

**ELEKTRO LİF ÇEKİM
(ELECTROSPINNING) YÖNTEMİYLE
ÜRETİLEN NANOLİF İPLİK
ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

Belin SABİT

**Yüksek Lisans Tezi
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Fatma GÖKTEPE**

2019

T.C.

**TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ELEKTRO LİF ÇEKİM (ELECTROSPINNING) YÖNTEMİYLE
ÜRETİLEN NANOLİF İPLİK ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

Belin SABİT

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: PROF. DR. FATMA GÖKTEPE

TEKİRDAĞ-2019

Her hakkı saklıdır

Bu tez TÜBİTAK tarafından 117M166 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Prof. Dr. Fatma GÖKTEPE danışmanlığında, Belin SABİT tarafından hazırlanan ‘‘Elektro Lif Çekim (Electrospinning) Yöntemiyle Üretilen Nanolif İplik Özelliklerinin İyileştirilmesi’’ isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Juri Başkanı: Prof. Dr. Hale KARAKAŞ

İmza :

Üye: Prof. Dr. Fatma GÖKTEPE

İmza :

Üye: Prof. Dr. Rıza ATAV

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ELEKTRO LİF ÇEKİM (ELECTROSPINNING) YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN NANOLİF İPLİK ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Belin SABİT

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fatma GÖKTEPE

Bu çalışmada, farklı kollektör-enjektör mesafelerinde PAN ve PVDF-HFP olmak üzere iki farklı polimer kullanılarak elektro lif çekim yöntemiyle nanolif iplikler 5 farklı kollektör-enjektör arası mesafede (10, 12, 14, 16, 18 cm) üretilmiştir. Ayrıca çelik ve alüminyum kollektörler kullanılarak kollektör malzemesinin etkisi analiz edilmiştir. Kollektör-iplik kılavuzu mesafesinin etkisi ise PAN nanolif ipliklerde alüminyum kollektör kullanılmak suretiyle analiz edilmiştir. Ek olarak, bazı nanolif iplikler belirli tansiyon altında ısıtılarak işleme tabi tutulmuş ve iplik özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada üretilen tüm iplikler için, lif inceliği, iplik inceliği, iplik mukavemeti ve kopma uzama özellikleri dikkate alınarak farklı parametrelerin etkisi ortaya konmuştur. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde PVDF-HFP nanolif ipliklerin daha ince olmakla birlikte daha yüksek mukavemete sahip olduğu, benzer şekilde sonuçlar alüminyum kollektör kullanımı durumunda çelik kollektöre kıyasla elde edilen nanolif ipliklerin daha ince ve daha yüksek mukavemete sahip olduğu görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Elektro lif çekim, Nanolif iplik, PAN, PVDF-HFP

2019, 115 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

IMPROVEMENT OF ELECTROSPUN NANOFIBER YARN PROPERTIES PRODUCED BY ELECTROSPINNING

Belin SABİT

Tekirdağ Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Textile Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Fatma GÖKTEPE

In this study, nanofibre yarns were produced by electrospinning method by using two different polymers as PAN and PVDF-HFP at different collector-injector distances (5, 12, 14, 16, 18 cm). In addition, the effect of collector material was analyzed by using steel and aluminum collectors. The effect of collector-yarn guide distance was analyzed by using aluminum collector for PAN nanofiber yarns. Also, wet heat treatment was applied to some nanofiber yarns under tension and its effect on yarn properties was investigated. For all yarns produced in this study, the effect of different parameters has been analyzed in terms of fiber fineness, yarn fineness, yarn strength and breaking elongation properties. When the results obtained are examined, it is seen that the PVDF-HFP nanofiber yarns are finer and have higher strength. Similarly, the electrospun nanofiber yarns produced by using aluminum collector are finer and have higher strength compare to the nanofiber yarns produced by steel collector.

Keywords: Electrospinning, Nanofiber yarn, PAN, PVDF-HFP

2019, 115 pages

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLO DİZİNİ	v
ŞEKİL DİZİNİ	vi
KISALTMALAR	viii
ÖNSÖZ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	3
2.1. Elektro Lif Çekim Yöntemi (Electrospinning).....	3
2.1.1. Elektro lif çekim işlemine etki eden parametreler	6
3. LİTERATÜR ÖZETİ	12
3.1. PAN ve PVDF Polimeri ile Yapılan Nanoağ Yüzey Eldesine Yönelik Çalışmalar	12
3.2. PAN ve PVDF Polimeri ile Nanolif İplik Eldesine Yönelik Yapılan Çalışmalar	14
3.3. Kollektör Özelliklerinin Etkisine Yönelik Çalışmalar	15
3.4. Nanolifli Yüzey ve Nanolif İpliklerde Üretim Sonrası Uygulanan Ard İşlem Etkisine Dair Çalışmalar.....	17
4. MATERYAL ve METOT	19
4.1. Kullanılan Polimerler ve Çözücüler	19
4.1.1. Poliakrilonitril (PAN).....	19
4.1.2. Poly(vinylidene fluoride-cohexafluoropropylene) (PVDF-HFP).....	19
4.1.3. Dimetilformamid (DMF).....	20
4.1.4. Aseton.....	20
4.2. Polimer Çözeltilerin Hazırlanması ve Özelliklerinin Analizi	20
4.3. Nanolif İpliklerin Eğrilmesi	21
4.4. Kollektör-Enjektör Arası Mesafelerin Etkisinin İncelenmesi	24
4.5. Kollektör-İplik Kılavuzu Arası Mesafenin Etkisinin İncelenmesi	25
4.6. Eğirme Sonrası Uygulanan Ard İşlemlerin Nanolif İplik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi.....	26
4.7. Kollektör Malzemesinin Etkisinin İncelenmesi	27
4.8. Nanolif İpliklerin Özelliklerinin Analizinde Kullanılan Yöntem ve Cihazlar	28
4.8.1. Nanolif ipliklerin doğrusal yoğunluğunun belirlenmesi.....	28
4.8.2. Taramalı elektron mikroskobu ile analizler.....	28
4.8.3. İplik mukavemet ve % kopma uzama özelliklerinin belirlenmesi	29

5. ARAŞTIRMA ve BULGULAR	30
5.1. PAN ve PVDF-HFP Çözelti Özellikleri.....	30
5.2. Kollektör-Enjektör Arası Mesafenin PAN Nanolif İplik Özelliklerine Etkisi	30
5.2.1. Çelik kollektör ile üretilen PAN nanolif ipliklerin özellikleri.....	31
5.2.2. Alüminyum kollektör ile üretilen PAN nanolif ipliklerin özellikleri	35
5.3. İplik Kılavuzu ile Kollektör Arası Mesafenin PAN Nanolif İplik Özelliklerine Etkisi	38
5.4. Ard İşlem Uygulamasının PAN Nanolif İplik Özelliklerine Etkisi.....	42
5.5. Kollektör-Enjektör Arası Mesafenin PVDF-HFP Nanolif İplik Özelliklerine Etkisi	46
5.5.1. Çelik kollektör ile üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklerin özellikleri.....	47
5.5.2. Alüminyum kollektör ile üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklerin özellikleri	50
5.6. Kollektör Malzemesinin Nanolif İplik Özelliklerine Etkisi	53
5.6.1. Aynı mesafede çelik ve alüminyum kollektörler ile üretilen PAN nanolif iplik özelliklerinin karşılaştırılması	53
5.6.2. Aynı mesafede çelik ve alüminyum kollektör ile üretilen PVDF-HFP nanolif iplik özelliklerinin karşılaştırılması	55
5.7. Polimer Malzeme Farkının Nanolif İplik Üretimindeki Etkisinin Analizi.....	57
5.7.1. Çelik kollektör ile üretilen PAN ve PVDF-HFP nanolif iplik özelliklerinin karşılaştırılması	57
5.7.2. Alüminyum kollektör ile üretilen PAN ve PVDF-HFP nanolif özelliklerinin karşılaştırılması	59
6. SONUÇ VE DAHA SONRAKİ ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER.....	61
7. KAYNAKLAR.....	64
8. EKLER	69
9. ÖZGEÇMİŞ	115

TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 4.1. Polimer çözelti hazırlanması aşamasındaki konsantrasyon ve çözücüler	21
Tablo 4.2. Nanolif iplik üretim parametreleri.....	24
Tablo 4.3. Çalışmada incelenen kollektör-enjektör arası farklı mesafeler	25
Tablo 4.4. Çalışmada incelenen kollektör-iplik kılavuzu arası mesafeler.....	25
Tablo 4.5. Tansiyon altında yapılan ısı yaş germe art işlem parametreleri	26
Tablo 5.1. Deney çalışmalarında kullanılan çözeltilerin viskozite ve iletkenlik değerleri.....	30
Tablo 5.2. Kollektör-enjektör arası mesafenin PAN nanolif iplik eğrilebilirliğine etkisi	30
Tablo 5.3. Çelik kollektör kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklere ait örnek SEM görüntüleri.....	31
Tablo 5.4. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklere ait örnek SEM görüntüleri.....	35
Tablo 5.5. İplik Kılavuzu Mesafe Farklılığı İplik Eğrilebilme Etkisi	38
Tablo 5.6. Farklı iplik kılavuzu mesafelerinde üretilen PAN nanolif iplik SEM görüntüleri..	39
Tablo 5.7. Farklı ard işlem süreleri sonunda PAN nanolif ipliklere ait örnek SEM görüntüleri	42
Tablo 5.8. Kollektör ile enjektörler arası mesafenin PVDF-HFP nanolif iplik eğrilebilirliğine etkisi	46
Tablo 5.9. Çelik kollektör kullanılarak elde edilen PVDF-HFP nanolif ipliklere ait örnek SEM görüntüleri.....	47
Tablo 5.10. Alüminyum kollektör kullanılarak elde edilen PVDF-HFP nanolif ipliklere ait örnek SEM görüntüleri	50

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Taylor konisinde oluşan yarı konik açısı.....	4
Şekil 2.2. Elektro lif çekimde whipping kararsızlığı ve Taylor konisi.....	5
Şekil 4.1. PAN kimyasal formülü.....	19
Şekil 4.2. PVDF-HFP kimyasal formülü.....	19
Şekil 4.3. DMF kimyasal formülü.....	20
Şekil 4.4. Aseton kimyasal formülü.....	20
Şekil 4.5. Viskozimetre ve portatif iletkenlik ölçer.....	21
Şekil 4.6. Nanolif iplik eğirme cihazı.....	22
Şekil 4.7. Nanolif iplik eğirme sisteminde temel bileşenlerin şematik gösterimi (a: üstten görünüm, b: perspektif görünüm).....	22
Şekil 4.8. Nanolif ipliğe tansiyon altında ısıl yaş işlem uygulanması.....	26
Şekil 4.9. Etüv.....	27
Şekil 4.10. Alüminyum ve çelik malzemeden üretilen kollektörler.....	27
Şekil 4.11. Precisa (a) ve Shimadzu (b) marka hassas teraziler.....	28
Şekil 4.12. Taramalı elektron mikroskobu.....	29
Şekil 4.13. Mukavemet test cihazı.....	29
Şekil 5.1. PAN polimer ile üretilmiş nanolif ipliklere ait örnek görüntü.....	31
Şekil 5.2. Çelik kollektör kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklerin çapları ve doğrusal yoğunlukları.....	32
Şekil 5.3. Çelik kollektör kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklere ait lif çapları.....	32
Şekil 5.4. Çelik kollektör kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklerin mukavemet değerleri.....	33
Şekil 5.5. Çelik kollektör kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklere ait % kopma uzama değerleri.....	34
Şekil 5.6. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklerin çapları ve doğrusal yoğunlukları.....	36
Şekil 5.7. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklere ait lif çapları.....	36
Şekil 5.8. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklerin mukavemet değerleri.....	37
Şekil 5.9. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklerin % kopma uzama değerleri.....	38
Şekil 5.10. Kollektör iplik kılavuzu arası mesafelerin üretilen PAN nanolif iplik çapına etkisi.....	40
Şekil 5.11. Kollektör iplik kılavuzu arası mesafelerin üretilen PAN nanolif ipliklere ait lif çapına etkisi.....	40
Şekil 5.12. Farklı iplik kılavuzu mesafelerinde lif toplanma geometrisine ait şematik gösterim.....	41
Şekil 5.13. Farklı iplik kılavuz mesafelerinde üretilen PAN nanolif ipliklerin mukavemet değerleri.....	41
Şekil 5.14. Farklı iplik kılavuz mesafelerinde üretilen PAN nanolif iplik % uzama kopma değerleri.....	41
Şekil 5.15. Farklı ard işlem süreleri sonunda PAN nanolif iplik çapları.....	43
Şekil 5.16. Farklı ard işlem süreleri sonunda PAN nanolif ipliğe ait lif çapları.....	43
Şekil 5.17. Farklı ard işlem süreleri sonunda PAN nanolif ipliklerin mukavemet değerleri.....	44

Şekil 5.18. Farklı art işlem süreleri sonunda PAN nanolif iplik % kopma uzama değerleri....	45
Şekil 5.19. Çelik kollektör kullanılarak üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklerin çapları ve doğrusal yoğunlukları.....	48
Şekil 5.20. Çelik kollektör kullanılarak üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklere ait lif çapları ..	48
Şekil 5.21. Çelik kollektör kullanılarak üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklerin mukavemet değerleri.....	49
Şekil 5.22. Çelik kollektör kullanılarak üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklerin % kopma uzama değerleri	49
Şekil 5.23. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklerin çapları ve doğrusal yoğunlukları.....	51
Şekil 5.24. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklere ait lif çapları	51
Şekil 5.25. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklerin mukavemet değerleri	52
Şekil 5.26. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklerin % kopma uzama değerleri	52
Şekil 5.27. Alüminyum ve çelik kollektörler kullanılarak üretilen PAN nanolif iplik çapları.	53
Şekil 5.28. Alüminyum ve çelik kollektörler kullanılarak üretilen PAN nanolif çapları.....	53
Şekil 5.29. Alüminyum ve çelik kollektörler kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklerin mukavemet değerleri	54
Şekil 5.30. Alüminyum ve çelik kollektörler kullanılarak üretilen PVDF-HFP nanolif iplik çapları	55
Şekil 5.31. Alüminyum ve çelik kollektörler kullanılarak üretilen PVDF-HFP nanolif çapları	55
Şekil 5.32. Alüminyum ve çelik kollektörler kullanılarak üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklerin mukavemet değerleri	56
Şekil 5.33. Çelik kollektör kullanılarak üretilen PAN ve PVDF-HFP nanolif iplik çapları	57
Şekil 5.34. Çelik kollektör kullanılarak üretilen PAN ve PVDF-HFP nanolif çapları.....	57
Şekil 5.35. Çelik kollektör kullanılarak üretilen PAN ve PVDF-HFP nanolif ipliklerin mukavemet değerleri	58
Şekil 5.36. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PAN ve PVDF-HFP nanolif iplik çapları	59
Şekil 5.37. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PAN ve PVDF-HFP nanolif çapları ..	59
Şekil 5.38. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PAN ve PVDF-HFP nanolif ipliklerin mukavemet değerleri	60

KISALTMALAR

PAN	: Poliakrilonitril
PVDF-HFP	: Poliviniliden florür ko-hekzafloro propilen
PVA	: Polivinil Alkol
PCL	: Polikaprolaktan
DMF	: Dimetilformamid
DMAC	: Dimetilasetamid
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde öncelikli olarak beni yönlendiren, her aşamada bana katkılarıyla yol gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Fatma GÖKTEPE'ye teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca hem deney çalışmalarım sırasında hem de çalıştığım TÜBİTAK proje kapsamında karşılaştığım zorluklarda bilgisini benden esirgemeyen hocam Sayın Prof. Dr. Özer GÖKTEPE'ye teşekkürü bir borç bilirim.

TÜBİTAK 1001 projesi kapsamında birlikte çalıştığımız süre boyunca gerek teorik gerek pratik bilgisiyle bana yardımcı olan, sadece bir ekip arkadaşı olarak asla göremeyeceğim ve öz ablam saydığım Kırklareli Üniversitesi Öğretim Görevlisi Sayın Dr. Beyza BUZOL MÜLAYİM'e teşekkür ederken minnetimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında teknik desteğini esirgemeyen Cengiz YILMAZTÜRK'e ve Proser firması çalışanlarına, elde edilen nanolif iplik özelliklerini belirlemek için yapılan testlerde emeği geçen Muhammed AYDIN ve Ayşenur ÖZVARDARLI'ya ayrı ayrı teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında maddi ve manevi olarak yanımda olan Osman YAZICI, Gizem KESKİN, Duygu YAVUZKASAP AYAKTA, Gülçin CANİPEK, Volkan YALI, Özgecan ERKAN, Uğur ERGÜNAY ve daha birçok kıymetli arkadaşşıma teşekkür ederim.

Bilgi ve birikimime olan katkılarının yanı sıra hem sanayi hem de akademik çalışmalarım açısından bana kazandırdıkları dünya görüşü ve her zaman hissettiğim aile duygusu adına Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nden üzerimde emeği olan tüm hocalarıma ve meslektaşlarıma olan arkadaşlarıma saygı ve sevgilerimi gönderirim.

Son olarak; beni bu günlere getiren, yorulduğum anlarda elimden tutan, düştüğüm anlarda cesaretlendiren annem ve babama en derin duygularıyla teşekkür ederim.

Haziran 2019

Belin SABİT

1. GİRİŞ

Elektro lif çekim yönteminin, ultra incelikte polimerik lifler üretmek için çok verimli ve kullanışlı bir metot olduğu bilinmektedir. Bu yöntem çok yönlü olması, ekonomik verimliliği ve geniş uygulama alanlarında kullanılabilme potansiyeline sahip olması nedeniyle yaygın olarak çok farklı alanlarda kullanılmaktadır. Elektro lif çekim yöntemiyle çalışılan malzemeler, lif morfolojisi, işlem etkisi, elde edilen ileri özelliklerin avantajları ve üretilmiş nanoliflerin uygulama alanları ve elektro lif çekim temel prensipleri hakkında detaylı çalışmalar bulunmaktadır (Blonski ve ark. 2004, Subbiah ve ark. 2004, Jalili ve ark. 2006, Ramakrishna ve ark. 2006, Schneider ve ark. 2016).

Nanoliflerin, yüksek yüzey alanı/hacim veya yüksek yüzey alanı/kütle oranı ile su geçirmezlik, leke tutmazlık, düşük özgül ağırlık, filtreleme kabiliyeti ve hava direncinde artış sağlaması gibi nedenlerle kumaş performans özelliklerinde artış yarattığı söylenmektedir (Kozanoğlu 2006, Üstün 2011).

Sağlık, çevre ve geri dönüşüme yönelik uygulamalar, biyo çözümler malzemeler, kendi kendini temizleyen kumaşlar, koruyucu malzemeler ve savunma gibi alanlarda kullanım bulması açısından elektro lif çekim yöntemi günümüzde önemli bir üretim yöntemi haline gelmiş olup, gelecekte daha geniş alanlarda kullanılacağı öngörülebilir bir gerçektir (Ramakrishna 2006, Zhou 2016, Maleki 2017).

Bir nanometre uzunluk, 1 metre uzunluğun milyarda biridir. Çeşitli kaynaklarda “nanolif” terimi ile çapı 1 µm’nin altında ve uzunluk/çap olarak 100:1 oranı üzerindeki birimler tanımlanmış ve bu terim çapı 100 nm’nin altındaki lifleri ifade etmektedir (Hongu 2005, Ali 2011).

Elektrik alan kullanılarak lif çekimi yöntemiyle nanometre ölçeğinde inceliğe sahip liflerin üretimi, elde edilen üründe sağladığı özelliklerle üstün performansın yanında kullanılan yöntemin esnek üretime sahip olması nedeniyle son yıllarda yaygın bir uygulama haline gelmiştir. Bu yöntemle yaygın şekilde 50-500 nm aralığında inceliğe sahip liflerden oluşan dokusuz yüzeyler üretilebilmekte olup nano boyutlarda lif üretilebilmesi sayesinde elde edilecek üründe etkili özellikler sağlanmaktadır. Elektro lif çekim yöntemiyle elde edilen yüzeylerin, yüksek performanslı filtreler, hidrofil tekstiller, lif destekli kompozitler, yara sargıları için biyomedikal tekstiller, doku iskelesi, nano ve mikro elektrik gereçler, elektromanyetik koruma, fotovoltailer ve nanolif esaslı yüksek performanslı elektrotlar gibi

çok farklı uygulama alanlarına sahip olduğu günümüzde artık yaygın bilinen bir gerçektir (Smit 2007, Haghı 2012).

Bu yöntemle ağırlıklı olarak nano lif yüzeylerin üretildiği bilinmekle birlikte özellikle son yıllarda elektro lif çekimiyle iplik eğirme konusunda çalışmalar da ilgi çekmektedir. Bu doğrultuda ülkemizde de elektro lif çekim yöntemiyle nanoliflerden bükümlü iplik eldesi üzerine başlatılmış çalışmalar mevcuttur (Göktepe 2015a, 2015b, 2015c).

Elektro lif çekimini esas alarak bükümlü iplik üretim yöntemlerine örnek olarak düz bir yüzeyden iplik eldesi (Dabrian ve ark. 2007); dönen huni formunda bir kolektör kullanarak iplik eldesi (Xie 2013, Levitt ve ark. 2016); döner disk yardımıyla iplik eldesi (Bazbouz ve ark. 2008) verilebilir. Elektro lif çekimiyle iplik eğirmede eğirme parametrelerinin iplik özelliklerine etkisi de bir diğer araştırma konusudur. Bu parametrelerden en önemlilerinin kollektör dönüş hızı, iplik sevk hızı, kullanılan polimer türü, polimer besleme hızı, çözelti konsantrasyonu, eğirme esnasında ve sonrasında uygulanan ilave işlemler olduğu görülmektedir. Mevcut çalışmalar bekleneceği üzere kolektör dönüş hızının iplik bükümünü etkilediğini ortaya koymaktadır. Benzer şekilde iplik sevk hızı ve polimer besleme hızının etkilerini inceleyen çalışmalar da mevcuttur (Ali ve ark. 2012, Xie 2013). Öte yandan kollektör hızı ve büküm değerlerindeki değişimin lif iç yapısını etkilediği bilinmektedir (Maleki ve ark. 2017).

Bir diğer üretim parametresi olarak polimer türü ve çözelti konsantrasyonu ise nanolif ipliklerin çeşitli özelliklerini etkilemektedir. Elektro lif çekimiyle iplik üretiminde çok farklı polimer ve çözücülerin kullanıldığı görülmektedir. Örneğin PLLA (poli laktik asit), PVDF (polivinildenflorür), DMF (Dimetilformamid), PVA (polivinilalkol), Metanol, PAN (poliakrilonitril), poliüretan, polimetilakrilat gibi kimyasallar ve bunların çeşitli karışım oranlarının nanolif oluşumuna ve iplik özelliklerine etkilerinin incelendiği bilinmektedir (Chen ve Harrison 2001, Esrafilzadeh ve ark. 2007, Dabirian ve ark. 2007, Abbasipour ve Khajavi ve ark. 2013, Maleki ve ark. 2014, Zhou 2016, Shukat&Lin 2017, Maleki ve ark. 2017). Ayrıca farklı polimer konsantrasyonlarının etkisini inceleyen çalışmalar da bulunmaktadır (Jalili 2006, Jin 2017).

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Elektro Lif Çekim Yöntemi (Electrospinning)

Elektro lif çekim, oldukça düşük debilerde belli akışkanlıkta sıvılara kilovolt boyutunda voltaj uygulanarak akışkan sıvıyı nano boyutlu liflere dönüştürme işlemidir. Bu uygulamalarda polimer çözeltisi veya polimer eriyiği kullanılmaktadır. Belli debide enjektörün ucuna gelen çözelti, yüzey gerilimleri etkisinde küresel bir damlacık oluşturur ve elektriksel kuvvetlerin etkisinde, konik şeklini alarak (Taylor konisi) belli mesafedeki topraklanmış toplayıcıya nanolif olarak aktarılır. Çözelti kullanılan elektro üretim sistemleri bu şekilde basit olarak kurulabilirken eriyik kullanılan sistemlerden nanolif eldesi için sistem böyle basitleştirilememektedir. Çünkü polimer granüllerinin, uygun viskozitede akışkan hale gelmesi için sıcaklık yoluyla eritilmeleri gerekmektedir (Kozanoğlu 2006, Beypazar 2013).

