı, genellikle yüksek basınç altında ve su beraberliğinde serbest radikal oluşumu ile polimerleşir. Formül III.35.



Formül III.35.

Politetrafluoroetilenin, erime noktası yüksek ve çözünmeyen bir yapıya sahip olması nedeniyle, filament haline getirilmesi oldukça zordur. Bu sebeple teflon filamentleri değişik bir yöntemle elde edilir. Bunun için polimerin sudaki kolloidal süspansiyonu % 25 lik HCl çözeltisine 0,5 mm çapındaki deliklerden basınç altında püskürtülür. Çöktürme banyosundan alınan filamentlerde henüz tanecikler kolloidal haldedir. Bu taneciklerin eriyerek birbirlerine yapışmalarını sağlamak üzere birkaç saniye için 385°C ye ısıtılır. Sonra su ile çabucak soğutulur ve soğuk halde germe–çekme işlemi uygulanır.

Teflon, aşındırıcı reaktifler ve çözücülere karşı çok dayanıklıdır. Ancak sıvı amonyak, alkali metaller, fluor ve klor gibi gazlardan etkilenir. Sudan hiç etkilenmez. 250°C ye kadar elektrik ve mekanik özelliklerinde hiçbir değişiklik olmaz.

Yanmaya ve kimyasal reaktiflere karşı koruyucu kumaşların yanında, ambalaj malzemesi, filtre bezleri, taşıyıcı bandlar, contalar ve tıbbi malzemelerin yapımı için kullanılır. Uzay giysilerinde de kullanılmaktadır.

III.2.5. POLİURETAN LİFLERİ

Poliuretan, glikol ile diizosiyanat bileşiklerinin poli–adisyon (katılma) reaksiyon ile elde edilir.

$$n\,O=C=N-(CH_2)_x-N=C=O \;+\; n\,HO-(CH_2)_y-OH \longrightarrow$$

Diizosiyanat — glikol

$$\left[-CO-NH-(CH_2)_x-NH-CO-O-(CH_2)_y-O-\right]_n$$

Poliuretan PU

Formül III.36.

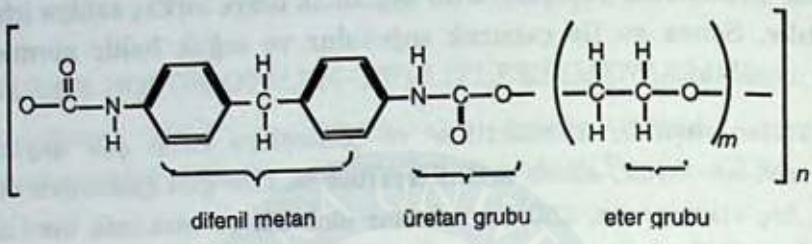
Formül III.36 da görüldüğü gibi, karakteristik grup –NH–COO– üretan grubudur. Bu sınıf polimerler genellikle elastomer liflerin üretiminde kullanılırlar. Bileşiminde en az % 85 elastomer yapıda polimer bulunan liflere *spandex* adı verilmektedir. Spandex liflerinin de değişik

türleri vardır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

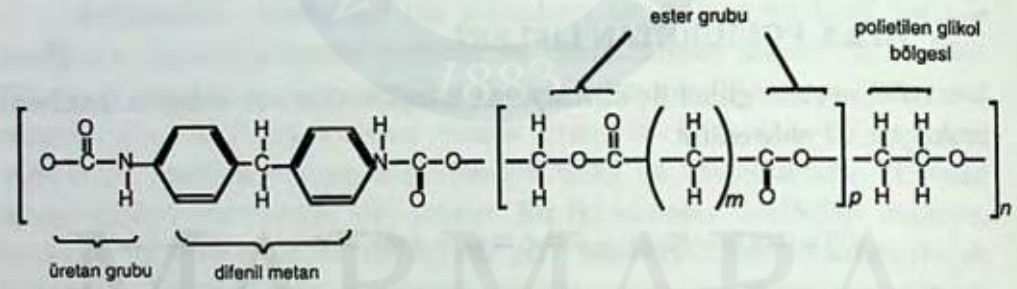
Günümüzde iki farklı yapıda elastomerik polimer elde edilmektedir.

