

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI ENİNE KESİT ŞEKİLLERİNDE
ÜRETİLEN KİMYASAL LİFLERİN YAPISAL
DAVRANIŞLARI VE KULLANIM
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Şükran KARA

Ocak, 2011
İZMİR

**FARKLI ENİNE KESİT ŞEKİLLERİNDE
ÜRETİLEN KİMYASAL LİFLERİN YAPISAL
DAVRANIŞLARI VE KULLANIM
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Tekstil Mühendisliği Bölümü, Tekstil Anabilim Dalı**

Şükran KARA

**Ocak, 2011
İZMİR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ŞÜKRAN KARA, tarafından PROF. DR. NİLÜFER ERDEM yönetiminde hazırlanan “FARKLI ENİNE KESİT ŞEKİLLERİNDE ÜRETİLEN KİMYASAL LİFLERİN YAPISAL DAVRANIŞLARI VE KULLANIM ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Nilüfer ERDEM

Danışman

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesi ve çalışmaların yürütülmesini sağlayan danışmanım Sayın Prof. Dr. Nilüfer Erdem'e çok teşekkür ederim. Tez çalışmalarım süresince destek aldığım, bilgi birikimini ve tecrübelerini benimle paylaşan Hocam Araş. Gör. Dr. Ü. Halis Erdoğan'a içten teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalarımın farklı aşamalarında destek gördüğüm ve benimle bilgi birikimlerini paylaşan hocalarım Doç. Dr. Merih Sarıışık'a, Öğr. Gör. Dr. Vildan Sular'a, Yard. Doç Dr. Özlem Biçer Kayacan'a, Araş. Gör. Bekir Yıldırım'a ayrıca Tekstil Teknikeri Özlem Ergün'e, Teks. Yük. Müh. Özlem Topbaş'a ve Deri Yük. Müh. Meruyert Koizhaiganova'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisans eğitimimi Yurt İçi Yüksek Lisans Bursu ile destekleyen ve beni bu süreçte maddi kaygılardan uzak tutan TUBİTAK- BİDEB'e çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam Dokuz Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Şube Müdürlüğü tarafından 2009.KB.FEN.076 numaralı proje ile desteklenmiştir. Tez çalışmalarına yaptığı maddi destek için DEU Bilimsel Araştırma Projeleri Şube Müdürlüğü'ne çok teşekkür ederim.

Tez materyallerimin bir kısmını ürettiğim Setaş A.Ş.-Masterbatch Bölümü Müdürü Sayın Sinan EDİL'e ve ekibine teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca tüm hayatım ve öğrenimim boyunca her zaman arkamda duran ve en büyük destekçim olan sevgili annem Seliha KARA, babam Kadim KARA, ağabeylerim Erhan KARA ve Serkan KARA'ya sonsuz teşekkür ederim...

Şükran KARA

FARKLI ENİNE KESİT ŞEKİLLERİNDE ÜRETİLEN KİMYASAL LİFLERİN YAPISAL DAVRANIŞLARI VE KULLANIM ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZ

Kimyasal lifler çoğunlukla dairesel enine kesite sahip olacak şekilde üretilmektedirler. Bunun yanı sıra farklı enine kesit şekillerine sahip kimyasal liflerin üretimi de mevcuttur. Kimyasal liflerin enine kesit şeklinin değiştirilmesi liflerin bir takım özelliklerinde değişime neden olabilmektedir. Dolayısı ile lif enine kesit şeklinin değiştirilmesinin liflerin hangi özelliklerini hangi yönde etkileyeceğini bilmek önemli bir hal almaktadır. Bu nedenle bu çalışmada kimyasal liflerin enine kesit şekillerinin, liflerin bazı yapısal ve kullanım özellikleri üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında öncelikle kimyasal lifler, kimyasal liflerin üretim yöntemleri, tez kapsamında üzerinde çalışılan polipropilen ve poliester lifleri, farklı kesitlerde liflerin üretimi ve kompozit lif üretimi ile ilgili genel bilgiler verilmiştir.

Tez kapsamında, bölümümüz laboratuvarlarında ve sanayide bulunan laboratuvar tipi lif çekim makinelerinde farklı enine kesitteki polipropilen, poliester ve kompozit polipropilen liflerinin üretimi sağlanmıştır. Bu liflerin yapısal özellikleri ile ilgili kristal yapıları, kristalinite oranları, erime sıcaklıkları ve kristalizasyon sıcaklıkları belirlenmiştir. Liflerin mekanik ve kullanım özellikleri olarak ise lif mukavemet ve uzama özellikleri, eğilme rijitlikleri, bu liflerden elde edilen kumaşların sıkıştırılabilirlikleri, kılcal ıslanma, parlaklık ve renk değerleri belirlenmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen bulgular istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve benzer çalışmaların sonuçları ile kıyaslanarak verilmiştir.

Anahtar sözcükler: Farklı enine kesitli lifler, polipropilen lifleri, poliester lifleri, yapısal davranış ve kullanım özellikleri

AN INVESTIGATION ON STRUCTURAL BEHAVIORS AND IN-USE PROPERTIES OF CHEMICAL FIBERS HAVING DIFFERENT CROSS-SECTIONAL SHAPES

ABSTRACT

Chemical fibers are mostly produced in circular cross sectional shapes. Besides, the production of fibers having different cross sections is existing. The change in the cross sectional shapes of the fibers can cause some differences on the properties of the fibers. For this reason, it becomes important to know how the fiber properties change related to cross sectional shapes. As a result, in this research it is aimed to evaluate the influence of the change in the cross section to the some of the structural and in-use properties of chemical fibers.

As part of this research, firstly, general information about chemical fibers, fiber manufacturing methods, polypropylene and polyester fibers, manufacturing fibers with different cross sectional shapes and composite fibers is given.

Within the context of this thesis, different cross sectional shaped polypropylene, polyester and composite polypropylene fibers have been produced using laboratory type spinning machines in our department and in an industrial producer. Crystal structures, crystalinities, melting temperatures and crystallization temperatures of these fibers have been analysed as the structural properties of the fibers. As the mechanical and in-use properties; the strength-elongation properties and flexural rigidities of the fibers and compressibilities, wicking properties, lustre and color values of the fabrics which are produced from these fibers have been analysed. The results obtained from analysis have been evaluated statistically and compared with the literature.

Keywords: fibers with different cross sectional shapes, polypropylene fibers, polyester fibers, structural behaviors and in-use properties.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	v
BÖLÜM BİR-GİRİŞ.....	1
1.1 Kimyasal Liflerin Tanımı ve Sınıflandırılması.....	2
1.2 Kimyasal Liflerin Tarihçesi	5
1.3 Dünya Kimyasal Lif Üretim Durumu.....	7
1.4 Kimyasal Lif Üretim Yöntemleri.....	11
1.4.1 Eriyikten Lif Çekim Yöntemi	12
1.4.1.1 Ekstruderler	14
1.4.1.2 Eriyik Filtreleri.....	15
1.4.1.3 Manifoldlar	15
1.4.1.3.1 Eriyik Pompası.....	16
1.4.1.3.2 Düze Paketleri.....	16
1.4.1.4 Ard işlemler	19
1.4.2 Kuru Çekim Yöntemi.....	20
1.4.3 Yaş Çekim Yöntemi.....	20
1.5 Poliolenin Lifleri.....	21
1.5.1 Polietilen Lifleri	22
1.5.2 Polipropilen Lifleri.....	23
1.5.2.1 Polipropilen Hammaddesi ve Polimerizasyonu	24
1.5.2.2 Polipropilenin İzotaktik Formunda Polimerizasyonu	27
1.5.2.2.1 Ziegler-Natta Katalizörü	27
1.5.2.2.2 Metallosen Katalizörleri.....	28

1.5.2.3 Polipropilen Liflerinin Üretimi	29
1.5.2.3.1 Film-yarma Yöntemi.....	30
1.5.2.3.2 Polipropilen Liflerinin Eriyikten Çekim Yöntemine Göre Elde Edilmesi	30
1.5.2.4 Polipropilen Liflerinin Özellikleri	33
1.5.2.4.1 Polipropilen Liflerinin İç Yapısı.....	33
1.5.2.4.2 Molekül Ağırlığı ve Molekül Ağırlığı Dağılımı	34
1.5.2.4.3 Mikroskopik Özellikleri.....	35
1.5.2.4.4 Mukavemet ve Uzama Özellikleri	36
1.5.2.4.5 Esneme Özellikleri.....	36
1.5.2.4.6 Yoğunluğu.....	36
1.5.2.4.7 Nem Alma ve Statik Elektriklenmesi	36
1.5.2.4.8 Termal Özellikleri.....	37
1.5.2.4.9 Kimyasallara Karşı Direnç.....	37
1.5.2.4.10 UV Dayanımı	37
1.5.2.4.11 Güve/mantar/bakteri Etkisi	37
1.5.2.5 Polipropilen Liflerinin Kullanım Alanları	38
1.5.2.5.1 Halılar	39
1.5.2.5.2 Ev Döşemeleri ve Ev Tekstilleri	39
1.5.2.5.3 Jeotekstiller	39
1.5.2.5.4 Otomobil Sektörü.....	39
1.5.2.5.5 Tıbbi Uygulamalar ve Hijyenik Ürünler.....	40
1.5.2.5.6 Filtreler.....	40
1.5.2.5.7 Halatlar ve Ağlar.....	40
1.5.2.5.8 Giysi.....	41
1.6 Poliester Lifleri	41
1.6.1 Polietilen Tereftalat Hammaddesi ve Polimerizasyonu.....	42
1.6.1.1 Polietilen Tereftalat Polimerizasyonu.....	42
1.6.2 Polietilen Tereftalat Liflerinin Üretimi.....	44
1.6.3 Polietilen Tereftalat Liflerinin Özellikleri	44
1.6.3.1 Liflerin İç Yapısı.....	44

1.6.3.2 Mikroskopik Özellikleri.....	45
1.6.3.3 Mukavemet ve Uzama Özellikleri	46
1.6.3.4 Esneme Özellikleri.....	46
1.6.3.5 Yoğunluğu.....	47
1.6.3.6 Nem Alma ve Statik Elektriklenmesi	47
1.6.3.7 Termal Özellikleri.....	47
1.6.3.8 Kimyasallara Karşı Direnç.....	47
1.6.3.9 UV Dayanımı.....	47
1.6.3.10 Güve/mantar/bakteri Etkisi.....	48
1.6.4 Polietilen Tereftalat Liflerinin Kullanım Alanları.....	48
1.7 Farklı Enine Kesit Şekillerine Sahip Kimyasal Lifler	49
1.7.1 Farklı Enine Kesit Şekillerinde Kimyasal Liflerin Üretim Yöntemleri	50
1.7.1.1 Eriyikten Çekim Yöntemi Kullanılarak Farklı Enine Kesit Şekillerinde Liflerin Üretilmesi.....	51
1.7.1.2 Kuru ve Yaş Çekim Yöntemleri Kullanılarak Farklı Enine Kesit Şekillerinde Liflerin Üretilmesi.....	55
1.7.1.3 Bikomponent Lifler.....	56
1.7.2 Farklı Enine Kesitin Liflere Sağladığı Özellikler	57
1.8 Kompozit Lif Üretimi	60
1.8.1 Kompozit Lif Üretiminde Kullanılan Katkı Maddeleri	60
1.8.2 Katkı Maddelerinin Polimer Madde İçerisine Eklenmesi.....	62
1.8.2.1 Nanopartikülleri Polimerizasyon Sırasında Eklemek.....	62
1.8.2.2 Partikülleri Polimer Çözeltisine Eklemek.....	62
1.8.2.3 Katkı Maddelerinin Lif Üretilecek Polimer ile Eriyikten Birleştirilmesi.....	63
1.9 Önceki Çalışmalar.....	67
BÖLÜM İKİ- MATERYAL VE METOT.....	79
2.1 Materyal.....	79

2.2 Metot	80
2.2.1 Liflerin Üretimi	80
2.2.1.1 %100 Polipropilen Liflerin Üretimi	85
2.2.1.2 Renkli Polipropilen Liflerinin Üretimi	87
2.2.1.3 Kompozit Polipropilen Liflerinin Üretimi	89
2.2.2 Üretilen Liflerden Tekstil Yüzeyi Elde Edilmesi	91
2.2.3 Deneysel Çalışmalar	92
2.2.3.1 Liflerin Boyuna Görünüşlerinin ve Enine Kesit Şekillerinin Optik Mikroskop ve Taramalı Elektron Mikroskopunda Tespit Edilmesi	94
2.2.3.2 Lif/İplik İnceliklerinin Tespit Edilmesi	95
2.2.3.3 Lif İçyapı Özelliklerinin İncelenmesi	96
2.2.3.3.1 XRD Yöntemi Kullanılarak Liflerin Kristal Yapılarının İncelenmesi	96
2.2.3.3.2 DSC Yöntemi Kullanılarak Liflerin Isıl Özelliklerinin ve Kristalinite Oranlarının Belirlenmesi	96
2.2.3.4 Liflerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi	97
2.2.3.4.1 Liflerin Mukavemet ve Uzama Özelliklerinin Belirlenmesi ...	97
2.2.3.4.2 Liflerin Eğilme Rijitliklerinin Belirlenmesi	97
2.2.3.4.3 Kumaşların Sıkıştırılabilirliği	99
2.2.3.5 Kumaş Parlaklıklarının Belirlenmesi ve Renk Ölçümü	100
2.2.3.6 Kumaşlarda Kılcal Yükselmenin Belirlenmesi	102
2.2.4 İstatistiksel Değerlendirme	103

BÖLÜM ÜÇ-ARAŞTIRMA SONUÇLARI..... 104

3.1 %100 Polipropilen Lifleri	104
3.1.1 Liflerin Boyuna Görünüşleri ve Enine Kesit Şekilleri	104
3.1.2 Lif/İplik İncelikleri	107
3.1.3 Lif İçyapı Özellikleri	108
3.1.3.1 Liflerin Kristal Yapıları	108
3.1.3.2 Liflerin Isıl Özellikleri ve Kristalinite Oranları	111

3.1.4 Liflerin Mekanik Özellikleri	113
3.1.4.1 Liflerin Mukavemet ve Uzama Özellikleri	114
3.1.4.2 Liflerin Eğilme Rijitlikleri	119
3.1.4.3 Kumaşların Sıkıştırılabilirliği	120
3.1.5 Kumaş Parlaklıkları ve Renk Ölçümü	122
3.1.6 Kumaşlarda Kılcal Yükselme	123
3.2 %100 Poliester Lifleri	125
3.2.1 Liflerin Boyuna Görünüşleri ve Enine Kesit Şekilleri.....	125
3.2.2 Lif/İplik İncelikleri.....	127
3.2.3 Lif İçyapı Özellikleri.....	128
3.2.3.1 Liflerin Kristal Yapıları	128
3.2.3.2 Liflerin Isıl Özellikleri ve Kristalinite Oranları	131
3.2.4 Liflerin Mekanik Özellikleri	131
3.2.4.1 Liflerin Mukavemet ve Uzama Özellikleri	132
3.2.4.2 Liflerin Eğilme Rijitlikleri	134
3.2.4.3 Kumaşların Sıkıştırılabilirliği	135
3.2.5 Kumaş Parlaklıkları ve Renk Ölçümü	136
3.2.6 Kumaşlarda Kılcal Yükselme	136
3.3 Renkli Polipropilen Lifleri	138
3.3.1 Liflerin Boyuna Görünüşleri ve Enine Kesit Şekilleri.....	138
3.3.2 Lif/İplik İncelikleri.....	142
3.3.3 Kumaş Parlaklıkları ve Renk Ölçümü	143
3.4 Kompozit Polipropilen Lifleri.....	146
3.4.1 Liflerin Boyuna Görünüşleri ve Enine Kesit Şekilleri.....	146
3.4.2 Lif/İplik İncelikleri.....	153
3.4.3 Lif İçyapı Özellikleri.....	153
3.4.3.1 Liflerin Kristal Yapıları	154
3.4.3.2 Liflerin Isıl Özellikleri ve Kristalinite Oranları	160
3.4.4 Liflerin Mekanik Özellikleri	164
3.4.4.1 Liflerin Mukavemet ve Uzama Özellikleri	164

3.4.4.2 Liflerin Eğilme Rijitlikleri	170
3.4.4.3 Kumaşların Sıkıştırılabilirliği	172
BÖLÜM DÖRT-SONUÇLAR VE ÖNERİLER	174
KAYNAKLAR	177

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Bilim ve teknolojinin hızla ilerlediği çağımızda; yüksek mukavemetli, yanmaz liflerin kullanıldığı teknik tekstiller ile kendi kendini temizleyen ev tekstilleri, giyince rengini değiştiren giysiler gibi akıllı tekstillerin üretimi gittikçe önem kazanmaktadır.

Günümüzde tekstil araştırmacıları bu nedenle teknik tekstiller ve akıllı tekstillerin üretimi için gerekli olan yeni kimyasal liflerin üretiminin yanı sıra klasik liflerin modifiye edilmiş şekillerini de geliştirmeye yönelik çalışmalar yapmaktadır.

Kimyasal liflerin ilk keşfedildiği 1800'lü yıllardan bu yana liflerin en kolay modifiye edilme şekli enine kesit şeklini değiştirerek onlara yeni fiziksel ve kimyasal özellikler kazandırmaktır. Bu sayede kimyasal lifler hem geleneksel tekstil ürünlerinde hem de teknik tekstillerde yeni kullanım alanları bulmaktadır.

Dünyada üretilen kimyasal liflerin büyük çoğunluğu dairesel enine kesitlidir. Bunun yanı sıra trilobal, içi boş, üçgen, yassı gibi farklı enine kesit şekillerine sahip kimyasal tekstil liflerinin üretimi de mevcuttur. Kimyasal tekstil liflerinin enine kesit şekillerinin değiştirilmesinin liflerin hangi özelliklerini hangi yönde etkileyeceğini bilmek önemlidir.

Bu nedenle bu çalışmada; kendi bölümümüzde (DEU Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü) ve sanayide laboratuvar tipi lif çekim makinesinde ürettiğimiz farklı enine kesitteki klasik ve kompozit liflerin bazı performans özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında son yıllarda kimyasal lifler içinde en fazla kullanım oranına sahip poliester ve polipropilen lifleri, renkli polipropilen lifleri ve kompozit polipropilen lifleri üzerine çalışılmıştır.

Aşağıdaki bölümlerde öncelikle kimyasal lifler, kimyasal liflerin üretim yöntemleri, tez kapsamında üzerinde çalışılan polipropilen ve poliester lifleri, farklı kesitlerde liflerin üretimi ve kompozit lif üretimi ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. Daha sonraki bölümlerde çalışma materyal ve metodu ayrıntılı olarak anlatılmış ve araştırma sonucunda elde edilen bulgular benzer çalışmaların sonuçları ile kıyaslanarak verilmiştir.

1.1 Kimyasal Liflerin Tanımı ve Sınıflandırılması

İnsanlar tarafından üretilen liflere kimyasal lifler denir. Kimyasal lifler, iki grup altında incelenir. Bunlar; rejenere (suni) lifler ve sentetik liflerdir. Rejenere lifler doğal polimerlerin kimyasal işlemlerden geçirilmesi ve şekillerinin lif oluşturacak şekilde değiştirilmesi ile elde edilir. Sentetik lifler ise basit kimyasal maddelerin sentetik olarak polimerleştirilmesi ve elde edilen polimerin çeşitli yöntemler kullanılarak lif haline getirilmesi ile elde edilir (Harmancıoğlu, 1981).

Kimyasal lifler günümüzde bilimsel olarak; kimyasal yapılarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılır (Erdem, 2009).

Kimyasal Lifler

A-) Rejenere Lifler

1-Selülozik Rejenere Lifler-(Rayonlar)

- a)Viskoz Lifi (CV)
- b) Bakır Lifi (CU)
- c) Nitrat Lifi (CN)
- d) Selüloz Asetat (Ester) Lifleri
 - Selüloz Asetat Lifi (2,5 Asetat-Sekonder Asetat Lifi) (CA)
 - Selüloz tri Asetat Lifi (Primer Asetat Lifi) (CT) (CTA)

1.A) Modifiye Selüloz Lifleri

- a) Yüksek mukavemetli selüloz lifleri (Tenasco, Fortizan)
- b) Yüksek yaş mukavemetli selüloz lifleri (Modal lifler) (CM) (CMD) (MOD)
 - Polinozik lifler (Lanusa, Tufcel, Zantrel)
 - HWM (High Wet Modulus) lifler
- c) Diğerleri (Sarille, Evlan, Celta)
- d) Yeni Geliştirilen Selüloz Lifleri
 - Organik çözücüde (NMMO) çözünerek çekilen lifler (Lyocell, Newcell, Tencel)
 - İnorganik çözücüde (NaOH) çözünerek çekilen lifler (Selüloz Karbamat)
 - Direkt olarak çözünerek hazırlanan lifler (Cellsol)
 - Diğerleri (Bambu)

2-Proteinik Rejenere Lifler

2.A) Hayvansal Kaynaklı Protein Lifleri

- a) Kazein Lifleri (Lanital, Fibrolana) (KA)
- b) Kollagen Lifleri (Morena)
- c) Diğer Protein Lifleri

2.B) Bitkisel Kaynaklı Protein Lifleri

- a) Mısır Lifleri, Zein Lifleri (Vicara) (ZE)
- b) Yer Fıstığı Lifleri (Ardil)
- c) Soya Fasulyesi Lifleri (Silkool)

3-Çeşitli (Doğal Polimer) Rejenere Lifleri

- a) Alginat lifleri (ALG) (AG) (AL)
- b) Doğal kauçuk lifleri (Elastomer lifleri) (ED) (EL) (LA)
- c) Çitin/ çitosan lifleri

4-Anorganik (İnorganik) Lifler

- a) Cam lifleri (GL) (GF)
- b) Silikat (Seramik) Lifleri (CEF)
- c) Metal lifleri (MTF) (MT)
- d) Karbon lifleri (CF)

B-) Sentetik Lifler

1-Poliamid Lifleri (PA)

- a) Naylon 6.6 (Naylon), Naylon 6 (Perlon), Naylon 11, Naylon 6.10 ve diğerleri
- b) Aromatik Poliamid Lifleri (Aramid Lifleri (AR)) (Naylon 6T, Nomex, Kevlar)

2-Poliester Lifleri (PES)

- a) Polietilen teraftalat lifleri (Terilen, Dacron, Tergal, Trevira) (PET)
- b) Poli 1-4 Siklohegzilen Dimetil Lifleri (Kodel) (PCDT)
- c) Polibutilen Teraftalat Lifleri (PBT)
- d) Politrimetilen Teraftalat Lifleri (PTT)
- e) Polietilen 2.6-Naftalate Lifleri (PEN)
- f) Aromatik PES lifleri (Vectran)
- e) Modifiye ve Kopolimer PES lifleri

3-Polivinil Türevleri

- a) Poliakrilonitril Lifleri (Orlon) (PAC)
 - Akriklik (PAN)
 - Modakriklik (MAC) (MA) (PAM)
 - Akrilonitril (% 60) + Vinildenklorit (% 40) (Verel)
 - Akrilonitril + Vinilklorit
- b) Polivinilklorit Lifleri (PVC)
 - Saf (%100) PVC lifleri (Rhovyl)
 - Vinil Klorit Kopolimerleri (PVM)

- Vinil klorit (% 85) + vinil asetat (% 15) (Vinyon HH)
- Vinilklorit (% 60) + akrilonitril (%40) (Dynel)
- Modifiye Polivinilklorit Lifleri (Klorlu PVC) (Pe-Ce)
- c) Polivinildenklorit Lifleri (Saran) (PVD)
 - Vinilden Klorit (%85) + vinil klorit (% 15) (Saran)
- d) Polivinil Alkol Lifleri (Kuralon, Vinyon, Vinylal) (PVA) (PVAL)
- e) Polivinildendinitril Lifleri
- f) Polistirene Lifleri (PST)

4-Politetra Flor Etilen Lifleri (Teflon) (PTFE)

5-Poliiolefin Lifleri (PO)

- a) Polietilen Lifleri (PE)
- b) Polipropilen Lifleri (PP)

6-Sentetik Elastomer Lifleri (EL) (EA)

- a) Elastomer Naylon Lifleri (PUA) (Urylon)
- b) Poliüretan Lifleri (Spandex, Lycra) (PU) (PUR)

7- Diğer Sentetik Lifler

- a) Poliparafenilen benzobisoxazole Lifleri (PBO) (Zylon)
- b) Polibenzimidazol Lifleri (PBI)
- c) Melamin Formaldehit Lifleri (MF) (Basofil)
- d) Fenol Formaldehit Lifleri- Novoloid Lifleri (Kynol)
- e) Poliamide-imid Lifleri (Kermel)
- f) Poliimid Lifleri (P84)

1.2 Kimyasal Liflerin Tarihçesi

Kimyasal liflerin yapımına dair ilk fikir, İngiliz fizikçi Robert Hooke tarafından ortaya konmuştur. Hooke, 1664 yılında yayınladığı *Micrographia* adlı eserinde, ipek böceğinden esinlenerek lif üretiminin yapılabileceğini ileri sürmüştür. Ancak ilk kimyasal lifler, bu fikrin ortaya atılmasından iki yüzyıl kadar sonra üretilebilmiştir.

Çeşitli kimyasal liflere dair önemli gelişmelere aşağıda tarih sırasına göre yer verilmiştir:

- 1842 yılında Louis Schwabbe kıvamlı ve sıcak haldeki sıvı camı ince delikli bir süzgeçten geçirmek sureti ile cam filamentler elde etmiştir.
- 1855 yılında George Audemers; nitroselülozu kıvamlı halde iken çekerek uzatmak ve havada sertleştirmek sureti ile filament elde etmiştir. Bu selülozik rejenere lif endüstrisinin başlangıcı olmuştur.
- 1883 yılında Joseph Swan selüloz nitrat liflerini üretmiştir.
- Count Chardonnet 1884 yılında nitroselüloz çözeltisini ince cam süzgeç deliklerinden geçirerek ve sıcak havada kurularak ipeğe benzeyen teller elde etmiştir. 1885 yılında bu lifin patentini almıştır.
- 1891 yılında Fremery ve Urman bakır amonyum liflerini bulmuşlardır.
- 1892 yılında selülozdan lif elde etmek üzere Cross ve Bevan viskoz yöntemini geliştirmişlerdir.
- 1904'de Frederick sütün kazeininden lif çekimini gerçekleştirmiştir.
- 1920 yılında Henry Dreyfus tarafından selüloz asetat lifleri üretilmiştir.
- Sentetik lifler üzerine yapılan çalışma ve araştırmalar çok eski olmamakla birlikte bu alanda ilk çalışmaların Staudinger tarafından başlatıldığı ifade edilir. Çünkü Staudinger sentetik liflerde olması gereken molekül yapıları üzerine çalışmalarda bulunmuş ve ilk lif sentezini yapmayı başarmıştır.
- 1913 yılında Almanya'da yapılan denemeler sonucu polivinil kloritten ilk lifler elde edilmiş ancak geniş çaplı üretime geçilememiştir.
- 1931 yılında polivinilalkol liflerinin üretimi gerçekleştirilmiştir.
- 1934 yılında Fritz Klattenin çalışmaları sonucu üretilen lif Pe Ce (polivinil kloritin klorlanması ile elde edilir) adı altında piyasaya sürülebilmştir.
- Du Pont tarafından başlatılan çalışmalar sentetik lifler açısından çok önemlidir. Bu çalışmalar sonucunda; 1938 yılında W.H. Carothers ve arkadaşları tarafından poliamid lifleri üretilmiş ve piyasaya sürülmüştür. Firmanın bu ürüne verdiği ticari ad günümüzde hala tüm poliamid lifleri için genel bir isim olarak da kullanılan Nylon adıdır.
- Du Pont firması çatısı altında; W.H. Carothers ve arkadaşları tarafından polimerler üzerine yürütülen araştırmalar sırasında, poliester üzerine de geniş

araştırmalar yapılmıştır. Fakat bunlardan lif elde edilmesi ancak 1941 yılında mümkün olmuştur. Ticari üretimi ise 1951 yılında İngiltere’de gerçekleştirilmiştir.

➤ İkinci dünya savaşı sırasında poliakrilonitril lif denemeleri başlamış ve üretilen lifler orduların gereksinimlerini karşılamak üzere kullanılmıştır. Savaştan sonra yapılan çalışmalara devam edilmiş ve 1945 yılında ilk poliakrilonitril lifleri Du Pont firması tarafından piyasaya sürülmüştür.

➤ 1954 yılında Du Pont firması Lycra ve politetrafloretillen liflerini üretmiştir.

➤ 1957 yılında İtalya’da poliolefin lifleri üretilmiştir. Polipropilenden ticari olarak lif üretimi ise 1961 yılında başlamıştır.

➤ 1959 yılında Spandex liflerinin ilk ticari üretimi yapılmıştır.

➤ 1993 yılında ise Lyocell liflerinin ilk ticari üretimi gerçekleştirilmiştir.

(Harmancıoğlu, 1981; Demir, 2006)

İlk kimyasal lif üretiminden günümüze kadar geçen sürede birçok kimyasal lif çeşidi çeşitli markaların çatısı altında, değişik ticari isimlerle üretilerek piyasaya sürülmeye devam etmektedir.

1.3 Dünya Kimyasal Lif Üretiminin Durumu

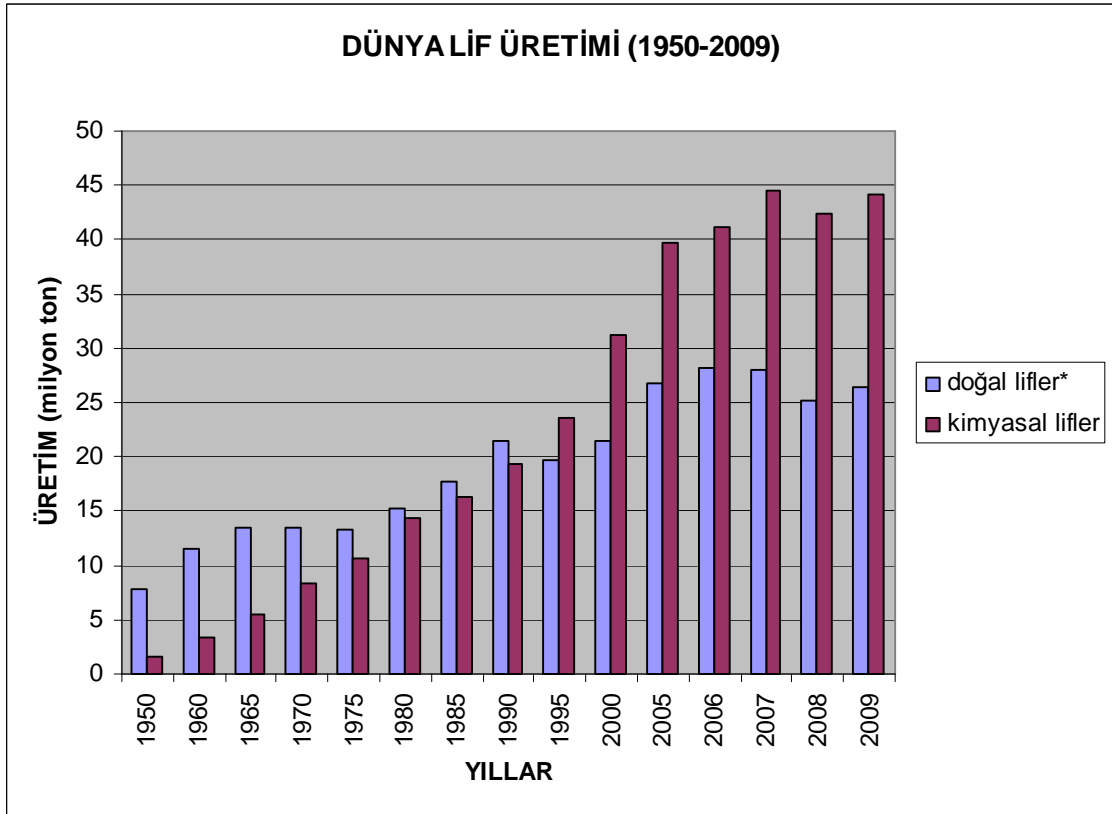
Kimyasal lif üretimi; artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak üzere, dünya çapında sürekli bir artış göstermektedir. Yıllar itibari ile dünya lif üretimi Tablo 1.1’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde 2009 yılında üretilen toplam lif miktarının 70,526 milyon ton olduğu görülmektedir. Bunun 44,134 milyon tonu kimyasal lif; 26,392 milyon tonu ise doğal liflerden oluşmaktadır (The Fiber Year 2009/2010, 2010).

Tablo 1.1’deki veriler kullanılarak dünya lif üretimi Şekil 1.1’de grafik halinde verilmiştir. Dünya lif üretim miktarları incelendiğinde kimyasal lif üretiminin özellikle son yirmi yılda doğal lif üretimini aştığı ve üretiminin sürekli arttığı görülmektedir.

Tablo 1.1 Dünya Lif Üretim Miktarları (The Fiber Year 2009/2010, 2010).

Yıllar / Lif üretim miktarları	Doğal lif üretim miktarı* (milyon ton)	Kimyasal lif üretim miktarı (milyon ton)	Toplam lif üretimi (milyon ton)
1950	7,723	1,681	9,404
1960	11,607	3,367	14,974
1965	13,401	5,486	18,887
1970	13,484	8,394	21,878
1975	13,349	10,677	24,026
1980	15,227	14,301	29,528
1985	17,732	16,259	33,991
1990	21,46	19,38	40,84
1995	19,6	23,596	43,196
2000	21,496	31,147	52,643
2005	26,719	39,75	66,469
2006	28,268	41,106	69,374
2007	28,092	44,425	72,517
2008	25,26	42,43	67,69
2009	26,392	44,134	70,526

*pamuk, yün, ipek



Şekil 1.1 Dünya çapında lif üretim istatistikleri (The Fiber Year 2009/2010, 2010)

*pamuk, yün, ipek

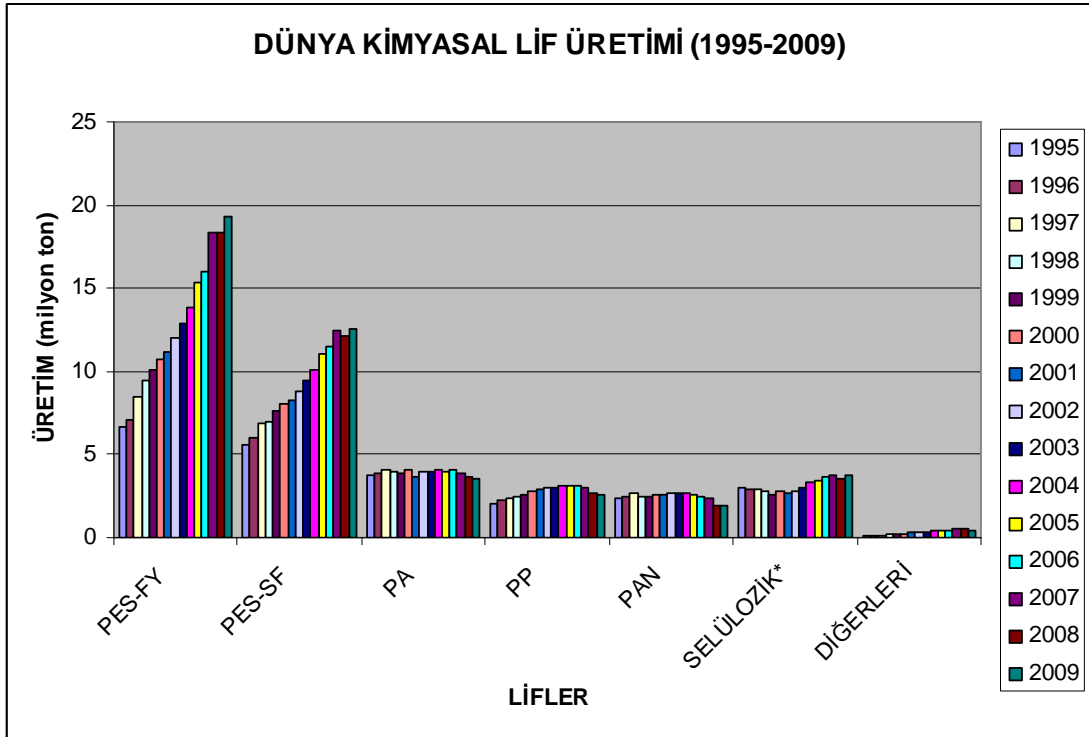
Dünya kimyasal lif üretimi, lif çeşitlerinin üretim miktarlarına göre Tablo 1.2’de verilmiştir.

Tablo 1.2 Dünya çapında kimyasal lif üretim istatistikleri (The Fiber Year 2009/2010, 2010)

Yıllar / Lif üretim miktarları (milyon ton)	PES-FY	PES-SF	PA	PP	PAN	Selülozik*	Diğerleri	Toplam
1995	6,7	5,6	3,8	2	2,4	3	0,1	23,6
1996	7,1	6	3,9	2,2	2,5	2,9	0,1	24,7
1997	8,5	6,9	4,1	2,4	2,7	2,9	0,1	27,5
1998	9,4	7	4	2,5	2,5	2,8	0,2	28,3
1999	10,1	7,6	3,9	2,6	2,5	2,6	0,2	29,4
2000	10,7	8,1	4,1	2,8	2,6	2,8	0,2	31,1
2001	11,2	8,3	3,7	2,9	2,6	2,7	0,3	31,6
2002	12	8,8	4	3	2,7	2,8	0,3	33,5
2003	12,9	9,4	4	3	2,7	3	0,3	35,3
2004	13,8	10,1	4,1	3,1	2,7	3,3	0,4	37,5
2005	15,3	11	4	3,1	2,6	3,4	0,4	39,8
2006	16	11,5	4,1	3,1	2,5	3,6	0,4	41,1
2007	18,3	12,5	3,9	3	2,4	3,8	0,5	44,4
2008	18,3	12,1	3,6	2,7	1,9	3,5	0,5	42,4
2009	19,3	12,6	3,5	2,6	1,9	3,8	0,4	44,1

SF-kesikli lif FY-filament iplik *2002 yılından itibaren Tencel üretimi de eklenmiştir

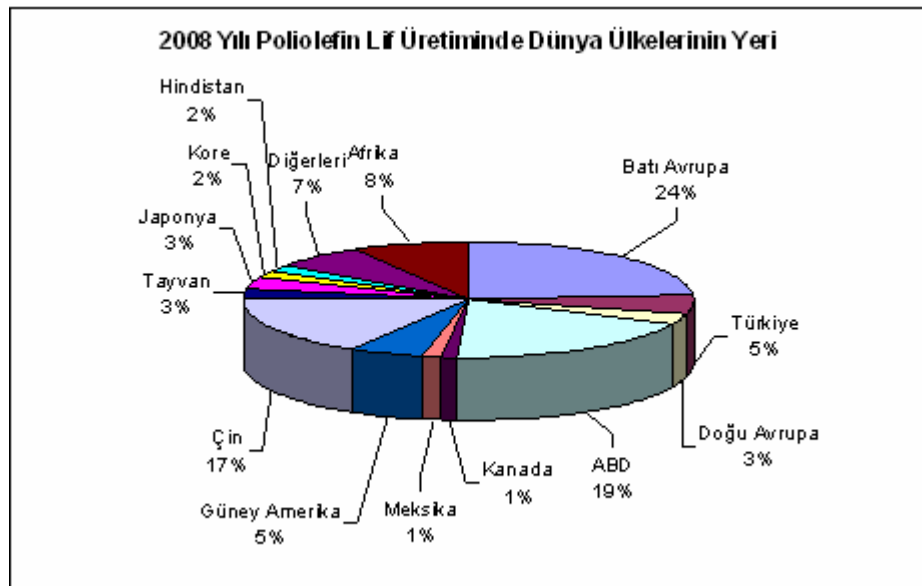
Kimyasal lif çeşitlerinin üretim miktarlarında yıllar bazında meydana gelen değişim Tablo 1.2’deki veriler kullanılarak Şekil 1.2’de grafik halinde verilmiştir. Veriler incelendiğinde; poliester liflerinin, dünya lif üretiminde lider konumda olduğu ve yıllar bazında ele alındığında en fazla üretim artışına sahip olduğu görülmektedir. Yine yıllar bazında ele alındığında, polipropilen liflerindeki eğilim üretim artışı yönündedir. Özellikle polipropilen lif üretimi 2007 yılına kadar sürekli bir artış göstermiştir ve bu artışın ileriki yıllarda da devam edeceği tahmin edilmektedir. Şekil 1.1 ile Şekil 1.2 birlikte incelendiğinde 2008 yılında toplam kimyasal lif üretimi düşmüş ve bu da poliester, poliamid, polipropilen, poliakrilonitril, selülozik ve diğer kimyasal lif üretimlerinin tamamına yansımıştır. 2009 istatistiklerine göre dünya polipropilen lif üretimi 2,6 milyon tondur. Poliester kesikli lif ve filament iplik toplam üretimi ise 2009 yılında 31,9 milyon ton olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 1.2 Dünya çapındakimyasal lif üretim istatistikleri (The Fiber Year 2009/2010, 2010)

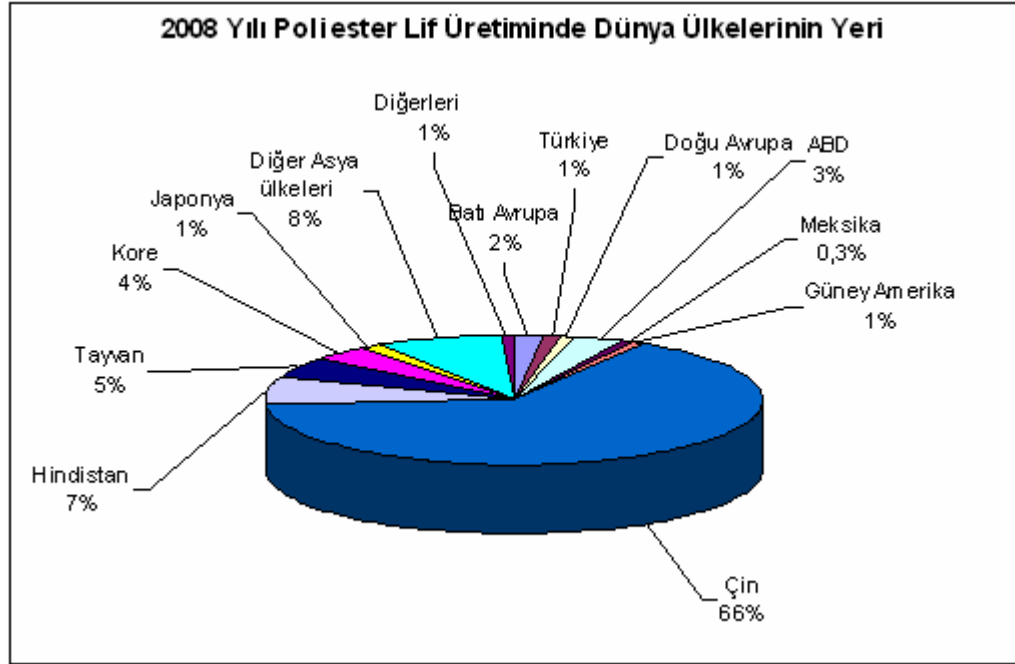
SF-kesikli lif FY-filament iplik *2002 yılından itibaren Tencel üretimi de eklenmiştir

Şekil 1.3'te ülkeler bazında poliolefin lif üretimlerinin 2008 verileri sunulmuştur. Buna göre; Türkiye dünya poliolefin lif üretiminde %5'lik pay ve 298 bin tonluk üretim ile altıncı sırada yer almaktadır.



Şekil 1.3 2008 yılı poliolefin lif üretiminde dünya ülkelerinin yeri (Chemical Fibers International, 2009)

Şekil 1.4'te, 2008 yılı için poliester lif üretiminde dünya ülkelerinin durumu verilmiştir. Şekil incelendiğinde Türkiye'nin dünya poliester lif üretiminde 339 bin tonluk üretim ile %1'lik bir paya sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 1.4 2008 yılı poliester lif üretiminde dünya ülkelerinin yeri (Chemical Fibers International, 2009)

Polipropilen ve poliester liflerinin Dünya ve Türkiye'deki üretim miktarları ve gelişimi göz önüne alındığında gelecekte de uzun yıllar tekstil endüstrisinde kullanılan en önemli lifler olacakları görülmektedir. Bu nedenle araştırmamızda öncelikle bu iki lif üzerine çalışılmıştır.

1.4 Kimyasal Lif Üretim Yöntemleri

Kimyasal lif üretimi için pratikte önem kazanmış ve en çok kullanılan üç yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler:

- Eriyikten lif çekim yöntemi
- Kuru lif çekim yöntemi
- Yaş lif çekim yöntemidir.

Kimyasal lif üretiminde en fazla kullanılan bu üç yöntemin temel prensiplerine ilerideki bölümlerde daha ayrıntılı olarak yer verilmiştir. Bu lif üretim yöntemlerinin dışında, özel amaçlar için farklı lif çekim yöntemleri de geliştirilmiştir. Bu yöntemler:

- Reaksiyon lif çekim yöntemi
- Dispersiyon lif çekim yöntemi
- Düzesiz lif çekim yöntemi
- Jelden lif çekim yöntemi
- Likit kristal lif çekim yöntemi (Kuru püskürtme yaş çekim yöntemi)
- Elektrik alan ile lif çekim yöntemidir.

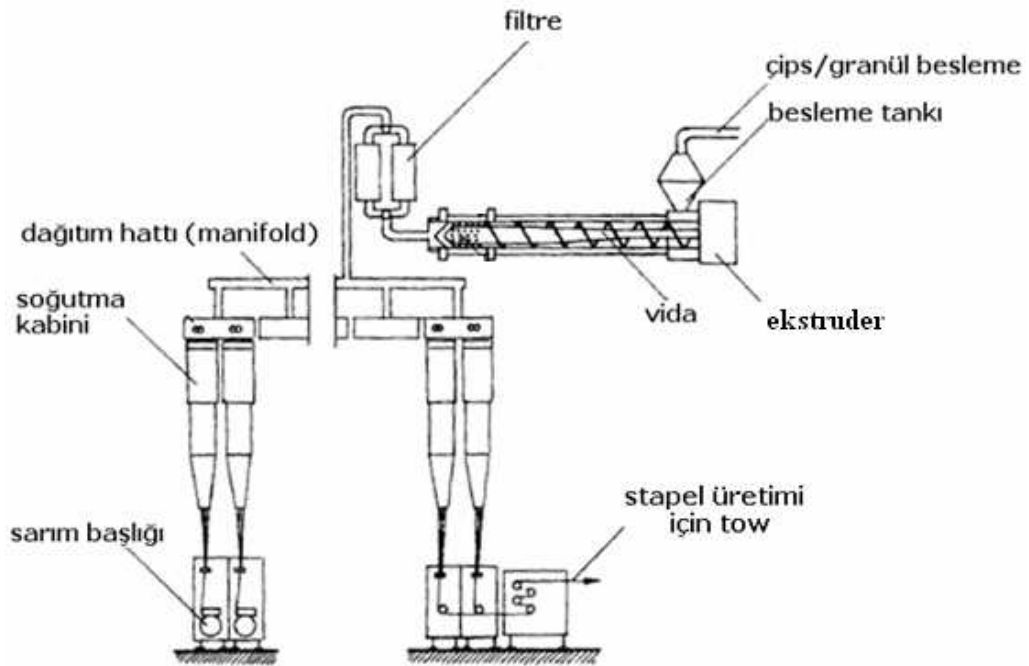
1.4.1 Eriyikten Lif Çekim Yöntemi

Eriyikten lif çekim yöntemi, lif üretim yöntemleri arasında en basit tekniğe sahip olması ve en ekonomik şekilde lif üretimine imkan vermesi açısından günümüzde en yaygın olarak kullanılan lif üretim yöntemidir (Demir, 2006).

Termoplastik özelliğe sahip olan polimerlerden bu sisteme göre lif üretilir. Termoplastik polimerler ısıtıldıklarında yumuşayıp erirler ve şekillendirilebilir niteliğe kavuşurlar. Şekil verme işleminden sonra yapılan soğutma işlemi ile de kendilerine verilen şekli koruyarak tekrar katı duruma geçerler.

Şekil 1.5'te eriyikten lif çekim yöntemine göre üretim yapan bir tesis şematik olarak verilmiştir. Şekil 1.5'te verilen tesis; katı haldeki polimerin beslendiği, ekstrudere sahip bir lif çekim tesisidir. Eğer lif üretici firma polimer maddesini kendi üretiyorsa ve polimerizasyon üniteleri ile lif çekim üniteleri yan yana ise üretilen eriyik halindeki polimer doğrudan lif çekim ünitesine de beslenebilir. Aksi takdirde, katı granüller şeklinde olan polimer maddeyi eritip lif çekimine hazır hale getirmek için ekstruder denilen aparatlar ya da eski bir yöntem olan eritme ızgaraları kullanılır. Öncelikle katı polimer madde besleme tankına beslenir. Buradan lif çekim makinesinin ekstruderine iletilir ve bu bölümde eritilip basınçlandırılarak filtreye gönderilir. Filtre edilen polimer eriyiği manifoldlar aracılığı ile lif çekim

makinesinde bulunan düze kısmına gönderilir. Düze denilen aparatlar düze bloğu içerisinde yer alır. Düzelerden ince teller halinde fışkırtılan polimer madde, soğutma kabininde soğuyarak katılaşır ve filament formunu almış olur. Elde edilen filamentlerin birbirine yapışmaması ve statik elektriklenmenin olmaması için bir bitim yağı (spin finish) uygulanır. Bitim yağı verildikten sonra filamentlerin iç yapısının gelişmesi ve inceliğinin ayarlanabilmesi için germe-çekme işlemleri yapılır. Germe-çekme işleminden sonra elde edilen lifler bobinlere sarılır. Germe-çekme işlemleri yapılan lifler gerek duyulduğu takdirde kıvrım kazandırma ve kesme işlemlerinden de geçirilebilir. Bu yöntem kullanılarak poliester, poliamid, polipropilen, polietilen, asetat gibi lifler üretilmektedir.

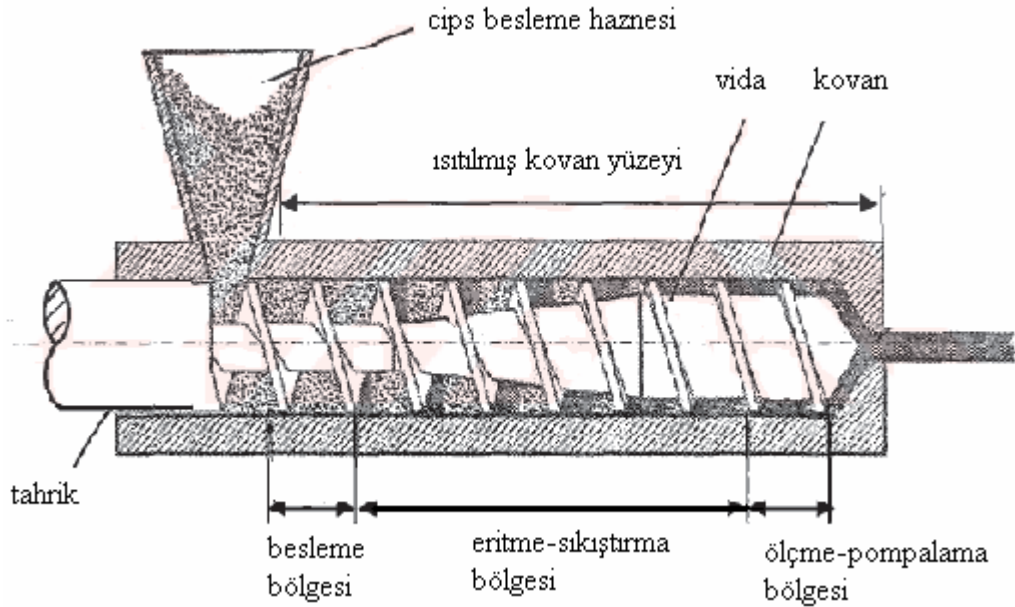


Şekil 1.5 Eriyikten lif çekim yöntemine göre geleneksel iplik üretim tesisi (Andreoli ve Freti, 2004)

Eriyikten lif çekim tesisinin önemli elemanlarından olan ekstruderler, manifoldlar, eriyik pompaları ve düze paketlerine aşağıdaki kısımlarda yer verilmiştir ve bitim işlemi ile germe-çekme işlemlerine daha ayrıntılı bir şekilde değinilmiştir.

1.4.1.1 Ekstruderler

Ekstruderin görevi katı haldeki polimer maddeyi eritmek, filtre etmek ve homojen bir şekilde basınçla düzelerle iletmektir. Eriyikten lif çekim tesislerinde dikey ya da yatay vidalı ekstruderler kullanılmaktadır.



Şekil 1.6 Tek vidalı ekstruder (Demiryürek, 2004)

Vidalı ekstruderlerde granüller halindeki polimer madde öncelikle besleme haznesine eklenir ve buradan ekstruderin içine alınır. Katı haldeki polimer; ekstruder içerisinde besleme, basınç (sıkıştırma) ve ölçme bölgelerinden geçer (Şekil 1.6). Bu bölgeleri takiben vida ucunda bir karıştırıcı kafa da bulunabilir. Bazı ekstruder tiplerinde ekstruder kafasında filtre görevi yapan delikli plakalar bulunur. Eğer lif çekim sisteminde ayrıca bir eriyik filtresi bulunuyorsa buradaki filtreler gereksizdir (Ilıman, 1998). Ekstruder içerisinde akışkan hale geçen polimerin oksidasyona uğramaması için genellikle inert atmosfer kullanılır. İnter atmosfer için çoğunlukla azot gazı kullanılırken, PA'de olduğu gibi buhar da kullanılabilir (Chapman, 1974).

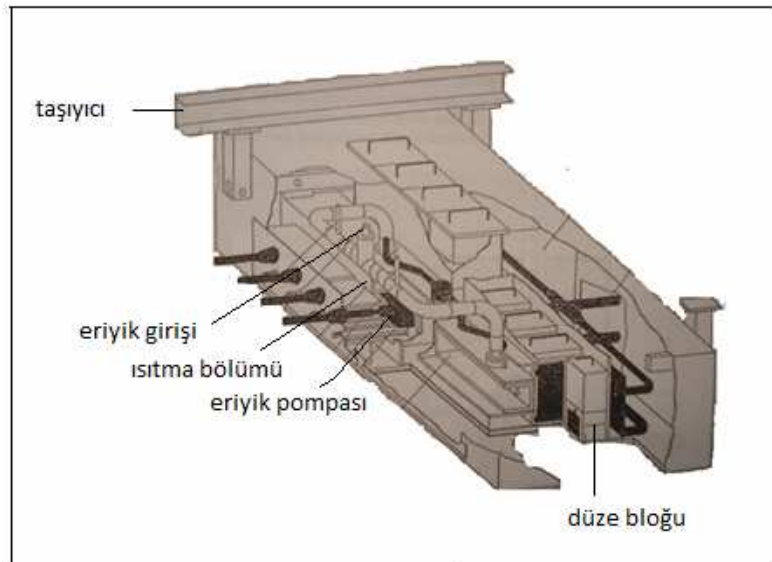
1.4.1.2 Eriyik Filtreleri

Ekstruderde eritilmiş polimer düzelere gelmeden önce mutlaka filtre edilmelidir. Filtre işleminin amacı, deliklerin tıkanmasını ve leke oluşumunu engellemektir. Bu amaçla eriyik içerisindeki katkı maddesi topakları, her türlü yabancı parçacık ve erimemiş polimer parçaları filtreler tarafından ayrılır. Bu sayede lif içerisinde bu kirliliklerin meydana getirebileceği düzgünsüzlükler ve hatalar da engellenmiş olur (Ilıman, 1998).

Ekstruderlerde eritilip basınçlandırılan polimerin, filtre edildikten sonra daha iyi karışması ve filamentin kalitesinin artması için eriyik hattı üzerine statik karıştırıcılar eklenir.

1.4.1.3 Manifoldlar

Manifoldlar; eriyik halde filtre edilmiş ve karıştırılmış polimerden lif üretilmesini sağlayan pompaları ve düze paketlerini içeren bloklardır.



Şekil 1.7 Manifold (Ilıman, 1998)

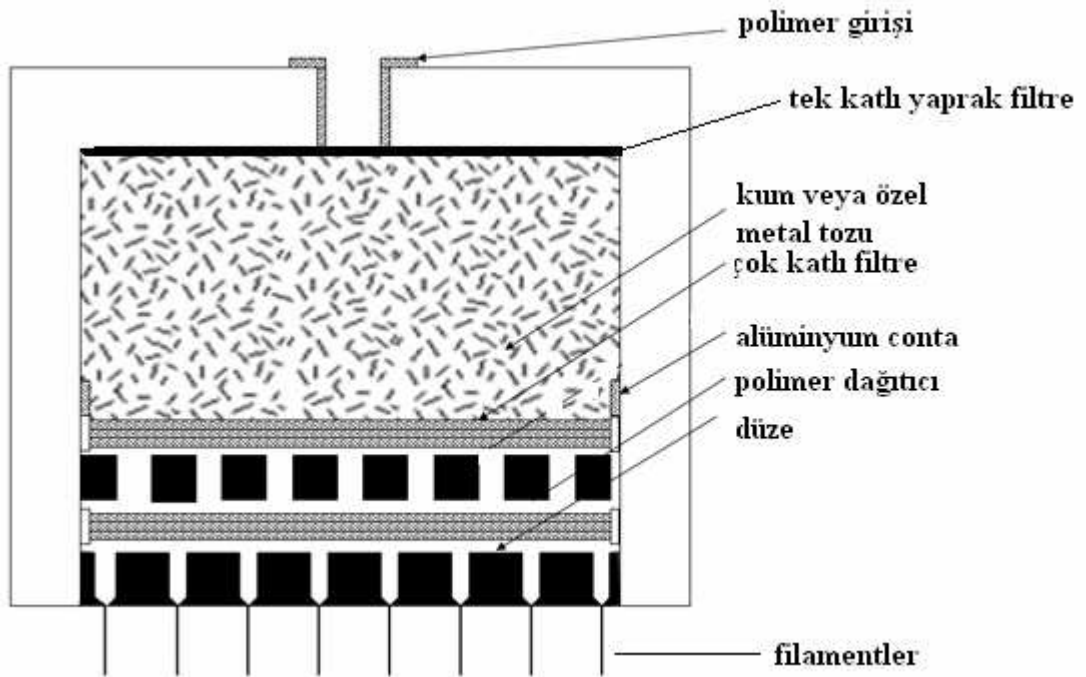
Bu bloklar yüksek basınca dayanıklı şekilde üretilirler. Manifoldların ısı kaybına karşı çok iyi izole edilmeleri gerekmektedir. Manifold içerisinde, eriyik girişi ile düzelere dağıtım yolları arasındaki mesafeler mümkün olduğu kadar eşit

tutulmalıdır. Bu sayede polimerin belirli bir sıcaklıkta kalma süresi ve basıncı eşit olmuş olur.

Manifold içerisinde sırası ile eriyik pompaları ve düze paketleri bulunur.

1.4.1.3.1 Eriyik Pompası. Eriyik pompası, eriyik halindeki polimerin sabit bir debide lif üretim birimlerine beslenmesine yarar. Eriyik pompaları üretilecek ipliğin inceliğine ve kapasiteye uygun olarak seçilir.

1.4.1.3.2 Düze Paketleri. Düze paketleri manifold içerisine üstten veya alttan monte edilebilen, içerisinde düzeler ve filtrasyon sisteminin bulunduğu bölümlerdir. Burada polimer ikinci defa filtrasyona tabi tutulur.



Şekil 1.8 Düze paketi kesit görünüşü (Ilıman, 1998)

Düze paketi içerisinde dokusuz yüzey veya dokuma yapısında tek katlı veya çok katlı tel filtreler bulunur.

Düzeler lif üretiminin en önemli parçalarıdır. Akışkan hale getirilmiş ve basınçlandırılmış polimer maddeleri lif formuna getiren, özel olarak hazırlanmış

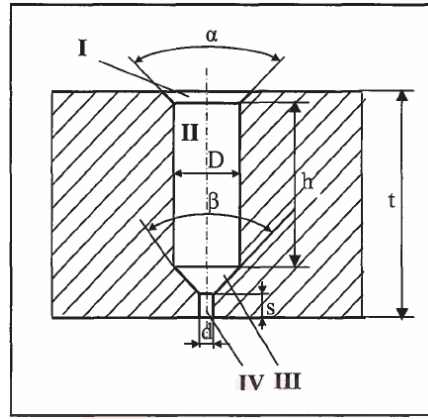
ünitelerdir. Düzelerin alt yüzeyinde çok sayıda ince delikler bulunur. Filtrelerden süzülen eriyik halindeki polimer basınç altında düze deliklerinden geçirilir.



Şekil 1.9 Düze

Düze deliklerinin sayıları ve çapları çok değişiktir ve de polimerin ve lifin cinsine, lifin kullanılacağı alana bağlı olarak değişiklikler gösterir. Düze delikleri sayısı 15-20 olabildiği gibi 20000'den fazla delikli düzeler de kullanılabilir (Harmancıoğlu, 1981). Düze üzerindeki delik sayısı üretilecek filament ipliğinin enine kesitindeki lif sayısını verir. Eğer monofilament üretilecekse düzede delik sayısı birdir. Genellikle filament iplikler 17-144 adet deliğe sahip düzeler kullanılarak, kesikli lifler ise 180-6000 deliğe sahip düzeler kullanılarak üretilir (İlman, 1998).

Düze deliklerinin çapları ise 40-750 mikrometre arasında değişmektedir. Bu ölçüler düze deliklerinin polimerin çıktığı kısımdaki en küçük çaplarıdır. Düze deliği oluşabilecek akış kayıplarını en aza indirmek amacı ile daralarak polimerin sevk edilebileceği bir şekilde tasarlanır. Şekil 1.10'da düze plakası boyunca düze deliğinin boyuna kesit şekli görülmektedir (Demir, 2006).



Şekil 1.10 Düzeye deliğinin uzunlamasına kesit şekli (Demir, 2006)

Düzeler basınca ve korozyona dayanıklı, paslanmayan metallere yapılır. Bunun için paslanmaz çelik ve nikel alaşımları kullanılır. Genellikle eriyikten çekim ve kuru çekim yönteminde paslanmaz çelik ve nikel, yağ çekim yönteminde ise sıvı içinde aşınmayı önlemek için platin, paladyum ve bazen de cam düzeler kullanılır (Harmancıoğlu, 1981). Düzeye delik şekilleri genellikle daireseldir. Ancak; özel düzeye tasarımları yapılabilir ve üretilecek liflerin enine kesit şekilleri değiştirilebilir. Bu nedenle düzeye delik şekli üretilen lifler açısından önemli bir hal almaktadır. Düzeye delik şeklini değiştirerek farklı enine kesit şekillerinde liflerin üretilmesine ileriki bölümlerde ayrıntılı olarak yer verilmiştir.

