

# PLAZMA İŞLEMİNİN REJENERE SELÜLOZ ESASLI LİFLERİN MEKANİK VE YÜZEY ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

*Ash HOCKENBERGER\**

*Nihal GÜLER\**

*Mehmet MUTLU\*\**

**Özet:** Bu çalışmada, Ar plazmanın selülozik esaslı liflerin yüzeylerine etkileri ve işlem sonucu malzemelerin mekanik özelliklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Selülozik esaslı malzemeler olarak viskoz rayonu ve modal lifleri tercih edilmiştir. Liflerin RF Plazma sistemi ile muamelesi esnasında modifikasyon parametreleri olarak süre (dak.) ve boşalım gücü (W) değerleri seçilmiştir. Bu amaçla; 20W, 40W ve 60W'lık boşalım gücü değerleri ve 10 dak., 30 dak. ve 60 dak.'lık işlem süreleri ile kombine olarak her bir numune için dokuz farklı çalışma gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve Instron mukavemet test cihazı kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda artan süre ve boşalım gücü değerleri ile liflerin yüzey pürüzlülüğünün farklı şekillerde artış gösterdiği ve aynı zamanda numunelerin mukavemet değerlerinde ise genel bir düşmenin meydana geldiği gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Selülozik Lifler, Plazma, Yüzey Özellikleri, Mukavemet.

## Investigation of Plasma Treatment Effects on Regenerated Cellulose Fibers' Mechanical and Surface Properties

**Abstract:** In this study, Argon plasma treatment effects on regenerated cellulosic fibers' surfaces and changing of the materials' mechanical properties after plasma treatment were evaluated. Viscose rayon fibers and modal fibers were preferred for this study. Treatment time (min.) and RF discharge power (W) values were chosen as system modification parameters at fibers RF plasma treatment operation. For this purpose, separately nine studying was realized for every sample with 20W, 40W and 60W discharge power values and 10 min., 30 min. and 60 min. treatment times. The results of this study were discussed by scanning electron microscope (SEM) and Instron material strength test system. Finally, it's observed that fibers' surface roughness is increased and samples' strength is decreased with increasing treatment time and RF discharge power values.

**Key Words:** Cellulosic Fibers, Plasma, Surface Properties, Strength.

## 1. GİRİŞ

Tekstil lifleri genel olarak doğal ve kimyasal olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Rejenere lifler ise, selülozik ya da protein kaynaklı doğal maddelerden kimyasal yöntemlerle elde edilen liflerdir. Rejenere liflerin üretimi genel olarak; lifi oluşturacak hammaddelerin çeşitli kimyasal işlemlerden geçirilerek çözelti haline getirilmesi ve daha sonra da elde edilen çözeltinin düzelerden çekilerek bir banyo içinde filament formda lif haline dönüştürülmesi işlem adımlarından oluşmaktadır. Kullanımı en yaygın olan selüloz kaynaklı rejenere lifler lyocell, viskon ve modal lifleridir (Güler, 2005).

Viskon lifleri klasik rayon prosesi ile üretilirler. Elde edilen lifler düzensiz ve homojen olmayan bir kesit yapısına sahiptirler. Kabuk merkez etkisi görülür. Düşük kopma mukavemetine ve ıslak modüle sahiptirler. Suyu çok miktarda kesit şişmesi gösterirler. Bu nedenle modal liflerinin üretiminde klasik rayon prosesinden farklı olarak daha az kimyasal kullanımı, lif oluşum banyosu içerisinde

\* Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, 16059, Görükle, Bursa.

\*\* Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Plazma Destekli Biyoteknoloji ve Biyomühendislik (PABB) Grubu, 06800, Beytepe, Ankara.

daha fazla lif germesi uygulanır. Modal lifleri daha dairesel ve homojen kesitlidir. Molekül zincirleri de daha oryante olmuştur.

Günümüzde endüstriyel uygulamalarda bir çok proses malzemelerin yüzey özelliklerine bağlı olarak gerçekleştirilmektedir. Bir materyalin ıslanabilirlik, adhezyon, adsorpsiyon, hidrofilitik, hidrofobluk ve yüzey serbest enerjisi gibi çeşitli fiziksel ve kimyasal yüzey özelliklerinin belirlenmesi ve istenilen hale getirilmesi, bu materyal yüzeylerinin kullanılacakları uygulamalar için çok büyük bir öneme sahiptir. Yüzeylerinin uygun yöntemlerle modifiye edilmesiyle bazı hidrofobik polimer yüzeyleri hidrofilitik hale dönüştürülebilmekte ve sonuç olarak da bu polimerlerin yapışma ve ıslanma gibi özellikleri önemli derecelerde değiştirilebilmektedir (Bae ve diğ., 2001).

Tekstil lifleri yukarıda sayılan yüzey özelliklerine genellikle sahip değillerdir. Ama yine de, mükemmel hacimsel ve fiziksel-kimyasal özellikleri vardır; ucuzdurlar ve işlenmeleri de kolaydır. Bu sebeplerden dolayı, son zamanlarda, hacimsel özelliklerini etkilemeden polimer yüzeylerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirmek için geliştirilen yüzey işlemlerinde birçok ilerleme sağlanmıştır (Chan, 1994). Kullanılan tüm modifikasyon yöntemlerinin temel amacı ise malzemelere hedeflenen amaca yönelik yüzey özelliklerini kazandırabilmektir.