1 – Polieter tipi : Bu polimerin yapısı Formül III.37 de verilmiştir. *Lycra* ticari adı ile bilinen bu liflerin yapısındaki eter grupları bazlara karşı dayanıklılık sağlar.



Formül III.37.

2 – Poliester tipi : Polieter tiplerden daha karmaşık yapıda olup, *Vyrene* ticari adı ile bilimektedir. Bazlardan kolaylıkla etkilenerek ester grubu hidroliz olur. Formül III.38.

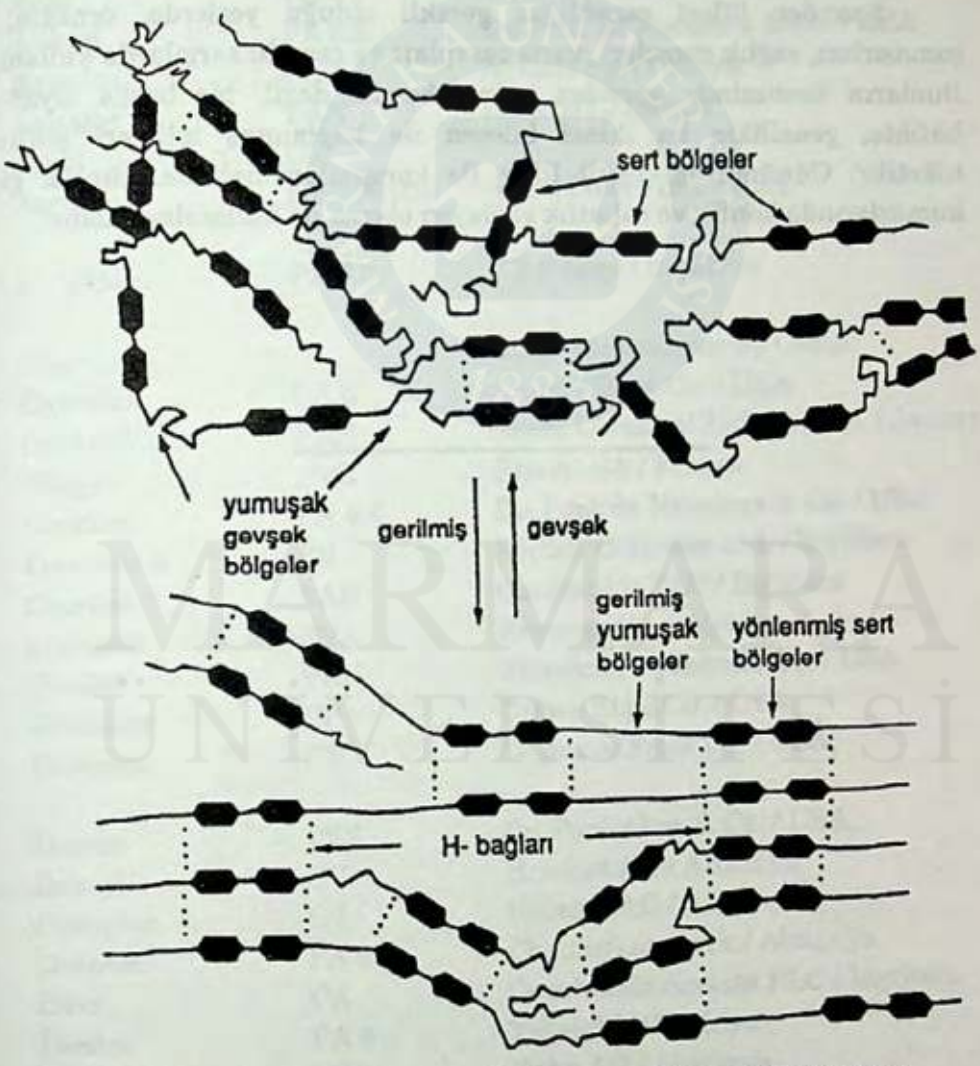


Formül III.38.