Elektro lif çekim işleminde temel prensip, elektrostatik kuvvetler kullanılarak polimer çözeltisinin üzerinde var olan viskoelastik kuvvet ve yüzey gerilim kuvvetlerinin aşılmasıyla çözeltiden çok ince fibril yapılar oluşturulmasıdır. Kullanılacak polimer, uygun bir çözücüde çözülür veya ısıtıp eritilerek bir enjektöre yerleştirilir. Bu enjektör ve bu enjektör ile belirli bir mesafede bulunan metal toplayıcı plaka arasında yeterli büyüklükte voltaj uygulanması ile elektrik alan oluşturulur ve nano boyutlu liflerin toplanması sağlanır (Erkan ve ark. 2005).

Uygulanan voltaj yavaş yavaş artırılarak elektrostatik kuvvetlerin polimer damlacığındaki yüzey gerilimi ve viskoelastik kuvvetleri aşması beklenir. Voltaj kritik değere ulaştığında jet oluşumu başlar, toplayıcı plakaya doğru uzar ve incelip ayrışır. Bu şekilde nano boyutlarda lif üretimi gerçekleşmeye başlar.

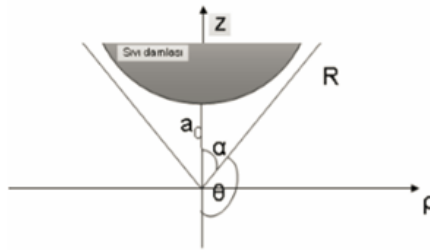
Elektro lif çekim işlemi 1600'lü yıllarda, William Gilbert'in manyetizma üzerine çalışmaları yaparken tesadüfi olarak elektro-manyetizmanın sıvılar üzerine etkisini gözlemlemesiyle ortaya çıkmıştır. Çalışmada bir su damlasının elektriksel olarak kuru bir yüzeyden belli mesafede, bir koni biçiminde çekildiğine işaret edilmiştir. Elektro spre ve elektro üretim işleminin tarihinin başladığı nokta burasıdır (Kataphinan 2004, Lam 2004, Kozanoğlu 2006).

1882'de Rayleigh, yüklü bir damlacığın kararlılığı üzerine teorik bir çalışma yapmış ve yükün, yüzey gerilim değerini aştığında damlacığın kararsız hale geldiğini ve parçalanmanın gerçekleştiğini tahmin etmiştir. Elde ettiği sonuçlara göre; damla üzerine etkiyen iki kuvvetten

biri elektrik kuvveti, diğeri ise elektrik kuvvetine zıt yönde damlayı etkileyen yüzey gerilimi kuvvetidir. Elektrik kuvveti yüzey gerilimini aştığı anda ise damla ince jetlere ayrılarak akmaya başlar. (Andrady 2008, Beypazar 2013).

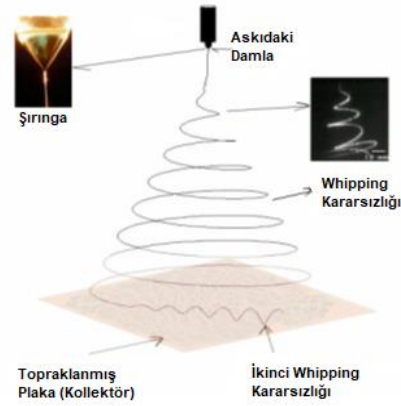
Elektro lif çekim yoluyla üretim ile ilgili ilk patent 1934 yılında Anton Formhals (US Patent, 1-975-504) tarafından alınmıştır. Formhals polimer filamentlerinin üretimi için elektrostatik kuvvetin kullanıldığı bir sistem geliştirmiştir. Selüloz asetatın polimer çözeltisini elektrik alana maruz bırakarak zıt kutuplu elektrotlar arasında hareket eden polimer çözeltisinden filamentler elde etmiştir. Elektrotlardan biri çözeltinin içerisine konulurken diğeri hareketli toplayıcıya monte edilmiş, elektrik yüklü lifler hareketli plaka üzerinde toplanmıştır. Bunun için gerekli voltajın çözeltinin yapısına bağlı olduğu ve bu yapıyı ise esas olarak polimerin moleküler ağırlığı ve viskozitesinin belirlediğini söylemiştir.

1960'lı yıllarda Taylor'ın yaptığı çalışmalarda, elektrik yüklü sıvıların teorik prensipleri açıklanmıştır (Hohman ve ark. 2001). Elektrik alan etkisinde sıvı yüzeyi yüklenir ve karşılıklı yüklerin birbirlerini itmesi ile dış bir kuvvet oluşur. Eşik değeri aşıldığında elektrostatik kuvvet etkisinde sıvı damlacığı bir koni şeklini alır ve fazla yükler koninin ucunda oluşan elektrik yüklü jetten çıkar. Taylor, yüzey gerilimi ile elektrik kuvvetinin eşit olduğu bu kritik noktada koni oluştuğunu ve bu koni yarım açısının 49.3° olduğunu söylemiştir. Şekil 2.1.'de Taylor konisi gösterilmiştir. (Kozanoğlu 2006).



Şekil 2.1. Taylor konisinde oluşan yarı konik açısı

Elektro lif çekim işleminde en çok görülen kararsızlık hali Whipping'dir. Bu durum, jet yüzeyindeki yüklerin birbirlerini karşılıklı olarak itmesi ile meydana gelen merkezden radyal şekilde tork oluşmasından kaynaklanır. Jet, toplayıcı plakaya yaklaştığında ise ana jetten ayrılan küçük jetler meydana gelir. Bu küçük jetlerin oluşmasının nedeni ise radyal yüklerin birbirini itmesi sonucu ana jetten ayrılması olarak izah edilmiştir. Jet yeterince inceldiğinde ve viskoelastik kuvvetler yeterince sönümlendiğinde yeni whipping kararsızlıkları oluşur. Bu kararsızlık haline ikinci Whipping kararsızlığı denir (Kozanoğlu 2006). Bu olay Şekil 2.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Elektro lif çekimde whipping kararsızlığı ve Taylor konisi

Elektro lif çekim işleminde polimer çözeltisine beş kuvvetin etki ettiği belirtilmektedir. Bu kuvvetler damlacığı bir jet haline getirip, hızla kollektöre taşımaktadır (Kozanoğlu 2006, Kılıç 2008).

$$F_t = F_E + F_c + F_{ve} + F_{cap} + F_g \quad (1)$$

Yukarda yer alan eşitlikte;

F_o : Elektrostatik kuvvettir.

F_c : Damlacığın üzerine etki eden geri itici Coulomb kuvvetidir. İçsel bir kuvvettir.

F_{cap} : Yüzey gerilimidir. Jetin uzamasını engelleyen ve onu kararlı hale getiren kuvvettir.

F_{ve} : Viskoelastik kuvvettir. Sıvı polimerin akışkanlığını azaltır.

F_g : Yerçekimi kuvvetidir. Jetin iğne ucundan kollektöre doğru uzaması süresince jetin veya damlacığın üzerindeki toplam yükü etkileyen bir kuvvettir.

Özetlenecek olursa, yüksek voltaj güç kaynağının pozitif ucu enjektörün metal olan ucuna bağlanırken toplayıcı plaka topraklanır. Böylelikle enjektör toplayıcı plaka arasında yüksek bir elektrik alan oluşur. Voltaj arttırıldıkça, yeterince yüksek değere ulaşan elektrik alan kuvvetleri çözelti üzerindeki viskoelastik ve yüzey gerilimi kuvvetlerini yener ve polimer molekülleri bir jet halinde enjektörden toplayıcıya doğru taşınır. Toplanan lifler incelendiğinde μm altı çaplarda liflerin üretildiği görülecektir. Elektro lif çekim işlemi sırasında jet benzer yüklerin etkisiyle ayrışma da gösterse, toplamda uzun bir yörünge takip ederek incelmış de olsa, sonuçta toplayıcı plaka üzerinde nano boyutta çaplara sahip liflerin oluşturduğu ağ bulunur. Bu incelme olayını çıplak gözle ayırt etmek ise mümkün değildir (Demir 2007, Kılıç 2008).

2.1.1. Elektro lif çekim işlemine etki eden parametreler

2.1.1.1. Çözelti parametreleri

a) Viskozite

Viskozite elektro lif çekim işleminde temel parametrelerden birisidir. Elektro lif çekim yöntemi ile üretim yapılırken polimer jetinde kopuşlar yaşanmadan sürekli olarak jet oluşumunu sağlayan etken, molekül zincirlerinin karmaşıklığıdır (Ramakrishna ve ark. 2005). Viskozitenin çok düşük olması durumunda jetin sürekliliği sağlanamadığından lif oluşumu gözlenmez ya da jetin viskoelastik kuvveti, Coulomb kuvvetinden daha düşük olduğundan ve bu kuvvete karşı koyamadığından jet parçalanarak lif üzerinde boncuksu yapılar oluşturur (Kozanoğlu 2006, Kılıç 2008).

Viskozite çok yüksek olduğunda elektrostatik kuvvetler yüzey gerilimini yenemediğinden polimer sıvısından çıkan jetler oluşmaz ya da µm boyutlarında çapa sahip lifler meydana gelir (Gümüş 2009). Bir başka durum olarak artan viskozite, jetin whipping kararsızlığını önleyebilir. Jetin alacağı yol azalır böylece çözelti daha az uzar ve oluşan liflerin çapları artar (Ramakrishna ve ark. 2005).

b) Konsantrasyon

Genellikle seyreltik polimer çözeltilerinde moleküler içi mesafe çok geniştir. Dolayısıyla moleküler içi etkileşim çok zayıf kalmaktadır. Polimer konsantrasyonu arttığında moleküler içi etkileşimler baskınlaşmaya başlar. (Deitzel ve ark. 2001, Beypazar 2013). Bu etkileşimlerin düşük olması da viskozitede olduğu gibi sürekli jet oluşamamasına ve etkileşimlerin elektromanyetik kuvvetler tarafından aşılamayacak kadar yüksek olması durumunda lif oluşmamasına sebep olur (Supaphol ve ark. 2005, Gümüş 2009).

c) Molekül ağırlığı

Molekül ağırlığı, çözelti viskozitesini doğrudan etkileyen bir parametredir ve aynı zamanda polimer zincir uzunluğunun göstergesidir. Bu sebeple monomer ve küçük polimer zincirleri elektro lif oluşturmamaktadır. Polimer çözeltisinin iğne ucundan toplayıcı plakaya hareketi süresince, jetin dağılmasını önleyen, molekül zincirlerinin birbirine dolanmasıdır. Genellikle daha yüksek molekül ağırlığına sahip polimerin daha düşük molekül ağırlığına sahip polimere göre viskozitesi daha yüksek olur. Elektro lif üretim işleminin gerçekleşmesi için çözelti yeterli viskozite ve moleküler ağırlığına sahip olmalıdır (Ramakrishna ve ark. 2005). Genellikle düşük molekül ağırlığına sahip polimer çözeltileri, boncuklu yapı oluşturmaya daha meyillidirler, yüksek molekül ağırlığına sahip polimer çözeltileri ise daha büyük lif çaplarına sebep olmaktadır (Tao 2003, Özkoç 2010).

d) Yüzey gerilimi

Yüzey gerilimi, herhangi bir sıvıdaki moleküller arası kohezif kuvvetlerin bir derecesi olarak ifade edilebilir (Satcher 2006, Özkoç 2010). Elektro lif çekimi işleminin başlayabilmesi için elektrik yüklü çözeltinin yüzey gerilimini aşabilmesi gerekir. Yüzey gerilimine bağlı olarak serbest çözücü molekülleri yüksek olduğunda, çözücü moleküllerinin bir araya toplanma ve küresel bir şekil alma eğilimi artacaktır. Bu durumda, polimer jeti toplayıcı plakaya doğru ilerlerken yüzey gerilimi, jet boyunca boncuklar oluşmasına neden olabilir (Ramakrishna ve ark. 2005).

Yüksek viskozite, çözücü ve polimer molekülleri arasında daha fazla etkileşim anlamına gelir ve böylece yüklerin etkisi ile çözelti gerildiğinde çözücü molekülleri, karmaşık polimer molekülleri üzerine yayılmaya yönelecek ve böylece yüzey geriliminin etkisinde çözücü moleküllerinin bir araya toplanma eğilimi azalacaktır (Ramakrishna ve ark. 2005). Daha düşük viskozitelerde yüzey gerilimi daha etkili bir faktör olur ve kılcal boru içerisindeki sıvı damlacıklara ayrılarak elektrolif üretim işlemi yerine elektrospraying işlemi gerçekleşir, yani lifli yüzeyde boncuksu yapı oluşumu görülür (Marthur ve Singh 2008, Üstün 2011).

e) İletkenlik

Polimer çözeltisinin elektro lif çekim işleminde kullanılabilmesi için belli bir iletkenliğe sahip olması gerekir. Jet oluşumu için yüzeyde yüklerin akması ve bu sağıyede de çözeltinin uzama olayı gerçekleşmelidir. Çözeltinin iletkenliği arttırıldığında jet tarafından daha fazla yük taşınır. Çözeltiye bir miktar tuz veya iyon ilave edilmesi durumunda artan yükler ile çözelti daha fazla uzayacaktır. Böylece boncuklu yapılar oluşmaz ve daha düzgün yapıda lif elde edilir. Polimer jetinin uzaması aynı zamanda daha küçük çaplarda lif oluşmasını da sağlar (Ramakrishna ve ark. 2005).

Çözelti iletkenliği fazla olan polimerlerde iyonların fazla olmasından dolayı yük taşıma kapasitesi artar ve bu da uygulanan elektrik alan ile daha fazla gerilime sebep olur. (Subbiah 2005, Kozanoğlu 2006).

Elektrik iletkenliği her ne kadar elektrolif çekim prosesi için avantaj sağlasa da belirli bir sınırın üzerinde işlemi güçleştiren neredeyse imkânsız kılan bir etkiye sahiptir. Çok yüksek iletkenlik değerlerinde, elektro lif çekim sisteminde iğne ucunda bulunan damlacık yüzeyindeki yükleri muhafaza etmek oldukça güçleşir ve bu durum karakteristik koni oluşumunu etkiler. İletkenlik yükseldikçe klasik koni-jet modeli değişir ve multijet oluşumu görülebilir. Bu nedenle, iletkenliğin çok yüksek olduğu çözeltilerde koni ve jet oluşumu görülmez (Üstündağ 2009, Beypazar 2013).

f) Çözücünün dielektrik etkisi

Çözücü dielektrik sabiti, elektro lif çekimi için önemli bir etkidir. Genelde, yüksek dielektrik özellikteki bir çözeltilde, üretilen lif çapının ve boncuklu yapının daha az olduğu saptanmıştır. Dielektrik özelliğini arttırmak ve lif morfolojisini geliştirmek için bir çözeltiliye N,N-dimetilformamid (DMF) gibi çözücüler ilave edilebilir. Yüksek dielektrik sabiti elektrolif çekim jetinin eğilme kararsızlığını da artırır. Bu durum, liflerin kollektörde toplanan miktarında artışa neden olur. Bununla birlikte, jetin izleyeceği yol artarak lif çapının azaldığı da bilinmektedir.

Elektro lif çekim ile elde edilmiş lif morfolojisinde iyon büyüklüğü de etkili rol oynar. NaCl ilave edilerek hazırlanan çözeltilerden elde edilen elektro lif çaplarının en küçük, KH_2PO_4 ilave edilen çözeltilerden ise en geniş çapta lif elde edildiği ancak NaH_2PO_4 ilave edildiğinde orta çaplara sahip liflerin oluştuğu görülmüştür. Buna bağlı olarak, hareketli ve daha küçük iyonların jetteki uzama kuvvetini arttırarak lif çaplarının azalmasını sağladığı sonucuna varılmaktadır (Ramakrishna ve ark. 2005).

g) pH

Çözeltinin pH değeri, elektrik iletkenliğinin bir göstergesidir. Bazı araştırmacılar, pH değerinin değişmesiyle iletkenliğin de değiştiğini gözlemlemişlerdir (Son ve ark. 2005). pH değerlerinin artmasıyla, yani çözeltinin bazik durumda olmasıyla liflerin daha düzgün ve ince yapıda oldukları ancak asidik ortamda boncuklu yapıların oluştuğu belirtmişlerdir (Üstün 2011). Bu durumun, asidik durumda polimerin proton fazlalığından kaynaklandığı belirtilmiştir (Kozanoğlu 2011).

2.1.1.2. Proses parametreleri

a) Uygulanan voltaj

Polimer çözeltilisine uygulanan yüksek voltaj, elektrolif çekim işlemi için çok önemli bir kriterdir. Yüksek voltaj, çözeltideki gerekli yükleri indükler ve elektrik alanla birlikte elektrostatik kuvvet yüzey gerilimini yendiğinde elektrolif çekimi başlar. 1964 yılında Taylor tarafından yürütülen çalışmalarda, genellikle 6 kV'un üzerindeki pozitif veya negatif yüksek voltajın, iğne ucundaki çözelti damlacığının koni şeklini almasına neden olduğu saptanmıştır. Çözeltinin besleme oranına bağlı olarak kararlı bir Taylor konisi oluşturmak için daha yüksek voltaj değerine gereksinim duyulabilir. Jetteki Coulomb kuvvetleri, viskoelastik çözeltinin uzamasını sağlar. Eğer uygulanan voltaj yükseltirse, yük miktarı artarak jet hızlanır ve iğnenin ucundan daha fazla miktarda yük çekilir. Bu durum, daha küçük ve daha az stabil bir Taylor konisi oluşumunu sağlar. Öte yandan çözeltinin toplayıcı plakaya çekimi, kaynaktan besleme

hızından daha yüksek olursa, Taylor konisi iğne içine geri çekilebilmektedir (Ramakrishna ve ark. 2005).

Uygulanan voltaj lif morfolojisini de etkilemektedir. Bu konuda yapılan birçok çalışma göstermiştir ki artan voltaj jet içinde Coulomb kuvvetlerinin daha fazla olmasına ve daha güçlü elektrik alan oluşturmaya bağlı olarak çözeltinin daha fazla uzamasını sağlar. Bu durum, meydana gelen lif çaplarının da azalmasına sebep olmaktadır. Aynı zamanda daha hızlı buharlaşma etkisiyle daha kuru lifler elde edilebilir (Ramakrishna 2005, Cengiz 2006).

Yüksek voltaj, lif morfolojisinin yanı sıra liflerin kristalinitesini de etkilemektedir. Elektrostatik alan, polimer moleküllerinin daha düzenli olmasını sağlayarak daha iyi kristalinite sağlar. Ancak belirli bir değerin üzerindeki voltaj değerleri kristalin yapıyı azaltır. Artan voltaj değeri, jeti hızlandırdığından uçuş süresi kısalmır. Azalan uçuş süresi ile polimer moleküllerinin paralelleşerek düzgün yapı oluşturma süresini de azalır. Bu yüzden, artan voltajın polimer moleküllerine yeterli uçuş süresi vererek kristalinitenin artmasını sağladığı belirtilmektedir (Ramakrishna ve ark. 2005).

b) Kollektör-enjektör arası mesafe

Bu parametre, elektrolif çekim sürecinde elektrik alan kuvvetlerini ve uçuş süresini etkileyen önemli bir parametredir. Çözücünün buharlaşma süresi de düşünülerek uygun bir mesafe belirlenmelidir (Ramakrishna ve ark. 2005, Üstün 2011).

Ara mesafenin artması ile jet daha fazla yol alacağından daha ince lif oluşumu beklenir. Ayrıca çözücünün buharlaşması için geçen süre artacak ve lifler kollektörde daha kuru olarak toplanmaya başlayacaklardır. Mesafe azalırsa elektrosatik kuvvetlerin etkisi artar ve böylece jet hızı da artar. Bu durumda çözücünün uzaklaşması için gerekli süre geçmediğinden kollektör üzerinde yeteri kadar kurumamış ve birbirine yapışmış yapılar gözlenebilir (Buchko ve ark. 1999, Zhong ve ark. 2002, Şahintürk 2010).

c) Çözelti besleme miktarı

Çözelti besleme miktarı jetin hızını ve malzeme transfer hızını etkileyen önemli bir parametredir. Bu parametredeki artış, aktarılan çözelti hacmine etki eden elektrostatik kuvveti azaltacağından, lif çapının artmasına neden olur (Huang ve ark. 2003, Kozanoğlu 2006). Stabil bir Taylor konisi oluşturabilmek için uygun bir besleme miktarı gerekir. Çözelti besleme miktarı, iğne ucundan toplayıcıya uçuş süresince çözücünün buharlaşması için gereken süre göz önüne alındığında yeterli seviyede düşük olmalıdır. Aksi takdirde, lifler kollektöre gelene kadar kurumaz ve liflerin birbirleri ile temas ettikleri noktalarda yapışmalar meydana gelir. Bu nedenle daha düşük besleme miktarı, buharlaşma için daha fazla zaman sağlayacağından daha istenir bir durumdur (Ramakrishna ve ark. 2005, Üstün 2011).

d) Enjektör çapı

Enjektör iç çapının elektrolif çekim işleminde belirgin etkisi vardır. Enjektör çapı küçüldüğünde, enjektör ucunda oluşan damla küçülür ve damlanın yüzey gerilimi artar. Artan yüzey gerilimi ise jetin oluşabilmesi için daha yüksek Coulomb kuvveti gerektirir. Uygulanan voltaj aynı kaldığında, Coulomb kuvvetinin şiddeti düşeceğinden jet hızı düşer ve lif oluşumu için havada geçirdiği süre artar. Bu durum lif çapında azalmaya neden olur. Ancak, enjektör çapı çok düşük olursa damlacığın iğne ucundan püskürtülmesi sorun olabilir (Mo ve ark. 2004, Zhao ve ark. 2004, Şahintürk 2011).

e) Kollektör tipi

Elektro lif çekim işlemi için voltaj kaynağı ve kollektör arasında elektrik alan oluşması gerektiğinden kollektör olarak sabit bir potansiyel fark oluşturacak şekilde elektriksel olarak topraklanmış alüminyum folto gibi iletken bir malzeme kullanılır. İletken olmayan bir malzeme üzerinde toplanan lifler genellikle iletken yüzeyde toplananlara göre daha düşük bir paket yapısı oluşturma yoğunluğuna sahiptir. Bu durum, yüklenen birikmiş kuvvetlerin daha fazla nanolif saçarak dağıtması ve toplayıcıya daha fazla lifin çekilmesine izin vermesi sebebiyle birbirine daha yakın şekilde lif birikmesine yol açar. Kollektör gözenekliliğinin toplanan lifler üzerinde etkisi görülmekte olup kağıt ya da metal ağ şeklinde toplayıcı ile yapılan deneyler toplanan elyaf ağının metal folyolar gibi düz yüzeylere göre daha düşük bir arada toplanma yoğunluğuna sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum difüzyon ve toplanan lifler üzerindeki çözücü kalıntılarının buharlaşma hızına atfedilebilir.

Oluşturulan lif ağ dokusu, desenli kollektör kullanılarak değiştirilebilir. Örnek olarak, desenli olarak üretilmiş teflon tabaksı üzerine biriktirilir ve nihayetinde meydana gelen ağ yapısı teflon yüzey modelini alan bir topografiye sahip olur (Ramakrishna ve ark. 2005).