Plazma tekniği yüzey özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla kullanılan bir yüzey modifikasyon yöntemidir. Tercih edilen bir teknik olma sebeplerinin başında diğer sıradan geleneksel tekniklerle elde edilemeyen bazı yüzey özelliklerinin bu teknikle eldesinin mümkün olması gelmektedir. Bir diğer tercih sebebi ise, reaksiyonların gerçekleşmesi için sulu bir ortama ihtiyaç duyulmamasıdır. Ayrıca plazma muamelesi malzemenin sadece yüzeyinde bir etkiye sahipken işlem sonrasında hacimsel özellikler etkilenmeden kalabilmektedir (Pastore ve Kiekens, 2001). Plazma ortamında bulunan bir malzemenin yüzeyinde plazma koşullarının ayarlanmasıyla aşınmalar (etching) veya birikme (deposition) meydana gelmektedir. Yüzeyde oluşturulan aşındırma (etching) yüzeydeki zayıf kovalent bağlar koparılmakta, plazma ile katı yüzey arasındaki etkileşim sonucu gazlı ürünler oluşmaktadır. Materyalde meydana gelen aşınma maddenin buharlaşması sonucu ortaya çıkmaktadır. Aşınma etkisi ile toplam yüzey alanı artmakta ve böylece, materyalin özellikle adhezyon özelliği iyileştirilmektedir. Birikme yani plazma polimerizasyonu etkisiyle yüzeyde oluşturulan ince film tabakaları ise materyale su/yağ/kir iticilik, güç tutuşurluk, antimikrobiyellik gibi özellikler kazandırmaktadır (Karahana ve diğ., 2007).

Günümüzde, plazma prosesinin tekstil alanındaki kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar genellikle, lif yüzeyindeki iyileştirilmiş ıslanma özelliği ve yüksek kimyasal reaktivite, gelişmiş su geçirmezlik özelliği ve bu sayede su, yağ ve lekelerle karşı üstün itme özelliği, tekstil kaplamalarında ve lamine işlemlerinde gelişmiş bir yapışkanlık ve tekstil lifi yüzeyinin temizliği (mesela; plazma haşıl sökmesi) gibi konularda gerçekleştirilmektedir. ([www.tubitaktam.ege.edu.tr/index.php?lid=1&sid=0035](http://www.tubitaktam.ege.edu.tr/index.php?lid=1&sid=0035)).

Bu çalışmada, viskon ve modal liflerinin Argon (Ar) plazma ile muamelesi sonucunda mekanik özelliklerinde ve yüzeylerinde meydana gelen değişimlerin objektif olarak değerlendirilmesi amacıyla Instron ve SEM cihazları ile çalışılmıştır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMA

### 2.1. Malzeme

Bu çalışmada selülozik esaslı viskon ve modal lifleri kullanılmıştır. Lif numuneleri KARSU Tekstil Sanayi Ticaret A.Ş. vasıtasıyla temin edilmiştir.

Kullanılan materyallere ait bilgiler aşağıda tablo halinde verilmiştir (Tablo 1).

**Tablo 1.**  
**Lif Numunelerinin Özellikleri**

LİF CİNSİ	LİF İNCELİĞİ <sup>a</sup>	LİF UZUNLUĞU <sup>a</sup>
VİSKON	1,3 dtex	38 mm
MODAL	1,3 dtex	38 mm

(<sup>a</sup>) Üretici Firmaya Ait Bilgiler

## 2.2. Yöntem

DeneySEL çalışma, temel olarak iki ana aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, numunelerin belirlenmesi ve plazma ile yüzey modifikasyonu işleminin gerçekleştirilmesi; ikinci aşamada ise numunelerin plazma ile muamele öncesi ve sonrasındaki yüzey morfolojilerinin ve dayanımlarının incelenmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Numunelere uygulanan plazma tekniği ile yüzey modifikasyonu deneyleri sırasında Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Plazma Destekli Biyoteknoloji ve Biyomühendislik (PABB) Grubu Laboratuvarı'nda bulunan Diener Elektronik firmasının PICO Model RF Plazma Sistemi kullanılmıştır.

Yüzey görüntülerinin elde edilmesi, Gebze Tübitak Marmara Araştırma Merkezi (MAM) Laboratuvarları'ndaki JEOL JSM-6335 F Model Taramalı Elektron Mikroskobu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

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

Selülozik esaslı lif numunelerinin plazma ile yüzey modifikasyonu işlemleri sırasında, 13,56 Mhz'lik frekans jeneratörü ile çalışılmış ve 0,20 mbar basınçta homojen bir argon plazması elde edilmiştir. Çalışmalarda argon gazının seçilme sebebi inert bir gaz olması ve sadece yüzey morfolojisinde etki göstermesidir. Boşalım gücü olarak 20, 40 ve 60 Watt değerleri kullanılmıştır. İşlem süresi olarak ise 10, 30 ve 60 dakika tercih edilmiştir.

Plazma ile yüzey modifikasyonu çalışmalarında kullanılan modifikasyon parametreleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 2).

**Tablo 2.**  
**Farklı Numuneler İçin Çalışılan Boşalım Gücü ve Plazma Süresi Parametreleri**

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

Yüzey modifikasyon işlemlerinde parametre olan bu değişkenler belirlenirken kullanılan gazın özellikleri ve plazma sisteminin bize sağladığı imkanlar göz önünde bulundurulmuştur. Plazma ile yüzey modifikasyonu işlemlerinde sistem basıncı, boşalım gücü ve uygulama süresi gibi modifikasyonu etkileyen birçok önemli parametre olduğu için gerçekleştirilen deneylerde farklı süreler ve boşalım güçleri ile çalışılması tercih edilmiştir.

Rejenere selüloz lif numunelerinin mukavemet deneylerinde, test edilecek lif numunelerinin deney sırasında sabitlendikleri çenelerden kaymalarını engellemek amacıyla renkli kartonlardan yapılmış çerçeveler hazırlanmış ve lif numuneleri bu çerçevelere yapıştırıcı yardımıyla sabitlenmiştir. Numuneler çerçevelere sabitlendikten sonra yapıştırıcının donması ve kayma problemlerinin yaşanmaması için 48 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir.

Numuneler test işlemine hazır hale geldikten sonra Einhorn ve ark.(2001)'nin çalışması referans alınarak 30 mm'lik çeneler arası mesafe ve 50 mm/dk'luk çene hızları ile çalışılmıştır. Deney sırasında alt ve üst çenelerin birbirlerinden ayrılabilmesi için karton çerçeveler her iki yanından düzgün bir şekilde kesilmiş ve test işlemi başlatılmıştır. Deneye tabi tutulan viskon ve modal liflerinin her biri için ve life uygulanan her farklı plazma işlemin ardından test işlemi ortalama 5'er defa tekrar

edilmiştir. Deneysel çalışmalar; Einhorn ve ark.(2001)'nin yapmış olduğu çalışma referans alınarak  $23 \pm 1$  °C sıcaklık ve  $50 \pm 5$  % relatif nem içeren ortamda gerçekleştirilmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Selülozik esaslı iki farklı lif grubu ile yapılan bu çalışmada plazmanın malzemeler üzerine etkilerinin incelenmesi amacıyla mukavemet testi sonuçları ve SEM görüntülerinden faydalanılmıştır.