Polimer madde düzelerden sabit oranda ve yüksek basınç altında geçirilir ve katılaştırılmak üzere daha soğuk bir ortama gönderilir ve böylece filament formunu almış olur. Soğuk hava ile karşılaşan filamentler hızlıca soğuyarak katılaşırlar ve birbirine yapışmadan demet halinde bobinlere sarılırlar. Bu işlemler sırasında filament çapının kontrol edilmesi önemlidir. Bu amaçla düzede her deliğe düzgün ve aynı miktarda polimerin beslenmesi, her düzeye deliğinin aynı boyutta olması, düzeden çıkan her filamentin aynı soğutma koşulları altında katılaştırılması gereklidir.

1.4.1.4 Ard İşlemler

Üretilen filamentler bobinlere sarılmadan önce spin-finish adı verilen bir yağ ile temas ettirilir. Spin-finish; yağlayıcı, statik elektriği dağıtıcı, ıslatıcı, kir itici, antimikrobiyel, oksitlenme giderici gibi bazı maddeleri içeren bir bitim işlemi olarak ele alınabilir. Bu sayede liflerin karışması, birbirine yapışması ve statik elektriklenme gibi bazı olumsuzluklar engellenmiş olur. Spin-finish içeriği üretilen liflere ve bunların karşılaşılabileceği işlemlere bağlı olarak hazırlanır (Chapman, 1974).

Filamentlerin katılaşması işlemi hızla gerçekleştiği için lifin içyapısı yeteri kadar kristalleşemez. Lif içerisindeki molekül zincirlerinin oryantasyonu tam olmadığı için lifin mukavemeti düşüktür. Bu lifler tekstil lifi olarak kullanılmaya elverişli değildir. Bu nedenden dolayı elde edilen filamentler bir germe-çekme işleminden geçirilirler. Germe-çekme işlemi sayesinde filamentlerin boyları uzar, oryantasyon ve kristalizasyon oranları artırılır ve filamentler inceltmiş olur. Germe-çekme işlemi ile daha mukavim liflerin üretilmesi sağlanır.

Germe-çekme işlemi sıcak veya soğuk yapılabilir ve bu lifin üretildiği polimer ile ilgilidir. Polimerler camsı geçiş sıcaklığına sahiptir ve bu sıcaklığın üzerinde kauçuk gibi esnek davranırlar. Eğer lif oluşturan polimerin camsı geçiş sıcaklığı oda sıcaklığından yüksekse lifin germe-çekme işlemlerinin sıcak yapılması gereklidir. Çünkü camsı geçiş sıcaklığı altında polimer zincirleri birbiri üzerinden kolayca kayamaz dolayısıyla oryante olmaları oldukça zordur. Germe-çekme işlemi sonraki öncekinden daha hızlı dönen iki çift silindir arasından filamentlerin geçirilmesi ile başarılıdır (Demir, 2006).

Germe-çekme işlemleri yapılan lifler gerek duyulduğu takdirde kıvrım kazandırma ve kesme işlemlerinden de geçirilebilir. Kıvrım kazandırma işlemi kimyasal lifleri doğal liflere benzetmek için yapılır. Böylece kimyasal lifleri doğal liflerle karışım şeklinde kullanma imkanı da doğar. Lifler çeşitli mekanik-ısı veya kimyasal yöntemlerle kıvrımlılaştırılabilirler (Harmancıoğlu, 1981).

1.4.2 Kuru Çekim Yöntemi

Termoplastik olmayan birçok polimerden, kuru çekim yöntemi kullanılarak lif elde edilir. Bu yöntemde polimeri akışkan hale getirmek için dimetil formamid, aseton gibi organik çözücüler kullanılır. Kullanılan organik çözücünün seçimi önemlidir. Kullanılan çözücünün düşük kaynama noktasına sahip olması, kolayca buharlaşması, ucuz olması, bol olması, kolay tutuşmaması ve zehirli olmaması gerekir. Ayrıca hem ekonomik hem de çevresel nedenlerden dolayı çözücü maddenin geri kazanılması da gerekmektedir (Harmancıoğlu, 1981; Başer, 1992; Demir, 2006).

Kuru çekim yönteminde lif üretimi şu şekilde özetlenebilir: Bu yöntemde öncelikle kullanılacak polimer uygun bir organik çözücü kullanılarak çözülür ve akışkan hale getirilir. Hazırlanan lif çekim çözeltisi depoya gönderilir ve buradan basınçla filtre ve düzeler sevk edilir. Düzeden basınçla fışkırtılan polimer madde bir kurutma kabına çıkar. Kurutma kabında polimer çözeltisindeki çözücü sıcak hava ve gaz yardımıyla buharlaştırılıp liflerden uzaklaştırılır ve böylece polimer sertleşerek filament halini alır. Liflerin katılaştırılması sırasında buharlaşan çözücünün yoğunlaştırılıp geri kazanılması sağlanır. Kuru çekim yönteminde çözücünün uzaklaşma hızı lif enine kesitini, morfolojisini, kristalleşmesini ve oryantasyonunu etkileyen bir faktördür. Elde edilen filamentler germe-çekme işlemine tabi tutulur. Bu yöntem kullanılarak asetat, poliakrilonitril, lyocell gibi lifler üretilebilmektedir (Erdem, 2009).

1.4.3 Yaş Çekim Yöntemi

Termoplastik olmayan ve kuru çekim yöntemiyle çekilemeyen polimerler yaş çekim yöntemi ile lif haline getirilirler. Yaş çekim yöntemi; katı haldeki polimer maddeyi kuru çekim yönteminde olduğu gibi uygun bir organik çözücüde veya zayıf bir organik asitte çözme işlemi ile başlar. Elde edilen lif çekim çözeltisi filtre edilir ve düzeler gönderilir. Düzeler bir koagülasyon banyosu içindedir. Aşındırma niteliği gösteren sıvılardan yaş çekim ile yapılacak üretim için platin, paladyum gibi metal alaşımlarından yapılmış düzeler kullanılır. Yaş çekim sisteminde bazen cam

düzelerin kullanıldığı da görülür. Düzeden çıkan filamentler, koagülasyon banyosu içerisinde tutulan çözücünün ayrılması ile sertleşir ve lif formunu alır. Koagülasyon banyosundaki sertleştirme hızı ve çözücünün yapısına göre liflerin enine kesitleri yuvarlaktan tırtıklı ve loblu bir şekle doğru değişir. Yaş çekim işlemi de kullanılan çözücünün geri kazanılması gerekmektedir. Viskoz, asetat, poliakrilonitril gibi lifler bu yöntemle üretilmektedir (Erdem, 2009).

1.5 Poliolefin Lifleri

Olefinler, doğal gaz ve ham petrol gibi hammaddelerden temel maddelerin parçalanması ile elde edilen petrokimya ürünleridir. Olefinler yapılarında çift bağ içeren doymamış hidrokarbonlardır. Poliolefinler, olefinlerin (alkenlerin) polimerize edilmesi ile elde edilir. Polietilen dışındaki poliolefinler $CH_2=CHX$ genel formülüne sahip α -olefin polimerleridir. Burada X bir alkil zincirini belirtmektedir.

Poliolefin lifleri en az %85 oranında polimerleşmiş etilen, propilen ya da diğer olefin ünitelerini içerir. Pek çok kristalin poliolefin lif oluşturma kabiliyetine sahiptir ancak sadece polipropilen ticari olarak öne çıkmış ve yaygın olarak kullanılır hale gelmiştir (Demir, 2006).

Ticari uygulamalar için üretilmiş diğer poliolefin lifleri polietilen, poli(4-metil-1-penten), poli(1-büten) ve poli(3-metil-1-büten)'dir. Ancak bu lifler ticari açıdan daha düşük değere sahiptirler (McIntyre, 2005).

Lif üretiminde kullanılan bu poliolefinlerin yapıları Tablo 1.3'te görülmektedir.

Tablo 1.3 Poliolefin polimerlerinin yapıları (McIntyre, 2005)

Polimer	Tekrarlayan birim
Polietilen	$-(CH_2 - CH_2)-$
Polipropilen	$-(CH_2 - \underset{\begin{array}{c} \\ CH_3 \end{array}}{CH})-$
Poli(4-metil-1-penten)	$-(CH_2 - \underset{\begin{array}{c} \\ CH_2 \\ \\ CH \\ / \quad \backslash \\ CH_3 \quad CH_3 \end{array}}{CH})-$
Poli(1-büten)	$-(CH_2 - \underset{\begin{array}{c} \\ CH_2 \\ \\ CH_3 \end{array}}{CH})-$
Poli(3-metil-1-büten)	$-(CH_2 - \underset{\begin{array}{c} \\ CH \\ / \quad \backslash \\ CH_3 \quad CH_3 \end{array}}{CH})-$

1.5.1 Polietilen Lifleri

Polietilen lifleri ilk üretilen poliolefin lifleridir. İlk olarak düşük yoğunluklu polietilenden (LDPE) üretilmiştir ancak ticari olarak sınırlı bir etki yaratabilmiştir. Sonradan yüksek yoğunluklu polietilenler (HDPE) lif üretimi için kullanılmaya başlanmıştır. Polietilen liflerinin ticari önemi 1990'lı yıllarda jelden çekilmiş PE liflerinin pazara sunulması ile yeniden artmaya başlamıştır (McIntyre, 2005).

Tekstilde lif olarak kullanım alanı bulmuş polietilenler iki şekilde polimerize edilmişlerdir. Bunlardan ilki yüksek basınç ve yüksek sıcaklığın kullanıldığı yöntemdir ki bu yöntem kullanılarak düşük yoğunluklu polietilen elde edilir. Bu polietilen grubunun molekül zincirlerinde yüksek dallanma görülür. Erime

sıcaklıkları 110-120°C'nin altında kalmaktadır. Yüksek yoğunluklu polietilen ise alçak basınç ve alçak sıcaklığın kullanıldığı ve katalizörün eşlik ettiği bir yöntem ile polimerize edilir. Daha az dallanma meydana gelir. Polimer zincirleri daha iyi ve etkili bir biçimde paketlenerek kristallenme oranının artmasını sağlar. Polietilen lifleri eriyikten lif çekimi ile monofilament veya multifilament şeklinde üretilebilir. Polietilen lifleri halatlar, balık ağları, jeotekstiller, otomobil döşemelikleri ve filtre bezleri gibi alanlarda kullanılmaktadır (Harmancıoğlu, 1981) .

1.5.2 Polipropilen Lifleri

Poliolefin liflerinin en önemli grubu polipropilen lifleridir. Bu lifler, dünya çapında tüketilen poliolefin liflerinin yaklaşık %95-96'sına denk gelmektedir. Polipropilenden lif üretme olasılığı, 1954 yılında G. Natta'nın Ziegler katalizörünün yüksek kristallikte polipropileni üretmede kullanılabileceğini bulması ile ortaya çıkmıştır. Bu buluşun bir sonucu olarak 1961 yılında polipropilen liflerinin ticari üretimi başlamıştır.

Polipropilen liflerinin ticari etkisi; 1960'lı yıllarda, halı alt tabanlarında jüt liflerinin yerini, urgan ve kord bezlerinde ise sak liflerinin yerini almaya başlaması ile görülmeye başlamıştır. O zamandan bu yana, PP lif ve yarılmış şeritleri çok çeşitli uygulama alanları için geliştirilmiştir. Ancak polipropilen lifleri 1980'li yıllara kadar beklenen üretim artışını yapamamıştır. Bu, polipropilen liflerine ait bazı ekonomik ve teknik sınırlamalardan ve liflerin kullanım alanlarından kaynaklanmaktadır. 1990'lı yıllara gelindiğinde ise polipropilen lif tüketimi dünya çapında yıllık en az %6 büyüme göstermiştir. 2000'li yıllarda dünyada polipropilen liflerinin tekstil alanı için üretimi neredeyse 6 milyon tona ulaşmıştır ve bu tüm poliolefin lif üretiminin %96'sına denk gelmektedir. Son zamanlarda, polipropilen liflerinin özellikle medikal ve hijyen alanlarında olmak üzere dokusuz yüzeyler için kullanımını da bir artış göstermiştir (McIntyre, 2005).

Bu çalışma kapsamında üretilen materyallerin de büyük kısmını oluşturan polipropilen liflerinin hammaddesi, üretim yöntemleri, fiziksel ve kimyasal özellikleri ve kullanım alanlarına aşağıdaki kısımlarda ayrıntılı olarak yer verilmiştir.

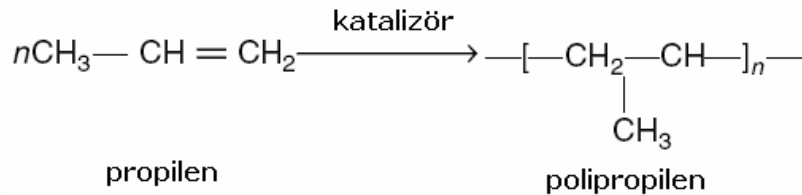
1.5.2.1 Polipropilen Hammaddesi ve Polimerizasyonu

Propilen ancak belirli koşullar altında polimerize edildiği zaman lif yapımına elverişli polimerler elde edilebilir. Bunun için organometalik katalizörlerin kullanımına gerek duyulmaktadır.

Propileni polimerleştirmek için polietilene uygulanan yüksek basınç-yüksek sıcaklık prosesi uygulandığında polimerizasyon sağlanmaktadır ancak polimer katı hale dönüşmemekte, gres yağı halinde yumuşak bir kitle oluşturmaktadır (Harmancıoğlu, 1981).

Polipropilen ilk olarak 1952 yılında Fontana tarafından polimerize edilmiştir. Lif elde edilebilecek özelliklere sahip ilk polipropilen 1954 yılında Natta tarafından Ziegler'in geliştirdiği prosesin kullanılmasıyla üretilmiştir. Bu yöntemde kullanılan katalizör Ziegler-Natta katalizörü adını almıştır ve yöntem Ziegler-Natta yöntemi olarak bilinmektedir. İzotaktik polipropilenin üretiminde 1980'li yıllara kadar yalnızca bu katalizör kullanılmıştır. 1980'li yıllardan sonra ise yeni yöntemler geliştirilmiştir.

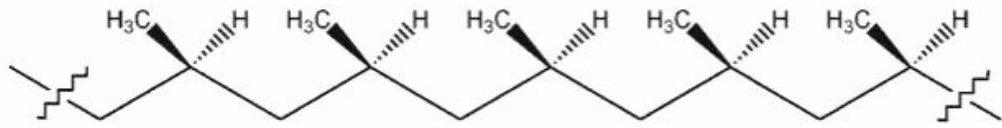
Şekil 1.11'de propilen ve polipropilenin açık yapı formülleri görülmektedir.



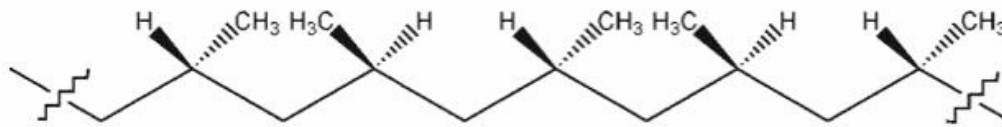
Şekil 1.11 Propilen ve polipropilen (Lewin, 2007)

Şekil 1.11’de de görüldüğü üzere polipropilen, propilendeki çiftli bağın katalizörler kullanılarak açılması ve diğer propilen monomerleri ile katılma polimerizasyonu sonucu birleşerek bir zincir meydana getirmesi ile oluşur. Polimerizasyon sırasında ana karbon zincirine bağlı metil grubu zincirin herhangi bir tarafına asılıp bir diziliş gösterir. Bu diziliş polimerin özelliklerini önemli derecede etkiler. Bu diziliş sayesinde polipropilenin stereoizomerik yapıları oluşur.

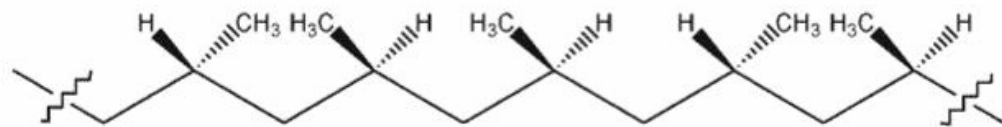
Polipropilen zincirleri 3 farklı stereoizomerik yapı gösterebilir. Bu yapılar birbirinden farklı özellikler sergilemektedir. Şekil 1.12’de polipropilen zincirlerinin gösterdiği stereo biçimleri verilmiştir.



İzotaktik polipropilen zinciri



Sindiyotaktik polipropilen zinciri

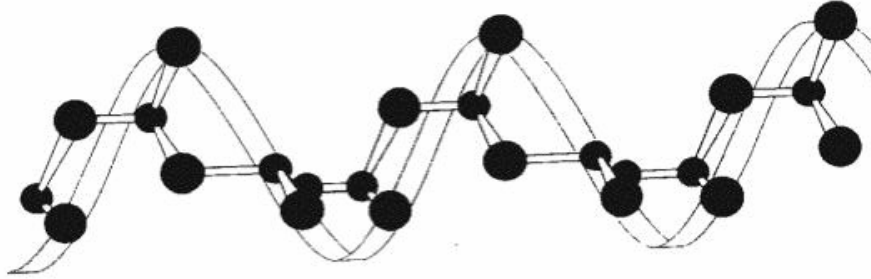


Ataktik polipropilen zinciri

Şekil 1.12 Polipropilen zincirlerinin stereoizomerik yapıları (McIntyre, 2005)

Bu şekiller polipropilen zincirlerinin düzlemsel izdüşümleridir. Düzlemsel izdüşümlerinde tüm metil yan grupları polipropilen zincirlerinin hep aynı tarafında

yer alıyorsa izotaktik polipropilen oluşmaktadır. Gerçekte, zincirler normal olarak üç boyutlu bir heliks (sarmal) konfigürasyonu göstermektedir (Şekil 1.13).



Şekil 1.13 İzotaktik polipropilen zincirlerinin heliks konfigürasyonu (McIntyre, 2005)

Lif üretiminde izotaktik polipropilen kullanılmaktadır. İzotaktik polipropilende görülen yüksek düzenlilikteki yapı liflerin üstün mekanik özellikler göstermesini sağlar. Polipropilenin izotaktiklik derecesi %88-97 arasında değişir ve daha yüksek izotaktiklik daha rijit bir polimer ve daha yüksek erime sıcaklığı anlamına gelir (Demir, 2006).

Sindiyotaktik polipropilen zincirlerinde, metil yan grupları polimer zincirinin iki yanında alternatif olarak sıralanmışlardır. Sindiyotaktik polipropilen zincirleri de heliks yapısı oluşturabilirler. İzotaktik ve sindiyotaktik formundaki polipropilenler daha düzgün yapılıdır ve bunlarda moleküllerin paketlenmesi ile kristal polimerler oluşur. Ataktik PP zincirlerinde ise metil yan grupları zincir etrafında rasgele olarak dizilmişlerdir. Bu yüzden moleküllerin paketlenmesi ve kristallenmesi engellenebilir. Sonuçta oluşan polimer yarı sıvı formda gres yağı benzeri bir polimerdir.

Tablo 1.4'te izotaktik, sindiyotaktik ve ataktik dizilişlere sahip polipropilen moleküllerinin özellikleri verilmiştir.

Tablo 1.4 İzotaktik, sindiyotaktik ve ataktik dizilişlere sahip polipropilen moleküllerinin özellikleri (Demir, 2006)

Polipropilen Özellik	İzotaktik	Sindiyotaktik	Ataktik
Yoğunluk (g/cm³)	0,92-0,94	0,89-0,91	0,85-0,90
Erime sıcaklığı (°C)	165	135	135

1.5.2.2. Polipropilenin İzotaktik Formunda Polimerizasyonu

İzotaktik polipropilenin üretimi için her yöntem şu beş basamağı içerir:

- Katalizör hazırlanması
- Polimerizasyon
- Temizleme
- Çözücülerin geri alınması
- Birleştirme veya son işlemler.

Çözücülerin geri alınması ve temizleme işlemlerinin yapılmasından sonra elde edilen polimer kurutulur ve kuru polimer bir ekstrudere beslenir. Ekstruderde eritilen polimer sulu soğutma banyosunda soğutularak kesici vasıtasıyla cips haline getirilir. Bu aşamadan sonra polipropilen cipsleri paketlenerek lif üretici firmalar tarafından tedarik edilir.

İzotaktik polipropilen homopolimerinin üretiminde son zamanlarda en çok kullanılan katalizör Ziegler-Natta katalizörleridir. Bunun yanı sıra metallosen katalizörleri de kullanılmaktadır (Demir, 2006).

1.5.2.2.1 Ziegler-Natta Katalizörü. 1950'li yıllarda Ziegler, bir alüminyum alkil bileşiği ve bir geçiş metali halidi (halojenür tuzu) içeren bir katalizörün varlığında etilenin atmosferik basınç ve çevre sıcaklığında polimerize olabildiğini bulmuştur. Sonrasında Natta buna benzer katalizör tipleri kullanarak polipropileni de içeren birçok α -olefini polimerleştirmeyi başarmıştır. O zamandan günümüze kadar çok çeşitli Ziegler-Natta katalizör sistemleri hazırlanmıştır ve üçüncü, dördüncü nesil

formülasyonlar oluşturulmuştur. Yeni Ziegler-Natta katalizör sistemleri ilk versiyonlarına nazaran çok daha fazla reaktifirler ve de yüksek stereo düzenlilikte polipropilen verimliliğine sahiptirler (McIntyre, 2005).

1.5.2.2 Metallosen Katalizörleri. 1980'lerde, yeni bir katalizör çeşidi olan metallosene gösterilen ilgi artmıştır. Metallosenler titanyum, zirkonyum, hafniyum gibi 4. grup geçiş metallere dayanan organometalik bileşiklerdir. Metallosenler bir kokatalizör olan metilalumoksan ile reaksiyona girerek aktif bir katalitik kompleks meydana getirirler.

Polipropilen üretimi için metallosen katalizör sistemleri artan bir öneme sahiptir. Bunlar Ziegler-Natta katalizörlerine göre daha spesifik ve aktiftirler ve sadece izotaktik polipropilen zincirlerini üretecek şekilde tasarlanabilirler. Bunun aksine, Ziegler-Natta katalizörü kullanılarak elde edilen izotaktik polipropilen ürünleri, küçük oranlarda, tipik olarak %5'e kadar ataktik polipropilen içermektedir. Metallosen kullanılarak üretilen polipropilen daha dar bir molar kütle dağılımı gösterir. Ancak metallosen kullanılarak üretilmiş ticari polipropilenler Ziegler-Natta kullanılarak elde edilenlere göre yaklaşık 15°C daha düşük erime sıcaklığına sahiptir.

Metallosen kullanılarak üretilen polipropilenden elde edilen lifler çeşitli avantajlara sahiptir. Bu katalizör sistemleri ile üretilen polipropilen zincirlerinin uzunlukları daha üniform bir dağılım gösterdiğinden eriyikten lif çekimi için daha elverişli bir reoloji sağlamaktadır. Böylece daha ince liflerin üretilmesi mümkün olmaktadır. Bu polimerlerin kullanıldığı lif üretim işlemleri daha iyi kontrol edilebilmekte ve bu sayede daha yüksek mukavemete sahip lifler üretilmektedir. Ayrıca metallosen katalizörleri polipropilen zincirlerine özel komonomerlerin eklenmesine de izin verir, böylece polipropilen liflerinin yapısı ve özellikleri modifiye edilebilir. Bu komonomerler güç tutuşurluk ünitelerini, kromoforları, lif rezilyansını geliştirici bileşikleri içerebilir (McIntyre, 2005).

Tablo 1.5'te katalizör tipine bağlı olarak polipropilenin özellikleri verilmiştir.

Tablo 1.5 Katalizör tipine bağlı olarak polipropilenin özellikleri (Lewin, 2007)

Polimer tipi	Ziegler-Natta kullanılarak elde edilmiş PP	Metallosen kullanılarak elde edilen PP
Üretim periyodu	1950'li yıllardan bu yana	1980'li yıllardan bu yana
Katalizör sistemi	Ziegler-Natta	Metallosen
Katalizör bileşenleri	Geçiş metali bileşikleri: Ti, Vi, Cr, Ni vb. Alkil metal katalizörü	Geçiş metali organik bileşikleri: Zr, Ti, Cr vb. bağlı siklopentadienil halkaları
Karakteristik yapısı	TiCl ₃ , R ₂ O=TiCl ₃	MgCl ₂ =TiCl ₄ =Ph(COOiBu)
Aktivitesi	5x10 ³ ~1x10 ⁴ g/gTi	3x10 ⁴ ~6x10 ⁴ g/gTi
Polimer özellikleri		
İzotaktiklik derecesi	~%90	≥%98
Moleküler dağılım	Geniş	Dar
Erime sıcaklığı	Kontrol edilebilir aralık: 160-164°C Yüksek erime sıcaklığı: 162°C	Kontrol edilebilir aralık: 130-160°C Düşük erime sıcaklığı: 148°C
Lif çekim performansı	Zayıf: düşük elastisite, düşük viskozite	İyi: kolay işleme

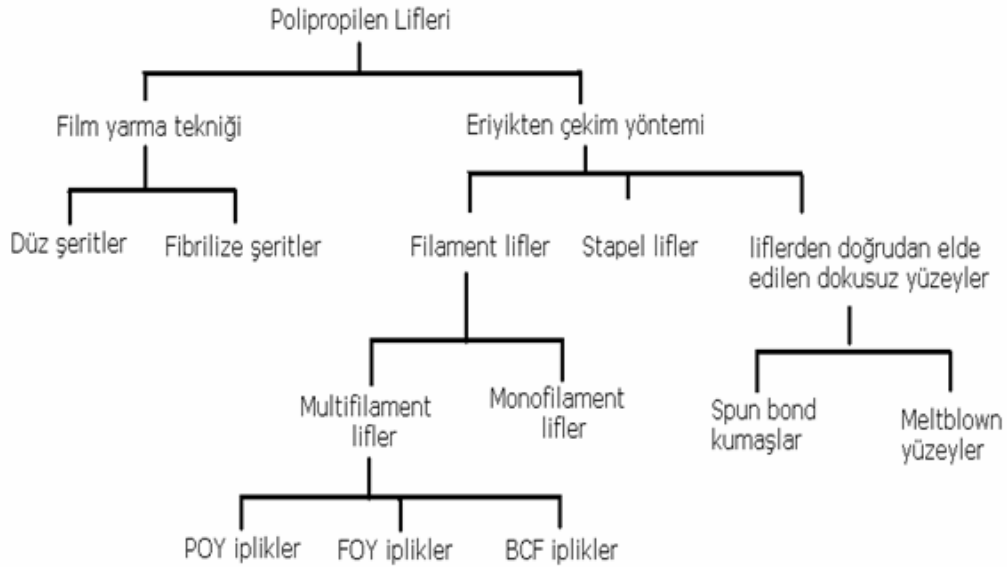
1.5.2.3 Polipropilen Liflerinin Üretimi

Polipropilenden iki şekilde lif üretilebilmektedir. Bunlar:

- 1- Film-yarma yöntemi
- 2- Eriyikten çekim yöntemidir.

Polipropilen liflerinin üretilmesinde kullanılan ana yöntem eriyikten lif çekim yöntemidir. Özellikle 6 dtex'ten daha kalın polipropilen filamentlerinin üretilmesinde ise film-yarma yöntemi kullanılmaktadır (Demir, 2006).

Şekil 1.14'te polipropilen lif çeşitleri görülmektedir.



Şekil 1.14 Polipropilen lif çeşitleri

1.5.2.3.1 Film-Yarma Yöntemi. Yarılmış şeritler adıyla da bilinen film-yarma iplikleri yayılmış veya şişirilmiş polipropilen filminin dilinmesi ile elde edilir.

Bu yöntemde önce erimiş polimerden ince bir film üretilir. Sonra bu film aralarında boşluklar bulunan bir bıçak dizisi ile birçok küçük şeride dilinir. Yarılmış bu şeritler gerdirilir ve sarılır. Eğer istenirse filmler mekanik veya kemomekanik yöntemlerle fibrilize edilebilir. Bu şekilde elde edilen fibrilize şeritler sicimlerde veya hav lifi olarak sentetik çim halılarda kullanılabilir. Polipropilen yarma şeritleri üstün özelliklerinden dolayı halı alt tabanları gibi bazı alanlarda sisal, jüt, kenevir gibi doğal hammaddelerin yerini almıştır (Maier ve Calafut, 1998).

1.5.2.3.2 Polipropilen Liflerinin Eriyikten Çekim Yöntemine Göre Elde Edilmesi.

Polipropilenden lif üretimi, termoplastik bir polimer olduğundan dolayı eriyikten çekim yöntemi kullanılarak yapılmaktadır. Polipropilen lifleri eriyikten çekim ile multifilament veya monofilament şeklinde üretilmektedir. Multifilament olarak üretilen lifler kesme işlemine tabi tutularak stapel halinde kullanılabilir veya

multifilament olarak kullanım alanı bulabilmektedir. Liflerin özel yöntemler kullanılarak hava ile inceltmesi (gerilip çekilmesi) ve doğrudan dokusuz yüzey ürünlerin elde edilmesi de söz konusudur. Lif üretiminde hangi yöntemin seçileceği üretilecek lifin kullanım alanına bağlıdır.

- Multifilamentler: Multifilament polipropilen iplikleri; kısmen oryante olmuş iplikler (POY), tamamen oryante olmuş iplikler (FOY) ve hacimli iplikler (BCF) olarak üretilirler. POY ve FOY tanımları üretilen liflerin çekim ve oryantasyon oranına bağlı olarak yapılır.

POY iplik üretimi ekstrüzyon, lif çekimi, soğutma ve sarma işlemlerini içerir. POY'un önemli bir yanı soğutma ünitesinin uzun olmasıdır. Soğutma ünitesinin uzunluğu 10m'ye kadar çıkabilir, bunun nedeni yüksek üretim hızlarında filamentlerin sarım işleminden önce yeterince soğutulmasının sağlanmasıdır. POY üretiminde multifilamentler 2000-3000 m/dk. hız ile sarılırlar. POY iplikleri 40-200 dtex arasında inceliklerde üretilirler. Bunlarda tek filament inceliği ise 0,5-4,0 dtex arasında değişmektedir. POY prosesi düşük maliyetlidir. POY iplikler sonradan bazı işlemlere daha tabi tutulurlar. Germe-çekme işlemi genellikle sonradan yapılan işlemlerin bir parçasıdır. POY iplikleri döşemelik kumaşlarda, spor giysilerinde ve çoraplarda kullanım alanı bulmaktadır.

FOY ipliklerinin üretiminde ise liflerin çekimi ve germe-çekme işlemleri birbirini izleyen iki ardışık işlem halinde sürekli olarak yapılır. Lifler genel olarak ekstrüzyon, lif çekimi, soğutma, germe-çekme ve sarım işlemlerinden geçer. Lif sarım hızı 5000m/dk.'ya kadar çıkabilir. FOY prosesi; teknik kumaşlarda kullanılan yüksek özgül mukavemete sahip liflerden geleneksel uygulamalarda kullanılan standart liflere kadar kullanım alanı bulmaktadır.

BCF prosesi yüksek hızlı lif çekimini, germe-çekme işlemini ve tekstüre işlemini tek bir sürekli proses olarak bir araya getirir. Filament üretim hızı genellikle 1500-4000 m/dk.'dır. Proses FOY prosesine oldukça benzemektedir ancak BCF

üretiminde germe-çekme işlemlerinden sonra bir kıvrımlandırma işlemi yapılır. BCF iplikler başlıca halı ve ev tekstili için üretilmektedir (McIntyre, 2005).

- Monofilamentler: Monofilamentler 100 dtex'i aşan kalınlıkları ile multiflamentlerden çok daha kalındırlar. Multiflamentlerin üretildiği gibi üretilebilirler. Ancak bu şekilde üretilen monofilamentler kıvrımlılaşıma eğilimi göstermektedir. Bu özelliği onların birçok alanda kullanımını sınırlamaktadır. Bu problemi aşabilmek için monofilamentler çoğu kez daha düşük hızlarda üretilirler ve daha etkili bir soğutmanın yapılabilmesi için su içerisine gönderilirler. Monofilament düzeden çıktıktan 5 cm kadar sonra bir su banyosuna girer. Soğutma işleminden sonra germe çekme işlemi yapılır. Germe-çekme sıcak su banyosu veya sıcak hava kanalında yapılabilir. Monofilamentlerden beklenen en önemli özellik yüksek mukavemettir. Bundan dolayı polipropilen monofilamentleri kayışlar, halatlar gibi teknik tekstil alanlarında kullanılırlar (McIntyre, 2005).
- Stapel lifler: Stapel lifler iki şekilde üretilebilirler. Bunlar; iki adımlı kesikli yöntem ve tek adımlı kompakt sürekli yöntemdir. İki adımlı yöntem daha çok yüksek kaliteli ve çok ince stapel liflerin (lif başına 0,5dtex) istenildiği ve üretim miktarının yüksek olduğu işletmelerde kullanılmaktadır. İki adımlı yöntemde öncelikle lif üretilir ve tow haline getirilir. İkinci adımda ise germe-çekme, kıvrımlılaştırma ve kesme-konverter işlemleri yapılır.

Tek adımlı kompakt yöntem ise tüm üretim aşamalarını birleştirmektedir ve ekonomik açıdan önemi artmaktadır. Bu yöntem küçük miktarlarda üretim için de ekonomiktir.

Stapel polipropilen lifler; inceliklerine bağlı olarak yer döşemeleri, yapay çimler, otomobiller, jeotekstilller, giysiler, çocuk bezleri, pedler ve diğer hijyenik dokusuz yüzey malzemelerde kullanım alanı bulmaktadır. Eğrilerek iplik haline getirildiklerinde ise döşemelik kumaşlar, çarşaflar ve yastık kılıfları, spor ve gündelik giysilerde de kullanılmaktadır (Maier ve Calafut, 1998).

- Dokusuz Yüzeyle: Dokusuz yüzeylelerden kasıt melt blown ve spun-bond teknolojilerini içeren ve filamentlerden doğrudan dokusuz yüzey elde etmede kullanılan tek adımlı yöntemlerdir (McIntyre, 2005).

1.5.2.4 Polipropilen Liflerinin Özellikleri

Polipropilen liflerinin teknolojik özellikleri kullanılan polimer maddenin özelliklerine, lif çekim koşullarına ve lifin içerdiği katkı maddelerine bağlı olarak değişebilmektedir. Standart polipropilen liflerinin önemli bazı özelliklerine aşağıda değinilmiştir.

1.5.2.4.1 Polipropilen Liflerinin İç Yapısı. Polipropilen liflerinin yapısı; en basit olarak yalnızca amorf ve kristalin bölgelerden oluşmuş olarak düşünülebilir. Kristalin bölgelerde polimer zincirlerinin bölümleri iyi tanımlanmış kafes yapıları şeklinde yer alır. Bunlar X-ışını Kırınımı yöntemi (XRD) ile belirlenebilir. Amorf kısımlar birbiri ile rastgele olarak iç içe geçmiş zincirler olarak ele alınır.

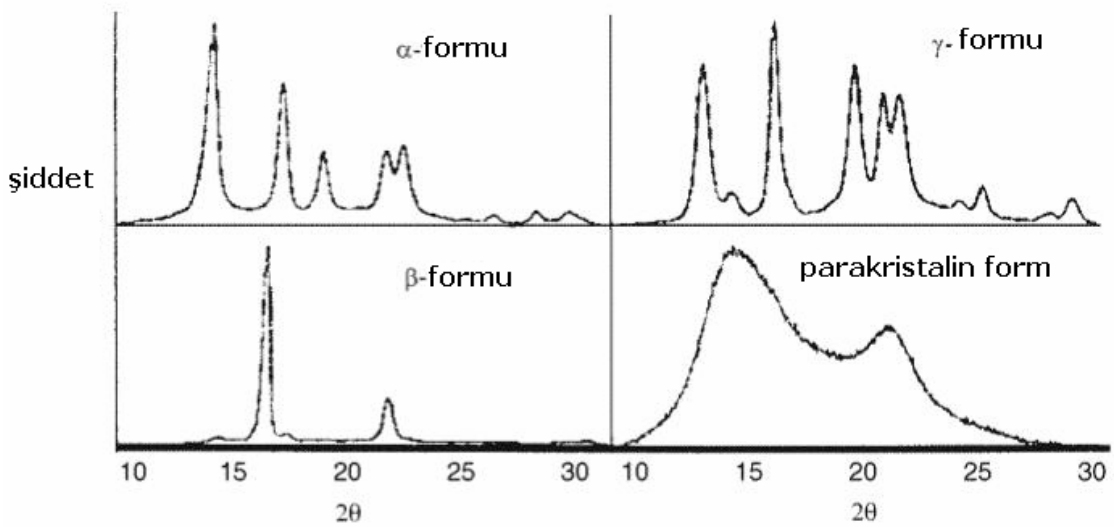
Polipropilenin 3 farklı kristalin formu belirlenmiştir: α -monoklinik, β -hegzagonal ve γ -ortorombik. Bu üç formun yaygın şekli heliks konformasyonudur. Formlar Geniş Açılı X Işını Kırınım Desenlerinde (WAXS) dar, keskin pikler gösterirler.

α -formu polipropilen lifleri için en stabil ve en önemli olan formdur. Monoklinik kafesi şu ölçülere sahiptir: $a=0,665$ nm, $b=0,2096$ nm, $c=0,650$ nm, $\alpha=\gamma=90^\circ$ ve $\beta=99,3^\circ$. Polipropilen zincirleri c eksenine doğrultusunda uzanır. İzotaktik α -polipropilen lamelar dallanma da gösterir ve bu lif kristalografisinde yalnız burada bulunur. Bu lamelar dallanmanın izotaktik α -polipropilenin doğal özelliği olduğu kanıtlanmıştır. β -formu kristalleri özel nucleating maddelerinin kullanımı ile elde edilmektedir. Hegzagonal kafes ölçüleri $a=b=0,1101$ nm ve $c=0,650$ nm'dir. Ortorombik γ -formu polipropilenin yüksek basınçta kristalize edilmesi veya küçük oranda komonomer eşliğinde düşük basınçta kristalize edilmesi ile elde edilir. γ -formu ayrıca daha kısa zincir uzunluklarına sahip izotaktik polipropilenin WAXS

desenlerinde de görünebilir. Ortorombik γ -formunun birim hücre boyutları büyüktür: $a= 0,854$ nm, $b= 0,993$ nm ve $c= 4,241$ nm'dir.

Ayrıca polipropilen için parakristalin form da tespit edilmiştir. Bunun WAXS pikleri geniştir ve daha az belirgindir ve de yalnızca ortalama bir şiddete sahiptir. Parakristalin yapıya sahip polipropilen zincirleri de heliks konformasyon gösterir.

Şekil 1.15'te polipropilenin kristal formlarının WAXS desenleri görülmektedir:



Şekil 1.15 Polipropilenin farklı kristal formlarının WAXS desenleri (McIntyre, 2005)

Parakristalin polipropilen lifleri suda soğutma sayesinde hızlı bir katılaştırma işlemi ile kolayca elde edilebilir. Ancak havada soğutmak çoğunlukla α -monoklinik polipropilen lifleri ile sonuçlanır. Liflerdeki kristalin formunu eklenen pigmentler de etkilemektedir.

1.5.2.4.2 Molekül Ağırlığı ve Molekül Ağırlığı Dağılımı. Polipropilen mutlak bir moleküler ağırlık sergilemeyip ortalama moleküler ağırlığı ile tanımlanır. Çünkü polimer içerisinde bir molekül ağırlığı dağılımı söz konusudur. Çoğu polipropilen lif uygulaması için moleküler ağırlık 200000-350000 gr/mol aralığındadır. Ancak monofilamentlerin üretiminde kullanılmak üzere moleküler ağırlık 600000 gr/mole

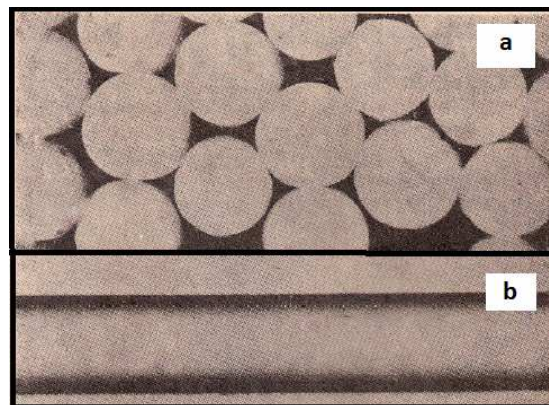
kadar yükseltilebilir ya da melt blown dokusuz yüzeyler için 150000gr/mol kadar düşük olabilir (McIntyre, 2005).

Lif üretiminde kullanılan polipropilenin erime akış indeksi (Melt Flow Index-MFI) de önemli bir özelliğidir. MFI polimerin bir yassı girişli ekstrüzyon reometresinde 2,16 kg yük altında 230°C’de 10 dakikada standart silindirik bir delikten ekstrüze edilen miktarının gram cinsinden değeridir. Bazı polipropilen liflerinin MFI değerleri Tablo 1.6’da verilmiştir.

Tablo 1.6 Değişik polipropilen sınıfları için MFI değerleri (McIntyre, 2005)

Ürün	MFI (g/10 dk)
Monofilamentler ve şeritler	1-11
Kesikli lifler	9-16
BCF lifler	11-24
Spunbond polipropilen ürünler	20-40
Meltblown polipropilen ürünler	100-1500

1.5.2.4.3 Mikroskopik Özellikleri. Polipropilen lifleri pürüzsüz, düz bir yüzeye ve mumsu bir görünüme sahiptir. Enine kesitleri genellikle yuvarlak olacak şekilde üretilir (Şekil 1.16 a ve b). Film yarma tekniği ile elde edilen lifler dar şeritler halinde bulunabilir. Bunların görünüşleri yassıdır.



Şekil 1.16 Dairesel bir polipropilen lifine ait optik mikroskop görüntüleri (Harmancıoğlu, 1981)

a- enine kesit görünüşü

b- boyuna görünüş

1.5.2.4.4 Mukavemet ve Uzama Özellikleri. Normal uygulamalar için üretilen polipropilen liflerinin mukavemetleri 4,5-6,0 gr/denye iken urgan, ağ vb. için kullanılacak filamentlerin mukavemeti 9,0-10,0 gr/denye arasındadır. Özel uygulamalarda kullanılmak üzere 13,0 gr/denyeye kadar mukavemete sahip lifler üretilmektedir.

Polipropilen liflerinin uzama yetenekleri oldukça iyi sayılır ve liflerin üretim biçimine göre az ya da çok değişiklik gösterir. Kopma uzaması monofilamentlerde %15-26 arasında iken multifilamentlerde %20-30, stapel liflerde ise %20-35 arasındadır. Kuru veya ıslak haldeki polipropilen liflerinin mukavemeti veya kopma uzaması herhangi bir fark göstermez. Ayrıca polipropilen lifleri aşınmaya karşı da çok dayanıklıdır.

1.5.2.4.5 Esneme Özellikleri. Polipropilen liflerinin esneklik özellikleri yüksek sayılır. Bu lifler ucundan tutularak 30 saniyede %20 oranında uzatılıp gevşetildiklerinde uzamış olan kısmı hemen %91 geri dönüş yapabilir. Geri dönmeyen kısım ise zamanla azalmaktadır. Eğer lifler 3 dakika %2 oranında gerdirilirse hemen %82 oranında geriye dönüş gerçekleşir. Kalıcı uzunluk ise zamanla azalır. Eğer uzatma işlemi 6 dakikada yapılırsa geri dönüş bir saniyede %45, 100 saniye sonra ise %92 oranında gerçekleşmiş olur.

1.5.2.4.6 Yoğunluğu. Polipropilen lifleri 0,90-0,92 gr/cm³ yoğunluk ile ticari olarak kullanılan en hafif liflerdir. Amorf halde bulunan polipropilen polimerinin yoğunluğu 0,85 gr/cm³ iken, yüksek derecede kristallenmiş liflerin özgül ağırlıkları 0,94 gr/cm³ e kadar çıkabilmektedir.

1.5.2.4.7 Nem Alma ve Statik Elektriklenmesi. Lifler nem emici polar gruplar içermediğinden dolayı atmosferden nem emmez. Pratikte bu lifler sadece %0,05 oranında nem emerler. Bundan dolayı liflerin özellikleri atmosferdeki nemden etkilenmez. Nem emecek bölgelerin olmaması nedeniyle liflerde statik yük oluşumu gözlenir (Harmancıoğlu, 1981).

1.5.2.4.8 Termal Özellikleri. Polipropilen liflerinin termal iletimi iyi değildir. Bu yüzden sıcak tutan liflerden sayılırlar. Lifler 155°C’de yumuşarlar, bu nedenle ütüleme işlemine dikkat edilmesi gerekir. Lifler 160-170°C’de erirler. Polipropilen liflerinin camsı geçiş sıcaklığı yaklaşık -10°C’dir. Polipropilen liflerinin soğuğa karşı dayanımı oldukça iyidir. -100 °C’ye kadar mukavemetlerinden kaybetmezler.

Polipropilen liflerinin alevle tutuşma ısısı düşüktür. Hidrokarbon esaslı olmalarından dolayı yanarlar ancak alev etkisi ile yanan kısımlar kendi kendini söndürür (Harmancıoğlu, 1981).

Polipropilen liflerinin LOI (Limit Oksijen İndeksi)’si %18 civarındadır (Erdem, Cireli ve Erdoğan, 2009).

1.5.2.4.9 Kimyasallara Karşı Direnç. Polipropilen lifleri asitlere ve alkalilere karşı oldukça dayanıklıdır. Lifler organik çözücülere karşı da dayanıklıdır. Oda sıcaklığında polipropileni çözen bir çözücü bilinmemektedir. Ancak sıcak veya kaynayan tetrakloreten polipropileni çözebilmektedir. Ayrıca trikloretilen ile işleme tabi tutulan polipropilen lifleri kuvvetli bir şekilde büzülmemektedirler. Kuvvetli oksidan maddeler polipropilen liflerini tahrip edici ve parçalayıcı özellik gösterir. Oksidatif degradasyon liflerde ciddi zarar meydana getirir. Gün ışığı ve atmosfer oksijeninin zararlı etkileri zamanla kendini gösterir. Bunların etkileri antioksidanlar ve stabilizörler sayesinde engellenebilir (Harmancıoğlu, 1981).

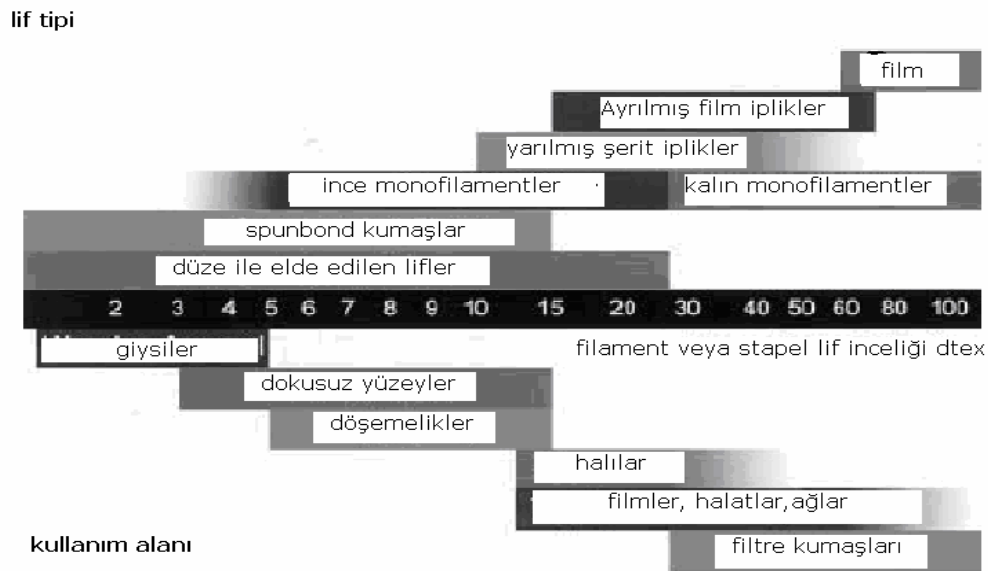
1.5.2.4.10 UV Dayanımı. Polipropilen lifleri UV ışığa karşı hassastır ve fotooksidatif degradasyona eğilimlidir. Herhangi bir tedbir alınmaması durumunda bu özelliği polipropilen liflerinin bazı dışarı uygulamaları, ev ve otomobil halıları alanlarında kullanımını kısıtlayabilir. Polipropilen lifleri için özel ışık stabilizatörleri kullanılır (Lewin, 2007).

1.5.2.4.11 Güve/Mantar/Bakteri Etkisi. Polipropilen lifleri mikroorganizmalara karşı iyi direnç göstermektedir ve bu canlılar tarafından zarar görmemektedir. Ancak yine de antimikrobiyel maddeler kullanılmaktadır. Çünkü polipropilen tekstil

ürünleri içerisinde mikroorganizmaların üremesi olasıdır. Antimikrobiyel maddelerin kullanılması özellikle spor giyim, yer döşemeleri ve yatak örtüleri açısından çok önemlidir. Örneğin polipropilen halılarda mikroorganizma gelişimi okullar, hastaneler ve evlerde önemli risklere neden olabilir. Astım rahatsızlıkları olanlara yataklarda bulunan toz akarları ciddi bir problem teşkil eder. Antibakteriyel uygulamalar; lif üretiminden önce antibakteriyel maddeler ile polipropilen erişiğinin karıştırılması ve bundan lif çekilmesi şeklinde yapılabilirken, bitmiş liflere veya bitmiş tekstil ürünlerine terbiye işlemleri şeklinde de yapılabilir. Ayrıca polipropilen lifleri mantar ve böceklere karşı da dayanım gösterirler (McIntyre, 2005).

1.5.2.5 Polipropilen Liflerinin Kullanım Alanları

Polipropilen lifleri; ucuzlukları, hafiflikleri, nem emmemeleri, mukavemetlerinin iyi olması, kimyasallara karşı dayanımları ve mikroorganizmalardan etkilenmemeleri açısından çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Polipropilen polimerinin lif ekstrüzyonundan önce değişik kimyasallar kullanılarak modifiye edilmesi ve bundan lif çekilebilmesi polipropilen liflerinin kullanım alanlarını artırıcı yönde etki yapmaktadır. Şekil 1.17’de polipropilen liflerinin inceliklerine bağlı olarak hangi alanlarda kullanıldıkları verilmiştir.



Şekil 1.17 Polipropilen liflerinin incelik değerlerine göre kullanıldığı alanlar (Maier ve Calafut, 1998)

1.5.2.5.1 Halılar. Dünyada üretilen halı tabanlarının %90'ı, yüzeylerinin ise %25'i polipropilen stapel lifleri ve filamentlerinden oluşmaktadır. Polipropilen tekstil yüzeyleri halı zeminleri için jüt liflerinin yerini büyük oranda almıştır. Halı zeminlerinin tufting, boyama, buharlama gibi bazı sert işlemlere karşı mukavemetinden kaybetmeden ve aşırı bir boyut değişimine gitmeden dayanması gereklidir. Polipropilen lifleri bu açıdan uygundur. Polipropilen liflerinin nemden etkilenmemesi de halı zemin ve alt tabanlarında kullanılmasının bir diğer nedenidir. Halı zemin ve alt tabanları FOY yöntemine göre üretilen polipropilen liflerinden veya polipropilen şeritlerden oluşur. İki form da gerek duyulan yüksek mukavemeti sağlar.

Ayrıca polipropilen lifleri hacimli kesiksiz iplik (BCF) olarak halı hav ipliklerinde de kullanılmaktadır. Polipropilen BCF iplikleri en fazla tufting ve aksminster halılarda kullanılır. Ayrıca polipropilen lifleri spor yüzeyleri olarak yapay çim halılarda kullanılır (Demir, 2006).

1.5.2.5.2 Ev Döşemeleri ve Ev Tekstilleri. Polipropilen lifleri yüksek aşınma dayanımından dolayı döşemelik kumaşlarda gittikçe daha fazla kullanılmaktadır. Döşeme kumaş olarak mobilya döşemeleri ve duvar kaplamalarında kullanım alanı bulmaktadır. Diğer polipropilen ev tekstilleri yastık kılıfları, çarşafklar, yatak örtüleri, temizlik bezleri, tül perdeler ve banyo paspaslarıdır.

1.5.2.5.3 Jeotekstiller. Polipropilen lifleri kimyasal inertliği, yüksek mukavemeti, düşük yoğunluğu ve düşük maliyeti açısından çoğu jeotekstil uygulaması için ilgi çekici bir materyaldir. Polipropilen lifleri jeotekstil alanında erozyon engelleme, yol kuvvetlendirme, beton kuvvetlendirme, arazi doldurma, drenaj ve filtrasyon sistemleri gibi alanlarda kullanılmaktadır.

1.5.2.5.4 Otomobil Sektörü. Polipropilen tekstil ürünlerinin yoğunluklarının düşük olması, geri dönüşümlerinin kolay olması, genel olarak diğer sentetik liflerden daha iyi renk stabilitesine sahip olması, kimyasallara ve lekelenmelere karşı dayanıklı olması otomobillerde kullanımını artırmaktadır. Polipropilen tekstil ürünleri bir

otomobilin çeşitli kısımlarında bulunabilir. Örneğin; bagaj astarları, kaput astarları, kapı panelleri, dekoratif döşemeler ve şapkalık için dokusuz yüzey polipropilen kumaşları kullanılmaktadır. Dokunmuş ve örülmüş polipropilen kumaşlar ise kapı kaplamalarında kullanılmaktadır.

1.5.2.5.5 Tıbbi Uygulamalar ve Hijyenik Ürünler. Tıbbi ve hijyenik alanda polipropilen dokusuz yüzeylerin kullanımı genişlemektedir. Polipropilen lifleri yara bantlarında, gazlı bezlerde, implante edilemeyen (ekstrakorporeal) cihazlarda, mekanik akciğerlerde, yara kapatmak için dikişte, tıbbi giysilerde vb.de kullanılmaktadır. Polipropilen tüketimi halıdan sonra en çok hijyen piyasasında olmuştur. Çocuk bezleri ve kadın bağları hijyenik polipropilen ürünlerindedir. Çok ince olan lifler (<4 dtex) çocuk bezleri ve pedlerde yüzey tabakası olarak kullanılmaktadır. Polipropilen liflerinin hidrofobik doğası ve su iletimi sayesinde vücut sıvıları bu ürünlerin daha aşağıdaki absorbant tabakalarına iletilmekte ve vücut ile temas eden kısımlar kuru kalmaktadır (Demir, 2006).

1.5.2.5.6 Filtreler. Polipropilen lifleri hem katı-gaz hem de katı-sıvı filtrelerinde oldukça geniş kullanılmaktadır. Polipropilen liflerinin düşük maliyeti, üstün kimyasal dayanımı ve aşınma dayanımı polipropilen liflerinin filtrelerde kullanımına olanak sağlamaktadır. Yaş filtrasyon uygulamalarında dokunmuş ve nonwoven tekstil yüzeyleri diğer tekstillerden daha fazla kullanılmaktadır. Kuru filtrasyonlar için melt blown kumaşların hızla artan uygulaması da polipropilen liflerinin kullanımını artırmıştır.

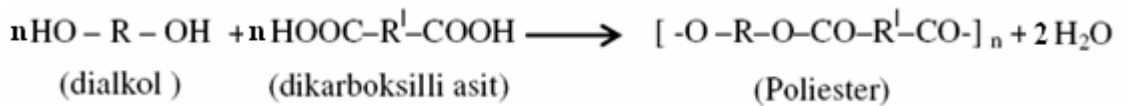
1.5.2.5.7 Halatlar ve Ağlar. Polipropilen lifleri; sudan düşük olan yoğunlukları ve su emmedikleri için gemi halatlarında kullanılmaktadır. Polipropilen ağlar çeşitli kullanım alanları bulmaktadır. Bahçelerde gelen ışığın şiddetini kontrol etme ve bitkileri böcekten koruma amacıyla bu ağlardan yararlanılır. İnşaat çevresinde güvenlik engelleri olarak polipropilen ağlar kullanılmaktadır. Yapı işlerinde dolgu malzemesinin hareketini sınırlamak için de kullanılır.

1.5.2.5.8 *Giysi*. Polipropilen lifleri moda açısından oldukça sınırlı uygulama alanı bulur. Bunun önemli bir nedeni polipropilen liflerinin boyanma güçlüğüdür. Yine de polipropilen lifleri bazı giysilerde kullanılmaktadır. Örneğin tırmanıcılar için hafif dış giysileri, yürüyüş çorapları ve dalgıç kıyafetleri bunlardandır (McIntyre, 2005).

1.6 Poliester Lifleri

Poliester lif üretimi, ilk kez 1941 yılında İngiliz bilim adamları Dickson ve Whinfield tarafından polietilen tereftalat polimerinden lif çekilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Bu lif İkinci Dünya Savaşı sonunda piyasada ticari önem kazanmıştır. İkinci dünya savaşından sonra İngiltere’de ve Amerika’da poliester lif üretim yöntemleri geliştirilmiştir. Günümüzde ise poliester lifleri dünya çapında en çok üretilen sentetik lif konumuna gelmiştir.

Poliester polimer maddesi, bir dialkol ile bir dikarboksilli asitin polimerizasyonu sonucu oluşur (Şekil 1.18). Poliester lifleri ise; en az %85 oranında dialkol ve tereftalik asit içeren uzun zincirli polimerlerden elde edilen lifler olarak tanımlanır (Demir, 2006).



Şekil 1.18 Poliesterin oluşumu

Polietilen tereftalat lifleri ilk elde edilen poliester lifleridir ve ticari olarak en önemli poliester liflerini oluşturmaktadır. Polietilen tereftalat liflerinin dışında üretilen bazı poliester lifleri ise şunlardır (Erdem, 2009):

- Poli 1-4 Siklohegzilen Dimetil Lifleri
- Polibutilen Tereftalat Lifleri
- Politrimetilen Tereftalat Lifleri
- Polietilen 2.6-Naftalate Lifleri
- Aromatik PES lifleri

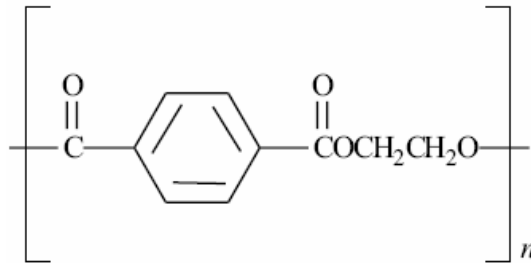
- Modifiye ve Kopolimer PES lifleri.

Aşağıdaki bölümlerde en önemli poliester lifi olan polietilen tereftalat liflerine ayrıntılı olarak değinilmiştir.

1.6.1 Polietilen Tereftalat Hammaddesi ve Polimerizasyonu

Polietilen tereftalatın polimerizasyonunda dialkol olarak etilen glikol kullanılır; dikarboksilli asit olarak ise tereftalik asit veya dimetiltereftalat kullanılabilir. Eğer polimerizasyonda asit olarak tereftalik asit kullanılırsa, polimerizasyon sonucu açığa su çıkar. Dimetil tereftalat kullanıldığı takdirde ise polimerizasyon sonucu açığa metil alkol çıkar (Erdem, 2009).

Tereftalik asitin etilen glikol ile polimerizasyonu poliester üretiminde en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Şekil 1.19'da polietilen tereftalatın molekül formülü verilmiştir.

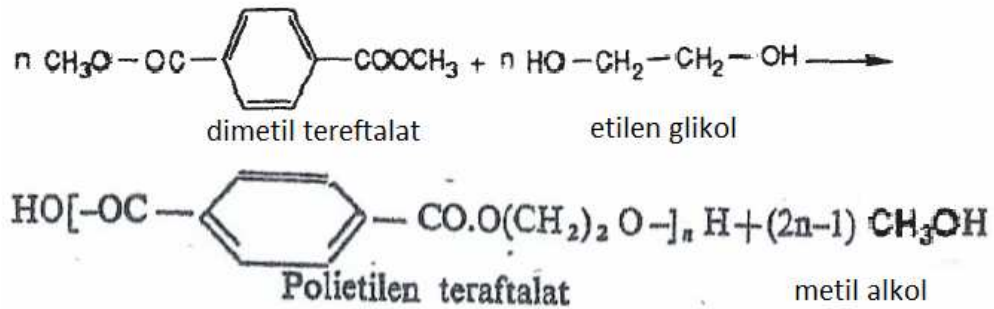


Şekil 1.19 Polietilen tereftalat polimeri (Harmancıoğlu, 1981)

1.6.1.1 Polietilen Tereftalat Polimerizasyonu

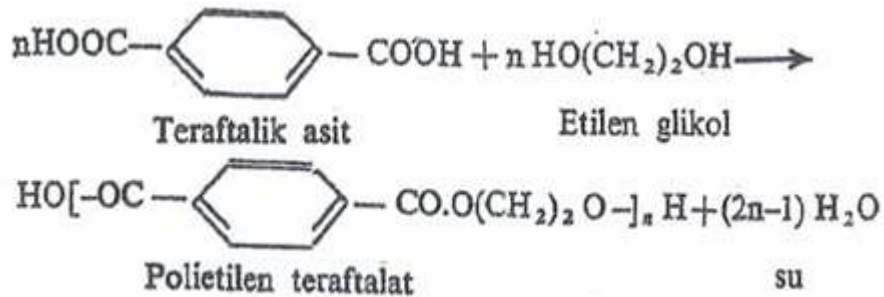
Poliester lifleri tereftalik asit veya dimetil tereftalatın etilen glikol ile kondenzasyon reaksiyonu ile polimerizasyona uğraması sonucu elde edilir. Kullanılan diasite bağlı olarak polimerizasyonda iki ayrı yöntem kullanılır.

Polietilen tereftalat üretiminde uzun zaman dimetil tereftalatın kullanılması tercih edilmiştir. Dimetil tereftalat kullanılarak polietilen tereftalat üretiminde iki adımlı bir işlem söz konusudur. Bu adımlar esterleşme ve polikondenzasyon adımlarıdır. Bu işlemlerde önce iki başlangıç maddesi arasında 200°C civarında katalizör etkisi ile bir ester değişimi meydana gelir, ikinci aşamada ise daha yüksek sıcaklıklarda ve katalizör kullanılarak polikondenzasyon reaksiyonu meydana gelir. Polikondenzasyon reaksiyonu sonucu metil alkol açığa çıkar. Etilen glikol ve dimetil tereftalattan polietilen tereftalat elde edilmesi sırasında meydana gelen kimyasal olaylara Şekil 1.20’de yer verilmiştir.



Şekil 1.20 Etilen glikol ve dimetil tereftalattan polietilen tereftalat eldesi (Harmancıoğlu, 1981)

Polietilen tereftalatın etilen glikol ve tereftalik asitten doğrudan elde edilmesine Şekil 1.21’de yer verilmiştir. Bu yöntemde başlangıç maddelerinin çok saf olması gerekmektedir. Günümüzde bu nedenle saflaştırılmış tereftalik asit kullanılmaktadır. Saf tereftalik asit eldesi ve uygun koşul ve katalizörlerin bulunması ile polietilen tereftalatın; tereftalik asit kullanılarak kesiksiz şekilde üretilmesi mümkün hale gelmiştir. Bu reaksiyon sonucunda polikondanzasyonun yan ürünü olarak su açığa çıkmaktadır.