Kollektörün yapıldığı malzeme elektro lif çekim işleminde etkin bir rol oynamaktadır. İletkenliği daha yüksek olan malzemelerden yapılmış kollektörlerin jetleri daha dar bir açıda topladığı daha önceki yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur. Bu durum elektro lif çekim işleminde nano boyuttaki jetlerin oluşumunu ve saçılmasını, gerek jet gerekse lif formundaki inceliklerini ve işlemin devamında toplanabilirliğini doğrudan etkilediğini göstermektedir (Göktepe ve ark. 2010).

Kollektörün hareketli ya da statik olması elektro lif çekim işlemi üzerinde etkilidir. Dönen tambur veya disk, taşıyıcı bant gibi hareketli toplayıcılar kullanılabilirken, paralel bilezik veya çerçeveler gibi sabit toplayıcılar da kullanılabilir. Döner kollektör çözücünün buharlaşması için daha fazla zaman sağlayarak bu durumu geliştirir. Sonuçta lifler için istenen morfoloji geliştirilmiş olur (Ramakrishna ve ark. 2005).

2.1.1.3. Çevresel parametreler

a) Rutubet

Elektro lif çekim işlemi süresince ortamdaki rutubet polimer çözeltisini etkiler. Yüksek rutubet değerlerinde su molekülleri lif yüzeyinde yoğunlaşarak, özellikle uçucu çözücülerle hazırlanan çözeltilerde lif morfolojisini etkiler. Artan rutubet ile lif yüzeyinde dairesel gözenekler oluşur. Aynı zamanda, izafi rutubet miktarı çözücünün buharlaşma hızı ile de ilişkilidir. Düşük rutubet değerlerinde çözücünün çok hızlı buharlaştığı belirtilmektedir (Ramakrishna ve ark. 2005).

b) Atmosfer

Elektro lif çekim işleminin gerçekleştiği havanın bileşimi bu prosesi etkileyen bir diğer faktördür. Bazı gazlar yüksek elektriksel alan içerisinde farklı davranışlar sergilemektedir. Örneğin helyum, yüksek elektriksel alanda bozunmakta ve elektro lif çekim işlemini engellemektedir (Ramakrishna ve ark. 2005).

c) Basınç

Elektro lif çekim işlemine basıncın etkisi ancak kapalı ortamda görülebilir. Genellikle, ortamdaki basıncın azalmasının elektro lif çekim işleminde olumsuz etkiye sahip olduğu belirtilmektedir. Elektro lif çekimi işlemi, atmosfer basıncından daha düşük bir basınç altında gerçekleştirildiğinde enjektör ucundaki çözeltinin dışarı akma eğilimi daha fazla olmakta ve stabil olmayan bir jet başlangıcına yol açmaktadır (Ramakrishna ve ark. 2005).

d) Ortam sıcaklığı

Çözeltinin buharlaşma oranı ortam sıcaklığı ile doğrudan alakalıdır ve sıcaklık düştüğünde buharlaşma hızı yavaşlar. Bu durumda kollektöre ulaşan polimer jeti tamamen katılaşmaz ve böylece oluşan liflerin çaplarında artış görülür. Eğer ortam sıcaklığı yüksek olursa, polimer jetinin püskürtülmesi ve jetin uzaması için gereken süre, yüksek katılaşma oranı sebebiyle sağlanamaz ve bu durumda da lif çapları ve lif çap dağılımları artış gösterir. Sonuç olarak, çözücünün buharlaşması ve daha ince lifler elde edilebilmesi için optimum sıcaklık değerleri sağlanmalıdır (Zhao 2004, Gümüş 2009).

3. LİTERATÜR ÖZETİ

3.1. PAN ve PVDF Polimeri ile Yapılan Nanoağ Yüzey Eldesine Yönelik Çalışmalar

Gopal ve ark. (2006) elektro lif çekim yöntemiyle elde edilmiş nanolif ağların partiküler filtreleme alanında uygulanabilirliği üzerine çalışma yapmıştır. Dimetilasetamid (DMAC) ve aseton karışımı çözücü kullanılarak PVDF nanolif membranlar üretilmiş, yapısal ve filtreleme özellikleri ile karakterize edilmiştir. Elektro lif çekim yöntemi ile üretilmiş membranlar sırasıyla 1, 5 ve 10 µm boyutlarında polistiren partikülleri uzaklaştırmada kullanılmıştır ve partiküllerin %90'ını uzaklaştırmada başarılı olmuştur. Mikro organizmalar veya mikro partiküller sebebiyle kirlenme olasılığını en aza indirmek amacıyla ve aynı zamanda hücreleri ayırmak için ultrafiltrasyon veya nanofiltrasyon öncesinde ön filtreler olarak bu membranların kullanılabileceği düşünülmektedir.

Yee ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada elektro lif çekim yöntemi kullanarak üretilmiş poli(viniliden florür) (PVDF) liflerinin morfolojisi, polimorfizm davranışı ve moleküler oryantasyonunu incelemiştir. 21 kV gerilim uygulanarak kütlece %15 ve %20 oranda PVDF'nin DMF/aseton çözeltilerinden elektro lif çekim yöntemi ile eldesinin beta fazı oluşumuna yol açtığı görülmüştür. Çalışmada, keskin kenara sahip dönen bir disk kollektör kullanılmıştır. Elektro lif çekim ile elde edilen hizalanmış PVDF liflerde, beta fazı kristalitleri lif eksenine boyunca tercih edilen bir yönelimde olmuştur. Yönelim derecesinin, dönen disk kollektörün hızıyla önemli ölçüde değişmediği ve beta fazın, dönme hızındaki artış veya polimer besleme enjektörlerinin çaplarındaki azalma (200, 30 ve 1 µm) ile önemli ölçüde artmadığı yani oryantasyonun mekanik olmaktan ziyade Columb kuvveti etkisiyle olduğu görülmüştür.

Süslü (2009) yaptığı tez çalışmasında farklı çözeltili konsantrasyonlarında (6%, 8%, 10%, 12%) DMF içinde çözülmüş PAN çözeltilerinden 8-20 kV arasında voltaj uygulayarak poliakrilonitril nanolifler üretmiştir. Düşük konsantrasyonlarda üretilen nanolifler boncuklu yapıda gözlenirken konsantrasyon arttıkça azalma meydana gelmiştir. 12% konsantrasyon neredeyse hiç boncuklu yapının gözlenmediği konsantrasyon olmuştur. Bunun yanında konsantrasyonun artmasıyla nanolif çaplarında da artış gözlenmiştir. SEM analizlerine göre voltaj artışı ile beraber lif çaplarında azalma olduğu görülmüştür. %6 konsantrasyon ve 8 kV'da üretilen liflerin ortalama çapları yaklaşık 220-280 nm arasında değişirken bu değer 12kV'da 190-260 nm ve 20 kV'da 150-240 nm aralığında değişmektedir.

Riberio ve ark. (2010), çözücü olarak DMF kullanarak kütlece 20% oranda PVDF çözeltisinden elektro lif çekim işlemi ile nanolif oluşturmuşlardır. Yapılan çalışmada uygulanan voltaj (15-30 kV), polimer besleme miktarı (0,5-4 ml/h), besleme enjektör çaplarının lif morfolojisi üzerindeki etkisi, membranlardaki beta faz ve kristalin bölge içeriği incelenmiştir. Oryante lifler alüminyum malzemeden üretilen döner bir tambur üzerinde toplanarak elde edilmiştir. Dönme hızının morfoloji üzerine etkisi, beta faz içeriği ve kristalinite karakterize edilmiştir. Çalışmada beta faz kısmının 50% ile 85% aralığında değişebileceği bulunmuştur. Bu parametreler, beta faz formasyonuna olumlu bir etki olarak, daha gergin jet oluşumuna nanolif toplanması süresince öncülük etmektedir. Kollektör dönme hızının artması ve polimer besleyen enjektör çapının azalması beta faz içeriğini kuvvetle geliştirirken diğer taraftan voltaj aralığı ve polimer besleme oranı bu çalışmada elektroaktif faz içeriğine büyük bir etki göstermemiştir. Toplam kristalin bölgenin, konvansiyonel PVDF üretim metodları ile kıyaslandığında daha büyük etki ile elektro lif çekim koşullarına bağlı olduğu görülmüştür.

Üstün (2011) yaptığı tez çalışmasında nanoliflerden oluşturulmuş dokusuz yüzeylerin yüksek yüzey alanı/hacim özelliğinden faydalanarak aerosol filtrelerinde ve yüz maskeleri gibi filtrasyonun gerekli olduğu uygulamalarda kullanımını sağlamayı amaçlamıştır. Çalışmada PVA-Su ve PAN-DMF polimer çözeltileri kullanılmıştır. Bazı işlem parametrelerinin (çözelti konsantrasyonu, voltaj, besleme ünitesi-toplayıcı arasındaki mesafe gibi) elektro lif çekim süreci üzerindeki etkileri gözlenmiştir. Konsantrasyonun artmasıyla nanolif çapları artmış, konsantrasyonun azalmasıyla daha ince çaplarda lifler oluşmuştur ancak kritik voltajın üzerindeki değerlerde liflerde boncuklu yapılar oluştuğu gözlenmiştir. Voltaj değerinin ise nanolif çaplarına etkisi belirlenememiştir. Ancak lif çapındaki varyasyon artan voltaj ile artmıştır. Besleme ünitesi ile toplayıcı arasındaki mesafe arttıkça lif çapları azalmış ve daha kuru bir halde toplanmıştır. PVA-Su ve PAN-DMF çözeltileri karşılaştırıldığında genel olarak ortalama çap SEM ölçüm sonuçlarında PVA-Su çözeltisinden daha düşük çaplarda nanolif elde edildiği görülmüştür.

Beypazar (2013) yaptığı tez çalışmasında nanolif üretiminde çap kontrolünü sağlamak amacıyla, PVA ve PAN polimerlerinden nano yüzeyler elde etmiş ve bu yüzeylerin SEM görüntülerini kullanarak ortalama lif çaplarını hesaplamıştır. Çalışmada elektro lif çekim yöntemi ile elde edilen yüzeylerin farklı konsantrasyonlardaki çözeltilerde iki farklı polimer kullanarak (PVA ve PAN) farklı parametrelerin (viskozite, enjektör iç çapı, besleme hızı, mesafe, voltaj) nanolif çapına etkisini incelemiştir. Konsantrasyon, enjektör iç çapı ve polimer molekül ağırlığının lif çapı belirlemedeki önemli parametreler olduğu sonucuna varmıştır. Uygulanan voltaj, besleme hızı ve mesafenin nanolif çapına etkisi olduğu ancak bu etkilerin

Aslı ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada zıt yüklü ve karşılıklı olarak yerleştirilmiş iki adet polimer besleme enjektörü kullanmışlardır. PAN polimer malzemesinin seçildiği nanolif iplik eğirme deneylerinde polimer besleme hızı 0,1 ml/sa çalışılmıştır. Statik su banyosu kollektör olarak kullanılmış ve bu şekilde eğrilen ipliklere nano (open-end) açık uç iplik adı verilmiştir. Eğrilen iplik çapları 32-56 µm olarak kaydedilirken iplik üretim hızının 150 m/sa olduğu belirtilmiştir.

Ali ve ark. (2012) DMF ve aseton karışımı çözücüde kütlece %15 oranda PVDF-HFP çözerek yaptıkları çalışmada, karşılıklı bulunan elektrik yüklü iki enjektörden püskürtülen polimer ile huni biçimli kollektör dönüşü ile kesintisiz lif çekimi işlemi vasıtasıyla bükümlü iplik elde etmeyi amaçlamıştır. Uygulanan voltaj 18 kV üzerine çıktığında lif çapında azalmalar olduğu görülmüştür. En yüksek üretim miktarı 5 m/dk olarak kaydedilmiştir. Büküm miktarı ve lif oryantasyonu, iplik çekim hızı ve kollektör devri ile kontrol edilmiştir. İpliğin çekme dayanımı büküm miktarındaki artış ile önce artmış 3500 t/m sonrasında azalma göstermiştir.

Wu ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada çift enjektör, döner metal disk kollektör, sarım silindiri ekseninde bulunan nötr içi boş metal çubuk ve sarım ünitesi kullanmışlardır. Yapılan çalışmada kütlece %10 konsantrasyonda PAN polimerden eğrilen nanolifli ipliklerin çapları 40 ile 150 µm arasında değişirken lif çapları 480-650 nm olarak kaydedilmiştir.

Shaukat ve ark. (2015) elektro lif çekim yöntemi ile PVDF-HFP polimerini ve çözücü olarak da 1:1 oranında aseton ve DMF kullanarak nanolif iplikler eğirmişlerdir. % 14-20 çözelti konsantrasyonlarında ve 12-17 kV yüksek voltaj değerlerinde çalışmalar yapılmıştır. Sistemde halka şeklindeki 'ring' adı verilen kollektör kullanılmıştır. Enjektörlerin biri pozitif diğer negatif yüklü olduğu durumda elde edilen PVDF-HFP iplik çaplarının 30-150 µm arasında değiştiği gözlenmiştir. Bu ipliklere ait lif çapları ise 592 nm olarak kaydedilmiştir.

3.3. Kollektör Özelliklerinin Etkisine Yönelik Çalışmalar

Pan ve ark. (2006) pozitif ve negatif yüklenmiş karşılıklı iki uçtan gönderilen her bir parametre deneysel olarak sabit tutulup gözlemlenen değişkenler farklı olacak şekilde; polimer çeşidi (PVA ve PVP), çözelti konsantrasyonları (%6-%13), uygulanan voltaj miktarı (3,3 kV – 4 kV), kollektör olarak kullanılacak sarım silindir malzeme farklılıklarının hizalanmış nanolifler oluşturabilme özelliklerini incelemişlerdir. Teflon, plastik ve alüminyum olarak üç farklı malzemedan üretilmiş kollektörlerle yapılan çalışmalarda hizalı nanolif oluşumu teflon ve plastik kollektörlerde gerçekleşmemiş; ancak alüminyum silindir üzerine başarılı bir şekilde sarım gerçekleşmiştir.

Park ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada elektro lif çekim yönteminin proses parametrelerinden kollektör şekil ve özelliklerini incelemişlerdir. Örnek olarak silindirik ve hareketli, yüzeyi gözenekli, hem gözenekli hem silindirik, keskin kenarlı döner hareket sağlayan, ızgara şekilli, çelik malzemeden üretilmiş bıçak şekilli kollektörler kullanılmıştır.

Göktepe ve ark. (2010) tek iğneli elektro lif çekim yöntemiyle elde edilen nanolif yüzey üretiminde kollektör kalınlığı (1, 5 ve 10 mm) ve farklı kollektör malzemesinin (alüminyum ve bakır) lif inceliğine etkisini incelemişlerdir. Alüminyum kollektör kullanılması durumunda lif çaplarının bakır kollektöre kıyasla daha ince olduğu SEM sonuçları vasıtasıyla görülmüştür. Alüminyum kollektör ve bakır kollektörlerin her ikisi için de kollektör kalınlığı arttıkça lif çapının da arttığı gözlenmiştir. Alüminyum kollektör kalınlığı için yapılan varyans analizi sonucunda her bir kalınlık seviyesinin istatistiki açıdan önemli olduğu, bakır kollektör kalınlıklarında ise 5 ve 10 mm kalınlık seviyelerinin kendi içlerinde önemli farkının olmadığı; 1 mm kalınlık seviyesinin ise diğer seviyelerden farklı olarak önemli olduğu belirtilmektedir.

Levitt ve ark. (2016) yaptığı çalışmada iki adet yüksek gerilim güç kaynağı, iki adet enjektör, konik şekilli döner bakır kollektör içeren modifiye edilmiş bir elektro lif çekim sisteminde PAN, PVDF-TRFe ve PCL malzemelerden nanolif iplikler üretmişlerdir. Lif çapı ve büküm açısı kollektörün dönme hızına bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. PCL nanolif iplikler PAN ve PVDF-TRFe ipliklere göre en yüksek mukavemet dayanımını, en yüksek büküm açısını ve en düşük gözenekli yapıyı göstermiştir. Nanolif ipliklere ait lif çapları ise PAN için 1,2 μm , PVDF-TrFe için 970 nm ve PCL için 810 nm olarak kaydedilmiştir.

Manuel ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada elektro lif çekim işleminde kollektör tasarımının polikaprolakton liflerin hizalanması ve morfolojisi üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Döner tambur, statik bakır teller ve döner bir mandrel şeklinde kollektörler kullanılan çalışmada döner tambur şekilli kollektör hareketsiz konumdayken çapları ortalama 1142 nm olan rastgele yönlenmiş liflerin olduğu gözlenmiştir. Döner tambur kollektörün 2000 d/dk hız ile dönmesi ve bu dönme kuvvetinin germe etkisi ile ortalama çapı 663 nm olan lifler elde edilmiştir. Döner mandrel şekilli kollektör ile yapılan çalışmada ortalama çapı 606 nm olan kendi eksenine paralel lifler üretilmiş olup yapılan çalışmada elektrik alan kuvvetinin yanı sıra yüksek hızlı dönüşten kaynaklı germe kuvvetinin kollektör eksenine boyunca lif yerleşimini etkilediği gözlemlenmiştir. 1 cm boşluk içeren paralel bakır tellerin kullanımıyla yapılan elektro lif çekim çalışmasında ise elektrostatik kuvvetlerin etkisi ile liflerin tellere dik olarak yüksek yoğunlukta toplandığı ve bu çalışma için ortalama çapın en ince olduğu 490 nm olan lifler elde edildiği belirtilmiştir.

Sattary ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada lif morfolojisini, kimyasal, mekanik, hidrofilik ve biyolojik bozunma özelliklerini incelemek için elektro lif çekim ile üretilmiş polikaprolakton/jelatin/nano-hidroksiapatit (PCL/Gel/nHA) yapı iskeleleri iki farklı hızda dönen disk ve plaka olarak iki çeşit kollektörde toplanmışlardır. Disk şeklindeki toplayıcı tarafından 50 d/dk dönme hızı ile üretilen liflerin, 100 d/dk hız ile üretilen liflere ve düz plaka toplayıcılara kıyasla daha büyük gözeneklere sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca 50 d/dk hız ile dönen disk üzerinde toplanan lifler daha büyük gözenek boyutunda olduğundan daha hidrofil yapıya sahip olduğu gözlenmiştir.

3.4. Nanolifli Yüzey ve Nanolif İpliklerde Üretim Sonrası Uygulanan Ard İşlem Etkisine Dair Çalışmalar

Esrafilzadeh ve ark. (2007) yaptıkları araştırmada işlem süresi kontrolü ve ayarları ile PAN lif demetlerindeki kalınlık ve doğrusal yoğunluğu kontrol etmeyi amaçlamışlardır. Nanolifler, elektro lif çekim yöntemiyle üretilmiş demetlerde iyi hizalanma göstermiştir. Daha kalın nanoliflere sahip demetlerin daha iyi mukavemet özellikleri gösterdiği belirtilmiştir. 240 nm çapa sahip liflerden oluşan demetlerin 45 MPa mukavemet değerine sahip olduğu görülürken 500 nm çapa sahip liflerden oluşan demetlerin 98 MPa mukavemet değerine sahip olduğu görülmüştür. WAXD sonuçları kütlece %17 oranlı PAN/DMF çözeltisinden üretilmiş demetlerin az miktarda kristalin bölgeye sahip olduğunu, oysaki kütlece %14 PAN/DMF çözeltisinden üretilen demetlerin amorf olduğunu göstermiştir. Nanolif demetlerin hem mekanik özellikleri hem de kristalin yapısı, %10 germe ile 85 °C sıcaklıktaki saf suda işlem görerek arttırılmıştır. Bunun yanında sıcak su/DMF karışımı içerisinde yapılan ard işlemin daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Demetlerin, sıcak su ard işleminden sonra daha düşük uzama ve çok daha güçlü yapı göstermesi yanında kristalinite de bir gelişme gözlenmiştir.

Wang ve ark. (2008) elektrolif çekim yöntemi ile demetler halinde nanolif iplik üretilmesi ve bunu takiben sıcak işlem ile aynı anda gerdirme yöntemi içeren bir üretim sistemi ile çalışmışlardır. 95 °C sıcak su banyosunda iplik sarım motoruna bağlı olarak germe ve termal işlem yapılmış ve ard işlem sonrasında 1 saat boyunca 130 °C sıcaklıktaki fırında iplikler bekletilmiştir. Germe sonrasında nanolif ipliklerdeki hizalanma daha da artmış, lif yapısındaki moleküler oryantasyon ve kristallik derecesinin önemli ölçüde geliştiği görülmüştür. Sonuçlara bakıldığında elektrolif çekim ile elde edilmiş düzgün PAN nanolif iplikler geleneksel PAN yaşı eğrilmiş liflerin değerlerine yaklaşarak 372 MPa'lık bir gerilme mukavemeti ve 11.8 GPa'lık bir gerilme modülünü göstermiştir. FT-IR ölçümleri, moleküler oryantasyon derecesinin, ard işlem ile belirgin bir şekilde iyileştiğini ortaya koymuştur. WAXD sonuçları, ard işlem görmüş

nanolif ipliklerin daha yüksek kristaliniteye sahip olduğunu doğrulamıştır. Germe ve termal işlemler sonrası mekanik özelliklerin önemli ölçüde iyileştirilmesi, moleküler oryantasyon ve kristaliniteadaki artışa bağlanmıştır.

Dabirian ve ark. (2011) yaptıkları deneysel çalışmada, uygun hizalama ile kesintisiz elektro lif çekim yöntemiyle nanolif iplik üretmeyi amaçlamışlardır. Kullandıkları sistem iplik üretimi sırasında 100 °C sıcak kuru ısı uygulayabilme modifikasyonuna sahiptir. İplik sarım sistemi önünde bulunan sistemde iplik; halka formuna sahip ısıtıcının içerisinde geçerken kuru ısı işleme tabi tutulmaktadır. Elektro lif çekim çözeltisi olarak kütlece %13,5 konsantrasyon oranında DMF/PAN kullanılan deneysel çalışmada ısı ard işlem sonrasında iplik mukavemet ortalama değerinin 61 MPa'dan 116 MPa'a artarken ve % kopma uzama değerinin %52 olduğu gözlenmiştir.

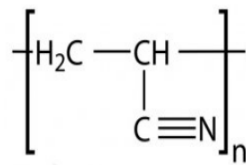
Sonuç olarak; bu alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde elektro lif çekim yöntemi kullanılarak nanolif ağ yüzey eldesine yönelik birçok çalışma olduğu, ancak özellikle nanolif iplik eldesine ait çalışma parametrelerinin incelenmesi konusundaki çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmüştür. Ayrıca elektro lif çekim yöntemi kullanılarak eğrilen nanolif ipliklerin filtrasyondan biyolojik uygulamalara kadar birçok alanda kullanılmak üzere iyileştirilebilecek özellikleri olduğu görülmektedir. Bu çalışmada elektro lif çekim yöntemi ile elde edilen nanolif iplik özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik; kollektör malzeme farkı, kollektör-enjektör arası mesafe farkı, polimer malzeme farkı, kollektör-iplik kılavuzu arası mesafe farkı ve ipliklere uygulanan ısıl yaşı işlemin etkisi incelenmiştir.

4. MATERYAL ve METOT

4.1. Kullanılan Polimerler ve Çözücüler

4.1.1. Poliakrilonitril (PAN)

Poliakrilonitril (PAN) birçok özelliği nedeni ile nanolif elyaf içeren yüzeylerin üretiminde literatürde sıkça rastlanan bir polimerdir. PAN polimeri güçlü asitlerden etkilenir, alkalilere ve ultraviyole ışıklara karşı dayanım gösterir. Hidrofobik özellik gösterse de çeşitli çözücülerde çözünebilmektedir. Şekil 4.1’de PAN kimyasal formülü verilmiştir.

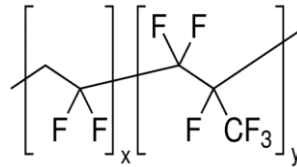


Şekil 4.1. PAN kimyasal formülü

Çalışmada molekül ağırlığı 150.000 g/mol, yoğunluğu 1,18 g/ml ve dielektrik katsayısı 3 olan PAN polimeri (Sigma-Aldrich) kullanılmıştır.