#### 3.1. Mukavemet Deneyi Sonuçları

Plazma işlemi sonrasında malzemelerin mekanik özelliklerinde meydana gelen değişimler tablo 3, tablo 4 ve tablo 5'te özetlenmiştir.

**Tablo 3.**  
**Plazma muamelesi öncesi ve sonrası malzemelerin kopma dayanımları\* (N/tex)**

Numuneler	İşlem Görmemiş	10d20W plazma	10d40W plazma	10d60W plazma	30d20W plazma	30d40W plazma	30d60W plazma	60d20W plazma	60d40W plazma	60d60W plazma
Viskon	0,238 $\pm 0,02$	0,215 $\pm 0,02$	0,219 $\pm 0,04$	0,233 $\pm 0,02$	0,236 $\pm 0,04$	0,211 $\pm 0,04$	0,167 $\pm 0,04$	0,254 $\pm 0,03$	0,215 $\pm 0,01$	0,134 $\pm 0,02$
Modal	0,326 $\pm 0,05$	0,279 $\pm 0,05$	0,299 $\pm 0,09$	0,317 $\pm 0,02$	0,314 $\pm 0,04$	0,325 $\pm 0,02$	0,319 $\pm 0,05$	0,280 $\pm 0,09$	0,252 $\pm 0,03$	0,226 $\pm 0,06$

**Tablo 4.**  
**Plazma muamelesi öncesi ve sonrası malzemelerin kopma uzamaları\* (%)**

Numuneler	İşlem Görmemiş	10d20W plazma	10d40W plazma	10d60W plazma	30d20W plazma	30d40W plazma	30d60W plazma	60d20W plazma	60d40W plazma	60d60W plazma
Viskon	16,87 $\pm 3,45$	15,76 $\pm 1,77$	13,34 $\pm 2,96$	15,69 $\pm 0,63$	16,29 $\pm 2,15$	14,21 $\pm 3,49$	10,79 $\pm 4,38$	17,01 $\pm 1,43$	16,29 $\pm 1,43$	7,384 $\pm 3,97$
Modal	10,95 $\pm 2,23$	10,32 $\pm 2,16$	13,72 $\pm 3,62$	12,07 $\pm 0,54$	14,04 $\pm 0,75$	13,13 $\pm 2,79$	10,99 $\pm 1,85$	12,96 $\pm 0,64$	10,44 $\pm 1,99$	10,57 $\pm 3,37$

**Tablo 5.**  
**Plazma muamelesi öncesi ve sonrası malzemelerin modül değerleri\* (N/tex)**

Numuneler	İşlem Görmemiş	10d20W plazma	10d40W plazma	10d60W plazma	30d20W plazma	30d40W plazma	30d60W plazma	60d20W plazma	60d40W plazma	60d60W plazma
Viskon	6,630 $\pm 1,33$	5,224 $\pm 1,50$	5,509 $\pm 0,89$	6,802 $\pm 1,01$	5,530 $\pm 0,76$	8,500 $\pm 6,17$	5,764 $\pm 0,47$	6,667 $\pm 1,21$	6,723 $\pm 1,15$	5,014 $\pm 0,42$
Modal	8,313 $\pm 1,81$	7,810 $\pm 1,76$	7,495 $\pm 1,65$	7,128 $\pm 1,52$	6,544 $\pm 1,11$	6,847 $\pm 3,63$	9,112 $\pm 1,79$	7,746 $\pm 0,99$	7,371 $\pm 1,49$	6,047 $\pm 1,99$

\*: Ortalama Değerler  $\pm$  Standart Sapma d : dakika W : watt



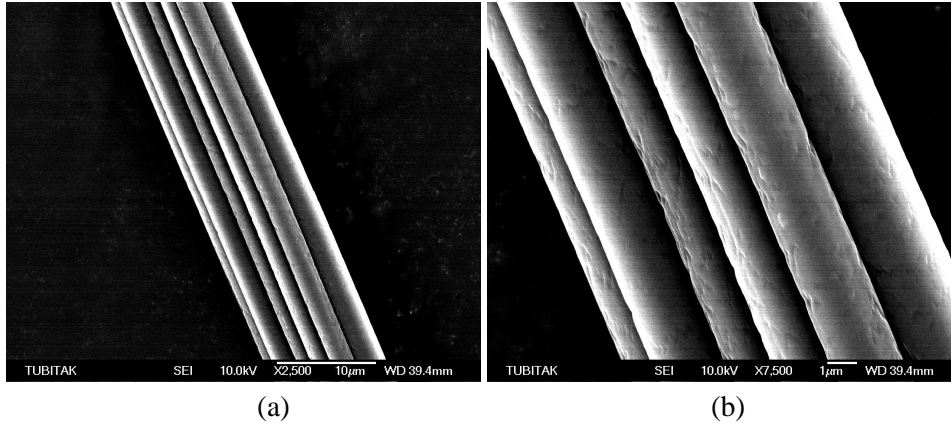
Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5’den görüldüğü üzere modal liflerinin kopma dayanımı ve modül değerleri viskon lifine nazaran daha yüksek, kopma uzaması değerleri ise daha düşüktür. Ayrıca genel olarak, liflerin herhangi bir işlem görmemiş hallerindeki modül, kopma uzaması ve kopma dayanımları plazma ile işlem görmüş hallerine oranla daha yüksek değerler vermiştir. Bu da gösteriyor ki; plazma ile yüzeyi aşındırılmış olan malzemelerin mekanik özelliklerinde az da olsa düşüşler gözlenmesi olası bir durumdur. Elde edilen bu değerler tekstil endüstrisinde uygulanan diğer konvansiyonel yaş işlemlerle kıyaslandığında ise, plazma ile muamelenin, liflerin mukavemet değerlerinde daha az düşüşe yol açtığı söylenebilmektedir.