Şekil 1.21 Polietilen tereftalatın tereftalik asit ve etilen glikolden polimerizasyonu (Harmancıoğlu, 1981)

Polikondenzasyon reaksiyonları sonucu oluşan su veya metil alkolün ortamdan hemen uzaklaştırılması gerekmektedir (Erdem, 2009).

1.6.2 Polietilen Tereftalat Liflerinin Üretimi

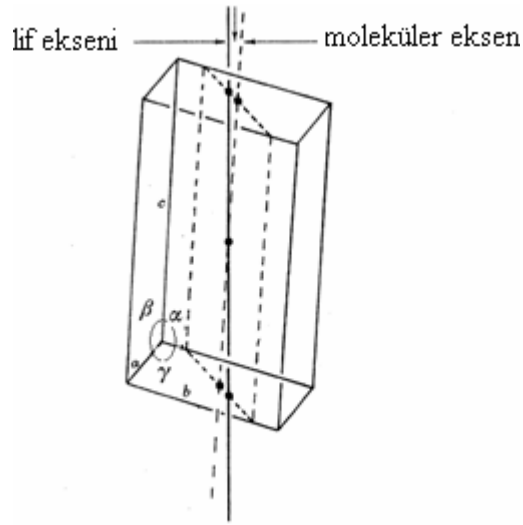
Polietilen tereftalat lifleri eriyikten lif çekim yöntemine göre elde edilir. Lif üretiminde dairesel veya farklı enine kesit şekillerinde deliklere sahip düzeler kullanılabilir. Poliester lifleri germe-çekme işleminden önce amorf yapıdadırlar. Bu liflerden kullanışlı tekstil liflerinin elde edilebilmesi için lifin hem moleküler oryantasyonu hem de kristalizasyonunu artıracak şekilde germe-çekme işlemlerinin yapılması gereklidir. Bu işlem camsı geçiş sıcaklığı olan 80°C'nin üzerinde yapılır. Çünkü camsı geçiş sıcaklığının altında çekilen polimer zincirleri birbiri üzerinden kolayca kayamadığından oryante olmaları oldukça zordur (Demir, 2006).

1.6.3 Polietilen Tereftalat Liflerinin Özellikleri

1.6.3.1 Liflerin İçyapısı

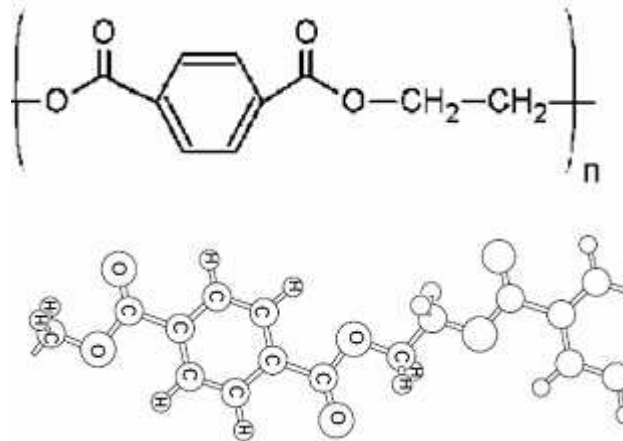
Polietilen tereftalat lifleri triklinik kristal ünitelere sahiptir. Kristal ünite şu ölçülere sahiptir: $a=0,444$ nm, $b=0,591$ nm, $c=1,067$ nm; $\alpha=100^\circ$, $\beta=117^\circ$ ve $\gamma=112^\circ$ dir. Ancak kristal ünite boyutları liflerin gördüğü işlemlere bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Lewin, 2007).

Poliester lifinin triklinik kristal ünitesi Şekil 1.22'de verilmiştir.



Şekil 1.22 Poliester lifinde triklinik kristal ünite

Poliester molekül zincirleri, zincir içerisinde periyodik olarak bulunan fenilen gruplarından dolayı oldukça sert ve rijittirler (Şekil 1.23). Lif içerisindeki moleküller Van der Waals kuvvetleri ile bir arada tutulurlar (Moody ve Needles, 2004).

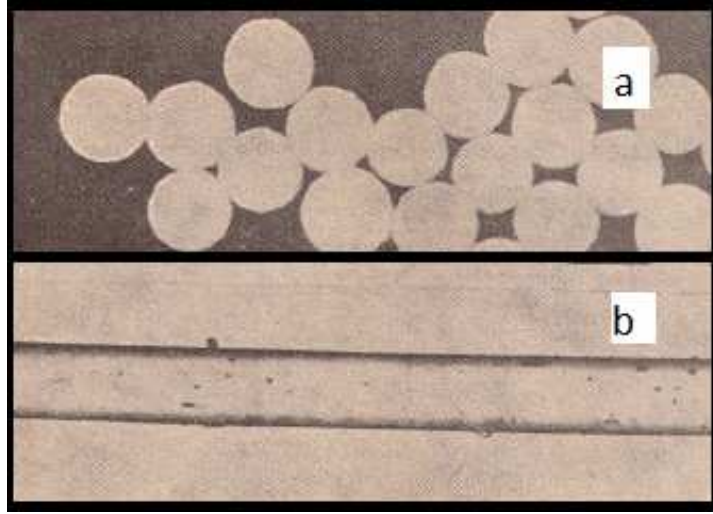


Şekil 1.23 Polietilen tereftalat lifi molekül zinciri (Morton ve Hearl, 2008)

1.6.3.2 Mikroskopik Özellikleri

Polietilen tereftalat lifleri mat veya parlak şekilde üretilebilir. Parlak olan liflerin boyuna görünüşleri düz cam boru şeklindedir. Matlaştırılmış liflerin boyuna görünüşlerinde ise matlaştırıcı madde noktacıklar halinde görülmektedir. Polietilen

tereftalat liflerinin enine kesiti daireseldir. Şekil 1.24'te polietilen tereftalat lifine ait boyuna görünüş ve enine kesit görünüşü verilmiştir.



Şekil 1.24 Poliester lifine ait optik mikroskop görüntüleri
(Harmancıoğlu, 1981)

a- enine kesit görünüşü

b- boyuna görünüş

1.6.3.3 Mukavemet ve Uzama Özellikleri

Polietilen tereftalat liflerinin mukavemet ve uzama özellikleri lif tipine bağlı olarak değişmektedir. Stapel liflerin mukavemeti 5,5-6,5 gr/denye iken filamentlerde bu değer 4-5 gr/denyedir. Liflerin kopma uzaması; oryantasyon derecesi ve lifin kristalin yapısına bağlı olarak %15-50 arasında değişiklik göstermektedir. Genel olarak uzamanın stapel liflerde %8-10 iken; filamentlerde %15-20 olduğu söylenebilir. Liflerin aşınma dayanımı iyidir. Islak haldeki poliester lifleri ile kuru haldeki poliester liflerinin mukavemet ve % uzama özellikleri farklılık göstermez (Erdem, 2009).

1.6.3.4 Esneme Özellikleri

Polietilen tereftalat lifleri düşük uzamalardan orta bir geri dönüş gösterir. Örneğin %2-10 arasında uzatılan polietilen tereftalat lifleri %80-95 arasında geri dönüş gösterir.

1.6.3.5 Yoğunluğu

Germe-çekme işlemine tabi tutulmuş, kristalin polietilen tereftalat liflerinin yoğunluğu $1,38 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Germe-çekme işlemine tabi tutulmamış amorf liflerin yoğunlukları $1,33 \text{ g/cm}^3$ 'tür.

1.6.3.6 Nem Alma ve Statik Elektriklenmesi

Polietilen tereftalat lifleri %0,4 oranında nem alırlar. Düşük nem içeriğinden dolayı lifler statik olarak elektriklenirler.

1.6.3.7 Termal Özellikleri

Polietilen tereftalat lifleri termoplastik özelliktedir. Liflerin camsı geçiş sıcaklığı 80°C 'dir. Isıtıldıklarında $210\text{-}250^\circ\text{C}$ 'de çekerek yumuşarlar ve $250\text{-}255^\circ\text{C}$ 'de erirler. Polietilen tereftalat liflerinin LOI değeri 20,6'dır. Orta derecede ısı iletimi gösterirler.

1.6.3.8 Kimyasallara Karşı Direnç

Polietilen tereftalat lifleri asitlere, bazlara, yükseltgen ve indirgen maddelere karşı oldukça dayanıklıdır ve sadece kuvvetli asit ve bazlardan etkilenir. Lifler fenoller, kloroasetikasit ve belirli klorlanmış hidrokarbonlarda yüksek sıcaklıklarda çeker veya çözünürler.

1.6.3.9 UV Dayanımı

Polietilen tereftalat lifleri gün ışığına karşı dayanıklıdır. Lifler güneş ışığına fazla maruz bırakıldığında yavaşça okside olurlar ve yavaşça mukavemetlerinden kaybederler (Harmancıoğlu, 1981).

1.6.3.10 Güve/Mantar/Bakteri Etkisi

Polietilen tereftalat lifleri mantar, güve, küf gibi biyolojik etkilere karşı oldukça dayanıklıdırlar (Harmancıoğlu, 1981).

1.6.4 Polietilen Tereftalat Liflerinin Kullanım Alanları

Polietilen tereftalat liflerinin kullanım alanları çok çeşitlidir. Giysiden teknik tekstillere birçok alanda kullanım alanı bulmaktadır. Polietilen tereftalat liflerinin kullanıldığı bazı alanlara aşağıda yer verilmiştir.

Polietilen tereftalat dolgu lifleri hafiflikleri ve mükemmel esneme kabiliyetleri dolayısı ile mobilya imalatında ve otomobil koltuklarında kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra yastık, yorgan, kayak giysileri ve uyku tulumu gibi alanlarda kullanımı yaygındır.

3-15 mm uzunluğundaki kesikli polietilen tereftalat liflerinden üretilen vatıklar jeotekstil alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra düz mulifilament ipliklerden veya tekstüre ipliklerden elde edilen polietilen tereftalat tekstil yüzeyleri de jeotekstil olarak uygulama alanı bulmaktadır. Bunlar yol çökmelerine karşı asfaltın altında veya destek malzemesi olarak inşaatlarda kullanılmaktadır.

Tampon ve çocuk bezi üretiminde de son yıllarda polietilen tereftalat liflerinin kullanımı artmaktadır. Günümüzde ameliyathanelerde kullanılan önlük, elbise, maske ve tamponların büyük kısmı bu liften imal edilmektedir.

Lif üretim atıklarının geri kazanılmasında en kullanışlı yöntem olan dokusuz yüzey üretimi polietilen taraftalat liflerinin de en önemli kullanım alanlarından birisidir. Bu alanda, polietilen tereftalat lif/iplik ve üretim atıkları tek başlarına kullanılabilirdiği gibi diğer lif/iplik ve üretim atıkları ile belli oranlarda harmanlanarak da halı, döşemelik kumaş, elbise aksesuarları gibi çeşitli amaçlar için dokusuz yüzey üretiminde kullanılabilir. Ayrıca yan yana veya iç içe bikomponent polietilen

tereftalat lifleri, fırınlarda komponentlerden biri eritilerek halı, bulaşık bezi gibi dokusuz yüzey mamüllerin üretiminde de yaygın olarak kullanılmaktadır.

Poliyeten tereftalattan elde edilen vatkaların poliüretan bir taşıyıcı ile kombine edilmesi ile süet ve deride bu lifler kullanım alanı bulmaktadır.

Yüksek mukavemete sahip kesikli poliyeten tereftalat liflerinden dikiş ipliği, kayış, halat, yangın hortumu gibi ürünlerin üretiminde faydalanılmaktadır.

Tekstüre poliester iplikleri giyimde, ev tekstillerinde, tül perdede, döşemelik kumaşlarda ve battaniyelerde belli oranlarda kullanılmaktadır. Tekstüre iplik dikiş ipliğinde de kullanım alanı bulmaktadır (Erdem, 2009).

1.7 Farklı Enine Kesit Şekillerine Sahip Kimyasal Lifler

Enine kesit şekli, tekstil liflerinin sahip olduğu en önemli morfolojik özelliklerden biridir. Kimyasal lifler genellikle dairesel enine kesit şeklinde üretilirler. Buna rağmen doğal lifler hiçbir zaman düzenli ve tam dairesel bir enine kesit şekline sahip değildir. Örneğin; yünün enine kesit şekli düzensizdir, olgun pamuk lifleri böbrek şeklindedir ve ipek üçgenimsi bir enine kesit şekline sahiptir. Enine kesit şekli bu liflere kendilerine özgü bazı özellikler kazandırır. Örneğin ipeğin eşsiz parlaklığı sahip olduğu üçgenimsi enine kesit şeklinin ve inceliğinin bir sonucudur.

Enine kesit şekli; liflerin özelliklerini ve bunun bir sonucu olarak da bu liflerden üretilen iplik ve kumaşların özelliklerini değiştirmektedir. Yani lif enine kesit şekli değiştirilerek iplik ve kumaşın çeşitli özelliklerini modifiye etmek mümkündür (Bueno, Aneja ve Renner, 2004).

Lif enine kesit şekilleri üzerine yapılan çalışmalar genellikle eriyikten lif çekimine odaklanmıştır. Daireselden farklı enine kesit şekillerine sahip liflerin eriyikten üretilmesine dair ilk çalışmalar 1960'lı yıllara dayanmaktadır. Bu konudaki ilk girişim, kimyasal liflerin enine kesitini üçgenimsi şekilde değiştirerek pahalı ipek

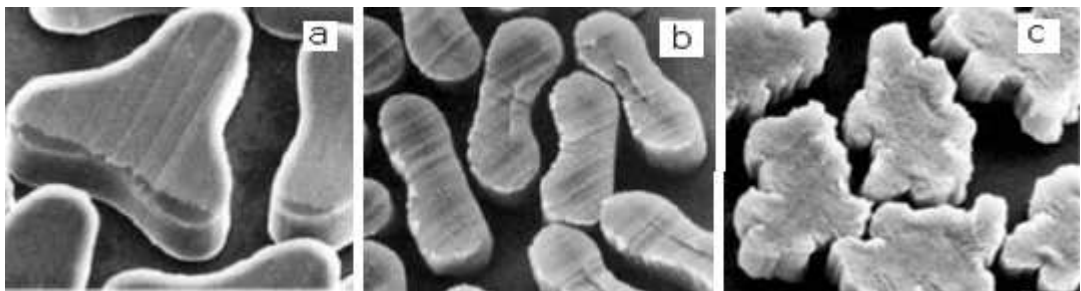
liflerinin parlaklığını taklit etmek amacıyla yapılmıştır (Nakajima, Kajiwara ve Mcintyre, 1994).

Yine 1960'lı yıllarda kimyasal liflerin enine kesiti delikli (içi boş) olacak şekilde değiştirilmiştir. Takip eden yıllarda içi boş lifler membran üretimine yönelik incelenmeye başlanmıştır ve bu tür araştırmalar yakın zamanda da devam ettirilmektedir (Saidi, Abdaziz, Hassan ve Arifin, 1993; Zuo, Zhu, Wang ve Xu, 2005). O zamanlardan günümüze, liflere estetik ve fonksiyonel özellik kazandırmak üzere çeşitli tiplerde dairesel olmayan kesitli lifler geliştirilmiştir.

Eriyikten lif çekiminin yanı sıra kuru ve yaş çekim işlemleri ile elde edilen viskoz, poliakrilonitril, poliasetat gibi liflerin enine kesit şekilleri de dairesel değildir.

1.7.1 Farklı Enine Kesit Şekillerinde Kimyasal Liflerin Üretim Yöntemleri

Farklı enine kesit şekillerine sahip kimyasal lifler; eriyikten lif çekim yönteminde düze delik şekillerinin değiştirilmesi ile, kuru ve yaş çekim yöntemlerinde dairesel delikli düzelerden elde edilen liflerin enine kesit şekillerinin manto-nüve ve yüzey gerilimi gibi nedenlerden dolayı farklılaşması ile ve de bikomponent lif üretim tekniğinde komponentlerin birbirinden ayrılması ile elde edilir. Farklı enine kesit şekillerinde bazı kimyasal liflerin mikroskop görüntüleri Şekil 1.25'te verilmiştir.



Şekil 1.25 Farklı enine kesitlerde bazı kimyasal liflerin mikroskop görüntüleri (Fourne, 1999)

- a- Eriyikten lif çekim yöntemine göre üretilmiş trilobal poliamid 6 lifleri
- b- Kuru çekim yöntemine göre üretilmiş poliakrilik lifleri
- c- Yaş çekim yöntemine göre üretilmiş viskoz lifleri

1.7.1.1 Eriyikten Çekim Yöntemi Kullanılarak Farklı Enine Kesit Şekillerinde Liflerin Üretilmesi

Eriyikten çekim yöntemine göre üretilen sentetik liflerin enine kesit şekilleri düze delik şekillerinin değiştirilmesi ile kolayca çeşitlendirilebilmektedir. Bu şekilde elde edilen farklı enine kesit şekillerinde liflere literatürde “profilli lifler”, “dairesel olmayan lifler” veya “modifiye enine kesitli lifler” gibi isimler de verilmektedir (Hasan ve diğerleri, 2009; Shin, S.H.Kim ve J.J. Kim, 2005).

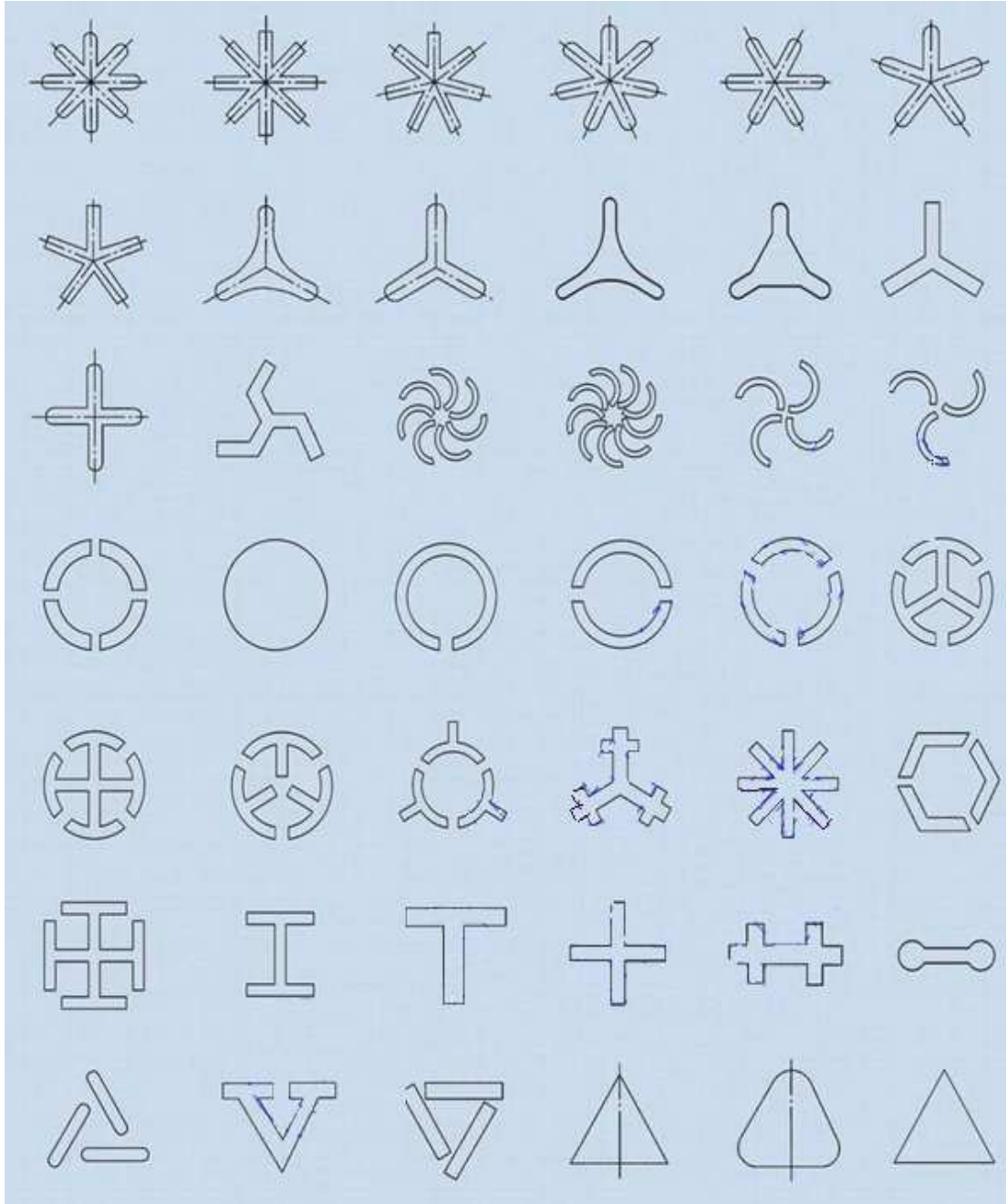
Eriyikten çekim ile üretilen liflere istenilen enine kesit şeklini vermek üzere tek bir düze deliği kullanılabilir. Örneğin Y şeklinde tek bir düze deliğinden üç adet loba sahip bir lif üretilir. Bunun yanı sıra birden fazla düze deliğinin belirli bir şekilde düzenlenmesi ile de farklı enine kesit şekillerinde lifler üretilir. Şekil 1.26’da tek ve çoklu düze delikleri ve bunlardan elde edilen liflerin enine kesit şekilleri görülmektedir.

TEK DELİK	
Delik şekli	
Lif kesiti	
ÇOKLU DELİK	
Delik şekli	
Lif kesiti	

Şekil 1.26 Düze deliğinin kesit şekli ve lif kesit şekline etkisi (Demir, 2006)

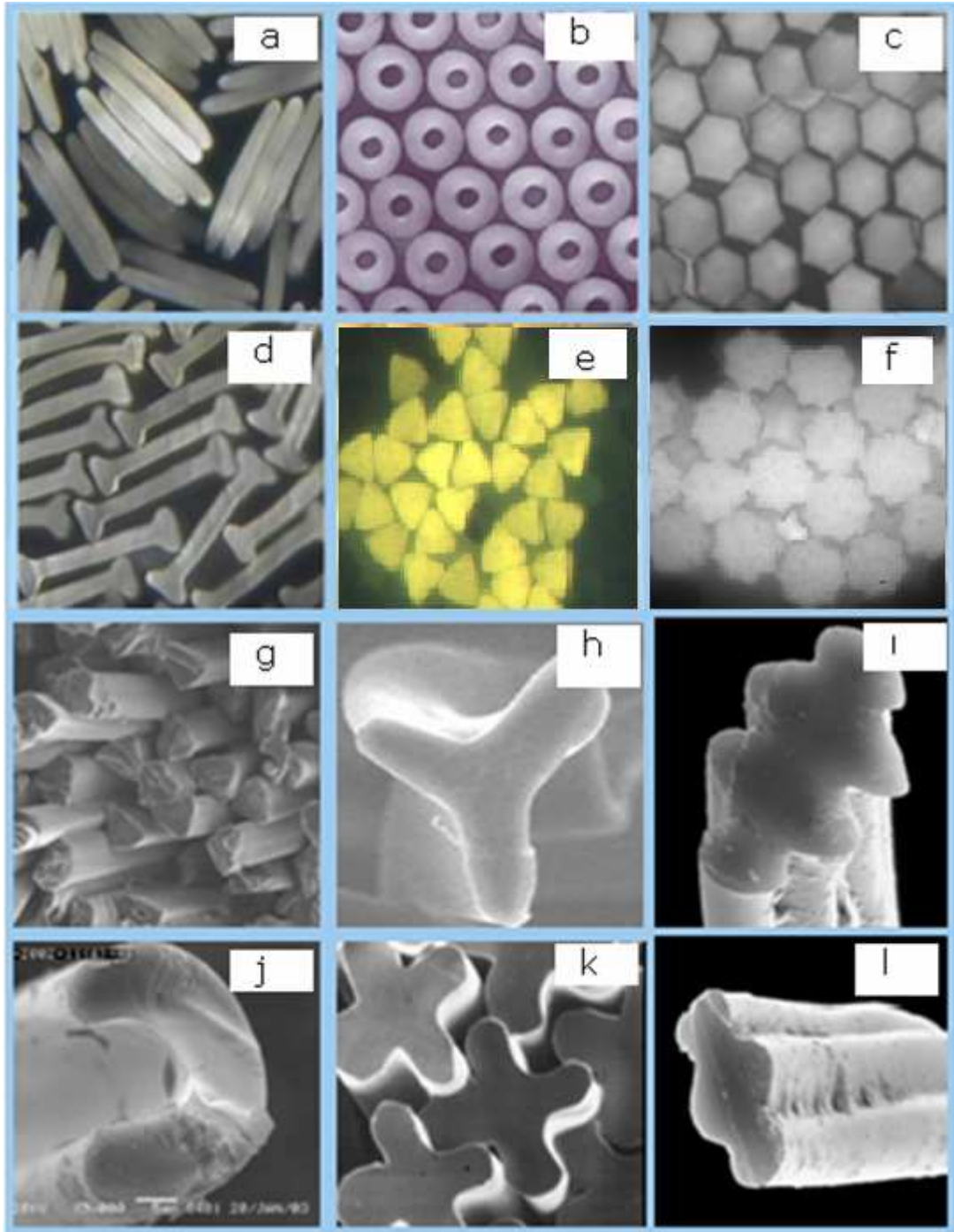
Şekil 1.26’da da görüldüğü üzere lif enine kesit şeklinin düze delik şeklinden ciddi sapmalar gösterdiği söylenemez ancak düze delik şekillerinin bu düzelerden elde edilen lifler ile birebir aynı olmadığı da açıktır (Lewin, 2007).

Şekil 1.27’de farklı enine kesit şekillerinde lifler üretmek için kullanılabilecek bazı düze delik şekilleri görülmektedir.



Şekil 1.27 Farklı düze delik şekilleri

Çeşitli enine kesit şekillerinde üretilen liflerin mikroskop fotoğrafları örnekleri Şekil 1.28’de verilmiştir.



Şekil 1.28 Farklı enine kesit şekillerine sahip lifler (Bueno, Aneja ve Renner, 2004; Karaca ve Özçelik, 2007; Taşcan ve Vaughn, 2008)

a-yassı lifler (PES lifi)

b- delikli lifler (PES lifi)

c-altıgen lifler (PES lifi)

d-kemik şeklinde lifler (PES lifi)

e- üçgen lifler (PES lifi)

f-sekiz loblu lifler (PES lifi)

g-delikli üçgen lifler (PES lifi)

h- trilobal lif (PES lifi)

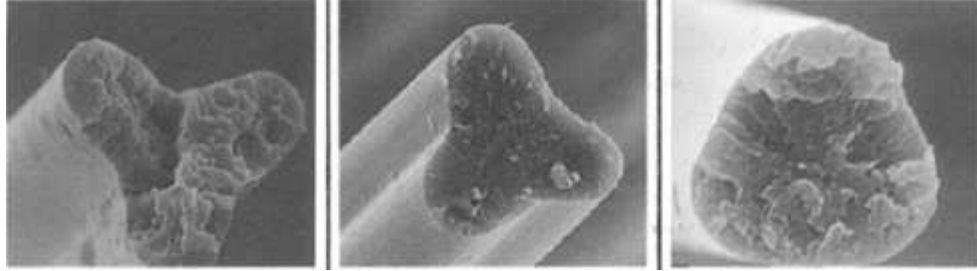
ı- altı kanallı tırtıklı lif (PES lifi)

j-c şekilli lif (Silisyumkarbid lifi)

k- + şeklinde lifler (PES lifi)

l-dört kanallı tırtıklı lif (PES lifi)

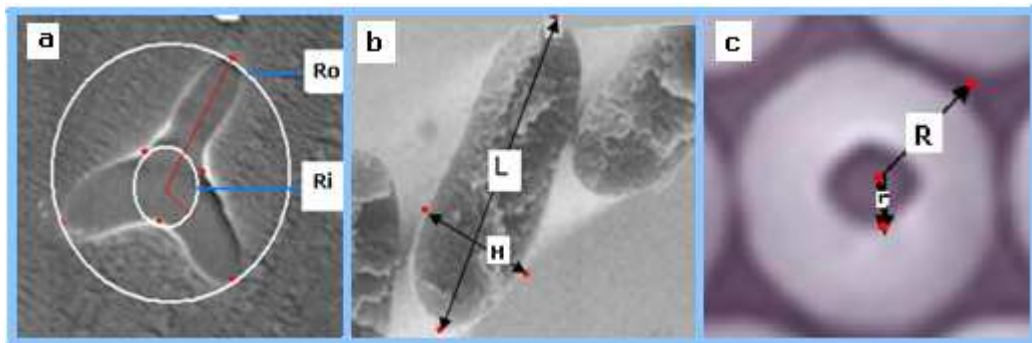
Germe-çekme işlemi görmemiş liflerin son şekli; viskozite, kütle akış oranı, lif çekim sıcaklığı, sarım hızı, düze çıkışında meydana gelen polimer şişmesi ve yüzey geriliminden etkilenir. Farklı polimerlerden üretilen farklı enine kesitli lifler için, bu parametrelerin lifin son enine kesit şekli üzerindeki etkisi değişebilir. Şekil 1.29’da bir lifin enine kesit hatlarının trilobalden üçgene doğru değişimi gösterilmiştir. (Jung, Kim ve Oh, 2010).



Şekil 1.29 Aynı düze deliğinden üretilen liflerde enine kesit şeklinin değişimi (Mochida, Yoon ve Korai, 1993)

Düze çıkışında meydana gelen polimer şişmesi polimerin doğasına ve proses koşullarına bağlıdır. Daha fazla genişleme lif enine kesit şeklinde, düze delik şekline göre daha fazla deformasyonun oluşacağı anlamına gelir (Walczak, 2002).

Kimyasal liflerin daireselliğe ne kadar yaklaştığı veya sahip oldukları şekilleri karakterize edilebilir. Bazı lif enine kesitlerinin karakterize edilmesinde Şekil 1.30’da verilen eşitlikler kullanılabilir.



Şekil 1.30 Lif enine kesit şeklinin karakterize edilmesi

a- Trilobal lif, Şekil faktörü= R_o/R_i (Jung, Kim ve Oh, 2010)

b- Yassı lif, En/boy oranı= L/H (Takarada, Ito, Kikutani ve Okui, 2001)

c- Delikli lif, Deliklilik oranı= $(R/r)^2$ (Takarada, Ito, Kikutani ve Okui, 2001)

İplik ve kumaş özelliklerini değiştirmenin en kolay yolu diğer tüm faktörleri sabit tutup yalnızca kullanılan düze deliğinin şeklini değiştirerek farklı enine kesitte lifler üretilmesidir. Eriyikten lif çekiminde bu yöntem hem ucuz hem de yapımı ve kontrolü basit bir işlemdir. Farklı enine kesit üzerine yapılan çalışmaların eriyikten lif çekimi üzerine yönelmesinin sebebi de budur.

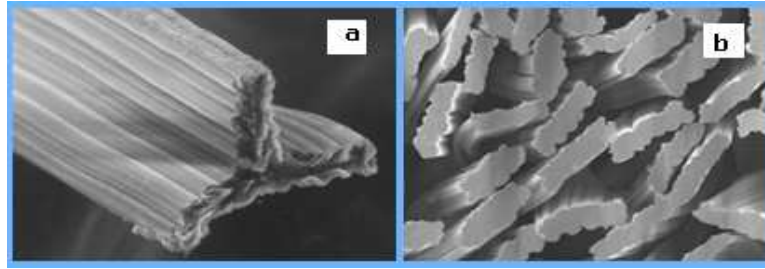
1.7.1.2 Kuru ve Yaş Çekim Yöntemleri Kullanılarak Farklı Enine Kesit Şekillerinde Liflerin Üretilmesi

Kuru ve yaş çekim yöntemleri ile üretilen bazı lifler dairesel delikli düzelerden elde edilse de dairesel enine kesit şekline sahip değildirler. Bunun nedeni lif çekimini takiben lif enine kesit şeklinin çeşitli nedenlerden dolayı değişmesidir.

Yaş çekim yöntemine göre üretilen selülozik rejenere liflerin enine kesitleri genellikle tırtıklı veya lobludur. Bunun nedeni bu liflerin manto-nüve morfolojisi göstermesidir. Manto nüve morfolojisi bu liflerin enine kesitinde iki farklı morfolojik yapı içermesi anlamına gelmektedir. Bu yapılardan biri daha küçük kristalitlerin bulunduğu daha dış yüzey olan manto kısmıdır. Öz kısmı ise daha büyük kristalitlerin bulunduğu ağımsı yapıdaki iç kısımdır. Tırtıklı enine kesitin genellikle manto kısmının öz kısmından daha fazla miktarda çekmesinden dolayı oluştuğu kabul edilmektedir. Tamamen öz veya tamamen mantodan oluşan lifler pürüzsüz dairesel şekillerini korumaktadırlar.

Yaş çekim yönteminde liflerin düze deliğinin şeklini muhafaza edebileceği şekilde koagülasyon şartları seçilebilir. Bu, yaş çekim yöntemi kullanarak da liflerin kesitinin kontrol edilebilmesini sağlar. Yaş çekim yönteminde düşük viskozitede çalışılır. Dolayısı ile yüzey gerilimi kuvvetleri lif enine kesit şeklinde önemli bir rol oynar. Yaş çekim yöntemi kullanılarak örneğin PAC veya viskoz liflerine trilobal, dikdörtgen gibi enine kesit şekilleri verilebilir (Lewin, 2007).

Şekil 1.31’de yaş çekim yöntemine göre üretilmiş trilobal ve yassı viskoz lifleri görülmektedir.



Şekil 1.31 Farklı enine kesit şekillerinde viskoz lifleri (Hall, 1982)

a- Trilobal viskoz lifi

b- Yassı viskoz lifi

1.7.1.3 Bikomponent Lifler

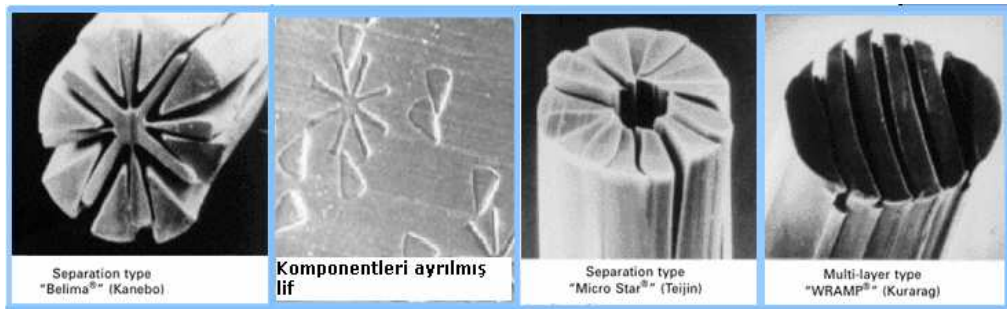
İki farklı polimerin, tek bir lif oluşturmak üzere aynı düze deliğinden geçirilmesi ile elde edilen liflere bikomponent lifler denir (Harmancıoğlu, 1981). Bikomponent lifler genel olarak; içi-içe, yan-yana, okyanus-ada ve dilimli bikomponent lifler olarak sınıflandırılırlar.

Şekil 1.32’de farklı bikomponent liflerin enine kesit şekilleri görülmektedir.

BİKOMPONENT LİF ÇEŞİTLERİ	
İç-içe	
Yan-yana	
Okyanus-ada	
Dilimli	

Şekil 1.32 Bikomponent lif çeşitleri

Bikomponent liflerin üretilmesinde farklı düze tasarımları kullanılır. Şekil 1.32'den de görüldüğü üzere bikomponent lifler trilobal gibi farklı enine kesit şekillerinde üretilebilirler. Bunun yanı sıra farklı enine kesitli lifler; dilimli bikomponent liflerin ısı ve basıncın da yer aldığı mekanik veya kimyasal yöntemlerle komponentlerine ayrılması ile de oluşabilir. Ayrılan komponentler yapı içerisinde üçgen veya yassı mikrolifleri oluşturmaktadır. Şekil 1.33'te bu şekilde oluşturulmuş bikomponent lifler görülmektedir.





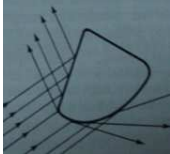


Şekil 1.33 Dilimli pasta bikomponent lifleri (Hongu, Phillips ve Takigami, 2005)







1.7.2 Farklı Enine Kesitin Liflere Sağladığı Özellikler

Enine kesit şekli liflere çeşitli özellikler kazandırabilmektedir. Tablo 1.7'de çeşitli kesit şekillerinde lifler ve enine kesit şeklinin lif özelliklerine etkisi özet olarak verilmiştir.

Tablo 1.7 Farklı enine kesitte lifler ve özellikleri (Nakajima, Kajiwara ve McIntyre, 1994; Hongu, Phillips ve Takigami, 2005; Gohl ve Vilensky, 1993)

Kesit şekli	Resmi	Özellikleri
Dairesel		Bu enine kesit şekli belirli hacimdeki life minimum yüzey alanı sağlar. Teorik olarak bu enine kesit şekli life yalnızca yumuşak bir parlaklık verir çünkü gelen ışın oldukça düzgümsüz şekilde yansıtılır. Ancak iplik ve kumaş içerisinde lifler, ne kadar büküm alırsa alsın gelen ışığı aynı miktarda yansıtacağından dairese liflerden oluşmuş bir iplik oldukça parlak görülür. Dairesel enine kesitli lifler pürüzsüz bir tuşe verirler.

Trilobal		<p>Trilobal enine kesit life daha yüksek bir rijitlik ve rezilyans sağlar. Işığ\ddot{u} dağıtacak yeterli miktarda yüzeye sahip olduğundan kiri gizler. Bu nedenlerden dolayı halılarda kullanım alanı bulmaktadır.</p> <p>Bu enine kesit gelen ışığı oldukça düzgünsüz yansıtır, teorik olarak bu yüzden life matlık vermesi gereklidir. Ancak iplik ve kumaşa farklı, çok parlak ve ışıltılı bir görünüm verir. Bunun nedeni iplik ya da kumaş içerisinde liflerin kendi üzerinde bükülmesidir. Zaten düzensiz olan yansıma böylece azalır ve yalnızca düzgün yansıyan ışınlar topluluğ\ddot{u} iplik veya kumaş uzunluğ\ddot{u} boyunca görülür. Trilobal enine kesit parlaklığı en iyi şekilde verir.</p> <p>Lifin yüzey alanı dairesel kesitli liflere göre genişlediğinden daha dolgun bir görünüm sağlar. Örtme özelliğ\ddot{u} yüksektir.</p>
Delikli		<p>Delikli liflerde, lif enine kesitinde en az bir delik bulunur ve bu delik tüm lif uzunluğ\ddot{u} boyunca devam eder. Delikli lifler daha yüksek özgül yüzey alanı, aynı çapta daha düşük yoğunluk, hava hapsettiğinden dolayı daha iyi ısıl izolasyon gibi özellikler sergilemektedir. Daha mattırlar.</p>
Üçgen		<p>Üçgen lifler ışığı oldukça düzgün yansıtır. Yumuşak bir parlaklığa sahiptir.</p>
Kanallı		<p>Bu kesit şekli daha çok nem transferi için tasarlanmıştır. Birçok girintisi olduğundan dolayı bu lifte kılcal ıslanma sağlanır. Bu lif enine kesit şekli, yüksek yüzey alanı ve derin girintilerinden dolayı ısıl izolasyon ve filtrasyon açısından da önemlidir.</p>
Yassı		<p>Yassı lifler ışığı yansıtacak büyük bir yüzeye sahiptirler ve bu yüzden parlak bir yüzeyleri vardır. Işık en düzgün şekilde bu liflerden yansıtılır. İplik veya kumaş içerisinde lifler kendi üzerlerine büküleceklerinden, gelen ışık beklenildiğ\ddot{u} kadar düzgün yansıtılamayabilir ve bu da iplik ve kumaşa daha yumuşak bir parlaklık verir.</p>

Delikli üçgen		Yüksek eğilme rijitliği ve yumuşak bir renk sağlar.
w-şekilli, kendinden kıvrımlı		Hacimli, gevrek, kuru ve serin bir his veren özelliğindedir.
Pentagonal		Yumuşak bir parlaklığı vardır, dokununca kuruluk hissi verir, su absorplayıcı özelliğindedir.
u-şekilli		Yumuşak bir parlaklık ve kuruluk hissi verir, yüksek eğilme rijitliğine sahiptir.
Ok-şekilli		Dokununca kuru ve serin bir his verir.
Artı şeklinde		Kuru his verir, çabuk kurur ve su absorplayıcı özelliğindedir.

Özellikleri Tablo 1.7’de verilen farklı kesitlerdeki liflerin kullanım alanları kesit şekline göre değişmektedir. Örneğin; trilobal kesitli lifler rezilyans ve kir gizleme özelliklerinden dolayı halılarda, parlaklıklarından dolayı ise ipek benzeri kumaşlarda kullanılmaktadır. Benzer şekilde üçgen kesitli lifler de parlaklıkları dolayısı ile ipek benzeri kumaşlarda kullanım alanı bulmaktadır. Enine kesit şekli delikli olacak şekilde üretilen lifler ters osmoz, hemodiyaliz, gaz ayırımı, yastık, mikrofiltrasyon, su temizleme sistemleri, halı ve giyside kullanılmaktadır. Kanallı liflerin en çok tercih edildiği alanlar ise ısı yalıtım, ses yalıtımı, sıvı iletimi yapan kumaşlar ve filtrasyon alanlarıdır.

Halı üretiminde kullanılan trilobal kesitli Antron® poliamid 6.6 lifleri, spor giysilerde kullanılan kanallı Coolmax® ve artı şeklinde enine kesitli Mipan Aerocool® poliester lifleri ticari olarak kullanılan farklı enine kesitteki kimyasal liflerden bazılarıdır.

1.8 Kompozit Lif Üretimi

Liflere ilave performans veya fonksiyon kazandırmanın yollarından biri, liflerin üretildiği polimerlere kompozit veya nanokompozit lifler oluşturacak şekilde katkı maddeleri eklemektir.

Birbirinde çözünmeyen iki veya daha fazla maddenin kullanışlı bir mühendislik malzemesi oluşturmak için bir araya gelerek oluşturduğu maddeye kompozit malzeme denir. Kompozit malzeme bileşenlerin tek başlarına göstermediği özellikleri sergiler. Kompozit malzemede genellikle, birinci bileşenin dezavantajını ikinci bileşenin avantajı ile dengelemek amaçlanmaktadır. Kompozit bir malzemeden elde edilen liflere kompozit lifler denir (Srisawat, Nithitanakul ve Srikulkit, 2009)

Boyutları 1nm ile 100-200 nm arasında değişen inorganik partiküllerin, nanoliflerin veya nanotüplerin eklendiği polimerlerden (nanokompozit polimerler) elde edilen liflere ise nanokompozit lifler denmektedir (Kumar ve arkadaşları, 2002).

1.8.1 Kompozit Lif Üretiminde Kullanılan Katkı Maddeleri

Katkı maddeleri az miktarda kullanılan ve eklendiği polimerler, boyalar, lubrikantlar gibi malzemelerin işlenebilirliğini, performansını veya görünüşünü geliştirici yönde işlev gören veya malzemeye yeni fonksiyonlar kazandıran malzemelerdir. Pigmentler, matlaştırıcılar ve antioksidanlar gibi maddeler çok eskiden beri geleneksel kimyasal lif üretiminde kullanılan katkı maddeleridir (Murphy, 2001).

Kimyasal liflere eklenen katkı maddeleri çeşitli formlarda olabilir. Örneğin çeşitli şekillerde mikropartikül ve nanopartiküller, nanotüpler, nanolifler, tabakalı malzemeler veya mikrokapsüller kompozit lif oluşturmak üzere kullanılacak katkı maddesi formlarıdır.

Liflerin katkı maddeleri ile modifiye edilmesine ilişkin çalışmalarda son zamanlarda inorganik partikül ve nanopartiküller oldukça fazla kullanılmaktadır. Tekstil lifleri için katkı maddesi olarak kullanılabilen etken maddeler aşağıda gruplar halinde yer almakta ve karşısında bu özelliği sağlayacak bazı katkı maddeleri örnek olarak bulunmaktadır:

- Antibakteriyel maddeler→ gümüş, bakır gibi bazı metaller ve bunların oksitleri liflere antibakteriyel özellik kazandırmaktadır (Dastjerdi, Mojtahedi, Shoshtari, Khosroshahi ve Moayed, 2009).
- UV dayanımı sağlayan maddeler→nanokil, çinko oksit, alüminyum oksit, magnezyum oksit, titanyum dioksit vb. maddeler liflere tek başlarına veya karışım halinde eklendiklerinde UV absorplama özelliklerinden dolayı UV dayanımı sağlayabilmektedir (Erdem, Erdoğan, Akşit ve Onar, 2010).
- Antioksidanlar→titanyum dioksit
- Antistatik maddeler→ metal oksitler, karbon tozu, karbon nanotüpler vb. maddeler liflere eklendiklerinde antistatik veya iletkenlik özellikleri kazandırabilmektedirler (Akşit, Erdem, Erdoğan ve Onar, 2008).
- Güç tutuşurluk maddeleri→ nanokil, silisyum dioksit, modifiye montmorillonite, titanyum dioksit, kırmızı fosfor vb. fosfor içeren bazı partiküller liflere güç tutuşurluk özelliği kazandırabilmektedir (Erdem, Cireli ve Erdoğan, 2009).
- Lif modül ve/veya mukavemetini artırıcı maddeler→karbon nanotüpler, nanokarbon lifleri (Kumar ve diğerleri, 2002)
- Fotokatalitik etki sağlayan maddeler→titanyum dioksit, çinkooksit, alüminyum oksit, magnezyum oksit (Balcı, 2006)
- Koku absorpsiyonu yapan maddeler→ aktif karbon (Kulkarni, 2003)
- Elektromanyetik özellikler sağlayan maddeler→ baryum ferrit (Akşit, Erdem, Erdoğan ve Onar, 2008).

1.8.2 Katkı Maddelerinin Polimer Madde İçerisine Eklenmesi

Katkı maddeleri kullanılarak kompozit veya nanokompozit malzeme oluşturulması genellikle şu yollarla yapılır:

- Nanopartikülleri polimerizasyon sırasında eklemek
- Partikülleri polimer çözeltisine eklemek
- Partiküller ile polimer eriyiğinin karıştırılması

1.8.2.1 Nanopartikülleri Polimerizasyon Sırasında Eklemek

Bu yöntemde katkı maddesi lif üretiminde kullanılacak polimer üretilmeden önce polimeri oluşturan monomere eklenir ve katkı maddesi varlığında polimerizasyon sağlanır. Böylece polimer içerisine girmiş olan katkı maddesinin daha iyi dağılması sağlanır. Elde edilen kompozit materyalden polimer tipine göre geleneksel yollardan lif üretimi gerçekleştirilebilir (Kim, Lee, Prabu ve Kim, 2009; Wang, Wang, Hong ve Zhang, 2005).

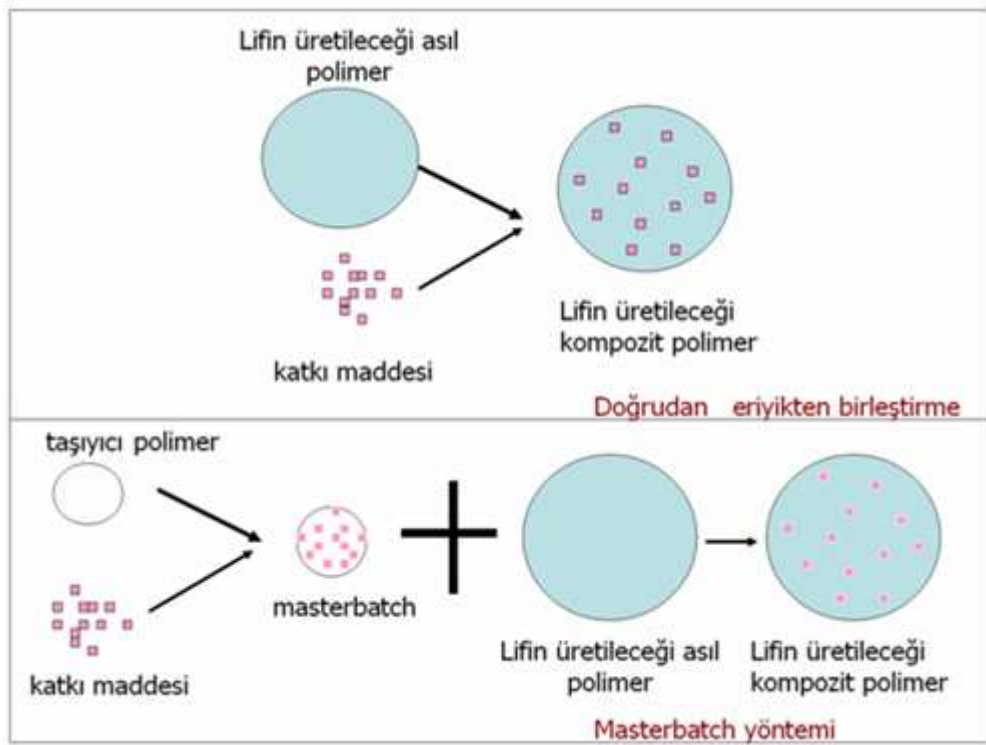
1.8.2.2 Partikülleri Polimer Çözeltisine Eklemek

Bu yöntem, yaş çekim yönteminde katkı maddesinin polimer çözeltisine eklenip bu çözeltiden doğrudan lif çekimi olarak ele alınabilir. Ancak termoplastik polimerlere de uygulanabilir. Özellikle nanotüplerin termoplastik polimer içerisinde uniform bir şekilde dağılması için kullanılır. Bu yöntemde katkı maddesi bir çözücü içerisinde disperse edilir. Ardından bu dispersiyon içerisine lifin üretileceği polimer eklenir. Isıtma ve karıştırma gibi işlemlerle partikülün polimer çözeltisi içerisinde iyi bir şekilde dağılması sağlanır. Ardından solvent madde uzaklaştırılır ve elde edilen kompozit polimer geleneksel eriyikten lif çekim sistemi ile lif haline getirilir (Ranjan, Jue ve Chen, 2009).

1.8.2.3 Katkı Maddelerinin Lif Üretilecek Polimer ile Eriyikten Birleştirilmesi

Katkı maddeleri kompozit lif oluşturmak üzere eriyik haldeki termoplastik polimerlere eklenir. Bu işlem iki yöntemle yapılır. Bunlardan birincisi katkı maddesinin doğrudan lif üretimde kullanılacak polimer eriyiği ile birleştirmesidir. İkinci yöntem ise masterbatch yöntemidir. Bu yöntemde masterbatch adı verilen bir ara ürün oluşturulur. Katkı maddesi bu ara ürün üzerinden lif üretilecek polimere eklenir (Whelan, 1994).

Şekil 1.34'te şematik olarak bu iki yöntem arasındaki fark gösterilmiştir.



Şekil 1.34 Eriyikten doğrudan birleştirme ile masterbatch kullanımının farkları (Kara, 2010)

Hangi yöntem seçilmiş olursa olsun, eriyikten birleştirme yöntemine göre kompozit lif elde etme aşamaları; ön karıştırma, kurutma, polimerin beslenmesi, çift vidalı ekstrüderde ekstrüzyon işlemi, katılaştırma-soğutma ve şekil verme işlemlerinden oluşmaktadır (Giles, Wagner ve Mount, 2005).

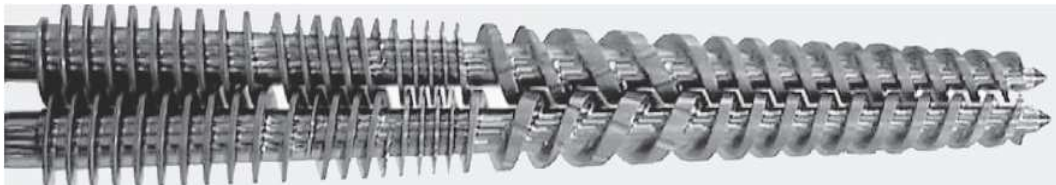
Aşağıda bu işlemler detaylı olarak verilmiştir.

Katkı maddesi ile polimerin ön karıştırılması: Ekstrüzyondan önce, üretilen kompozit lifin içeriğini bir araya getirmek için bir mekanik karıştırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Bunun için düşük veya yüksek hızlı karıştırıcılar kullanılmaktadır. Bu, katkı maddeleri ile polimerlerin ısı olmaksızın fiziksel olarak karıştırılması işlemidir.

Kurutma işlemi: Bazı polimerlerin polimer degradasyonunu engellemek için ekstrüzyondan önce kurutulması gerekmektedir. Naylon, poliester, polikarbonat gibi polimerler havadan nem alabilirler. Ekstrüzyon sırasında yüksek sıcaklıklara çıktığında, nem bu polimerleri zayıf özellikler gösteren daha düşük moleküler ağırlıklı polimerlere degrade edebilir.

Polimerin beslenmesi: Ekstrüzyonda kullanılacak çift vidalı ekstrüderin tasarımına, beslenecek materyale ve beslemenin yerine bağlı olarak ekstrüdere polimeri beslemek için uygun bir metot ve sistem seçilir.

Ekstrüzyon: Beslemeden sonra polimer ekstrüderde çeşitli operasyonlardan geçer. Bunlar polimerin eritilmesi, ileriye doğru taşınması, eriyik halinde karıştırma ve bir şekil kazandırmadır. Genellikle çift vidalı ekstrüderlerde ısıtma bölgesinden sonra iki veya üç tane homojenleştirme/karıştırma bölgesi bulunur. Ekstrüder boyunca kademeli bir ısıtma işlemi yapılır. Eğer bir kez ekstrüzyonla yeterince homojen bir karışım elde edilemezse malzeme ekstrüderden birkaç kez aynı şekilde geçirilebilir. Şekil 1.35'te çift vidalı bir ekstrüdere ait vida şaftları verilmiştir.



Şekil 1.35 Çift vidalı ekstrüder vida şaftları

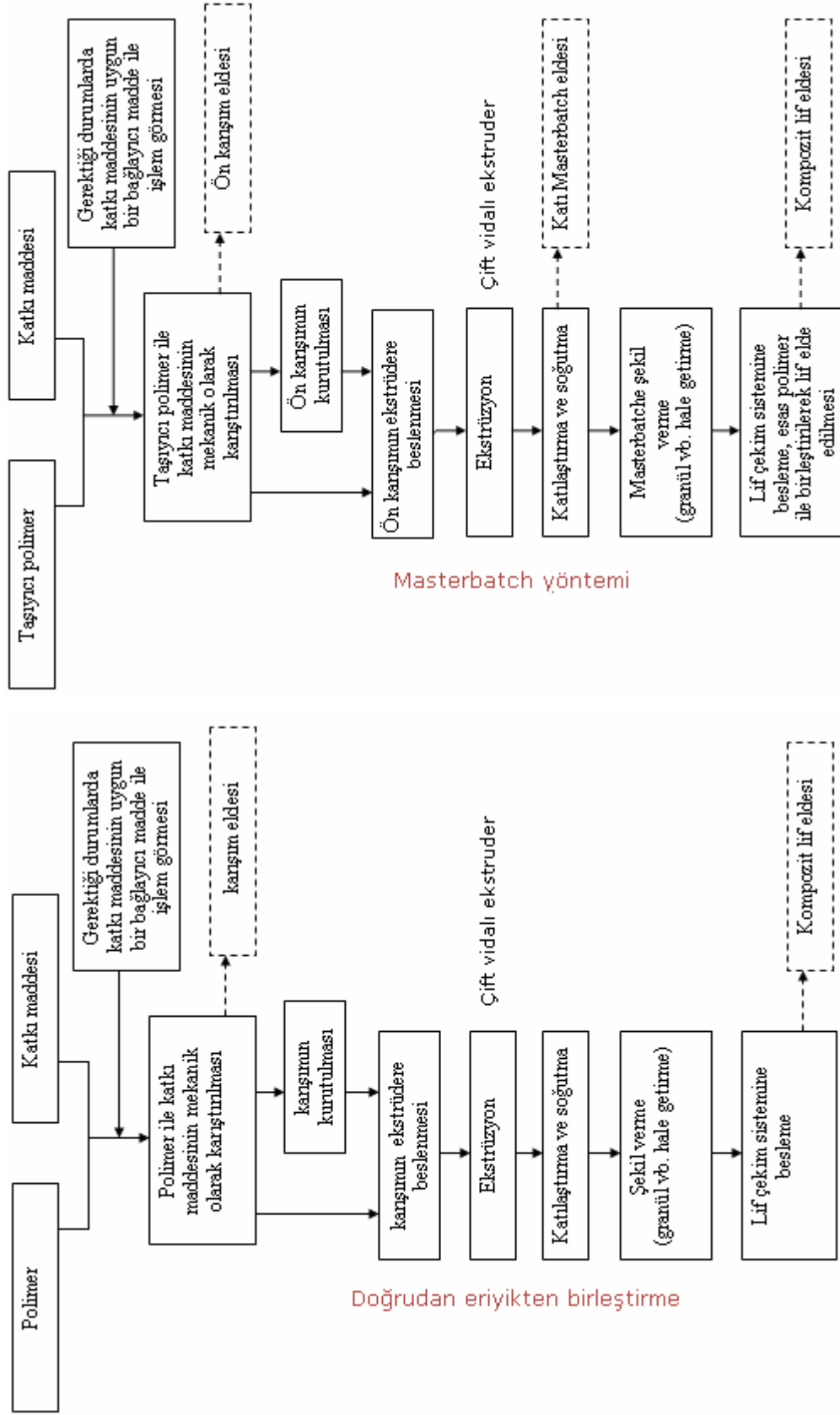
Katılaştırma ve soğutma: Ekstrüzyondan çıkan malzeme su içinde olabildiği gibi hava ile veya soğuk bir yüzeye temas ile soğutulup katılaştırılır.

Şekil verme: Kesme işlemi olarak ele alınabilir. Ekstrüder çıkışında artık kompozit hale gelmiş malzeme katılaştırıldıktan sonra küçük granüller şeklinde kesilir. Katılaştırma işlemi su içerisinde yapıldıysa kesme işlemi iki şekilde yapılabilir. Bunlardan birincisi bıçak yardımı ile su içerisinde kesme ve bir kurutucu yardımıyla elde edilen granülleri kurutmadır. İkinci bir yol olarak ise malzeme ekstrüderden şerit halinde su içerisine gönderilip katılaştırılır, şerit halinde kurutulur ve kurutulan şerit kesilerek granüller haline getirilir (Giles, Wagner ve Mount, 2005).

Bu şekilde elde edilen kompozit malzeme doğrudan eriyikten lif çekim sistemine beslenir ve kompozit lifler elde edilir.

Masterbatch yöntemi doğrudan eriyikten birleştirmeye göre bazı avantajlar sergilemektedir. Bunlardan bazıları katkı maddesinin lif içerisinde daha homojen şekilde dağılması, lif üretim işletmesinde katkı maddesinden kaynaklı toz oluşumunun engellenmesi, lif çekim makinesi temizleme işlemlerinin kolaylaşması, temizleme maliyetlerinin azalması ve daha az stok gerektirmesidir.

Şekil 1.36'da eriyikten doğrudan birleştirme ile masterbatch yöntemlerinin işlem basamakları gösterilmiştir.



Şekil 1.36 Katkı maddesinin eriyikten birleştirilme yöntemleri işlem basamakları (Kara, 2010)

1.9 Önceki Çalışmalar

Farklı enine kesit şekillerinde üretilen kimyasal lifler üzerine yapılan çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Son yıllarda yapılan ve farklı enine kesit şekillerinde lifleri içeren bazı çalışmalara aşağıda yer verilmiştir.

Takarada ve arkadaşları (2001) yüksek hızlı (1000-7000m/dk) lif çekim prosesi kullanarak 3 farklı enine kesit şeklinde (dairesel, delikli ve yassı) ve farklı inceliklerde poliester lifleri üretmiş ve bu liflerin yapılarını karşılaştırmıştır.

Çalışmada; farklı enine kesit şekillerindeki liflerin özellik ve yapıları ile ilgili lif enine kesit şekilleri, çift kırıcılıkları ve Lorentz yoğunlukları tespit edilmiştir. Liflerin enine kesit şekilleri ve çift kırıcılıkları bir interferans mikroskobu ile polarize filtre kullanılarak aynı anda belirlenmiştir.

Yapılan incelemeler sonucunda yassı liflerin temel olarak köşeleri yuvarlaklaşmış ortası ise hafif konkavlaşmış dikdörtgen şeklinde bir enine kesit şekline sahip olduğu ve enine kesit en/boy oranının 1/10 civarında olduğu tespit edilmiştir. Delikli liflerin ise lif dış çeperi ile iç çeperinin eş merkezli iki çemberden oluştuğu görülmüştür.

Çift kırıcılık değerleri dairesel, delikli ve yassı lifler için sarım hızının artması ile neredeyse aynı şekilde artış göstermiştir. Genel olarak Lorentz yoğunluğu 3 lif tipi için de benzer davranış göstermiştir. Ancak oryantasyon nedenli kristalizasyon, yassı liflerde daha düşük sarım hızlarında başlamıştır. 3 farklı enine kesit şeklindeki lifler karşılaştırıldığında, lif enine kesit şeklindeki değişimin yüksek hızlı lif üretim prosesinde lif yapısının gelişmesine çok fazla etkisi olmadığı araştırmacılar tarafından belirtilmiştir.

Alston, Hansen ve Duncan (2002) farklı enine kesit şekillerine sahip poliester liflerinin %100 poliester ve %50 poliester:%50 pamuk rotor iplikleri üzerine etkisini incelemiştir. Çalışmada dairesel, delikli dairesel, trilobal, oval, yassı, yer fıstığı şeklinde ve taraklı oval şekilde olmak üzere 7 farklı enine kesit şeklinde lif

üretimiştir. Bu liflerden oval, yassı, fıstık ve taraklı oval enine kesit şekline sahip olan liflerin enine kesit en-boy oranı 1'den daha büyüktür. Dairesel, dairesele delikli ve trilobal liflerin ise enine kesit en-boy oranı 1'e eşittir. Tüm lifler 32 mm stapel uzunluğunda kullanılmıştır ve bu liflerden rotor iplikleri üretilmiştir. Sonuç olarak enine kesit en-boy oranı birden büyük olan lifler diğer liflere göre iplik üretimi sırasında daha az iplik kopuşuna neden olmuştur. Fıstık ve taraklı oval enine kesit şekillerine sahip olan lifler hem birden fazla loba hem de 1'den büyük en boy oranına sahiptir ve bu iki tip lifte iplik kopuşları en azdır. Liflerin bu üstün rotor eğrilme özellikleri düşük burulma rijitliği ve düşük lif-yüzey temasının bir sonucu olarak görülmüştür. Araştırmacılar tarafından bu şekilde, farklı enine kesit şekillerine sahip poliester lifleri kullanılarak dairesele enine kesitli liflere göre rotor hızının %15'e kadar artırılabilceği belirtilmiştir.