4.1.2. Poly(vinylidene fluoride-cohexafluoropropylene) (PVDF-HFP)

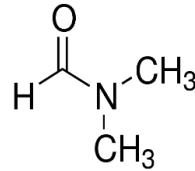
PVDF-HFP üstün kimyasal ve elektriksel özelliklerinden dolayı ön plana çıkan bir polimerdir. Polivinidenflorür (PVDF) kimyasal malzemesinin kopolimeridir. Elektro lif çekim yöntemiyle farklı polimerlerin nanolif özelliklerindeki etkisini karşılaştırmak amacıyla tercih edilmiştir. Çalışmada molekül ağırlığı 400.000 g/mol, yoğunluğu 1,78 g/ml ve dielektrik katsayısı 11 olan PVDF-HFP polimeri (Sigma-Aldrich) kullanılmıştır. Şekil 4.2’de PVDF-HFP kimyasal formülü görülmektedir.



Şekil 4.2. PVDF-HFP kimyasal formülü

4.1.3. Dimetilformamid (DMF)

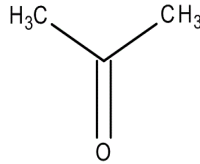
N,N-dimetilformamid, PAN için yapılan birçok deneysel çalışmada çözücü olarak kullanılmaktadır. Literatür çalışmaları göz önünde bulundurularak bu çalışmada çözücü olarak tercih edilmiştir. Şekil 4.3'te kimyasal formülü verilen ve molekül ağırlığı 58,08 g/mol olan DMF çözücüsünün (Merck) kaynama noktası 153 °C'dir.



Şekil 4.3. DMF kimyasal formülü

4.1.4. Aseton

Yapılan deneysel çalışmalarda PVDF-HFP polimerini çözmek için literatür çalışmaları dikkate alınarak DMF çözücüsünün yanında aseton kullanılmıştır. Kullanılan asetonun molekül ağırlığı 73,09 g/mol olup kaynama noktası 56 °C'dir (Merck). Şekil 4.4'te asetonun kimyasal formülü görülmektedir.



Şekil 4.4. Aseton kimyasal formülü

4.2. Polimer Çözeltilerin Hazırlanması ve Özelliklerinin Analizi

PAN polimerinden kütlece %10 konsantrasyonda 2 saat boyunca sıcaklığı kontrol edilerek çözelti hazırlanmıştır. PVDF-HFP polimerinden kütlece %15 konsantrasyonda, 3 saat boyunca sıcaklığı kontrol edilerek çözelti hazırlanmıştır. Polimer çözeltilerinin hazırlandığı konsantrasyonlar ve çözücüler Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Polimer çözelti hazırlanması aşamasındaki konsantrasyon ve çözücüler

Çözelti Konsantrasyonu (Kütlece)	% 10 (PAN)	% 15 (PVDF-HFP)
Çözücü Türü	DMF (PAN)	DMF:Aseton – 1:1 (PVDF-HFP)

Çözelti hazırlanmasında ısıtıcı ve manyetik karıştırıcı olarak Tekstil Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan Wisestir marka manyetik karıştırıcı kullanılmıştır. Manyetik karıştırıcıya hassas sıcaklık ölçümü yapılabilmesi için manuel kurulan düzenek ile cıvalı termometre sabitlenmiştir.

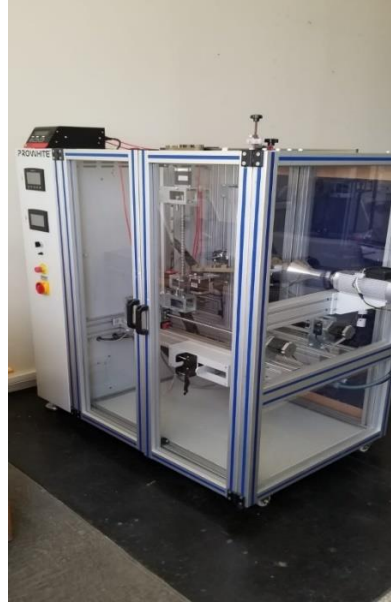
Deneylerde kullanılmak üzere hazırlanan çözeltilerin viskozite ölçümlerinde Tekstil Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan Brookfield DV-I Prime marka viskozimetre ve S63 model spindle kullanılmıştır. İletkenlik ölçümleri ise laboratuvarda mevcut olan WTW cond 330i marka portatif iletkenlik ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Ölçüm cihazları Şekil 4.5'te verilmiştir.



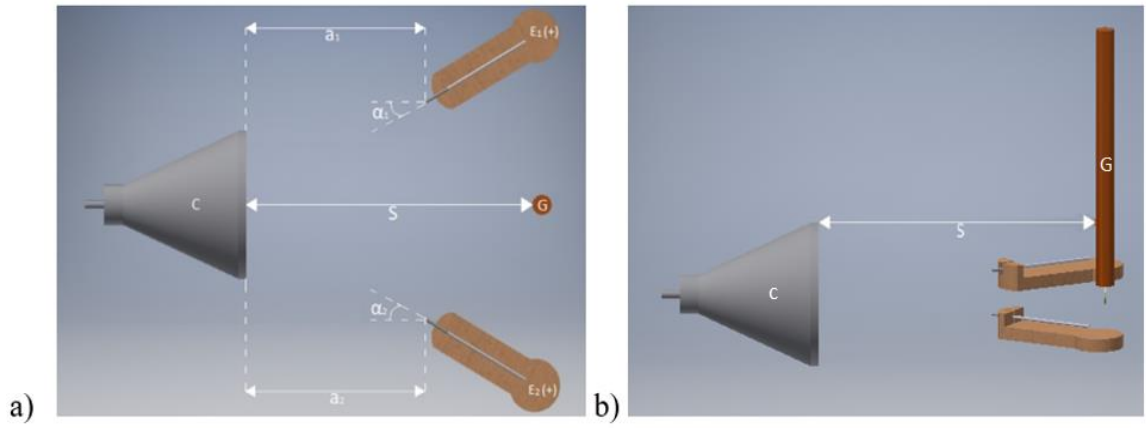
Şekil 4.5. Viskozimetre ve portatif iletkenlik ölçer

4.3. Nanolif İpliklerin Eğrilmesi

Yapılan tez çalışmasında Tekstil Mühendisliği Bölümü bünyesinde bulunan nanolif iplik eğirme cihazı kullanılmıştır (Buzol Mülayim 2019). Cihaz Şekil 4.6'da gösterilmektedir. Sisteme ait temel elemanların şematik gösterimi Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.6. Nanolif iplik eğirme cihazı



Şekil 4.7. Nanolif iplik eğirme sisteminde temel bileşenlerin şematik gösterimi (a: üstten görünüm, b: perspektif görünüm)

Şekil 4.7’de;

C: Kollektör

E₁;E₂: Enjektörler

a₁;a₂: Kollektör-enjektör arası mesafeler

α_1 ; α_2 : Enjektörlerin yatay eksen ile yapmış olduğu açı

G: İplik kılavuzu

S: Kollektör-iplik kılavuzu arası mesafeyi ifade etmektedir.

Çalışmada kullanılan nanolif iplik eğirme cihazında hareketli olan tüm parçaların hareketleri ve çalışma parametreleri (kollektör dönüş hızı, enjektörlerin kollektörden yatay ve düşey uzaklıkları, kollektör merkeziyle yaptıkları açı, polimer besleme hızları, voltaj ve iplik sarım hızı) kontrol paneli üzerinden ayarlanabilmektedir.

Polimer besleme amacıyla kullanılan 0.01 ml/sa hassaslıktaki pompalar polimerin beslendiği çıkış noktası olan iğnelere yakın olarak makine şasisine sabit konumdadır. Enjektörler X, Y eksenlerinde hareketin yanı sıra açisal olarak da hareket kabiliyetine sahip olup hareketleri step motorlarla sağlanmaktadır.

Kollektörde toplanan liflerin kollektörün dönüş hareketiyle büküm alması ve iplik kılavuzundan geçerek bir sarım silindire sarılması için 0.1 m/sa çalışma hassasiyetinde step motor ile hareket ettirilen bir sarım silindiri ve gear-box motora sahip bir travers hareket mekanizması bulunmaktadır. İplik kılavuzu; sarım silindiri ve kollektör arasında sistem dışından kontrol mekanizmasına sahip olup yatay olarak hareket ettirilebilmektedir. Kollektör merkeziyle eş eksenli bir iplik kılavuzu da bulunmaktadır.

Nanolif iplik eldesi için elektro lif çekim yönteminin ana bileşenlerinden biri olan yüksek gerilim güç kaynağı kullanılmaktadır. Fraser marka güç kaynağı 0.1 kV çalışma hassasiyetine sahip olup, maksimum 30 kV yüksek gerilime çıkabilmektedir.

Elektro lif çekim yöntemi ile nanolif iplik eldesinde düzgün ve stabil bir çalışma için laboratuvar ortamının iklimlendirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla rutubet düzeyini uygun değer aralığında tutabilmek için Tekstil Mühendisliği Bölümü laboratuvarında mevcut olan Trotec marka rutubet alma cihazı, Isısan marka salon tipi klima kullanılmıştır.

Ayrıca, ortam rutubeti ve sıcaklığı ölçen higro-termometre nanolif iplik eğirme cihazı içinde mevcut olup rutubet ve sıcaklık değerleri kontrol panelinde bulunan bölümlerden sürekli ve anlık olarak gözlemlenebilmektedir. Söz konusu nanolif iplik eğirme cihazında iplik üretimine ait parametreler Tablo 4.2’de verilmektedir.

Tablo 4.2. Nanolif iplik üretim parametreleri

Uygulanan Voltaj (kV)	13,5
Kollektör Devri (d/dk)	450
İplik Sarım Hızı (m/sa)	4,5
Enjektör Açıları (α_1 ; α_2)	30° ; 30°
Enjektör Çapları (mm) (E_1 ; E_2)	0,7 ; 0,7
Polimer Besleme Hızı (ml/sa)	1;1
Ortam Sıcaklığı (°C)	27
İzafi Rutubet (%)	55

4.4. Kollektör-Enjektör Arası Mesafelerin Etkisinin İncelenmesi

Tez çalışmasında öncelikle kollektör ile enjektörler arası mesafenin PAN polimeri kullanılarak eğrilen nanolif iplik özelliklerine etkisinin incelenmesi planlanmıştır. Bu amaçla hem çelik malzemeden hem de alüminyum malzemeden imal edilmiş kollektörler ile deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Ayrıca benzer çalışma PVDF-HFP polimeri kullanılarak da tekrarlanmıştır. İplik kopuşu olmadan eğrilme yapıldığı görülen deneysel çalışmalar 20'şer dakika ile sınırlandırılmıştır. Söz konusu çalışmalarda incelenen kollektör-enjektör arası mesafeler Tablo 4.3'te özetlenmiştir.

Tablo 4.3. Çalışmada incelenen kollektör-enjektör arası farklı mesafeler

Polimer	Polarite	Kollektör Tipi	Kollektör-Enjektör Arası Mesafe (cm)
PAN	Her iki enjektör de pozitif polariteye sahip	Çelik Kollektör	10
			12
			14
			16
			18
		Alüminyum Kollektör	10
			12
			14
			16
			18
PVDF-HFP	Her iki enjektör de pozitif polariteye sahip	Çelik Kollektör	10
			12
			14
			16
			18
		Alüminyum Kollektör	10
			12
			14
			16
			18

4.5. Kollektör-İplik Kılavuzu Arası Mesafenin Etkisinin İncelenmesi

Bu bölümde ise sadece PAN polimeri ve alüminyum kollektör kullanarak eğrilen nanolif ipliklerin özelliklerine Şekil 4.7’de S ile gösterilen iplik kılavuzunun kollektöre olan uzaklığının etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir. Söz konusu çalışma parametreleri aşağıda Tablo 4.4’te verilmiştir.

Tablo 4.4. Çalışmada incelenen kollektör-iplik kılavuzu arası mesafeler

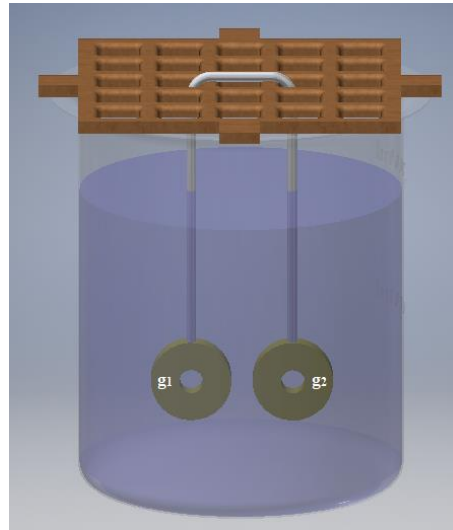
Polimer	Polarite	Kollektör Tipi	Kollektör Enjektör Arası Mesafe (cm)	İplik Kılavuzu-Kollektör Arası Mesafe (cm)
PAN	Her iki enjektör de pozitif polariteye sahip	Alüminyum Kollektör	12	17
				20
				23
				26

4.6. Eğirme Sonrası Uygulanan Ard İşlemlerin Nanolif İplik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi

Yapılan nanolif iplik üretim denemeleri sonucunda alüminyum kollektör kullanılarak ve elde edilen PAN nanolif ipliklere her iki uçta 10 g. ağırlıklar kullanılarak ısıtılıp yaş işlem uygulanmıştır. Çalışmanın bu bölümünde incelenecek PAN nanolif iplik numuneleri beherglas içerisindeki suyun sıcaklığı sıcak yüzey ısıtıcı üzerinde ve termometre ölçümü vasıtasıyla sıcaklığı sabit tutularak 3 ayrı sürede işlem gerçekleştirilmiştir. Her bir işlem için 5'er numune incelenmiştir. Çalışma parametreleri Tablo 4.5'te ve çalışma düzeneği Şekil 4.8'de verilmektedir.

Tablo 4.5. Tansiyon altında yapılan ısıtılıp yaş germe ard işlem parametreleri

Polimer	Polarite	Kollektör Tipi	Kollektör-Enjektör Arası Mesafe (cm)	İşlem Sıcaklığı (°C)	Kurutma Sıcaklığı (°C)	Kurutma Süresi (dk)	İşlem Süresi (dk)
PAN	Her iki enjektör de pozitif polariteye sahip	Alüminyum Kollektör	14	90	110	10	5
							10
							15



Şekil 4.8. Nanolif ipliğe tansiyon altında ısıtılıp yaş işlem uygulanması

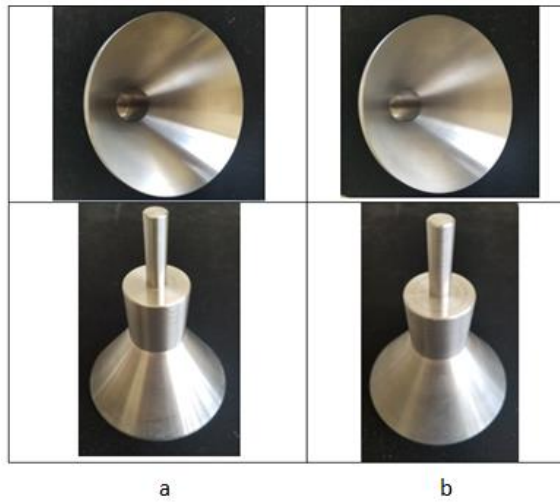
Belli bir tansiyon altında ısıtma işlemi sonrası kurutma işleminde Tekstil Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan Prowhite marka etüv kullanılmıştır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Etüv

4.7. Kollektör Malzemesinin Etkisinin İncelenmesi

Nanolif iplik eğirme işleminde kullanılan konik kollektörlerin hareket mekanizması Arel marka spindle motor ile sağlanmaktadır. Kollektör maksimum 15000 d/dk açısal hıza çıkabilmektedir. Ayrıca elektro lif çekim yönteminin en önemli parametrelerinden biri olarak öne çıkan kollektör tipi göz önüne alındığında çalışmada kullanılan 11 cm dış ve 3 cm iç çaplı alüminyum ve çelik olarak iki farklı malzemedен üretilmiş kollektörler Şekil 4.10'da görülmektedir.

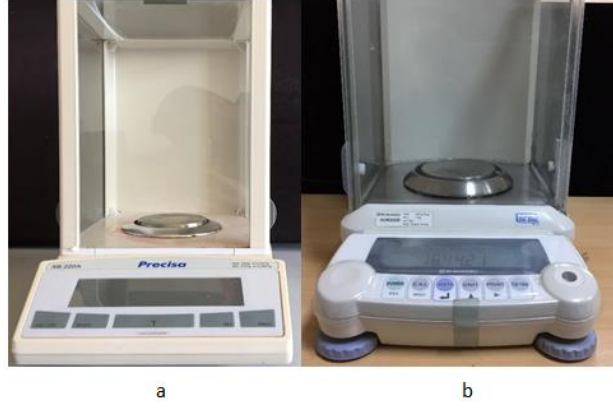


Şekil 4.10. Alüminyum ve çelik malzemedен üretilen kollektörler

4.8. Nanolif İpliklerin Özelliklerinin Analizinde Kullanılan Yöntem ve Cihazlar

4.8.1. Nanolif ipliklerin doğrusal yoğunluğunun belirlenmesi

Yapılan çalışmalar sırasında çalışılan deney malzemelerinin ağırlık ölçümünde Tekstil Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan 0,0001 g hassasiyette ve maksimum 220 g ölçüm yapabilen Precisa marka hassas terazi kullanılmıştır. Ayrıca nanolif ipliklerin doğrusal yoğunlukları için Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan 0,00001 g ölçüm hassasiyetine sahip maksimum 220 g ölçüm yapabilen Shimadzu marka hassas terazi kullanılmıştır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Precisa (a) ve Shimadzu (b) marka hassas teraziler

Yapılan deneysel çalışmalarda elde edilen nanolif iplikler 1 gün süreyle kondüsyonlandıktan sonra 10 cm uzunluktaki 5'er farklı numunenin gram cinsinden ölçümleri yapılmış ve ortalama değerleri alınarak tex cinsinden doğrusal yoğunlukları hesaplanmıştır. Ölçüm sonuçları EK 1-4'te verilmektedir.

4.8.2. Taramalı elektron mikroskobu ile analizler

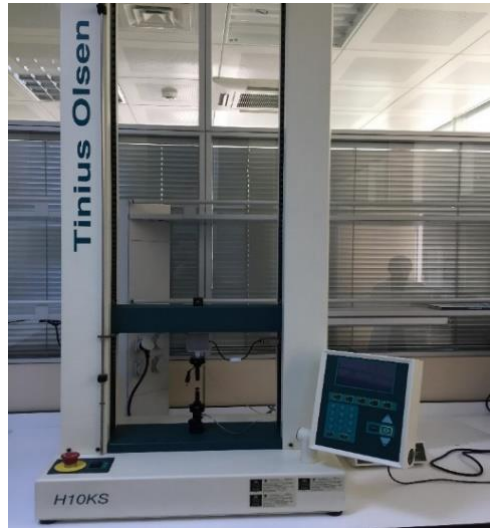
Çalışmalar sonucunda elde edilen nanoliflerin ve bu liflerden elde edilen ipliklerin görüntüleri FEİ marka Quanta Feg 250 model taramalı elektron mikroskobuyla elde edilmiştir (Şekil 4.12). İplik ve lif çaplarının her birinin ölçümleri için 10 adet iplik ve 10 adet lif görüntüsü alınarak her birinden Image J programı ile 5'er adet ölçüm gerçekleştirilmiştir. Elde edilen 50 adet iplik ve 50 adet lif çapı verileri kullanılarak elde edilen sonuçların grafiksel olarak incelenmesi yanında ayrıca istatistiksel analizleri de OriginPro8 programı ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.12. Taramalı elektron mikroskobu

4.8.3. İplik mukavemet ve % kopma uzama özelliklerinin belirlenmesi

Deneysel çalışmalarda üretilen nanolif ipliklerin mukavemet değerleri Tinius Olsen H10KS cihazında test edilmiştir (Şekil 4.13). Mukavemet testinde 5N yük hücresi kullanılmış olup, 25 mm çene aralığında 20 mm/dk hızda testler yapılmıştır. Her nanolif iplik numunesinden 5'er ölçüm tekrarlanarak ortalama değer alınmıştır. Elde edilen bireysel ölçümler EK 13-20'de gösterilmektedir.



Şekil 4.13. Mukavemet test cihazı

5. ARAŞTIRMA ve BULGULAR

5.1. PAN ve PVDF-HFP Çözelti Özellikleri

Aşağıda Tablo 5.1’de PAN ve PVDF-HFP çözeltilerinin 27°C’de viskozite ve iletkenlik değerleri görülmektedir.

Tablo 5.1. Deney çalışmalarında kullanılan çözeltilerin viskozite ve iletkenlik değerleri

Viskozite (cP)		İletkenlik ($\mu\text{S/cm}$)	
PAN	PVDF-HFP	PAN	PVDF-HFP
750	265	115	11,5

5.2. Kollektör-Enjektör Arası Mesafenin PAN Nanolif İplik Özelliklerine Etkisi

Bu bölümde, Bölüm 4.4’te verilen çalışma planı doğrultusunda PAN polimeri kullanılarak elde edilen nanolif ipliklerin özelliklerine dair sonuçlara yer verilmektedir. Ancak ön görülen 5 farklı mesafenin hepsinde başarılı eğirme işlemi gerçekleştirilememiş olup, başarılı sonuçlanan nanolif iplik üretimine dair sonuçlar Tablo 5.2’de özetlenmiştir. Elde edilen sonuçların detaylı analizi aşağıdaki bölümlerde verilmektedir.

Tablo 5.2. Kollektör-enjektör arası mesafenin PAN nanolif iplik eğrilebilirliğine etkisi

Polimer	Kollektör Malzemesi	Kollektör-Enjektör Arası Mesafe (cm)	Değerlendirme
PAN	Çelik	10	Eğirme gerçekleşmemiştir
		12	İplik eğirme mümkün
		14	İplik eğirme mümkün
		16	Eğirme gerçekleşmemiştir
		18	Eğirme gerçekleşmemiştir
	Alüminyum	10	Eğirme gerçekleşmemiştir
		12	İplik eğirme mümkün
		14	İplik eğirme mümkün
		16	İplik eğirme mümkün
		18	İplik eğirme mümkün

Elde edilen nanolif ipliklere ait örnek bir görüntü Şekil 5.1’de yer almaktadır.