Her iki lif için de 10 dakikalık uygulamalarda boşalım gücüne bakmaksızın kopma mukavemetinde fazla değişim görülmemiştir. 40 Watt boşalım gücünde 30 ve 60 dakikalık uygulamalarda kopma mukavemeti değerlerinde sırasıyla viskon için %11,3 ve %9,7’lik, modal için %0,3 ve %22,7’lik düşüşler; 60 Watt boşalım gücünde 30 ve 60 dakikalık uygulamalarda ise sırasıyla viskon için %29,8 ve %43,7’lik, modal içinse %2,1 ve %30,7’lik düşüşler görülmüştür. Modal liflerinde 40 W ve 60 W boşalım gücü değerlerinde 30 dakikalık uygulamalardaki mukavemet kayıplarının çok az olduğu görülmektedir.

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

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

### 3.2. SEM Analizleri

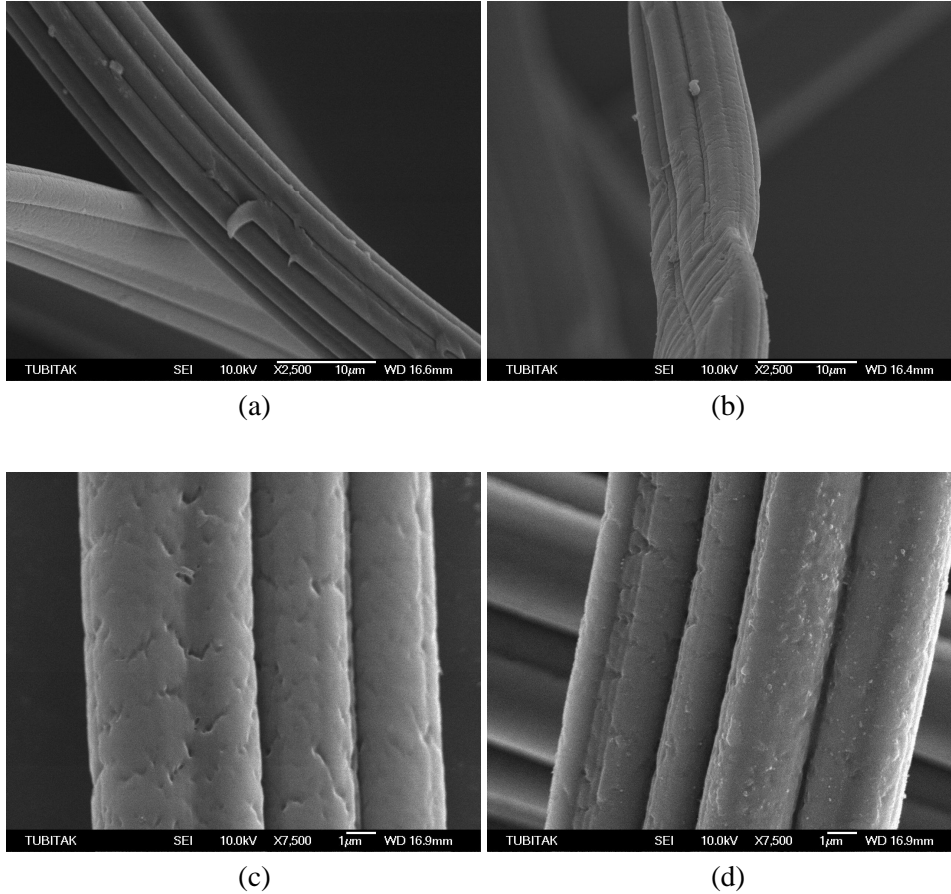


Şekil 1:

Ham viskon lifine ait SEM görüntüleri (a) X2500 büyütme oranı (b) X7500 büyütme oranı

Şekil 1’de ham viskon lifine ait SEM görüntüleri görülmektedir. Viskoz rayonları pamuk liflerine göre daha amorf ve daha kısa zincirli bir yapıya sahiptirler. Yani bu liflerdeki kristalin malzeme kısmı doğal selüloz lifi olan pamuktan daha azdır. Viskon lifleri Şekil 1(b)’den görüldüğü üzere pürüzlü bir yüzeye sahiptirler. Bu liflerde merkez-kabuk etkisi söz konusudur. Bu etki viskoz eriyiğinin rejenerasyon banyosundan geçerken katılaşması sırasında oluşmaktadır. Banyodan geçiş hızı yüksek olduğunda filamentin dış kısmındaki çözücü banyoya geçerken bu kısım sertleşir ve kabuk kısmını oluşturur. Bu sırada iç kısmında bulunan çözücü ise banyoya geçemeyip içeride kalır ve yumuşak bir merkez yapısı oluşturur. Zamanla kabuk kısmı içe çöker ve düzensiz bir kesit oluşur. Yani çok loblu, yassı bir kesit görüntüleri vardır. Yapının çok loblu olduğu ise Şekil 1(a) ve 1(b)’den açıkça görülmektedir.

