

# Bitki Hücre Çeper Selülozunun Fibriler ve Kristalin Yapısı

Gülseren YAZICIOĞLU

Prof.Dr.

Ege Üni. Tekstil Mühendisliği Bölümü İZMİR

*Bitki hücresinde şekil ve desteklik veren çeper selülozunun yapısı, pamuk, keten v.b. pekçok bitkisel lifin esasını teşkil etmesi bakımından tekstilin de konusu olmuştur. Selülozun kristalin ve fibrilerin yapısı üzerinde bugüne kadar pekçok araştırma yapılmıştır. Bu yazıda çaplı hücre çeper selülozunun oluşumu, kristalin ve fibriler yapısı üzerindeki araştırmalar anlatılmıştır.*

## FIBRILLER AND CRYSTALLINE STRUCTURE OF PLANT CELL WALL CELLULOSE

*Since it is a basic component of many plant fibers such as cotton, linen etc plant cell wall cellulose is also a research topic for textiles. Investigations have proved that cell wall cellulose has a fibrillar and crystalline structure. In this article, research on the formation and fibrillar and crystalline structure of the plant cell-wall cellulose are conveyed.*

### 1. GİRİŞ

Genel olarak bitki hücreleri sitoplazmadan farklı karakterde olan bir çeperle çevrilidir. Sadece yeşil algler, bazı fungusların serbest hareket eden zoosporları ile yüksek bitkilerin cinsel üreme hücreleri v.b. gibi bazı hücrelerde çeper bulunmayabilir. Fakat örnekten de anlaşılacağı gibi çepersiz bitki hücrelerinde ancak tek hücre gibi primitif canlılarda rastlamak mümkündür. O halde gelişmiş bitkilerin pekçok hücreleri çeperlidir ve bitkisel lif hücreleri de çeperle çevrilidir.

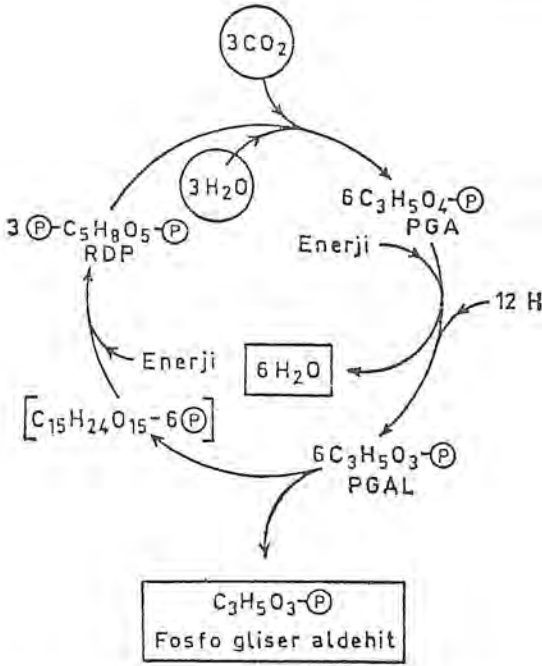
Bitki hücresine şekil ve desteklik veren bu çeperin kimyasal ve fiziksel yapısı ile mikroskopik görünüşü pek çok araştırmacıya konu teşkil etmiştir. Özellikle pamuk, keten, rami v.b gibi bitkisel lifler tekstilin önemli hammaddeleri olduklarından bu konular tekstille uğraşanların daima ilgisini çekmiştir. Kuşkusuz, genel olarak, büyük miktarlarda üretimi yapılan hammaddeler

rin hatasız bir şekilde işlenmeleri, o maddenin yapısını en ince ayrıntısına kadar bilmekle mümkündür. Eğer herhangi bir işlem bir hammaddeye, yapısı bilinmeden, gerektiği gibi uygulanmıyorsa önemli kayıplar vermeden işlenen maddeyi normal haline yeniden dönüştürmek çoğu zaman mümkün değildir. O halde giyim, çevre eşyası ve teknik alanlarda hala en geniş ve en uygun kullanım yerini muhafaza etmekte olan bitkisel liflerin esasını teşkil eden hücre çeperinin her yanı ile incelenmesi temel bilimleri olduğu kadar tekstille ilgilenenleri de meşgul etmektedir. O bakımdan "bitki hücre çeperi" konusu temel bilimlere dayalı endüstriyel, ekonomik özellik taşıması ile günümüzde de hala önemini korumaktadır.

## 2. SELÜLOZUN TABİATTA MEYDANA GELİŞİNİN KISA AÇIKLAMASI

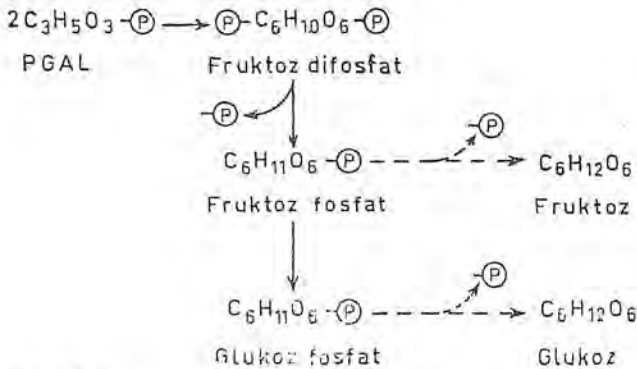
Selülozun tabiatta bitki hücre çeperinde meydana gelişindeki mekanizma üzerinde pekçok araştırma yapılmış ve karbonhidrat oluşum mekanizmasından hareketle selülozun meydana gelişini açıklanmaya çalışılmıştır.