Her iki tip elastomerik polimer de lineer yapıdadır ve sert (bükülmez) belgelerle yumuşak (bükülebilir) bölgelerden oluşmuştur. Sert bölgeler, üretan grubunun aromatik halka içeren fenil–metil gruplarıdır. Bu gruplar kimyasal bakımdan inerttir ve polimerin stabilliğini sağlar. Yumuşak veya bükülebilir bölgeler ise, polietilen glikol gruplarıdır. Bunlar, lineer fakat değişik yönlere yönlenmiş şekildedir. Genellikle amorf bölgeyi oluştururlar.

Bir elastomerik polimer, polimerleşme aşamasında çok sayıda çapraz bağlarla birbirine bağlanmış bir sistem oluşturur. Bu polimerden filament oluşturup, kendi haline bıraktığımızda, daha çok amorf yapıdadır. Çünkü

yumuşak bölgeler birbiri üzerine katlanır ve rastgele dizilirler. Sert bölgeler ise, üretanın polar gruplarının bu gruplarla H–bağları oluşturmalarından dolayı, sıralanmaya meyillidir. Bunun sonucunda bu bölgelerin sertliği artar. Polimere kuvvet uygulanıp gerildiğinde, yumuşak bölgeler katlanmamış şekle dönüşür. Aynı anda sert bölgeler de kendi aralarında sıralanarak kristalin bölgeler oluşturur. Kuvvet kalktığında, polimer yine eski biçimini alır. Bunlarda elastomerik özellikler, polimer sistemde polimerler arasında oldukça az miktarda çapraz bağların bulunmasındandır. Polimer serbest bırakıldığında yumuşak bölgelerde yeniden katlanmalar olur. Şekil III.26.



Şekil III.26. Poliuretan liflerinin molekül yapısının elastomer özelliğe etkisi

Lineer yapıdaki poliuretan, dimetil formamid ve dimetilasetamid gibi çözücülerde çözünür. Bu çözelti yaş– veya kuru–eğirme yöntemleri ile filament üretiminde kullanılır. *Lycra* ve *Vyrene* ticari adları ile bilinen spandex liflerinin nem çekme özellikleri çok düşük olup, hidrofob karakterdedir. Isı ve ışıktan etkilenmez. Özellikle UV ışığa karşı dayanıklıdır. Termoplastik yapıdadır. Hidrofobik yapısı nedeniyle, soğukta seyreltik asidlere ve zayıf bazlara karşı dayanıklıdır. Poliester tipleri, bazlardan kolayca etkilenir. Yalnız hidrojen peroksit ile ağartma yapılabilir; klorlu ağartıcılarla bozunur. Hidrofobik yapıdan dolayı, boyanması çok zordur. Genellikle dispersiyon boyarmaddeleri ile boyanırlar.

Spandex lifleri esnekliğin gerekli olduğu yerlerde, örneğin, iç çamaşırları, sağlık gereçleri, varis çorapları ve cerrahi sargılarda kullanılır. Bunların üretiminde spandex yalnız başına değil, bir başka elyaf ile birlikte, genellikle bu ikinci bileşen ile kaplanmış iplikleri şeklinde tüketilir. Günümüzde çeşitli lifler ile karışımları halinde, günlük giysi kumaşlarında konfor ve rahatlık sağlayıcı olarak da kullanılmaktadır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Çeşitli Liflerin Kimyasal Yapıları ile Üretici Firmaları

Ticari Adı	Kimyasal Yapısı	Üretici Firma
Acrilan	PAN	Monsanto Co. / USA
Aksa	PAN	Aksa/Türkiye
Amilan	PA 6	Toray / Japonya
Anso	PA 6	Allied Fibers Co. / USA
Antron	PA 6.6	Du Pont de Nemours & Co. / USA
Aqualon	PA 6	Aquafil SpA / İtalya
Aqualon	PAN	Kanebo / Japonya
Arnel	CT	
Avril	Modakrilik	Avlex Fibers Inc. / USA
Bri–Nylon	PA 6.6	ICI Fibres / İngiltere
Clearspan		Globe Manufacturing Comp.
Caprolan	PA 6	Allied Fibers Co. / USA
Cashmilon	PAN	Asahi Chemical Industry Co. / Japonya
Clevyl	PVC	Rhovyl SA / Fransa
Cordura	PA 6.6	Du Pont de Nemours & Co. / USA
Courlene X	PE	British Celanese Ltd. / İngiltere
Courtell	PAN	Courtaulds PLC / İngiltere
Cremona	PVA	Kuraray Co. / Japonya
Creslan	PAN	American Cyanamid Co. / USA
Crowelon	PP	Crowe Rope Co. / USA
Celanese	CT	Celanese Fiber Co. / USA
Dacron	PES	Du Pont Akra & Co. / USA
Danufil	CV	Hoechst AG / Almanya
Danuflor	CV	Hoechst AG / Almanya
Dederon	PA 6	Chemiefaserwerk / Almanya
Dicel	CA	Courtaulds Acetats PLC / İngiltere
Dimlon	PA 6	Teksiplik / Türkiye
Diolen	PES	Enka AG / Almanya