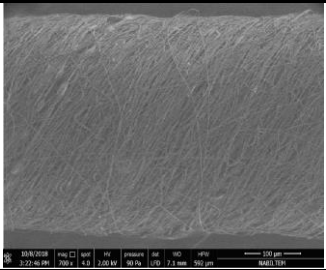
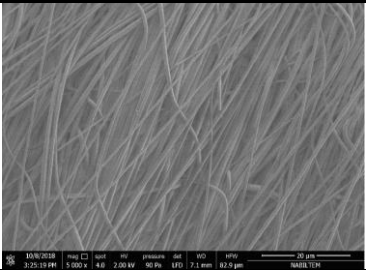
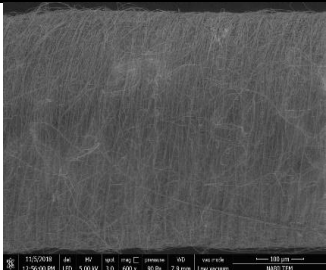
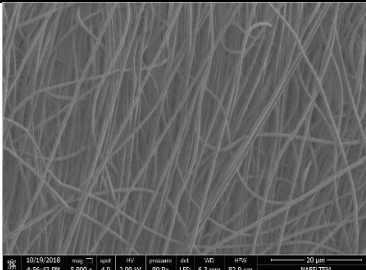


Şekil 5.1. PAN polimer ile üretilmiş nanolif ipliklere ait örnek görüntü

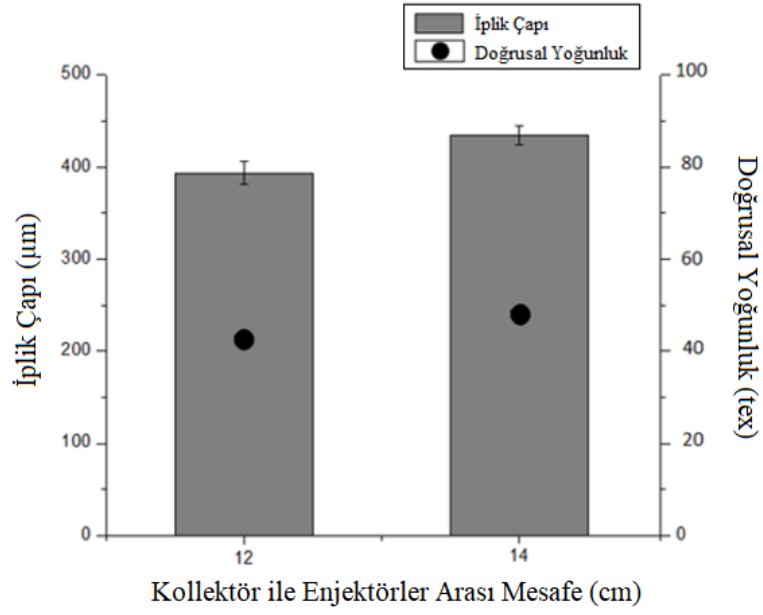
5.2.1. Çelik kolektör ile üretilen PAN nanolif ipliklerin özellikleri

Bu bölümde, 5 farklı mesafenin 2’sinde nanolif iplikler elde edilmiş bulunmaktadır. Aşağıdaki Tablo 5.3’te çelik kolektör kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklere ve iplik içerisinde yer alan nanoliflere ait örnek SEM görüntüleri verilmektedir.

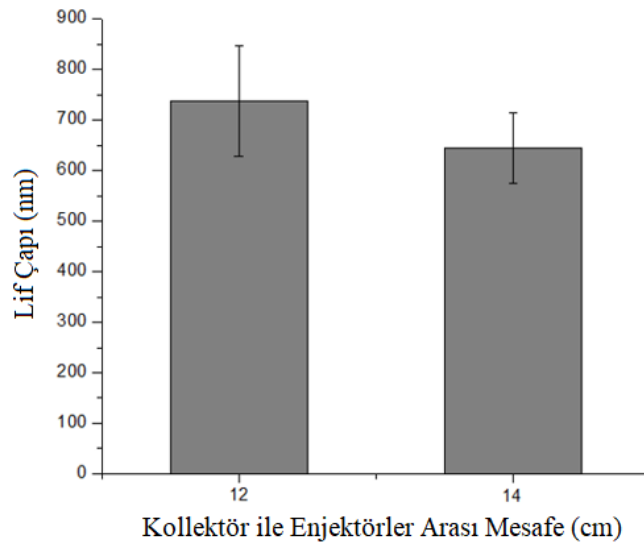
Tablo 5.3. Çelik kolektör kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklere ait örnek SEM görüntüleri

Polimer	Kolektör Malzemesi	Kolektör-Enjektör Arası Mesafe (cm)	İplik SEM Görüntüleri	Nanolif SEM Görüntüleri
PAN	Çelik	12		
		14		

SEM görüntülerinden elde edilen ölçüm sonuçlarına göre polimer besleme enjektörlerinin çelik kollektöre 12 ve 14 cm mesafede bulunduğu konumda elde edilen numunelerin nanolif iplik çapları ve doğrusal yoğunlukları Şekil 5.2’de karşılaştırmalı olarak verilirken, doğrusal yoğunluklara ait bireysel ölçümler EK 1’de gösterilmektedir. Söz konusu ipliklere ait lif incelikleri ise Şekil 5.3 ile görülmektedir. Ayrıca iplik ve lif inceliklerinin normal dağılım sergilediği gözlenmiş ve EK 21 ile EK 22’de verilmiştir.



Şekil 5.2. Çelik kollektör kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklerin çapları ve doğrusal yoğunlukları

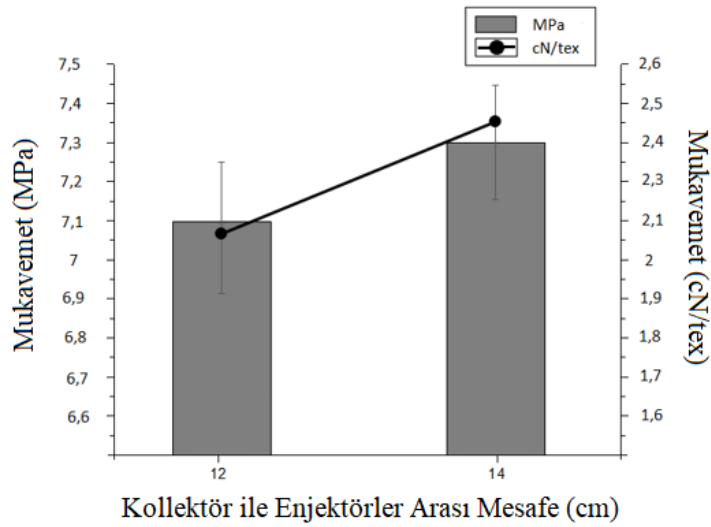


Şekil 5.3. Çelik kollektör kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklere ait lif çapları

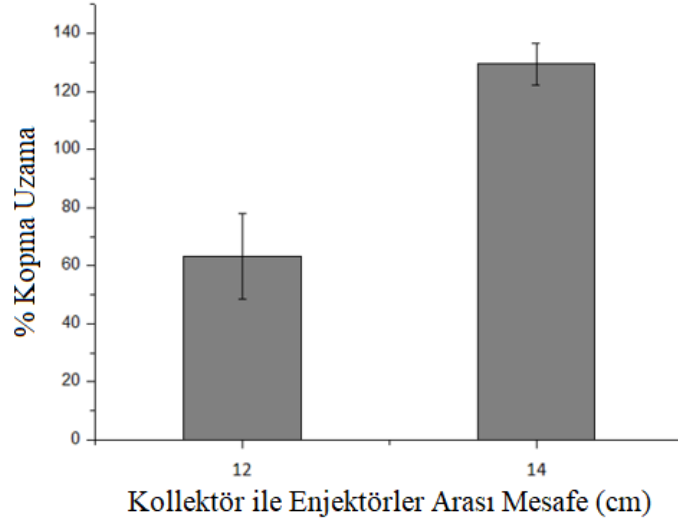
Çelik kollektör kullanılarak elde edilen PAN ipliğine ait SEM görüntüleri üzerinden yapılan analiz sonuçları değerlendirildiğinde enjektör-kollektör arası mesafenin artması sonucu iplik çaplarının ve iplik doğrusal yoğunluğunun artması ile sonuçlandığı görülmektedir. 12 cm mesafede yapılan deneylerde, iplik eğirme sırasında kollektör üzerinde toplanan liflerin tamamının etkin bir şekilde toplanamaması ile bu durum açıklanabilmektedir. Lif inceliklerindeki değişim incelendiğinde ise söz konusu mesafe artışının bekleneceği üzere lif çapında azalmaya neden olduğu gözlenmiştir. Uzaklık arttıkça jetlerin kollektöre doğru sevk esnasında geçirdikleri süre artacağından daha ince nanolifler elde edildiği düşünülmektedir.

Bu bölümde 12 ve 14 cm mesafelerde üretilen iplik ve lif incelikleri istatistiksel olarak da analiz edilmiştir. Yapılan t-testi sonuçları (EK 21 ve EK 22) 2 farklı kollektör-enjektör mesafesinde üretilen ipliklerin ortalama iplik ve lif çapları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu ortaya koymaktadır.

Öte yandan iplik mukavemeti ve % uzama özellikleri de analiz edilmiş olup sonuçlar Şekil 5.4'te ve Şekil 5.5'te yer almaktadır. Bireysel test sonuçları ise EK 13 ve EK 17'de verilmiştir.



Şekil 5.4. Çelik kollektör kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklerin mukavemet değerleri



Şekil 5.5. Çelik kollektör kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklere ait % kopma uzama değerleri

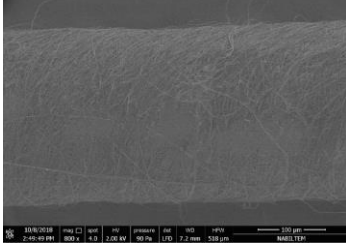
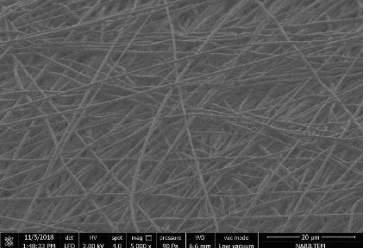
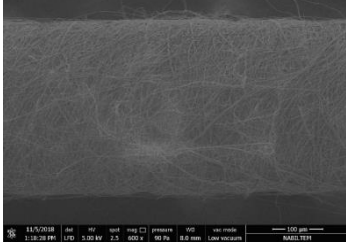
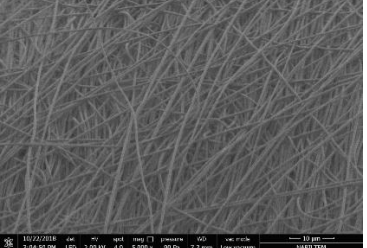
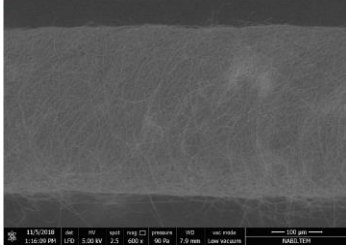
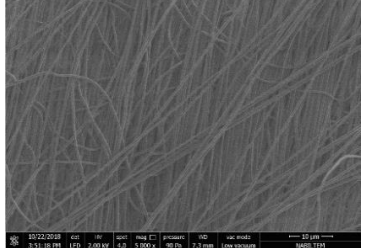
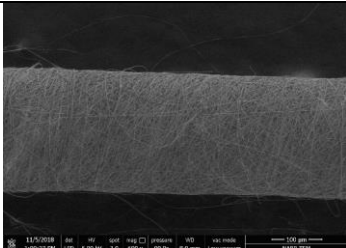
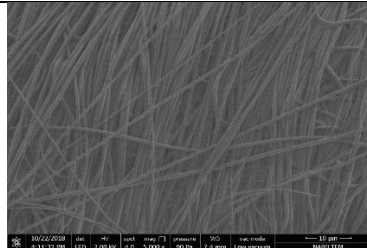
Grafiklerde görüleceği gibi mesafe artışı çelik kollektör ile üretilen PAN nanolif iplik mukavemetinde artış göstermiştir. Bu durumun, liflerin daha ince ve iplik çapının daha yüksek olması halinde iplik kesitindeki lif sayısının artmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

14 cm mesafede üretilen ipliklerin % kopma uzama değerinin daha yüksek olmasının SEM görüntülerinden de görülebildiği üzere yüzey büküm açısının fazla olması ile açıklanabileceği düşünülmektedir.

5.2.2. Alüminyum kollektör ile üretilen PAN nanolif ipliklerin özellikleri

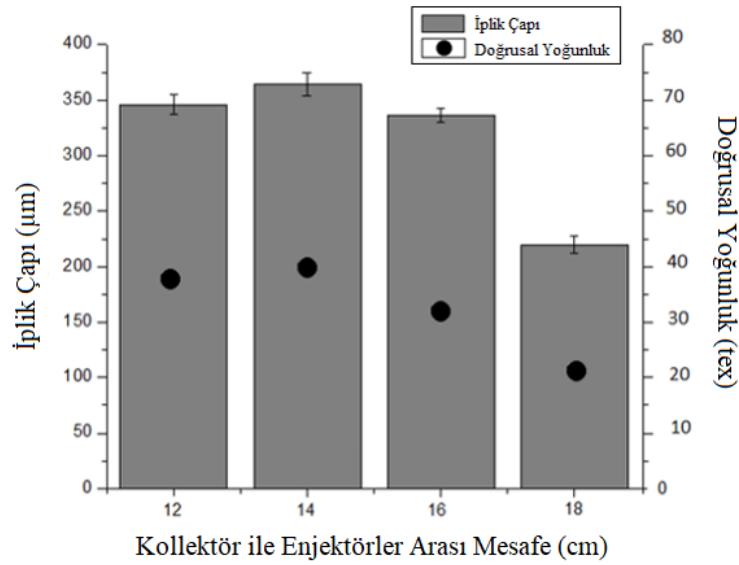
Bu bölümde, Bölüm 4.4'te belirtildiği gibi ön görülen 5 farklı mesafenin 4'ünde nanolif iplikler elde edilmiş bulunmaktadır. Aşağıdaki tabloda alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PAN iplik ve nanolif SEM görüntüleri gösterilmektedir.

Tablo 5.4. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklere ait örnek SEM görüntüleri

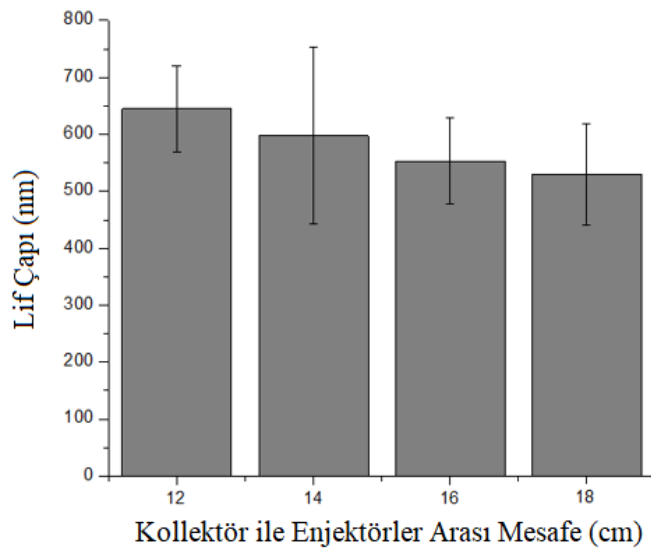
Polimer	Kollektör Malzemesi	Kollektör-Enjektör Arası Mesafe (cm)	İplik SEM Görüntüleri	Nanolif SEM Görüntüleri
PAN	Alüminyum	12		
		14		
		16		
		18		

SEM görüntülerinden elde edilen ölçüm sonuçlarına göre polimer besleme enjektörlerinin alüminyum kollektöre 12, 14, 16 ve 18 cm mesafelerde bulunduğu konumda elde edilen numunelerin nanolif iplik çapları ve doğrusal yoğunlukları Şekil 5.6'da karşılaştırmalı olarak verilmiş olup, doğrusal yoğunluklara ait bireysel ölçümler EK 2'de gösterilmektedir. Lif incelikleri ise Şekil 5.7'de görülmektedir.

İplik ve lif inceliklerinin her ikisinin de normal dağılım sergilediği gözlenmiş ve sonuçlar EK 21 ile EK 22'de verilmiştir.



Şekil 5.6. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklerin çapları ve doğrusal yoğunlukları



Şekil 5.7. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklere ait lif çapları

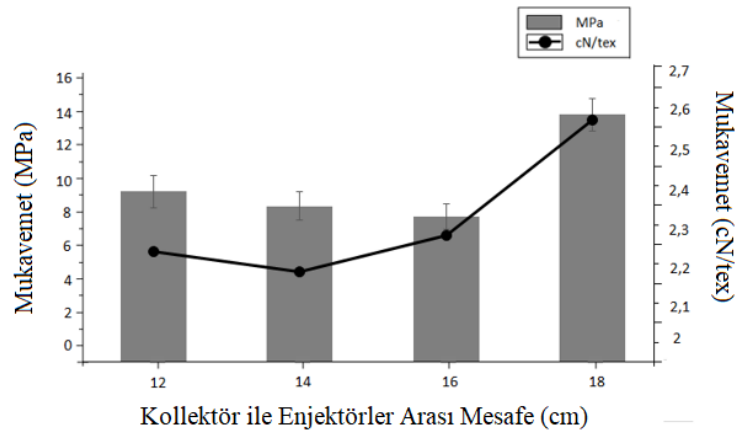
Alüminyum kollektör kullanılarak elde edilen PAN ipliğine ait SEM görüntüleri üzerinden yapılan ölçümler sayesinde kollektör ile enjektörler arası mesafenin artmasıyla 12 cm mesafede üretilene göre 14 cm mesafede üretilen numune çapında artış, sonrasında ise azalma olduğu gözlenmiştir. 12 cm mesafede yapılan deneylerde, iplik eğirme sırasında kollektör üzerinde toplanan liflerin tamamının etkin bir şekilde toplanamaması ile bu durum açıklanabilmektedir. 14 cm mesafeden sonra iplik çapında gözlenen azalmanın lif çapındaki azalmaya bağlı olduğu düşünülmektedir.

ANOVA ve Tukey analizleri her bir mesafede üretilen ortalama iplik çapları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu ortaya koymaktadır (EK 23). Bununla birlikte 16 ve 18 cm mesafelerde alüminyum kollektör ile yapılan üretim denemelerinde jet formunda oluşan ve kollektöre doğru sevk edilen nanoliflerin tümünün kollektöre ulaşamadığı, bir kısmının etrafa saçıldığı gözlemlenmiştir.

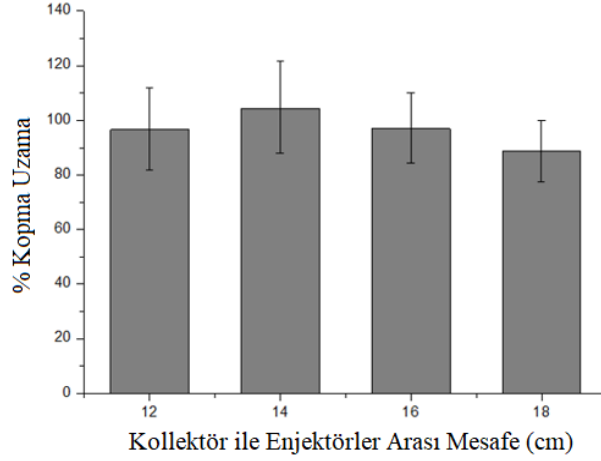
Alüminyum kollektör kullanılarak elde edilen PAN nanolifine ait SEM görüntüleri üzerinden yapılan ölçümler sayesinde artan mesafenin lif çapında azalmaya neden olduğu gözlenmiştir. Polimer besleme enjektörleri ucundan çıkan jetlerin mesafe artışına bağlı olarak havada geçirdiği süre ile daha ince nanolif oluşması ile bu durum açıklanabilmektedir.

ANOVA ve Tukey analizleri ile 14 ile 16 cm mesafelerde ve 16 ile 18 cm mesafelerde ortalama lif çapları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı görülmektedir (EK 24).

Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PAN nanolif iplikleri mukavemet (Şekil 5.8) ve % kopma uzama sonuçları (Şekil 5.9) aşağıda verilmektedir. Bireysel test sonuçları ise EK 14 ve EK 18'de verilmiştir.



Şekil 5.8. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklerin mukavemet değerleri



Şekil 5.9. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklerin % kopma uzama değerleri

İplik mukavemet değerlerine ait Şekil 5.8’de verilen sonuçlar incelendiğinde 12,14,16 cm de elde edilen iplik mukavemetlerinin birbirine yakın değerler olduğu 18 cm de elde edilen ipliğin ise mukavemetinin yüksek olduğu göze çarpmakla birlikte söz konusu sonucun 18 cm’de elde edilen ipliğin oldukça ince olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.3. İplik Kılavuzu ile Kollektör Arası Mesafenin PAN Nanolif İplik Özelliklerine Etkisi

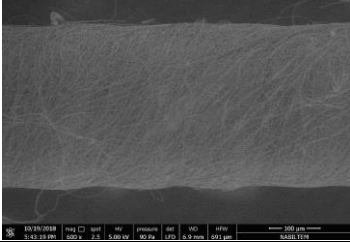
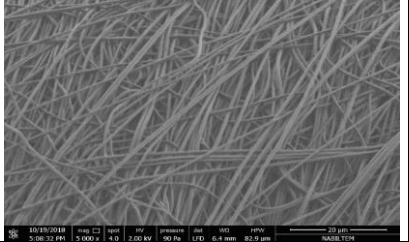
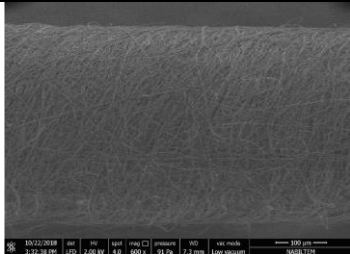
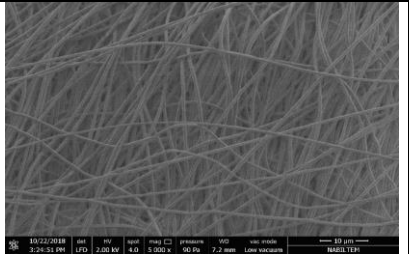
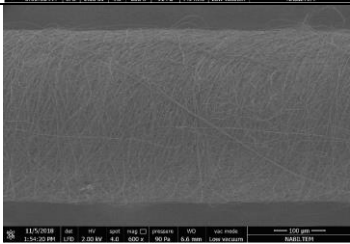
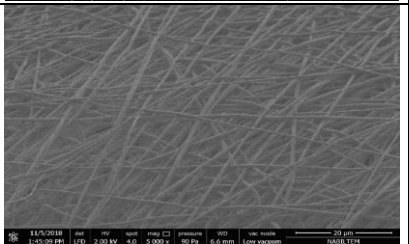
Bu bölümde, Bölüm 4.5’ te verilen çalışma planı doğrultusunda iplik kılavuzu mesafe farklılıklarına dair sonuçlara yer verilmektedir. Ön görülen 4 farklı mesafenin hepsinde başarılı eğirme işlemi gerçekleştirilememiş olup elde edilen nanolif iplik eldesine dair sonuçlar Tablo 5.5’te özetlenmiştir. Üretilen ipliklere ait detaylı sonuçlar ise aşağıdaki bölümlerde verilmektedir.

Tablo 5.5. İplik Kılavuzu Mesafe Farklılığı İplik Eğrilebilme Etkisi

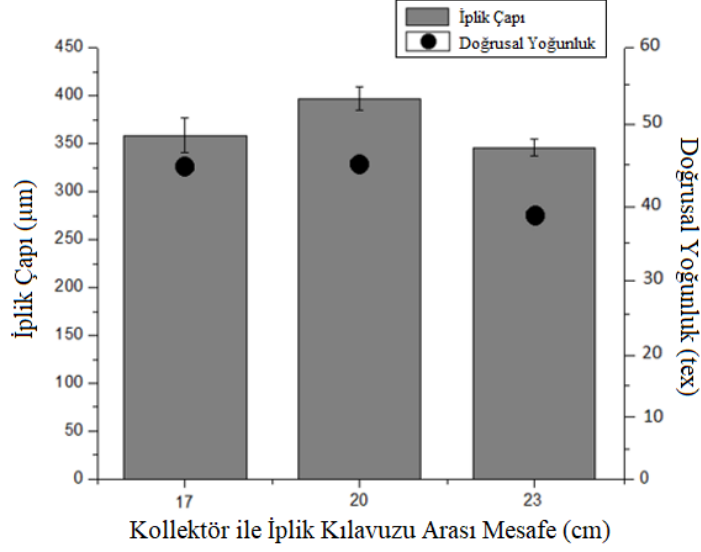
Polimer	İplik Kılavuzu Kollektör Arası Mesafe (cm)	İplik Eğrilebilirliği
PAN	17	İplik eğirme mümkün
	20	İplik eğirme mümkün
	23	İplik eğirme mümkün
	26	Eğirme gerçekleştirilmemiştir

Aşağıdaki tabloda (Tablo 5.6) iplik kılavuzu ile kollektör arası farklı mesafelerde üretilen PAN iplik ve nanolif SEM görüntüleri gösterilmektedir.