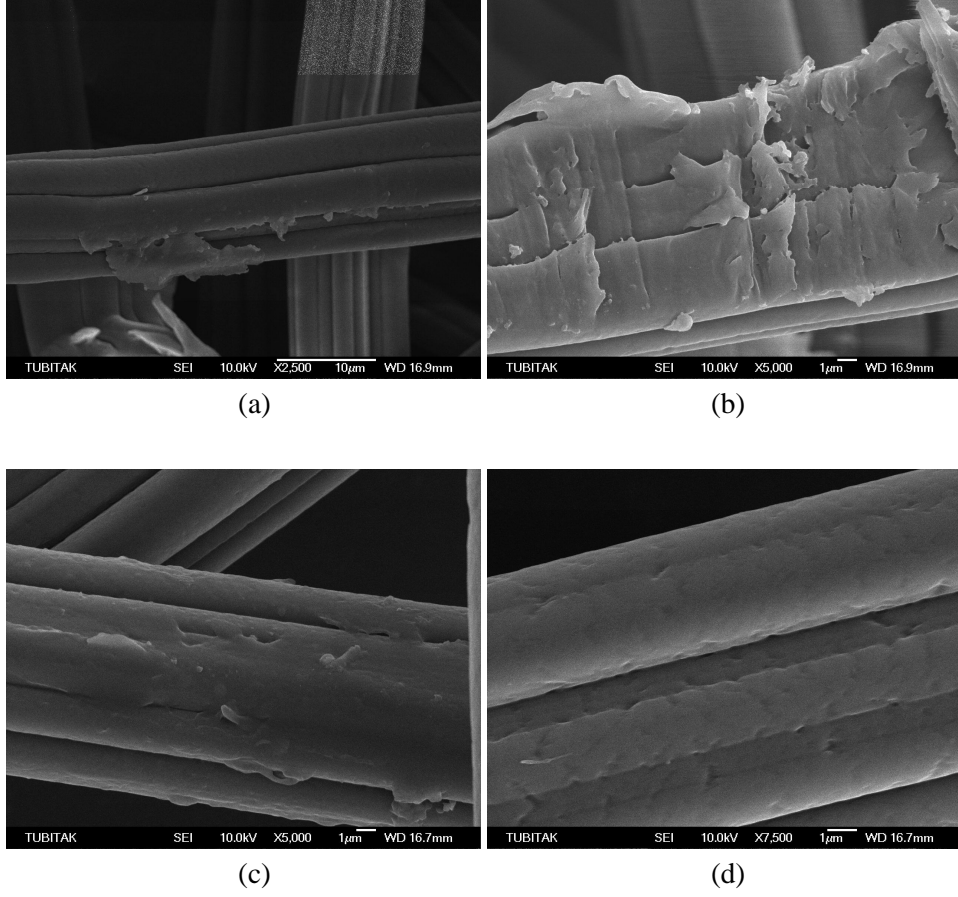
Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda viskon ve modal liflerinin Ar plazma ile muamelesi sırasında 10 dakikalık muamele süreleri sonucunda tüm boşalım gücü değerlerinde lif yüzeylerinde herhangi bir etki meydana gelmemiştir. Literatürde plazma ile yapılan çalışmalarda, Ar plazma ile muamele sonrası elde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



Şekil 2:

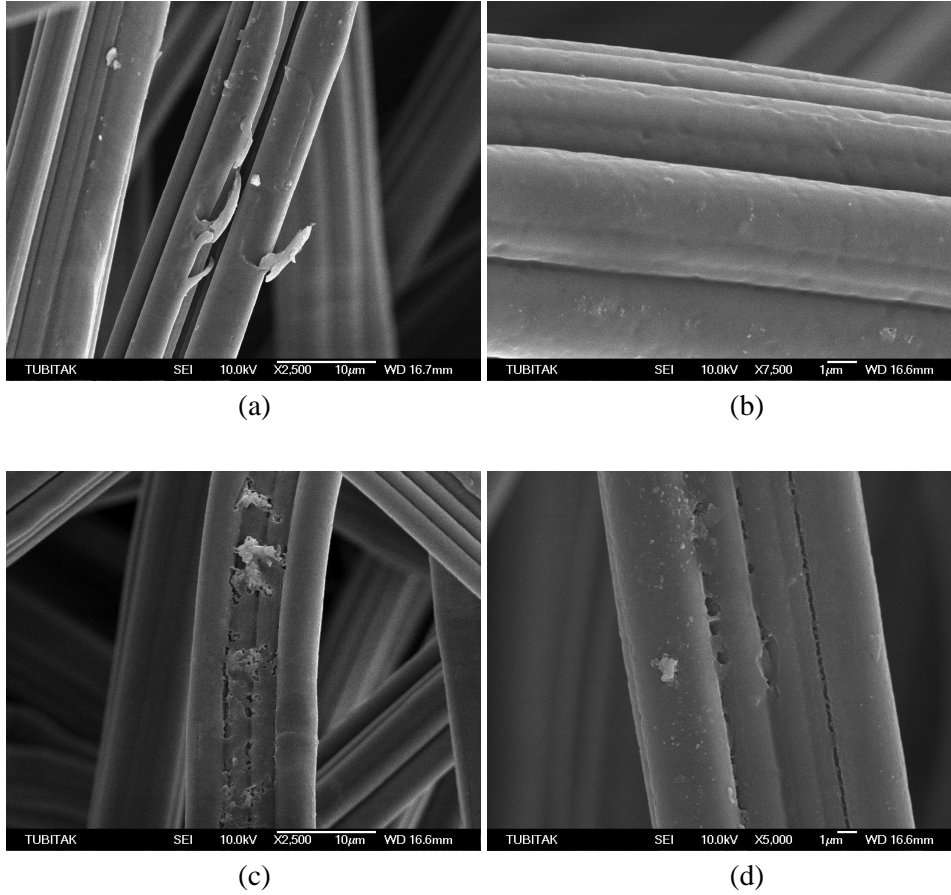
20 W 'lık Ar plazma uygulanmış viskon lifine ait SEM görüntüleri (a)-(b) 20 W 30 dakika, X2500 büyütme oranı (c)-(d) 20 W 60 dakika, X7500 büyütme oranı

Şekil 2'de farklı işlem sürelerinde 20 W'lık Ar plazma ile muamele edilmiş viskon lifine ait SEM görüntüleri görülmektedir.