Ma, Tan ve Wu (2002) üç farklı enine kesit şeklindeki polipropilen liflerinin taze beton rötre çatlağı üzerine etkisini incelemiştir. Taze beton rötre çatlağı, dökülmüş düz ve büyük bir beton tabakasında kuru ve rüzgarlı günlerde dökümü takip eden 4-6 saat içerisinde meydana gelen çatlaklardır. Taze beton rötre çatlağı betonun yalnızca görünümünü değil mekanik ve fiziksel özelliklerini de etkilemektedir. Hazırlanan betona az miktarda polipropilen lifleri eklemenin bu oluşumu azaltmada etkili olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada dairesele, trilobal ve fibrilize şerit olmak üzere 3 farklı lif enine kesit şeklinin taze beton rötre çatlaması üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmada adı geçen lifler %0,05, %0,1 ve %0,15 olmak üzere hacimce üç oranda betona eklenmişlerdir. Hazırlanan numunelerde meydana gelen kuruma rötresi çatlağı ve çatlak genişliğinin dağılımı gözlenmiştir.

Tüm liflerin çatlak genişlemesini engellediği görülmüştür. Liflerin beton içerisinde hacimce oranları arttıkça numunelerdeki çatlak genişliği azalmıştır. Lif enine kesit şeklinin kuruma rötre çatlaması üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Test sonuçları göstermiştir ki; taze beton rötre çatlamasına karşı dirençte dairesele lifler fibrilize şeritlere göre daha belirgin bir etkiye sahiptir. Trilobal lifler ise dairesele liflerden biraz daha fazla etki göstermiştir.

Bueno, Aneja ve Renner (2004) lif enine kesit şeklinin poliester düz jarse örme kumaşların yüzey özelliklerine etkisini araştırmıştır. Çalışma kapsamında iki farklı incelik sınıfına giren 4 farklı enine kesit şekline sahip toplam altı tip kesikli lif ipliği üretilmiştir. Buna göre dairesel ve taraklı oval liflerden bir ince bir de kaba lif sınıfına giren iplikler üretilmiş ve bunlara ek olarak artı şeklindeki liflerden ince lif sınıfına giren, altı kanallı liflerden ise kaba lif sınıfına giren iplikler üretilmiştir. Tüm tip iplikler kesit şekli ve lif inceliği dışında özdeş üretim koşulları altında üretilmişlerdir.

Üretilen tüm iplikler 40 mm uzunlukta kesilmiş ve aynı yapı, büküm ve iplik numarasına sahip olacak şekilde kesikli lif ipliği haline getirilmişlerdir. İplikler 0,5 cm ilmek uzunluğuna sahip olacak şekilde aynı makine ayarlarında örülmüş ve testlerden önce relaxe edilmişlerdir. Bundan sonra örme kumaşların sürtünme özellikleri belirlenmiş ve bir pürüzlülük-sürtünme kriteri geliştirilmiştir. Çalışma sonucunda ince lif içeren iplik tipinde minimum eylemsizlik momenti ve pürüzlülük-sürtünme kriterinin sırasıyla taraklı oval lifler, dairesel lifler ve artı şeklindeki liflerde arttığı görülmüştür. Kalın lif içeren iplik tipinde ise minimum eylemsizlik momenti ve pürüzlülük sürtünme kriterinin taraklı oval, altı kanallı ve dairesel liflerde sırasıyla arttığı görülmüştür.

Özçelik (2005) delikli liflerden oluşan FDY (fully drawn yarn) multifilament ipliklerinin bazı kullanım özelliklerine lif enine kesit şekli, iplik sarım hızı ve üfleme havası sıcaklığının etkisini incelemiştir. Çalışmada dairesel, delikli dairesel, trilobal ve delikli trilobal olmak üzere dört farklı enine kesit şekline sahip poliester lif üretilmiş ve bu filamentlerin 48 adedinden aynı incelikte iplikler elde edilmiştir. Üretilen ipliklerin incelikleri, düzgünsüzlükleri, gerilme özellikleri ve kaynama-çekme davranışları belirlenmiştir. Ardından iplikler çorap örme makinesinde yüzey haline getirilmiş ve elde edilen kumaşların kalınlıkları, gramajları, kılcal ıslanmaları, boncuklaşma eğilimleri ve boya alımları incelenmiştir.

Sonuç olarak çalışmada üretim tipine göre iplikler arasında önemli bir incelik değişimi tespit edilmemiştir. Sarım hızının artması ile tüm iplikler için kaynama çekme değerinde düşüş, maksimum yükte ve maksimum dayanımda artış, maksimum uzama oranında önemli ölçüde düşüş, modül değerlerinde artış, düzgünlük değerlerinde düşüş, kumaşların boyarmadde alımında ve parlaklığında ise artış gözlenmiştir.

Üfleme havasının sıcaklığı arttığında tüm iplik kesitlerinin kaynama çekme değerlerinde düşüş ve trilobal lifler hariç diğer tüm tip ipliklerde düzgünlükte artış meydana gelmiştir. Üfleme havasının sıcaklığının maksimum yüke, maksimum dayanıma, maksimum % uzamaya ve elde edilen kumaşların kalınlığına, kumaş parlaklığına ve kumaşların boyarmadde alımına belirgin bir etkisi görülmemiştir. Kesit şekline göre kaynama çekmesi değerinin yüksekte düşüğe doğru delikli dairesel lifler, delikli trilobal lifler, dairesel lifler, trilobal lifler şeklinde sıralandığı gösterilmiştir.

Lif enine kesit şeklinin ipliğin maksimum dayanımına ve taşıyabileceği maksimum yüke belirgin bir etkisi tespit edilmemiştir. İçi boş liflerin içi dolu liflere göre daha düşük uzama oranı ve daha yüksek modül gösterdiği tespit edilmiştir. İçi boş liflerin içi dolu liflere göre kumaş kalınlığını, gramajını, parlaklığını ve kılcal yükselmesini artırdığı görülmüştür.

Petrick, Hild ve Obendorf (2006) naylon 6.6 halı liflerinin kirlenme özellikleri üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışmanın asıl amacı; iki farklı şekil faktörüne sahip trilobal lif karışımından üretilen halıların kirlenme özellikleri üzerine, florokarbon içeren bitim işleminin etkisini incelemektir. Çalışmada, farklı şekil faktörlerine sahip trilobal liflerin kirlenmesi de elektron mikroskobu kullanılarak incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucu daha derin oyukları bulunan trilobal liflerin partiküllü kir çözeltisi ile kirletildiğinde oyuklarında kir biriktiği tespit edilmiştir.

Tyagi, Gopal ve Gon (2007) lif enine kesit şeklinin ve üretim hızının poliester:viskon (PES:CV) ve poliester:pamuk (PES:Co) ring ve hava jetli eğirme

ipliklerinin performans özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada lif enine kesit şekli, iplik tipi, iplik üretim hızı ve iplik kompozisyonu olmak üzere dört farklı değişken bulunmaktadır. Lif enine kesit şekli olarak dairesel ve trilobal şekiller seçilmiştir. Üretilen ipliklerin performans özellikleri ile ilgili yapısal entegrasyon, iplik rijitliği, iplik tüylülüğü ve iplik aşınma direnci belirlenmiştir. Sonuç olarak, tüm iplik yapıları için trilobal enine kesit şeklinde lifler eklendiğinde yapısal entegrasyon, aşınma dayanımı ve tüylülüğün büyük ölçüde düştüğü sonucuna varılmıştır. Bu özelliklerdeki azalmalar lif karışımına ve üretim hızına da bağlıdır.

Karaca ve Özçelik (2007) enine kesit şeklinin poliester liflerinin içyapısı ve bazı fiziksel özelliklerine etkisini incelemiştir. Çalışmada dairesel, delikli dairesel, trilobal ve delikli trilobal olmak üzere dört farklı enine kesit şekline sahip poliester lifi üretilmiştir. Lifler FDY olarak aynı koşullar altında üretilmiştir. Çalışmada eriyikten çekilen liflerin özelliklerini etkileyen viskozite, lif çekim sıcaklığı, sarım hızı ve soğutma hızı gibi faktörler sabit tutulmuş ve sadece lif enine kesit şekilleri değiştirilmiştir. Üretilen iplikler 167 dtex inceliğindedir ve 48 adet filament içermektedir. Üretilen liflerin enine kesit şekilleri elektron mikroskobu kullanılarak incelenmiştir. Liflerin içyapısı ve fiziksel özellikleri açısından kristaliniteleri, erime sıcaklıkları, entalpileri, maksimum gerilmeleri, maksimum uzama oranları, modülleri, akma gerilmeleri, düzgünsüzlükleri ve kaynar suda çekme özellikleri karşılaştırılmıştır.

Çalışmada sonuç olarak farklı enine kesitteki liflerin erime sıcaklıkları aynı ve 255°C olarak tespit edilmiştir. Entalpi değerleri dairesel lifler için en yüksek, delikli dairesel lifler için ise en düşük çıkmıştır. Lif enine kesit şeklinin kristalinite üzerine yalnızca küçük bir etkisinin görüldüğü belirtilmiştir. Liflerin gerilim altındaki özellikleri incelendiğinde delikli liflerin daha rijit oldukları ve plastik deformasyona daha dirençli oldukları görülmüştür. Delikli lifler diğer liflere göre daha düşük maksimum uzama ve daha yüksek modül sergilemiştir. Lif enine kesit şeklinin liflerin maksimum gerilmesi üzerine yalnızca küçük bir etkisinin olduğu çalışmacılar tarafından belirtilmiştir. Delikli lifler diğer liflere göre daha yüksek çekme göstermiştir. Lif enine kesit şeklinin iplik düzgünsüzlüğü üzerine etkisi

incelendiğinde ise düzgünsüzlük yüzdesinin yalnızca delikli dairesel lifler için 1'den yüksek olduğu, diğer lifler de ise benzer ve düşük olduğu tespit edilmiştir.

Das ve arkadaşları (2008) lif enine kesit şekli ve çapının poliester kumaşların nem iletimi üzerine etkisini incelemiştir. Çalışmada dairesel, üçgen ve trilobal olmak üzere üç farklı enine kesit şeklinde lif üretilmiştir. Lifler aynı molekül ağırlığına sahip poliesterden ve yaklaşık olarak aynı incelikte üretilmiştir. Ayrıca lif çapının etkisini incelemek üzere mikrodenye inceliğinde poliester lifleri de üretilmiştir.

Deneylerde kullanılmak üzere lifler dokuma tekniği kullanılarak 2/1 dimi örgü yapısı ile yüzey haline getirilmiştir. Üretilen lifler sadece atkı ipliği olarak kullanılmıştır, çözümlü ipliği olarak ise pamuk ipliği kullanılmıştır. Dairesel, üçgen ve trilobal enine kesitteki liflerden aynı sıklıklarda kumaşlar dokunmuştur. Mikrodenye lifler de atkı ipliği olarak kullanılmıştır ve dairesel lifler ile aynı örtücülüğü sağlayacak şekilde dokunmuştur.

Çalışmada üretilen lifleri karakterize etmek üzere liflerin şekil faktörleri hesaplanmıştır. Bunun için belirli enine kesitteki lifin çevre uzunluğu aynı kesit alanına sahip bir dairesel lifin çevre uzunluğuna bölünerek şekil faktörleri hesaplanmıştır. Buna göre dairesel liflerin şekil faktörü 1, üçgen liflerin şekil faktörü 1,2864 trilobal liflerin şekil faktörü ise 1,326 olarak tespit edilmiştir. Kumaşların nem iletimini belirlemek amacı ile düzlem boyunca ıslanma, dikey ıslanma ve su buharı geçirgenlikleri tespit edilmiştir. Buna ek olarak kumaşların hava geçirgenliği de ölçülmüştür.

Çalışmada sonuç olarak aynı incelikte farklı enine kesit şekillerindeki liflerden dokunmuş kumaşlarda lif şekil faktörü büyüdükçe, kumaşların ıslanma özelliklerinin iyileştiği, su ve buhar geçirgenliğinin ise azaldığı tespit edilmiştir. Lif çapı ile ilgili olarak ise mikrodenye liflerden oluşan iplik ile standart denyedeki dairesel iplikten dokunmuş kumaşların özellikleri karşılaştırılmıştır. Buna göre lif çapındaki azalmanın kumaşların ıslanma özelliklerinde artışa; hava ve su geçirgenliğinde ise azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir.

Diğer bir çalışmada ise N. Wang, Zha ve J. Wang (2008) lif enine kesit şekli, büküm ve tekstüre işleminin poliester ipliklerinin ıslanma özellikleri üzerine etkisini kılcal yükselme metodunu (dikey ıslanma testi) kullanarak incelemiştir. Çalışmada; dairesel enine kesitli liflerden oluşan yalancı büküm verilmiş iplik, beş loblu liflerden oluşan yalancı büküm verilmiş iplik ve dairesel liflerden oluşan bükümsüz multifilament iplikten oluşmak üzere 3 farklı tipte iplik üretilmiştir. Üretilen ipliklerin inceliği 334 dtex'tir ve 144 filamentten oluşmaktadır. Liflere büküm vermek amacı ile bir laboratuvar cihazı olan Büküm ölçer kullanılmıştır ve liflere 0-1175 tur/m arasında çeşitli büküm seviyelerinde büküm verilmiştir.

Elde edilen ipliklerdeki kılcal yükselmeyi tespit etmek amacı ile belirli uzunluktaki iplikler alt uçlarından potasyum kromat çözeltisine daldırılmış ve dikey olarak duracak şekilde üst uçlarından bir düzeneğe sabitlenmiştir. Düzeneğe mm ölçülerini gösteren bir cetvel eklenmiştir. İpliklerin alt ucunun çözeltiliye daldırılmasından 30 dk sonra çözeltinin iplik boyunca ne kadar yükseldiği cetvel yardımıyla belirlenmiştir. Her bir tip iplik için deney 5'er kez tekrarlanmış ve ıslanma yüksekliklerinin ortalaması alınmıştır.

Sonuç olarak, farklı enine kesitteki liflerin ıslanma özellikleri karşılaştırıldığında aynı büküm seviyesinde beş loblu liflerin ıslanma yüksekliklerinin açık şekilde daha yüksek olduğu görülmüştür. Büküm seviyesinin liflerin ıslanma özelliklerine etkisi ise maksimum ıslanma yüksekliğine çıkana kadar doğru orantılı olmuştur. Ancak maksimum ıslanma yüksekliğine çıkıldıktan sonra büküm seviyesinin artması ile ıslanma yüksekliğinin azaldığı tespit edilmiştir.

Taşcan ve Vaughn (2008) lif enine kesit şekli, lif inceliği ve kumaş yoğunluğunun dokusuz yüzey kumaşların akustik özelliklerine etkisini incelemiştir. Çalışmada 3 farklı enine kesit şekline ve iki farklı inceliğe sahip toplam beş tip liften hazırlanmış farklı yoğunluklarda poliester kumaşlar kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan lif enine kesit şekilleri 4 derin kanallı (4DG), dairesel ve trilobal şekillerdir. 4DG ve dairesel

liflerden 3 ve 15 denye inceliklerinde toplam 4 tip, trilobal liflerden ise 15 denye inceliğinde tek tip lif üretilmiştir.

Liflerin enine kesit şeklinin ses yalıtımı üzerine etkisini incelemek amacı ile 15 denye inceliğinde liflerden üretilmiş kumaşların özellikleri karşılaştırılmıştır. 4DG ve trilobal liflerden elde edilen kumaşların ses yalıtımı dairesel liflerden elde edilenlere göre daha yüksek çıkmıştır. Bunun, 4DG liflerin yüzey alanının dairesel liflerin yüzey alanından çok daha fazla olmasından kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Lif inceliği bakımından 3 denye incelikteki liflerden elde edilen kumaşların yalıtım özelliğinin daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Kumaş yoğunluğu ile ilgili olarak ise kumaş yoğunluğunun artması ile ses yalıtımının arttığı tespit edilmiştir.

Kino ve Ueno (2008) poliester liflerinden üretilen ses absorplayıcı materyallerin akustik ve akustik olmayan özellikleri üzerine lif enine kesit şeklinin etkisini araştırmışlardır. Çalışmada dairesel, delikli, üçgen ve yassı lif enine kesit şekilleri kullanılmıştır. Lifler aynı incelikte ve 0,22 tex olarak üretilmişlerdir. Liflerden oluşturulan yüzeyler aynı yoğunluğa sahiptir. Çalışma sonucunda lif enine kesit şeklinin, poliester ses absorblayıcı malzemelerinin akustik ve akustik olmayan özelliklerini kontrol edebileceği görülmüştür.

Özkan (2008) filament enine kesit şeklinin, sayısının ve lineer yoğunluğunun POY ve tekstüre poliester ipliklerinin özellikleri üzerine etkisini incelemiştir. Çalışmada 5 farklı lif enine kesit şekli kullanılmıştır. Üretilen lif enine kesit şekilleri dairesel, trilobal, dört kanallı, altı kanallı ve sekiz lobludur. Üretilen ipliklerde 24, 34, 47, 68 ve 100 adet olmak üzere farklı filament sayıları kullanılmıştır. Çalışmada üretilen POY ipliklerinin incelikleri 283 ve 133 dtex'tir. Bu iplikler tekstüre işlemine tabi tutulmuş ve sonuç olarak 178 ve 84 dtex inceliklerinde iplikler üretilmiştir. Çalışmada toplam 19 farklı tip POY iplik üretilmiştir. Üretilen liflerin bir kısmının tekstüre edilmesi ile lif enine kesit şekli, iplik enine kesitindeki filament sayısı ve lineer yoğunluklarının değiştiği toplam 38 tip iplik ile çalışılmıştır.

Üretilen tüm iplik tipleri için lif enine kesit şekilleri belirlenmiş ve mukavemet-uzama testleri yapılmıştır. Buna ilave olarak POY sürekli ipliklerinin düzgünsüzlükleri belirlenmiş, tekstüre ipliklerin ise krimp-kıvrım testleri ve kaynama çekme testleri yapılmıştır. Ayrıca iplik üretim prosesinin kontrolü amacı ile iplik incelikleri ve iplik üzerindeki bitim yağı miktarları tespit edilmiştir.

Çalışmada üretilen ipliklerin özellikleri ile ilgili şu sonuçlara varılmıştır:

- POY sürekli filament ipliklerinde; iplikteki filament sayısının artması ile iplik içerisindeki liflerin temas yüzeyi, düzgünsüzlüğü, mukavemet ve uzama değerleri artmıştır. Bu iplikler birbirleri ile karşılaştırıldıklarında en yüksek mukavemete dairesel enine kesitli lifler sahiptir. Ayrıca bu ipliklerde lineer yoğunluk arttıkça düzgünsüzlük azalmış, daha düşük mukavemet ve uzama değerleri elde edilmiştir.
- Tekstüre iplikler incelendiğinde tüm liflerin enine kesit şekillerinin orijinal şekillerinden saptıkları görülmüştür. Tekstüre ipliklerinde de en yüksek mukavemete sahip lifler dairesel enine kesit şekilli liflerdir. Tekstüre ipliklerin mukavemeti POY ipliklerinininkine göre artmıştır. Tekstüre ipliklerin kıvrım özelliklerinden yola çıkılarak en yüksek hacimliliğe dairesel enine kesit şeklindeki liflerin sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Hasan ve diğerleri (2009) dairesel ve artı enine kesit şekline sahip poliester liflerinin termal, termomekanik ve gerilme özelliklerini incelemiştir. Çalışmada lif enine kesit şekli dışındaki tüm parametreler sabit tutulmuştur. İplikteki filament adedi 12'dir ve üretilen liflere godet çıkırıkları kullanılarak herhangi bir germe-çekme işlemi yapılmamıştır.

Üretilen liflerin enine kesit şekilleri optik mikroskop kullanılarak incelenmiştir ve bundan elde edilen fotoğraflar kullanılarak bilgisayar yardımı ile liflerin çapları, çevreleri, yüzey alanları ve dairesellikleri hesaplanmıştır. Liflerin gerilme özellikleri; tek lif ve ipliklerin mukavemetlerinin ölçülmesi ile belirlenmiştir. Liflerin termal özellikleri DSC kullanılarak, termomekanik özellikleri ise TMA (Termomekanik analiz cihazı) kullanılarak tespit edilmiştir.

Çalışmada sonuç olarak; artı şeklindeki liflerin birim uzunluğuna karşılık gelen yüzey alanının dairesel liflerinkine oranla yaklaşık %60 kadar daha fazla olduğu, bu nedenle lif üretimi esnasındaki davranışlarının değiştiği ve bu yüzden daha gelişmiş bir oryantasyon sergilediği sonucuna varılmıştır. Buna kanıt olarak da aşağıda belirtilen sonuçlar gösterilmiştir:

- Artı şeklindeki lifler dairesel liflere göre daha fazla kopma uzaması göstermiştir. Ancak artı şeklindeki liflerdeki daha düşük düzenlilik ve daha fazla yüzey hatasından dolayı bu liflerin mukavemeti de dikkate değer şekilde daha düşük çıkmıştır.
- Artı şeklindeki liflerin soğuk kristalizasyon entalpisi dairesel liflerinkinden daha düşüktür ve artı şeklindeki liflerin kristalinite dereceleri biraz daha fazladır.
- TMA sonuçları artı şeklindeki liflerin sıcaklık etkisi altında boyutsal değişime daha az meyilli olduğunu göstermektedir.

Hasan, Calvimontes ve Dutschk (2009) diğer bir çalışmada ise; iki farklı enine kesit şekline sahip poliester liflerinden dokunmuş kumaşlara kir itici bir polimer (Stain Retaining Polymer-SRP) ile işlem yapmıştır ve bu polimerin kumaşların kir iticilik ve ıslanma özelliklerine etkisini incelemiştir. Çalışmada dairesel ve artı şeklinde enine kesite sahip lifler kullanılmıştır.

Çalışmada, 2 farklı enine kesit şeklinde life sahip olmak üzere toplam 8 tip kumaş üretilmiştir. Kumaş tipleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

<u>Kumaş Durumu</u>	<u>Modifikasyon Durumu</u>
dairesel lif- bitim yağı uzaklaştırılmış	SRP uygulanmış
	SRP uygulanmamış
dairesel lif- ısıt işlem yapılmış	SRP uygulanmış
	SRP uygulanmamış
artı şeklinde lif- bitim yağı uzaklaştırılmış	SRP uygulanmış
	SRP uygulanmamış
artı şeklinde lif- ısıt işlem yapılmış	SRP uygulanmış
	SRP uygulanmamış

Bu kumaşlar kirletici maddeler ile kirletilmiş ve ardından deterjan ile yıkanarak temizlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yüzey temizlenebilirlikleri ısıt fiksaj

görmüş artı şeklindeki liflerden oluşmuş ve SRP uygulanmamış kumaş haricinde tüm kumaşlar için artı şeklindeki lifler için daha iyi çıkmıştır. Ayrıca artı şeklindeki lif kumaşları SRP uygulanmadan önce dairesel lif kumaşlarına nazaran daha hidrofob iken, SRP uygulanmasından sonra tam tersi bir durum oluşmuştur.

Tyagi, Krishna, Bhattacharya ve Kumar (2009) farklı deney koşullarının, ring ve hava jetli eğirme ipliklerinden elde edilen bezayağı kumaşların termal konfor özelliklerine etkisini incelemiştir. Çalışmada farklı oranlarda poliester içeren poliester:viskon (PES:CV) ve poliester:pamuk (PES:Co) karışım iplikleri kullanılmıştır. Üretilen karışım ipliklerinin bir kısmında dairesel enine kesitli poliester lifleri kullanılırken bir kısmında trilobal enine kesitli poliester lifleri kullanılmıştır. Ring ve hava jetli eğirme sistemlerinde eğrilen karışım ipliklerinden bezayağı kumaşlar dokunmuş ve bu kumaşların termal konfor özellikleri ile ilgili hava ve su buharı geçirgenlikleri, termal yalıtımları, ıslanma özellikleri ve toplam sıvı emicilikleri ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda iplik yapısı, lif karışım oranları ve lif enine kesit şeklinin dokuma kumaşların termal konforunu geliştirmede büyük bir etkisi olduğu görülmüştür. Hava jetli eğirme ipliklerinden dokunan kumaşların ring iplikten dokunan kumaşlara göre emicilik, hava ve su buharı geçirgenliği ve ısı yalıtım bakımından daha iyi performans sergilediği belirlenmiştir. Karışımlara trilobal enine kesit şekline sahip lifler eklenerek bu özellikler iyice gelişmiştir.

Gabbay ve arkadaşları (2006) bakır oksit katkılı kompozit liflerin antibakteriyel etkisi üzerine çalışmıştır. Çalışmada bakır oksit partikülü içeren iki farklı gramajda polipropilen spunbond kumaşları ile bakır oksit içeren poliester ve poliamid lifleri üretilmiştir. Üretilen poliamid ve poliester lifleri 140 denye inceliğinde iki katlı iplik haline getirilmiştir. Üretilen ipliklerden yuvarlak örme makinesi kullanılarak örgü kumaş numuneleri üretilmiştir.

Üretilen kompozit lifli kumaşlara antibakteriyel aktivite testleri uygulanmıştır. Testlerde gram pozitif ve gram negatif bakteriler kullanılmış ve kumaşların bu bakterilere karşı öldürücü etkisi tespit edilmiştir.

Sonuç olarak her iki gramajdaki polipropilen spunbond kumaşlarında da, gram pozitif ve gram negatif bakteri çeşitlerinde 4 saatlik maruz kalma süresi sonunda %99,9 azalma tespit edilmiştir. Kompozit lifli poliester kumaşlarında 1 ve 2 saatlik maruz kalma sürelerinden sonra %98'i aşan bakteri azalmaları bulunmuştur. Poliamid içeren kumaşlarda ise 1 saatlik maruz kalma süresi sonucunda gram pozitif ve gram negatif bakterilerinde %99'u aşan azalmalar meydana gelmiştir.

BÖLÜM İKİ

MATERYAL ve METOT

2.1 Materyal

Araştırmada materyal olarak Setaş Kimya Sanayi A.Ş.'den temin edilen ve lif çekiminde kullanılan polipropilen polimer maddesi ile 4,5 denye inceliğindeki dairesel ve üçgen kesitteki liflerden oluşan bükümsüz poliester multifilament iplikleri kullanılmıştır.

Temin edilen polipropilen polimer maddesinden laboratuvar tipi eriyikten lif çekim makinesi kullanılarak farklı enine kesitte bükümsüz multifilament iplikler elde edilmiştir. Lif üretimi için eriyikten lif çekim yöntemi kullanıldığından polipropilen polimer maddenin matlaştırıcı içermeyen, cips formunda olanları ile bu lif çekim yöntemine uygun yardımcı kimyasallar kullanılmıştır.

Aşağıda bulunan Tablo 2.1, Tablo 2.2 ve Tablo 2.3'te araştırmada kullanılan materyallerin özellikleri toplu halde verilmiştir.

Tablo 2.1 %100 polipropilen, renkli polipropilen ve kompozit polipropilen lif/iplik üretiminde kullanılan materyaller ve özellikleri

Polimer madde	Özgül ağırlık	Materyal formu	Bitim yağı (spin finish)
Polipropilen (izotaktik polipropilen)	0,9 gr/cm ³	Cips	%8'lik yağ-su emülsiyonu

Tablo 2.2 Renkli polipropilen lif/ipliklerin üretiminde kullanılan yardımcı malzemeler ve özellikleri

Materyal	Taşıyıcı polimer	Boyarmadde (bm) kombinasyonu	Katılma oranı
Masterbatch	Polipropilen	Sarı- Pigment bm	%2
		Kırmızı- Pigment bm	%2

Tablo 2.3 Kompozit polipropilen lif üretiminde kullanılan yardımcı malzemeler ve özellikleri

Kimyasal madde	Simgesi	Partikül büyüklüğü	Molekül ağırlığı (g/mol)	Formu	Çalışmada kullanım oranı
%98'lik Bakıroksit (Sigma Aldrich)	CuO	<5 µm	79.55	Toz	%1 %0,3

2.2 Metot

Üniversitemizin Bilimsel Araştırma Projesi tarafından desteklenen çalışma; dairesel, trilobal, üçgen ve delikli (renkli liflerde) olmak üzere farklı enine kesit şekillerinde %100 polipropilen, renkli polipropilen ve kompozit polipropilen lif/ipliklerinin üretilmesi, bu ipliklerden ayrıca iki farklı enine kesitte temin edilen poliester ipliklerden örme kumaş numunelerinin üretilmesi, elde edilen numunelerin çeşitli yapısal ve kullanım özelliklerinin belirlenmesi ve elde edilen deney sonuçlarının değerlendirilmesinden oluşmaktadır.

Sonuçların değerlendirilmesinde Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) istatistik metodu kullanılmıştır.

2.2.1 Liflerin Üretimi

Materyal bölümünde tanımlanan polimer maddelerden üretilen lifler/iplikler üretilme amaçlarına bağlı olarak 3 grupta toplanmıştır.

I-Kesit şeklinin kimyasal liflerin çeşitli yapısal ve kullanım özellikleri üzerine etkisini incelemek amacı ile hiçbir katkı veya renk maddesi içermeyen üç farklı enine kesit şeklinde polipropilen lifleri/ iplikleri üretilmiştir. Deneyler bu lifler ile iki farklı kesitte temin edilen poliester lifleri/iplikleri üzerinde yapılmıştır. Farklı

kesitteki bu liflere X Işını Kırınımı (XRD) analizi, Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) analizi, mekanik özellik testleri, kılcal yükselme ölçümleri ve parlaklık ölçümleri yapılmıştır ve sonuçlar araştırma sonuçları bölümünde verilmiştir.

















II- Farklı enine kesit şeklinin, kimyasal liflerin rengi üzerine etkisini görmek amacı ile iki farklı renkte ve 4 farklı enine kesitte polipropilen lif/iplikleri üretilmiştir. Üretilen lif/iplikler kumaş haline getirilerek renk ölçümleri yapılmıştır. Bu kapsamda üretilen liflerin, renk içermeyen polipropilen lifleri ile de karşılaştırılabilmesi amacı ile aynı enine kesit şekillerinde ve aynı çalışma koşulları altında renksiz polipropilen lif/iplikleri de üretilmiştir.








III-Enine kesit şeklindeki değişimin, kompozit liflerin özelliklerine etkisini görmek amacı ile çalışma kapsamında kompozit polipropilen lifleri üretilmiştir. Bu amaç ile iki farklı konsantrasyonda katkı maddesi içeren 3 farklı enine kesit şekline sahip kompozit polipropilen lifleri üretilmiştir. Kompozit polipropilen liflerine üretim amacına uygun olarak XRD analizi, DSC analizi, mekanik özellik testleri yapılmıştır ve sonuçlar değerlendirilerek araştırma sonuçları kısmında verilmiştir.

Araştırmada; polipropilen, poliester, renkli polipropilen ve kompozit polipropilen iplik numunelerinin oluşturduğu, farklı enine kesitte toplam 23 adet lif/iplik numunesi üzerinde deneyler yapılmıştır. Çalışmanın deneysel kısmında ve sonuçların değerlendirilmesinde kolaylık sağlaması amacı ile üretilen iplıklere enine kesit şekillerine göre kodlar verilmiştir.

Çalışma materyali olarak üretilen tüm lif/iplikler kodları ile birlikte Tablo 2.4'te verilmiştir.

Tablo 2.4 Çalışma kapsamında üretilen tüm lif/iplikler ve kodları

Üretim tipi		Materyal no	Lif kodu	Kesit şekli
% 100 Polipropilen lif/iplikleri		1	PP DR	Dairesel 
		2	PP T	Trilobal 
		3	PP D	Üçgen 
% 100 Poliester lif/iplikleri*		4	PES DR	Dairesel 
		5	PES D	Üçgen 
Renk maddesi içermeyen lif/iplikler **	% 100 polipropilen	6	PP DR (2)	Dairesel 
	% 100 polipropilen	7	PP T (2)	Trilobal 
	% 100 polipropilen	8	PP D (2)	Üçgen 
	% 100 polipropilen	9	PP H	Delikli 
Renkli polipropilen lif/iplikleri	%98 polipropilen %2 sarı renk	10	PP DR S	Dairesel 
	%98 polipropilen %2 kırmızı renk	11	PP DR K	Dairesel 
	%98 polipropilen %2 sarı renk	12	PP T S	Trilobal 
	%98 polipropilen %2 kırmızı renk	13	PP T K	Trilobal 
	%98 polipropilen %2 sarı renk	14	PP D S	Üçgen 
	%98 polipropilen %2 kırmızı renk	15	PP D K	Üçgen 
	%98 polipropilen %2 sarı renk	16	PP H S	Delikli 
	%98 polipropilen %2 kırmızı renk			

	%98 polipropilen %2 kırmızı renk	17	PP H K	Delikli	
Kompozit polipropilen lif/iplikleri	%99,7 polipropilen- %0,3 bakıroksit içeren lif/iplikler	18	0,3CuO PP DR	Dairesel	
	%99 polipropilen- %1 bakıroksit içeren lif/iplikler	19	1CuO PP DR	Dairesel	
	%99,7 polipropilen- %0,3 bakıroksit içeren lif/iplikler	20	0,3CuO PP T	Trilobal	
	%99 polipropilen- %1 bakıroksit içeren lif/iplikler	21	1CuO PP T	Trilobal	
	%99,7 polipropilen- %0,3 bakıroksit içeren lif/iplikler	22	0,3CuO PP D	Üçgen	
	%99 polipropilen- %1 bakıroksit içeren lif/iplikler	23	1CuO PP D	Üçgen	

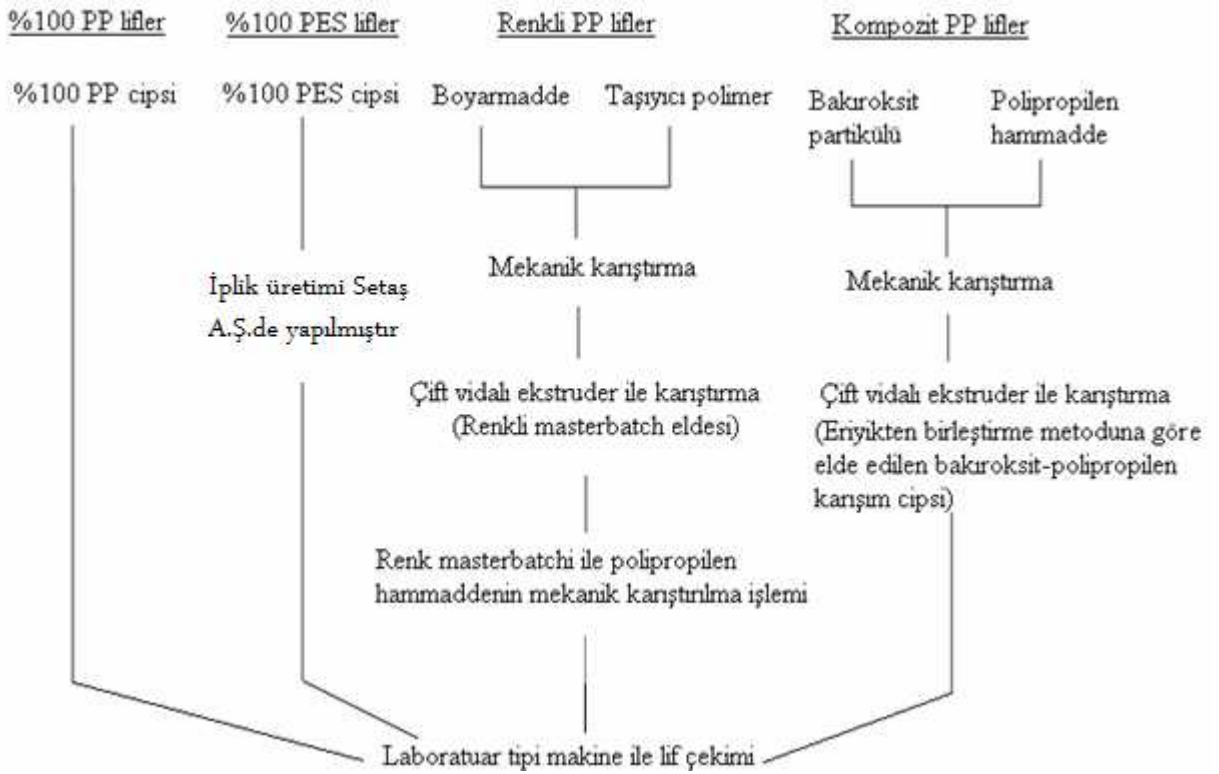
*Setaş Masterbatch'den hazır olarak temin edilmiştir.

**Renkli lif üretimi esnasında tekrar üretilen renk maddesi içermeyen polipropilen lifleridir.

DR:dairesel T: trilobal D:üçgen (delta) H: delikli (hollow) S:sarı K:kırmızı

CuO: bakır oksit

Çalışma materyali olan lif/ipliklerin üretim aşamaları akış şeması halinde Şekil 2.1'de verilmiştir.

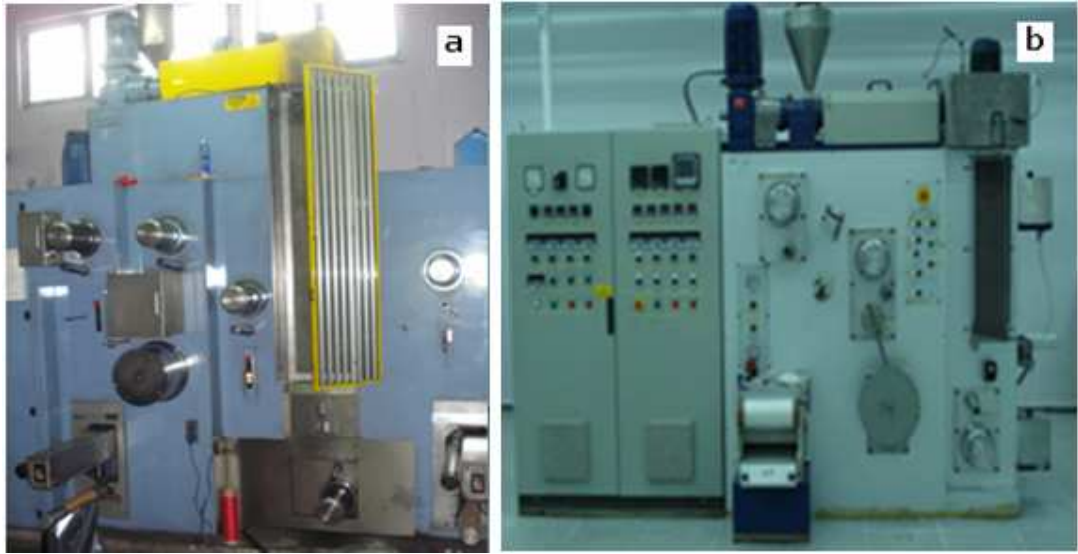


Şekil 2.1 Çalışma materyali olan liflerin üretim aşamaları

Çalışma kapsamında üretilen tüm lif/iplikler laboratuar tipi eriyikten lif çekim makinelerinde iki ayrı tesiste üretilmiştir. Laboratuar tipi eriyikten lif çekim makinesi kullanmanın en büyük avantajı; az miktarda malzeme kullanarak lif üretimini mümkün kılması ve zaman kayıplarının azalmasını sağlamasıdır.

Çalışma kapsamında üretilen %100 polipropilen lifler ve kompozit polipropilen lifler çalışma başında Setaş Kimya Sanayi A.Ş.- Masterbatch Bölümü Laboratuarında üretilmiştir. %100 poliester lifler ise doğrudan Setaş Kimya Sanayi A.Ş'den temin edilmiştir. Bu liflerin üretildiği eriyikten lif çekim makinesi Busschaert Engineering marka B-8540 tipi bir lif çekim makinesidir (Şekil 2.2 a).

Renkli polipropilen lifleri ise bölümümüz Lif Uygulama Laboratuarında bulunan Plantex 1.1 marka lif çekim makinesinde üretilmiştir. Bölümümüz laboratuarında bulunan lif çekim makinesi, tez çalışmaları sırasında tez ile aynı adı taşıyan Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında aktif hale getirilmiştir (Şekil 2.2 b).



Şekil 2.2 Lif üretimlerinin yapıldığı laboratuvar tipi lif çekim makineleri

- a- Busschaert marka lif üretim makinesi
- b- Plantex marka lif üretim makinesi

%100 polipropilen ve %100 poliester lifleri, cipslerin doğrudan lif çekim makinesine beslenmesi ile elde edilmiştir. Renkli polipropilen lifleri renk masterbatchleri kullanılarak üretilmiştir. Kompozit polipropilen lifleri ise bölüm 1.8.2.3'te anlatılan doğrudan eriyikten birleştirme yöntemine göre üretilmiştir.

Farklı enine kesit şekillerindeki liflerin özelliklerinin karşılaştırılabilir olması için tek lif inceliklerinin aynı olması gerekmektedir. Bu nedenle çalışmada tek lif incelikleri aynı olacak şekilde multifilament iplik üretimleri yapılmıştır. Tez kapsamında üretilen %100 polipropilen, renkli polipropilen ve kompozit polipropilen liflerinin inceliği 19 denye/filamenttir. %100 poliester liflerinin inceliği ise 4.5 denye/filamenttir ve poliester lifleri kendi içerisinde değerlendirilmiştir. Liflerin üretim koşullarına aşağıda ayrıntılı olarak değinilmiştir.

2.2.1.1 %100 Polipropilen Liflerin Üretimi

Çalışmada dairesel, trilobal ve üçgen olmak üzere üç farklı enine kesit şekline sahip %100 polipropilen lifleri üretilmiştir. Çalışma sırasında lif inceliğini birlikte belirleyen; germe-çekme silindirlerinin hızları ve pompa basıncı lif inceliğinin

19 denye/filament olmasını sağlayacak şekilde ayarlanmıştır. Yapılan birkaç denemeden sonra istenilen lif numarası tutturulmuş ve üretime geçilmiştir. Lif üretiminde mevcut düzeler kullanılmış ve 48 filament/iplik içeren dairesel ve trilobal lif bobinleri; 36 filament/iplik içeren üçgen lif bobinleri üretilmiştir. Liflerin üretilmesinde kullanılan laboratuvar tipi lif makinesi çalışma koşulları Tablo 2.5'te verilmiştir.

Liflerin üretildiği makinede ekstruder 5 kısımdan oluşmaktadır. Her bölümün sıcaklığı polipropilen hammaddeye uygun olacak şekilde 200-230°C arasında ayarlanmıştır ve değerler Tablo 2.6'da verilmiştir.

Tablo 2.5 %100 polipropilen liflerin üretim koşulları

Lif Çekim Makinesinin Özellikleri ve Çalışma Koşulları							
Ekstruder tipi: Tek vidalı ekstruder				Ekstruder vida hızı: 90 rpm			
Parametreler	Düze delik sayısı	Germe çekme silindirleri hızları (m/dk)	Silindir sıcaklıkları (°C)	Sarım hızı (m/dk)	Pompa basıncı (cc/dk)	Aktarılan bitim yağı miktarı (cc/dk)	Lif inceliği (denye)
Üretilen lifler-lif kodu							
PP DR	24x2=48	R1=417 R2=450 R3=750 R4=731	R1=R4 ısıtma yok R2=70°C R3=80°C	724	87	1,5	19
PP T	24x2=48	R1=417 R2=450 R3=750 R4=731	R1=R4 ısıtma yok R2=70°C R3=80°C	724	87	1,5	19
PP D	18x2=36	R1=489 R2=527 R3=879 R4=857	R1=R4 ısıtma yok R2=70°C R3=80°C	849	76	1,5	19

Tablo 2.6 Lif çekim makinesi ekstruder sıcaklıkları

Ekstrüder bölgesi	T1	T2	T3	T4	T5
Sıcaklıklar (°C)	200	210	215	220	230

2.2.1.2 Renkli Polipropilen Liflerinin Üretimi

Çalışma kapsamında dairesel, trilobal, üçgen ve delikli (hollow) olmak üzere dört farklı enine kesit şekline sahip renkli polipropilen lifleri üretilmiştir. Üretilen lifler sarı ve kırmızı olmak üzere iki renktedir. Buna ek olarak liflerin aynı özelliklerde ancak renksiz lifler ile de karşılaştırılabilmesi için aynı makinede %100 polipropilen lifleri de üretilmiştir.

Renkli lif üretiminde masterbatch yöntemi kullanılmıştır. Bunun için Senkroma Boyar Madde Sanayi ve Ticaret A.Ş.'den taşıyıcı polimeri polipropilen olan sarı ve kırmızı renklerde hazır masterbatchler temin edilmiştir. Bu nedenle Şekil 2.1'de belirtilen renk masterbatchi oluşturma aşamaları firmada gerçekleştirilmiştir. Temin edilen renk masterbatchleri ile polipropilen cipsleri ağırlıkça %2 oranında masterbatch içerecek şekilde mekanik olarak karıştırılmıştır ve lif çekim makinesine beslenmiştir. Lif inceliğinin 19 denye/filament olmasını sağlayacak şekilde makine ayarları yapılmıştır. Üretilen liflere ait makine çalışma koşulları Tablo 2.7'de, lif çekim makinesi ekstruder sıcaklıkları ise Tablo 2.8'de verilmiştir.

Lif üretimleri sırasında belirli bir sıra izlenmiştir. Her düze değişiminde öncelikle %100 polipropilen lifleri üretilmiştir. Bunun ardından sarı masterbatch içeren karışım beslenmiş ve istenen renk elde edilinceye kadar malzeme akıtılmıştır. İstenilen renk elde edildiğinde lifler bobinlere sarılmaya başlamıştır. Sarı renkteki liflerin üretiminden sonra renksiz polipropilen eklenip düzelerden akıtılarak düzede kalan rengin tamamen temizlenmesi sağlanmıştır. Temizleme işleminden sonra kırmızı masterbatch içeren karışım beslenmiş ve kırmızı liflerin de üretilmesi sağlanmıştır. Böylece aynı düze kullanılarak ard arda üretilen renkli liflerin renklerinin birbirine karışması engellenmiştir.

Tablo 2.7 Renkli polipropilen liflerin üretim koşulları

Lif Çekim Makinesinin Özellikleri ve Çalışma Koşulları							
Ekstruder tipi: Tek vidalı ekstruder				Ekstruder vida hızı: 30 rpm			
Parametreler	Düze delik sayısı	Germe çekme silindirleri hızları (m/dk)	Silindir sıcaklıkları (°C)	Sarım hızı (m/dk)	Pompa basıncı* (rpm/dk)	Aktarılan bitim yağı miktarı ** (m/dk)	Lif inceliği (denye)
Üretilen lifler-lif kodu							
PP DR (2)	72	R1=140 R2=506 R3=491	R1=65°C R2=75°C R3=ısıtma yok	607	30	10	19
PP DR S							
PP DR K							
PP T (2)	48	R1=140 R2=401 R3=411	R1=65°C R2=75°C R3=ısıtma yok	607	30	10	19
PP T S							
PP T K							
PP D (2)	72	R1=140 R2=401 R3=408	R1=65°C R2=75°C R3=ısıtma yok	607	30	10	19
PP D S							
PP D K							
PP H	72	R1=140 R2=423 R3=409	R1=65°C R2=75°C R3=ısıtma yok	607	30	10	19
PP H S							
PP H K							

*Pompa basıncı rpm/dk birimi ile devir sayısına bağlı olarak verilmiştir.

**Aktarılan bitim yağı ipliğe 1 dakikada aktarılan yağ cinsinden m/dk birimi ile verilmiştir.

Tablo 2.8 Lif çekim makinesi ekstruder sıcaklıkları

Ekstrüder bölgesi	T1	T2	T3	T4	T5
Sıcaklıklar (°C)	210	230	230	230	230

2.2.1.3 Kompozit Polipropilen Liflerinin Üretimi

Kompozit liflerin üretilmesi için öncelikle polipropilen hammadde ile bakıroksit partiküllerinin lif çekiminden önce bir araya getirilmesi gerekmektedir. Bunun için partiküller ile polimer, doğrudan eriyikten birleştirme yöntemine göre birleştirilmiştir. Bu amaçla iki madde öncelikle mekanik bir karıştırma işlemine tabi tutulmuştur. Mekanik karıştırma sonucu elde edilen fiziksel karışım çift vidalı ekstrudere beslenmiş ve iki maddenin homojen bir şekilde eriyik halinde karıştırılması sağlanmıştır. Eriyik halindeki karışımın daha homojen olabilmesi için karışım ekstruderden üst üste iki kez geçirilmiştir. Zira iki maddenin yeterince karıştırılmaması; üretilen kompozit liflerde homojensizliklere, katkı maddesinin topaklanmasına ve hatalara neden olabilmektedir.

Ekstruderden çıkan karışım su banyosunda soğutulmuş ve lif çekim makinesine beslenecek şekilde cips halinde kesilmiştir.

Çalışmada Belstof marka bir çift vidalı ekstruder kullanılmıştır. Kullanılan çift vidalı ekstruderin özellikleri ve çalışma koşulları Tablo 2.9'da verilmiştir.

Tablo 2.9 Çalışmada kullanılan çift vidalı ekstruderin özellikleri ve ekstruder sıcaklıkları

Ekstruder vida hızı: 350 dev/dk		Vida çapı: 25 mm			Vida uzunluk/çap oranı: 44	
Ekstruder bölgeleri	T1	T2	T3	T4	T5	
Sıcaklıklar (°C)	130	140	160	180	200	

Çalışmada oluşturulan karışımlar, iki farklı konsantrasyonda bakıroksit partikülü içerecek şekilde hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımlardaki bakıroksit partiküllerinin polipropilen hammaddeye ağırlıkça oranı %0,3 ve %1'dir.

Elde edilen kompozit polipropilen cipsleri doğrudan eriyikten lif çekim makinesine beslenmiştir. Bu şekilde %0,3 ve %1 bakıroksit içeriğine sahip; dairesel, trilobal ve üçgen olmak üzere üç farklı enine kesit şeklinde polipropilen lifleri üretilmiştir. Kompozit polipropilen cipslerinin ve kompozit polipropilen liflerinin üretimi Setaş Kimya Sanayi A.Ş.- Masterbatch Bölümü Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Kompozit polipropilen lifleri %100 polipropilen lifler ile aynı koşullar altında üretilmiştir.

Kompozit polipropilen liflerinin üretimine dair parametreler Tablo 2.10'da; lif çekim makinesi ekstruder sıcaklıkları ise Tablo 2.11'de verilmiştir.

Tablo 2.10 Kompozit polipropilen liflerin üretim koşulları

Lif Çekim Makinesinin Özellikleri ve Çalışma Koşulları							
Ekstruder tipi: Tek vidalı ekstruder				Ekstruder vida hızı: 90 rpm			
Parametreler	Düze delik sayısı	Germe çekme silindirleri hızları (m/dk)	Silindir sıcaklıkları (°C)	Sarım hızı (m/dk)	Pompa basıncı (cc/dk)	Aktarılan bitim yağı miktarı (cc/dk)	Lif inceliği (denye)
Üretilen lifler-lif kodu							
0,3CuO PP DR	24x2=48	R1=417 R2=450 R3=750 R4=731	R1=R4 ısıtma yok R2=70°C R3=80°C	724	87	1,5	19
1CuO PP DR							
0,3CuO PP T	24x2=48	R1=417 R2=450 R3=750 R4=731	R1=R4 ısıtma yok R2=70°C R3=80°C	724	87	1,5	19
1CuO PP T							
0,3CuO PP D	18x2=36	R1=489 R2=527 R3=879 R4=857	R1=R4 ısıtma yok R2=70°C R3=80°C	849	76	1,5	19
1CuO PP D							

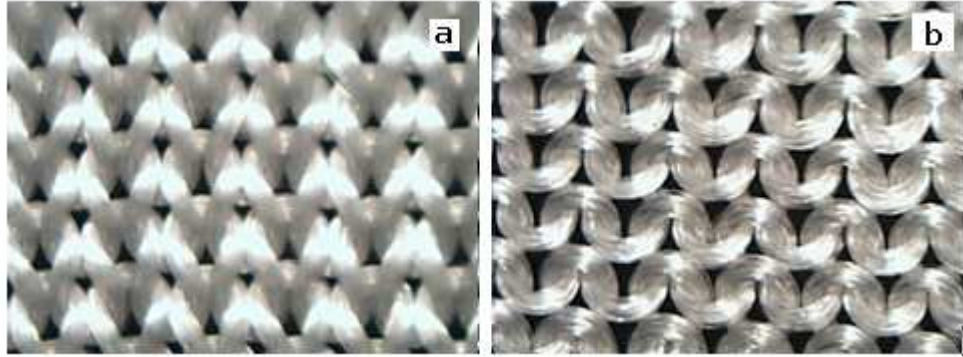
Tablo 2.11 Lif çekim makinesi ekstruder sıcaklıkları

Ekstrüder bölgesi	T1	T2	T3	T4	T5
Sıcaklıklar (°C)	200	210	215	220	230

2.2.2 Üretilen Liflerden Tekstil Yüzeyi Elde Edilmesi

Üretilen iplikler DEU Tekstil Mühendisliği Bölümü Örme Laboratuvarında bulunan el örme makinesinde yüzey haline getirilmiş, daha sonra örgü numunelerine parlaklık, renk, kılcal yükselme ve sıkıştırılabilirlik özellikleri ile ilgili testler uygulanmıştır.

Örgü yüzey oluşturma işlemi Diamat marka V yataklı örme makinesi kullanılarak yapılmıştır. Makinede yalnızca arka yatak çalıştırılarak düz kumaşlar örülmüştür (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Deneylerde kullanılmak üzere üretilen %100 polipropilen örgü numunelerinin fotoğrafları

a-) ön yüz

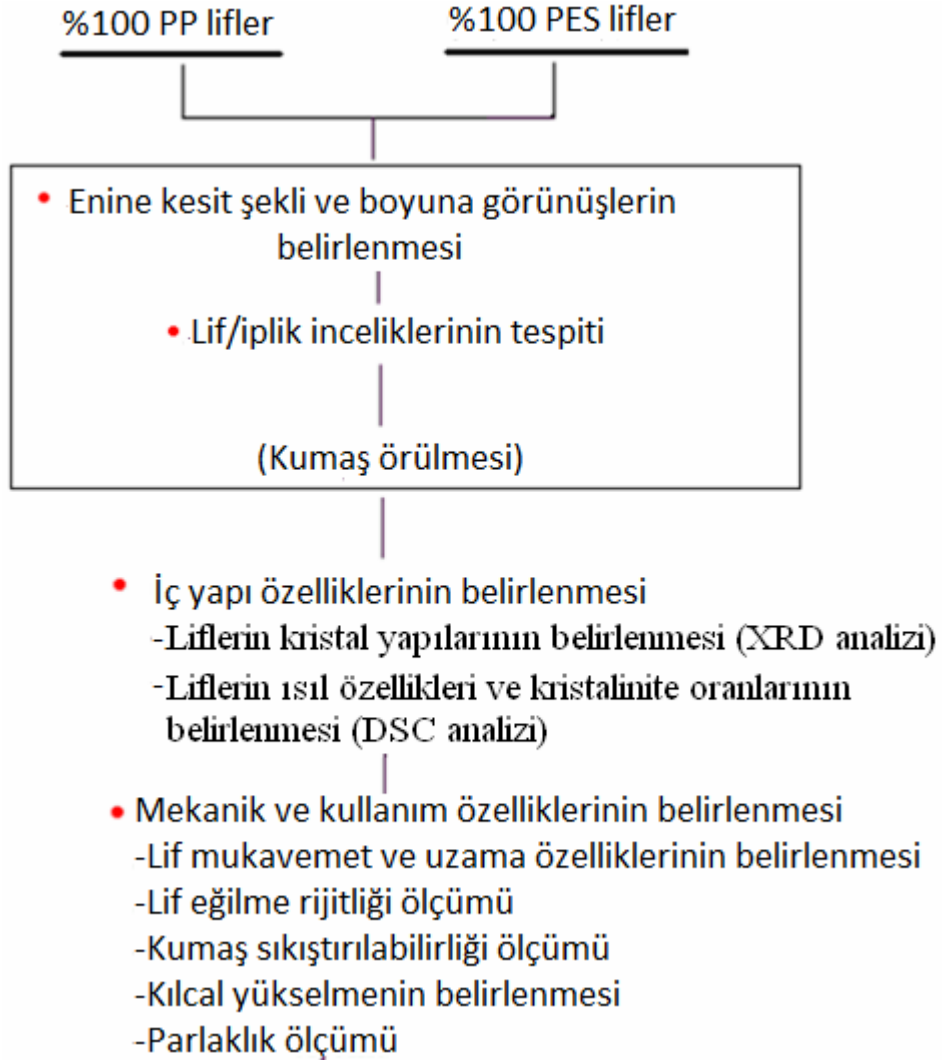
b-) arka yüz

Örülen kumaşlar, ilmeklerin son şeklini alması için 2 gün kuru relaksasyona tabi tutulmuştur. Relaksasyondan sonra kumaşlarda ilmek sıklıkları sayılmıştır. Örgü numunelerinde, 5,5 sıra/cm ve 6 çubuk/cm değerlerinde sıklıklar tespit edilmiştir.

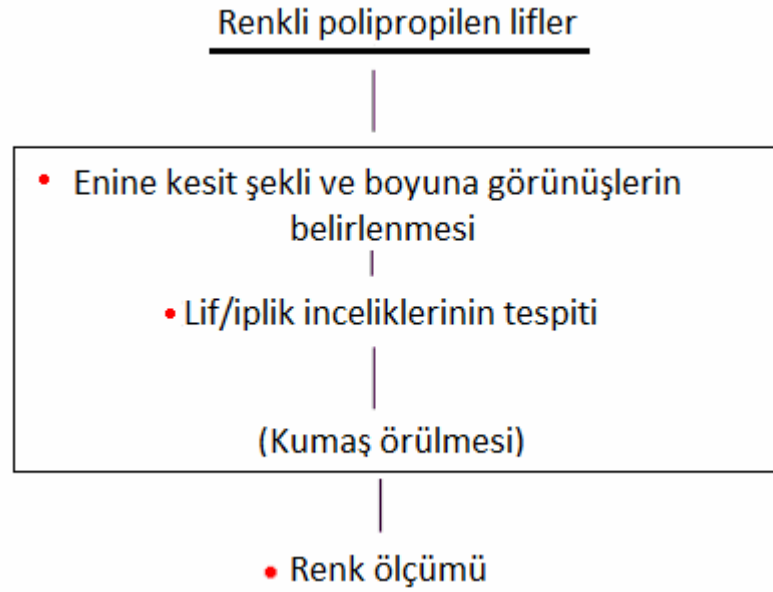
2.2.3 Deneysel Çalışmalar

Üretilen materyallere, yapısal davranışları ve kullanım özellikleri ile ilgili çeşitli testler uygulanmıştır. Bu testlerden önce, tüm liflerin enine kesit şekilleri optik mikroskop ve taramalı elektron mikroskopunda tespit edilmiş ve lif ile iplik incelikleri belirlenmiştir. Ayrıca bazı testlerin uygulanabilmesi için örme kumaşlar elde edilmiştir.

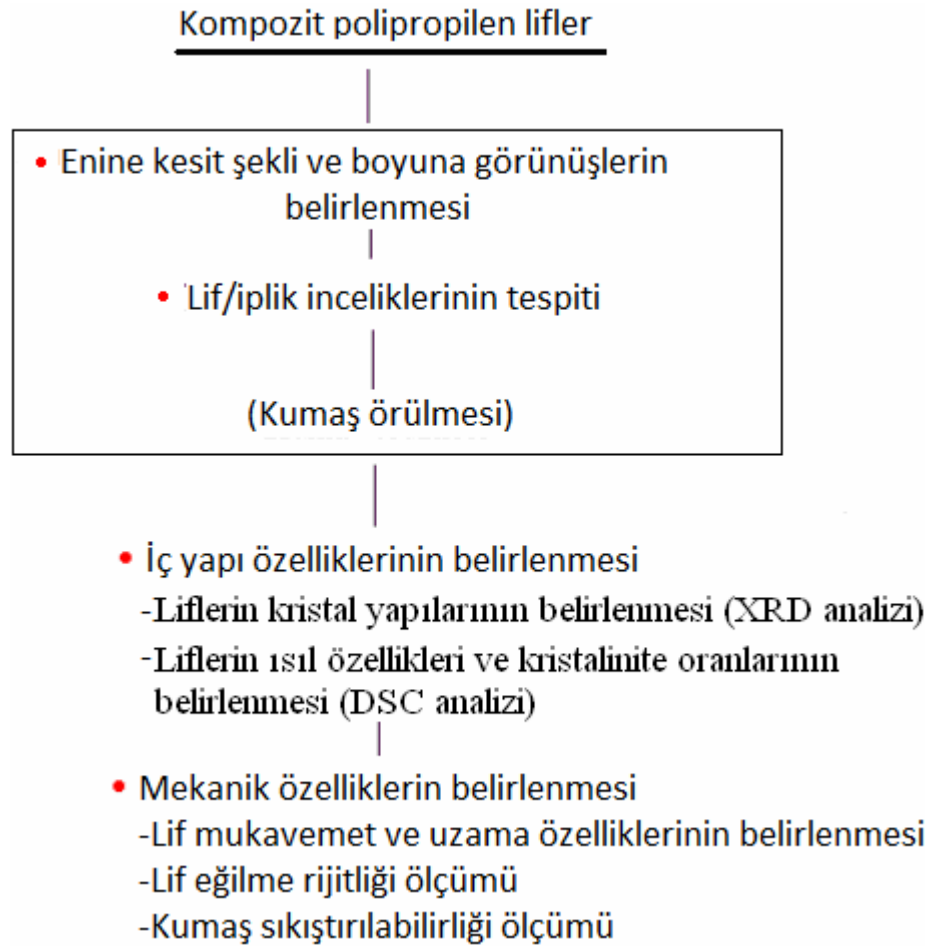
Şekil 2.4, 2.5 ve 2.6'da; Bölüm 2.2.1'de üç grup altında toplanan tez materyallerine uygulanan deney planları verilmiştir.



Şekil 2.4 %100 polipropilen ve %100 poliester liflerinin çeşitli yapısal ve kullanım özelliklerinin belirlenmesi için yapılan deney planı



Şekil 2.5 Renkli polipropilen lifler için yapılan deney planı



Şekil 2.6 Kompozit polipropilen liflerinin çeşitli yapısal ve kullanım özelliklerinin belirlenmesi için yapılan deney planı

2.2.3.1 Liflerin Boyuna Görünüşlerinin ve Enine Kesit Şekillerinin Optik Mikroskop ve Taramalı Elektron Mikroskopunda Tespit Edilmesi

Liflerin boyuna görünüşleri ve enine kesit Şekilleri optik mikroskop ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak tespit edilmiştir.

Optik mikroskopta (Olympus CX21) liflerin enine kesit Şekillerinin ve boyuna görünüşlerinin ön incelenmesi yapılmıştır ve hazırlanan enine kesitlerin elektron mikroskopunda kullanılmaya uygun olup olmadığına karar verilmiştir.