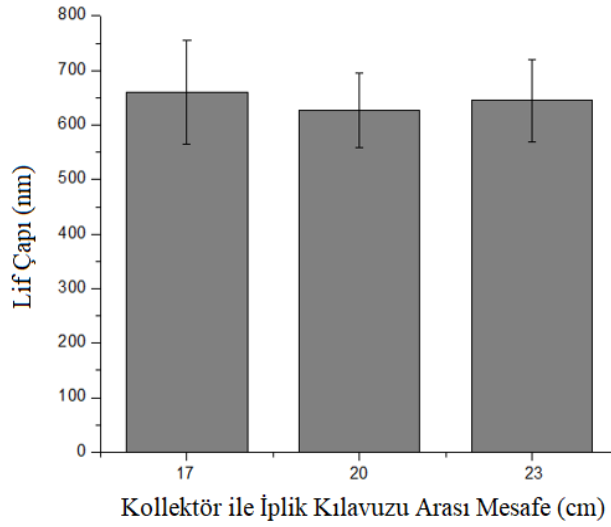
Tablo 5.6. Farklı iplik kılavuzu mesafelerinde üretilen PAN nanolif iplik SEM görüntüleri

Polimer	İplik Kılavuzu Kollektör Arası Mesafe (cm)	İplik SEM Görüntüleri	Nanolif SEM Görüntüleri
PAN	17		
	20		
	23		

SEM görüntülerinden elde edilen ölçüm sonuçlarına göre farklı iplik kılavuzu mesafelerinde üretilen nanolif iplik çapları ve doğrusal yoğunlukları Şekil 5.10'da karşılaştırmalı olarak verilirken doğrusal yoğunluklara ait bireysel sonuçlar EK 3'te gösterilmektedir. Eğrilen ipliklere ait lif incelikleri ise Şekil 5.11'de görülmektedir. Eğrilen iplik ve lif inceliklerinin normal dağılım sergilediği gözlenmiş ve EK 25 ve EK 26'da verilmiştir.

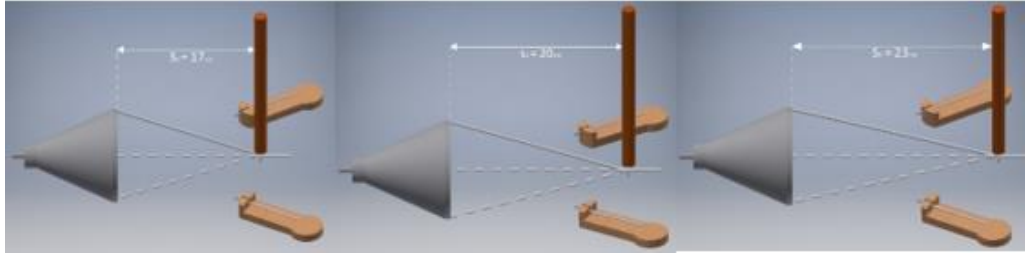


Şekil 5.10. Kollektör iplik kılavuzu arası mesafelerin üretilen PAN nanolif iplik çapına etkisi



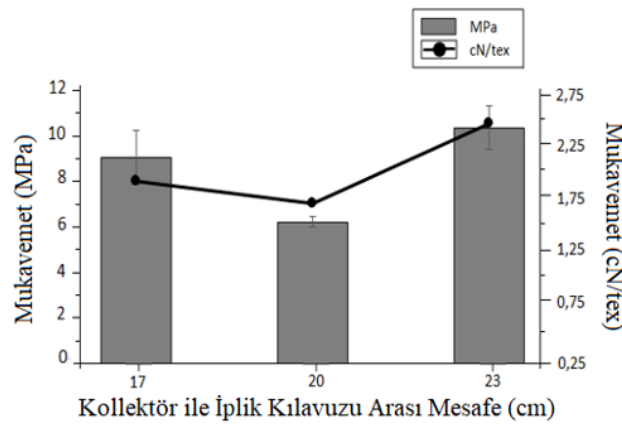
Şekil 5.11. Kollektör iplik kılavuzu arası mesafelerin üretilen PAN nanolif ipliklere ait lif çapına etkisi

Çalışmada 17 cm mesafeden 23 cm'ye doğru gidildikçe, grafikte görüldüğü üzere iplik çapında önce artış sonra azalma görülmüştür. 20 cm mesafede iplik üzerine olan saçılma sonucu iplik yüzeyinde 17 ve 23 cm'dekinden daha fazla lif bulunabileceği düşünülmektedir. Ayrıca 26 cm iplik kılavuzu mesafesinde savrulmaya bağlı olarak iplik oluşmadığı düşünülmekte ve 23 cm iplik kılavuzu mesafesinde tekrar iplik incilmesi bu durum ile açıklanabilmektedir. Bu aşamada yapılan ANOVA ve Tukey analizleri ile her bir iplik kılavuzu mesafesinde iplik çaplarında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmüştür (EK 25). Lif çapına olan etkisine bakıldığında ise iplik kılavuzunun kollektöre olan mesafesindeki değişimde istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı görülmüştür (EK 26).

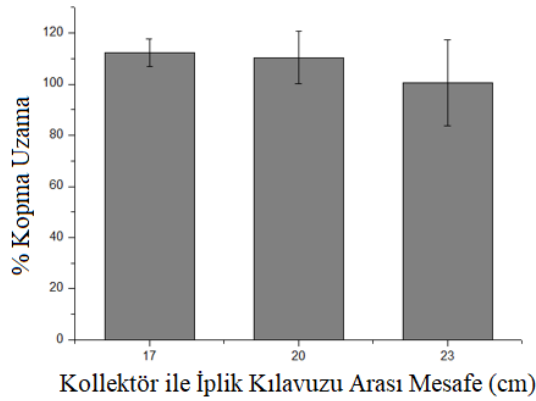


Şekil 5.12. Farklı iplik kılavuzu mesafelerinde lif toplanma geometrisine ait şematik gösterim

Farklı İplik kılavuzu mesafelerinde nanolif iplik numunelerinin mukavemetleri karşılaştırmalı olarak şekil 5.13'te verilmiştir. Şekil 5.14'te ise % kopma uzama grafiği görülmektedir. Bireysel ölçülen test sonuçları ise EK 15 ve EK 19'da görülmektedir.



Şekil 5.13. Farklı iplik kılavuz mesafelerinde üretilen PAN nanolif ipliklerin mukavemet değerleri



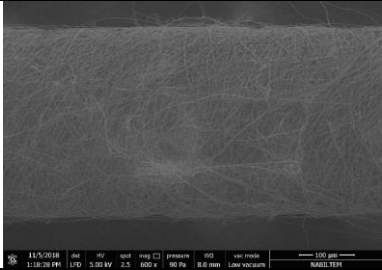
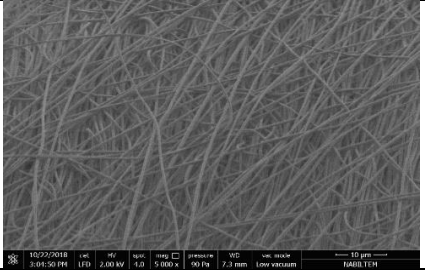
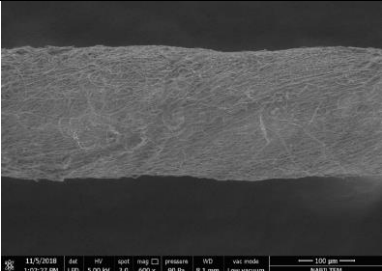
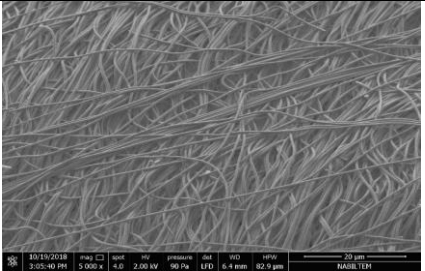
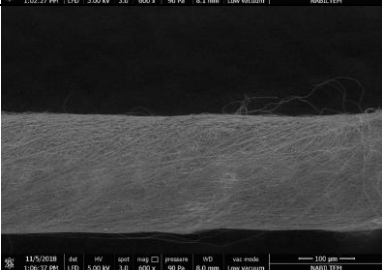
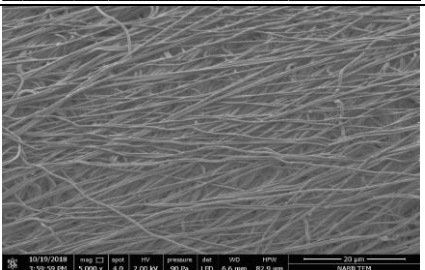
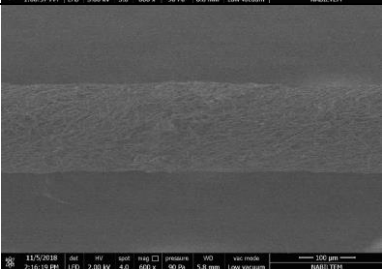
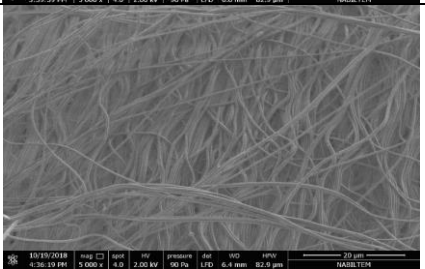
Şekil 5.14. Farklı iplik kılavuz mesafelerinde üretilen PAN nanolif iplik % uzama kopma değerleri

Grafiklerde görüldüğü gibi iplik mukavemetinin önce artış sonrasında azalma göstermesi iplik çapındaki değişimle ilişkilendirilmektedir ve kılavuz mesafesinin mukavemete ancak iplik çapına bağlı olarak etkisi vardır diyebiliriz.

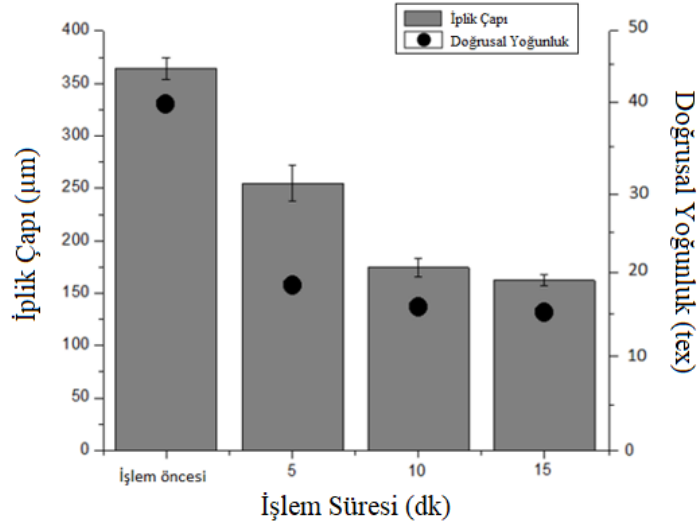
5.4. Ard İşlem Uygulamasının PAN Nanolif İplik Özelliklerine Etkisi

Bu bölümdeki çalışmada eğrilen nanolif ipliklere uygulanan ard işlem etkisine dair sonuçlar yer almaktadır. Aşağıdaki tabloda farklı sürelerde belli tansiyon altında ısıtılmış işlem uygulanan PAN iplik ve nanoliflerin SEM görüntüleri bulunmaktadır.

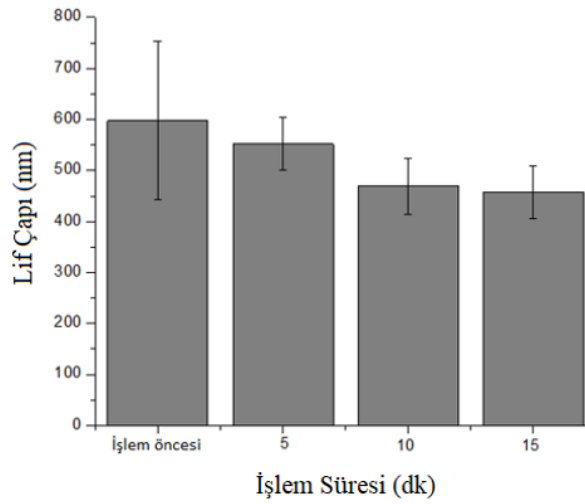
Tablo 5.7. Farklı ard işlem süreleri sonunda PAN nanolif ipliklere ait örnek SEM görüntüleri

Polimer	İşlem Süresi (dk)	İplik SEM Görüntüleri	Nanolif SEM Görüntüleri
PAN	İşlem Öncesi		
	5		
	10		
	15		

Farklı sürelerde belli tansiyon altında ısıtılma işlemi sonrası SEM görüntülerinden elde edilen ölçüm sonuçlarına göre PAN nanolif iplik çapları ve doğrusal yoğunlukları Şekil 5.15'te karşılaştırmalı olarak verilirken doğrusal yoğunluklara ait bireysel ölçümler EK 4'te gösterilmektedir. Söz konusu ipliklere ait lif incelikleri ise Şekil 5.16'da verilmekte iken iplik ve lif inceliklerinin normal dağılım sergilediği gözlemlenmiş ve EK 27 ve EK 28'de verilmiştir.



Şekil 5.15. Farklı ard işlem süreleri sonunda PAN nanolif iplik çapları



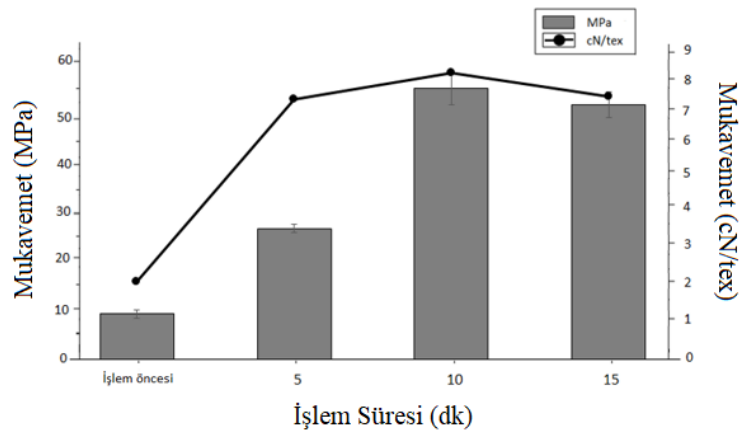
Şekil 5.16. Farklı ard işlem süreleri sonunda PAN nanolif ipliğe ait lif çapları

İşlem sonrası nanolif iplik yapısındaki liflerin birbirlerine göre daha paralel ve düzenli bir forma geldiği, bu sebeple de nanolif iplik çaplarında azalan bir trend görüldüğü düşünülmektedir. ANOVA ve Tukey analizleri 5, 10 ve 15 dakika işlem görmüş iplikler için uygulanan ısıtılma işlemde 3 farklı süre arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir (EK 27).

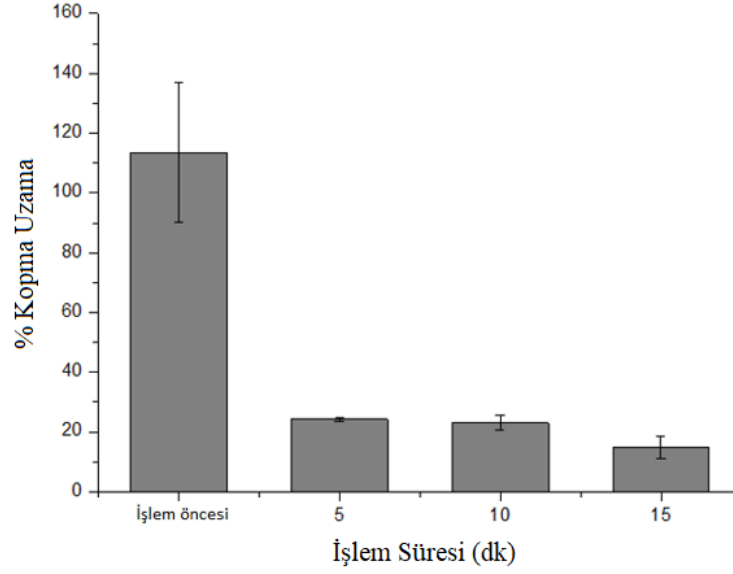
Grafiklerden ve SEM görüntülerinden de anlaşılacağı gibi 10. dakikadan sonra iplik çapı belirgin ölçüde azalmıştır ve 10 dakikalık sürenin belli tansiyon altında ısıl yaş işleminde etkin nokta olduğu düşünülmektedir.

Çalışmada, diğer parametreler sabit iken işlem süresinin artması ile birlikte lif çapında azalma olduğu gözlenmiştir. ANOVA ve Tukey analizleri sayesinde, ard işleme tabi tutulmayan iplik ile 5 dakika işlem gören nanolif iplik çapları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı görülmüştür (EK 28). Bu durum 5 dakikada iplik çapında etkin bir değişim olsa da henüz nanolif boyutunda anlamlı bir farklılık olmadığını göstermektedir. Benzer şekilde 10 ve 15 dakika işlem süresi sonunda lif çapında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı görülmüştür ve bu durum için iplik çapı verileri ile paralel olarak 10. dakikanın etkin nokta olduğu düşünülmektedir (EK11). Aynı zamanda SEM görüntüleri de dikkate alınarak 15. dakika işlem süresinin iplik yapısında bozulmalara yol açtığı görülmektedir.

Bununla birlikte ard işleminin sonrası PAN nanolif iplik mukavemet karşılaştırmaları Şekil 5.17’de ve % kopma uzamaları Şekil 5.18’de görülmektedir. Bireysel ölçüm sonuçları EK 16 ve EK 20’de yer almaktadır.



Şekil 5.17. Farklı ard işlem süreleri sonunda PAN nanolif ipliklerin mukavemet değerleri



Şekil 5.18. Farklı art işlem süreleri sonunda PAN nanolif iplik % kopma uzama değerleri

Farklı sürelerde, belli tansiyon altında ısıtılmış ya da ısıtılmamış PAN nanolif iplik mukavemetlerinde 5. ve 10. dakikalarda artış gözlenmiştir. Bu durum SEM görüntüleri de dikkate alınarak iç yapıdaki liflerin sıcaklık ve germe etkisiyle daha oryante bir şekilde bir araya gelmesi ile açıklanabilir. Bununla birlikte 15. dakikada mukavemetteki düşüşün iplik deformasyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir. SEM görüntüleri bu durumu desteklemektedir (Tablo 5.7).

5.5. Kollektör-Enjektör Arası Mesafenin PVDF-HFP Nanolif İplik Özelliklerine Etkisi

Bu bölümde, PVDF-HFP polimeri kullanılarak elde edilen nanolif ipliklerin özelliklerine dair sonuçlar yer almaktadır. Ancak ön görülen 5 farklı mesafenin hepsinde başarılı eğirme işlemi gerçekleştirilememiş olup elde edilen nanolif iplik eldesine dair sonuçlar Tablo 5.8’de özetlenmiştir.

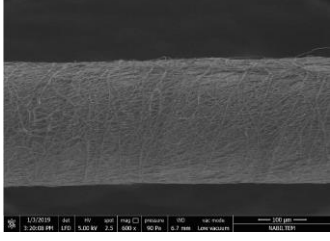
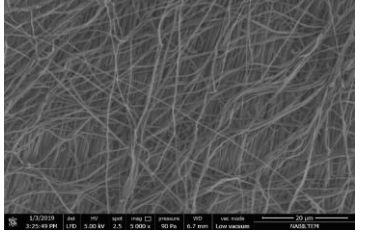
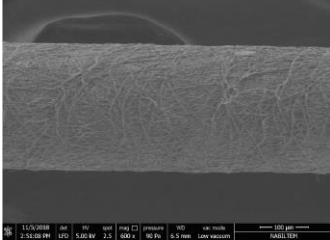
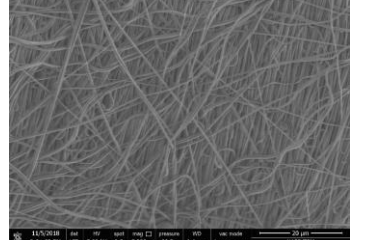
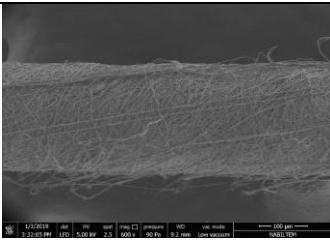
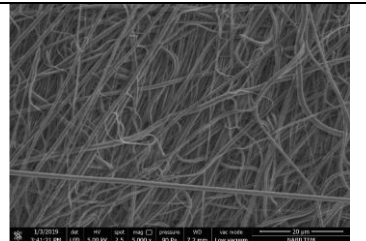
Tablo 5.8. Kollektör ile enjektörler arası mesafenin PVDF-HFP nanolif iplik eğrilebilirliğine etkisi

Polimer	Kollektör Malzemesi	Kollektör Enjektör Arası Mesafe (cm)	Deney Sonucu
PVDF-HFP	Çelik	10	Eğirme gerçekleşmemiştir
		12	İplik eğirme mümkün
		14	İplik eğirme mümkün
		16	İplik eğirme mümkün
		18	Eğirme gerçekleşmemiştir
	Alüminyum	10	Eğirme gerçekleşmemiştir
		12	İplik eğirme mümkün
		14	İplik eğirme mümkün
		16	İplik eğirme mümkün
		18	İplik eğirme mümkün

5.5.1. Çelik kollektör ile üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklerin özellikleri

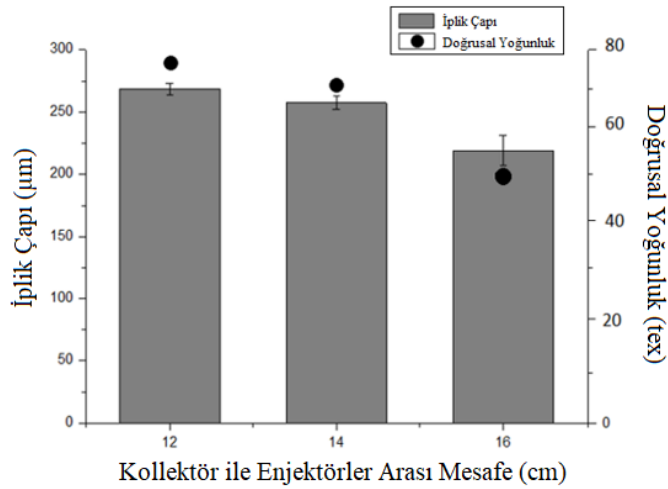
Aşağıda bulunan Tablo 5.9’da çelik kollektör kullanılarak üretilen PVDF-HFP iplik ve nanolif SEM görüntüleri gösterilmektedir.

Tablo 5.9. Çelik kollektör kullanılarak elde edilen PVDF-HFP nanolif ipliklere ait örnek SEM görüntüleri

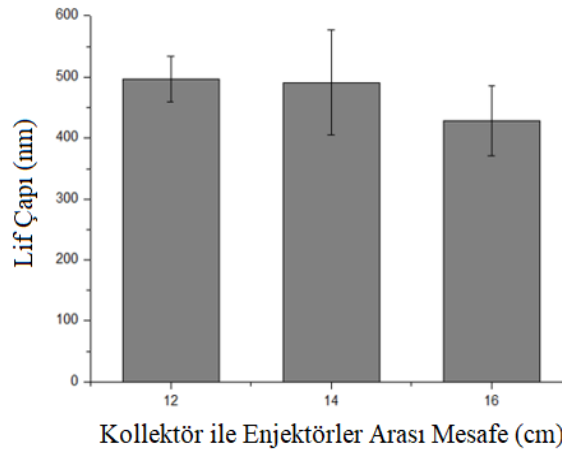
Polimer	Kollektör Tipi	Kollektör Enjektör Arası Mesafe (cm)	İplik SEM Görüntüleri	Nanolif SEM Görüntüleri
PVDF-HFP	Çelik	12		
		14		
		16		

SEM görüntüleri sayesinde ölçülen nanolif iplik çapları ile birlikte ipliklere ait doğrusal yoğunluklar Şekil 5.19’da karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Ayrıca nanolif ipliklerin doğrusal yoğunluklarına ait bireysel ölçümler EK 1’de gösterilmektedir.