Günümüzde, kesin olarak, bitkilerde karbonhidratların oluşumunun fotosenteze dayandığı bilinmektedir. Fotosentez olayında kök sistemleriyle alınan suyun havadan alınan karbondioksit ile bitkilerin klorofil ve güneş enerjisinin etkisi sayesinde birleşmesi olayı araştırmacıları uzun yıllar meşgul etmiştir. Çok sayıda araştırmacı tarafından, karbonhidrat oluşumuna kadar değişik ana ürünler meydana geldiğine dair değişik fikirler ileri sürülmüştür. Sonuç olarak araştırmalar, karbondioksidin bağlanması devresel reaksiyonlar zinciri içinde tamamlandığını ortaya koymuştur. Tıpkı bir fabrikanın çeşitli kolonlarda işletilen farklı çarklarının çalışıp sonuçta ilksel maddelerden belli kompleks ürünlerin üretilmesi gibi [Vardar ve Güvenc 1990]. Açıklaması çok uzun sürmüş ve hala da gizlilikleri bulunan fotosentez olayında ilk ürün olarak önceleri formaldehidin meydana geldiği, bundan glikozun oluştuğu uzun yıllar kabul edilmişti. Ancak fotosentez olayında glikoza ulaşmaya kadar meydana gelen ürünler üzerinde yapılan uzun araştırmalar göstermiştir ki fotosentezde meydana gelen ilk kararlı ürün fosfoglisirik asit (PGA)'dir. Bu durum kesinlikle saptanmıştır. Fakat fosfoglisirik asit daha sonra indirgenerek 3 C lu indirgen bir şeker (trioz) olan fosfoglisiraldehit (PGA1) meydana gelmektedir. Fotosentez olayında CO<sub>2</sub> bağlanması ve indirgenmesinde çember Calvin tarafından açıklanmıştır. Şekil 1 bir de Calvin ç. mberi reaksiyonlarının genel şeması görülmektedir [Weis ve Fuller, 1962].



Şekil 1. Fotosentez olayında CO<sub>2</sub> bağlanma ve indirgenmesindeki Calvin çemberi reaksiyonlarının genel şeması (Weisz ve Fuller, 1962)

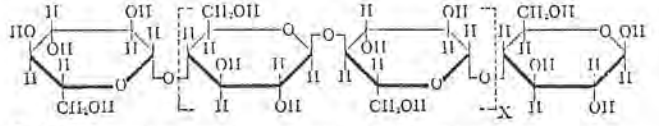
Günümüzde artık fotosentezin karanlık reaksiyon evresindeki ana reaksiyon basamaklarında oluşan PGAL'in iki molekülünün birleşerek 6 C kararlı karbonhidratların meydana geldiği, oluşan bu maddenin kondansasyonu ile de daha karmaşık karbonhidratların sentezlendiği bilinmektedir. Sonuç olarak, yeşil bitkilerin fotosentez yetenekleri sayesinde çok basit olan CO<sub>2</sub> molekülleri çok karmaşık ve büyük molekülleri organik bileşikler haline dönüştürülebilmektedir. Şekil 2'de PGAL'den glikozun meydana geliş şeması görülmektedir.



Şekil 2. Fotosentezin son kademesinde glikozun oluşum şeması [Vardar ve Güven, 1990]

Yapraklarda meydana gelen glikozun önce bitkilerin diğer doku ve hücrelerine taşınarak biriktirildiği ve orada selüloza dönüştüğü sanılmaktadır. Ancak vukuatla

glikoz ve formunda bulunmaktadır. Selülozun oluşumunda glikoz rol oynamaktadır. Şekil 3'te görüldüğü gibi, tabiatla selüloz anhidrobeta glikoz ünitelerinin kondansasyonu ile oluşmaktadır. Yan ürün olarak da su açığa çıkar.



Şekil 3. Anhidrobetaglikoz molekülleriyle oluşan selüloz zinciri [Scherer, 1951]

Zincirin tek uçtan mı uzadığı pek kesin olmamakla birlikte yapılan kinetik deneyler, örneğin pamuk lifinde, selülozun sentezinin kalıp mekanizması ile kontrol edildiğini göstermektedir. Pamuk lifinde, çeperde selülozun sentezi üzerindeki araştırmalarda iki faz gözlenmiştir. Döllenmeden sonraki 16-20 gün içinde selüloz zincirleri devamlı jakar yavaş büyümektedir. Selülozlu kalınlaşma (sekonder çeper oluşumu) başladığında ise polimerizasyon derecesi hızla artmaktadır. Olgunluğun artması ile birim zamanda oluşan selüloz moleküllerindeki glikoz ünitelerinin sayısı 14.000'i bulmaktadır [Mühlethaler, 1969].

Günümüzde kesin bilinen bir diğer husus da selüloz zincirlerin serbest olmayıp birbirleriyle -H- ve Van der Waals kuvvetleriyle bağlanmış olmaları ve bunun sonucu belirli yapıların meydana gelmiş olmasıdır.

### 3. BİTKİ HÜCRE ÇEPERİNDEKİ SELÜLOZUN KRİSTALİN YAPISI

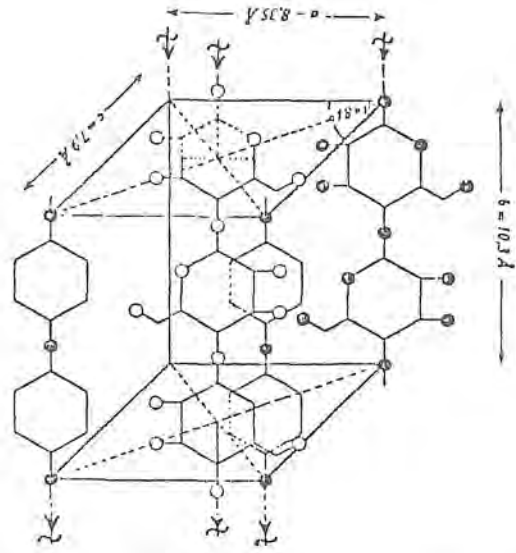
Yukarıda kısaca tabiatla nasıl meydana geldiği özetlenen selülozun bitki hücre çeperinin esas kimyasal yapısını oluşturduğu ilk defa 1847 yılında Payen tarafından ortaya atılmıştır. "Selüloz" Payen'in bütün bitkisel hücre çeperinin esas komponenti olarak nitelediği maddeye verdiği isimdir. Payen'ne göre bu madde, yeni selüloz, hücre çeperinin de, sert, mumlu maddeler tarafından bir kabuk gibi sarılmıştır. Kimyasal yapı bakımından nişasta gibi bir karbonhidrattır, fakat iyotla verdiği reaksiyonu nişastanınkinden farklıdır. Halbuki Payen'den önceki araştırmacılar, bitki hücre çeperinin tek bir kompleks maddeden yapıldığını ileri sürmüşler ve de bu kompleks maddenin kimyasal yapısı çözümlememiştir. [Denno 1962]

Payen tarafından ileri sürülen, bitki hücre çeperinin selülozdan meydana geldiği şeklindeki görüş, daha sonraki bazı araştırmacılar tarafından kabul görmemiştir. Bu araştırmacılara göre, Payen selüloz olarak belirttiği çeper maddesi, ekstraksiyon sırasında meydana gelen bir parçalanma ürünüdür. Bu görüş uzun bir süre selüloz üzerinde araştırmalar yapan Gross ve Bevan'ın (1880-1889) geniş bir araştırma grubu tarafından da

desteklenmiştir [Dennis, 1962].