Şekil 2.7 Optik mikroskop
(Olympus CX21)

Taramalı elektron mikroskopunda ise liflerin enine kesitleri ve yüzey özellikleri daha ayrıntılı bir Şekilde gözlenmiştir. Őalıřmada Jeol 6060 marka taramalı elektron mikroskobu kullanılmıştır. Optik mikroskop ve SEM görüntüleri aynı zamanda kompozit liflerde partiküllerin dağılımını kontrol etmek amacı ile de kullanılmıştır.

Enine kesit numuneleri Hardy mikrotomu kullanılarak hazırlanmıştır. (Şekil 2.8). Hardy mikrotomu birbiri içine geçen iki metal plakadan oluşmaktadır. Bu plakalardan birinde kesit alınacak liflerin konulmasına yarayan bir yarık bulunmaktadır. Bu yarığa yerleştirilen lifler diğer levhadaki bir dil sayesinde yarığa iyice sıkıştırılır ve lif demeti plakaların iki tarafından keskin bir jilet ile kesilir. Bundan sonra plaka üzerinde bulunan bir itici vida sayesinde lifler yarıktan birkaç mikron ileriye itilir. Liflerin dağılmaması için üzerine çabuk kuruyan bir yapıştırıcı

olan kolodyum sürülmektedir. Bundan sonra jilet yardımıyla lifler kesilmekte ve ince kesitler elde edilmektedir (Hall, 1982).



Şekil 2.8 Hardy mikrotomu (Hall, 1982)

Bu şekilde elde edilen lif enine kesitleri çeşitli büyütmelemler kullanılarak optik mikroskopta ve SEM' de görüntülenmiştir.

2.2.3.2 Lif/İplik İnceliklerinin Tespit Edilmesi

Çalışmada üretilen tüm polipropilen lifleri için makine ayarları 19 denye/filament inceliğinde lifler üretecek şekilde ayarlanmıştır. Temin edilen poliester lifleri ise yaklaşık 4,5 denye/filament inceliktedir.

Üretim sırasında yapılan makine ayarlarının kontrolü amacı ile üretilen ipliklerin incelikleri TS 244 EN ISO 2060 standardına göre iplik çıkırığı ve hassas terazi kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 2.9). İplik numarası ve iplikteki filament sayısından yola çıkılarak tek lif incelikleri hesaplanmıştır.



Şekil 2.9 İplik numara çıkırığı ve hassas terazi

2.2.3.3 Lif İçyapı zelliklerinin İncelenmesi

Liflerin kristal fazları, erime ve kristalizasyon sıcaklıkları ve kristalinite oranları gibi içyapı özelliklerini incelemek üzere X Işını Kırınımı Yöntemi (XRD) ve Diferansiyel Taramalı Kalorimetri Yöntemi (DSC) kullanılmıştır.

2.2.3.3.1 XRD Yöntemi Kullanılarak Liflerin Kristal Yapılarının İncelenmesi.

Liflerin kristal yapıları; Rigaku D/max. 2200/PC marka X-ışınları difraktometre cihazı kullanılarak incelenmiştir. Analiz Erdem, Cireli ve Erdoğan (2009)'da belirtildiği gibi yapılmıştır. Cihazda bakır hedefli x-ışın tüpü kullanılmıştır ve 3-90° (2θ) açılı arasında 4°/dk hızla tarama yapılmıştır. Elde edilen eğriler ile standart JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards) kartları karşılaştırılmış ve liflerin fazları belirlenmiştir.

2.2.3.3.2 DSC Yöntemi Kullanılarak Liflerin Isıl zelliklerinin ve Kristalinite Oranlarının Belirlenmesi. Liflerin erime sıcaklıkları, kristalizasyon sıcaklıkları ve kristalinite oranları ISO 11357-3'de belirtildiği gibi diferansiyel taramalı kalorimetre cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

Liflerin kristalinite oranlarının belirlenmesinde (1) formülünden yararlanılmıştır.

$$\text{Kristalinite oranı(\%)} = \frac{\Delta H_f}{\Delta H_{100}} \times 100 \quad \dots\dots\dots(1)$$

ΔH_f =Numunenin analiz sırasında erimesi esnasında ölçülen entalpi değeri

ΔH_{100} =% 100 saf kristalin numunenin erimesi esnasında elde edilen entalpi değeri

Burada ΔH_{100} polipropilen lifleri için 165 J/gr; poliester lifleri için ise 140 J/gr'dır (Karaca ve Özçelik, 2007).

2.2.3.4 Liflerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Liflerin mekanik özelliklerini incelemek üzere tek lif mukavemetleri, uzama özellikleri, liflerin eğilme rijitlikleri ve örülen kumaşların sıkıştırılabilirlikleri belirlenmiştir.

2.2.3.4.1 Liflerin Mukavemet ve Uzama Özelliklerinin Belirlenmesi. Tek lif mukavemet ve uzama ölçümleri Instron 4411 Çok amaçlı Mukavemet Ölçer aletinde ASTM D-3822-07’de belirtildiği şekilde yapılmıştır (Şekil 2.10). Ölçümler 25 mm çeneler arası mesafe ve 60 mm/dak. ölçüm hızı kullanılarak yapılmıştır. Deney, her bir lif çeşidi için 50’şer kez tekrarlanmıştır ve toplamda 550 kez tek lif mukavemet ölçümü yapılmıştır. Elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılarak her bir numuneye ait ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır.

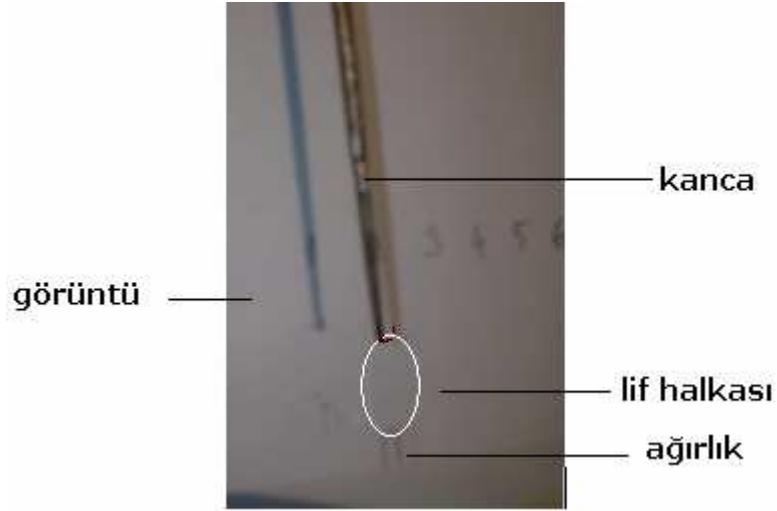


Şekil 2.10 Instron 4411 Çok amaçlı Mukavemet Ölçeri

2.2.3.4.2 Liflerin Eğilme Rijitliklerinin Belirlenmesi. Enine kesit şeklinin; liflerin eğilme özelliği üzerine etkisini incelemek üzere liflerin eğilme rijitlikleri belirlenmiştir. Liflerin eğilme rijitlikleri halka metoduna göre (Morton ve Hearl,

2008), Yıldırım (2005)'te tanımlanan ve Şekil 2.11'de gösterilen deney düzeneğinde yapılmıştır. Deneyler her bir lif için 10'ar kez tekrarlanmıştır ve 110 kez lif eğilme rijitliği ölçümü yapılmıştır.

Liflerin eğilme rijitlikleri Pierce'nın önerdiği (2) formülü kullanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 2.11 Eğilme rijitliği ölçümü

$$\text{eğilme rijitliği} = 0,0047mg(2\pi r)^2 \frac{\cos\Theta}{\tan\Theta} \dots\dots\dots(2)$$

m = kullanılan ağırlığın kütlesi

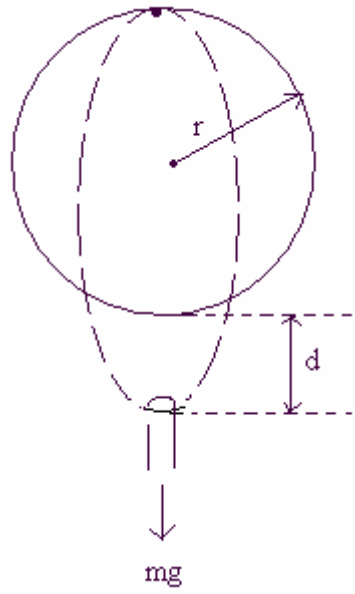
g = yer çekim kuvveti

r = lif halkasının yarıçapı

$\Theta = 493d/2\pi r$

d = ağırlık asıldıktan sonra lif halkasında meydana gelen deformasyon

Eğilme rijitliği ölçümleri sırasında kanca ucuna takılan lif halkasının geçirdiği deformasyon Şekil 2.12'de görülmektedir.



Şekil 2.12 Eğilme rijitliği
ölçümünde halka deformasyonu
(Morton ve Hearl, 2008)

Elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılarak her bir numuneye ait ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır.

2.2.3.4.3 Kumaşların Sıkıştırılabilirliği. Üretilen liflerin enine kesit şekillerinin; kumaşların hacimlilikleri üzerine etkisini incelemek amacı ile üretilen örme kumaşlara, Manich ve arkadaşları (2006)' da belirtildiği gibi sıkıştırılabilirlik testleri yapılmıştır. Öncelikle kumaşların 5 ve 50 grf/cm² basınçları altında kalınlık değerleri belirlenmiştir. Kalınlık ölçümünde James Heal RxB Cloth Thickness Tester kullanılmıştır (Şekil 2.13). Elde edilen kalınlık verilerinden yararlanılarak sıkıştırılabilirlik değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 2.13 James Heal RxB marka kumaş kalınlık ölçüm cihazı

Kumaşların 50 grf/cm² basınç değerleri için sıkıştırılabilirlikleri (3) formülüne göre hesaplanmıştır (Manich ve arkadaşları, 2006).

$$C = \frac{t_{50} - t_5}{t_5} \times 100 (\%) \quad \dots\dots(3)$$

C= 50 grf/cm² basınç değeri için hesaplanan sıkıştırılabilirlik değeri

t₅₀= 50 grf/cm² basınç altında ölçülen kumaş kalınlığı

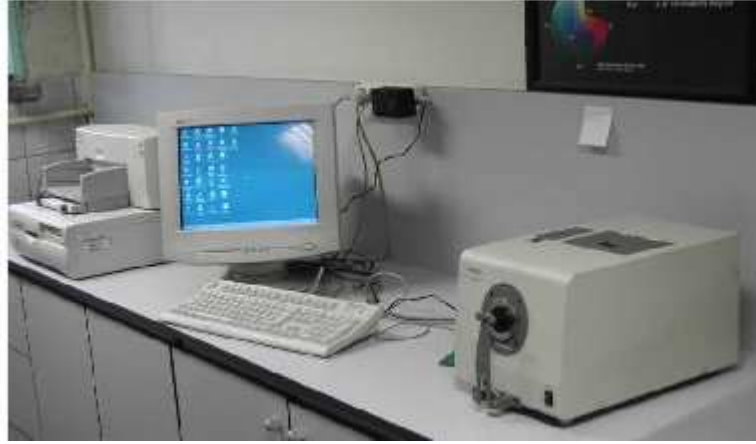
t₅= 5 grf/cm² basınç altında ölçülen kumaş kalınlığı

Hesaplanan sıkıştırılabilirlik verileri kullanılarak lif enine kesit şeklinin bu liflerden elde edilen kumaşların hacimlilikleri üzerine etkisi incelenmiştir.

Kalınlık ölçümleri her bir basınç değeri için 10'ar kez tekrarlanmıştır. Toplamda 220 kez kumaş kalınlığı ölçümü yapılmıştır. Elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılarak her bir numuneye ait ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır.

2.2.3.5 Kumaş Parlaklıklarının Belirlenmesi ve Renk Ölçümü

Enine kesit şeklinin liflerin parlaklıkları ve renkleri üzerine etkisini incelemek üzere TS EN ISO 105-J01 standardına göre liflerin renk ölçümü yapılmıştır. Ölçümler Minolta 3600D, CM marka spektrofotometrede yapılmıştır (Şekil 2.14).



Şekil 2.14 Minolta 3600D, CM marka spektrofotometre

Örülen kumaşlar standartta belirtilen matlık koşulunu sağlamak için 8 kat katlanmış ve ölçümler 8 kat kumaş üzerinden yapılmıştır.

Matlık koşulunu sağlayacak kumaş kat sayısını belirlemek amacı ile öncelikle tek kat, 2 kat, 4 kat ve 6 kat katlanmış kumaşlara tekrarlayan renk ölçümleri yapılmıştır. Yapılan tekrarlar arasında belirlenen renk farklılıklarının fazla olması nedeni ile kumaş 8 kat katlanmış ve tekrarlayan renk ölçümleri yapılmıştır. Aynı örme numunesi için 8 kat kumaş üzerinden yapılan tekrarlar arasında önemli bir fark tespit edilememesi dolayısıyla 8 kat katlanan kumaşlarda matlık koşulunun sağlandığı tespit edilmiştir.

Ölçümler D65 gün ışığı kullanılarak yapılmıştır. Yansıma modunda çalışılmıştır. Lens olarak SAV (küçük lens) seçilmiştir. Kullanılan ışın tipi Excluded cut off 400 nm'dir.

Her bir kumaş örneğininin altı farklı yerinden ölçüm yapılmış ve ortalaması alınmıştır. Kumaşların renk ve parlaklık karşılaştırmaları, elde edilen veriler kullanılarak Color Mission® bilgisayar yazılımı ile yapılmıştır.

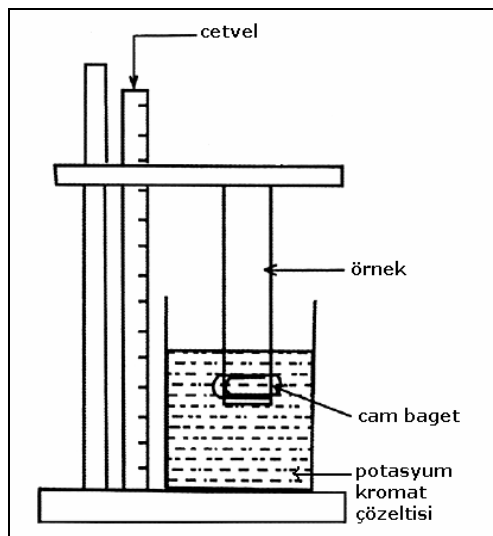
Renk ve parlaklık karşılaştırmaları yapılırken kumaşlara ait L^* , a^* , b^* , c^* ve H^* değerleri kullanılmıştır. L^* değeri, kumaş renginin açıklık-koyuluğunu vermektedir. L^* siyahta 0 iken beyaz için 100'e ulaşır. a^* kumaşın kırmızılık-yeşilliğinin bir

ölçüsüdür ve a^* 'ın artması kumaşın daha kırmızımsı, azalması ise kumaşın daha yeşilimsi olduğunu gösterir. b^* kumaşın sarılık-maviliğini verir. b^* değerinin artması kumaşın daha sarımsı olduğunu; azalması ise kumaşın daha mavimsi olduğunu gösterir. c^* değeri belirli bir ışıklılıkta rengin parlaklığını veren bir ölçüdür. c^* değeri beyaz nokta için sıfırdan başlayıp, çok parlak renklerde 80'e kadar çıkar. H^* ise renk tonu için kullanılan bir ölçektir.

2.2.3.6 Kumaşlarda Kılcal Yükselmenin Belirlenmesi (Dikey İslanma Testi)

Dikey ıslanma testi, örgü numunelerimiz içerisindeki sıvı transferini lif enine kesit şeklinin ne şekilde etkilediğini belirlemek amacı ile; DIN 53924 ve Fanguero, Filgueiras, Soutinho ve Meidi (2010)'da belirtildiği gibi %100 polipropilen ve %100 poliester örgü numunelerine yapılmıştır.

Deneyde numune boyutları 25mm x 150mm olarak alınmıştır. Sıvının kumaş içerisindeki yükselişinin daha iyi gözlemlenebilmesi için sentetik liflere afinitesi bulunmayan %1'lik potasyum kromat çözeltisi (Wang, N., Zha ve Wang, J., 2008) kullanılmıştır. Sıvının kumaş içerisindeki yükselmesi 15 s, 30 s, 60 s, 2 dk, 4 dk, 6 dk, 8 dk, 10 dk, 12 dk, 14 dk, 16 dk, 18 dk, 20 dk, 22 dk, 24 dk, 26 dk, 28 dk ve 30 dk sonunda düzenekte bulunan cetvelden okunmuş ve kaydedilmiştir. Şekil 2.15'te kılcal yükselmenin belirlenmesinde kullanılan bir deney düzeneği görülmektedir.



Şekil 2.15 Kılcal yükselme deney düzeneği

Deney her bir örnek için kumaş çubuk doğrultusunda üçer defa tekrarlanmıştır. Elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılarak her bir numuneye ait ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Kumaşların zamanla gösterdiği ıslanma davranışını incelemek ve enine kesit şekline bağlı olarak karşılaştırmak amacı ile grafikler çizilmiştir.

2.2.4 İstatistiksel Değerlendirme

Deneysel çalışmalar sonucu elde edilen veriler; öncelikle Microsoft Excel programına girilmiş, tablolar halinde özetlenmiş ve verilerin karşılaştırmalı olarak yorumlanabilmesi için grafik haline getirilmiştir. Ayrıca %100 polipropilen ve %100 poliester liflerine göre diğer liflerin özelliklerinde meydana gelen değişimler % olarak tablolarda verilmiştir.

Verilerin ortalama, standart sapma gibi tanımlayıcı istatistikleri Minitab Paket Programı kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca SPSS paket programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Analiz %95 güven derecesinde yapılmıştır.

Grup ortalamalarının karşılaştırılmasında Post-Hoc testlerinden Tukey testi uygulanmıştır. Tukey testinde de %95 güven derecesi uygulanmıştır. İki grup ortalaması için hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük olması durumu iki grup ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu göstermiştir.

BÖLÜM ÜÇ

ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Bu bölümde; materyal ve metot kısmında belirtildiği gibi üç grup altında toplanarak üretilen lif/ipliklere ait deney ve analiz sonuçlarına yer verilmiştir. Farklı kesitlerdeki %100 polipropilen, %100 poliester, renkli polipropilen ve kompozit polipropilen lif/ipliklere ait deney ve analiz sonuçları kendi içlerinde derlenmiş ve istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar, Tablo 2.4'te verilen lif kodları kullanılarak verilmiştir.

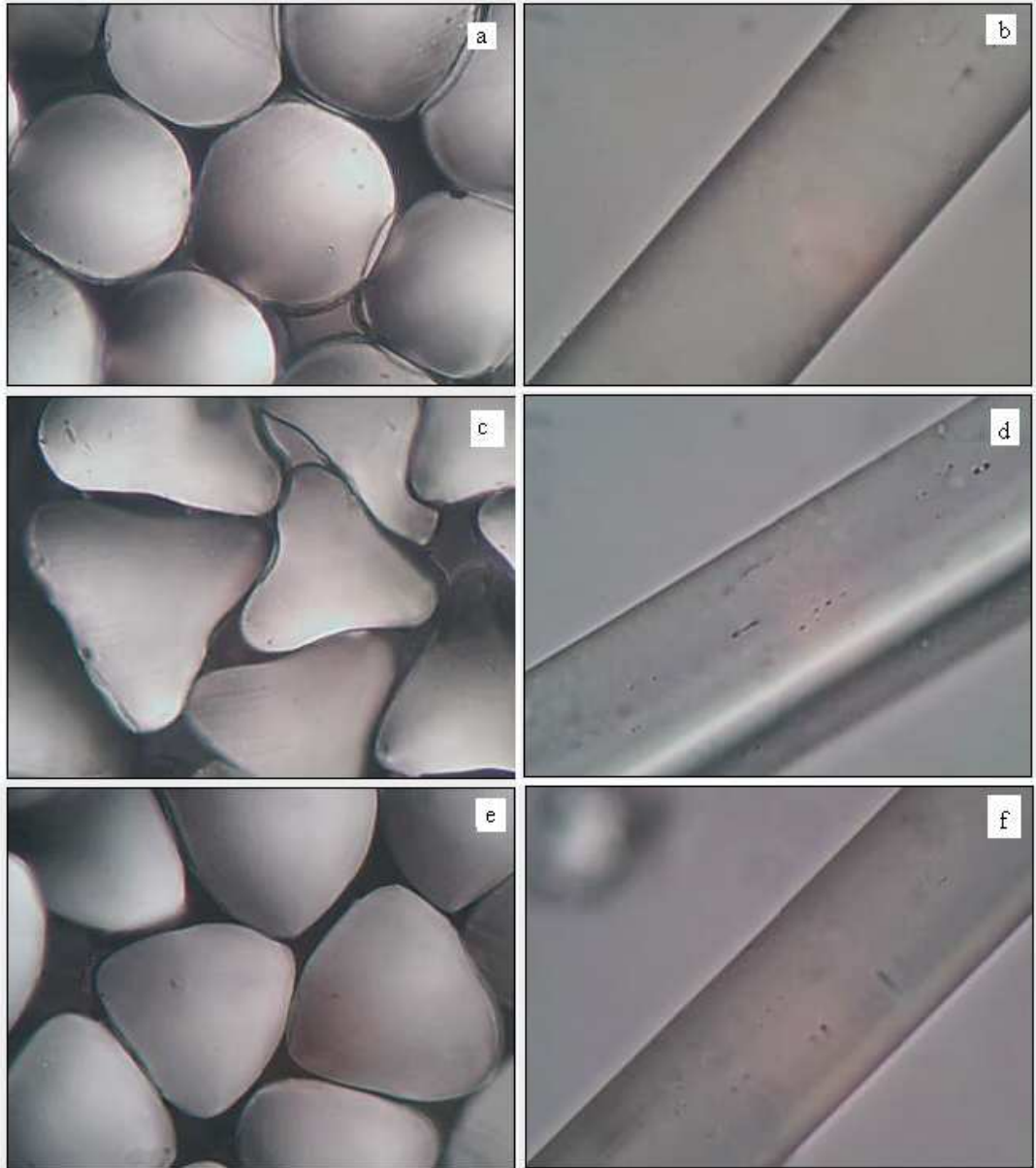
3.1 % 100 Polipropilen Lifleri

Şekil 2.4'teki deney planında belirtilen %100 polipropilen lif/ipliklerinin enine kesit ve boyuna görünüşleri, lif iç yapı özellikleri, mekanik ve kullanım özelliklerine ait deney sonuçları tablo, şekil ve grafikler halinde aşağıda verilmiştir.

3.1.1 Liflerin Boyuna Görünüşleri ve Enine Kesit Şekilleri

Çalışma kapsamında üretilen farklı enine kesit şekillerindeki %100 polipropilen liflerine ait enine ve boyuna optik mikroskop görüntüleri Şekil 3.1'de verilmiştir.

Dairesel, trilobal ve üçgen kesit şeklinde üretilen liflerin enine kesit şekilleri incelendiğinde (Şekil 3.1); öncelikle liflerin boyut dağılımının düzgün olduğu görülmektedir. Dairesel liflerin enine kesitleri oldukça düzgün tam yuvarlak daireler halindedir. Trilobal lif enine kesitleri, belirgin şekilde ayırt edilebilen üç loba sahiptir. Üçgen liflerin enine kesit şekilleri üçgenimsidir ve köşelerde hafif yuvarlaklaşma meydana gelmiştir. Liflerin boyuna görüntüleri incelendiğinde ise, dairesele ve üçgen liflerin düz cam boru şeklinde olduğu görülmektedir. Trilobal lifin ise, sahip olduğu loblardan dolayı orta kısmında bir çıkıntı gözlenmektedir. Liflerin yüzeyleri pürüzsüzdür.



Şekil 3.1 %100 Polipropilen liflerinin enine kesit ve boyuna görüntüleri (optik mikroskop görüntüleri-500 büyütme)

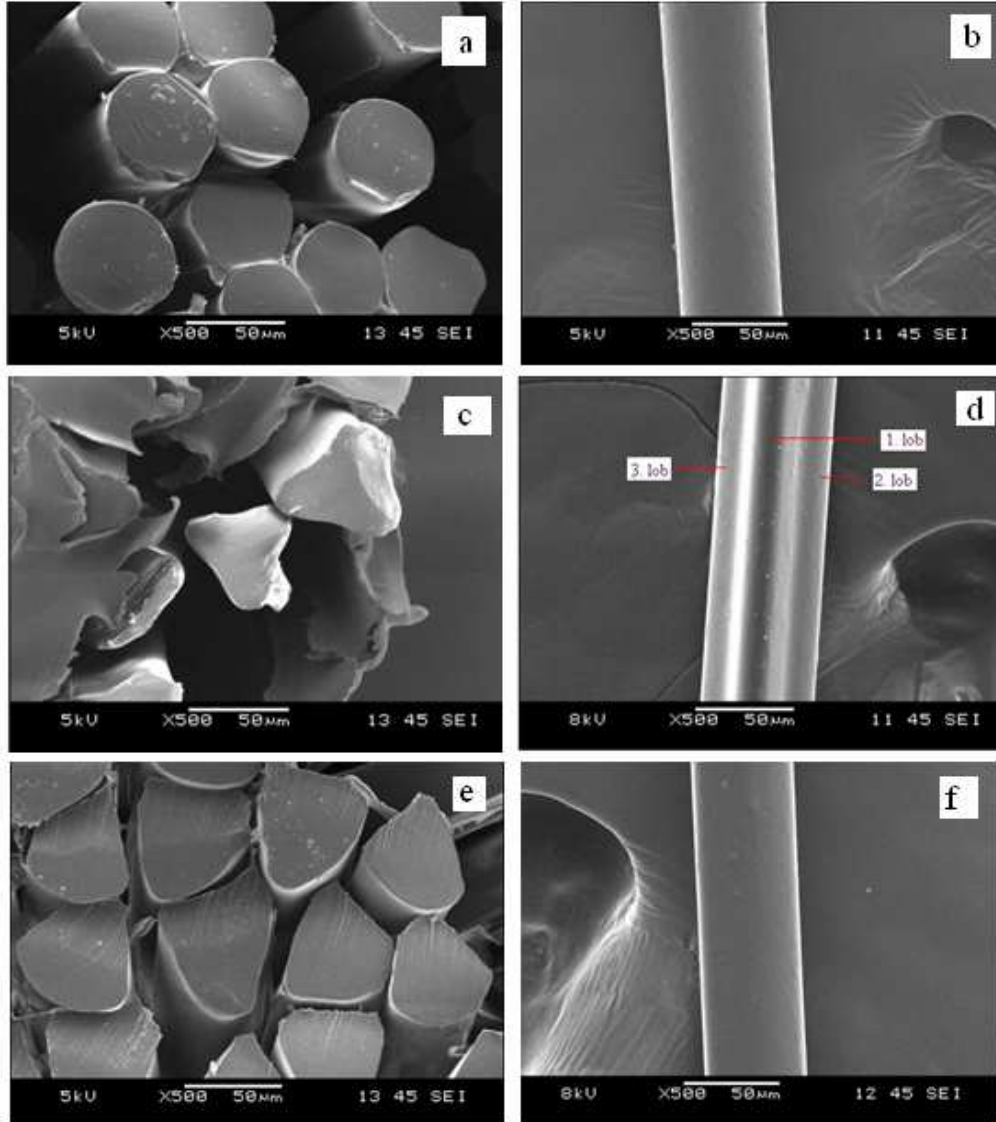
a- b Dairesel liflerin enine kesit ve boyuna görüntüsü

c- d Trilobal liflerin enine kesit ve boyuna görüntüsü

e- f Üçgen liflerin enine kesit ve boyuna görüntüsü

Şekil 3.2’de %100 polipropilen liflerine ait boyuna ve enine kesit SEM fotoğrafları verilmiştir. Görüntüler ikincil elektron görüntüleridir (SEI) ve lif yüzeyine yakın yerlerden yansıyan elektronlar kullanılarak oluşturulmuştur. Dolayısı ile Şekil 3.2’de verilen SEM fotoğrafları lif yüzey topografisini yansıtmaktadır.

Ayrıca Şekil 3.1’de verilen optik mikroskop görüntülerinden farklı olarak lif enine kesit şekilleri belirli bir derinlik kazanmıştır ve liflerin üç boyutlu görüntüsü SEM fotoğraflarından algılanabilmektedir.



Şekil 3.2 %100 polipropilen liflerin enine kesit ve boyuna SEM fotoğrafları (500 büyütme)

a- b Dairesel liflerin enine kesit ve boyuna görüntüsü

c- d Trilobal liflerin enine kesit ve boyuna görüntüsü

e- f Üçgen liflerin enine kesit ve boyuna görüntüsü

3.1.2 Lif/İplik İncelikleri

Çalışmada; materyal ve metot bölümünde (Bölüm 2.2.3.2) belirtildiği gibi tek lif inceliği 19 denye olacak şekilde polipropilen lif üretimleri yapılması amaçlanmış ve makine çalışma koşulları bu incelikleri sağlayacak şekilde ayarlanmıştır. İstenilen lif inceliğinin kontrolü amacı ile üretilen liflerin incelikleri belirlenmiştir. Bu amaçla yapılan iplik numarası ölçüm sonuçları ve hesaplanan tek lif incelikleri Tablo 3.1’de verilmiştir. İplik numaraları ve tek lif incelikleri; sentetik liflerin inceliğinin ifade edilmesinde kullanılan denye, tex ve dtex değerleri ile belirtilmiştir.

Tablo 3.1 İplik ve tek lif incelikleri

Lif kesit şekli/ kodu	İplikteki filament sayısı	İplik numarası		Tek lif numarası	
		denye	tex	denye	dtex
Dairesel/ PP DR	48	902	100	18,8	20,9
Trilobal/ PP T	48	913	101	19	21
Üçgen/ PP D	36	685	70	19	21

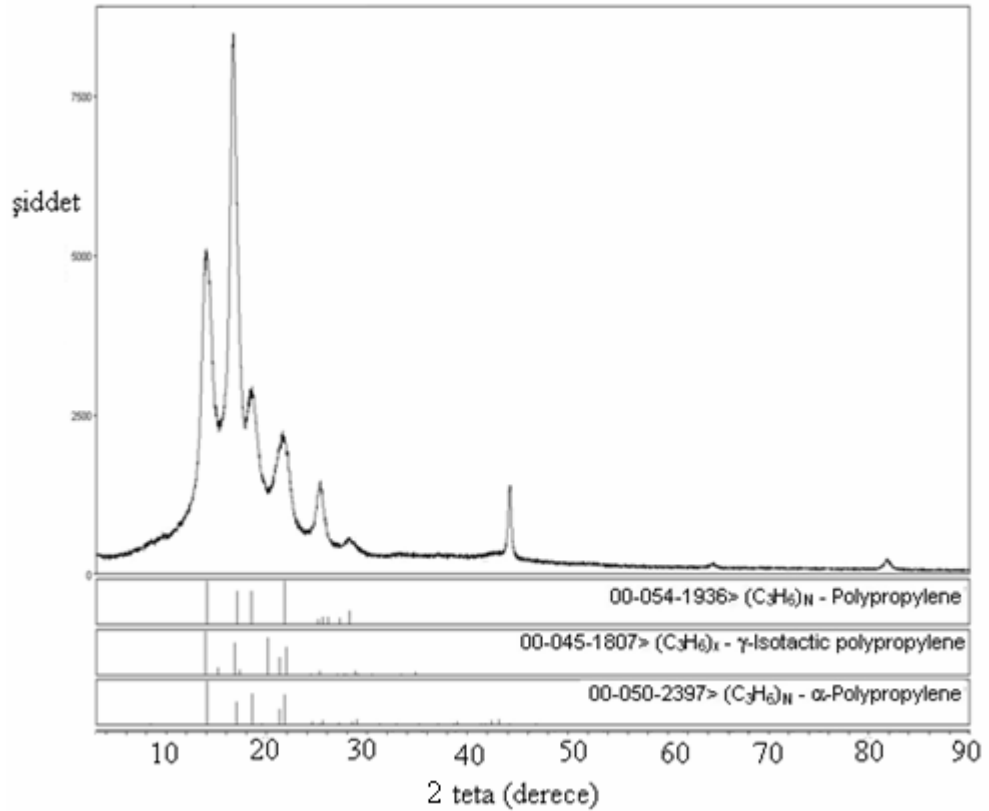
Tablo 3.1 incelendiğinde tek lif incelikleri **tüm lifler** için amaçladığımız incelik olan yaklaşık 19 denye olacak şekilde üretilenmiştir. Dairesel lifler ile trilobal liflerin üretildiği düzeler 48 adet deliğe sahip olduğundan, bunlardan elde edilen ipliklerin numaraları da yaklaşık olarak aynıdır. Üçgen liflerin üretildiği düzede delik sayısı ise 36 olduğundan ve tek lif incelikleri tüm enine kesitlerdeki lifler için aynı tutulduğundan, bu liflerden elde edilen iplik daha incedir.

3.1.3 Lif İçyapı zellikleri

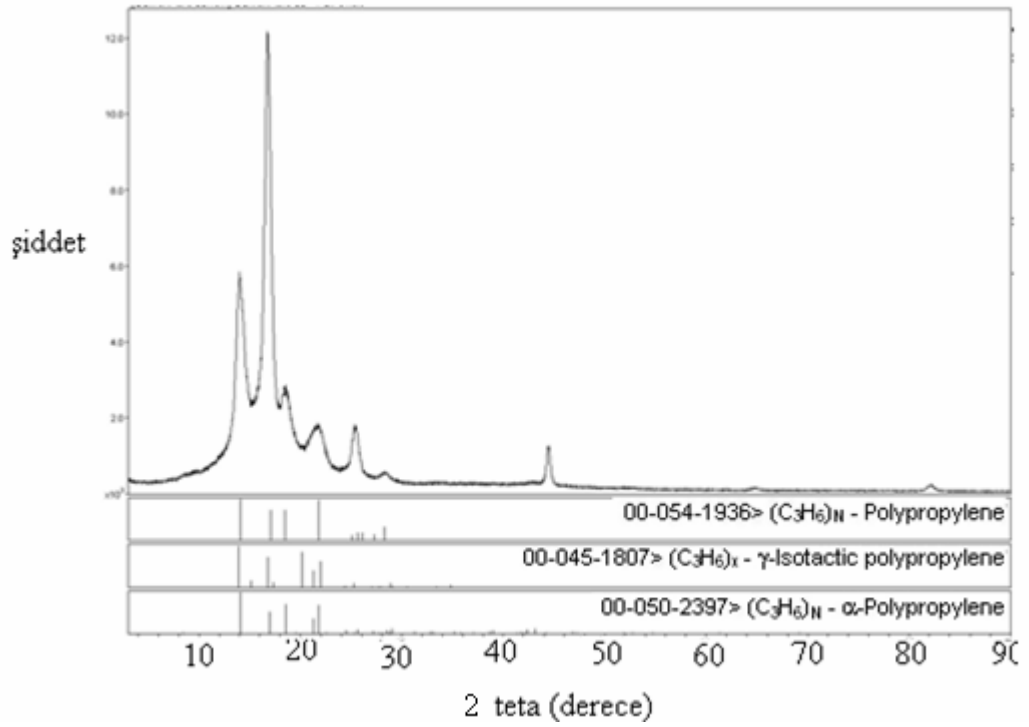
%100 polipropilen liflerinin içyapıları ile ilgili olarak kristal fazları, erime sıcaklıkları, kristalizasyon sıcaklıkları ve kristalinite oranları XRD ve DSC analizleri kullanılarak belirlenmiş ve enine kesite bağlı olarak bu özelliklerde bir değişim olup olmadığı karşılaştırılmıştır.

3.1.3.1 Liflerin Kristal Yapıları

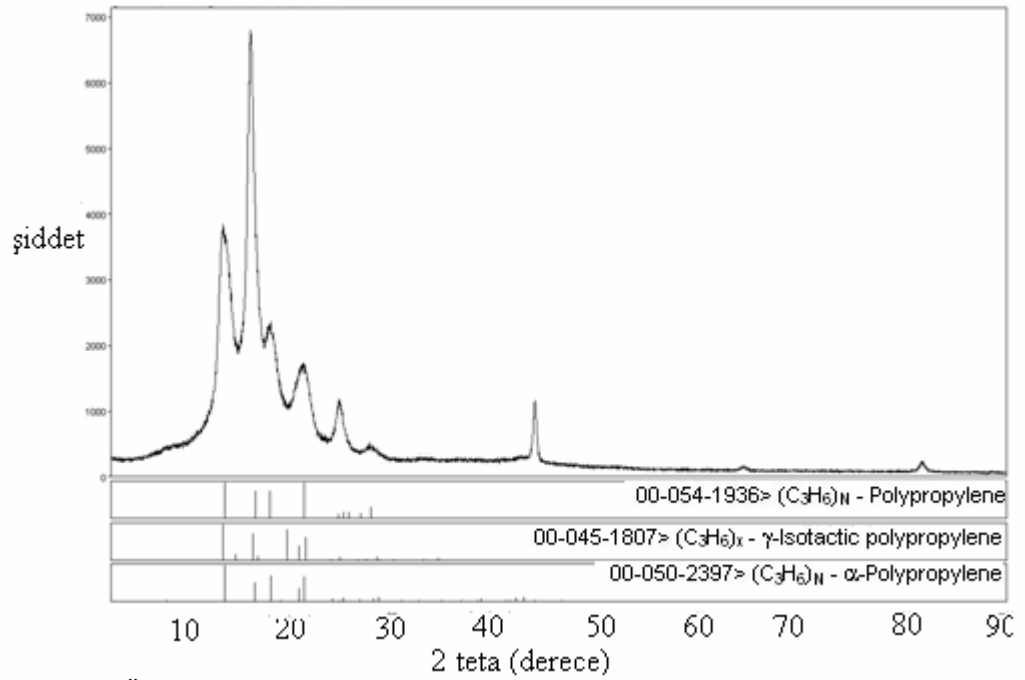
Liflerin kristal fazlarını belirlemek amacı ile XRD desenleri elde edilmiş ve bu desenler veri tabanında bulunan standart JCPDS kartları ile karşılaştırılmıştır. Şekil 3.3, 3.4 ve 3.5'te sırası ile dairesel, trilobal ve ugen kesitlerine sahip %100 polipropilen liflerine ait XRD desenleri verilmiştir. Liflere ait desenlerin altında; karşılaştırmaların yapıldığı standart desenler kart numaraları, kartın ait olduğu lifin (maddenin) adı ve verdiği karakteristik pikler ile birlikte verilmiştir.



Şekil 3.3 Dairesel liflere ait XRD deseni



Şekil 3.4 Trilobal liflere ait XRD deseni

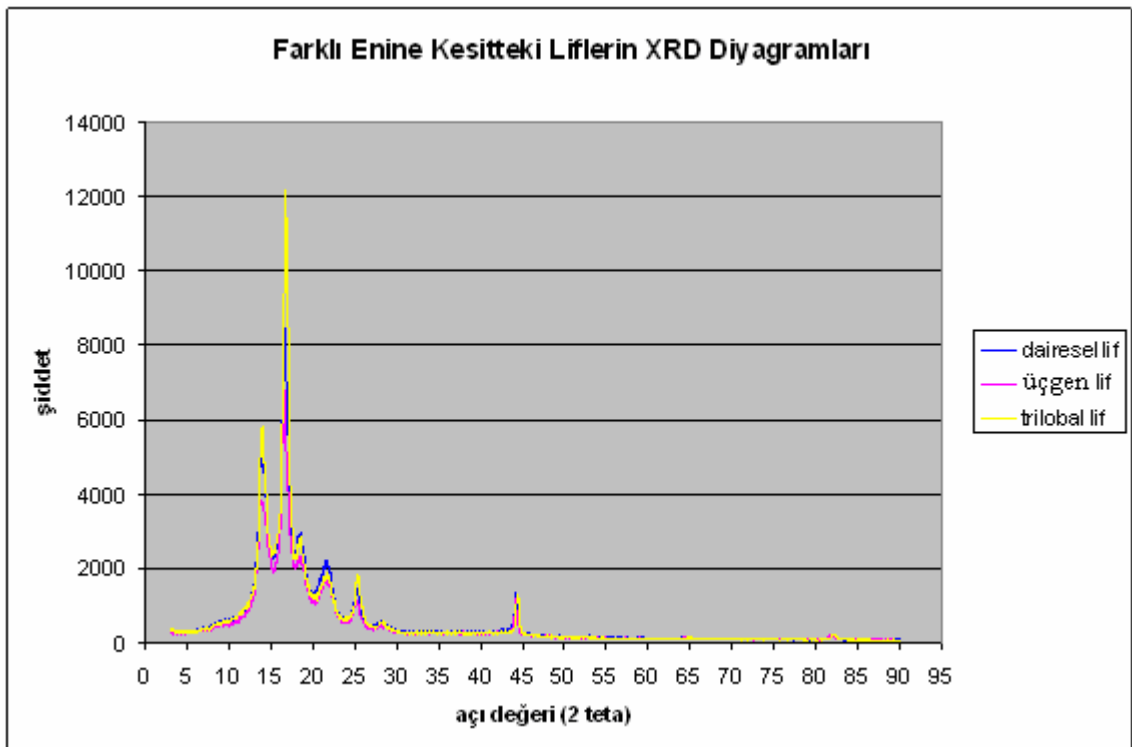


Şekil 3.5 Üçgen liflere ait XRD deseni

Şekil 3.3, 3.4 ve 3.5'te verilen XRD desenleri incelendiğinde liflerin 10° ile 30° arasında pikler verdiği görülmektedir. Liflerin yaklaşık olarak 14°, 17°, 18,6°, 21-

22° ve 28° açılara karşılık gelen pik değerleri, tipik *a*- polipropilenin verdiği pikler ile uyumaktadır (JCPDS kart numarası 00-050-2397). Ayrıca liflerin verdiği pikler; sırası ile polipropilen ve izotaktik polipropilene ait 00-054-1936 ve 00-045-1807 numaralı standart JCPDS kartlarında verilen pikler ile de büyük oranda çakışmaktadır. Buna göre üretilen %100 polipropilen lifler izotaktik formdadır ve *a* monoklinik kristal fazına sahiptir.

Şekil 3.6 da üç farklı kesitteki liflerin XRD desenleri aynı grafikte toplanmıştır.



Şekil 3.6 %100 polipropilen liflere ait XRD desenleri

Şekil 3.6 incelendiğinde, tüm liflerin pik verdiği noktaların açı ve pik şiddeti değerlerinin birbiri ile uyumlu olduğu ve aralarında büyük bir fark olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte 17°'de verdikleri pikin, trilobal liflerde en yüksek olduğu ve bunu sırası ile dairesel ve üçgen kesitli liflerin takip ettiği gözlenmiştir.

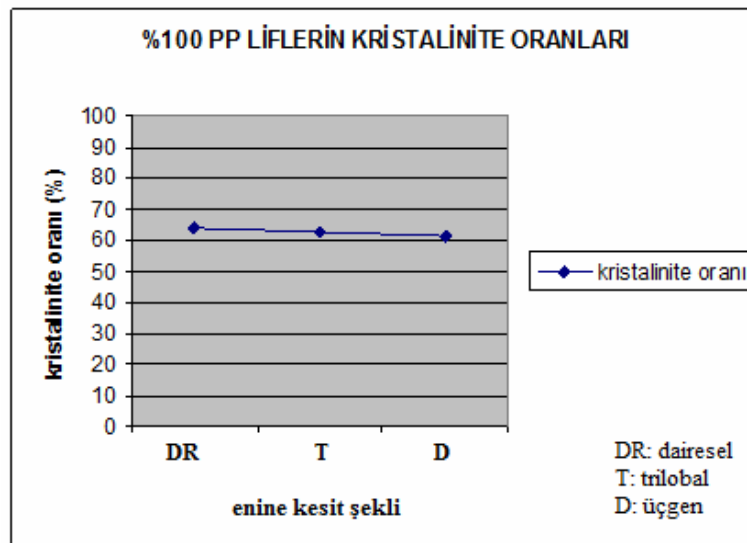
3.1.3.2 Liflerin Isıl Özellikleri ve Kristalinite Oranları

DSC yöntemi kullanılarak %100 polipropilen liflerinin erime sıcaklıkları, kristalizasyon sıcaklıkları ve kristalinite oranları belirlenmiştir. Tablo 3.2’de liflerin kristalinite oranları, erime sıcaklıkları, kristalizasyon sıcaklıkları ve dairesel life göre trilobal ve üçgen liflerin bu özelliklerindeki değişim % olarak verilmiştir.

Tablo 3.2 %100 polipropilen liflere ait kristalinite oranı, erime sıcaklığı ve kristalizasyon sıcaklığı

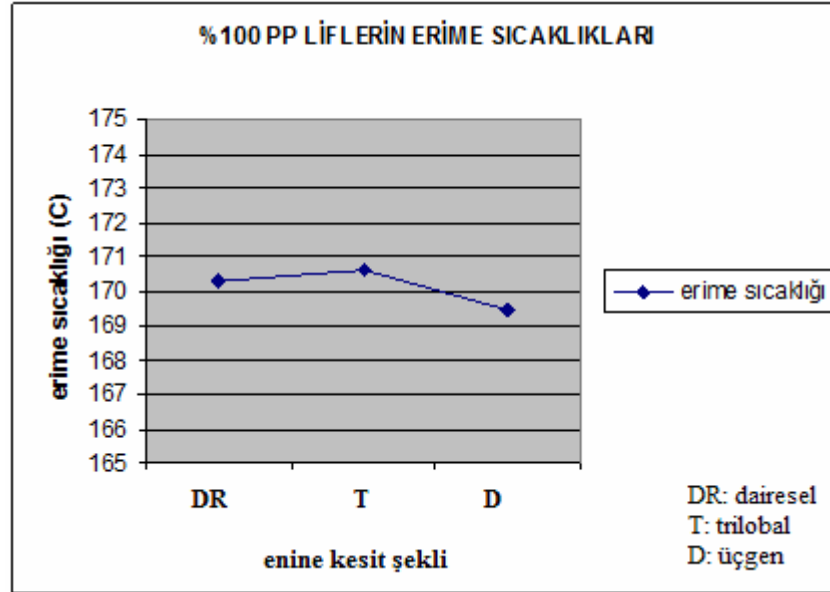
Örnek	Kristalinite oranı (%)	Kristalinite oranı Değişimi (%)	Erime Sıcaklığı (°C)	Erime sıcaklığı değişimi (%)	Kristalizasyon sıcaklığı (°C)	Kris. Sıcaklığı Değişimi (%)
Dairesel lif	64,17	-	170,31	-	121,60	-
Trilobal lif	62,85	-1,32	170,64	0,19	121,27	-0,27
Üçgen lif	61,22	-2,95	169,48	-0,49	122,05	0,37

Tablo 3.2’deki değerler kullanılarak; Şekil 3.7’de, %100 polipropilen liflerinin kristalinite oranlarının değişimi gösterilmiştir. Genel olarak; liflerin kristalinite oranları %61 ile %64 arasında değişmektedir. Kristalinite oranları; yüksekten düşüğe doğru dairesel, trilobal ve üçgen lifler şeklinde sıralanmıştır. Buna göre dairesel liflerin kristalinite oranı trilobal liflerden % 1,32; üçgen liflerden ise % 2,95 daha yüksek çıkmıştır. Enine kesit şekilleri daire olarak üretilen liflerin içyapılarındaki kararlılık- kristalinite oranları enine kesit şeklinin değişmesi ile azalmaktadır.



Şekil 3.7 %100 polipropilen liflerde kristalinite oranının enine kesit şekline göre değişimi

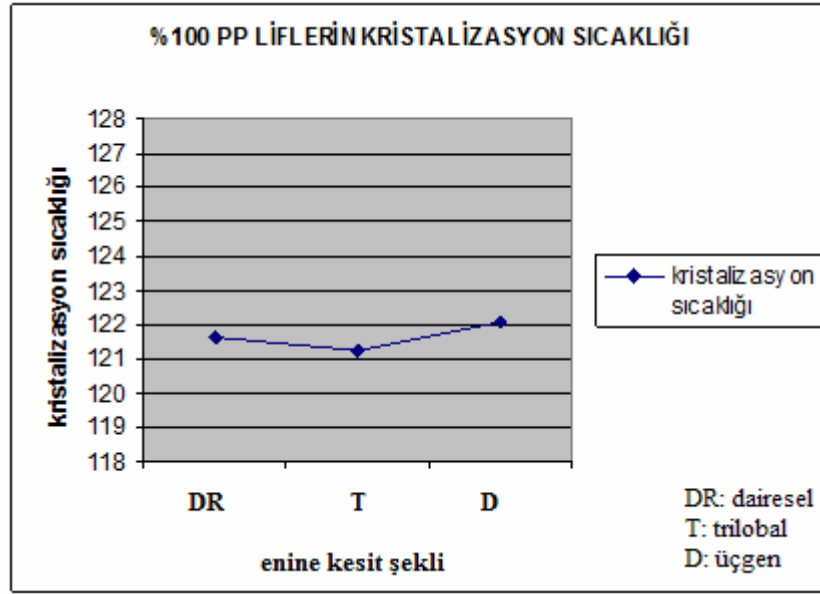
Şekil 3.8’de %100 polipropilen liflerinin erime sıcaklıklarındaki değişim görülmektedir.



Şekil 3.8 %100 polipropilen liflerin erime sıcaklıklarının enine kesit şekline göre değişimi

Şekil 3.8 ve Tablo 3.2’de görüldüğü gibi liflerin erime sıcaklıkları yaklaşık olarak 169,4-170,6°C olarak tespit edilmiştir. En yüksek erime sıcaklığına trilobal liflerin sahip olduğu ve bunu sırasıyla dairesel ve üçgen liflerin takip ettiği görülmektedir. Ancak liflerin erime sıcaklıkları arasındaki fark 1°C kadardır ve maksimum değişim %0,68 oranındadır. Dolayısıyla ile, üretilen üç farklı enine kesit şeklindeki polipropilen liflerinin erime sıcaklıkları arasında önemli bir fark bulunmadığı Tablo 3.2’deki verilerden görülmektedir.

%100 polipropilen liflerinin kristalizasyon sıcaklıklarının değişimi Şekil 3.9’da verilmiştir.



Şekil 3.9 %100 polipropilen liflerin kristalizasyon sıcaklıklarının enine kesit şekline göre değişimi

Şekil 3.9 incelendiğinde; üçgen liflerin kristalizasyon sıcaklığının, dairesel ve trilobal liflerden daha yüksek çıktığı görülmektedir. Tablo 3.2 ile Şekil 3.9 birlikte incelendiğinde; tüm liflerin kristalizasyon sıcaklıkları 121-122°C civarında tespit edilmiştir. Lifler arasındaki kristalizasyon sıcaklığı değişiminin maksimum %0,37 olduğu görülmektedir. Sonuç olarak; lifler arasında görülen bu fark önemsiz kabul edilmiştir.

3.1.4 Liflerin Mekanik Özellikleri

Liflerin mekanik özelliklerini incelemek üzere tek lif mukavemetleri, uzama özellikleri, liflerin eğilme rijitlikleri ve bu liflerden örülmüş kumaşların sıkıştırılabilirlikleri belirlenmiştir. Sonuçlar tablolar halinde derlenmiş, dairesel life göre mekanik özelliklerdeki değişim % cinsinden verilmiş, ilgili veriler grafiklere aktarılmıştır. Farklı kesitteki liflerin mekanik özelliklerini belirten parametrelerin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farkların olup olmadığı varyans analizi yapılarak değerlendirilmiştir.

3.1.4.1 Liflerin Mukavemet ve Uzama Özellikleri

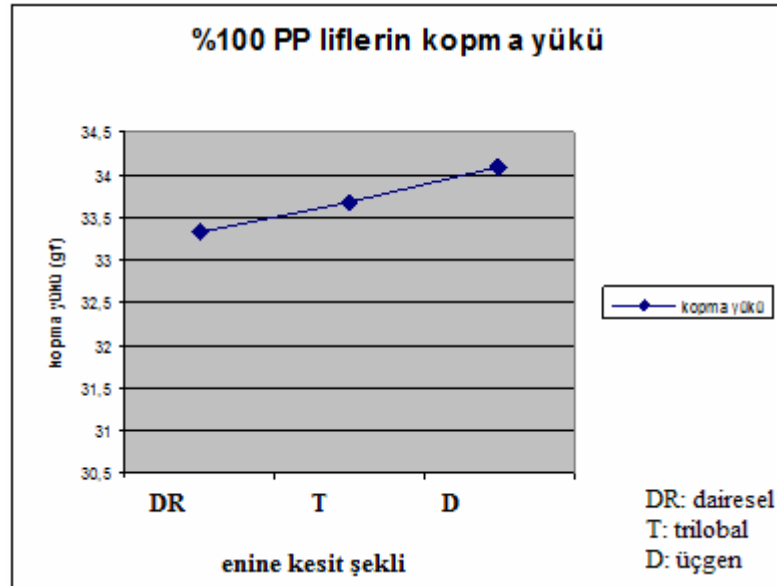
Yapılan tek lif mukavemet ölçümleri sonucu; liflerin kopma yükleri, kopma uzamaları, başlangıç modülleri ve özgül mukavemetleri (maksimum mukavemetleri) elde edilmiştir.

Tablo 3.3'te, liflere ait kopma yükü değerlerinin 50'şer örnek üzerinden hesaplanan ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir. Ayrıca trilobal ve üçgen liflerin ortalama kopma yükünün, dairesel liflerin ortalama kopma yüküne göre değişimi % olarak verilmiştir.

Tablo 3.3 %100 polipropilen liflerin ortalama kopma yükü değerleri

Lif kodu	ortalama kopma yükü (gf)	standart sapma	kopma yükünde % değişim
PP DR	33,328	2,083	-
PP T	33,684	3,274	1,07
PP D	34,072	3,076	2,23

Şekil 3.10'da farklı enine kesitteki polipropilen liflerinin kopma yüklerindeki değişim grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 3.10 %100 polipropilen liflerin kopma yükleri

Liflerin ortalama kopma yükleri 33-34 gf civarındadır. En yüksek kopma yükü üçgen liflerde görülmüştür ve aynı özelliklerdeki dairesel liflere göre %2,23; trilobal liflere göre %1,07 daha fazla çıkmıştır.

Lifler arasında gözlenen kopma yükü değişimlerinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı SPPS-Tek Yönlü Varyans Analizi kullanılarak belirlenmiştir. Varyans analizi %95 güven seviyesi için yapılmıştır ve anlamlılık değeri 0,05'ten büyük bulunmuştur. %100 polipropilen liflerinin ortalama kopma yükleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

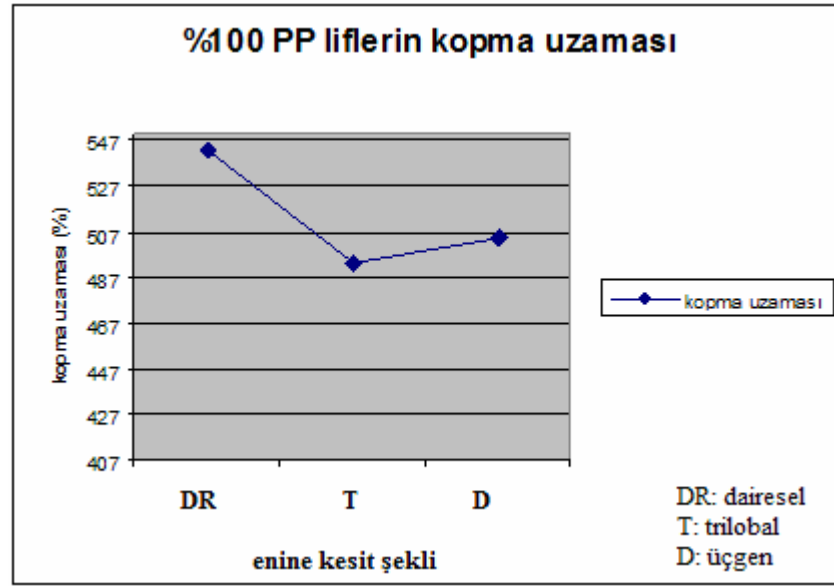
Sonuç olarak üretilen %100 polipropilen liflerinin kopma yükleri üzerine enine kesit şeklinin istatistiksel açıdan önemli bir etkisi saptanmamıştır.

Tablo 3.4'te, liflere ait kopma uzaması değerlerinin 50'şer örnek üzerinden hesaplanan ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir. Ayrıca trilobal ve üçgen liflerin ortalama kopma uzamalarının, dairesel liflerin ortalama kopma uzamasına göre değişimi % olarak verilmiştir.

Tablo 3.4 %100 polipropilen liflerin ortalama kopma uzaması değerleri

lif kodu	ortalama kopma uzaması (%)	standart sapma	kopma uzamasındaki % değişim
PP DR	542,3	80,9	-
PP T	493,69	61,42	-8,96
PP D	504,6	105	-6,95

Şekil 3.11'de %100 polipropilen liflerinin kopma uzamalarındaki değişim grafiksel olarak verilmiştir. Buna göre dairesel liflerin kopma uzamaları trilobal liflerden %8,96; üçgen liflerden %6,95 daha yüksek çıkmıştır.



Şekil 3.11 % 100 polipropilen liflerin kopma uzamaları

Yapılan varyans analizi sonucu anlamlılık değeri 0,05'ten küçük bulunmuştur. Dolayısı ile en az bir lifin ortalama kopma uzamasının diğerlerinden istatistiksel olarak anlamlı bir farka sahip olduğu anlaşılmaktadır. Tam olarak hangi liflerin ortalama kopma uzamaları arasında önemli bir fark olduğunu belirlemek amacı ile ikili karşılaştırmalar yapılmış ve dairesel ve trilobal liflerin kopma uzamaları arasındaki %8,9'luk farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak; dairesel ve trilobal liflerin kopma uzamalarının %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark taşıdığı, üçgen liflerin ise kopma uzamasında gözlenen değişimin istatistiksel olarak anlam taşımadığı görülmüştür.

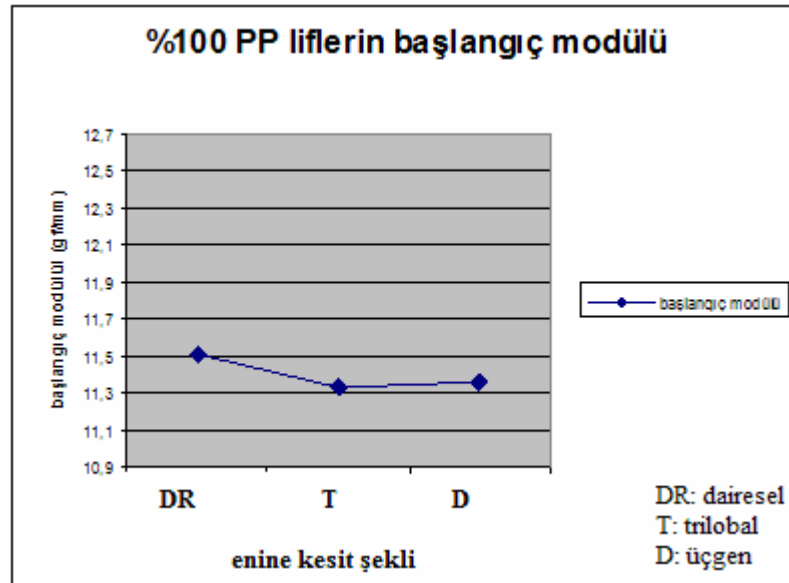
Ayrıca liflerin mukavemet ve kopma uzaması değerleri birlikte ele alındığında Tablo 3.3 ve Tablo 3.4'te görüldüğü gibi, en düşük mukavemete sahip dairesel kesitli polipropilen liflerinde en fazla kopma uzaması değeri saptanmıştır.

Tablo 3.5'te; liflere ait başlangıç modülü değerlerinin 50'şer örnek üzerinden hesaplanan ortalama ve standart sapma değerleri ile, trilobal ve üçgen liflerde dairesel liflere göre meydana gelen değişimler verilmiştir.

Tablo 3.5 %100 polipropilen liflerin ortalama başlangıç modülü değerleri

lif kodu	ortalama başlangıç modülü (gf/mm)	standart sapma	başlangıç modülündeki % değişim
PP DR	11,516	1,35	-
PP T	11,328	2,024	-1,63
PP D	11,368	1,76	-1,29

Şekil 3.12’de %100 polipropilen liflerinin başlangıç modüllerindeki değişim grafiksel olarak verilmiştir. Buna göre dairesel liflerin başlangıç modülleri trilobal liflerden %1,63; üçgen liflerden %1,29 daha yüksek çıkmıştır.



Şekil 3.12 %100 polipropilen liflerin başlangıç modülleri

Yapılan varyans analizi sonucu anlamlılık değeri 0,05’ten büyük bulunmuştur. Buna göre; %95 güven seviyesinde, farklı kesitlerdeki %100 polipropilen liflerinin ortalama başlangıç modülleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Sonuç olarak; %100 polipropilen liflerinin başlangıç modülleri üzerine, enine kesit şeklinin % 95 güven seviyesi için istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi saptanmamıştır.

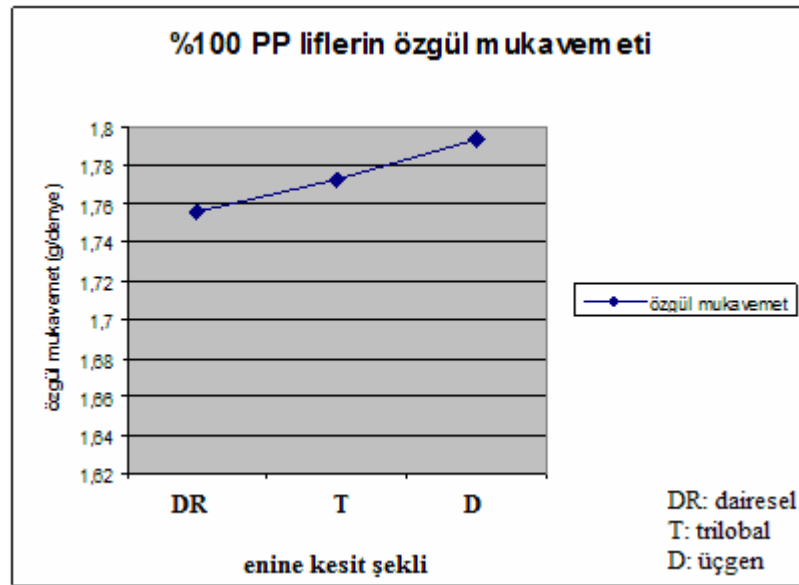
Tablo 3.6’da liflere ait özgül mukavemet değerlerinin 50’şer örnek üzerinden hesaplanan ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir. Ayrıca trilobal ve üçgen

liflerin ortalama özgül mukavemetlerinin, dairesel liflerin ortalama özgül mukavemetine göre değişimi de % olarak verilmiştir.