Diolen Ultra	PES / PA	Enka AG / Almanya
Dolan	PAN	Hoechst AG / Almanya
Dorlastan	PU	Bayer AG / Almanya
Dralon	PAN	Bayer AG / Almanya
Dunova	PAN	Bayer AG / Almanya
Du Pont Nylon	PA 6.6	Du Pont de Nemours & Co. / USA
Encron	PES	American Enka Co. / USA
Enkalon	PA 6	Enka BV / Hollanda
Enka Nylon	PA 6.6	Enka AG / Almanya
Enka Perlon	PA 6	Enka BV / Hollanda
Enka Perlon	PA 6	Enka AG / Almanya
Enkatron	PA 6	American Enka Co. / USA
Evlan	CV	Courtaulds Acetats PLC / İngiltere
Filament	PES	Filament Sentetik İplik / Türkiye
Fortrel	PES	Celenese Fibers / USA
Glospan	PU	Globe Manifacturing Co. / USA
Grilene	PES	Ems Grilon SA / İsviçre
Grilon	PA 6	Ems Grilon SA / İsviçre
Halar	PTFE	Newton Filaments İnc. / USA
Herculon	PP	Hercules İnc. / USA
Hi–Spun	PES	ICI Fibres / İngiltere
Hi–Zex	PE	MitSui Toatsu Chemicals / Japonya
Islon	PA 6	Islon / Türkiye
Kanebo Acryl	PAN	Kanebo Synthetic Fibers Co. / Japonya
Kanebo Nylon	PA 6	Kanebo Synthetic Fibers Co. / Japonya
Kanebo Polyester	PES	Kanebo Synthetic Fibers Co. / Japonya
Kanebo Spandex	PU	Kanebo Synthetic Fibers Co. / Japonya
Kanelight	PE	Kanebo Synthetic Fibers Co. / Japonya
Kevlar	Aramid	Du Pont de Nemours & Co. / USA
Kodel	PES	Eastman Kodak Co. / USA
Kuralon	PVA	Kuraray Co. / Japonya
Kuraray Polyester	PES	Kuraray Co. / Japonya
Lalelen	PES	Sancak Tül Sanayii Ltd. / Türkiye
Leacryl	PAN	Montefibre SpA / İtalya
Lycra	PU	Du Pont de Nemours & Co. / USA

Lyocell	CL	Lenzing Fib. Corp.
Microloft	Mikro PES	Dupont Corp.
Microloft Methqie	Mikro PES	Dupont Corp.
Microloft Select	Mikro PES	Dupont Corp.
Micro & Touch	Mikro PA6	BASF
Micro Suprene	Mikro PA6	Stenlung Fiben Inc.
Meraklon	PP	Merak SpA / İtalya
Meraklon	PP	Neofil SpA / İtalya
MNS	PES	Akdeniz Tekstil San. İşletmeleri A.Ş. /Türkiye
Modal	CV	Lenzing Fibers Corp.
Nomex	Aramid	Du Pont de Nemours & Co. / USA
Novatron	PP	Polyolefine Fibres & Eng. PLC / İngiltere
Orlon	PAN	Du Pont de Nemours & Co. / USA
Perilen	PES	Sasa / Türkiye
Perlon	PA 6	Bayer AG / Almanya
Petcord	PES	Toyobo Petcord Co. / Japonya
Pewlon	PAN	Asahi Chemical Industry Co. / Japonya
Polylen	PES	Polylen / Türkiye
Promilan	PA 6.6	Totay Industries Inc. / Japonya
Qiana	PA 472	Du Pont de Nemours & Co. / USA
Quintessa	PA 6.6	ICI Fibres / İngiltere
Rhovyl	PVC	Rhovyl / Fransa
Roica	PU	Asahi Chemicals / Japonya
SEF	Modakrilik	Monsanto Co. / USA
Sifaş	PA 6	Sifaş / Türkiye
Silpalon	PAN	Mitsubishi Rayon Co. / Japonya
Solvron	PVA	Nitivy Co. / Japonya
Spectran	PES	Monsanto Co. / USA
Tactel	PA 6	ICI Fibres / İngiltere
Tapilon	PA 6 / 6.6	Toray Industries, / Japonya
Teflon	PTFE	Du Pont de Nemours & Co. / USA
Teijin Conex	Aramid	Teijin Ltd. / Japonya