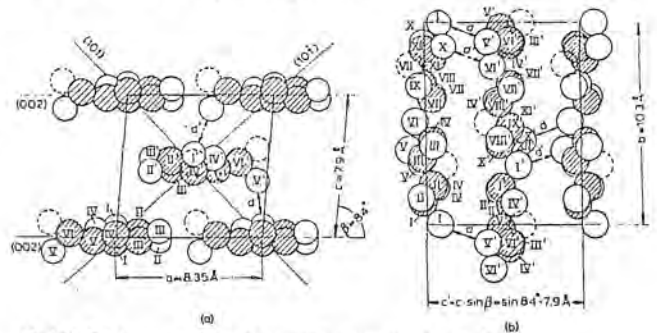
Bitkisel hücre çeperinin kimyasal yapısı üzerindeki bu tartışmalar yanında, 1858 yılında Nögel, bitki hücre çeperinin "misel" adı verilen selüloz paketleri ile hücre arasında kalan "inter miseller alan" adı verilen boşluklardan ibaret olan bir iç yapıya sahip olduğunu ileri sürmüştür. Nögel'e göre, bitki hücresinin çeper maddesi kristalin bir yapı gösterir. Selülozun kristalin yapısı ilk defa Nögel tarafından polarize mikroskopta gözlenmiştir. Fakat Payen ile karşıt görüşe sahip olan, yani selülozun ekstraksiyon esnasında oluşan bir ürün olduğuna inanan araştırmacılar arasındaki görüş farklılıklarındaki çelişkiler X-ışını analizi çalışmalarına kadar çözümlenememiştir. 20.yüzyıl başlarında, 1913 yılında, Hishikove ve Ona, bitki hücre çeperinin X-ışını ile difrakte edilebileceğini, 1920 yılında Herzog ve Janke farklı bitkilerden elde edilen hücrelerdeki çeper matelyalinin ayrı X-ışını diyagramını verdiğini ve bitki hücre çeperinin bol miktarda selülozdan meydana geldiğini göstermişlerdir [Dennis, 1962].

1920 yılından sonraki pek çok araştırma, bitki hücre çeperindeki selülozun Nögel tarafından ileri sürülen kristalin yapısına yönelmiştir. Sponsler 1926 yılında, selülozun Nögel'in belirttiği gibi küçük kristalın birimlerden oluştuğunu, herbir birimin geometrik yapısının sabit olduğunu ifade etmiştir. Çünkü araştırmacıya göre, hücre çeperinde, yukarıda oluşumunu açıkladığımız zincirler serbest halde olmayıp birbirleriyle bazı bağlar ve kuvvetlerle bağlanmıştır. Sponsler'e göre dikdörtgenler prizması şeklindeki herbir ünite  $a=6.1 \text{ \AA}$ ,  $b=10.3 \text{ \AA}$   $C=5.4 \text{ \AA}$  dir. B açısı ise  $88^\circ$  dir. Bu duruma göre bu prizma monoklinikdir. O halde selülozda monoklinik kristal fikri ilk olarak Sponsler'e aittir [Dennis, 1962]. Sponsler ayrıca bu selülozik kısımların birleşerek hücre çeperi boyunca uzandığını da ileri sunmuştur. Bu görüş daha sonra 1929 yılında Meyer ve Mark tarafından, Nögel'in misel adını verdiği kristalin ayrıca görünüşü ile birleşerek daha tatmin edici bir düzeye getirilmiştir. Meyer ve Mark, Sponsler'den farklı boyutlara sahip bir ünite modeli ileri sürmüştür [Meyer ve Misch, 1937]. Bu model Şekil 4 de görülmektedir. 1930 yılında Brog, Sponsler ile Meyer'e Mark'ın ileri sürdüğü geometrik birimlerin her bitkisel hücrede birbirine çok benzediğini ifade etmiştir. [Dennis 1962]. Meyer ve Misch (1937) Meyer ve Mark tarafından ileri sunulan  $a=8.35 \text{ \AA}$ ,  $b=10.3 \text{ \AA}$   $c=7.9 \text{ \AA}$  ve  $B=84^\circ$  olan kristal ünite lif ekseni yani b kenarına paralel olan elementer zincirden geçen iki selüloz moleküllerinin birbirinin tersi olacak biçimde yerleştiğini ifade etmektedir.



Şekil 4. Meyer ve Mark'a göre bir kristal ünite [Meyer ve Misch, 1937]

Meyer ve Mark'a göre ise ayrı idi. Şekil 5 de Meyer ve Misch (1937) tarafından gösterilen bir kristal ünite modeli ve -H- bağları ile bağlantısı görülmektedir. Şekil 6 da da a ve b'ekseni yönünde selülozik zincirlerin yerleşimi görülmektedir. Şekil 5 ve 6'nın incelenmesinden de anlaşılacağı gibi b kenarı lif ekseni yönündedir ve 2 glikoz molekülünün sığabileceği genişliktedir. Selüloz zincirleme paralel düzlem 002, kısa diagonal düzlem ise 101, o ncı kesen düzlem de 101 olarak sembolize edilmiştir. Preston (1952) ca göre iki kristal ünitenin görünüşü Şekil 7 deki gibidir. Burada iki kristal ünite yan yana görülmektedir. Ünite a ve b arasındaki açı  $90^\circ$ , b ve c arasındaki açı  $90^\circ$ , ç ve o arasındaki açı,  $B=84^\circ$  dir.

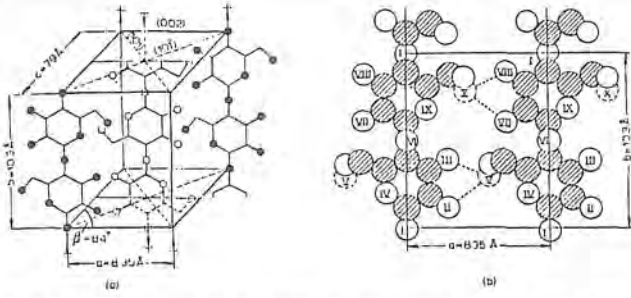


Şekil 5. Meyer ve Misch'e (1937) göre bir kristal ünite

a) boyutları b) -H- bağlarıyla bağlantısı

1976 yılında Sarko kristal ünite paralel zincir konumunda daha stabil bir durumun söz konusu olduğunu, 1985 yılında da da Fengel kristal ünite de  $b=8.2 \text{ \AA}$  olduğunu ve karşıt zinciri çiftlerinin yerleşiminin söz konusu olduğunu ifade etmiştir. Şekil 8'de Ferigel tarafından gösterilen kristal ünite modeli görülmektedir [Zhar, 1986].