*Şekil 3:*  
*40 W'lık Ar plazma uygulanmış viskon lifine ait SEM görüntüleri (a)-(b) 40 W 30 dakika, sırasıyla X2500 ve X5000 büyütme oranı*  
*(c)-(d) 40 W 60 dakika, sırasıyla X5000 ve X7500 büyütme oranı*

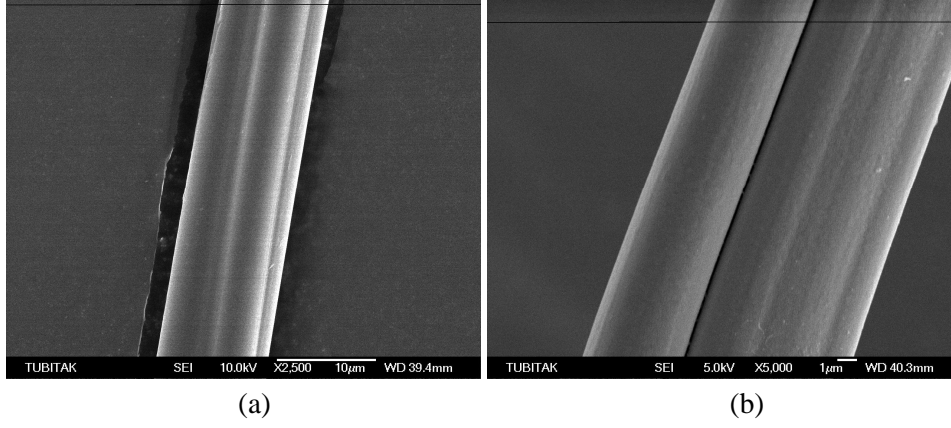
Şekil 3'de farklı işlem sürelerinde 40 W'lık Ar plazma ile muamele edilmiş viskon lifine ait SEM görüntüleri görülmektedir.



Şekil 4:  
60 W'lık Ar plazma uygulanmış viskon lifine ait SEM görüntüleri (a)-(b) 60 W 30 dakika, sırasıyla X2500 ve X7500 büyütme oranı  
(c)-(d) 60 W 60 dakika, sırasıyla X2500 ve X5000 büyütme oranı

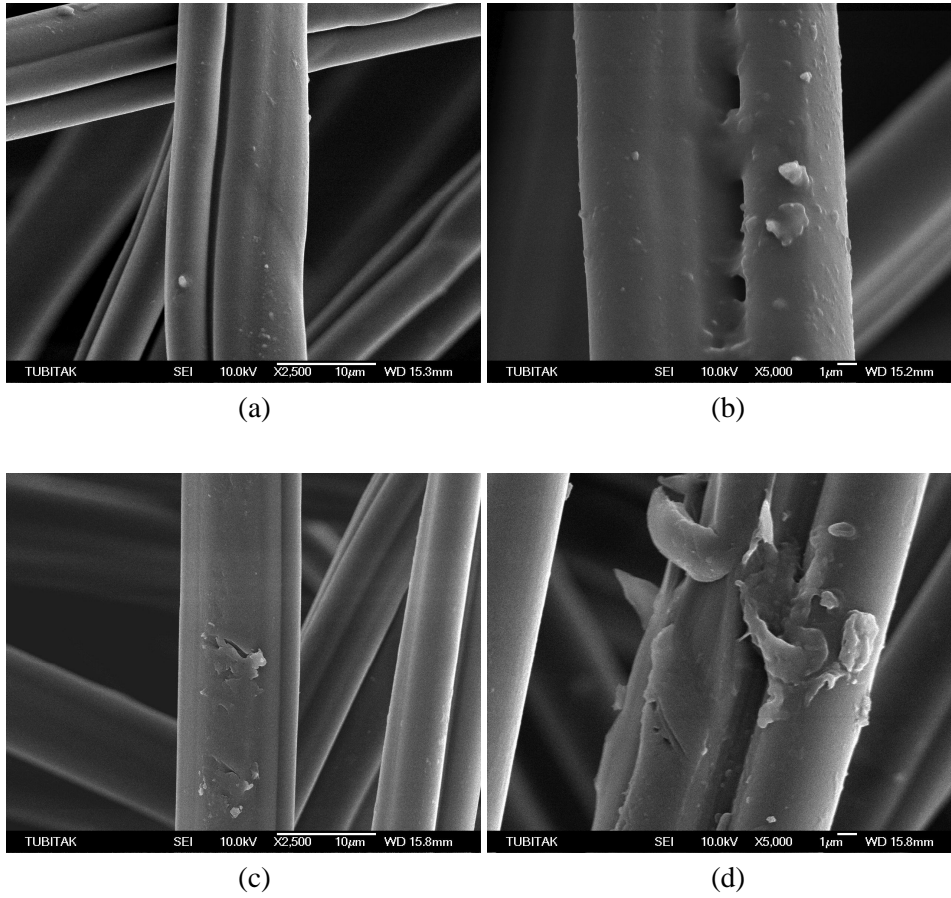
Şekil 4'de farklı işlem sürelerinde 60 W'lık Ar plazma ile muamele edilmiş viskon lifine ait SEM görüntüleri görülmektedir.

Viskon lifleri üretim parametreleri nedeniyle pürüzlü, küçük oyukların olduğu bir yüzeye sahiptirler. Ar plazma ile 20 W boşalım gücünde 30 ve 60 dakika süreyle gerçekleştirilen muameleler sonrasında, liflerin yüzey pürüzlülüğünün arttığı ve oyukların oluştuğu görülür. 40 W boşalım gücünde ise lif yüzeyinde soyulmaların oluştuğu görülmektedir. Boşalım gücü değeri 60 Watt'a çıkarıldığında ise, şekil 4(c) ve 4(d) de görüldüğü gibi, aşındırma etkisi arttığı için viskon liflerinin yüzey karakteristiği artık görülememektedir. Bu boşalım gücü değerinde, aşınma etkisinin maksimuma ulaşması nedeniyle, lif yüzeyinden kopan bozunma ürünlerinin diğer lifler üzerine az da olsa biriktiği görülmektedir (Inagaki ve diğ., 2001). Yüzey özelliklerinde görülen değişme, mekanik özellikleri etkilemiş ve 20 Watt'dan 60 Watt'a çıkıldığında mukavemet değerleri düşmüş, kopma uzaması değerleri artmıştır.