Teijin Neoron	PU	Teijin Ltd. / Japonya
Teijin Tetoron	PES	Teijin Ltd. / Japonya
Teklan	Modakrilik	Courtaulds PLC / İngiltere
Tencel	CL	Du Pont de Nemours & Co. / USA
Tergal	PES	Rhone–Poulenc Fibres / Fransa
Terinda	PES	ICI Fibres / İngiltere
Terlanka	PES	Enka BV / Hollanda
Terylene	PES	ICI Fibres / İngiltere
Teviron	PVC	Teijin Ltd. / Japonya
Thermovyl	PVC	Rhovyl SA / Fransa
Timbrelle	PA 6.6	ICI Fibres / İngiltere
Toray	PA 6	Toray Monofilament Co. / Japonya
Toraylon	PAN	Toray Industries, İnc. / Japonya
Toray Nylon	PA 6	Toray Industries, Inc. / Japonya
Toray Pylen	PP	Toray Industries, Inc. / Japonya
Toray–Tetoron	PES	Toray Industries, Inc. / Japonya
Toyoflon	PTFE	Toray Industries, Inc. / Japonya
Trevira	PES	Hoechst AG / Almanya
Tricel	CT	Celanese Fibers Co. / USA
Tyrex	PA 612	Du Pont de Nemours & Co. / USA
Ultron	PA 6.6	Monsanto Co. / USA
Vairin	PU	Elastofibre / İtalya
Valren	PVC	Teijin Ltd. / Japonya
Vectra	PP	Vectra Corp. / USA
Verel	Modakrilik	Eastman Kodak Co. / USA
Vylor	PA	Du Pont de Nemours & Co. / USA
Yalova	PAN	Yalova Elyaf / Türkiye
Yalova	Modakrilik	Yalova Elyaf /Türkiye
Zefran	PES	Badische Canada Ltd. / Kanada
Zefran	PAN	BASF / USA
Zeftron	PA 6	BASF / USA

PA: Poliamid, PES: Poliester, PAN: Akrilik, PE: Polietilen, PP: Polipropilen, PU : Poliuretan, CT: Triasetat, CV: Viskoz ipeği, CL: Lyocell, PVC: Polivinilklorür, PVA : Polivinilalkol PTFE: Teflon

KAYNAKLAR

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Başer, İ. ; "Tekstil Kimyası ve Teknolojisi" 1983 İst. Üniv. Yayınları

Cook, G. J. ; "Handbook of Textile Fibres" Merrow Publ. I–II (1968)

Corbman, B.P. ; "Fiber To Fabric" Mc Graw–Hill Book Comp. (1975)

Harmancıoğlu , M. ; "Lif Teknolojisi" Ege Üniv. Mat. (1974)

Harmancıoğlu, M. ; "Rejenere ve Sentetik Lifler" Ege Üniv. Mat. (1981)

Harmancıoğlu, M. , **Yazıcıoğlu, G.** ; "Bitkisel Lifler" Ege Üniv. Mat. (1979)

Gohl and Vilensky. ; "Textile Science" Longman Cheshire, (1980)

Morton, W.E. , Hearle, M.A. ; "Physical Properties of Textile Fibres" Butterworths (1962)

Özcan, Y. ; "Tekstil Elyaf ve Boyama Tekniği" İst. Üniv. Yayını (1978)

Peters, R.H. ; "Textile Chemistry" Vol. 1,2,3. Elsevier Pub. Comp. (1967)