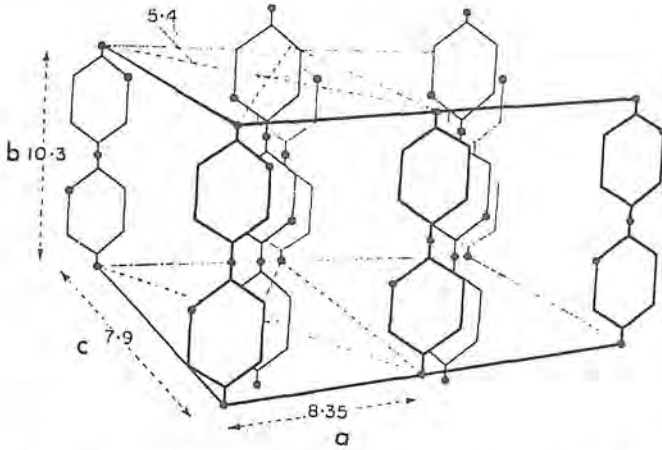




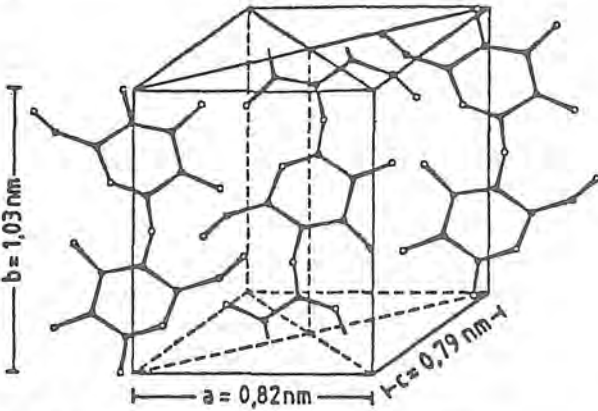
Şekil 6. Kristalın ünite selülozik zincirlerin yerleşimi [Meyer ve Misch, 1937]

a) b eksenini yönünde

b) a eksenini yönünde



Şekil 7. Preston'a (1952) göre, yan yana iki kristal ünitenin görünüşü

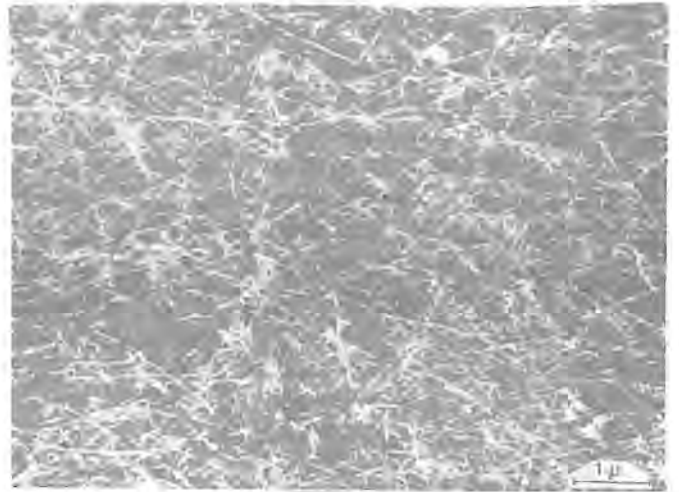


Şekil 8. Fengel'e göre bir kristal ünite [Zhar, 1986]

#### 4. ÇEPER SELÜLOZUNUN FİBRİLER YAPISI VE KRİSTALİNİTE İLE BAĞDAŞTIRILMASI

Bitki hücre çeperinin fibriller bir yapıya sahip olduğu ilk defa 1682 yılında Hehemiak grew tarafından ileri sürülmüştür (Preston, 1951) O zaman maksada uygun olmayan optik mikroskopa elde alınan ilk gözlemler, daha sonraki yıllarda optik mikroskopun gelişmesine paralel olarak pek çok araştırmacıya konu olmuştur. Örneğin yılında Crugen, 1858 yılında Nägeli, 1892 yılında

Wiesner, 1922 yılında Reimers... gibi (Preston 1951). Daha sonra Fay (1927), Kerr Bailey (1935), Anderson ve Kerr (1938), Kundu ve preston (1940), Hook (1942), Kerr (1946) ve daha pek çok araştırmacı hücre çeper selülozunun fibriler yapısını normal optik mikroskopta bazıları polonize mikroskopta değişik preparasyon teknikleri ile incelenmişler ve enteresan bulgular elde etmişlerdir. Faz kontakst, interferens ve özellikle elektron mikroskopun bulunuşundan sonra elektronmikroskopik araştırmalar, örneğin preston (1951), Trip ve ask.(1851) Roelofsen (1951 a ve b), Vogil (1953), Heyn (1966 ve 1969), Frey Wgssiling ve Muhlethaler gerek müstesal gerekse diğer araştırmacılarla birlikte yaptıkları araştırmalar da; bitki hücre çeper selülozunun mikrofibrillerinin çeper içindeki dizilişinin homojen olmadığı, sekonder çeperin ayırıldılmesinde yardımcı olduğudur. Araştırmalar primer çeperin gevşek bir mikrofibriler düzene sahip olduğunu, dıştaki mikrofibrillerle içtekilerin yerleşim düzeni bakımından farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur. Dışta dağınık bir yönelme söz konusu iken içte enine yerleşim söz konusudur. Bu yapı primen çeperin ağ görüntüsünü oluşturur. Şekil 9'da Primer çeper fibrillerinin ağ düzeni görülmektedir [Frey-Wysslignig Muhlethaler, 1865].