Söz konusu ipliklere ait lif incelikleri Şekil 5.20’de görülmektedir. Bununla birlikte iplik ve lif inceliklerinin normal dağılım sergilediği gözlenmiş ve EK 29 ve EK 30’da verilmiştir.



Şekil 5.19. Çelik kollektör kullanılarak üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklerin çapları ve doğrusal yoğunlukları

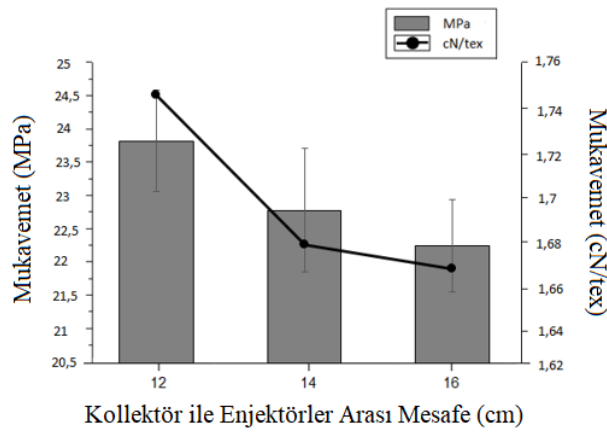


Şekil 5.20. Çelik kollektör kullanılarak üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklere ait lif çapları

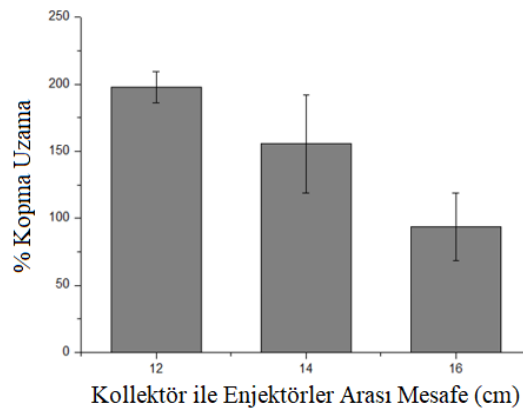
Kollektör enjektör arası mesafenin artmasıyla PVDF-HFP nanolif iplik çapının azaldığı görülmektedir. Bu durumun nanolif iplik çapındaki azalma ile açıklanabileceği düşünülmektedir. ANOVA ve Tukey analizi, kollektör ile enjektör arası çalışılan her bir mesafe için PVDF-HFP iplik çapları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu göstermektedir (EK 29).

Lif çapı incelendiğinde ise 12 ve 14 cm’de üretilen iplikler için lif çapında büyük bir farklılık olmadığı göz önünde bulundurularak artan mesafenin lif çapında azalmaya neden olduğu görülmektedir. ANOVA ve Tukey analizlerine göre 12 ile 14 cm mesafelerde üretilen nanolif ipliklere ait lif çapları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı, 12 ile 16 ve 14 ile 16 cm mesafelerde üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklere ait lif çapları arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmüştür (EK 30).

Diğer yandan iplik mukavemeti ve % uzama özellikleri de analiz edilmiş olup sonuçlar Şekil 5.21 ve Şekil 5.22’de gösterilmiştir. Bireysel test sonuçları ise EK 13 ve EK 17’de yer almaktadır.



Şekil 5.21. Çelik kollektör kullanılarak üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklerin mukavemet değerleri



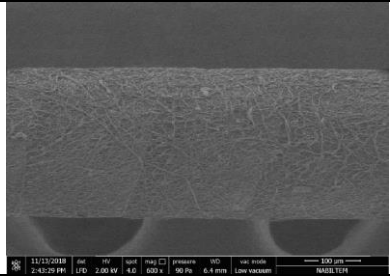
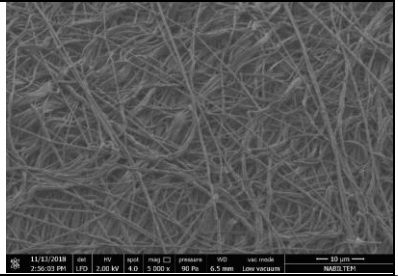
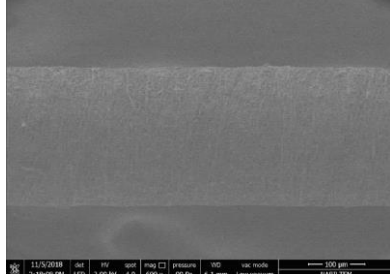
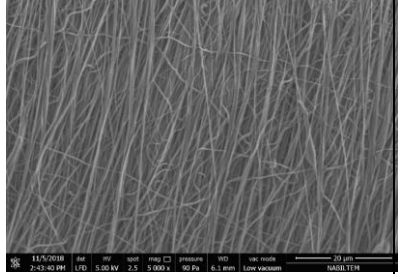
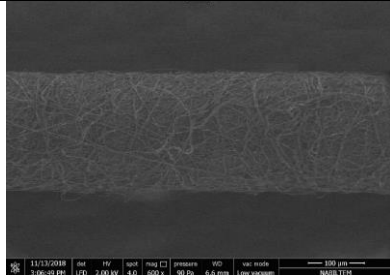
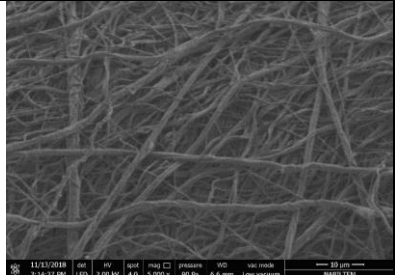
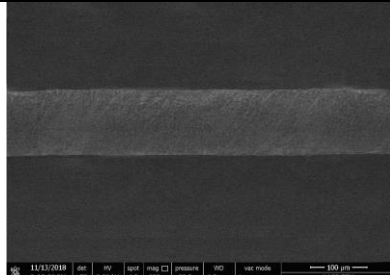
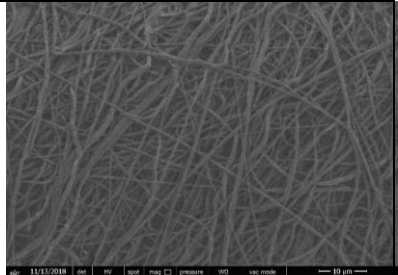
Şekil 5.22. Çelik kollektör kullanılarak üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklerin % kopma uzama değerleri

Şekillerde görüleceği gibi mesafe artışı çelik kollektör ile üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklerin kopma mukavemetlerinde azalmaya neden olmaktadır.

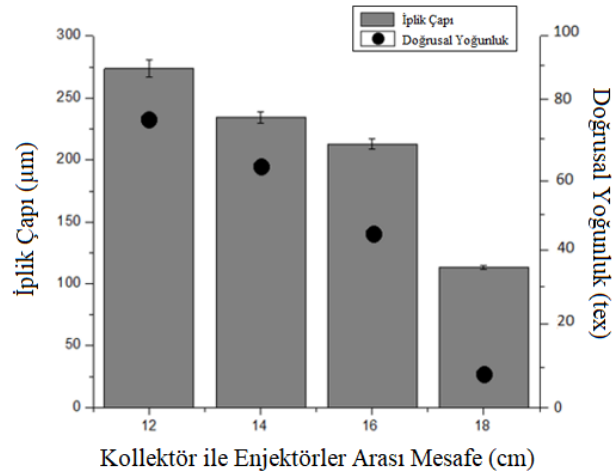
5.5.2. Alüminyum kollektör ile üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklerin özellikleri

Aşağıdaki tabloda alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PVDF-HFP iplik ve nanolif SEM görüntüleri gösterilmektedir.

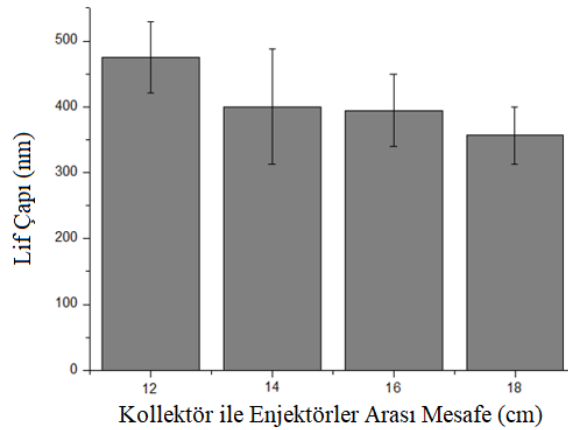
Tablo 5.10. Alüminyum kollektör kullanılarak elde edilen PVDF-HFP nanolif ipliklere ait örnek SEM görüntüleri

Polimer	Kollektör Malzemesi	Kollektör Enjektör Arası Mesafe (cm)	İplik SEM Görüntüleri	Nanolif SEM Görüntüleri
PVDF-HFP	Alüminyum	12		
PVDF-HFP	Alüminyum	14		
PVDF-HFP	Alüminyum	16		
PVDF-HFP	Alüminyum	18		

Polimer besleme enjektörlerinin alüminyum kollektöre 12 ve 14 cm mesafede bulunduğu konumda elde edilen numunelerin nanolif iplik çapları ve doğrusal yoğunlukları Şekil 5.23'te karşılaştırmalı olarak verilirken bireysel ölçümleri yapılan doğrusal yoğunluk değerleri EK 2'de gösterilmektedir. İplik ve lif inceliklerinin normal dağılım sergilediği gözlenmiş olup EK 31 ve EK 32'de verilmiştir. Söz konusu ipliklere ait lif incelikleri ise Şekil 5.24 ile verilmektedir.



Şekil 5.23. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklerin çapları ve doğrusal yoğunlukları

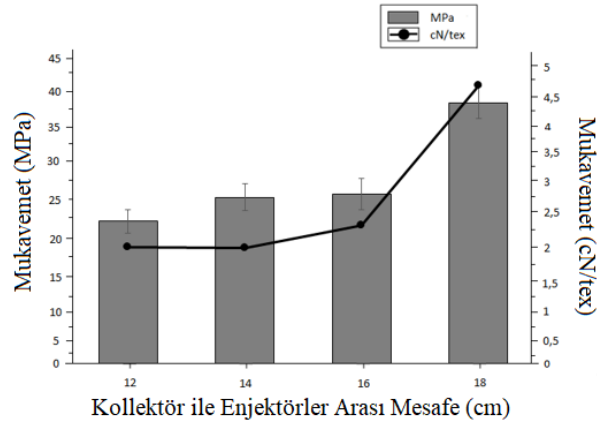


Şekil 5.24. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklere ait lif çapları

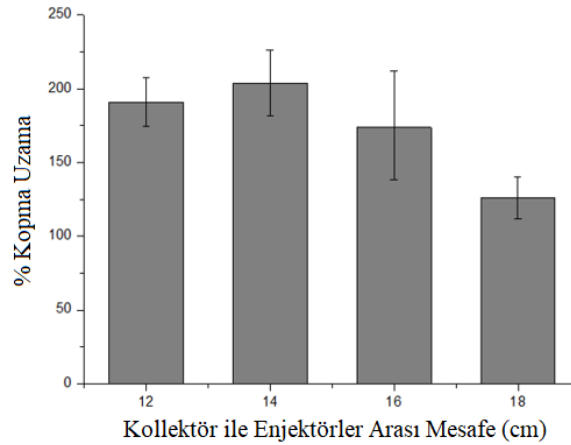
Alüminyum kollektör kullanılarak elde edilen PVDF-HFP ipliğine ait SEM görüntüleri üzerinden yapılan ölçümler sayesinde nanolif çapındaki azalmanın da etkisi olduğu düşünüldüğünde artan mesafenin iplik çapında azalmaya neden olduğu gözlenmiştir.

Yapılan ANOVA ve Tukey analizleri 12, 14, 16 ve 18 cm mesafelerin iplik çapı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğunu göstermiştir (EK 31).

İplik mukavemeti ve % kopma uzama özellikleri de analiz edilmiş olup sonuçlar Şekil 5.25 ve Şekil 5.26'da gösterilmiştir. Bireysel test sonuçları ise EK 14 ve EK 18'da yer almaktadır.



Şekil 5.25. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklerin mukavemet değerleri



Şekil 5.26. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklerin % kopma uzama değerleri

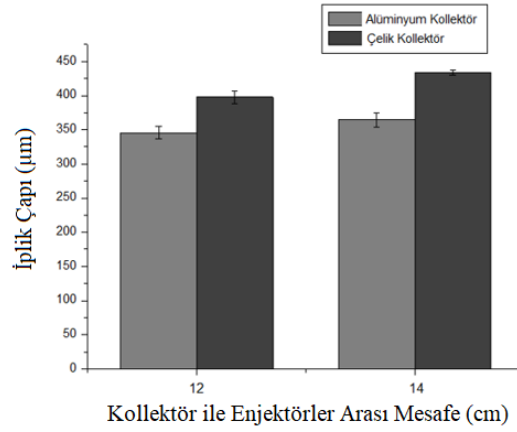
Alüminyum kollektör kullanılarak 12, 14, 16 ve 18 cm mesafede üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklerin kopma mukavemetleri EK 14'te görülmektedir. Şekil 5.25 ile görüldüğü üzere mesafe artışı ile iplik mukavemetlerinde artış gözlenmiştir. Bu durum kopma kuvvetleri yanında mesafe arttıkça azalan iplik çapındaki trend ile açıklanabilmektedir.

5.6. Kollektör Malzemesinin Nanolif İplik Özelliklerine Etkisi

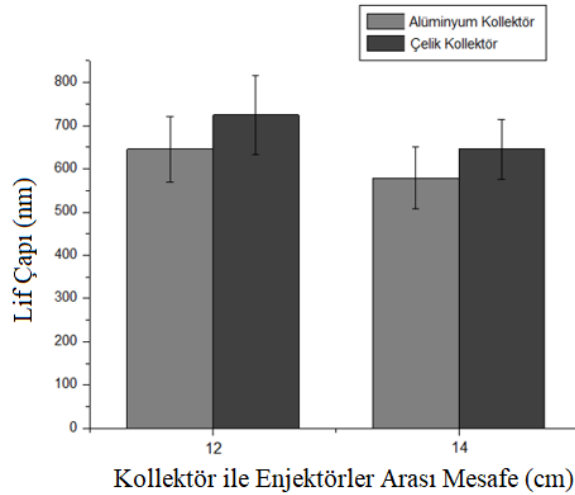
Bu bölümde, farklı malzemelerden imal edilmiş kollektörler ile eğrilen nanolif ipliklerin özellikleri karşılaştırılmaktadır. Önceki bölümlerde sunulan çalışma sonuçları ile karşılaştırmalar yapılmış ve aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

5.6.1. Aynı mesafede çelik ve alüminyum kollektörler ile üretilen PAN nanolif iplik özelliklerinin karşılaştırılması

Çelik ve alüminyum kollektörler kullanılarak elde edilen PAN nanolif ipliklere ait iplik çap grafiği Şekil 5.27’de ve bu ipliklere ait nanolif çap grafiği Şekil 5.28’de verilmiştir.



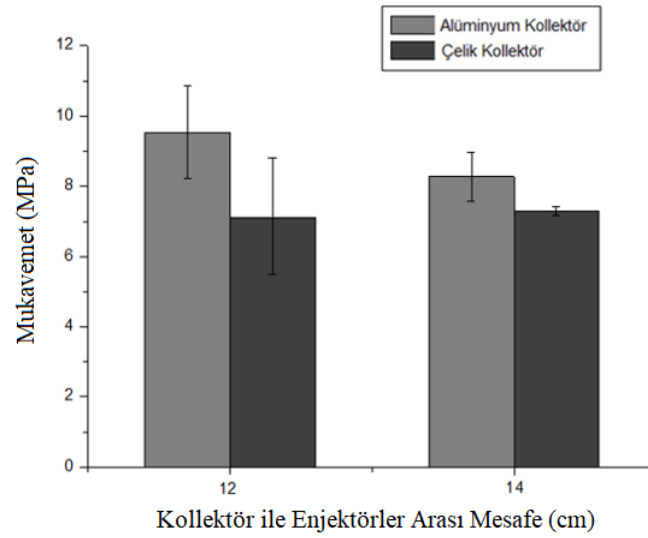
Şekil 5.27. Alüminyum ve çelik kollektörler kullanılarak üretilen PAN nanolif iplik çapları



Şekil 5.28. Alüminyum ve çelik kollektörler kullanılarak üretilen PAN nanolif çapları

12 ve 14 cm mesafelerde PAN nanolif iplik eğirirken alüminyum ve çelik olarak farklı malzemelerden üretilmiş kollektör kullanımının nanolif iplik ve lif çapına doğrudan etki ettiği ve alüminyum kollektör kullanımıyla daha ince çapta iplikler üretildiği görülmektedir. Bunun sebebinin Bölüm 4.3'te belirtildiği gibi çelik kollektöre göre alüminyum kollektörün iletkenlik değerinin çok daha yüksek olmasına bağlı olarak jetlerin uzama miktarının fazla olduğu ve dolayısıyla daha ince nanolifler oluşturduğu düşünülmektedir.

Polimer besleme enjektörlerinin çelik ve alüminyum kollektöre 12 ve 14 cm mesafede bulunduğu konumda elde edilen numunelerin nanolif iplik mukavemetleri Şekil 5.29'da karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

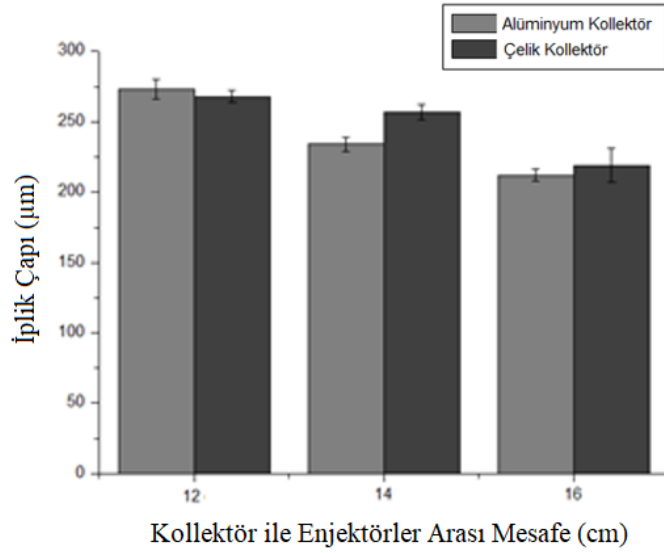


Şekil 5.29. Alüminyum ve çelik kollektörler kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklerin mukavemet değerleri

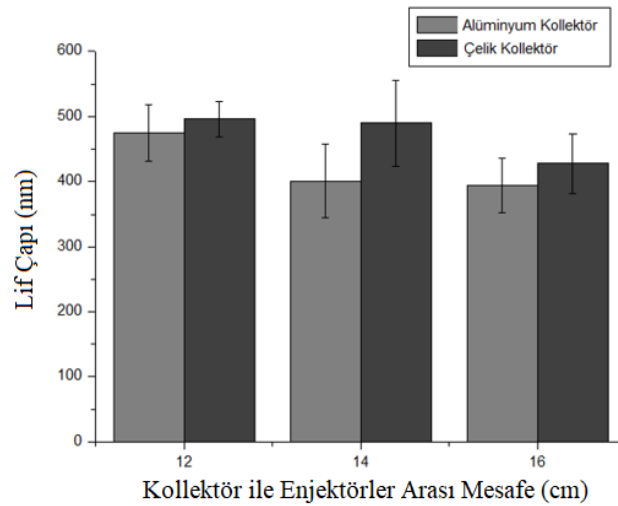
Çelik ve alüminyum kollektörler kullanılarak üretilen PAN nanolif ipliklerin mukavemetleri karşılaştırıldığında kopma kuvvetleri (EK 12 ve EK 14) ve iplik çapları (EK 5 ve EK 6) da göz önünde bulundurularak alüminyum kollektör kullanımı ile daha yüksek mukavemete sahip nanolif iplikler eğrilebileceği görülmektedir.

5.6.2. Aynı mesafede çelik ve alüminyum kollektör ile üretilen PVDF-HFP nanolif iplik özelliklerinin karşılaştırılması

SEM görüntülerinden elde edilen ölçüm sonuçlarına göre polimer besleme enjektörlerinin çelik ve alüminyum kollektöre 12, 14 ve 16 cm mesafede bulunduğu konumda elde edilen numunelerin nanolif iplik çapları Şekil 5.30'da ve lif çapları Şekil 5.31'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

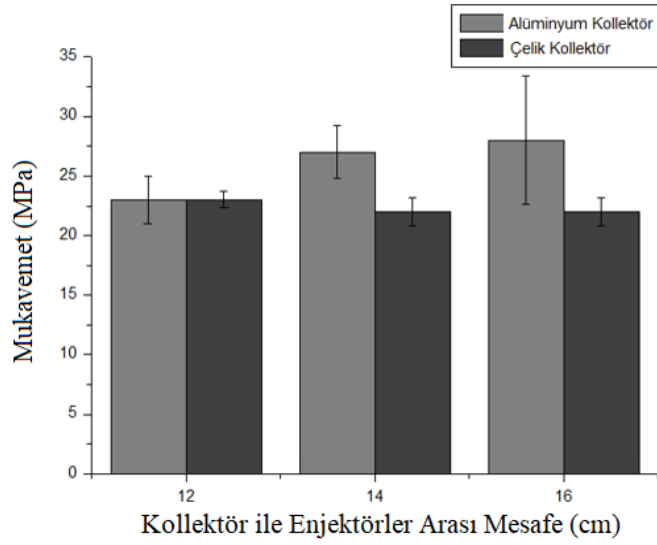


Şekil 5.30. Alüminyum ve çelik kollektörler kullanılarak üretilen PVDF-HFP nanolif iplik çapları



Şekil 5.31. Alüminyum ve çelik kollektörler kullanılarak üretilen PVDF-HFP nanolif çapları

12 cm mesafede alüminyum kollektör ile eğrilen PVDF-HFP nanolif iplikler çelik kollektör ile eğrilen ipliklere göre daha yüksek çapa sahip olduğu ve 14 ile 16 cm mesafelerde daha düşük çapta olduğu Şekil 5.30’da görülmektedir. 12 cm mesafede çelik kollektör ile eğrilen iplikler için nanoliflerin etkin bir şekilde iplik yapısına katılamaması alüminyum kollektör ile eğrilen ipliklere göre daha düşük çapta iplik eldesini açıklamaktadır. Şekil 5.31’de görülen lif çaplarına ait karşılaştırma ile birlikte 16 ve 18 cm mesafelerde üretilen iplikler ile yapılan karşılaştırmalar gerek azalan trendi gerekse alüminyum kollektör ile üretilen ipliklerin daha ince çapta olmasını desteklemektedir.



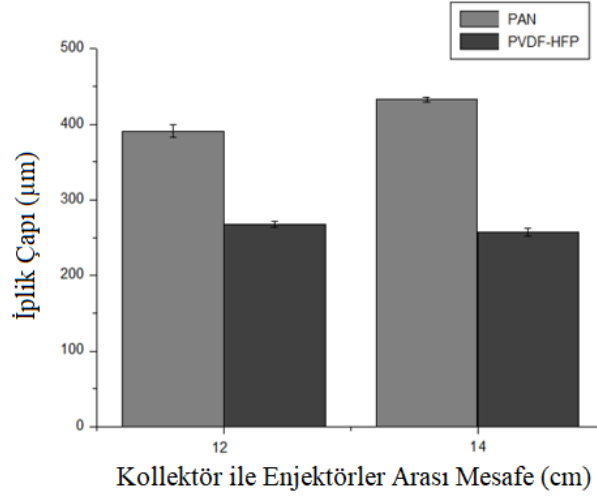
Şekil 5.32. Alüminyum ve çelik kollektörler kullanılarak üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklerin mukavemet değerleri

EK 13 ve EK 14’deki kopma kuvvetleri dikkate alındığında, mesafe artışına bağlı olarak iplik çapının iplik mukavemetini doğrudan etkilediği Şekil 5.32’de görülen mukavemet değerleriyle desteklenmektedir. Alüminyum kollektör ile üretilen PVDF-HFP nanolif ipliklerin mukavemet değerleri çelik kollektöre göre daha yüksek olmaktadır. 12 cm mesafede gözlenen mukavemet değerlerindeki eşitliğin iplik çapındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir.