Tablo 3.6 %100 polipropilen liflerin ortalama özgül mukavemet değerleri

lif kodu	ortalama özgül mukavemet (gf/denye)	standart sapma	özgül mukavemetteki % değişim
PP DR	1,7559	0,1074	-
PP T	1,7723	0,1725	0,93
PP D	1,7931	0,162	2,12

Şekil 3.13'te liflerin özgül mukavemetlerindeki değişim grafiksel olarak verilmiştir. Buna göre dairesel liflerin özgül mukavemeti trilobal liflerden %0,93; üçgen liflerden ise %2,21 daha düşük çıkmıştır. Liflerin özgül mukavemet değerleri 1,75 ile 1,79 gf/denye arasında değişmektedir.



Şekil 3.13 %100 polipropilen liflerin özgül mukavemeti

Yapılan varyans analizi sonucu anlamlılık değeri 0,05'ten büyük bulunmuştur. Buna göre; farklı kesitlerdeki %100 polipropilen liflerinin ortalama özgül mukavemetleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Yani %95 güven seviyesinde, %100 polipropilen liflerin özgül mukavemetleri üzerine enine kesit şeklinin istatistiksel olarak önemli bir etkisi saptanmamıştır.

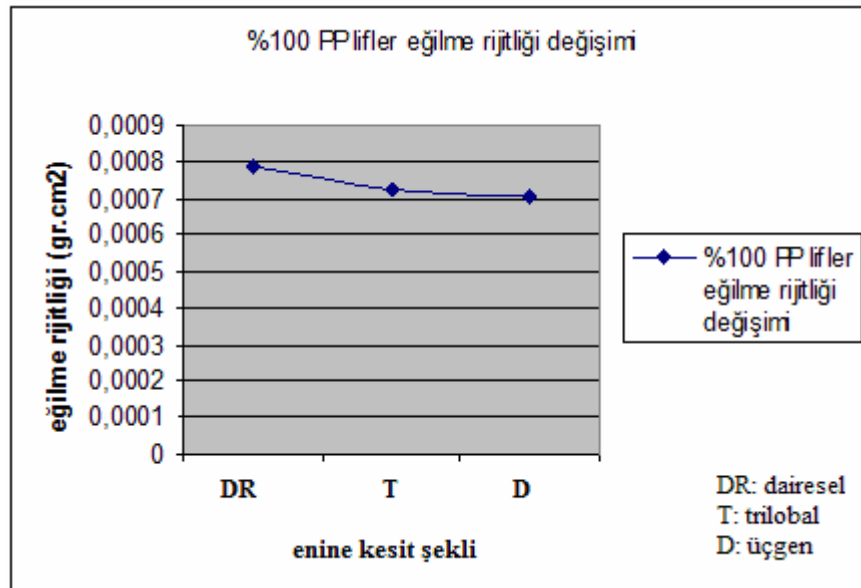
3.1.4.2 Liflerin Eğilme Rijitlikleri

Yapılan halka deneyi sonucunda elde edilen deformasyon verileri kullanılarak hesaplanan ortalama lif eğilme rijitliği değerleri Tablo 3.7’de verilmiştir. Ayrıca trilobal ve üçgen liflerin ortalama eğilme rijitliklerinin dairesel liflerin ortalama eğilme rijitliğine göre değişimi de % olarak verilmiştir.

Tablo 3.7 %100 polipropilen liflerin ortalama eğilme rijitliği değerleri

lif kodu	ortalama eğilme rijitlikleri (gf.cm ²)	standart sapma	% değişim
PP DR	0,000788	0,000213	-
PP T	0,000726	0,000242	-7,90
PP D	0,000701	0,000114	-11,02

Şekil 3.14’te %100 polipropilen liflerinin eğilme rijitliklerindeki değişim grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 3.14 %100 polipropilen liflerin eğilme rijitlikleri

Tablo 3.7 ve Şekil 3.14 birlikte incelendiğinde liflerin eğilme rijitlikleri büyükten küçüğe doğru dairesel, trilobal ve üçgen lifler şeklinde sıralanmıştır. En yüksek değere sahip olan dairesel liflerin eğilme rijitlikleri trilobal liflere göre % 7,7; üçgen liflere göre ise %11,02 daha yüksek çıkmış ve anlamlılık değeri 0,05’ten daha büyük

bulunmuştur. Buna göre; liflerin ortalama eğilme rijitliklerinde görülen farklar %95 güven seviyesinde istatistiksel açıdan önem taşımamaktadır.

Sonuç olarak %100 polipropilen liflerinin eğilme rijitlikleri üzerine, enine kesit şeklinin istatistiksel olarak önemli bir etkisi saptanmamıştır.

3.1.4.3 Kumaşların Sıkıştırılabilirliği

Kumaşların sıkıştırılabilirliklerinin hesaplanabilmesi için 2 farklı basınç değeri altında kumaş kalınlıkları ölçülmüştür. Kumaşlara ait farklı basınçlar altında belirlenen kalınlıklar ve standart sapma değerleri Tablo 3.8’de verilmiştir.

Tablo 3.8 %100 polipropilen ipliklerden elde edilen kumaşların ortalama kalınlıkları

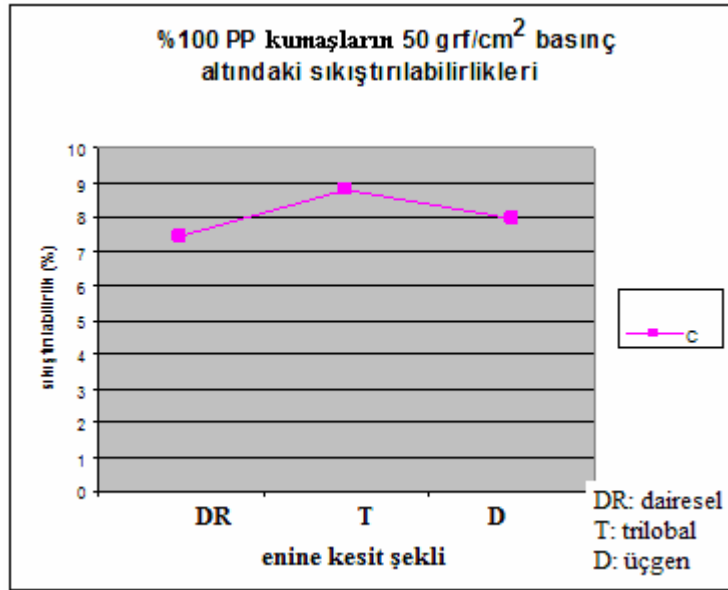
kumaş kodu	t5 ortalama kumaş kalınlığı (mm)	t5 için st. sapma	t50 ortalama kumaş kalınlığı (mm)	t50 için st.sapma
PP DR	0,969	0,02183	0,897	0,0283
PP T	1,073	0,0189	0,979	0,01197
PP D	0,835	0,00972	0,769	0,01449

Tablo 3.8’de bulunan değerler kullanılarak kumaşların 50 gf/cm² basınç değeri için sıkıştırılabilirlikleri hesaplanmıştır. Kumaşlara ait sıkıştırılabilirlik verileri ve trilobal lifler ile üçgen liflerden örülmüş kumaşların dairesel liflerden örülmüş kumaşa göre sıkıştırılabilirliklerindeki % değişim Tablo 3.9’da verilmiştir.

Tablo 3.9 %100 polipropilen ipliklerden elde edilen kumaşların sıkıştırılabilirlikleri (%)

kumaş kodu	C (%)	% değişim
PP DR	7,4	-
PP T	8,8	17,9
PP D	7,9	6,4

Kumaş sıkıştırılabilirlikleri Şekil 3.15’te grafik şeklinde verilmiştir.



Şekil 3.15 % 100 polipropilen kumaşların sıkıştırılabilirlikleri

Tablo 3.9 ve Şekil 3.15 birlikte incelendiğinde; 50 grf/cm² basınç uygulandığında örgü numunelerinin sıkıştırılabilirliklerinin %7,4 ile %8,8 arasında değiştiği görülmektedir. Bu basınç değeri altında en fazla sıkışmayı gösteren trilobal liflerden örülmüş kumaşlar, dairesel liflerden örülmüş kumaşlara göre %17,9 daha fazla sıkışmışken; üçgen liflerden örülmüş kumaşlara göre %6,4 daha fazla sıkışmıştır.

Kumaş sıkıştırılabilirlikleri, ortalama kumaş kalınlıkları üzerinden hesaplanmıştır. Dolayısı ile sıkıştırılabilirlik değerlerinin istatistiksel açıdan farklı olup olmadığını anlamak için kumaş kalınlıkları üzerinden varyans analizleri yapılmıştır.

Kumaş kalınlıkları için varyans analizi 5 grf/cm² ve 50 grf/cm² basınç altında belirlenen kumaş kalınlıkları için ayrı ayrı yapılmıştır. Yapılan varyans analizleri sonucunda anlamlılık değerleri 0,05'ten küçük bulunmuştur. Dolayısı ile bu basınç değerleri altında, en az bir örme numunesinin ortalama kalınlığının diğerlerinden istatistiksel olarak anlamlı bir farka sahip olduğu anlaşılmıştır. Tam olarak hangi liflerden örülmüş kumaşların ortalama kalınlıklarının fark taşıdığını görmek amacı ile ikili karşılaştırmalar yapılmıştır ve iki basınç değeri için de tüm enine kesitlerdeki liflerden örülmüş kumaşların ortalama kalınlıkları istatistiksel açıdan birbirinden farklı bulunmuştur.

Sonuç olarak tüm liflerden elde edilen kumaşların kalınlıkları arasındaki farklar; hem kullanılan lif enine kesit şekline göre hem de uygulanan basınca göre, %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemlidir. Dolayısı ile bu veriler kullanılarak hesaplanan ve Tablo 3.15'te belirtilen kumaş sıkıştırılabilirlik verileri (C) ve sıkıştırılabilirlik farkları istatistiksel açıdan önem kazanmaktadır.

Sonuç olarak, lif enine kesit şeklinin bu liflerden örülerek elde edilen kumaşların sıkıştırılabilirlikleri üzerine etkisinin olduğu saptanmıştır.

3.1.5 Kumaş Parlaklıkları ve Renk Ölçümü

%100 polipropilen kumaşların parlaklıkları, renk ölçümü sonuçları kullanılarak belirlenmiştir. Kumaşlara ait L*, a*, b*, c* ve H* değerleri Tablo 3.10'da verilmiştir.

Tablo 3.10 %100 polipropilen kumaşların renk ölçüm sonuçları

Kumaş kodu	L*	a*	b*	c*	H*
PP DR	79,037	-0,21	0,117	0,241	60,817
PP T	87,518	0,033	0,512	0,513	86,349
PP D	86,551	0,354	0,11	0,371	17,259

Kumaşların renk ve parlaklık karşılaştırmaları, elde edilen veriler kullanılarak Color Mission® bilgisayar yazılımı ile yapılmıştır. Tablo 3.11'de bu karşılaştırmalar verilmiştir.

Tablo 3.11 %100 PP kumaşların enine kesit şekline göre renk ve parlaklıklarının karşılaştırılması

T kumaşı DR kumaşına göre;	D kumaşı DR kumaşına göre;	D kumaşı T kumaşına göre;
<ul style="list-style-type: none"> • %9,7 daha açık • Daha parlak • Kırmızımsı • Daha sarıdır. 	<ul style="list-style-type: none"> • %8,7 daha açık • Daha parlak • Kırmızımsı • Daha az sarıdır. 	<ul style="list-style-type: none"> • %1,1 daha koyu • Daha mat • Kırmızımsı • Daha az sarıdır.

DR:dairesel

T:trilobal

D:üçgen

Tablo 3.11’de görüldüğü gibi en parlak numunelerin trilobal liflerden örülmüş kumaşların olduğu, bunu üçgen ve dairesel liflerden elde edilen örme numunelerinin takip ettiği görülmektedir.

Dairesel, trilobal ve üçgen kesitteki liflerden elde edilen örme numunelerin renk değerleri birbirinden farklı çıkmıştır. Buna göre üçgen lifler trilobal liflerden, trilobal lifler de dairesel liflerden daha kırmızımsı çıkmıştır. Trilobal lifler dairesel liflerden, dairesel lifler de üçgen liflerden daha sarı çıkmıştır. Tablo 3.10 incelendiğinde; %100 polipropilen lifler için elde edilen a* ve b* değerlerinin çok küçük olduğu, bu nedenle de lifler arası belirlenen renk değişiminin önemli olmadığı sonucuna varılmıştır.

3.1.6 Kumaşlarda Kılcal Yükselme

%100 polipropilen liflerden örülmüş kumaşların sıvı transferini incelemek üzere, çubuk yönünde kılcal yükselmeleri belirlenmiştir. Kumaşlara ait çubuk yönünde kılcal yükselme değerleri, karşılık geldikleri süreler ile birlikte Tablo 3.12’de verilmiştir.

Tablo 3.12 %100 polipropilen liflerden elde edilen örme kumaşların çubuk yönünde kılcal yükselmeleri

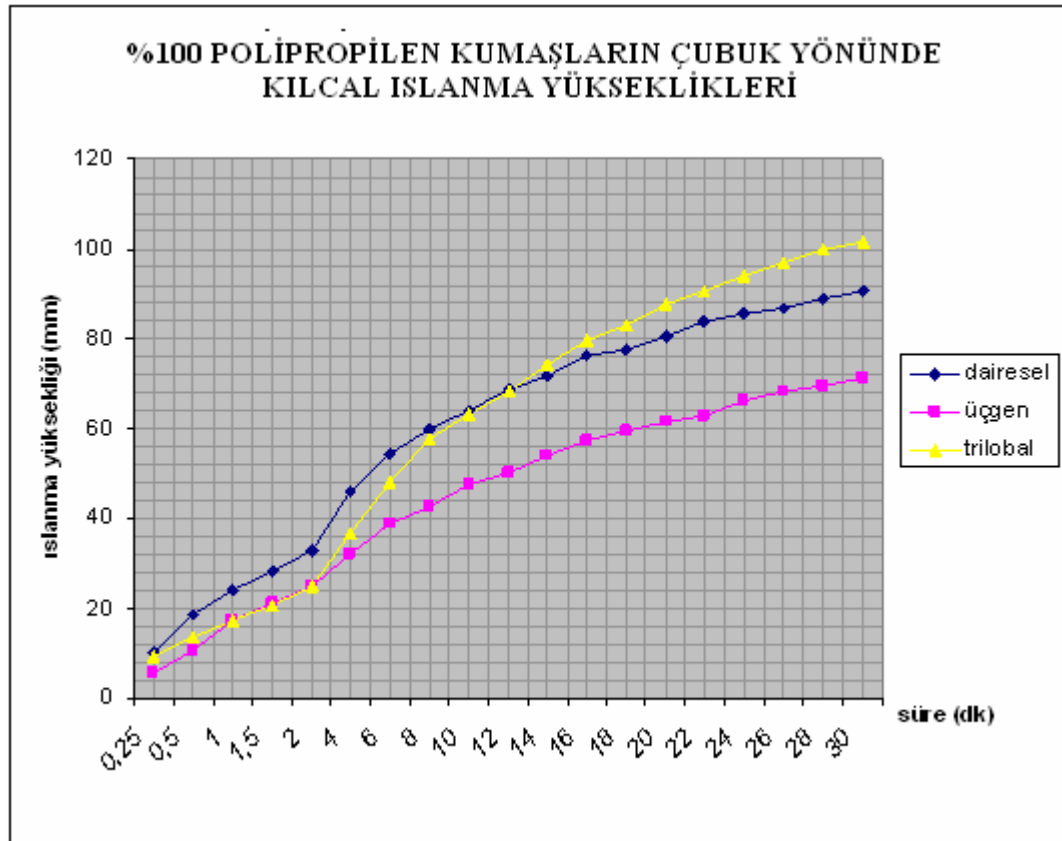
süre (dk)	DR kumaşı		T kumaşı		D kumaşı	
	Çubuk yönünde yükselmeler (mm)	st. sapma	Çubuk yönünde yükselmeler (mm)	st. sapma	Çubuk yönünde yükselmeler (mm)	st. sapma
0,25	10,1667	0,289	9,3333	9,24	5,6667	0,577
0,5	18,3333	2,89	13,3333	14,43	10,6667	2,52
1	24,1667	1,443	17,3333	17,9	17,3333	4,37
1,5	28,3333	2,08	20,6667	20,2	21	5,29
2	32,6667	3,21	24,8333	21,5	24,6667	6,11
4	45,8333	7,22	36,6667	21,8	32	9
6	54,1667	8,81	48,1667	19,6	38,6667	9,8
8	59,6667	9,24	57,5	16,35	32	10,97
10	63,8333	9,83	63,1667	16,93	38,6667	11,65
12	68,6667	10,12	68,3333	15,7	42,6667	12,07
14	71,5	10,83	74	14,34	47,5	11,06
16	76,1667	11,88	79,5	13,44	50,1667	12
18	77,5	12,13	82,8333	12,29	59,5	12,22

Tablo 3.12 %100 polipropilen liflerden elde edilen örme kumaşların çubuk yönünde kılcal yükselmeleri (devamı)

süre (dk)	DR kumaşı Çubuk yönünde yükselmeler (mm)	st. sapma	T kumaşı Çubuk yönünde yükselmeler (mm)	st. sapma	D kumaşı Çubuk yönünde yükselmeler (mm)	st. sapma
20	80,5	13,03	87,6667	12,87	61,5	11,65
22	83,6667	13,16	90,6667	11,72	62,8333	11,73
24	85,3333	14,22	94	10,82	66	10,69
26	86,8333	15,09	97	10,82	68,1667	10,61
28	88,8333	16,4	99,8333	9,57	69,6667	10,97
30	90,3333	16,86	101,667	9,29	71	10,69

DR: dairesel T: trilobal D: üçgen

Kumaşların çubuk yönündeki kılcal yükselmeleri Şekil 3.16'da grafik olarak verilmiştir.



Şekil 3.16 %100 polipropilen kumaşların çubuk yönünde kılcal ıslanmaları

DR: dairesel T: trilobal D: üçgen

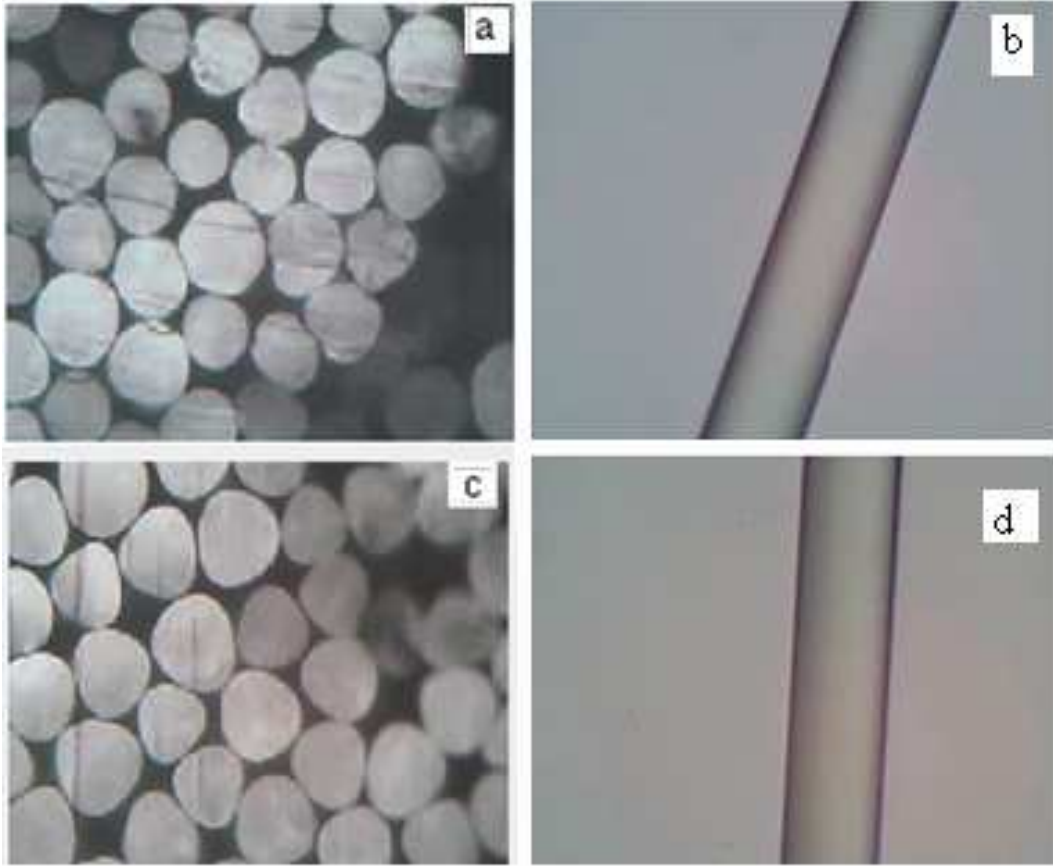
Şekil 3.16 incelendiğinde; üçgen liflerden örölmüş kumaşların çubuk yönünde ıslanmalarının, 30 dakika boyunca en düşük değerlere sahip olduğu görölmektedir. Üçgen liflerden örölen kumaşlarda iplik kesitindeki filament sayısı 36 iken, dairesel ve trilobal liflerden örölen kumaşlarda iplik kesitindeki filament sayısı 48'dir. Numuneler aynı makine ayarlarında aynı sıklıklar kullanılarak öröldüğünden, üçgen liflerde kılcal ıslanmanın gerçekleşeceği lifler arası kapılarlar daha azdır. Bu nedenle üçgen liflerden elde edilen kumaşların kılcal ıslanma yüksekliklerinin daha düşük çıktığı düşünölmektedir. Dairesel ve trilobal lif kumaşlarının kılcal ıslanmaları incelendiğinde; yaklaşık 11. dakikaya kadar dairesel liflerden örölen kumaşların kılcal yükselmesi trilobal liflerden örölen kumaşlardan daha yüksek bir eğri göstermiştir. 11. dakikada kılcal ıslanma eğrileri kesişmiş, bundan sonra trilobal liflerden örölmüş kumaşların kılcal ıslanma yüksekliği dairesel lif kumaşlarına göre artış göstermiştir ve 30. dakika sonuna kadar kılcal yükselmeleri arasındaki fark açılarak devam etmiştir.

3.2 %100 Poliester Lifleri

İki farklı enine kesit şeklinde ve 4,5 denye inceliğinde Setaş Kimya A.Ş.'den temin edilen poliester liflerine ait Şekil 2.5'teki deney planında belirtilen; enine kesit ve boyuna görünüşleri, lif iç yapı özellikleri, mekanik ve kullanım özellikleri deney sonuçları tablo, şekil ve grafikler halinde aşağıda verilmiştir.

3.2.1 Liflerin Boyuna Görünüşleri ve Enine Kesit Şekilleri

Çalışma kapsamında üretilen, farklı enine kesit şekillerindeki %100 poliester liflerine ait enine kesit ve boyuna optik mikroskop görüntüleri Şekil 3.17'de verilmiştir.

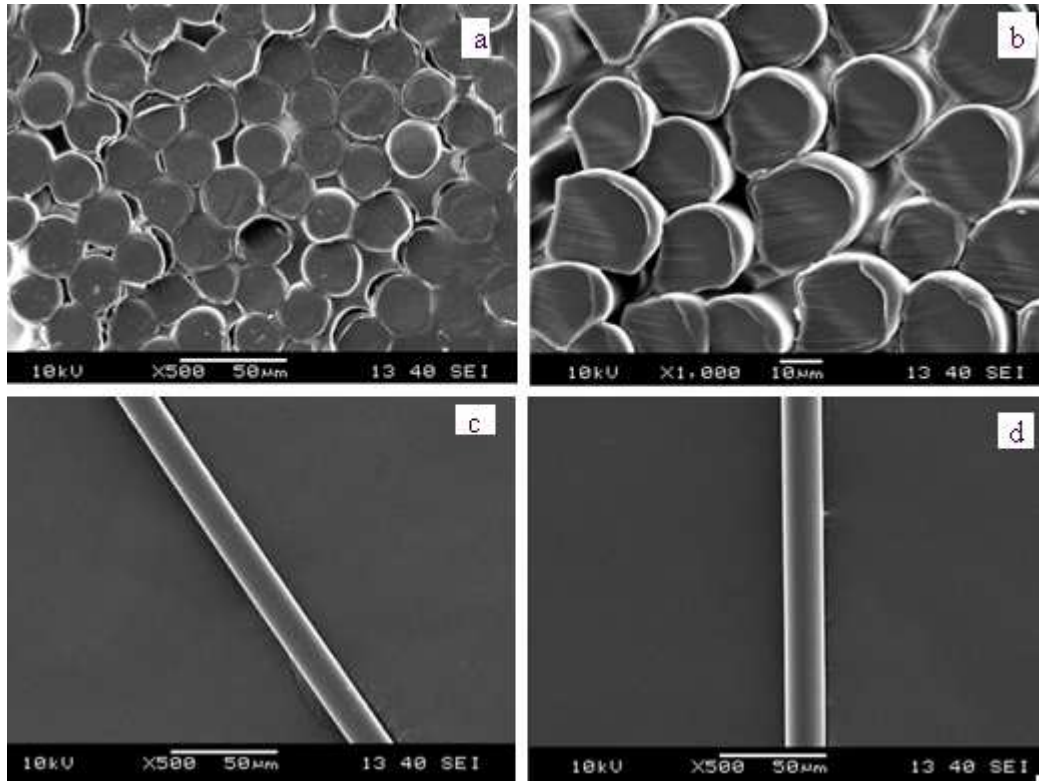


Şekil 3.17 %100 Poliester liflerinin enine kesit ve boyuna görünüşleri (optik mikroskop görüntüleri-500 büyütme)

- a- b Dairesel liflerin enine kesit ve boyuna görüntüsü
- c- d Üçgen liflerin enine kesit ve boyuna görüntüsü

Şekil 3.17 incelendiğinde, üçgen liflerin üçgenimsi bir enine kesit şekline sahip olduğu görülmektedir. Üçgen liflerin köşeleri yuvarlaklaşmış ve lif enine kesiti dairesele bir miktar yaklaşmıştır. Liflerin boyuna görünüşleri incelendiğinde ise, liflerin düz cam boru şeklinde olduğu görülmektedir.

Şekil 3.18’de %100 poliester liflerin enine ve boyuna SEM görüntüleri verilmiştir.



Şekil 3.18 %100 Polyester liflerinin SEM fotoğrafları (500 büyütme)

- a- c Dairesel liflerin enine kesit ve boyuna görüntüsü
b- d Üçgen liflerin enine kesit ve boyuna görüntüsü

Liflerin SEM fotoğrafları incelendiğinde lif yüzeylerinin oldukça pürüzsüz olduğu görülmektedir.

3.2.2 Lif/İplik İncelikleri

% 100 poliester liflerine ait iplik numaraları ve tek lif incelikleri Tablo 3.13'te verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi poliester liflerinin tek lif inceliği yaklaşık 4,5 denyedir. Dairesel poliester liflerinin tek lif inceliği 4,36 denye, üçgen poliester liflerinin tek lif inceliği 4,54 denyedir. Dairesel liflerden oluşan iplik 209,34 denye inceliğinde iken, üçgen liflerden oluşan ipliğin inceliği 217,77 denyedir.

Tablo 3.13 İplik ve tek lif incelikleri

Lif kesit şekli/ kodu	İplikteki filament sayısı	İplik numarası		Tek lif numarası	
		denye	tex	denye	dtex
Dairesel/ PES DR	48	209,34	23,26	4,36	4,84
Üçgen/ PES D	48	217,77	24,196	4,54	5,04

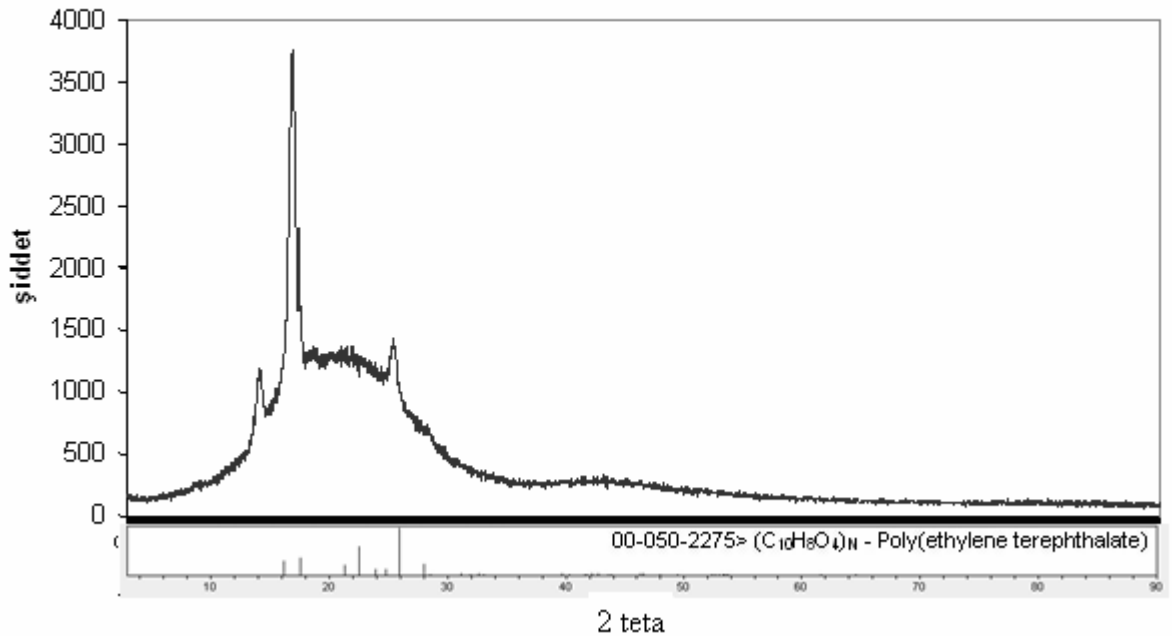
3.2.3 Lif İçyapı Özellikleri

%100 poliester liflerin; içyapıları ile ilgili olarak kristal fazları, erime sıcaklıkları, kristalizasyon sıcaklıkları ve kristalinite oranları XRD ve DSC analizleri kullanılarak belirlenmiş ve enine kesite bağlı olarak lifler arası bir değişim olup olmadığı karşılaştırılmıştır.

3.2.3.1 Liflerin Kristal Yapıları

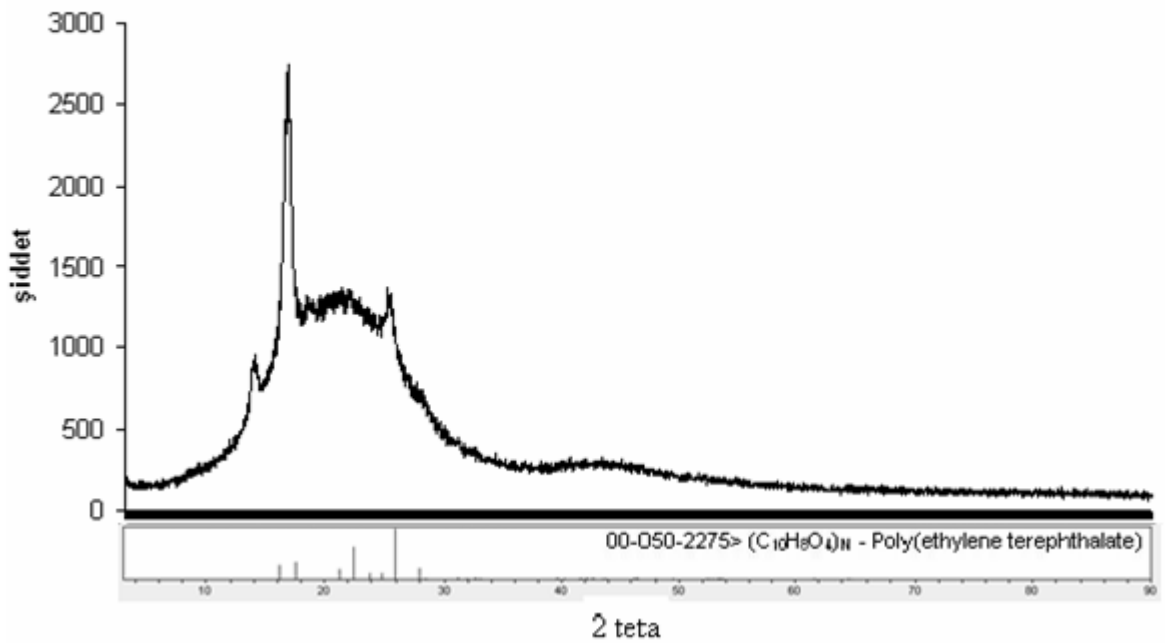
Liflerin kristal yapıları ile ilgili bilgi edinmek amacı ile XRD desenleri elde edilmiş ve bu desenler veri tabanında bulunan standart JCPDS kartları ile karşılaştırılmıştır. Liflere ait XRD desenleri Şekil 3.19 ve 3.20'de verilmiştir.

PES DR XRD diyagramı



Şekil 3.19 Dairesel liflere ait XRD deseni

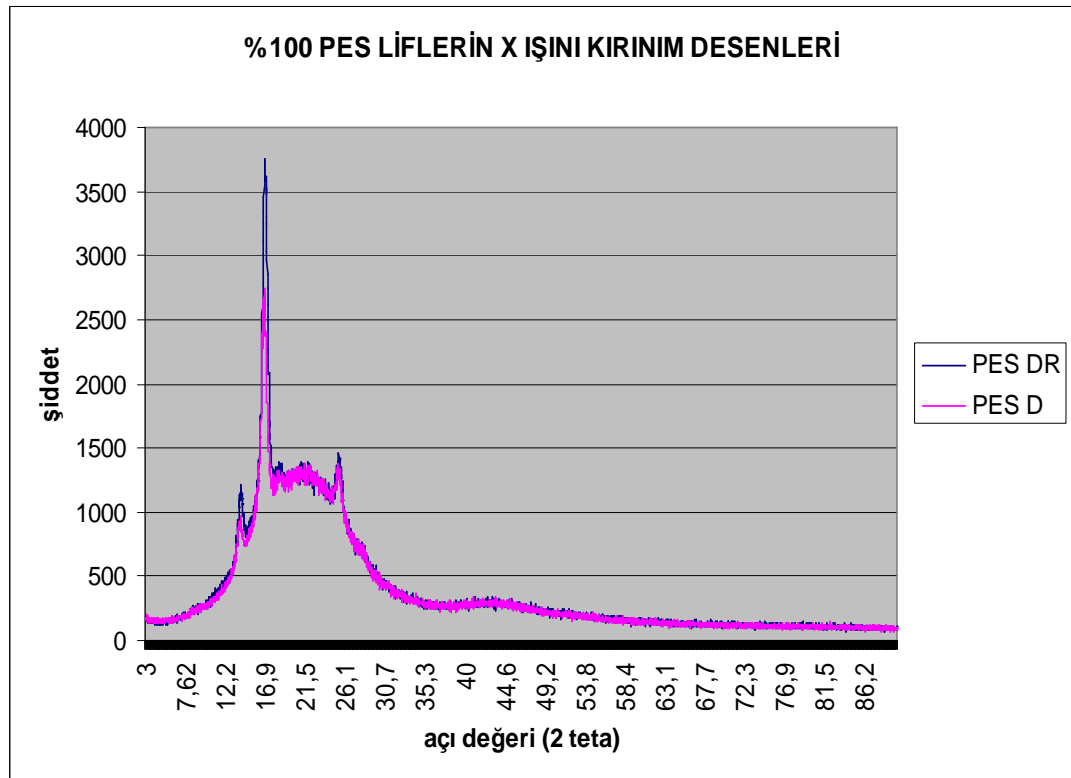
PES D XRD diyagramı



Şekil 3.20 Üçgen liflere ait XRD deseni

Şekil 3.19 ve 3.20’de görüldüğü üzere lifler 14° ile 30° arasında pikler vermiştir. Liflerin en belirgin pikleri yaklaşık olarak 14° , 17° ve 25° açılarında verdikleri piklerdir. Bu piklerden 17° ve 25° 2 teta açlarına denk gelen pikler polietilen tereftalata ait 00-050-2275 numaralı standart JCPDS kartında belirtilen piklerle uyum göstermektedir. Liflerin XRD desenlerinde $17-25^\circ$ açıları arasında fazla belirgin olmayan pikler bulunmaktadır. Buradaki piklerin belirgin olmamasının nedeninin, liflerin tamamen kristalleşmemesi ve kısmen amorf yapıda kalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Şekil 3.21’de ise iki farklı kesitteki liflerin XRD desenleri aynı grafikte toplanmıştır. Şekil 3.21 incelendiğinde iki lifin pik verdiği noktaların açı ve pik şiddeti değerlerinin birbiri ile uyumlu olduğu ve 17° ’de verilen pik yüksekliklerinin dışında aralarında belirgin bir fark olmadığı görülmektedir. 17° ’de dairesel lifin verdiği pikin şiddeti daha büyüktür.



Şekil 3.21 %100 poliester liflere ait XRD desenleri

3.2.3.2 Liflerin Isıl Özellikleri ve Kristalinite Oranları

DSC yöntemi kullanılarak %100 poliester liflerinin erime sıcaklıkları, kristalizasyon sıcaklıkları ve kristalinite oranları belirlenmiştir. Tablo 3.14'te liflerin kristalinite oranları, erime sıcaklıkları, kristalizasyon sıcaklıkları ve dairesel life göre üçgen lifin bu özelliklerindeki değişim % olarak verilmiştir.

Tablo 3.14 %100 poliester liflere ait kristalinite oranı, erime sıcaklığı ve kristalizasyon sıcaklığı

Örnek	Kristalinite oranı (%)	Kristalinite oranı Değişimi (%)	Erime Sıcaklığı (°C)	Erime sıcaklığı değişimi (%)	Kristalizasyon sıcaklığı (°C)	Kris. Sıcaklığı Değişimi (%)
PES DR	23,4	-	249,8	-	114,6	-
PES D	23,8	1,78	249,4	-0,16	117,2	2,27

Tablo 3.14'teki veriler incelendiğinde, iki farklı enine kesit şeklindeki %100 poliester liflerinin kristalinite oranları ve erime sıcaklıkları arasında önemli bir fark tespit edilmemiştir. Liflerin yaklaşık kristalinite oranı %23 iken, yaklaşık erime sıcaklığı 249°C olarak tespit edilmiştir. Daha önce farklı enine kesit şekillerinde poliester lifleri üzerine yapılan çalışmalarda da lif enine kesit şeklinin kristalinite oranı ve erime sıcaklığı üzerine önemli bir etkisi bulunamamıştır (Karaca ve Özçelik,2007; Hasan ve diğerleri 2009).

Liflere ait kristalizasyon sıcaklıkları dairesel lif için 114,6°C, üçgen lif için 117,2°C'dir. Buna göre üçgen lifin kristalizasyon sıcaklığı dairesel liften %2,27 daha yüksek çıkmıştır.

3.2.4 Liflerin Mekanik Özellikleri

Liflerin mekanik özelliklerini incelemek üzere tek lif mukavemetleri, uzama özellikleri, liflerin eğilme rijitlikleri ve bu liflerden örülmüş kumaşların sıkıştırılabilirlikleri belirlenmiştir. Sonuçlar tablolar halinde derlenmiş, dairesel life göre üçgen lifin mekanik özelliklerindeki değişim % cinsinden verilmiştir. Aradaki

farkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı varyans analizi yapılarak değerlendirilmiştir.

3.2.4.1 Liflerin Mukavemet ve Uzama Özellikleri

Yapılan tek lif mukavemet ölçümleri sonucu; liflerin kopma yükleri, kopma uzamaları, başlangıç modülleri ve özgül mukavemet değerleri elde edilmiştir.

Tablo 3.15'te poliester liflerine ait ortalama kopma yükü ve standart sapma değerleri verilmiştir. Liflerin kopma yükleri ortalama olarak 11,3 gf bulunmuştur. Dairesel ve üçgen kesitteki poliester liflerinin kopma yükleri birbirine çok yakın olmakla beraber, dairesel liflerin kopma yükü %1,6 daha yüksek çıkmıştır.

Tablo 3.15 %100 poliester liflerin ortalama kopma yükleri

lif kodu	ortalama kopma yükü (gf)	standart sapma	kopma yükünde % değişim
PES DR	11,344	1,74	-
PES D	11,224	1,91	-1,06

Yapılan varyans analizi sonucu anlamlılık değeri 0,05'ten büyük bulunmuştur. Dolayısı ile dairesel ve üçgen enine kesitlerine sahip %100 poliester liflerinin kopma yükleri arasında %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Tablo 3.16'da, liflere ait ortalama kopma uzamaları ve standart sapma değerleri verilmiştir. Buna göre, üçgen kesitli poliester liflerinin kopma uzamaları dairesel liflere göre %6,13 daha yüksek bulunmuştur.

Tablo 3.16 %100 poliester liflerin ortalama kopma uzamaları

lif kodu	ortalama kopma uzaması (%)	standart sapma	kopma uzamasındaki % değişim
PES DR	144,91	40,9	-
PES D	153,80	43	6,13

Yapılan varyans analizi sonucu anlamlılık değeri 0,05'ten büyük bulunmuştur. Buna göre; %95 güven seviyesinde, %100 poliester liflerinin kopma uzamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Özçelik'e ait (2005) benzer bir çalışmada da farklı enine kesitlerde üretilen poliester liflerinden oluşan multifilament ipliklerinin mukavemet değerlerinde, lif enine kesit şekline bağlı olarak belirgin bir fark tespit edilememiştir. Çalışmada dairesel ve trilobal kesitlerdeki liflerden elde edilmiş ipliklerin kopma uzamaları birbirine yakın bulunmuşken, aynı kesitlerin delikli liflerinde kopma uzamalarının düştüğü belirtilmiştir.

Tablo 3.17'de poliester liflerinin ortalama başlangıç modülleri ve standart sapma değerleri verilmiştir. Dairesel liflerin ortalama başlangıç modülü 5,3 gf/mm iken, üçgen liflerin ortalama başlangıç modülü 4,35 gf/mm olarak bulunmuştur. Buna göre üçgen liflerin ortalama başlangıç modülü dairesel liflerinkine göre %18,51 daha düşük çıkmıştır.

Tablo 3.17 %100 poliester liflerin ortalama başlangıç modülü

lif kodu	ortalama başlangıç modülü (gf/mm)	standart sapma	başlangıç modülündeki % değişim
PES DR	5,34	1,073	-
PES D	4,35	1,018	-18,51

Yapılan varyans analizi sonucu anlamlılık değeri 0,05'ten küçük bulunmuştur. Dolayısı ile, dairesel ve üçgen kesitli %100 poliester liflerin başlangıç modülleri ile enine kesit şekilleri arasında %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.

Tablo 3.18'de liflerin ortalama özgül mukavemetleri ve standart sapma değerleri verilmiştir. Liflerin ortalama özgül mukavemet değerleri 2,5 gf/denye civarındadır. Dairesel liflerin ortalama özgül mukavemetleri üçgen liflere göre %1,01 daha yüksek çıkmıştır.

Tablo 3.18 % 100 poliester liflerin ortalama özgül mukavemetleri

lif kodu	ortalama özgül mukavemet (gf/denye)	standart sapma	özgül mukavemetteki % değişim
PES DR	2,5193	0,3864	-
PES D	2,4938	0,4233	-1,01

Liflerin özgül mukavemetlerine ait varyans analizi sonucuna göre elde edilen anlamlılık değeri 0,05'ten büyüktür.

Sonuç olarak %95 güven seviyesi için %100 poliester liflerin özgül mukavemetleri üzerine enine kesit şeklinin istatistiksel açıdan önemli bir etkisi saptanmamıştır.

3.2.4.2 Liflerin Eğilme Rijitlikleri

%100 poliester liflerine ait ortalama eğilme rijitliği değerleri Tablo 3.19'da verilmiştir.

Tablo 3.19 % 100 poliester liflerin ortalama eğilme rijitlikleri

lif kodu	ortalama eğilme rijitliği (gr.cm ²)	st. sapma	Eğilme rijitliğindeki % değişim
PES DR	0,00007619	0,0000277	-
PES D	0,00004255	0,0000202	-44,15

Buna göre dairesel liflerin eğilme rijitliği üçgen liflere göre % 44.15 daha yüksek çıkmıştır. Liflerin eğilme rijitliklerine ait varyans analizi sonucunda elde edilen anlamlılık değeri 0,05'ten küçüktür. Buna göre, lifler arasında bulunan ortalama eğilme rijitliği farkı %95 güven seviyesi için anlamlıdır.

Sonuç olarak, %100 poliester liflerin eğilme rijitlikleri ile enine kesit şekilleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir.

3.2.4.3 Kumaşların Sıkıştırılabilirliği

Kumaş sıkıştırılabilirliklerinin hesaplanabilmesi için 2 farklı basınç değeri altında belirlenen ortalama kumaş kalınlıkları ve standart sapma değerleri Tablo 3.20’de verilmiştir.

Tablo 3.20 % 100 poliester ipliklerden elde edilen kumaşların ortalama kalınlıkları

kumaş kodu	t5 ortalama kumaş kalınlığı (mm)	t5 için st. Sapma	t50 ortalama kumaş kalınlığı (mm)	t50 için st.sapma
PES DR	0,371	0,02378	0,274	0,02591
PES D	0,36	0,001764	0,248	0,01619

Tablo 3.20’de verilen kalınlık değerleri kullanılarak, kumaşların 50 gf/cm² basınç değeri için sıkıştırılabilirlikleri hesaplanmıştır. Kumaşlara ait sıkıştırılabilirlik değerleri Tablo 3.21’de verilmiştir.

Tablo 3.21 %100 poliester ipliklerden elde edilen kumaşların sıkıştırılabilirlikleri (%)

kumaş kodu	C (%)	% değişim
PES DR	26,15	-
PES D	31,11	18,99

Tablo 3.21’deki verilere göre delta enine kesitli liflerden elde edilen örgü kumaşların ortalama sıkıştırılabilirliği % 31,11 iken dairesel enine kesitli liflerden elde edilenlerinki %26,15’tir. Buna göre delta enine kesitli liflerden elde edilen kumaşlar dairesel liflerden elde edilen kumaşlara göre %18,99 daha fazla sıkıştırılabilirliğe sahiptir.

Kumaş sıkıştırılabilirliklerinin hesaplandığı kumaş kalınlık değerlerine, kesit şekli ve uygulanan basınç açısından uygulanan varyans analizi sonuçlarına göre anlamlılık değerleri 0,05’ten küçük bulunmuştur.

Sonuç olarak %100 poliester liflerinden elde edilen kumaşların kalınlıkları arasındaki farklar; hem lif enine kesit şekline göre hem de uygulanan basınca göre, %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemlidir. Dolayısı ile bu veriler

kullanılarak hesaplanan sıkıştırılabilirlik değerleri istatistiksel açıdan önem kazanmaktadır.

Sonuç olarak, lif enine kesit şeklinin bu liflerden örülerek elde edilen kumaşların sıkıştırılabilirlikleri üzerine etkisinin olduğu saptanmıştır.

3.2.5 Kumaş Parlaklıkları ve Renk Ölçümü

%100 poliester kumaşlara ait L*, a*, b*, c* ve H* değerleri Tablo 3.22’de verilmiştir.

Tablo 3.22 %100 poliester kumaşların renk ölçüm sonuçları

kumaş kodu	L*	a*	b*	c*	H*
PES DR	85,53	-0,179	0,842	0,86	12,021
PES D	84,034	-0,173	0,652	0,675	14,878

Buna göre dairesel liflerden örülmüş kumaş üçgen liflerden örülmüş kumaşa göre daha parlaktır. Lifler arası renk değişimleri a* ve b* değerlerinin çok düşük olmasından dolayı önemsiz bulunmuştur.

3.2.6 Kumaşlarda Kılcal Yükselme

%100 poliester liflerden örülmüş kumaşlarda sıvı transferini incelemek üzere, çubuk yönünde kılcal yükselmeler belirlenmiştir. Kumaşlara ait çubuk yönünde kılcal yükselme değerleri, karşılık geldikleri süreler ile birlikte Tablo 3.23’te verilmiştir.

Tablo 3.23 %100 poliester liflerden elde edilen örme kumaşların çubuk yönünde kılcal yükselmeleri

süre (dk)	DR kumaşı Çubuk yönünde yükselmeler (mm)	st. sapma	D kumaşı Çubuk yönünde yükselmeler (mm)	st. sapma
0,25	2	2	2	1
0,5	3,333	1,528	2,5	0,866
1	3,667	1,155	3	0,866

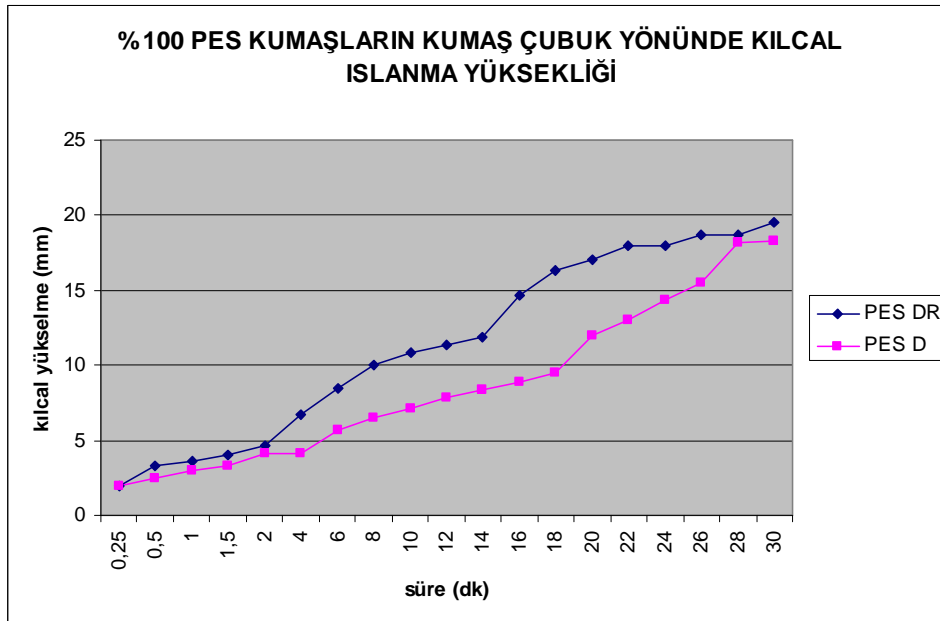
Tablo 3.23 %100 poliester liflerden elde edilen örme kumaşların çubuk yönünde kılcal yükselmeleri

süre (dk)	DR kumaşı Çubuk yönünde yükselmeler (mm)	st. sapma	D kumaşı Çubuk yönünde yükselmeler (mm)	st. sapma
1,5	4	1,73	3,333	1,258
2	4,667	2,89	4,167	1,041
4	6,667	3,06	4,167	1,041
6	8,5	2,18	5,667	0,764
8	10	3,28	6,5	0,5
10	10,833	3,82	7,167	0,764
12	11,333	4,01	7,833	1,041
14	11,833	3,82	8,333	1,155
16	14,667	4,01	8,833	1,607
18	16,333	3,06	9,5	1,5
20	17	3,61	12	2,65
22	18	3,61	13	3,61
24	18	3,61	14,333	3,69
26	18,667	3,82	15,5	3,04
28	18,667	3,82	18,167	1,89
30	19,5	4,44	18,333	2,08

DR: dairesel liften elde edilen örme numunesi

D: üçgen liften elde edilen örme numunesi

Kumaşların çubuk yönündeki kılcal yükselmeleri Şekil 3.22’de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 3.22 %100 poliester kumaşların çubuk yönünde kılcal ıslanmaları

Kumaşların çubuk yönünde kılcal ıslanmaları incelendiğinde dairesel kesitli liflerden örülen kumaşların 30 dakika süresince çubuk yönünde daha fazla ıslandıkları görülmüştür.

Benzer şekilde Özçelik'in (2005) çalışmasında; farklı kesitlerde ve farklı üretim koşullarında üretilen polyester liflerinden örülen kumaş numunelerinde, genel olarak dairesel kesitli olanların kılcal ıslanması trilobalden daha yüksek çıkmıştır.

3.3 Renkli Polipropilen Lifleri

Farklı enine kesit şekillerine sahip renkli polipropilen liflerine ait sonuçlara bu bölümde yer verilmiştir. Renkli polipropilen lifleri; dairesel, trilobal, üçgen ve delikli olmak üzere dört farklı enine kesit şeklinde ve kırmızı ve sarı olmak üzere iki farklı renkte üretilmişlerdir. Kırmızı ve sarı renkte üretilen liflerin; renk ve parlaklık özelliklerinin renksiz polipropilen lifleri ile karşılaştırılabilmesi için, Bölüm 2.2.1.2'de de belirtildiği üzere renkli lifler ile aynı koşullar altında ve aynı enine kesit şekillerinde renksiz polipropilen lifleri de üretilmiştir. Üretilen bu liflerin Şekil 2.5'teki deney planında belirtilen boyuna ve enine kesit görüntülerine, lif/iplik inceliklerine ve bu liflerden elde edilen örme kumaşların renk ölçüm sonuçlarına aşağıda verilmiştir.

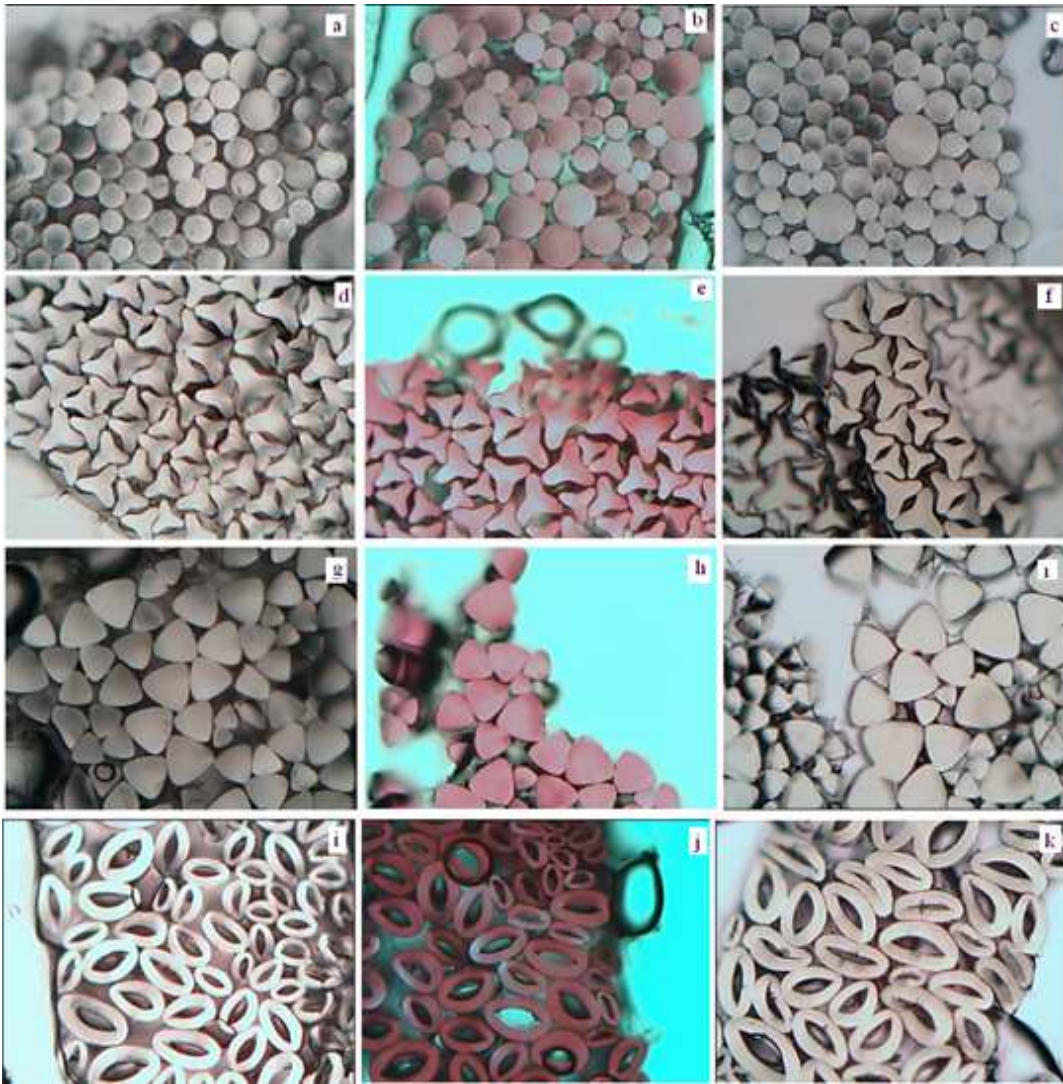
3.3.1 Liflerin Boyuna Görünümleri ve Enine Kesit Şekilleri

Çalışma kapsamında farklı enine kesit şekillerinde üretilen renksiz, kırmızı ve sarı renkli liflere ait enine kesit ve uzunlamasına optik mikroskop görüntüleri sırası ile Şekil 3.23 ve 3.24'te verilmiştir.

Şekil 3.23'e göre trilobal lifler belirgin şekilde ayırt edilebilen üç loba sahiptir. Üçgen liflerin enine kesit şekilleri üçgenimsidir ve köşelerde hafif yuvarlaklaşma meydana gelmiştir. Delikli liflerin ortaları boşluktur. Lif enine kesit alma yönteminden kaynaklı olarak lifler ezilmiştir ve içi boş elipsler halinde

gözlenmektedir. Renkli liflerin içerdikleri pigmentlerden dolayı optik mikroskop görüntüleri kırmızı ve hafif sarı renktedir.

Liflerin boyuna görüntüleri incelendiğinde (Şekil 3.24); dairesel, trilobal ve üçgen kesitli liflerin boyuna görünüşlerinin Şekil 3.1’de verilen %100 polipropilen liflerinin görüntüleri ile benzer olduğu görülmektedir. Delikli liflerde ise lif içerisindeki boşluk, boyuna görüntüde lif ortasından geçen genişçe bir kanal görünümünü almıştır.



Şekil 3.23 Renksiz polipropilen ve renkli polipropilen liflerin enine kesit görüntüleri (125 büyütme)

a- renksiz dairesel lifler

b- kırmızı dairesel lifler

c- sarı dairesel lifler

d- renksiz trilobal lifler

e- kırmızı trilobal lifler

f- sarı trilobal lifler

g- renksiz üçgen lifler

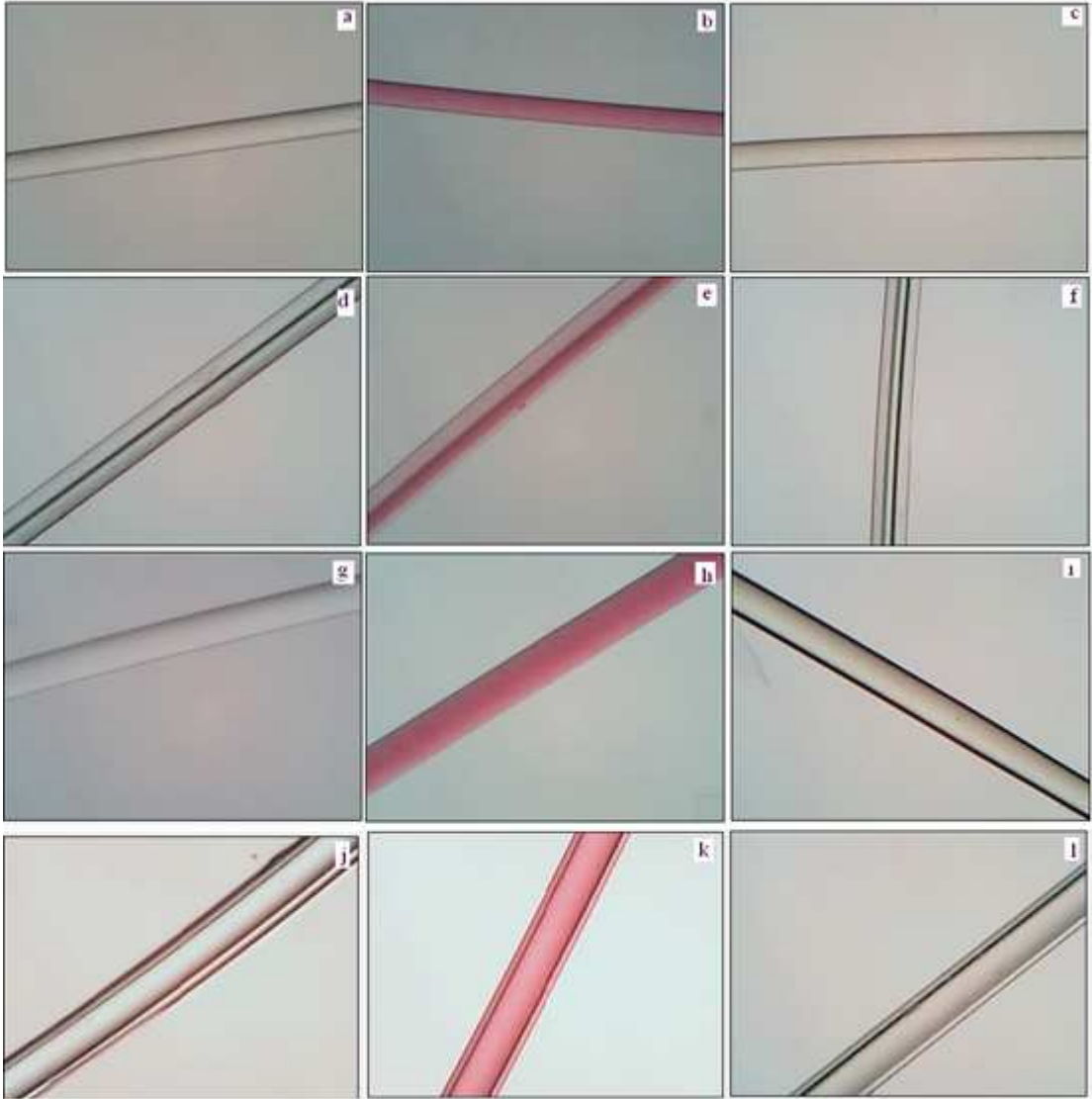
h- kırmızı üçgen lifler

i- sarı üçgen lifler

i- renksiz delikli lifler

j- kırmızı delikli lifler

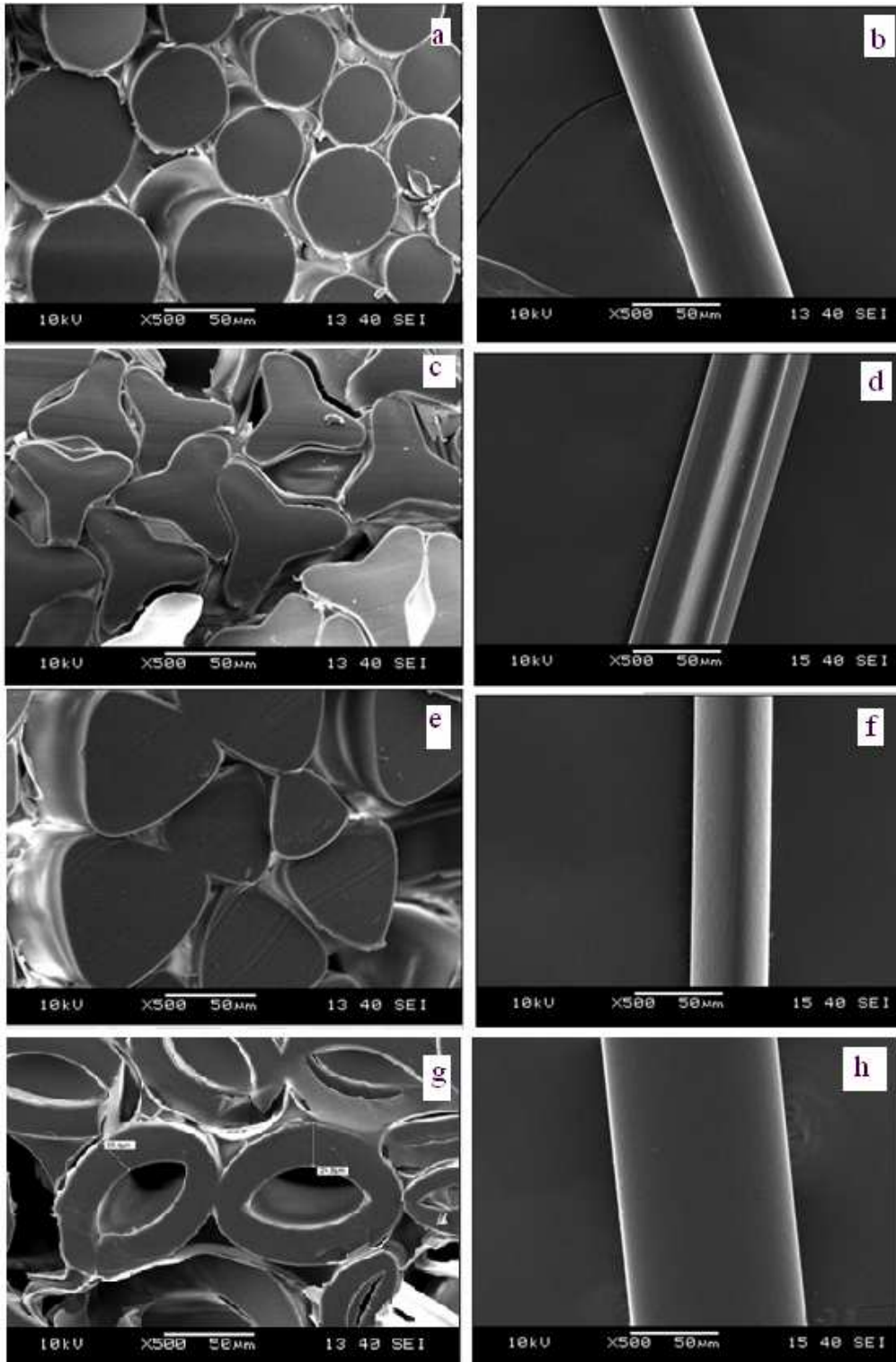
k- sarı delikli lifler



Şekil 3.24 Renksiz polipropilen ve renkli polipropilen liflerin boyuna görünüşleri (125 büyütme)

- | | | |
|----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| a- renksiz dairesel lifler | b- kırmızı dairesel lifler | c- sarı dairesel lifler |
| d- renksiz trilobal lifler | e- kırmızı trilobal lifler | f- sarı trilobal lifler |
| g- renksiz üçgen lifler | h- kırmızı üçgen lifler | ı- sarı üçgen lifler |
| j- renksiz delikli lifler | k- kırmızı delikli lifler | l- sarı delikli lifler |

Şekil 3.25'te liflerin SEM fotoğrafları yer almaktadır. Dairesel, trilobal ve üçgen liflerin enine ve boyuna görünüşleri Şekil 3.2'de verilen %100 polipropilen lifleri ile uyumludur. Delikli liflerin enine kesitleri hortum görünümünde iken, boyuna görünüşleri dairesel liflerin boyuna SEM görüntülerine benzemektedir.