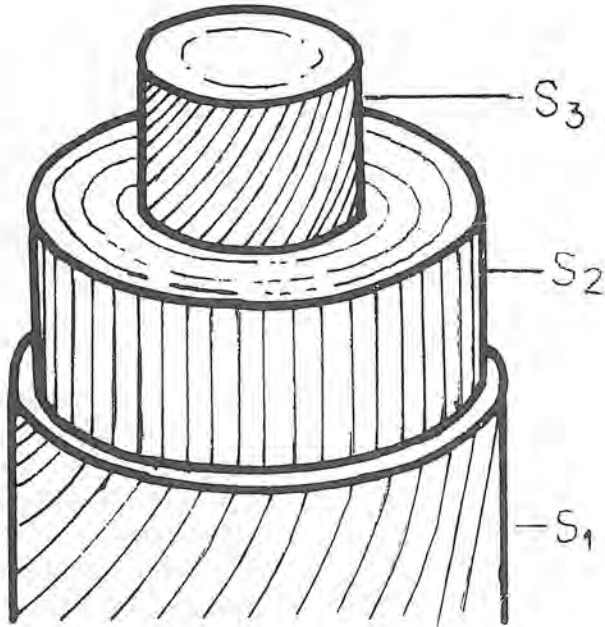
Şekil 9. Primer çeper fibrillerinin ağ düzeni [Frey-Wysslignig ve Muhlethaler, 1965]

Sekonder çeperde ise fibrillerinin yerleşim düzenine göre 3 tabaka mevcuttur. S2 ve S3 0'dan lif hücrelerinde dördüncü bir tabakda gözlenir [Wardrog ve Dads-well, 1957]. Bu tabakalarda mikrofibrillerin yerleşim düzeni pamuk, keten, kenevir, sisal, yur gibi lif hücrelerinde de değişik araştırmacılar tarafından incelenmiştir. S. S2 ve S3 de mikrofibriller lif eksenine paralel pakat helis yaparak ilerler. Mikrofibrillerin eksenine paralel seyretmesi sekonden çeperin önemli bir özelliğidir. S1 ve S3 de 50-70 S2 de ise 10-40 helis söz konusudur.

(Frei ve ark, 1957 Dadswel ve Wardrog, 1957) Mikrofibrillerin sekonden çeper karlarındaki helezonu sağa (S) veya sola (Z) doğrudur. Bu hücrenin orijinine bağlıdır. Şekil 10 da mikrofibrillerin paralel düzeni [Frey-Wyssling ve Muhlerhalen, 1965] Şekil 11'de de bir keten lif hücrenin sekonden çeper karlarında mikrofibrillerin helezonunun şematik görünüşü görülmektedir. [Rogers ve perkins 1968]. Sekonder çeper kalınlığı lifin olgunluk derecesine bağlı olmakla birlikte primen çeperden kalındır. Sekonder çeperde ise en kalın kar S2 katıdır.



Şekil 10. Sekonder çeper fibrillerinin paralel düzeni [Frey-Wyssling Mühlerhalen, 1965].



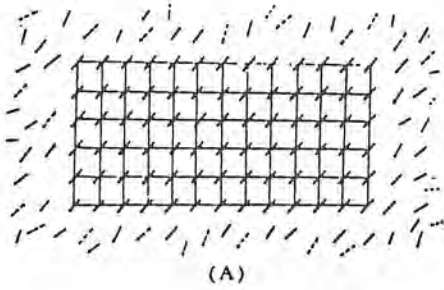
Şekil 11. Bir keten lif hücrenin sekonden çeper keteninde fibril oryantasyonunun şematik görünüşü [Rogers ve perkins, 1968]

İlk defa Frey-Wyssling (1936) sami lif hücresi sekonder çeperini inceleyerek fibriler yapıya Năgelinin miseller strüktürü ile bağdaştırmaya çalışmıştır. Năgeli'nin misel olarak tanımladığı kriticalitte ileri sürdüğü munferit paketlenme teorisine karşılık Frey-Wyssling çeperdeki selülozik zincirlerin munferit ve ayrı paketler teşkil etmediğini ileri sürmüştür. Araştırmacıya göre, yanyana uzanan selüloz zincirleri birbirlerine yaklaşıp yoğunlaştıkları bölgede kristalize olmuş gibi görünürler ve bu bölgenin yapısı sanki münferit paketler varmış gibi bir görünüm kazanır. Frey-Wyssling'e göre miseller 60 A çapındadır ve bunlar birleşerek 250 A çapında mikrofibrilleri oluştururlar. Miseller arasındaki mesafe 10 A, mikrofibriller arasındaki mesafe de 100 A dur.

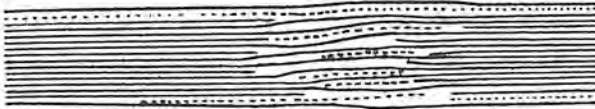
1548 yılında Preston ve arkadaşları, ile Frey-Wyssling ve arkadaşlarının ilk elektron mikroskopik araştırmaları ile mikrofibrillerin iç yapısı üzerindeki araştırmalar yapılaşmaya başlamıştır. Bu araştırmacılar selülozun 100-200 A genişliğinde düz şeritler halinde mikro-fibril içerdiğini ve bunların enine kesen boylarının hücrenin orijinine göre değiştiğini ifade etmiştir. Preston'a (1951) göre mikrofibrillerin enine kesite dikdörtgenden ve genişlik ile kalınlık arasındaki oranı 1/2-1/7 dir. Vogel'e göre mikro-fibril 173-203 A genişliğindedir kalınlık ise 30 A dur. Colvin (1963) ise acetobaiten xylinum da mikro-fibril genişliğinin 150-200 A, kalınlığının 30 A olduğunu belirtmiştir. Halbuki bakteriyel selülozda mikro-fibril genişliği 300 A dur. [Ohad ve Dannon, 1964] Doletsch ve Dulmetsch'e göre pamuk mikro-fibrillerinin genişliği 100-500 A iken Betraber ve Rollnis'e (1970) göre enine kesiti 110x25 A dur. Kolpak ve arkadaşları (1975) pamuk mikro-fibrilleri koherent şeritler halinde olup genişliği 100-200 A dur. Daha pek çok araştırmada da görülmüştür ki mikro-fibril genişliği hücrenin orijinine göre değişmektedir.