Sadov, F. ; Korchagin, M. ; Matetsy, A. ; "Chemical Technology of Fibrous Materials" Mir Publishers (1978)

Tarakçıoğlu, I. ; "Tekstil Terbiyesi ve Makinaları" Cild 1,2,3. (1978–1986)

The Textile Institute ; "Textile Terms and Definitions" (1975)

Trotman, E.R. : "Dyeing and Chemical Technology of Textile Fibres" Charles Grifin Comp. (1990)

Usenko, V. ; "Processing of Man–made Fibres" Mir Publ. (1979)

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

MARMARA
ÜNİVERSİTESİ

İndeks

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

A–tell 145
Abaca 56
Acrilan 3, 152
Addisiyon polimeri 5
Ağ şeklinde polimer 7
Ağartma 45,52,86,99
Ağırlaştırma 99
Akrilik elyaf 3,4,149
Akrilonitril 147
Alanin 58,65,94
Alginat lifleri 3,4,126
Alkali selüloz 33
Alpaca, Alpaka 2,89
Alçak basınç polietileni 161
Amfoter bileşik 62
Amfoter özellik 81
Amid bağı 59
Amorf alan 8
Amyant 2
Angora 2,89
Anorganik elyaf 2
Anyonik modifiye akrilik lifleri 149
Aramid 137
Ardarda kopolimer 6
Ardil 3,125
Arginin 58,59,60
Arnel 123
Asbest 2
Asetal bağı 30
Asetat ipeği 3,4,121
Asidik oksiselüloz 35
Asya yünü 67,68
Azlon 3,4
Bakır ipeği 3,33,113
Bakır sayısı 35
Bast elyafı 2
Belima 145
Beyaz rami 54
Bezir yağı 47
Biçimleme 77
Bikomponent lif 108,109
Bikonstitüent lif 108,110
Bilateral yapı 73
Bitkisel protein 124
Bitkisel lifler 1,4,27
Blok kopolimer 6
Cadoxen 36
Cam elyafı 3
Cam geçiş sıcaklığı 23
Camlaşma sıcaklığı 23
Cardura 120
Chardonnet ipeği 101
Courtelle lifleri 153
Creslan 3
Creslan lifleri 153
Crossbred 67,68,80
Cuen 36
Cuit ipeği 99
Cuoxam 36
Çiğit 38
Çok hücreli elyaf 2
Çürütme 49,53,54

Dacron 144
Dallanmış polimer 7
Denier 19
Dimer 5
Dinkleme 85
Dipeptid 58
Disakkarit 28
Dış pektin 48
Doğal ipek 90
Doğal lifler 1,4
Dövme 49,53,54
Dralon 3,151
Durafil 120
Düşük dansite polietileni 161
Dynel 3,156,158

E–tipi Teteron 144
Ecru ipeği 99
Eğirme yeteneği 15
Eksokütikül 71
Ekstrakt yünleri 69
Elastomer elyaf 18
Elyaf 1
Endokütikül 71
Epiderm 48,70,86
Epikütikül 71
Erime noktası 23
Esnek ipek 99
Esneklik 15

Fehling çözeltisi 36
Fiber 147
Fibril 11,39
Fibroin 94
Fiksaj 79
Filament 12

Gerilme mukavemeti 15,17
Germe–çekme 105
Glikoz 28,32
Glikozit bağı 30
Glisin 58,65,94
Glumatik asid 58,65
Gömlek 68
Grej 92
Grilen 144

H–bağları, H–köprüleri 10,67,94,131,1
32,141
HWM 120
Hacimsel yoğunluk 19
Halı yünü 80
Ham ipek 92
Ham rami 55
Haşıl sökme 45
Hayvansal lifler 3,4,57
Hayvansal protein 124
Helenca 135
Helezon şekli 60
Hemiselüloz 43,51,31
Hidroselüloz 85
High Wet Modulus 120
Hind keneviri 53
Homopolimer 6

İç pektin 48
İndirgen oksiselüloz 35
İpek tipi poliester 144
İyonik bağ 10
İzo elektrik nokta 63