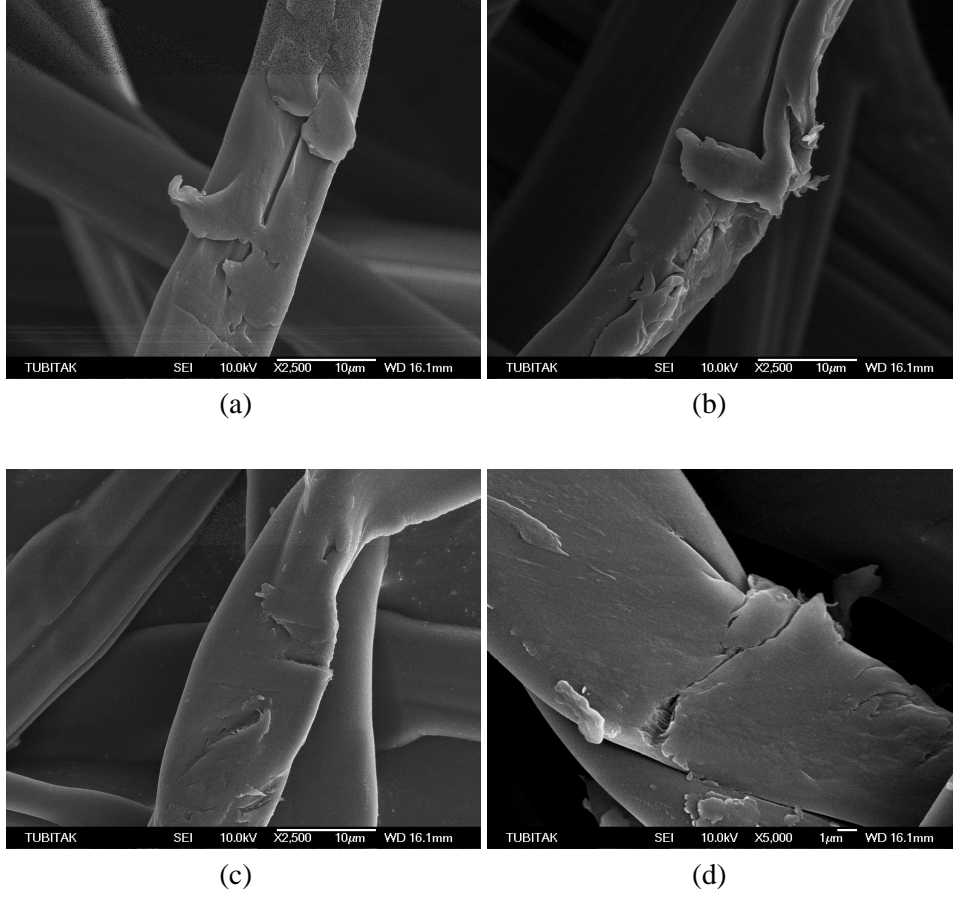
Şekil 5:  
Ham modal lifine ait SEM görüntüleri (a) X2500 büyütme oranı (b) X5000 büyütme oranı

Şekil 5’de ham modal lifine ait SEM görüntüleri görülmektedir. Modal lifleri viskon liflerine nazaran daha oryante yapıya sahip olan liflerdir. Modal liflerinde merkez-kabuk etkisi, viskona nazaran daha az görülmektedir. Bunun sebebi modal liflerinin banyodan geçiş hızlarının daha yavaş tutulmasıdır. Yani kabukta meydana gelen katılma yavaşlamakta ve iç-dış arası fark minimize edilebilmektedir. Böylece viskondaki çok loblu kesit yerini daha düzgün, yuvarlağa yakın bir kesite bırakmaktadır. Ayrıca modal liflerindeki yüzey de Şekil 5(a) ve 5(b)’den görüldüğü üzere viskona nazaran daha düzdür.



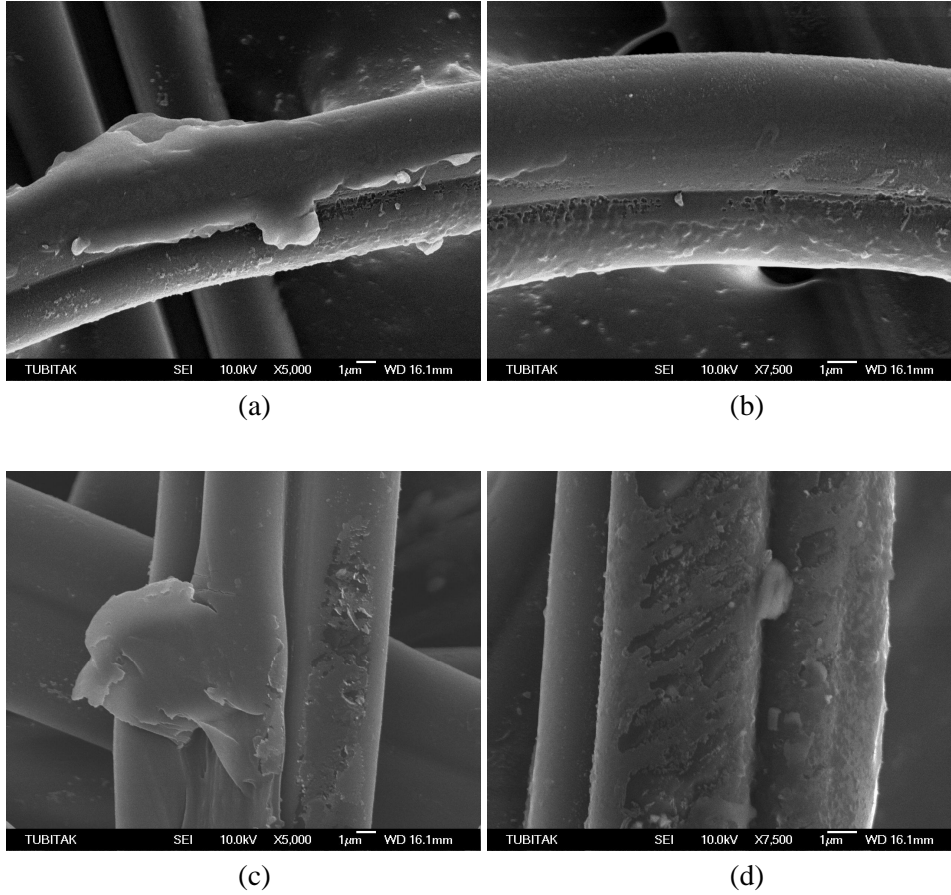
Şekil 6:  
20 W’lık Ar plazma uygulanmış modal lifine ait SEM görüntüleri  
(a)-(b) 20 W 30 dakika, sırasıyla X2500 ve X5000 büyütme oranı  
(c)-(d) 20 W 60 dakika, sırasıyla X2500 ve X5000 büyütme oranı

Şekil 6'da farklı işlem sürelerinde 20 W'lık Ar plazma ile muamele edilmiş modal lifine ait SEM görüntüleri görülmektedir.