Mikro-fibrillerin incelenmesi sırasında bunların daha küçük birimlerden oluştuğu gözlenmişse de bunların izole edilebileceğini ilk defa 1951 yılında Rönby göstermiştir. [Frey-Wyssling ve Mühlerhalen, 1965]. Vogel (1953) bu küçük yapıların genişliğinin 30 A° olduğunu ifade ederken 1954 yılında Frey-Wyssling mikro-fibril enine kesitinde 4 adet 70x30 A°'lik kristalitlerin amorf selülozla birbirine tutunmuş olduğunu ve amorf bir materyalle (matriks) sarılmış bir yapıya sahip bulunduğunu göstermiştir [Dennis, 1962] Buna göre, bir mikro-fibril 4 adet kristalitin sığabileceği genişliktedir ve enine kesiti 280x120 A dur. Hess ve arkadaşlarına (1957) göre de selüloz mikro-fibrillerinde kristalin ve parakristalin (kristal olmayan) bölgelerden oluşan küçük birimler mevcuttur. Preston ve Conshaw (1958) ise Valinia mikro-fibrillerin hemen hemen tamamen kristalin olduğunu ifade etmişlerdir. Preston ise 1959 yılında

mikrofibriller merkezi bir özden ibaret olduğunu, amorf bölgelerde ise glikoz olmayan bölgelerin yer aldığını şematize etmiştir. Şekil 12 de bunlar kesik eğriler halinde gösterilmiştir [Dennis, 1962].



(A)



(B)

Şekil 12. Preston Tarafından İleri Sürülen Mikrofibril Yapısı [Dennis, 1962]

A) enine B) uzunluğuna

Mühlethalen (1960) Alıum cepa (soğan) kök ucu hücrelerinin primer çeperinde mikrofibril içindeki küçük fibrillerin elektronmikroskopta fotoğrafını çekerek yayınlanmıştır (Şekil 13). Frey-wysslng ve Mühlethalen (1963) 35 A kalınlığında olan bu yapılarda "elementer fibril" adını vermişlerdir. Bu terim ilk defa bu araştırmacılar tarafından kullanılmıştır.

Frey-Wysslng ve arkadaşları (1966) tarafından bu yapı Valonia hücresi sekonden çeperide ultrasonik yöntemlerle incelenerek şekil 14'deki görüntüyü elde etmişlerdir. Böylece mikrofibril içinde elementen fibrillerin ilk görüntüleri göstermiştir.



Şekil 13. Selülozun Elementer Fibrilleri (Muhlethalen, 1960)

Daha sonraki araştırmaların çoğu mikrofibrillerin içindeki bu yapının boyutlarına haznedilmiştir. Örneğin Jeffries ve arkadaşları (1969) pamuk lifinde elementer fibrilin 75 A kalınlığında, Ingran (1969), Ingran ve Peterlin (1970) 50-60 A olduğunu Jakar bunun 35-40 A

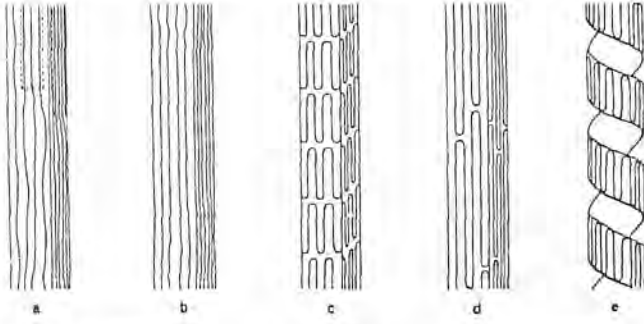


Şekil 14. Çalışma Selulozunda Mikrofibril İçindeki Elementer fibriller [Frey-Wysslng ve dig. 1966]

kristalin öz içerdiğini ifade etmişlerdir. Halbuki Frey-Wysslng ve Mühlethalen (1963) 35 A kalınlığındaki elementer fibrillerin tamamıyla kristalin olduğunu (Valoniada) belirtmişlerdi. Hagege ve arkadaşlarına (1969), Dohad ve Danno'a (1963) göre ise 20x30 A dur. Heyn (1966) ise 20 olduğunu belirtmiştir. Dolmetsch ve Dolmetsch'e (1969) göre ise 50-70 A, Betrabet ve Rollins'e (1970) göre pamuk lifinde 25 A, Kahlifu ve arkadaşlarına göre 37.5x26.1 A dur. Daha pek çok araştırmacının bulgularından da anlaşılmaktadır ki elementer fibrilin enine kesit oluşu bitki hücresinin orijinine göre değişebilmektedir.

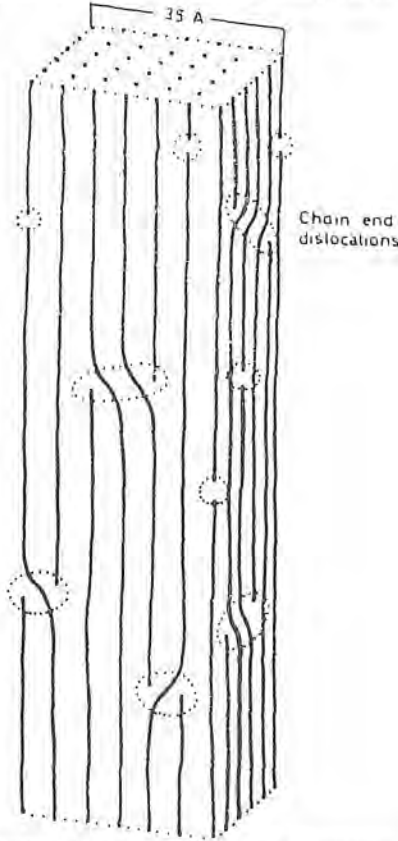
Elementer fibril içindeki selülozik zincirlerin yerleşim düzenide daha önceki araştırmalarla birleştirilerek açıklanmaya çalışılmıştır. Frey-Wysslng (1954) tarafından ileri sürülen saçak-misel teorisine göre mikrofibril içindeki strandlar kristalin ve parakristalin parçalarından oluşur. Bunlar birçok kristalin bölümlerin içinden geçen uzun selüloz molekülleri tarafından koherent bu yapıda birleşmişlerdir. Hess ve arkadaşları (1957) tarafından ileri sürülen genişletilmiş zincir modeli de pekçok araştırmacı tarafından tartışılmıştır. Çünkü birçok kristalin pelimesin katlanmış konformasyona sahip olduğu anlaşılmış ve bu buluşlar selüloza da uygulanmıştır. Elementer fibril de selülozik zincirlerin katlanmaları 1960 yılında Tonnesen ve Ellefsen, 1962 yılında Dolmetsch ve Dolmetsch, 1964 yılında Maniley, 1960 yılında da Mark ve Figini tarafından teorik olarak açıklanmıştır (Mühlethalen, 1969). Selüloz trikarboniler kristalleri içindeki karlanmış konformasyonun deneysel kanıtı 1964 yılında Bittiger ve Huseman tarafından gösterilmiştir. Bu araştırmacılar selüloz da 700 Å kadar uzunlukta çubukçuklar tesbit etmişler ve bu uzunlukta 135 glikoz ünitesinin belli bir uzunluğu oluşturduğunu ve bu uzunluk kısımlarının belli aralıklarla katlandığını ifade etmişlerdir. Deneyler, kendi üzerinde karlanma kabiliyetinin bütün uzun zincir moleküllerinde ortak olan bir özellik olduğunu kanıtlamıştır. Bu