Jüt 2,27,54

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Kağıt hamuru 112
Kamel 88
Kammgarn 85
Kapok 27,46
Karbonizasyon 85
Kasapbaşı yünü 68
Kasar 45
Kaşmir 2,87
Katyonik modifiye akrilik lifler 149
Katılım polimeri 5
Kauçuk lifi 3,4,127
Kazein lifleri 125
Keçeleşme 77
Keçeleşmezlik 85
Keçi kılı 88
Kemp 73,80
Kendir 53
Kenevir 24,27,53
Keratin 61,64,75
Kesikli lif 12
Kesiksiz elyaf 12
Keten 47,27,2,4
Kevlar 138
Kıl kökenli lifler 2,4
Kırkım yünü 68
Kimyasal lifler 101
Kimyasal bağlar 10
Kimyasal elyaf 2
Kodel 143
Kohezyon kuvvetleri 10
Koko elyafı 4,27,56
Kondensasyon polimeri 6
Kopolimer 6
Korteks 71,86
Kortikal hücre 71
Kotonize olma 49
Kovalent bağ 10
Köpek kılı 73
Kristalin alan, Kristalin bölge 8,105
Kuru–eğirme 103
Kütikül 38,86

Lama 89
Lanital 3,126
Lanolin 76
Lif 1,4
Lineer polimer 7
Lineer yoğunluk 19
Linyin 51
Lümen 39
Lycra 4,164
Lyocell 167

Makrofibril 11,71
Manila keneviri 2,56
Medüla 74,86
Melez yün 80
Mendel 145
Mengenez 49
Meraklon 162,3
Merinos 67
Merinos yünü 80
Merinova 126
Merserizasyon 34,46
Metilen mavisi sayısı 35,36
Mikrofibril 11,71
Misel 11
Modakrilik lifler 3,4,155
Modal 121
Modifiye polivinilklorür lifleri 157
Modifiye selüloz lifleri 120
Moher 86
Monofil 103
Monofilament 103
Monomer 5
Monosakkarit 28
MP Faser 158
Multifil 103
Multifilament 103
Multilobal 15,15
Mungo yünleri 69
Mutlak nem 21

Nem	20	PeCe lifleri	157
Nem absorplama ısısı	21	Pektin	43,51
Nem çekme	20,80	Peptid bağı	59,65
Nomex	137,138	Perlon	4
Non–termoplastik lif	23,24	Perlon L	135
Nylon	3,4,128	PET lifleri	139
Nylon 11	136	Piroliz	24
Nylon 6	134	Pişirme	45,52,98
Nylon 6+66	135	Poliakrilonitril lifleri	147
Nylon 6,10	136	Poliamid 6,6	129
Nylon 6,6	129	Poliamid lifleri	3,4,128
Nylon 6,6 tuzu	130	Poliester lifleri	6,139
Nylon 6–T	137	Poolietilen lifleri	3,4,161
		Polimer	5
Odun hamuru	112	Polimerleşme derecesi	5
Oksiselüloz	34	Polinozik rayon	121
Oligomer	5	Poliolefin lifleri	3,4,160
Orlon	3,147	Polipeptid	59
Orlon akrilikleri	151	Polipropilen lifleri	162
Orlon sayelle	151	Polisakkarit	28
Orta yün tipi	80	Politetrafluoroetilen lifleri	3,162
Ortokorteks	73	Polithen	3,161
		Poliuretan lifler	3,4,163
Ölü hayvan yünü	68	Polivinil asetat	159
Ölü pamuk	40	Polivinil lifleri	3,4,146
		Polivinilalkol lifleri	159
Paçavra yünü	69	Polivinilasetat	159
Pamuk	2,4,27,37	Poliviniliden lifleri	3,158
Pamuk linteri	38	Polivinilklorür kopolimerleri	157
Pamuk yağı	38	Polivinilklorür lifleri	3,4,156
Pamuklaşma	49	Polylen	145
PAN lifleri	147	Primer asetat	122
Parakorteks	73	Primer duvar	38,50
Pari	99	Primer hücre duvarı	38
Parlaklık	13	Protein	43,59,57
PCDT lifleri	139,143	Protein elyaf	2
PCU lifleri	157	Protofibril	71
P.D.	5,30,116,130	PTFE lifleri	162