Şekil 3.25 Liflerin enine kesit ve boyuna görünüşleri (SEM fotoğrafları)

a- dairesel lif enine kesit fotoğrafı

b- dairesel lif boyuna görünüş fotoğrafı

c- trilobal lif enine kesit fotoğrafı

d- trilobal lif boyuna görünüş fotoğrafı

e- üçgen lif enine kesit fotoğrafı

f- üçgen lif boyuna görünüş fotoğrafı

g- delikli lif enine kesit fotoğrafı

h- delikli lif boyuna görünüş fotoğrafı

3.3.2 Lif/İplik İncelikleri

Çalışmada tek lif inceliği 19 denye olacak şekilde lif üretimleri yapılmıştır. Hedeflenen lif inceliğinin kontrolü amacı ile, üretilen liflerin incelikleri belirlenmiştir. Çalışma kapsamında üretilen liflere ait iplik numaraları ve tek lif incelikleri Tablo 3.24'te verilmiştir.

Tablo 3.24 İplik numaraları ve tek lif incelikleri

Lif kodu	İplikteki filament sayısı	İplik numarası		Tek lif inceliği	
		denye	tex	denye	dtex
PP DR (2)	72	1259	139,9	17,5	19,4
PP DR K	72	1245	138,3	17,3	19,2
PP DR S	72	1149	127,7	15,9	17,7
PP T (2)	48	967	107,5	20	22,4
PP T K	48	956	106,2	19,9	22,1
PP T S	48	959	106,6	19,9	22,2
PP D (2)	72	1184	131,6	16,4	18,3
PP D K	72	1392	154,7	19,3	21,5
PP D S	72	1274	141,6	17,7	19,7
PP H	72	1450	161,2	20,1	22,4
PP H K	72	1466	162,9	20,4	22,6
PP H S	72	1307	145,3	18,2	20,2

Tablo 3.24 incelendiğinde, liflerin inceliklerinin 15,9 ile 20,4 denye arasında değiştiği görülmektedir. Buna göre istenilen lif inceliği olan 19 denyeden bir miktar sapma gösterdiği söylenebilir. Bu sapma tüm lifler göz önüne alındığında maksimum 3,1 denye olarak gerçekleşmiştir.

İplik incelikleri ise; enine kesitinde 72 adet lif içeren dairesel, üçgen ve delikli lif ipliklerinde 1466 ile 1149 denye arasında değişiklik göstermiştir. Genel olarak bakıldığında; dairesel lifler ve bunlardan elde edilen ipliklerde istenilenden bir miktar daha düşük numaralar elde edilmişken, delikli lif ve bunlardan elde edilen ipliklerde bir miktar daha yüksek numaralar elde edilmiştir.

3.3.3 Kumaş Parlaklıkları ve Renk Ölçümü

Renkli liflerden örülmüş kumaşların parlaklık ve renk karşılaştırmaları, renk ölçümü sonucunda elde edilen veriler ışığında yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen L*, a*, b*, c* ve H* değerlerine Tablo 3.25'te yer verilmiştir.

Tablo 3.25 % 100 polipropilen kumaşların renk ölçüm sonuçları

Kumaş kodu	L*	a*	b*	c*	H*
PP DR (2)	78,009	-0,078	0,558	0,563	7,96
PP D (2)	85,177	-0,128	0,74	0,751	9,833
PP T (2)	85,08	-0,21	0,478	0,523	23,725
PP H	82,487	-0,238	0,489	0,544	25,987
PP DR S	77,701	-3,036	41,665	41,776	4,167
PP D S	81,993	-2,581	38,823	38,908	3,804
PP T S	82,945	-3,514	32,129	32,321	6,241
PP H S	79,906	-3,019	35,337	35,466	4,884
PP DR K	44,602	50,923	7,147	51,422	7,99
PP D K	48,262	50,425	2,971	50,513	3,372
PP T K	49,335	49,581	1,817	49,614	2,099
PP H K	47,365	47,475	3,44	47,6	4,145

Kumaşların renk ve parlaklık karşılaştırmaları bilgisayar yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Tablo 3.26'da renksiz polipropilen liflerinden elde edilen kumaşların renk ve parlaklık sonuçları, ikiyeşerli gruplar halinde karşılaştırılarak verilmiştir. Ayrıca tabloda, kumaşların birbirine göre renk farklılıklarını belirten ΔE değerine de yer verilmiştir.

Tablo 3.26 Renksiz polipropilen kumaşların renk ve parlaklıklarının karşılaştırılması

PP D (2) kumaşı PP DR (2) kumaşına göre; <ul style="list-style-type: none"> • %8.4 daha açık • Daha parlak • Daha yeşil • Daha sarı $\Delta E:7,17$	PP H kumaşı PP DR (2) kumaşına göre, <ul style="list-style-type: none"> • % 5,4 daha açık • Daha mat • Daha yeşil • Daha az sarı $\Delta E:4,481$	PP T (2) kumaşı PP DR (2) kumaşına göre; <ul style="list-style-type: none"> • % 8,3 daha açık • Daha mat • Daha yeşil • Daha az sarı $\Delta E:7,073$
---	---	---

Tablo 3.26 Renksiz polipropilen kumaşların renk ve parlaklıklarının karşılaştırılması (devamı)

PP H kumaşı PP D (2) kumaşına göre; <ul style="list-style-type: none"> • %3,2 daha koyu • Daha mat • Daha yeşil • Daha az sarı $\Delta E: 2,704$	PP T (2) kumaşı PP D (2) kumaşına göre; <ul style="list-style-type: none"> • %0,1 daha koyu • Daha mat • Daha yeşil • Daha az sarı $\Delta E: 0,291$	PP T (2) kumaşı PP H kumaşına göre; <ul style="list-style-type: none"> • %3 daha açık • Daha mat • Daha az yeşil • Daha az sarı $\Delta E: 2,593$
---	---	--

Tablo 3.26 incelendiğinde, renksiz polipropilen kumaşların parlaklık sıralamasının üçgen kesit>dairesel kesit>delikli kesit>trilobal kesit şeklinde olduğu görülmektedir. Kumaşların renklerinin açıklık sıralaması ise üçgen kesit>trilobal kesit>delikli kesit>dairesel kesit şeklindedir. Renksiz polipropilen kumaşların kırmızılık-yeşillik ve sarılık-mavilik değerlerinin Tablo 3.25 incelendiğinde çok düşük olduğu görülmüş ve bu değerler önemsiz kabul edilmiştir.

Tablo 3.27’de sarı renkli polipropilen liflerinden elde edilen kumaşların renk ve parlaklık sonuçları, ikiyeşerli gruplar halinde karşılaştırılarak verilmiştir.

Tablo 3.27 Sarı renkli kumaşların renk ve parlaklıklarının karşılaştırılması

PP D S kumaşı PP DR S kumaşına göre; <ul style="list-style-type: none"> • %5,2 daha açık • Daha mat • Daha az yeşil • Daha az sarı $\Delta E: 5,168$	PP H S kumaşı PP DR S kumaşına göre; <ul style="list-style-type: none"> • %2,8 daha açık • Daha mat • Daha az yeşil • Daha az sarı $\Delta E: 6,701$	PP T S kumaşı PP DR S kumaşına göre; <ul style="list-style-type: none"> • %6,3 daha açık • Daha mat • Daha yeşil • Daha az sarı $\Delta E: 10,893$
PP H S kumaşı PP D S kumaşına göre; <ul style="list-style-type: none"> • %2,5 daha koyu • Daha mat • Daha yeşil • Daha az sarı $\Delta E: 4,087$	PP T S kumaşı PP D S kumaşına göre; <ul style="list-style-type: none"> • %1,1 daha açık • Daha mat • Daha yeşil • Daha az sarı $\Delta E: 6,825$	PP T S kumaşı PP H S kumaşına göre; <ul style="list-style-type: none"> • %3,7 daha açık • Daha mat • Daha yeşil • Daha az sarı $\Delta E: 4,447$

Tablo 3.27 incelendiğinde sarı kumaşlarda parlaklık sıralamasının dairesel kesit>üçgen kesit>delikli kesit>trilobal kesit şeklinde olduğu görülmüştür. Yine liflerin sarılık kıyaslaması sonucunda, kumaşların sarılık değerlerinin dairesel kesit>üçgen kesit>delikli kesit>trilobal kesit şeklinde parlaklık ile aynı sıralamada olduğu görülmüştür. Liflerin renk açıklığı sıralaması ise trilobal kesit>üçgen kesit>delikli kesit>dairese kesit şeklindedir.

Tablo 3.28’de kırmızı renkli polipropilen liflerinden elde edilen kumaşların renk ve parlaklık sonuçları, ikişerli gruplar halinde karşılaştırılarak verilmiştir.

Tablo 3.28 Kırmızı renkli kumaşların renk ve parlaklıklarının karşılaştırılması

PP D K kumaşı PP DR K kumaşına göre; <ul style="list-style-type: none"> • %7,6 daha açık • Daha mat • Daha az kırmızı • Daha az sarı $\Delta E:5,575$	PP H K kumaşı PP DR K kumaşına göre; <ul style="list-style-type: none"> • % 5,8 daha açık • Daha mat • Daha az kırmızı • Daha az sarı $\Delta E:5,768$	PP T K kumaşı PP DR K kumaşına göre; <ul style="list-style-type: none"> • %9,6 daha açık • Daha mat • Daha az kırmızı • Daha az sarı $\Delta E:7,253$
PP H K kumaşı PP D K kumaşına göre; <ul style="list-style-type: none"> • %1,9 daha koyu • Daha mat • Daha az kırmızı • Daha sarı $\Delta E:3,119$	PP T K kumaşı PP D K kumaşına göre; <ul style="list-style-type: none"> • %2,2 daha açık • Daha mat • Daha az kırmızı • Daha az sarı $\Delta E:1,788$	PP T K kumaşı PP H K kumaşına göre; <ul style="list-style-type: none"> • %4 daha açık • Daha parlak • Daha kırmızı • Daha az sarı $\Delta E:3,309$

Tablo 3.28 incelendiğinde kırmızı renkteki liflerin parlaklık sıralamasının dairesel kesit>üçgen kesit> trilobal kesit>delikli kesit şeklinde olduğu görülmektedir. Liflerin renk açıklıkları ise üçgen kesit>trilobal kesit>delikli kesit>dairese kesit şeklinde sıralanmaktadır. Liflerin kırmızılık değerleri dairesel kesit>üçgen kesit>trilobal kesit>delikli kesit şeklinde sıralanmaktadır.

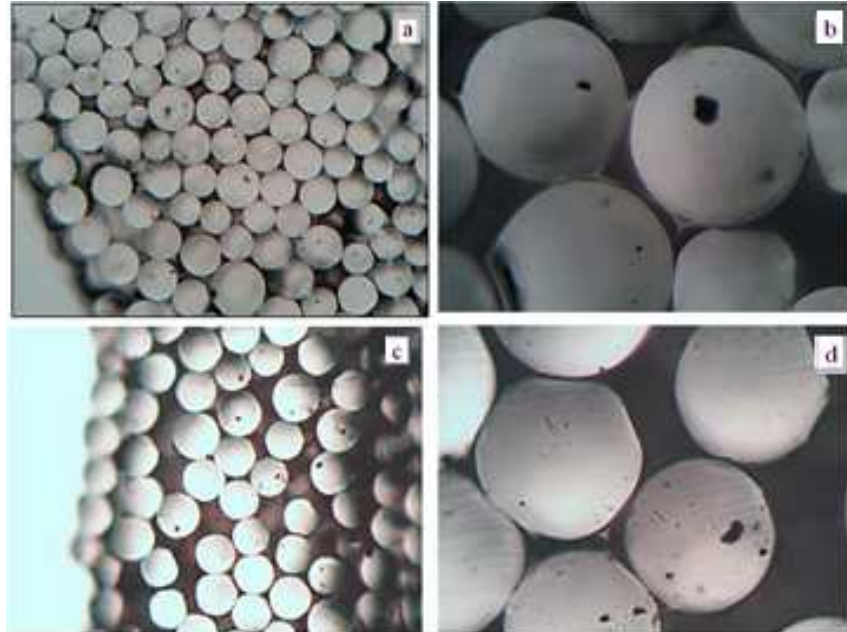
3.4 Kompozit Polipropilen Lifleri

Farklı enine kesitteki kompozit polipropilen lif/ipliklerine ait, Şekil 2.6'daki deney planında belirtilen enine kesit ve boyuna görünüşleri, lif iç yapı özellikleri ve mekanik özellikler deney sonuçları tablo, şekil ve grafikler halinde aşağıda verilmiştir.

%0,3 ve %1 oranında bakır oksit içeren kompozit liflerin özelliklerinin katkı maddesi içermeyen lifler ile karşılaştırılabilmesi için, kompozit liflerle aynı enine kesit şekillerinde ve aynı çalışma koşullarında üretilen ve Bölüm 3.1'de sonuçları verilen %100 polipropilen lifleri kullanılmıştır.

3.4.1 Liflerin Boyuna Görünüşleri ve Enine Kesit Şekilleri

Üretilen kompozit liflere ait optik mikroskop görüntüleri sırası ile aşağıda verilmiştir. Şekil 3.26'da dairesel enine kesite sahip kompozit polipropilen lifler görülmektedir.

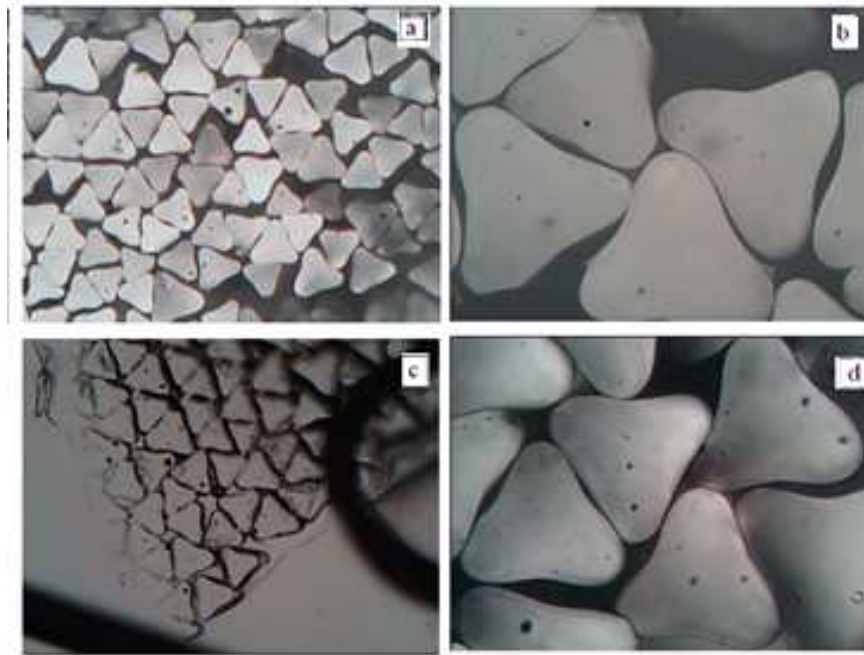


Şekil 3.26 Dairesel enine kesitli kompozit lifler

- a- 0,3 CuO PP DR (125 büyütme) b- 0,3 CuO PP DR (500 büyütme)
c- 1 CuO PP DR (125 büyütme) d- 1 CuO PP DR (500 büyütme)

Şekil 3.26 incelendiğinde; liflerin boyut dağılımının düzgün olduğu, enine kesitlerinin daireler şeklinde olduğu ve kesitlerinde katkı maddesi partiküllerinin bulunduğu görülmektedir. Şekil 3.26 b ve d’de verilen kesitler incelendiğinde partiküllerin kimi yerlerde küçük olarak dağıldığı kimi yerlerde ise daha büyük parçacıklar halinde kümelendiği gözlenmektedir. Partiküller lif kesiti içerisinde dağılmıştır ve lif içerisinde gömük haldedir. %1 oranında katkı maddesi içeren liflerde katkı maddesi daha yoğun olarak görülmektedir.

Şekil 3.27’de trilobal enine kesite sahip kompozit polipropilen liflerin optik mikroskop görüntüleri verilmiştir.



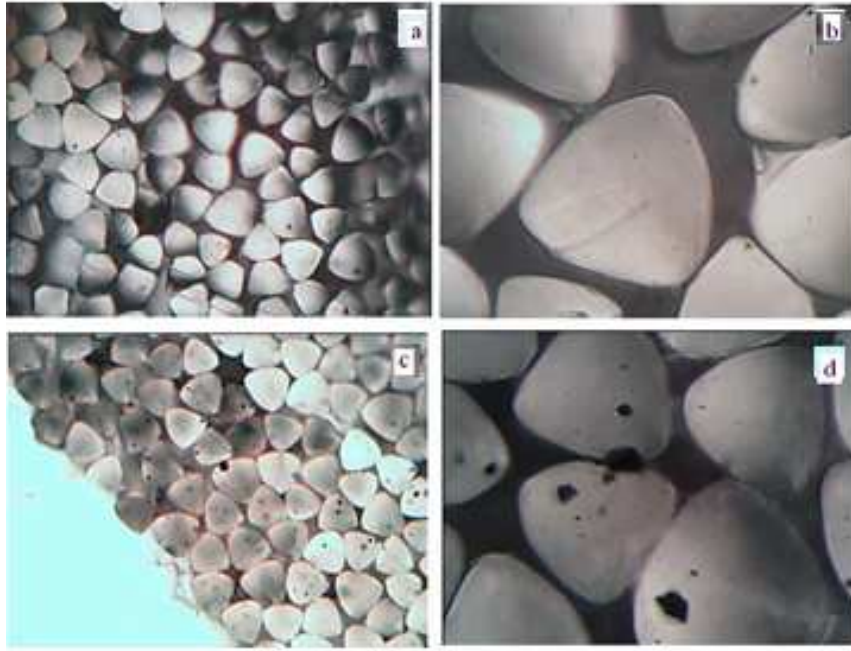
Şekil 3.27 Trilobal enine kesitli kompozit lifler

a--0,3 CuO PP T (125 büyütme) b- 0,3 CuO PP T(500 büyütme)

c-1 CuO PP T (125 büyütme) d- 1 CuO PP T(500 büyütme)

Şekil 3.27 incelendiğinde; liflerin boyut dağılımının düzgün olduğu, loblarının ayırt edilebilir olduğu ve %1 oranında katkılı liflerin kesitinde gözlemlenen katkı maddesinin daha yoğun olduğu görülmektedir.

Şekil 3.28’de üçgen kesit şekline sahip kompozit polipropilen liflerin optik mikroskop görüntüleri verilmiştir.



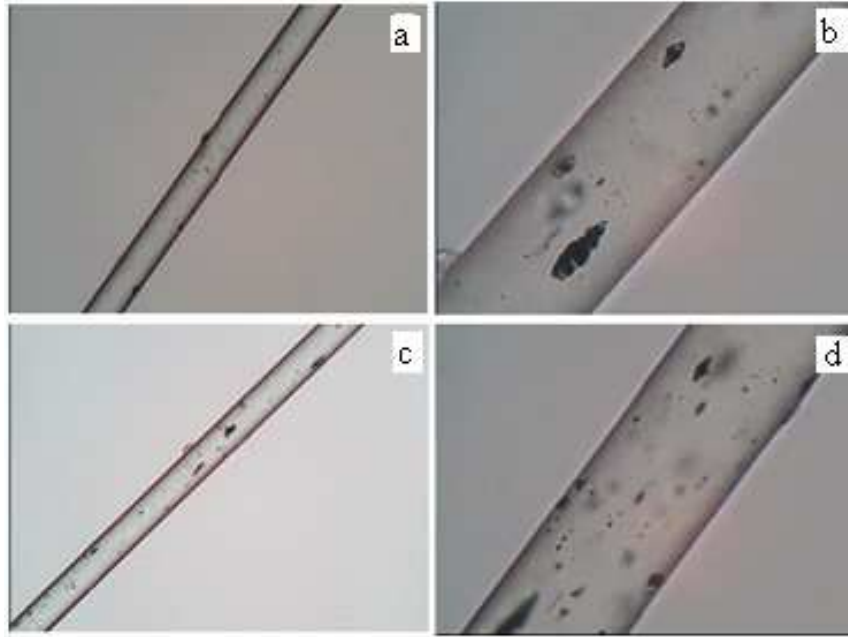
Şekil 3.28 Üçgen enine kesitli kompozit lifler

a- 0,3 CuO PP D (125 büyütme) b-0,3 CuO PP D (500 büyütme)

c- 1 CuO PP D (125 büyütme) d- 1 CuO PP D (500 büyütme)

Şekil 3.28 incelendiğinde liflerin boyut dağılımının düzgün olduğu, lif enine kesit şekillerinin uçları hafif yuvarlaklaşmış üçgenler şeklinde olduğu ve %1 oranında katkıli liflerin kesitinde gözlemlenen katkı maddesinin daha yoğun olduğu görülmektedir.

Şekil 3.29, 3.30 ve 3.31’de sırası ile dairesel, trilobal ve üçgen kesit şekillerine sahip kompozit polipropilen liflerin çeşitli büyütmelerde çekilmiş boyuna optik mikroskop görüntüleri verilmiştir.

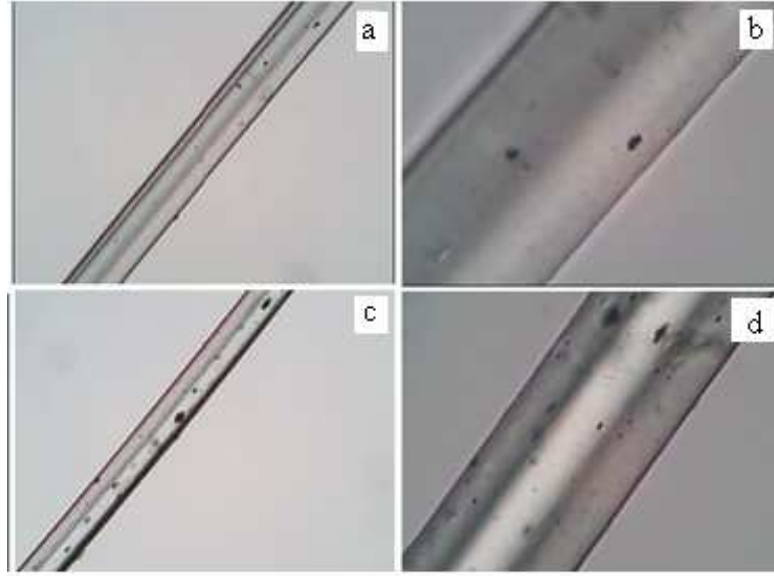


Şekil 3.29 Dairesel enine kesitli kompozit lifler

a- 0,3 CuO PP DR (125 büyütme) b-0,3 CuO PP DR (500 büyütme)

c- 1 CuO PP DR (125 büyütme) d- 1 CuO PP DR (500 büyütme)

Bakır oksit mikropartikülü katkıli kompozit dairesel liflerin boyuna görünüşleri incelendiğinde liflerin boru şeklinde olduğu görülmektedir. Şekil 3.2’de verilen %100 polipropilen liflerin boyuna görünüşlerinden farklı olarak kompozit liflerin yüzeyinde eklenen katkı maddesinden dolayı çeşitli büyüklüklerde dağılmış parçacıklar görülmektedir. %1 oranında katkı maddesi içeren liflerin farklı büyütmelelerdeki fotoğraflarında gözlenen katkı maddesi yoğunluğu %0,3 oranında katkı maddesi içeren liflere nazaran daha fazladır.

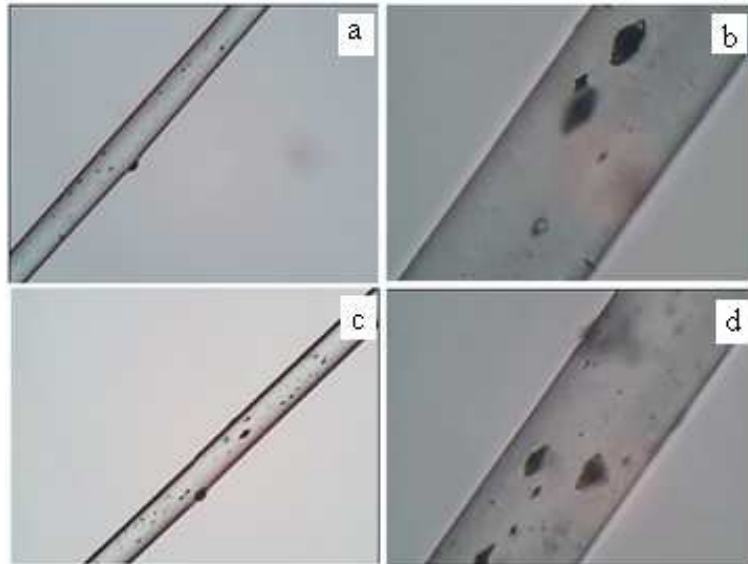


Şekil 3.30 Trilobal enine kesitli kompozit lifler

a- 0,3 CuO PP T (125 büyütme) b-0,3 CuO PP T (500 büyütme)

c- 1 CuO PP T(125 büyütme) d- 1 CuO PP T(500 büyütme)

Şekil 3.30’da verilen kompozit trilobal liflere ait boyuna görüntüler incelendiğinde; lif loblarının oluşturduğu çıkıntılar lif yüzeyinde görülebilmektedir. Liflerin yüzeyleri pürüzlü bir görünüme sahiptir ve katkı maddesi parçacıkları farklı boyutlarda noktacıklar halinde lif içerisinde gözlenebilmektedir.



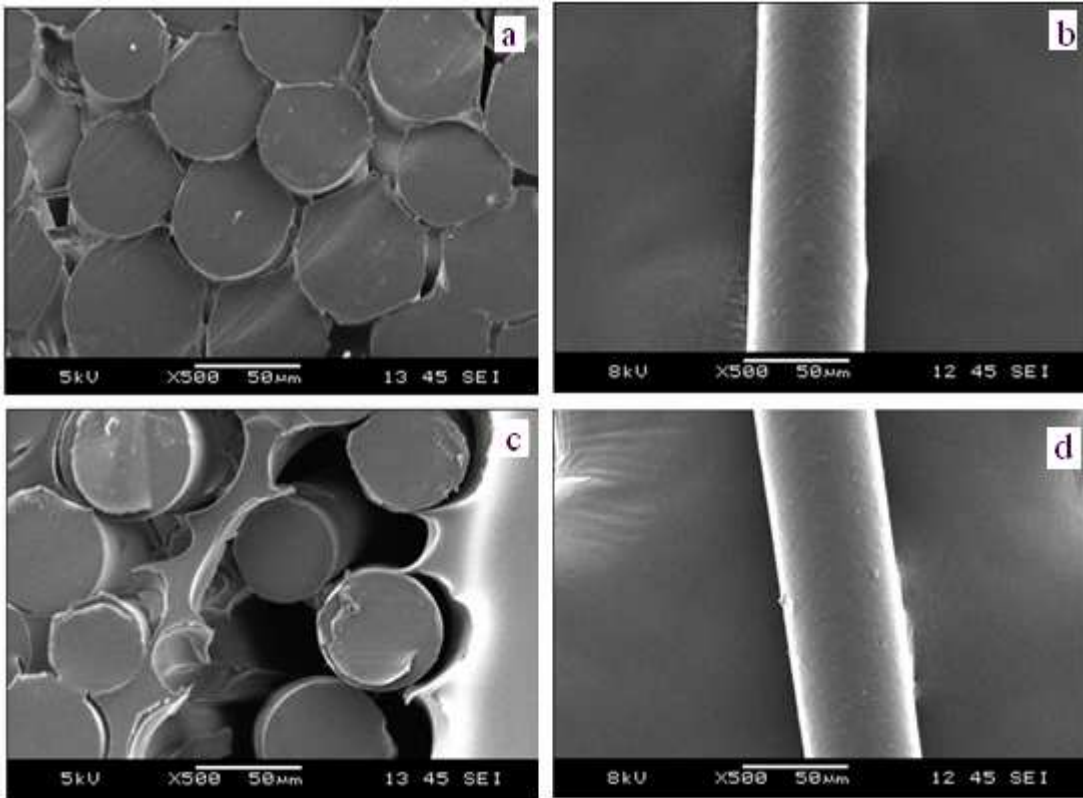
Şekil 3.31 Üçgen enine kesitli kompozit lifler

a- 0,3 CuO PP D (125 büyütme) b-0,3 CuO PP D (500 büyütme)

c- 1 CuO PP D (125 büyütme) d- 1 CuO PP D (500 büyütme)

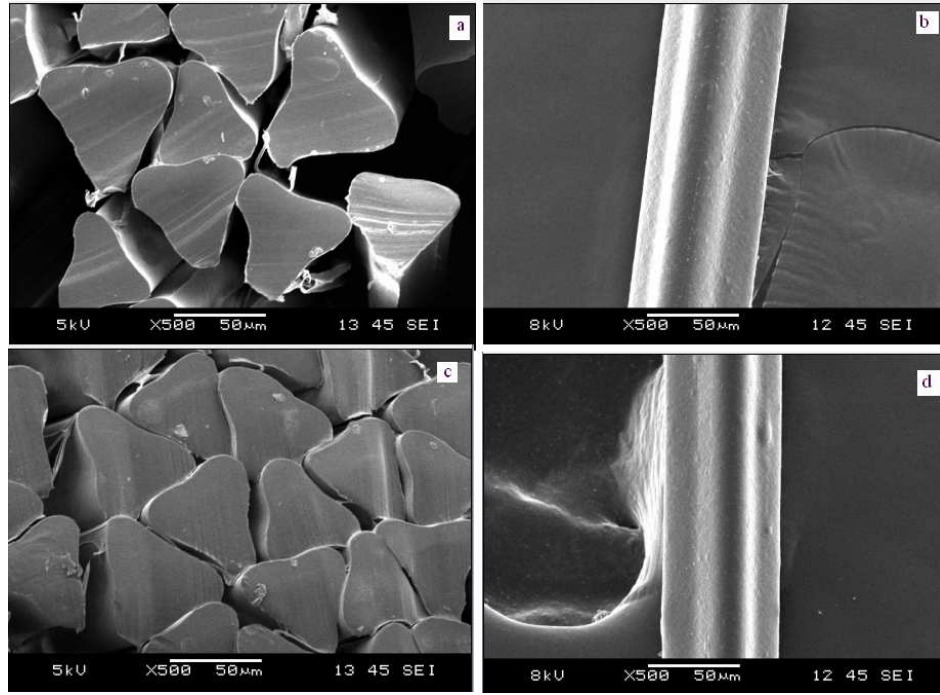
Şekil 3.31’de boyuna görünüşü verilen kompozit üçgen lifler, yüzeyi pürüzlü ve üzerinde noktacıklar halinde katkı maddesi bulunan borular görünümündedir. Lif yüzeyine çıkmış olan partiküller yüzeyde küçük çıkıntılar oluşturmaktadır. Katkı maddesi oranı daha yüksek olan liflerde partiküller daha yoğun şekilde gözlenmektedir.

Şekil 3.32, 3.33 ve 3.34’te sırası ile dairesel, trilobal ve üçgen kesit şekillerine sahip kompozit polipropilen liflerine ait SEM fotoğrafları verilmiştir. Fotoğraflar incelendiğinde liflerin enine kesitlerinin %100 polipropilen liflerin Şekil 3.2’de verilen SEM fotoğrafları ile uyduğu görülmektedir. Liflerin boyuna görünüşleri, lif içerisinde hapsolan katkı maddelerinden dolayı yer yer pürüzlü bir hal almıştır. Katkı maddeleri lif yüzeyinde kimi yerlerde küçük ama belirgin çıkıntılar şeklinde gözlenmektedir.



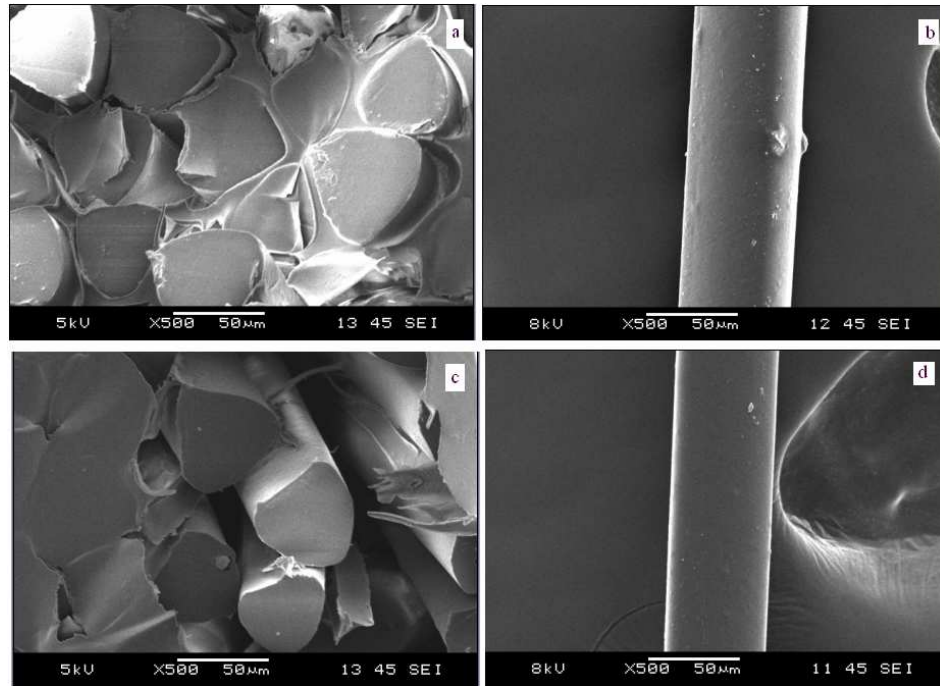
Şekil 3.32 Dairesel enine kesitli kompozit liflerin SEM fotoğrafları (500 büyütme)

- a- 0,3 CuO PP DR enine kesit görüntüsü b-0,3 CuO PP DR boyuna görüntüsü
c- 1 CuO PP DR enine kesit görüntüsü d- 1 CuO PP DR boyuna görüntüsü



Şekil 3.33 Trilobal enine kesitli kompozit liflerin SEM fotoğrafları (500 büyütme)

- a- 0,3 CuO PP T enine kesit görüntüsü b-0,3 CuO PP T boyuna görüntüsü
c- 1 CuO PP T enine kesit görüntüsü d- 1 CuO PP T boyuna görüntüsü



Şekil 3.34 Üçgen enine kesitli kompozit liflerin SEM fotoğrafları (500 büyütme)

- a- 0,3 CuO PP D enine kesit görüntüsü b-0,3 CuO PP D boyuna görüntüsü
c- 1 CuO PP D enine kesit görüntüsü d- 1 CuO PP D boyuna görüntüsü

3.4.2 Lif/İplik İncelikleri

Kompozit polipropilen liflerine ait iplik numaraları ve tek lif incelikleri Tablo 3.29'da verilmiştir. Buna göre tek lif incelikleri 19 denye civarındadır ve birbirine oldukça yakındır. İplik numaraları dairesel ve trilobal lifler için 873-913 denye arasında iken, üçgen kesitli liflerde 675 ve 690 denye arasındadır.

Tablo 3.29 İplik ve tek lif incelikleri

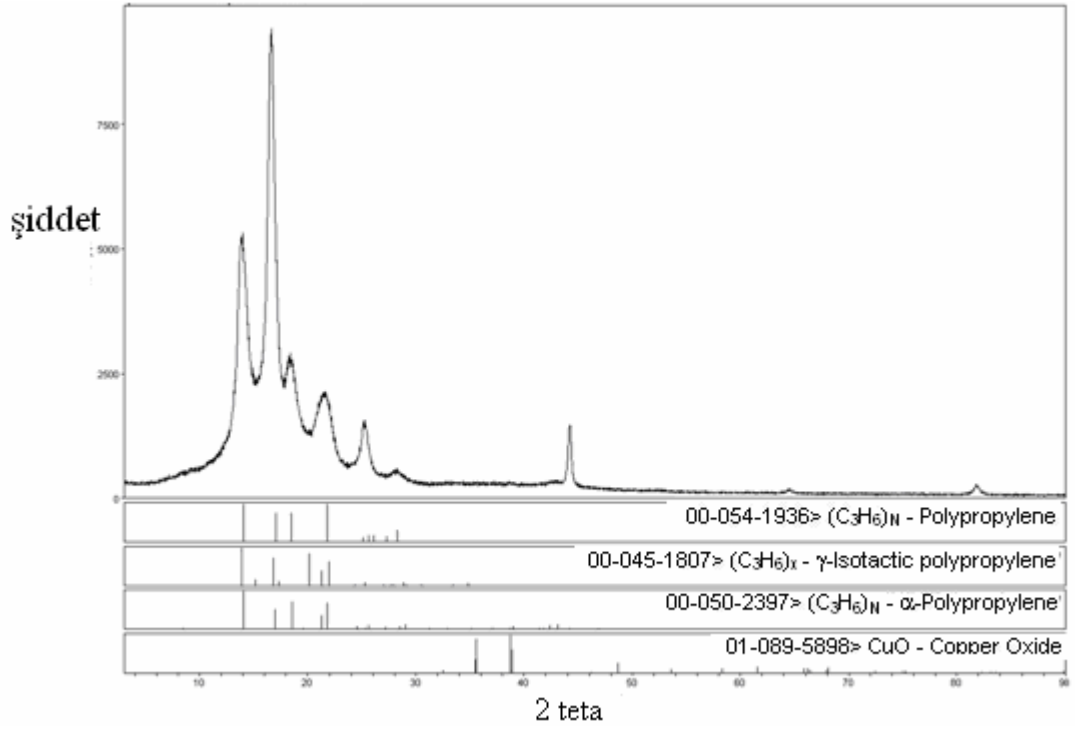
Lif çeşidi		İplik numarası		Tek lif numarası	
		denye	tex	denye	dtex
Dairesel kesitli lifler	0,3CuO PP DR	908	100	18,92	21
	1CuO PP DR	913	101	19	21
Trilobal kesitli lifler	0,3CuO PP T	873	97	18,2	20
	1CuO PP T	912	101	19	21
Üçgen kesitli lifler	0,3CuO PP D	675	75	18,8	21
	1CuO PP D	690	76	19	21

3.4.3 Lif İyapı Özellikleri

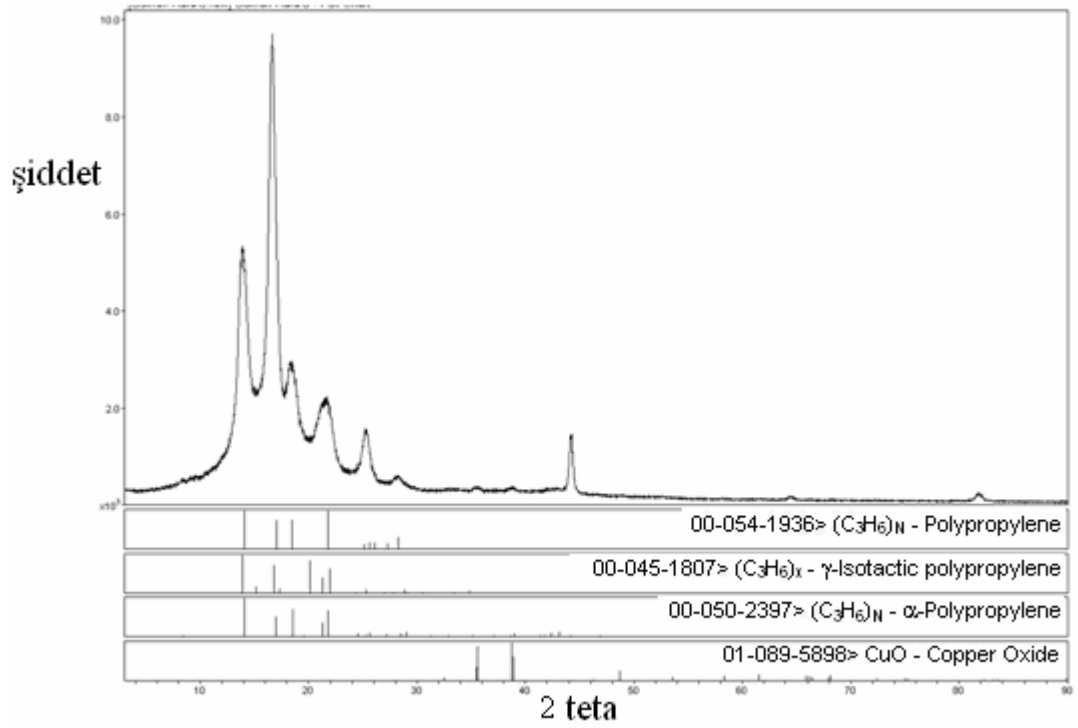
Kompozit polipropilen liflerinin iyapıları ile ilgili olarak kristal fazları, erime sıcaklıkları, kristalizasyon sıcaklıkları ve kristalinite oranları XRD ve DSC analizleri kullanılarak belirlenmiştir. Enine kesit şekline ve eklenen katkı maddesi konsantrasyonuna bağlı olarak liflerin iyapı özelliklerinde değişimin olup olmadığı araştırılmıştır.

3.4.3.1 Liflerin Kristal Yapıları

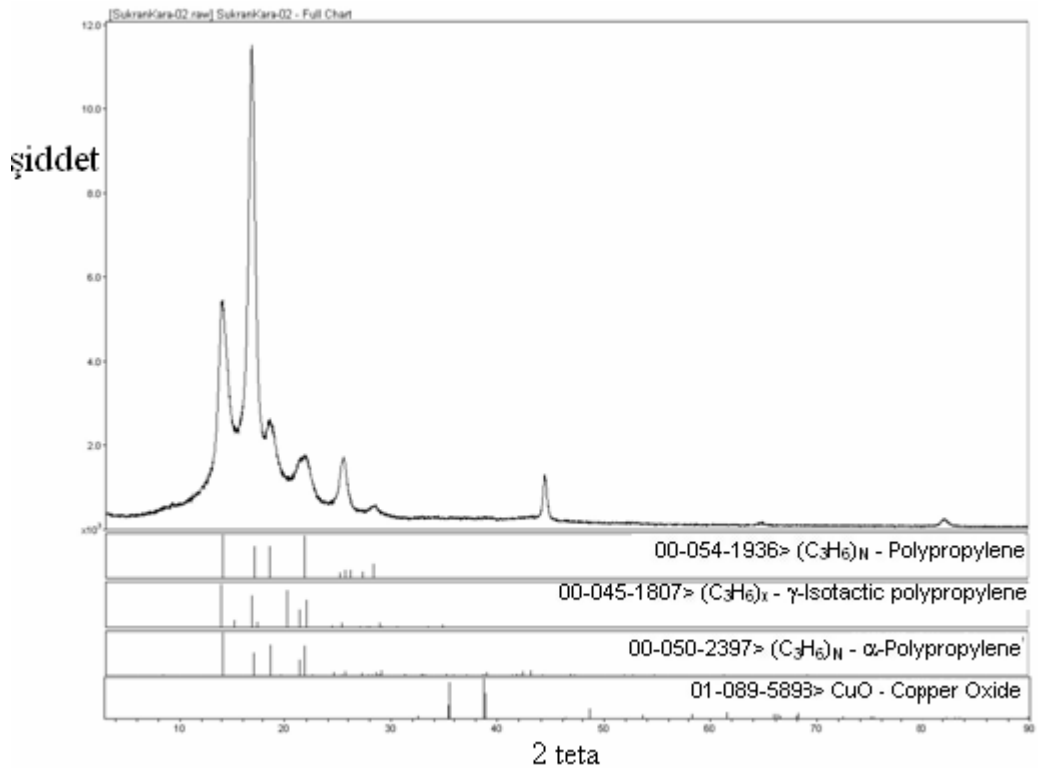
Kompozit liflere ait XRD desenleri Şekil 3.35-3.40'ta verilmiştir. Liflerin XRD desenleri incelendiğinde verdikleri piklerin; veritabanında kayıtlı olan polipropilen, izotaktik polipropilen ve α polipropilen kartları ile uyum gösterdiği görülmüştür. Buna göre üretilen lifler izotaktik formdadır ve α monoklinik kristal fazına sahiptir. Liflerin XRD desenleri bakır okside ait 01-089-5898 numaralı standart JCPDS kartı ile de karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak; %0,3 oranında bakır oksit içeren kompozit liflerin XRD desenlerinde bakır okside ait pik tespit edilmemiştir. Bunun, lif içerisindeki katkı maddesi konsantrasyonunun düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. %1 oranında bakır oksit içeren liflerin XRD desenlerinde ise 35° - 40° arasında bakır okside ait pikler gözlenmiştir.



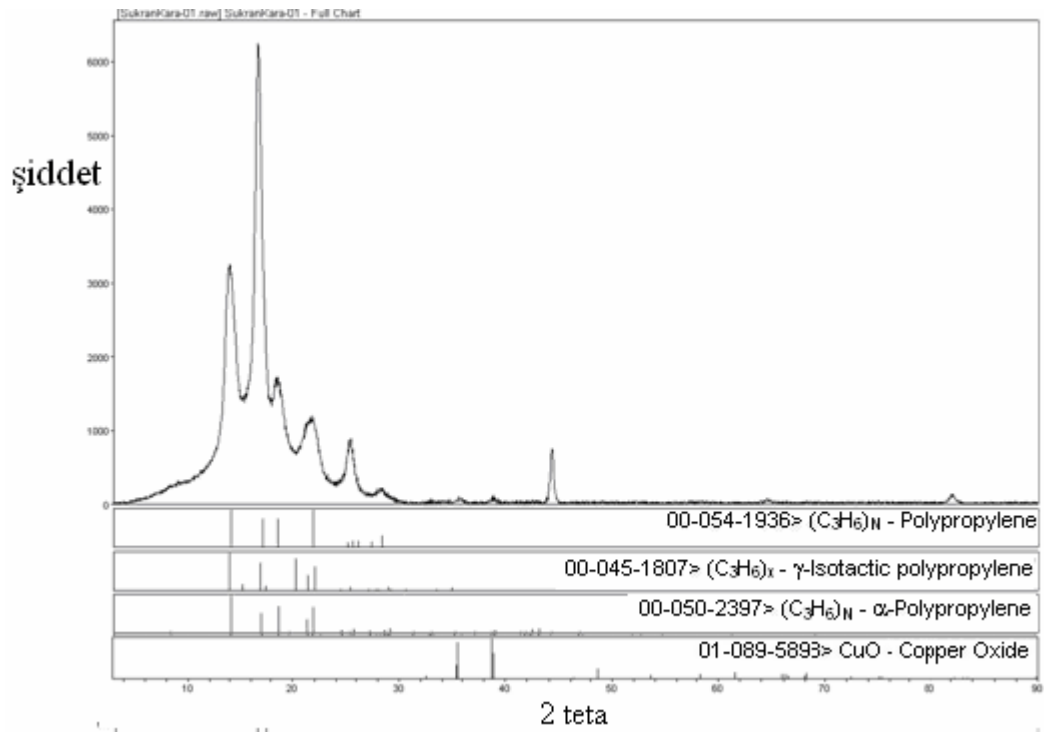
Şekil 3.35 0,3 CuO PP DR lifine ait XRD deseni



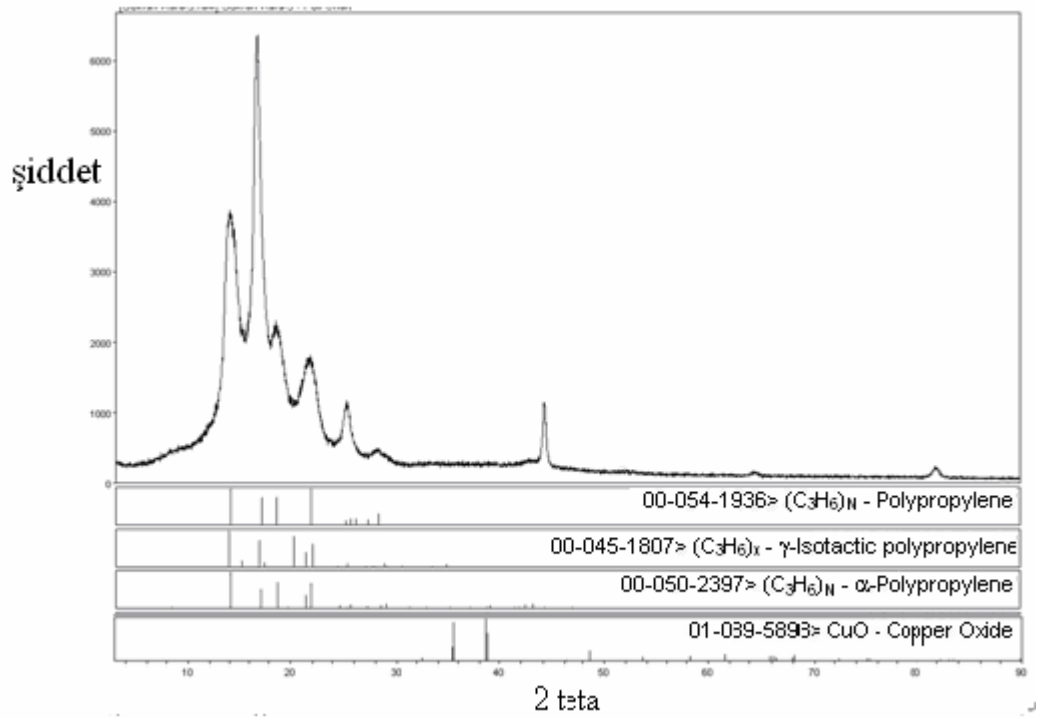
Şekil 3.36 CuO PP DR lifine ait XRD deseni



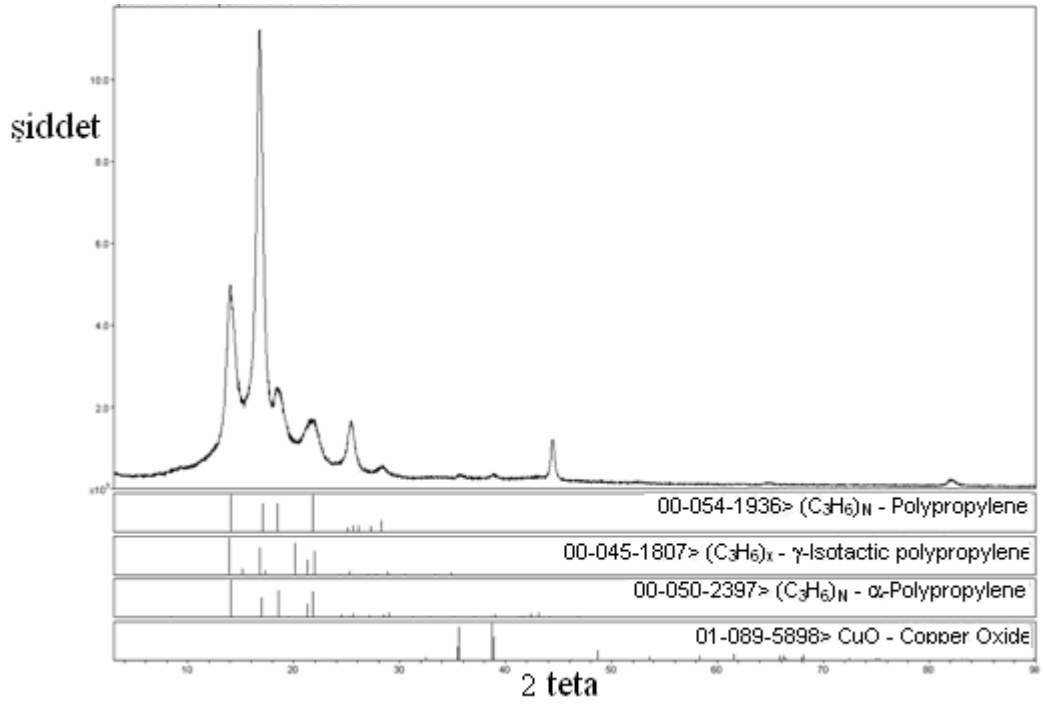
Şekil 3.37 0,3 CuO PP T lifine ait XRD deseni



Şekil 3.38 1 CuO PP T lifine ait XRD deseni

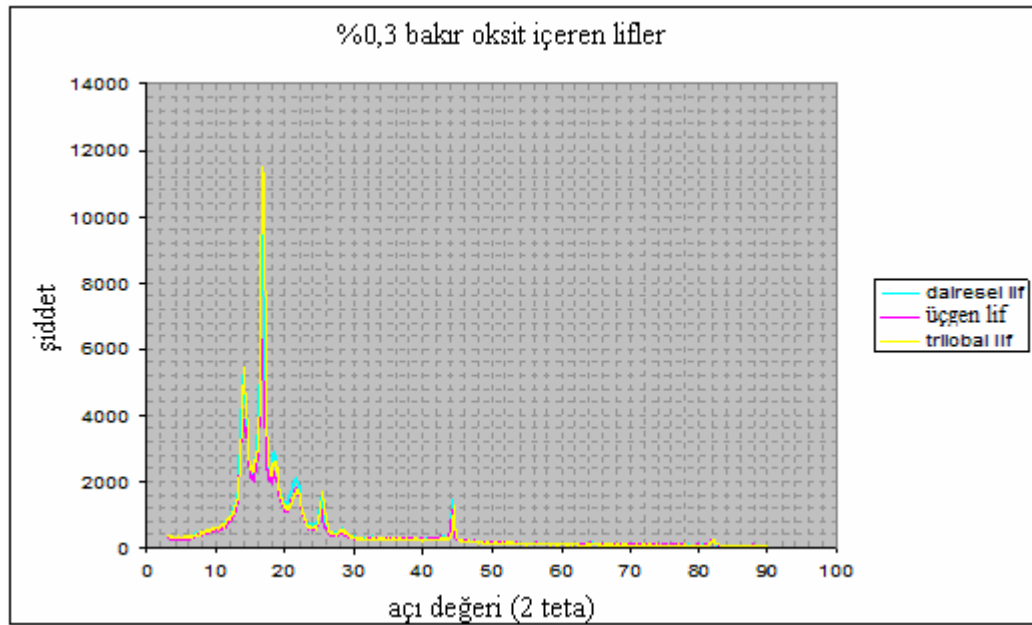


Şekil 3.39 0,3 CuO PP D lifine ait XRD deseni

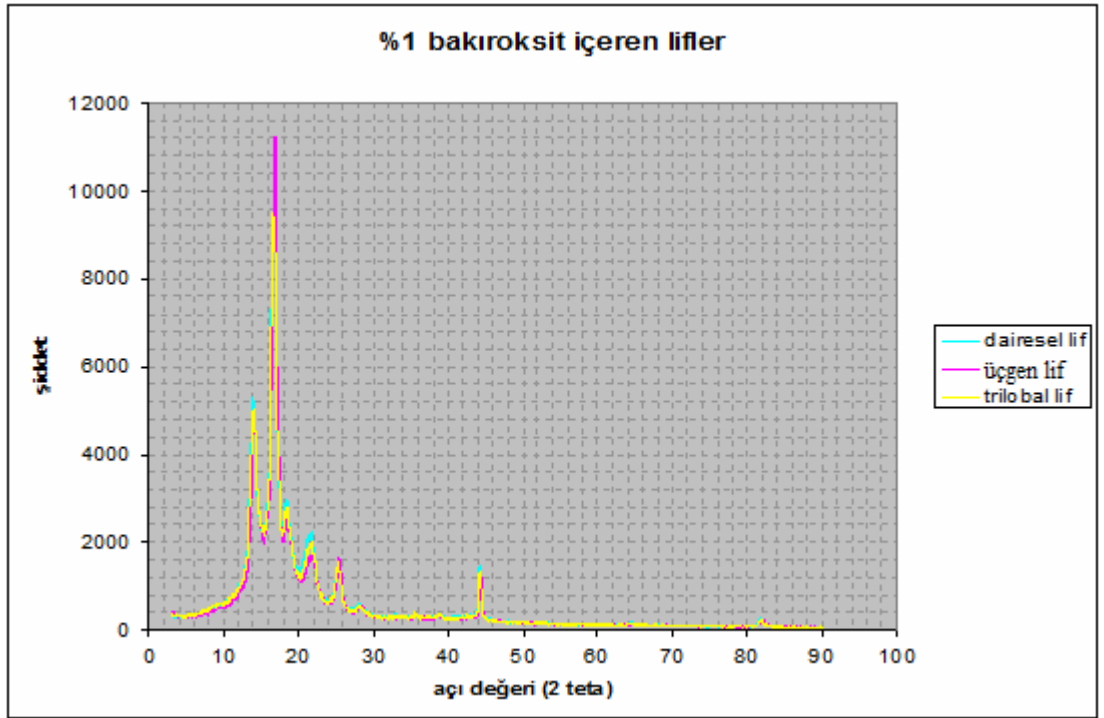


Şekil 3.40 1 CuO PP D lifine ait XRD deseni

Şekil 3.41 ve 3.42’de sırasıyla, %0,3 ve %1 oranında bakır oksit içeren liflerin XRD desenleri aynı grafikte toplanmıştır. Buna göre %0,3 oranında bakır oksit içeren lifler ve %1 oranında bakır oksit içeren liflerin XRD desenleri kendi içlerinde uyum göstermektedir.