Şekil 15. Bazı Araştırmacılara Göre Elementer Fibrilin Yapısal Modeli

- a) Saçak-misel teorisi (Fey-Wyssling, 1954)  
 b) Düzenli kristalin ve parakristalin alanlara sahip uzun zincir modeli (Hess ve Ark, 1957)  
 c) Katlanmış zincir modeli (Dolmetsch ve Dolmetsch, 1962)  
 d) İç bağlı zincir konformasyonu (Marx-Figini ve Schulz, 1966)  
 e) Katlanmış zincirde bükülmüş model (Manley, 1961).

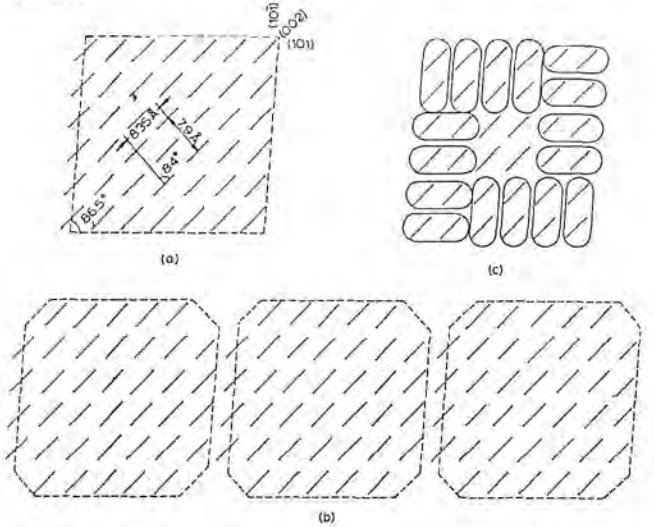


Şekil 16. Mühlethalen'e (1969) Göre, Bir Elementer Fibrilin Yapısal Modeli

görüşler Meyer ve Misch'in (1937) birim ünite modeli ile bağdaştırılmaya çalışılmıştır [Mühlethalen, 1969]. Yukarıda belirtilen görüşlere göre bir elementin fibrilin yapısal modeli Şekil 15'de gösterilmiştir. Ancak Mühlethalen'e (1969) göre bir elementin fibrilin yapısal modelinde karlanma değil dislokasyonlar vardır (Şekil 16). Çünkü araştırmacıya göre genel olarak polimenslerde zincirde görülen düzensizliklerin nedeni dislokas-

yonlardır. Molekülün bittiği yerdeki görüntü x ışınında dislokasyona neden olmaktadır. Bu araştırmalar sentetik polimerlerde de yapılmış ve selülozdekine benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu görüş elektronmikroskopik araştırmalarla birleştirildiğinde lif eksenine boyunca tesadüfi dağılım gösteren molekül uçlarına rastlandığı anlaşılmıştır. Elementer fibriller uzunluğu boyunca dislokasyonlar nedeni ile kristalin ve parakristalin alanları kesin ayırmak mümkün değildir.

Frey-Wyssling ve Mühlethalen'e (1963) göre, hesaplamalarla görülmüştür ki elementer fibrilde ortalama 37 molekül paket halindedir. Geometrik olarak düşünüldüğünde ise kesitle 101 düzlemde 7, buna dik düzlemde de 6 molekül yerleşmiştir ki bu da 42 molekül eder (Şekil 17 a). Bir elementer fibrilde 18 antiparalel molekül çift bulunur. Bunun 16 çifti kenarda 2 çifti ortada bulunur (Şekil 17 c) 3 adet elementer fibril bir mikrofibril oluşturacak şekilde birleşirler (Şekil 17 b) Buna göre bir mikrofibrilin eni 100 A genişliği de 35 A° dur.



Şekil 17. Kristalin elementer fibrillerin enine kesiti (Frey-Wyssling ve Mühlethaler, 1963)

- a) 35 A kalınlığındaki elementer 42 molekül  
 b) 3 elementer fibrilin mikrofibril oluşturması  
 c) 18 antiparalel selüloz molekülü ile bir elementer fibril.

## KAYNAKÇA

- ANDERSON, D. and KERR, T., 1938 growth and structure of cotton fiber industrial and engineering chemistry. Vol 30000 no 1 p.48-54  
 -BALASHOV, V., PRESTON R.D., RIPLEY, G.W. and SPARK, L.C., 1957 Structure and mechanical properties of vegetable fibers. 1. The influence of strain in the orientation of cellulose microfibrils in sisal leaf fibers. Proc. Roy. Soc. vol B part: 46 p 460-468  
 -BETRABET, S. and ROLLINS, M.L., 1970 Electronmicroscope study of cotton treated with inter and intracrystalline swelling agents. Textile Res J vol 40 p:917-924