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

PVA lifleri 159
PVC lifleri 156,157

Qiana 137

Rami 27,2,54
Rastgele polimer 6
Rayon 2,113
Rejenere lifler 2,4,102
Rejenere protein lifleri 124
Rejenere selülozik elyaf 30,111
Reza 92
Rhovyl 157
Rilsan 136
Rilsanit 136

S' derecesi 79
Saçaklı lif 111
Saçaklı misel 11
Saf selüloz 112
Salgı kökenli elyaf 2,4
Saran 159
Sef 155
Sekonder asetat 122
Sekonder duvar 38,50
Sekonder hücre duvarı 38
Sellobioz 29,51
Selüloz 3,4,6,28,29,43, 51,116
Selüloz esterleri 3,4
Selülozik lifler 1,27,102,128
Serin 58,65,94
Serisin 94,95
Sert ipek 99
Shoddy yünü 69
Sidera 145
Silkool 125
Sisal 55
Sisal kendiri 2,4
Sistin 58,65
Sistin bağı 66
Souple ipeği 99
Soya fasulyesi lifleri 125
Spandex 4,163
Spesifik kütle direnci 25
Stapel 12
Statik elektrik 25
Sud selülozu 112
Suni ipek 2,113
Sülfit selülozu 112

Şarj 99
Ştrayhgarn 85

Tabak yünü 68
Taraklama 50
Tavşan tüyü 89
Teflon 3
Teflon lifleri 162
Tek hücreli elyaf 2
Tekstüre iplik 106
Tekstüre lif 106
Tekstürizasyon 106
Tenasco 120
Tencel 121
Ter tuzları 75
Termofiksaj 133
Termoplastik lif 23
Tetraammin bakır hidroksit 33,113
Tex 19
Thermovyl 157
Tiftik 2,4,86
Titandioksit 122
Tow 148,111
Trelon 135
Trevira 3

Triasetat	123
Trilobal	15,15
Tripeptid	59
Tulum	68,68
Tuz bağları	10
Tuz bağı	65
Uzama	15,16,76
Uzun yün tipi	80
Uzunluk	12
Vaks	51,43,44,94,96
Van der Waals kuvvetleri	11
Velon	159
Verel	155
Vicara	3,124
Vicuna	89
Vinal	160
Vinylon	158,159
Vinyon HH	158
Vinyon HST	158
Viskon	120
Vinyon N	158
Viskoz ipeği	3,4,113,115
Viskozite	36
Vycron	144
Vyrene	164
Y. Zelanda keteni	2
Yağ	43,44
Yakma	45
Yanma	23
Yapak yıkama	84
Yapay elyaf	2,4
Yapay ipek	113,113
Yapay kesikli elyaf	12
Yapay kesikli lif	111
Yapay lifler	101
Yaş–eğirme	102
Yaylanma	76
Yerfıstığı lifleri	125
Yeşil rami	54
Yoğunluk	19
Yoğuşum polimerleri	6
Yumuşak ipek	99
Yumuşak–eğirme	104
Yüksek basınç polietileni	161
Yüksek dansite polietileni	161
Yün	2,4,67
Yün tipi poliester	143
Yün vaksı	75
Yün yağı	75
Zamk çıkarma	98
Zefran lifleri	153
Zein lifleri	124

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

YAZAR' IN DİĞER ESERLERİ

1 – Sistematik Analitik Kimya

Prof. Dr. Emin Ulusoy ile birlikte

İst. Üniv. Yayınları No : 2945

1. Baskı 1982 2. Baskı 1985 3. Baskı 1992

2 – Tekstil Kimyası ve Teknolojisi

İst. Üniv. Yayınları No : 3124 1983

3 – Boyarmadde Kimyası

Doç. Dr. Yusuf İnanıcı ile birlikte

Marmara Üniversitesi Yayınları No : 482

4 – Tekstil Teknolojisi

Marmara Üniversitesi Yayın No: 634 1998

e-mail: ibaser@marmara.edu.tr

e-mail: ibaser@turk.net

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ 1883

ISBN 975 - 400 - 075 - 1

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
DÖNER SERMAYE İŞLETMESİ
TEKNİK EĞİTİM FAKÜLTESİ
MATBAA BİRİMİNDE BASILMIŞTIR