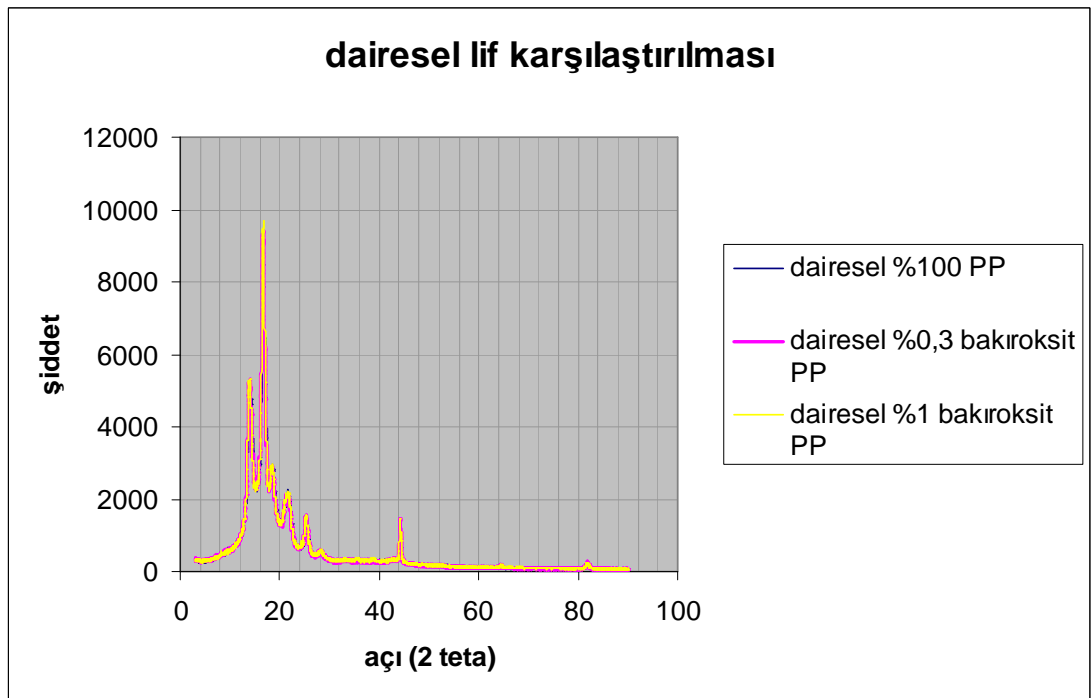


Şekil 3.41 %0,3 oranında bakır oksit içeren liflerin XRD desenleri



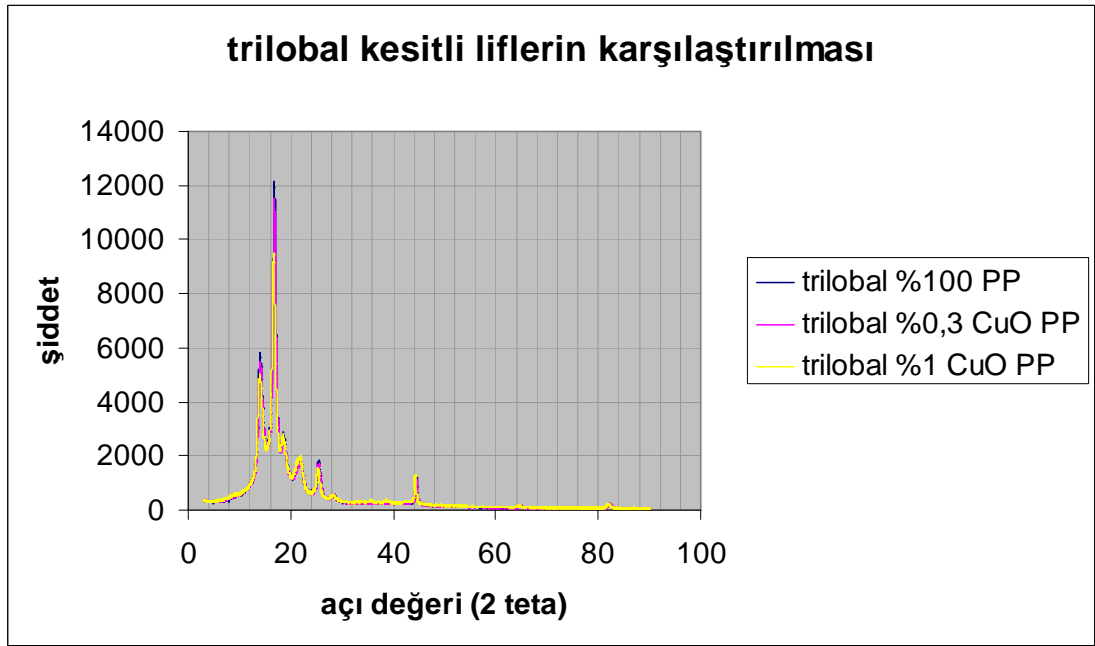
Şekil 3.42 %1 oranında bakır oksit içeren liflerin XRD desenleri

Şekil 3.43, 3.44 ve 3.45'te kompozit liflerin farklı konsantrasyonlarda verdikleri XRD desenleri aynı grafikte toplanmıştır.



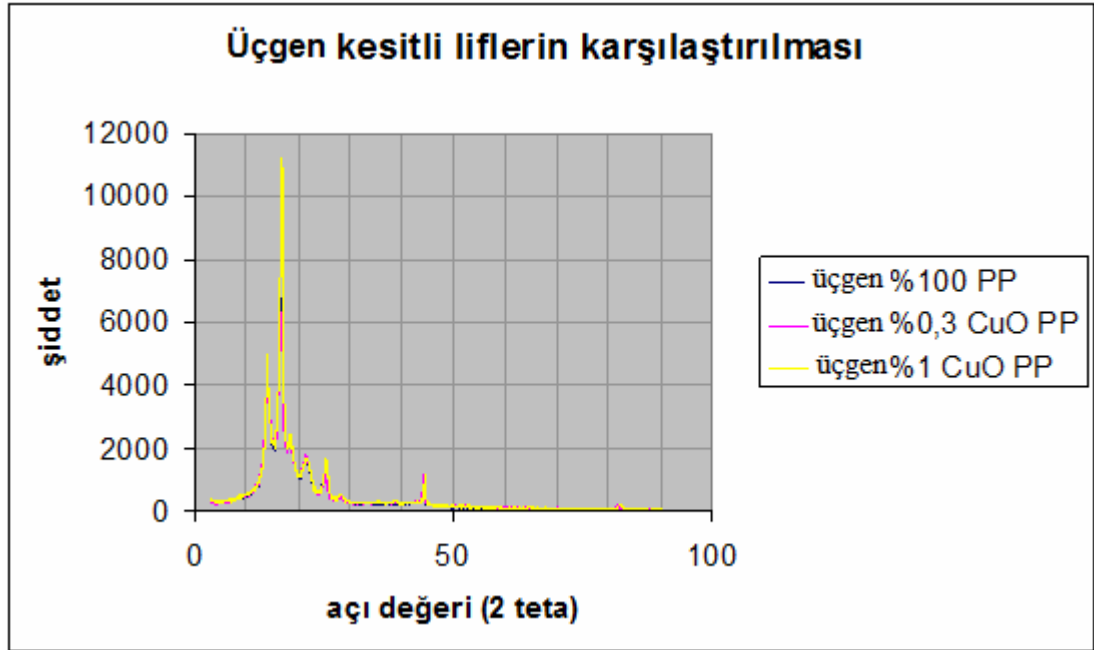
Şekil 3.43 Farklı konsantrasyonlarda bakır oksit içeren kompozit dairesel liflerin XRD desenleri

Şekil 3.43 incelendiğinde kompozit dairesel liflerin XRD desenlerinde; pik verilen açı değerleri veya pik yükseklikleri açısından, katkı maddesi konsantrasyonuna bağlı bir değişimin olmadığı görülmektedir.



Şekil 3.44 Farklı konsantrasyonlarda bakır oksit içeren kompozit trilobal liflerin XRD desenleri

Şekil 3.44 incelendiğinde; farklı konsantrasyonlarda katkı maddesi içeren kompozit trilobal liflerin pik verdiği açı değerlerinde bir değişim gözlenmemiştir. Ancak liflerin yaklaşık olarak 14° ve 17° 'deki piklerinin yükseklikleri değişim göstermektedir. Buna göre bu açı değerlerindeki pik yükseklikleri büyükten küçüğe doğru %100 polipropilen lif, %0,3 oranında katkı maddesi içeren lif ve %1 oranında katkı maddesi içeren lif şeklinde sıralanmaktadır.



Şekil 3.45 Farklı konsantrasyonlarda bakır oksit içeren kompozit üçgen liflerin XRD desenleri

Şekil 3.45 incelendiğinde; üçgen kesitli kompozit liflerde 14° , 17° ve 25° 'de verilen piklerin yükseklikleri büyükten küçüğe doğru %1 bakır oksit içeren lif, %100 polipropilen lif ve %0,3 oranında bakır oksit içeren lif şeklinde sıralanmaktadır.

3.4.3.2 Liflerin Isıl Özellikleri ve Kristalinite Oranları

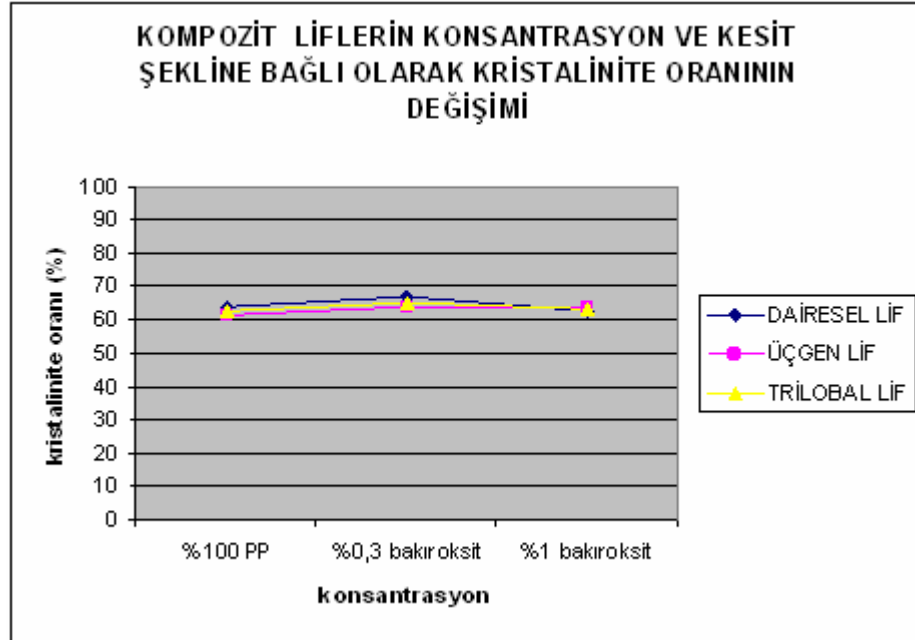
DSC yöntemi kullanılarak kompozit polipropilen liflerine ait erime sıcaklıkları, kristalizasyon sıcaklıkları ve kristalinite oranları belirlenmiştir. Farklı kesitlerdeki kompozit liflerin yapısal davranışları üzerine, katkı maddesinin de etkisini görebilmek amacı ile kompozit lifler %100 polipropilen lifler ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.30'da %100 polipropilen lifleri ve kompozit polipropilen liflerinin DSC analizi sonucu elde edilen kristalinite oranları ve ısıl özellikleri verilmiştir. Ayrıca %100 polipropilen dairesel liflere göre, liflerde meydana gelen değişimler % cinsinden verilmiştir.

Tablo 3.30 %100 polipropilen ve kompozit polipropilen liflerine ait kristalinite oranı, erime sıcaklığı ve kristalizasyon sıcaklığı değerleri

Lif çeşidi		Kristalinite oranı (%)	Kristalinite Oranı Değişimi (%)	Erime Sıcaklığı (°C)	Erime sıcaklığı değişimi (%)	Kris. sıcaklığı (°C)	Kris. Sıcaklığı Değişimi (%)
dairesel lifler	PP DR	64,17	-	170,31	-	121,6	-
	0,3CuO PP DR	66,91	4,27	169,58	-0,43	124,6	2,47
	1CuO PP DR	62,48	-2,63	169,82	-0,29	124,51	2,39
trilobal lifler	PP T	62,85	-1,32	170,64	0,19	121,27	-0,27
	0,3CuO PP T	65,44	1,98	170,35	0,02	125,02	2,81
	1CuO PP T	63,41	-1,18	170,47	0,09	125,25	3,00
üçgen lifler	PP D	61,22	-2,95	169,48	-0,49	122,05	0,37
	0,3CuO PP D	64,1	-0,11	169,81	-0,29	125,02	2,81
	1CuO PP D	63,67	-0,78	168,88	-0,84	125,36	3,09

Tablo 3.30'a göre; lifler arasındaki kristalinite farklarını gösteren Şekil 3.46, erime sıcaklıkları farklarını gösteren Şekil 3.47 ve kristalizasyon sıcaklıkları farklarını gösteren Şekil 3.48'deki grafikler oluşturulmuştur.

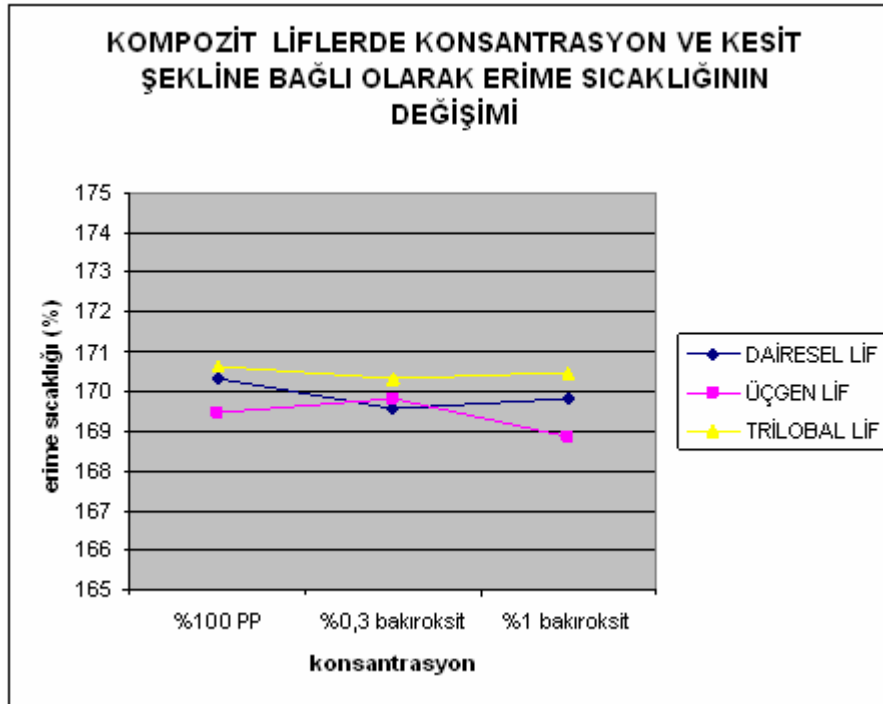


Şekil 3.46 Kompozit polipropilen liflerde kristalinite oranının değişimi

Şekil 3.46'ya göre; %0,3 oranında mikron boyutlarında bakır oksit ilavesi, katkı maddesinin kristalizasyon çekirdeği gibi davranması sonucu tüm liflerde kristalinite

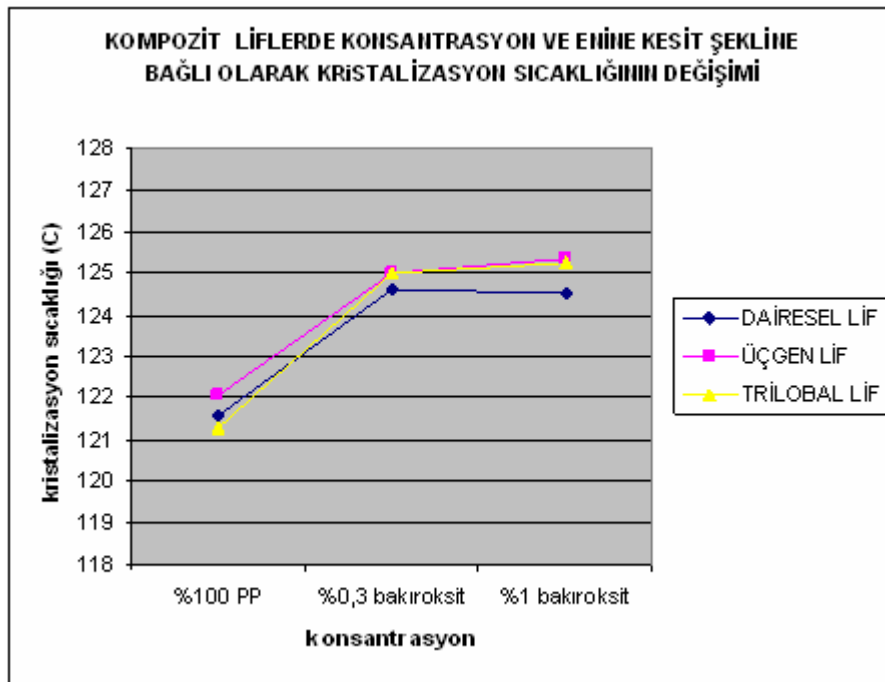
oranının artmasına neden olmuştur. %1 oranında bakır oksit ilavesi ise; lif mikroskop fotoğraflarında da görüldüğü gibi, oluşan kümeleşmeler nedeni ile kohezyon kuvvetleri ve kristallerin büyümelerini önleyici kuvvetlere sebep olmuş ve artan kristalinite oranını biraz düşürmüştür. Farklı oranlardaki mikropartikül ilavesi ile kristalinite oranlarında meydana gelen bu değişimler kesit şeklinden bağımsız olarak tüm liflerde gözlenmiştir. Benzer çalışmayı titanyum dioksit katkı maddesi ile yapan Erdem, Akşit ve Erdoğan'ın (2010) çalışmasında da, katkı maddesi ilavesi ile düşük konsantrasyonlarda kristalinite oranı artmış, katkı maddesi konsantrasyonu arttığında ise büyük partikül yığılmalarından dolayı kristalinite oranında düşüş gözlenmiştir.

Şekil 3.46'daki veriler her bir konsantrasyondaki lifler için ayrı ayrı incelendiğinde dairesel kesite sahip liflerin en yüksek kristalinite oranlarına sahip olduğu, üçgen kesite sahip liflerin ise en düşük kristalinite oranlarına sahip olduğu görülmektedir. Sonuç olarak dairesel liflerdeki kristalinite oranları hem %100 polipropilen liflerde hem de çeşitli konsantrasyonlarda katkı maddesi içeren liflerde daha yüksek bulunmuştur. Aynı numaradaki üçgen kesitli liflerde ise kristalinite oranı daha düşük bulunmuştur.



Şekil 3.47 Kompozit polipropilen liflerde erime sıcaklığının değişimi

Şekil 3.47 ve Tablo 3.30 bir arada incelendiğinde liflerin erime sıcaklıkları arasında bir miktar fark bulunduğu ancak lif erime sıcaklıklarının 168,85- 170,64° C arasında değiştiği görülmektedir. Tüm liflerin erime sıcaklıkları birbirine yakındır ve %100 polipropilen dairesel life göre en fazla değişim %0,84'lük değişim ile %1 oranında katkı maddesi içeren kompozit üçgen lifinde gözlenmiştir. Bunun bir sonucu olarak liflerin erime sıcaklıkları arasında önemli fark olduğu düşünülmemektedir. Genel olarak kompozit liflerin erime sıcaklıklarında önemli bir değişim gözlenmemiştir.



Şekil 3.48 Kompozit polipropilen liflerde kristalizasyon sıcaklığının değişimi

Liflerin kristalizasyon sıcaklıkları incelendiğinde (Şekil 3.48) %100 polipropilen liflerin kristalizasyon sıcaklıklarının en düşük olduğu görülmektedir. Lifler içerisine %0,3 oranında katkı maddesi eklendiğinde kristalizasyon sıcaklığı dörder derece kadar artış göstermiştir. Lif içerisindeki katkı maddesi konsantrasyonunun %1'e çıkması ile liflerin kristalizasyon sıcaklıklarındaki artış ya azalmış ya da kristalizasyon sıcaklığı azalmıştır. Sonuç olarak, lif içerisine eklenen katkı maddesinin lifin kristalizasyon sıcaklığını artırdığı görülmüştür. Genel olarak

bakıldığında, lif enine kesit şeklinin ise lif kristalizasyon sıcaklıklarına önemli bir etkisi tespit edilmemiştir.

3.4.4 Liflerin Mekanik Özellikleri

Kompozit liflerin mekanik özelliklerini incelemek üzere tek lif mukavemetleri, uzama özellikleri, liflerin eğilme rijitlikleri ve bu liflerden örülmüş kumaşların sıkıştırılabilirlikleri belirlenmiştir. Sonuçlar tablolar halinde derlenmiş, mekanik özelliklerin lif kesit şekli ve katkı maddesi konsantrasyonuna bağlı olarak nasıl değiştiği araştırılmıştır. %100 PP dairesel life göre mekanik özelliklerdeki değişim % cinsinden verilmiş, ilgili veriler grafiklere aktarılmış ve lifler arasında istatistiksel olarak anlamlı farkların olup olmadığı varyans analizi yapılarak belirlenmiştir.

3.4.4.1 Liflerin Mukavemet ve Uzama Özellikleri

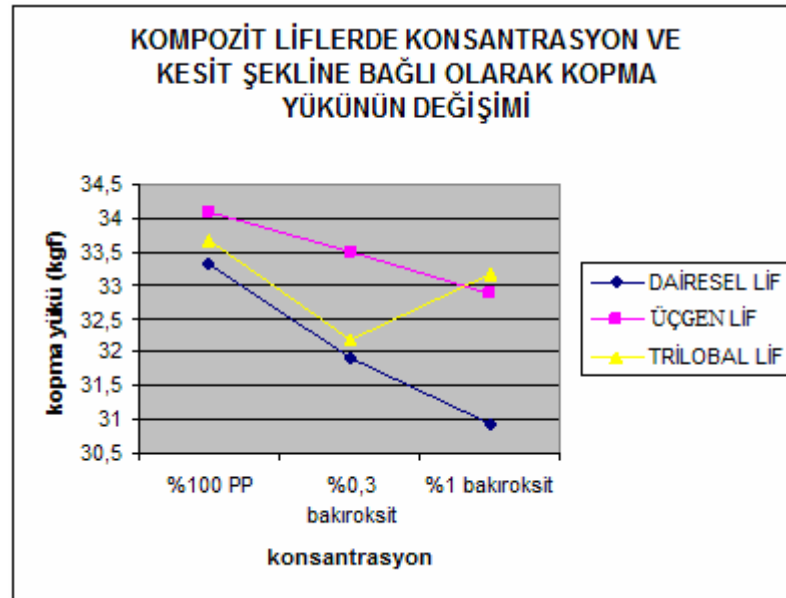
Yapılan tek lif mukavemet ölçümleri sonucu liflerin kopma yükleri, kopma uzamaları, başlangıç modülleri ve özgül mukavemet verileri elde edilmiştir.

Tablo 3. 31’de %100 polipropilen ve kompozit polipropilen liflerine ait ortalama kopma yükleri, standart sapma değerleri ve %100 polipropilen dairesel life göre kopma yüklerinin % değişimi verilmiştir.

Tablo 3. 31 Kompozit polipropilen liflerin ortalama kopma yükleri

Lif çeşidi		ortalama kopma yükü (gf)	standart sapma	kopma yükünde % değişim
Dairesel lifler	PP DR	33,328	2,083	-
	0,3CuO PP DR	31,934	1,927	-4,18267
	1CuO PP DR	30,944	2,039	-7,15314
Trilobal lifler	PP T	33,684	3,274	1,069
	0,3CuO PP T	32,196	3,641	-3,39654
	1CuO PP T	33,164	3,508	-0,49208
Üçgen lifler	PP D	34,072	3,076	2,232357
	0,3CuO PP D	33,49	2,929	0,486078
	1CuO PP D	32,868	2,251	-1,38022

Şekil 3.49’da liflerin kopma yüklerinin değişimi grafiksel olarak verilmiştir. Genel olarak mukavemet değerleri üçgen liflerde daha yüksek çıkmıştır, bunu trilobal ve dairesel lifler takip etmektedir. Sonuçlar katkı maddesi konsantrasyonu açısından incelendiğinde; % 1 oranında katkı maddesi içeren trilobal liflerin dışında tüm liflerde, lif içerisindeki katkı maddesi miktarı arttıkça tüm kesitlerde lif kopma yükü azalmaktadır. Kompozit lifler üzerine Erdem, Akşit ve Erdoğan (2009) tarafından yapılan benzer bir çalışmada da, silisyum dioksit eklenen kompozit liflerin mukavemet değerlerinin %0,3 ve %1 oranında katkılı liflerde konsantrasyonun artması ile düştüğü belirtilmiştir.



Şekil 3.49 Kompozit polipropilen liflerin kopma yükleri

Enine kesit şeklinin ve katkı maddesi konsantrasyonunun, kompozit liflerin kopma yükleri üzerine etkisinin önemli olup olmadığını görmek amacı ile varyans analizi yapılmıştır. Yapılan varyans analizi sonucu anlamlılık değerleri hem kesit şekli açısından hem de katkı maddesi konsantrasyonu açısından 0,05’ten küçük bulunmuştur. Dolayısı ile en az bir lifin ortalama kopma yükünün diğerlerinden istatistiksel olarak anlamlı bir farka sahip olduğu anlaşılmıştır. Tam olarak hangi liflerin ortalama kopma yükleri arasında önemli bir fark olduğunu belirlemek amacı ile ikili karşılaştırmalar yapılmıştır.

Yapılan analiz sonucunda; %95 güven seviyesinde, kesit şekli açısından liflerin ortalama kopma yükleri arasındaki farkların sadece %1 oranında katkı maddesi içeren liflerde önemli olduğu tespit edilmiştir. Bunun dışında kesit şekline bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli bir değişim tespit edilmemiştir.

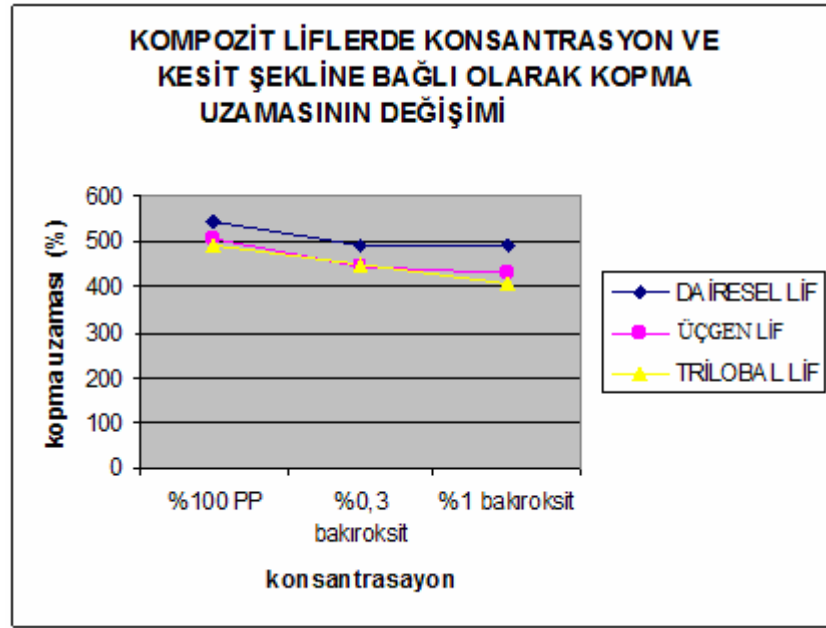
Liflerin içerdiği katkı maddesi konsantrasyonu açısından ise sadece PP DR ile 1 CuO PP DR arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir. Bu nedenle kompozit liflerin kopma yükleri arasında, katkı maddesi konsantrasyonuna bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmadığı söylenebilir.

Tablo 3.32’de kompozit liflerin ortalama kopma uzamalarına ve standart sapma değerlerine yer verilmiştir.

Tablo 3.32 Kompozit liflerin ortalama kopma uzamaları

Lif çeşidi		ortalama kopma uzaması (%)	standart sapma	kopma uzamasında % değişim
Dairesel lifler	PP DR	542,3	80,9	-
	0,3CuO PP DR	492,9	107,8	-9,10935
	1CuO PP DR	490,7	90	-9,51503
Trilobal lifler	PP T	493,69	61,42	-8,96367
	0,3CuO PP T	449	96,9	-17,2045
	1CuO PP T	407,6	76,4	-24,8387
Üçgen lifler	PP D	504,6	105	-6,95187
	0,3CuO PP D	444,1	90,8	-18,1081
	1CuO PP D	427,93	62,47	-21,0898

Şekil 3.50’de liflerin kopma uzamasındaki değişim grafiksel olarak verilmiştir. Buna göre tüm liflerin kopma uzamaları katkı maddesi konsantrasyonunun artması ile düşüş göstermektedir. Üçgen lifler ile trilobal liflerin kopma uzaması değerleri birbirine yakındır. Dairesel liflerin kopma uzamaları ise aynı konsantrasyondaki bu liflere karşı bir miktar daha fazladır.



Şekil 3.50 Kompozit polipropilen liflerin kopma uzamaları

Yapılan varyans analizi sonucu, kompozit liflerin kopma uzamaları arasındaki farkların kesit şekli ve konsantrasyon açısından %95 güven seviyesinde anlamlı olduğu görülmüştür (anlamlılık $<0,05$). Yani kompozit liflerin en az birinin kopma uzaması diğerlerine göre anlamlı bir fark içermektedir. Tam olarak hangi lifler arasında kopma uzamasının anlamlı bir fark taşıdığını görmek için yapılan ikili karşılaştırmalar sonucu %95 güven seviyesinde, kesit şekli açısından liflerin ortalama kopma uzamaları arasındaki farkların sadece %1 oranında katkı maddesi içeren liflerde önemli olduğu tespit edilmiştir. Bunun dışında kesit şekline bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli bir değişim tespit edilmemiştir.

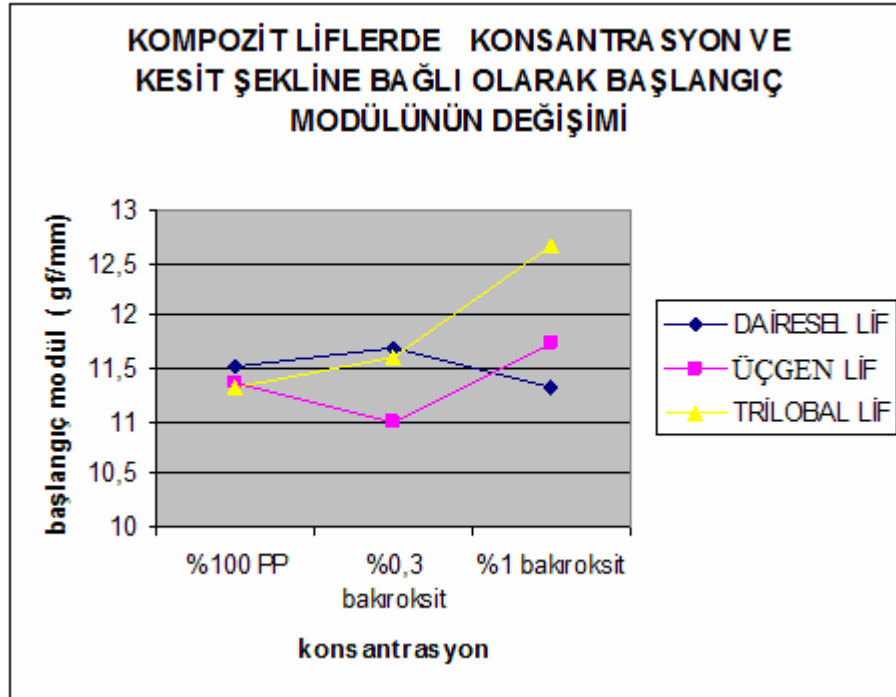
Liflerin içerdiği katkı maddesi konsantrasyonu açısından incelendiğinde ise sadece farklı konsantrasyonlarda katkı maddesi içeren üçgen lifler arasındaki ortalama kopma uzaması farkları istatistiksel açıdan önemli çıkmıştır.

Tablo 3.33'te kompozit liflerin ortalama başlangıç modülleri ve standart sapma değerleri verilmiştir.

Tablo 3.33 Kompozit liflerin ortalama başlangıç modülleri

Lif çeşidi		ortalama başlangıç modülü (gf/mm)	standart sapma	başlangıç modülü % değişim
Dairesel lifler	PP DR	11,516	1,35	-
	0,3CuO PP DR	11,698	2,023	1,58041
	1CuO PP DR	11,324	2,101	-1,66725
Trilobal lifler	PP T	11,328	2,024	-1,63251
	0,3CuO PP T	11,614	2,404	0,85099
	1CuO PP T	12,678	2,307	10,09031
Üçgen lifler	PP D	11,368	1,76	-0,01285
	0,3CuO PP D	10,986	2,565	-4,60229
	1CuO PP D	11,75	1,734	2,031956

Şekil 3.51’de kompozit liflerin başlangıç modüllerindeki farklılık grafiğe yansıtılmıştır. Buna göre liflerin başlangıç modüllerinin hem kesit şekli hem de katkı maddesi konsantrasyonuna göre tam bir uyumu gözlenmemektedir. Trilobal liflerde başlangıç modülü katkı maddesi konsantrasyonunun artması ile artarken, dairese liflerde %0,3 katkı maddesi içeren liflerde başlangıç modülü artmış, %1 katkı maddesi içeren liflerde ise azalmıştır. Üçgen liflerde ise başlangıç modülü %0,3 katkı maddesi içeren liflerde azalmış, %1 katkı maddesi içeren lifler de ise artmıştır.



Şekil 3.51 Kompozit liflerin başlangıç modülleri

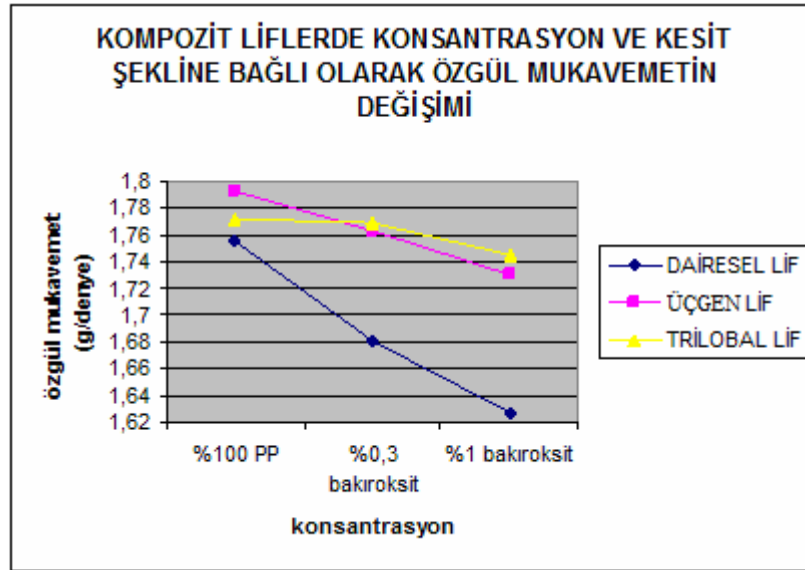
Yapılan varyans analizi sonucu; üretilen kompozit liflerin başlangıç modülleri arasındaki farkların genel olarak kesit şekli veya konsantrasyon açısından %95 güven seviyesinde önem taşımadığı görülmüştür.

Tablo 3.34'te kompozit liflerin özgül mukavemet ortalamaları ve standart sapma değerleri verilmiştir.

Tablo 3.34 Kompozit polipropilen liflerin ortalama özgül mukavemetleri

Lif çeşidi		ortalama özgül mukavemet(gf/denye)	standart sapma	özgül mukavemette% değişim
Dairesel lifler	PP DR	1,7559	0,1074	-
	0,3CuO PP DR	1,6804	0,1015	-4,29979
	1CuO PP DR	1,6281	0,1068	-7,27832
Trilobal lifler	PP T	1,7723	0,1725	0,933994
	0,3CuO PP T	1,7688	0,2003	0,734666
	1CuO PP T	1,7456	0,1846	-0,58659
Üçgen lifler	PP D	1,7931	0,162	2,118572
	0,3CuO PP D	1,7626	0,1544	0,381571
	1CuO PP D	1,7295	0,1182	-1,5035

Şekil 3.52'de kompozit liflerin özgül mukavemet değişimleri grafik olarak verilmiştir. Buna göre tüm liflerde özgül mukavemet, katkı maddesi konsantrasyonunun artması ile azalmaktadır. Bu azalış en fazla dairesel liflerde belirgin iken, en az trilobal liflerde belirgindir. %100 polipropilen liflerinin özgül mukavemet değerleri birbirine yakın bulunmuştur.



Şekil 3.52 Kompozit polipropilen liflerin özgül mukavemetleri

Kompozit liflerin özgül mukavemetleri arasındaki farklar, kesit şekli ve konsantrasyon açısından incelendiğinde anlamlılık değerleri 0,05'ten düşük çıkmıştır. Tam olarak hangi liflerin özgül mukavemetleri arasında önemli farklar olduğunu görmek amacı ile yapılan ikili karşılaştırmalar sonucu, enine kesit şekli açısından sadece %1 oranında katkı maddesi içeren liflerde istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu görülmüştür.

Sonuçlar konsantrasyon açısından incelendiğinde ise sadece PP DR ve 1CuO PP DR lifleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olduğu görülmüştür.

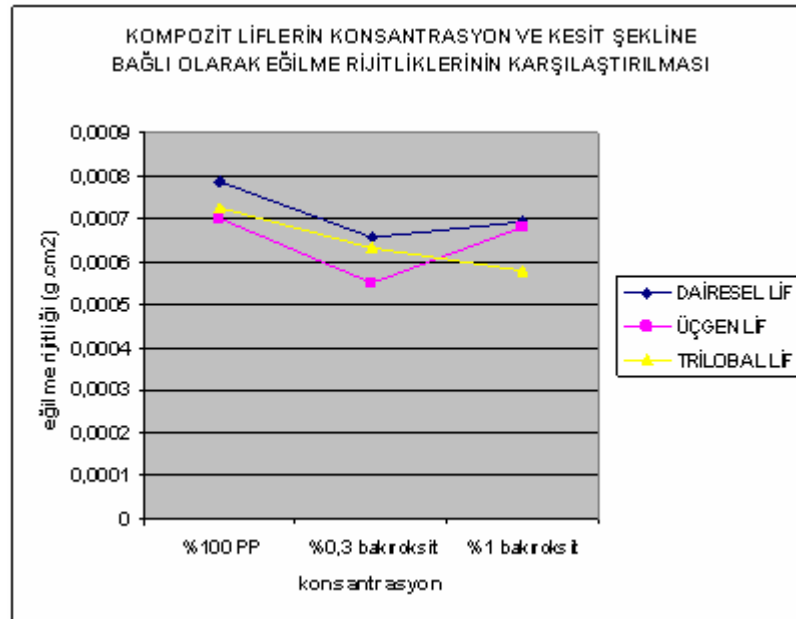
3.4.4.2 Liflerin Eğilme Rijitlikleri

Bakır oksit katkılı kompozit polipropilen liflerinin ortalama eğilme rijitlikleri, standart sapma değerleri ve % 100 polipropilen dairesel life göre % değişimleri Tablo 3.35'te verilmiştir.

Tablo 3.35 Kompozit liflerin ortalama eğilme rijitlikleri

Lif kodu	ortalama eğilme rijitliği (gf.cm ²)	st. sapma	% değişim	
Dairesel lifler	PP DR	0,000788	0,000213	-
	0,3CuO PP DR	0,000656	0,000186	-16,7441
	1CuO PP DR	0,000694	0,000175	-11,9724
Trilobal lifler	PP T	0,000726	0,000242	-7,90952
	0,3CuO PP T	0,000631	0,000166	-19,9401
	1CuO PP T	0,00058	0,000157	-26,3794
Üçgen lifler	PP D	0,000701	0,000114	-11,0206
	0,3CuO PP D	0,000549	0,000153	-30,3486
	1CuO PP D	0,00068	0,000145	-13,7203

Liflere ait eğilme rijitliği değişimleri Şekil 3.53'te verilmiştir. Buna göre en yüksek lif eğilme rijitliği değerleri tüm konsantrasyon değerleri için dairese liflerde elde edilmiştir. Dairesel lifler ile üçgen liflerin konsantrasyona bağlı olarak gösterdiği eğilme rijitliği davranışları birbirine benzemektedir. Genel olarak %0,3 oranında mikropartikül ilavesi ile tüm liflerin eğilme rijitliklerinde azalma meydana gelmiştir. %1 oranında mikropartikül ilave edildiğinde ise dairese ve üçgen liflerin eğilme rijitlikleri aynı kesitlerin %0,3 oranında mikropartikül içeren liflerine göre artmış; trilobal liflerde ise azalmıştır.



Şekil 3.53 Kompozit liflerin eğilme rijitlikleri

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre anlamlılık değerleri 0,05'ten büyük bulunmuştur.

Sonuç olarak; kompozit polipropilen liflerinin eğilme rijitlikleri arasındaki farkların, enine kesit şekli ve katkı maddesi konsantrasyonları açısından %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önem taşımadığı görülmüştür.

3.4.4.3 Kumaşların Sıkıştırılabilirliği

Kompozit polipropilen liflerinden elde edilen kumaşların farklı basınçlar altında ölçülen ortalama kalınlıkları ve standart sapma değerleri Tablo 3.36'da verilmiştir.

Tablo 3.36 Kompozit polipropilen ipliklerden elde edilen kumaşların ortalama kalınlıkları

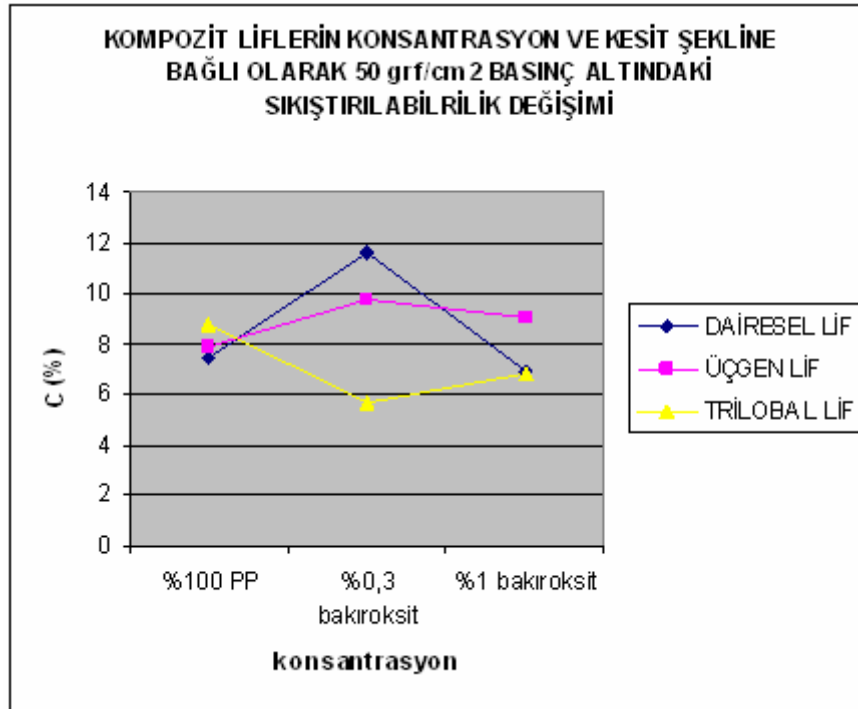
kumaş kodu	t5 ortalama kumaş kalınlığı (mm)	t5 için st. Sapma	t50 ortalama kumaş kalınlığı (mm)	t50 için st.sapma
PP DR	0,969	0,02183	0,897	0,0283
0,3CuO PP DR	1,03	0,0467	0,91	0,0216
1CuO PP DR	1,012	0,0204	0,942	0,01687
PP T	1,073	0,0189	0,979	0,01197
0,3CuO PP T	1,061	0,0228	1,001	0,0208
1CuO PP T	1,084	0,0178	1,01	0,0249
PP D	0,835	0,00972	0,769	0,01449
0,3CuO PP D	0,872	0,0365	0,787	0,02669
1CuO PP D	0,83	0,0346	0,755	0,02173

Tablo 3.36'da verilen kalınlık değerleri kullanılarak Tablo 3.37'de verilen sıkıştırılabilirlik verileri hesaplanmıştır.

Tablo 3.37 Kompozit liflerden elde edilen kumaşların sıkıştırılabilirlikleri

kumaş kodu	C (%)	% değişim
PP DR	7,43	-
PP T	8,76	17,90
PP D	7,904	6,38
0,3CuO PP DR	11,65	56,80
1CuO PP DR	6,917	-6,90
0,3CuO PP T	5,655	-23,89
1CuO PP T	6,827	-8,12
0,3CuO PP D	9,748	31,20
1CuO PP D	9,036	21,62

Hesaplanan sıkıştırılabilirlik verileri Şekil 3.54'te grafik şeklinde verilmiştir.



Şekil 3.54 Kompozit polipropilen liflerin 50 gf/cm² basınç altında sıkıştırılabilirliği

Şekil 3.54 incelendiğinde 50 gf/cm² basınç altında dairesel ve üçgen liflerden elde edilen kumaşların benzer şekilde sıkıştıkları görülmektedir. Buna göre bu kumaşların sıkıştırılabilirlikleri %0,3 oranında katkı maddesi eklendiğinde artmış; %1 oranında katkı maddesi eklendiğinde azalmıştır. Trilobal liflerde ise %0,3 oranında katkı maddesi eklendiğinde azalma olmuş; %1 oranında katkı maddesi eklendiğinde artış gerçekleştirilmiştir.

Kumaş sıkıştırılabilirliklerinin hesaplandığı kumaş kalınlık değerleri için yapılan varyans analizi sonucunda; 5 gf/cm² ve 50 gf/cm² basınç değerleri için belirlenen kumaş kalınlıkları arasındaki farklılıklar hem enine kesit şekli hem de konsantrasyon açısından %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (α değerleri<0,05).

Sonuç olarak kompozit liflerin sıkıştırılabilirlikleri üzerine hem enine kesit şeklinin hem de konsantrasyonun etkilerinin anlamlı olduğu söylenebilir.

BÖLÜM DÖRT

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında; enine kesit şekillerinin kimyasal liflerin yapısal davranışları ve kullanım özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla öncelikle hiçbir katkı veya renk maddesi içermeyen dairesel, trilobal ve üçgen enine kesit şekillerinde %100 polipropilen lif/iplikleri üretilmiş ve bunun yanı sıra dairesel ve üçgen enine kesit şekillerinde %100 poliester lifleri temin edilmiştir. Bu liflerin çeşitli yapısal ve kullanım özellikleri incelenmiştir.

İkinci olarak enine kesit şeklinin, lif rengi üzerine etkisinin tespit edilmesi amacıyla dairesel, trilobal, üçgen ve delikli enine kesitlerde ve iki farklı renkte polipropilen lifleri üretilmiştir. Üretilen renkli liflere renk ölçümleri yapılmıştır.

Son olarak ise, günümüzde fonksiyonel lif üretiminde sıkça kullanılan kompozit lif üretimi yapılmıştır. Çalışma kapsamında; dairesel, trilobal ve üçgen enine kesitlerde ve %0,3 ve %1 oranında bakır oksit mikropartikülü içeren kompozit polipropilen lifleri üretilmiştir. Enine kesit şeklinin ve katkı maddesi konsantrasyonunun, üretilen kompozit liflerin yapısal davranışları ve mekanik özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir.

Ayrıca çalışma kapsamında liflerin mekanik özelliklerinde meydana gelen değişimler Tek yönlü varyans analizi ve Post Hoc –Tukey Testi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Yapılan deneyler ve analizler sonucu ulaşılan bazı sonuçlara ait karşılaştırmalı tablolara ve önerilere aşağıda yer verilmiştir.

Tablo 4.1 Enine kesit şekillerine göre liflerin bazı yapısal ve performans özelliklerinin karşılaştırılması

Lif	Kristalinite	Kopma yükü	Kopma uzaması	Özgül mukavemet
% 100 polipropilen	Dairesel>Üçgen	Üçgen > Dairesel	Dairesel > Üçgen	Üçgen > Dairesel
% 100 poliester	Üçgen> Dairesel	Dairesel > Üçgen	Üçgen > Dairesel	Dairesel> Üçgen

Tablo 4.2 Enine kesit şekline göre lif/örme kumaş numunelerinin bazı mekanik ve kullanım özelliklerinin karşılaştırılması

Lif/örme kumaş	Eğilme rijitliği	Sıkıştırılabilirlik	Kılcal ıslanma	Parlaklık
% 100 polipropilen	Dairesel > Üçgen	Üçgen > Dairesel	Dairesel > Üçgen	Üçgen > Dairesel
% 100 poliester	Dairesel > Üçgen	Üçgen > Dairesel	Dairesel > Üçgen	Dairesel> Üçgen

Tablo 4.1’de görüldüğü gibi enine kesit şekillerinin liflerin bazı performans (iç yapı ve mekanik) özelliklerine etkisi lifin cinsine göre farklılık göstermektedir. Bu da polipropilen ve poliester gibi içyapı özellikleri (kristalinite oranı, erime sıcaklığı, mukavemet gibi) çok farklı olan liflerde daha açık görülmektedir.

Araştırmamızda kristalinite ve kopma uzaması değerlerinde dairesel enine kesitli, kopma yükü ve özgül mukavemet değerlerinde ise üçgen enine kesitli polipropilen lifleri en iyi değerleri verirken poliester liflerinde bu değerler polipropileninkinin tam zıttı olarak saptanmıştır (Tablo 4.1).

Ancak eğilme rijitliği, sıkıştırılabilirlik, kılcal ıslanma gibi bazı kullanım özellikleri her iki lif için de benzer şekilde elde edilmiştir. Dairesel enine kesitteki polipropilen ve poliester lifleri üçgen enine kesitteki polipropilen ve poliester liflerine göre daha iyi eğilme rijitliğine ve kılcal ıslanmaya sahiptir (Tablo 4.2). Buna göre enine kesit şeklinin değiştirilmesinin liflerin eğilme rijitliği ve kılcal ıslanması açısından etkisi olmadığı saptanmıştır.

Sıkıştırılabilirlik sonuçlarına göre; polipropilen kumaşlarda üçgen ve trilobal liflerden, poliester kumaşlarda ise üçgen liflerden elde edilen kumaşların dairesel

liflerden elde edilenlere göre daha fazla sıkıştığı, yani daha hacimli yapılar oluşturduğu saptanmıştır (Tablo 4.2).

Parlaklık ölçüm sonuçlarına göre trilobal ve üçgen enine kesitli polipropilen liflerinden örülen kumaşların dairesel kesitlilere göre daha parlak, renkli polipropilen liflerinde ise üçgen enine kesitli liflerden örülen kumaşların dairesel, delikli ve triloballere göre daha parlak olduğu saptanmıştır (Tablo 4.2).

Renk ölçüm sonuçlarına göre dairesel kesitli liflerden örülen kumaşların daha koyu boyanabildiği saptanmıştır. Buna göre enine kesit şeklinin değiştirilmesinin liflerin boyanabilirliği üzerine olumlu etkisi bulunmamıştır.

%0,3 ve %1 oranında bakır oksit mikropartikülü katkısı ile ürettiğimiz kompozit polipropilen liflerinin; enine kesit şekillerine göre mekanik özelliklerinde dikkate değer bir fark bulunmamıştır. Sadece %1 oranında katkılı olan liflerde kopma yükü, kopma uzaması ve özgül mukavemet özelliklerinde istatistiksel olarak önemli fark saptanmıştır. Buna göre %1 oranında katkı maddesi içeren liflerde; kopma yükü ve özgül mukavemet değerlerinde trilobal enine kesitli lifler en iyi değerleri verirken kopma uzaması değerlerinde dairesel enine kesitli liflerin en yüksek değerleri verdiği saptanmıştır.

Bu sonuçlara göre daha mukavim ve hacimli polipropilen liflerinin eldesi için dairesel kesitli lifler yerine üçgen kesitli lifler kullanılmasını ve daha esnek aynı zamanda yüksek sıkıştırılabilir poliester lifleri için de dairesel kesitli lifler yerine üçgen kesitli liflerin üretilmesini bilhassa halı üreticilerine önerebiliriz.

Araştırmanın önceki çalışmalar bölümünde de görüldüğü gibi farklı enine kesitteki polipropilen lifleri üzerine yapılan çalışmaların çok sınırlı olduğu ve bu çalışmaların çoğunlukla poliester üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Araştırmanın bu yönüyle de benzer konularda (bilhassa polipropilen) çalışacak araştırmacılara yön gösterici bir kaynak olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akşit, A., Erdem, N., Erdoğan, U. H., Onar, N. (2008). *The conductivity and magnetic properties of polypropylene fibers with doped carbon powders and barium ferrite nanopowder functionalized with polyaniline*. 2nd International Scientific Conference Textiles of the Future, Belçika.
- Alston, P.V., Hansen, S.M. ve Duncan, P.J. (2002). Effect of fiber cross section on rotor spinning of polyester. *Textile Research Journal*, 72, 352-356.
- Andreoli, C. ve Freti, F. (2004). *Reference Books of Textile Technology: Man-made Fibres* (1. Baskı). İtalya: Acimit Foundation Press.
- ASTM D3822 - 07 Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers, (b.t.). 10 Haziran, 2010, <http://www.astm.org/Standards/D3822.htm>.
- Balcı, H., (2006). *Akıllı Tekstiller, Seçilmiş Kumaşlarda Antibakteriyel Apre ve Performans Özellikleri*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Adana.
- Başer, İ. (1992). *Elyaf Bilgisi* (1. Baskı). İstanbul: Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yayını.
- Bueno, M. A., Aneja, A. P., Renner, M. (2004). Influence of the shape of fiber cross section on fabric surface characteristics. *Journal of Materials Science*, 39, 557–564.
- Chapman, C.B. (1974). *Fibres* (1. Baskı). Londra: Textile Book Service Press.
- Chemical Fibers International, (2009). Global fiber production: Polyester expansion only in China. *Chemical Fibers International*, 3, 125-126.

- Das, B., Das, A., Kothari, V. K, Fanguiero, R., Araújo, M. (2008). Effect of fibre diameter and cross-sectional shape on moisture transmission through fabrics. *Fibers and Polymers*, 9(2), 225-231.
- Dastjerdi, R., Mojtahedi, M.R.M., Shoshtari, A.M., Khosroshahi, A., Moayed, A.J. (2009). Fiber to fabric processability of silver/zinc-loaded nanocomposite yarns. *Textile Research Journal*, 79, 1099-1107.
- Demir, A. (2006). *Sentetik Filament İplik Üretim ve Tekstüre Teknolojileri* (1. Baskı). İstanbul: Şan Ofset.
- Demiryürek, O. (2004). *Sentetik Lif Üretiminde Kullanılan Ekstrüderler ve Ekstrüder Pompa Sisteminin Tasarım Esasları*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- DIN 53924-Testing of textiles - Velocity of soaking water of textile fabrics (method by determining the rising height)*, (1997). 10 Haziran, 2010, <http://www.din.de/cmd?workflowname=dinSearch&languageid=en>.
- Erdem, N. (2009). Kimyasal Lifler Ders Notları. Tekstil Mühendisliği, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Erdem, N., Cireli, A. A., Erdoğan, U. H. (2009). Flame retardancy behaviours and structural properties of polypropylene/nano-SiO₂ composite textile filaments. *Journal Applied Polymer Science*, 111(4), 2085-2091.
- Erdem, N., Erdoğan, U., Aksit, A., Onar, N. (2010). Structural and ultraviolet-protective properties of nano-TiO₂-doped polypropylene filaments. *Journal OF Applied Polymer Science*, 115(1), 152-157.

- Gabbay, J., Borkow, G., Mishal, J., Magen, E., Zatzoff, R., Shemer-Avni, Y. (2006). Copper oxide impregnated textiles with potent biocidal activities. *Journal of Industrial Textiles*, 35, 323-335.
- Giles, H. F., Wagner, J.R., Mount, E. M. (2005). *Extrusion: The Definitive Processing Guide and Handbook* (1. baskı). William Andrew Publishing.
- Gohl, E.P.G., L.D. Vilensky. (1993). *Textile Science -An Explanation of Fiber Properties* (2. baskı). Melbourne: Longman Cheshire Publishing.
- Fangueiro, R., Filgueiras, A., Soutinho, F., Meidi, X. (2010). Wicking behavior and drying capability of functional knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 80(15), 1522.
- Fourne, F. (1999). *Synthetic fibers: Machines and equipment, manufacture, properties* (1 Baskı). Munich: Hanser Publishers.
- Harmancıoğlu, M. (1981). *Rejenere ve Sentetik Lifler* (1. Baskı). İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları.
- Hall, D.M. (1982). *Practical Fiber Identification* (1. Baskı). Auburn: Auburn University Publishing.
- Hasan M. M. B., Calvimontes, A., Dutschk, V. (2009). Correlation between wettability and cleanability of polyester fabrics modified by a soil release polymer and their topographic structure. *Journal of Surfactants and Detergents*, 12(4), 285–294.
- Hasan, M. M. B., Dutschk, V., Brünig, H., Mader, E., Haussler, L., Hassler, R., Cherif, Ch., Heinrich, G. (2009). Comparison of tensile, thermal and thermo-mechanical properties of polyester filaments having different cross-sectional shape. *Journal of Applied Polymer Science*, 111, 805–812.

- Hongu, T., Phillips, G. O. ve Takigami M.. (2005). *New Milenium Fibers* (1. Baskı). Cambridge: CRC Press.
- Ilıman, A. (1998). Polyester Devamlı Lif ve Kesik Elyaf Üretim Sistemleri ve Özellikleri- Seminer Notları, Tubitak-MAM/SAGEM Tekstil Enstitüsü.
- ISO 11357-3:1999 Plastics -- Differential scanning calorimetry (DSC) -- Part 3: Determination of temperature and enthalpy of melting and crystallization*, (1999). 10 Haziran, 2010, http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=25174.
- Jung, I., Kim, S.Y., Oh, T.H. (2010). Effects of spinning conditions on shape changes of trilobal-shaped fibers. *Textile Research Journal*, 80(1), 12-18.
- Kara, Ş. (2010). Katkı Maddeleri Kullanılarak Modifiye Liflerin Elde Edilmesi ve Masterbatch Yöntemi. Yüksek Lisans Seminer Notları, DEU Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Karaca, E., Özçelik, F. (2007). Influence of the cross-sectional shape on the structure and properties of polyester fibers. *Journal of Applied Polymer Science*, 103, 2615–2621.
- Kim, K. J., Lee, J. S., Prabu, A.A., Kim , T. H. (2009). Preparation and characterization of nylon 6/organoclay nanocomposite filament fibers. *Polymer Composites*, 30(3), 265-273.
- Kino, N., Ueno, T. (2008). Evaluation of acoustical and non-acoustical properties of sound absorbing materials made of polyester fibres of various cross-sectional shapes. *Applied Acoustics*, 69, 575–582.

- Kulkarni, V.G. (2003). Color, functional and multi-attribute solutions for polyester fibers. *Chemical Fibers International*, 53, 452-454.
- Kumar, S., Doshi, H., Sirinivasarao, M., Park, J.O., Schiraldi, D.A. (2002). Fibers from polypropylene /nanocarbon fiber composites. *Polymer*, 43, 1701-1703.
- Lewin, M. (2007). *Handbook of Fiber Chemistry* (3. Baskı). New York: CRC Press.
- Ma, Y., Tan, M. ve Wu, K. (2002). Effect of different geometric polypropylene fibers on plastic shrinkage cracking of cement mortars. *Materials and Structures*, 35, 165-169.
- Maier, C., Calafut, T. (1998). *Polypropylene: The definitive user's guide and databook. plastics design library* (1. Baskı). Norwich: William Andrew Publishing.
- Manich, A. M., Mart, M., Saur, R. M., Castellar, M. Carvalho, D.,J. (2006)..Effect of finishing on woven fabric structure and compressional and cyclic multiaxial strain. *Textile Research Journal*, 76, 88-93.
- Mochida, I., Yoon, S.H., Korai, Y. (1993). Control of Transversal Texture in Circular Mesophase Pitch-based Carbon Fiber Using Non Circular Spinning Nozzles. *Journal of Material Science*, 28, 2331-2336.
- Morton, W.E. ve Hearl, J.W.S. (2008). *Physical properties of textile fibers* (4. Baskı). New York: CRC Press.
- Moody, V. ve Needles, H.L. (2004). *Tufted carpet: textile fibers, dyes, finishes, and processes* (1.Baskı). Norwich: William Andrew Publishing.
- Murphy, J. (2001). *Additives for Plastics Handbook* (2. Baskı). New York: Elsevier Advanced Technology.

- McIntyre, J.E. (2005). *Synthetic fibers: Nylon, polyester, acrylic, polyolefin* (1. Baskı). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Nakajima, T., Kajiwarra, K., McIntyre, J. E. (1994). *Advanced Fiber Spinning Technology* (1. Baskı). Cambridge: Woodhead Publishing.
- Özçelik, F., (2005). *İçi Boş Lif Üretiminde Bazı Parametrelerin Lif Özellikleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Özkan, S., (2008). *Filament Kesit Şeklinin, Sayısının ve Lineer Yoğunluğunun POY ve Tekstüre İplik Özelliklerine Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Petrick, L. M., Hild, D. N., Obendorf, S. K. (2006). Observations of soiling of nylon 6.6 carpet fibers. *Textile Research Journal*, 76, 253-260.
- Ranjan, S., Jue, Z., Chen, F.L. (2009). Multi-walled carbon nanotube/polymer composite: a nano-enabled continuous fiber. *Journal of Composite Materials*, 44, 1305-1316.
- Saidi, H., Abd.aziz, R.Hassan, H., Arifin, A. (1993). Design and manufacture of hollow fiber module gas seperator. *Seminar Penyelidikan Fakulti Kej. Kimia&Kej. Sumber Asli*, 3-4.
- Shin, K. I., Kim, S.H., Kim, J.J. (2005). Image analysis of the luster of fabrics with modified cross- section fibers. *Fibers and Polymers*, 6(1), 82-88.
- Srisawat, N., Nithitanakul, M., Srikulkit, K. (2009). Characterizations of fibers produced from polypropylene/ silica composite. *Journal of Metals, Materials and Minerals*, 19(1), 53-58.

- Takarada, W., Ito, H. , Kikutani, T., Okui, N. (2001). Studies on high-speed melt spinning of noncircular cross-section fibers I.Structural analysis of as-spun fibers. *Journal of Applied Polymer Science*, 80, 1575-1581.
- Taşcan, M., Vaughn, E. A. (2008). Effects of fiber denier, fiber cross-sectional shape and fabric density on acoustical behavior of vertically lapped nonwoven fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 3(2), 32-38.
- The Fiber Year 2009/2010. (2010). Statistical appendix. *Oerlikon The Fiber Year*,10, 88-98.
- TS 244 EN ISO 2060 Tekstil-İplikler-Doğrusal Yoğunluk (Birim Uzunluk Başına Kütle) Tayini-Çile Metodu, (1999). 4 Mart, 2010, <http://www.tse.org.tr/TSEIntWeb/Standard/Standard/Standard.aspx>.
- TS EN ISO 105-J01 Tekstil - Renk Haslığı Deneyleri - Bölüm J01: Yüzey Renginin Ölçülmesi İçin Genel Prensipler, (2002). 5 Nisan, 2010, <http://www.tse.org.tr/TSEIntWeb/Standard/Standard/ICS.aspx>.
- Tyagi, G.K., Gopal, A., Gon, D.P. (2007). Contribution of fibre profile to performance characteristics of polyester-viscose and polyester-cotton ring and MJS yarns. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 32, 404-408.
- Tyagi, G.K., Krishna, G., Bhattacharya, S. ve Kumar, P. (2009). Comfort aspects of finished polyester-cotton and polyester-viscose ring and MJS yarn fabrics. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 34, 137-143.
- Wang, B., Wang, H., Hong, B., Zhang Y. (2005). Fibers from multi-walled carbon nanotube/polyacrylonitrile composites. *Polymer Journal*, 37(5), 376–379.

- Wang, N., Zha A. ve Wang J. (2008). Study on the wicking property of polyester filament yarns. *Fibers and Polymers*, 9(1), 97-100.
- Walczak, Z. K., (2002), *Processes of Fiber Formation* (1. Baskı). New York: Elsevier Science Ltd.
- Whelan, A. (1994), *Polymer Technology Dictionary* (1. Baskı). London: Chapman and Hall Inc.
- Yıldırım, B. (2005). *Dokuma kumaş mukavemetinin hammadde özelliklerinden tahminlenmesini sağlayan bir bilgisayar yazılımının geliştirilmesi*. Yüksek lisans tezi, DEU Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Zuo, D.Y., Zhu, B.K., Wang, S.H., Xu,Y.Y. (2005). Membrane extraction for seperation of copper cations from acid solution using polypropylene hollow fiber membrane. *Polymers for Advanced Technologies*, 16(10), 738-743.