- COWDREY, D.R. and PRESTON, R.D., 1965. The mechanical properties of plant cell walls. Helical structure and young modulus of air-dried xylem in *Pinus sitchensis*. Cellular ultrastructure of woody plants. Wiefred A Cote Jr. Editor. Syracuse University Press. Syracuse. p. 473-491
- DENNIS, D.T., 1962. The fine structure of cellulose microfibrils. Ph.D.A Thesis Biophysics Sub-Department, University of Leeds.
- DOLMETSCH, H. and DOLMETSCH, H., 1962. Anzeichen für eine Kettenfaltung der Cellulosemoleküle. Kolloid z, 185 p.106-119
- FREI, E, PRESTON R.D. and RIPLEY C.W., 1957 The fine structure of the walls of conifer Tracheids. *Journ of exp. Botany*, vol.8 no:22 p.139-146
- Frey, A., 1926 Die submikroskopische structure der zellmembranen Jahm. *Wiss. Bet.* Vol.65 p.195-223
- FREY-WYSSLING, A., 1959. Die pflanzliche zellwand. Springer Verlag, Berlin
- FREY-WYSSLING, A. und MÜHLETHALER, K. 1965 Ultrastructural plant cytology. Elsevier publishing Co. Amsterdam, London, New-York
- FREY-WYSSLING, A., MÜHLETHALER, K. und MUGGLI, R., 1966 Elementarfibrillen als Grundbausteine der nativen Cellulose. *Holz als Roh und Werkstoff*, Bd. 24. p. 443-444
- GÜNTHER, I. 1960 Elektronenmikroskopische untersuchungen an der keimenden spore von *Funaria hygrometrica*. *J. Ultrastruct. Res* vol 4 p. 304-331
- Hagege, R., Kassenbeck, P., Meimoun, D. and Parisot, A, 1969. Electron microscopy of cellulose structure by inclusion of stainable unsaturated polymers *Textile Res J.* Vol.39 P. 1015-1022
- HESS, K., MAHL, H. and GUTTER, E., 1957 Elektronenmikroskopische Darstellung Grosser Längsperioden in Cellulosefasern und ihr Vergleich mit den perioden anderer faserarten. *Kolloid Z.* 155, p.1.19
- HEYN A.N.J., 1966. The microcrystalline structure of cellulose in cell walls of cotton, ramie and jute fibers as revealed by negative staining of sections., *J. Cell Biol*, Vol.29.P.181-198
- HEYN, A.N.Y., 1969, The elementary fibril and supermolecular structure of cellulose in soft wood fiber. *J.Ultrastructural Res.* No.26.P.52-68
- HOOK, C.W., 1942. Microscopic Structure of flax and related host fibers. *J.Research National Bureau of Standards*. Vol.29, P.41-50
- INGRAM, P., 1969. Electron diffraction and microscopy of cotton cellulose, *Jen Symposium International de la Recherche Cotonnere Paris*. P.519-532
- KERR, T., and BAILEY, I.W., 195. The visible structure of the secondary wall. *J.ARNOLD. Arbon.*, Vol. 16, P.273-300
- KERR, T. 1946. The outer wall of the cotton fiber and its influence of fiber properties. *Textile Res.J.* June, P:249-254
- KHALÍ FU, B.A., Abdel-Zaher, N. and Fathia, S., 1991. Crystalline characters of native and chemically treated Saudi Arabian Cotton fibers. *Textile Res.J.* october,
- KOLPAK, F.Y. and Blacwell, J., 1975 Deformation of cotton and bacterial cellulose microfibrils. *Textile Res. J.* Vol. 45. No:7 P.568-572.
- KUNDU, B.C. and Preston, R.D., 1940. The fine structure of phloem fibers. I. Untreated and Swollen hemp. *Proc. Roy. Soc. Bio. Vol: B Part. 128. P.214-231*
- MEYER, K. et MISCH, L., 1937 position des atomes dans la nouvelle modele spatial de la cellulose. *Helv. Chim. Acta.* Vol:20 P.232-245.
- MÜHLETHALEN, K.; 1960 Die feinstruktur der cellulose mikro-fibrillen. *BEI Z.*, SCHWEIZ, Forstver, Vol: 30 p.55
- MUHLETHALEN, K., 1965. The fine structure of cellulose microfibrils. *Cellulare Ultrastructure of Woody plants*. Wilfred A. Cote Jr. Editor. Syracuse University Press. Syracuse, P:191-198
- MÜHLETHALEN, K., 1969, Fine structure of natural polysaccharide systems. *J. polymer Sci. Part. C.*, no:28, P.305-316.
- OHAD, I. and Danon, D., 1964. On the dimensions of cellulose microfibrils *J. Cell, Biol.* Vol.22, P.300-305
- PRESTON, R.D., 1951. Fibrillar units in the structure of native cellulose. *Disc. Faraday Soc.* Vol 11 P.165-170
- PRESTON, R.D., 1952 The molecular architecture of plant cell walls. *Chopman and Hall.* London.
- PRESTON, R.D. 1965. Interdisciplinary Approaches to wood structure. *Cellulose Ultrastructure of woody plants*. Wilfred A. Cote Jr. Editor. Syracuse University Press. Syracuse, P.1-31
- PROBINE, U.C., 1959, Molecular structure and mechanical properties of plant cell wall relation to proventh. A. theses presented for the degree of doctor of phyloophy in the Biophysics Sub. department, University of Leeds.
- RÄNBY, B.G., 1958, The fine structure of cellulose microfibrils. In *fundamentals of papermaking fibres*, *Traus. Symp. Cambridge*, P.1-27
- ROELOFSEN, P.A., 1951 (a) Contradictory data on spiral structures in the secondary cell wall of fibers of flax, hemp and ramie. *Textile Des. Y.* Vol.21 P.412-418
- ROELOFSEN, P.A., 1951 (b). Orientation of cellulose fibrils in the cell wall of growing cotton hairs and its bearing on the physiology of cell wall growth. *Biochem. et Biophys. Acta.* Vol:7, P.43-51
- ROGERS, H.J. and Perkins, H.R., 1968, *Cell Walls and membranes*, E. and F.N. Spon Ltd. London.
- SCHERER, P., 1951. Cellulose; Sources, constitution and mechanical properties. *Herbert P. Maursberges, Matthew's textile fibers* Fix, ed. P. 99-147
- TRIP, V.W., Moore, A. and ROLLINS, M., 1951 Some observations on the constitution of the primary wall of the cotton hair. *Textile Res. J.* December, P.886-894.
- VARDAR, Y. ve GÜVEN, A. 1990. Bitki fizyolojisine giriş (Yenileştirilmiş 10. baskı) Barış yayıncıları, Fakülteler Kitabevi İzmir.
- WARDROP, A.B. and Dadswell, I.E., 1957 Variations in the cell wall organisation of tracheids and fibers. *Holzforchung*, Vol: 11, P.33-41.
- VOGEL, A. 1953. Zur feinstruktur von samil, *macromol. Chem*, Vol.11 P.111-130
- WEIZ, P.B. ve Fuller, S.U. 1962. *The Science of Botany* Mc Graw Hill Book Comp. Inc. New York.
- ZHAN, H., 1986 Neues über den feinebau von textelfasern. *Textile Praxis International*. Perember, P. 1293.