Şekil 7:  
40 W 'lık Ar plazma uygulanmış modal lifine ait SEM görüntüleri (a)-(b) 40 W 30 dakika,  
X2500 büyütme oranı(c)-(d) 40 W 60 dakika, sırasıyla X2500 ve X5000 büyütme oranı

Şekil 7'de farklı işlem sürelerinde 40 W'lık Ar plazma ile muamele edilmiş modal lifine ait SEM görüntüleri görülmektedir.



Şekil 8:

60 W'lık Ar plazma uygulanmış modal lifine ait SEM görüntüleri (a)-(b) 60 W 30 dakika, sırasıyla X5000 ve X7500 büyütme oranı  
(c)-(d) 60 W 60 dakika, sırasıyla X5000 ve X7500 büyütme oranı

Şekil 8'de farklı işlem sürelerinde 60 W'lık Ar plazma ile muamele edilmiş modal lifine ait SEM görüntüleri görülmektedir.

Modal lifleri pürüzsüz bir yüzeye sahiptirler. Ar plazma ile muamele işlemi modal liflerinin yüzeyini soyarak etki göstermiştir. İşlem parametreleri olan süre ve boşalım gücü değerleri arttıkça yüzeydeki soyulma etkisinin de tabakalar halinde olduğu görülmüştür. Ayrıca, 40 W ve 60 W boşaltım güçlerinde 60 dakika uygulamalarında lif yüzeyinde yarı oluşumu da görülmüştür. Modal liflerinde de artan aşınma etkisiyle, bozunma ürünleri diğer lifler üzerinde birikerek, eriyen başka bir yüzeyin lif yüzeyine yapıştığı hissini oluşturan görüntüler ortaya çıkmıştır (Şekil 8). Bu durum mekanik özelliklerde de açıkça görülmüştür. En düşük mukavemet ve modül değerleri, 40 W ve 60 W boşalım güçlerinde 60 dakika işlem görmüş liflerde elde edilmiştir. Ayrıca, plazma işlemi görmüş modal liflerinde nadir görülen kopma uzaması değerlerindeki düşüş bu liflerde gözlemlenmiştir.

#### 4. SONUÇ

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

Gerçekleştirilen bu çalışma ile; viskon liflerinin plazma ile muamelesi sonrasında kopma dayanımı ve kopma uzaması değerlerinde de düşüşler gözlenmiştir. Modül değerlerinde ise genel bir değişkenlik söz konusudur ancak en düşük mekanik özellikler 60 dakika 60W'lık çalışma şartlarında elde edilmiştir. Modal liflerinde ise plazma ile muamele sonrası kopma dayanımı ve modül değerlerinde genel bir düşüş gözlemlenmiştir. Bu lif grubunda plazmanın kopma uzaması değerlerindeki etkisi ise kendisini genel olarak artışlar şeklinde göstermiştir.

Genel olarak viskon lifleri klasik rayon prosesi ile üretilirken modal liflerinin üretiminde klasik rayon prosesinden farklı olarak uygulanan daha az kimyasal kullanımı, lif oluşum banyosu içerisinde daha fazla lif gemesi uygulanması ve banyodan geçiş hızlarının düşük geçiş sürelerinin ise yüksek tutulması gibi çeşitli lif üretim parametreleri nedeniyle modal lifleri daha yüksek modül ve kopma mukavemeti gösterirken daha düşük kopma uzaması değerlerine sahiptirler. Modal liflerinde, viskon liflerinde görülen kabuk-merkez etkisi görülmemekle birlikte homojen bir yapıları bulunmaktadır. Viskon liflerinde ise düzensiz ve homojen olmayan bir kesit yapısı söz konusudur. Yapılan çalışmadan da görüleceği üzere plazma işleminin modal liflerinin yüzeyleri üzerindeki etkisi viskon liflerine nazaran daha fazla olmuştur. Viskon liflerinde plazma etkisi, liflerin sert bir kabuk ve yumuşak bir özden oluşmasından dolayı daha az ve yüzeysel olarak gözlenirken, modal liflerinde plazmanın yüzeye etkisi daha belirgin bir hal almıştır. Bu da, modal liflerinin homojen bir kesite sahip olmalarıyla açıklanabilir.

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

## 5. KAYNAKLAR

1. Bae, B., Chun, B.-H., Kim, D. (2001) Surface Characterization of Microporous Polypropylene Membranes Modified by Plasma Treatment, *Polymer*, 42, 7879-7885.
2. Chan C. M. (1994) *Polymer Surface Modification and Characterisation*, Hanser Publishers, Munich Vienna New York
3. Eichhorn, S. J., Young, R. J., Yeh, W. Y. (2001) Deformation Processes in Regenerated Cellulose Fibers, *Textile Research Journal*, 71(2):121-129
4. Güler, N. (2005) *Farklı Rayon Tiplerinin Yorulma Davranışlarının İncelenmesi*, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bitirme Tezi
5. Inagaki, N., Tasoka, S., Shimada, S. (2001) Comparative Studies on Surface Modification of Poly(ethylene terephthalate) by Remote and Direct Argon Plasmas, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 79, 808-815 (2001)
6. Karahan, H. A., Demir, A., Özdoğan, E., Öktem, T., Seventekin, N. (2007) Plazma Teknolojisi ve Temel Özellikleri, Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, *Tekstil Teknoloji Dergisi*, Şubat 2007-1, s. 102,104-106
7. Pastore, C.M., Kiekens P., 2001, *Surface Characteristics of Fibers and Textiles*, Marcel Dekker, Inc., New York
8. [www.tubitaktam.ege.edu.tr/index.php?lid=1&sid=0035](http://www.tubitaktam.ege.edu.tr/index.php?lid=1&sid=0035)