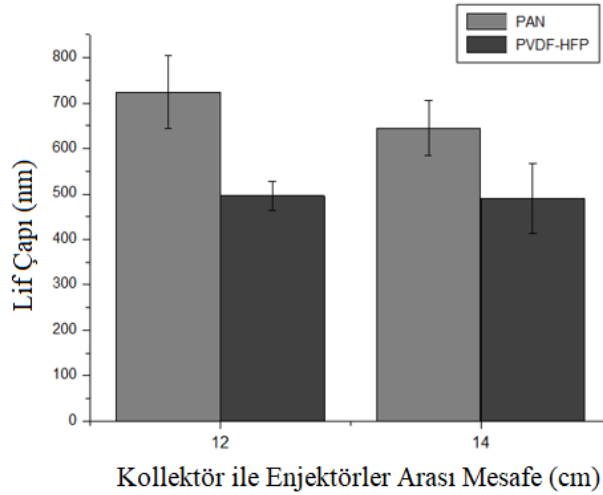
5.7. Polimer Malzeme Farkının Nanolif İplik Üretimindeki Etkisinin Analizi

5.7.1. Çelik kollektör ile üretilen PAN ve PVDF-HFP nanolif iplik özelliklerinin karşılaştırılması

Polimer besleme enjektörlerinin çelik kollektöre 12 ve 14 cm mesafede bulunduğu konumda elde edilen PAN ve PVDF-HFP numunelerin nanolif iplik çapları Şekil 5.32’de ve lif çapları Şekil 5.33’te karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



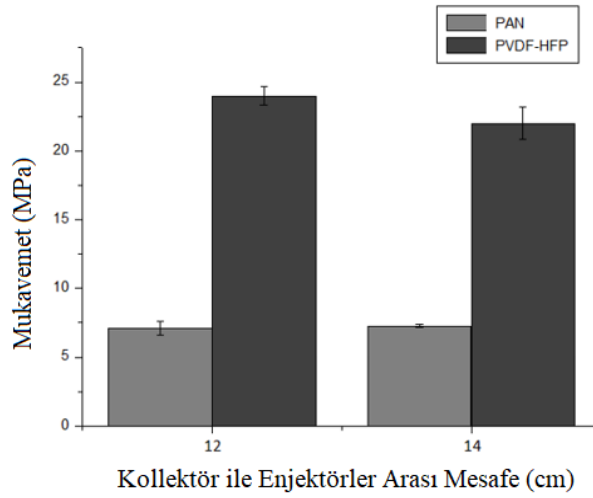
Şekil 5.33. Çelik kollektör kullanılarak üretilen PAN ve PVDF-HFP nanolif iplik çapları



Şekil 5.34. Çelik kollektör kullanılarak üretilen PAN ve PVDF-HFP nanolif çapları

Çelik kollektör kullanılarak 12 ve 14 cm mesafede yapılan deneyler sonunda elde edilen nanolif ipliklerden PVDF-HFP nanolif iplik ve lif çaplarının PAN nanolif iplik ve lif çaplarından daha ince olduğu Şekil 5.33 ve Şekil 5.34'te görülmektedir. Elektro lif çekim işleminde kullanılan malzemelerin dielektrik özelliği etkisi düşünüldüğünde Bölüm 4.1'de belirtilen; PVDF-HFP dielektrik katsayısının PAN'ın dielektrik katsayısına göre 3 kat fazla olmasına bağlı olarak Whipping kararsızlığı etkisi bu durumu açıklamaktadır. PVDF-HFP nanoliflerin PAN nanoliflere göre daha ince olması dolayısı ile PVDF-HFP nanolif ipliklerin çaplarının da PAN nanolif ipliklerden daha ince olduğu görülmektedir.

Polimer besleme enjektörlerinin çelik kollektöre 12 ve 14 cm mesafede bulunduğu konumda elde edilen PAN ve PVDF-HFP iplik numunelerin mukavemetleri Şekil 5.35'te karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

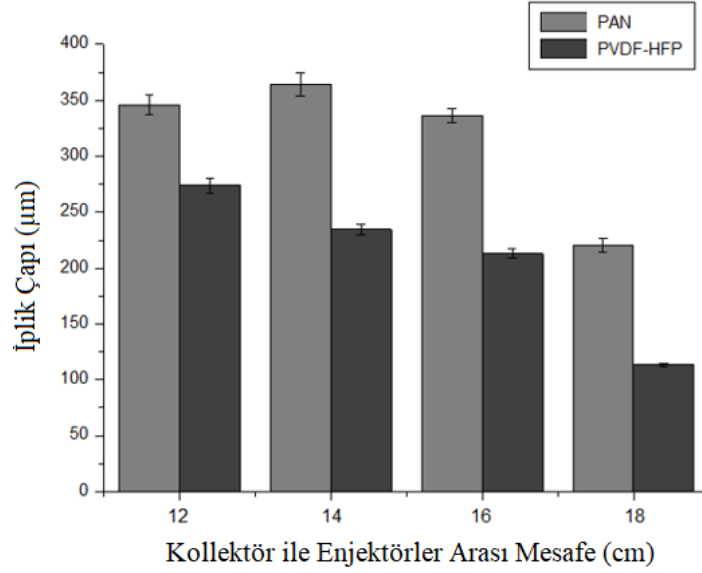


Şekil 5.35. Çelik kollektör kullanılarak üretilen PAN ve PVDF-HFP nanolif ipliklerin mukavemet değerleri

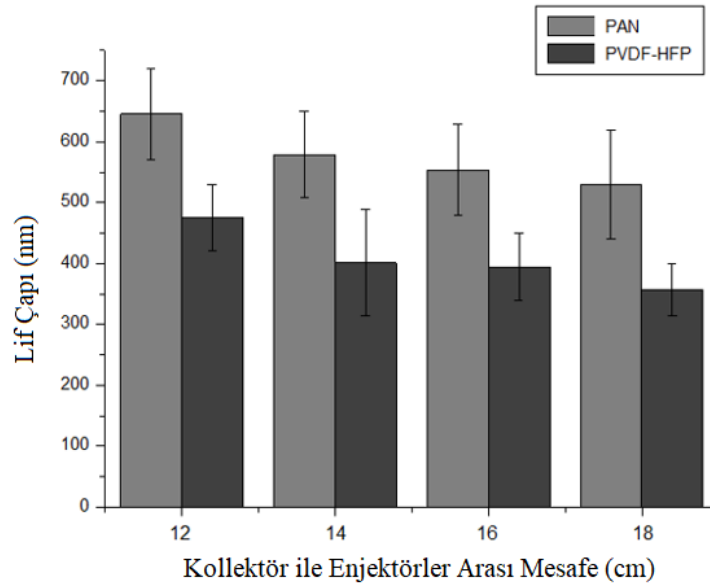
EK 13'te de görüldüğü gibi 12 cm mesafede PAN nanolif ipliğın PVDF-HFP nanolif ipliğe göre daha düşük kopma kuvvetine sahip olması yukarıda mukavemet grafikleri ile de desteklenen bir durumdur.

5.7.2. Alüminyum kollektör ile üretilen PAN ve PVDF-HFP nanolif özelliklerinin karşılaştırılması

Polimer besleme enjektörlerinin alüminyum kollektöre 12, 14, 16 ve 18 cm mesafede bulunduğu konumda elde edilen PAN ve PVDF-HFP numunelerin nanolif iplik Şekil 5.36’da ve bu ipliklere ait lif çapları Şekil 5.37’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



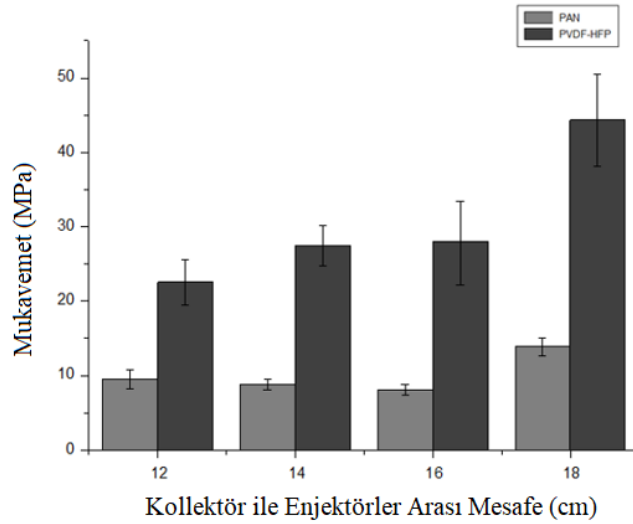
Şekil 5.36. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PAN ve PVDF-HFP nanolif iplik çapları



Şekil 5.37. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PAN ve PVDF-HFP nanolif çapları

Alüminyum kollektör kullanılarak 12, 14, 16 ve 18 cm mesafelerde yapılan deneyler sonunda her bir nanolif iplik üretim mesafesi için PAN nanolif iplik çaplarının PVDF-HFP nanolif iplik çaplarından daha ince olduğu gözlenmiştir. Bölüm 4.1’de de belirtildiği gibi PVDF-HFP dielektrik katsayısının PAN’ın dielektrik katsayısına göre 3 kat daha fazla olması ile kollektörde daha ince nanoliflerin toplanması ve dolayısıyla eğrilen nanolif ipliklerin iç yapısında daha ince çaplı liflerin sık yerleşime neden olduğu ve bu durumun göreceli olarak daha kompakt bir yapı gösterdiği düşünülmektedir.

Polimer besleme enjektörlerinin alüminyum kollektöre 12, 14, 16 ve 18 cm mesafelerde bulunduğu konumda elde edilen PAN ve PVDF-HFP iplik numunelerin mukavemetleri Şekil 5.38’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 5.38. Alüminyum kollektör kullanılarak üretilen PAN ve PVDF-HFP nanolif ipliklerin mukavemet değerleri

Alüminyum kollektör ile eğrilen PAN nanolif iplikler doğrusal olmayan bir trend göstermiş olsa bile iplik doğrusal yoğunluğunun (EK 2) ve kopma kuvvetlerindeki (EK 14) değişimin etkisi göz önüne alındığında 18 cm mesafe haricinde birbirine yakın mukavemet değerleri göstermektedir. Bununla birlikte kollektör ile enjektörler arası mesafede artışına bağlı olarak iplik çaplarındaki azalma sonucunda mukavemet grafiğinde artan trend gözlenmektedir.

6. SONUÇ VE DAHA SONRAKİ ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER

Sunulan tez çalışmasında, elektro lif çekim tekniği ile yüksek voltaj altında iki ayrı enjektörden sevk edilen polimer jetlerin konik bir kollektör yardımı ile toplanarak büküm verilmesi ve sarılması esasına dayanan bir eğirme sistemi üzerinde nanolif iplikler üretilmiştir. Bu kapsamda PAN ve PVDF-HFP olarak iki farklı polimer malzemedan farklı kollektör-enjektör mesafelerinde (10 cm, 12 cm, 14 cm, 16 cm ve 18 cm), çelik ve alüminyum olmak üzere iki farklı malzemedan üretilmiş kollektör kullanılarak nanolif iplikler eğrilmiştir. Bunun yanında PAN polimer ile alüminyum kollektör kullanılarak farklı kollektör-iplik kılavuzu mesafelerinde (17 cm, 20 cm ve 23 cm) iplikler eğrilmiş ve söz konusu bu parametrelerin iplik özelliklerine etkisi analiz edilmiştir. Ayrıca alüminyum kollektör kullanılarak PAN polimerinden eğrilen nanolif ipliklere ısı yaş işlem uygulanarak eğirme sonrası ard işlemin iplik özelliklerine etkisi incelenmiştir.

PAN ve PVDF-HFP nanolif iplik eğirme çalışmalarında ayrı ayrı hem alüminyum hem çelik kollektör kullanılarak 10 cm kollektör-enjektör arası mesafesinin eğirme işlemi için uygun bir mesafe olmadığı görülmüştür. PAN polimerinden çelik kollektör ile yapılan çalışmalarda 16 ve 18 cm kollektör-enjektör arası mesafede nanolif iplik oluşumu gözlenmezken 12 ve 14 cm mesafede iplik oluşumu gerçekleşmiştir. Kollektör-enjektör arası mesafenin artması ile iplik çaplarında artış görülmüştür. Lif çapları ise mesafe artışıyla azalmıştır. Alüminyum kollektör kullanılması durumunda ise 12, 14, 16 ve 18 cm mesafelerde nanolif iplikler eğrilebilmiştir. Eğrilen PAN nanolif iplik çaplarının çelik kollektör ile benzer şekilde kollektör-enjektör arası mesafe 12 cm'den 14 cm'e artırıldığında iplik çapının arttığı, lif çaplarının ise azaldığı görülmüştür. 14 cm sonrasında ise kollektör-enjektör mesafe artışı ile iplik ve lif çaplarının azaldığı gözlenmiştir. Çelik kollektör ile eğrilen ipliklerin kollektör-enjektör arası mesafenin artması ile mukavemet artarken alüminyum malzemedan üretilmiş kollektör ile eğrilen ipliklerin artan mesafe ile mukavemetinin azaldığı görülmüştür.

Farklı iplik kılavuzu mesafelerinde üretilen nanolif ipliklerin çapları karşılaştırıldığında ise 26 cm iplik kılavuzu mesafesinde sivrilmeye bağlı iplik oluşmadığı görülürken; 17, 20 ve 23 cm mesafelerde üretilen ipliklerin çaplarının ve kopma mukavemetlerinin farklılık sergilediği ve söz konusu farkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Öte yandan kollektör-iplik kılavuzu arası mesafenin lif çaplarına etkisinin olmadığı görülmüştür.

Yukarda belirtildiği üzere alüminyum kollektör kullanılarak eğrilen PAN nanolif iplikler ayrıca farklı sürelerde (5 dk, 10 dk, ve 15 dk) belli tansiyon altında ısıtılıp işleme tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, söz konusu süreler baz alındığında hem iplik inceliği, hem lif inceliği, hem de mukavemet bakımından optimum sürenin 10 dakika olduğu ve 15 dakika işlem süresinin ise iplik yapısında önemli derecede bozunmaya neden olduğu görülmüştür. İşleme tabi tutulmayan iplikler ile karşılaştırıldığında belli tansiyon altında ısıtılıp işleme görmüş PAN nanolif ipliklerin mukavemet değerlerinde önemli bir artış gözlenmiştir.

PVDF-HFP polimer malzemesinden çelik kollektör ile eğrilen ipliklerin kollektör-enjektör arası mesafeye bağlı iplik özellikleri incelendiğinde ise iplik çaplarının artan mesafe ile beraber azaldığı görülmektedir. Kollektör-enjektör arası mesafe artışıyla alüminyum kollektör ile eğrilen PVDF-HFP nanolif iplik ve lif çapları da azalma göstermiştir. PVDF-HFP nanolif ipliklerin mukavemet özellikleri incelendiğinde ise çelik kollektör ile eğrilen PVDF-HFP nanolif iplik mukavemeti kollektör-enjektör arası mesafe artışı ile azalırken, alüminyum kollektör ile eğrilen PVDF-HFP nanolif iplik mukavemetinin tam tersi arttığı gözlenmiştir.

Farklı malzemedен üretilen kollektörler ile PAN nanolif iplik ve lif çapları karşılaştırıldığında ise alüminyum kollektör ile daha ince iplik ve daha ince lif elde edildiği görülmüştür. Bunun yanında çalışma yapılan mesafelerde alüminyum kollektör ile üretilen PAN nanolif ipliklerin çelik kollektör ile üretilenlere göre daha yüksek mukavemete sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Farklı malzemedен üretilen kollektörler ile PVDF-HFP nanolif iplik ve lif çapları kıyaslandığında ise alüminyum kollektör ile üretilen ipliklerin 12 cm mesafe dışında daha ince olduğu görülmüştür. Farklı malzemeye sahip kollektörler ile eğrilen PVDF-HFP nanolif ipliklerin mukavemetleri kıyaslandığında, alüminyum kollektör ile üretilen ipliklerin daha yüksek mukavemete sahip oldukları görülmüştür.

Aynı tip kollektör ile farklı polimer malzemedен eğrilen nanolif ipliklerin özellikleri kıyaslandığında çelik kollektör ile eğrilen PVDF-HFP nanolif ipliklerin iplik ve lif çaplarının PAN nanolif ipliklere göre daha ince olduğu görülmüştür. Mukavemetlerine bakıldığında ise PVDF-HFP nanolif ipliklerin daha yüksek mukavemete sahip oldukları gözlenmiştir. Alüminyum kollektör ile eğrilen ipliklere bakıldığında PVDF-HFP nanolif ipliklerin PAN nanolif ipliklere göre hem iplik hem lif çaplarının daha ince olduğu görülmüştür. Mukavemetlerine bakıldığında ise çelik kollektör ile eğrilen nanolif ipliklerdeki sonuçlara benzer şekilde PVDF-HFP ipliklerin daha yüksek mukavemete sahip oldukları görülmektedir.

Daha sonraki çalışmalar için öneriler

Çalışmada elektro lif çekim yöntemi ile nanolif iplik eğirmede alüminyum ve çelik olmak üzere iki farklı kollektör malzemesinin etkisi incelenmiştir. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda daha farklı metal ve/veya iletkenlik değeri farklı malzemelerin kullanılması önerilmektedir.

Ayrıca PAN ve PVDF-HFP dışında farklı kimyasal ve fiziksel özelliklerde polimer malzemelerin kullanılması nanolif iplik konusunda yapılmış diğer çalışmalar ile kıyaslanabilirlik ve elde edilen nanolif ipliklerin uygulama alanını genişletmek açısından faydalı olabilir.

Öte yandan elde edilen nanolif ipliklere uygulanan ısıl yaş işlem yanında kuru ısı uygulamasının iplik özelliklerine etkisinin incelenmesi de önerilmektedir.

Yukarıdaki önerilere ilave olarak çalışmada eğrilen nanolif ipliklerden örme ya da dokuma yüzeyler elde edilerek özelliklerin incelenmesinin, bu konuda yapılmış bir çalışma olmadığı göz önüne alındığında önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Abbasipour M., Khajavi R. (2013). Nanofiber Bundles and Yarns Production by Electrospinning: A Review, *Advances in Polymer Technology*, 32(3).
- Ali U., Yaqiong Z., Xungai W., Tong L. (2011). Electrospinning of Continuous Nanofiber Bundles and Twisted Nanofiber Yarns. *Nanofibers - Production, Properties and Functional Applications*, ISBN:978-953-307-420-7, Intech, 153-174.
- Ali U., Zhou Y., Wang X., Lin T. (2012). Direct Electrospinning of Highly Twisted Continuous Nanofiber Yarns. *Journal of the Textile Institute*, 103:1, 80-88.
- Andrady A.L. (2008). *Science and Technology of Polymer Nanofibers*. Wiley Pres, New Jersey.
- Aslı M M, Gharehaghaji A, Johari M S (2010). Study on the Effects of Application of Surface Tension on the Structure of Electrospun Nanofiber Yarn. 7th International Conference TEXSCI, Czech Republic.
- Bazbouz M. B., Stylios G. (2008). Novel Mechanism for Spinning Continuous Twisted Composite Nanofiber Yarns. *Macromolecular Nanotechnology, European Polymer Journal*, Vol. 44(1), 1–12.
- Blonski S., Blasinski A., Kowalewski T.A. (2004), Electrospinning of Liquid Jets, XXI ICTAM Teorik ve Uygulamalı Mekanikler Kongresi, Polonya.
- Beypazar Ö. (2013). Nanolif Üretiminde Çap Kontrolü. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Bhardwaj N., Kundu S. (2010). Electrospinning: A Fascinating Fiber Fabrication Technique. *Biotechnology Advances*, 28: 325–347.
- Buchko C.J., Chen L.C., Shen Y., Martin D.C. (1999). Processing and Microstructural Characterization of Porous Biocompatible Protein Polymer Thin Films. *Polymer*, 40, 7397-7407.
- Buzol Mülayim B. (2019). Elektro Lif Çekim Tekniği ile Nanoliflerden İplik Eğirme Yönteminin Geliştirilmesi. Doktora Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Chen J. C., Harrison I.R. (2001), Modification of Polyacrylonitrile (PAN) Carbon Fiber Precursor via Post-Spinning Plasticization and Stretching in Dimethyl Formamide (DMF), *Carbon*, Vol. 40, 25–45.
- Cozza E., Monticelli O., Marsano E., Cebe P. (2013). On the Electrospinning of PVDF: Influence of the Experimental Conditions on the Nanofiber Properties. *Polymer Int*, 62: 41-48.
- Dabirian F., Hosseini Y. & Hosseini Ravandi S. A. (2007), Manipulation of the Electric Field of Electrospinning System to Produce Polyacrylonitrile Nanofiber Yarn, *The Journal of The Textile Institute*, 98(3): 237–241.

- Dabirian F., Hosseini Y. & Hosseini Ravandi S. A., Hashemi Sanatgar R., Hinestroza J. (2011). Manufacturing of Twisted Continuous PAN Nanofiber Yarn by Electrospinning Process, *Fibers and Polymers*, 12(5): 610-615.
- Deitzel J.M., Kleinmeyer J., Haris D. (2001). The Effect of Processing Variables on the Morphology of Electrospun Nanofibers and Textiles. *Polymer*, 42(1), 261–272.
- Demir A. (2007). Electrospinning Yöntemiyle Nanolif Üretim Teknolojisi, TÜBİTAK 104M414 Nolu Proje Raporu.
- Erkan G., Erdogan H. ve Kayacan O. (2005). Tekstil Sektöründe Nanoteknoloji Uygulamaları, Tekstil Teknolojileri ve Tekstil Makineleri Kongresi, Türkiye.
- Esrafilzadeh D., Jalili R., Morshed M. (2007), Crystalline Order and Mechanical Properties of As-Electrospun and Post-treated Bundles of Uniaxially Aligned Polyacrylonitrile Nanofiber, *Journal of Applied Polymer Science*, 110: 3014–3022.
- Gopal R., Kaur S., Ma Z., Chan C., Ramakhrisna S., Matsuura T. (2006). Electrospun Nanofibrous Filtration Membrane. *Journal of Membrane Science*, 281(1-2): 581-586.
- Göktepe F., Buzol Mülayim B. (2015), Electrospun Yarn Production by Use of Funnel Collector, 15 th Autex World Textile Conference 2015, Romania.
- Göktepe F., Buzol Mülayim B. (2015), Elektrik Alan Lif Çekimi (Electrospinning) ile Nanoliflerden İplik Üretim Yöntemleri, *Tekstil ve Mühendis*, 22:99: 51-67.
- Göktepe F., Buzol Mülayim B. (2015), Novel Approaches for Yarn Spinning by Electrospinning System, ITTC-6 Uluslararası Teknik Tekstiller Kongresi, Türkiye.
- Göktepe F, Şimşek G, Göktepe Ö, Çömlekçi S (2010). The Effect of Material and Thickness of Collector Electrode on Fiber Fineness in Electrospinning. *The Fiber Society Spring 2010 International Conference*, Turkey.
- Gümüş T. (2009). Design and Manufacture of Polymeric Nanofiber Membranes via Electrospinning Method. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Haghi, A. (2012). Instabilities in the Production of Electrospun Nanofibers, *Advances in Nanofiber Research*, 2: 83-92.
- Hohman M.M., Shin M., Rutledge G., Brenner M.P. (2001). Electrospinning and Electrically Forced Jets. I. Stability Theory, *Physics Of Fluids*, 13(8): 2201- 2220.
- Hongu T., Phillips G. O., Takigami M. (2005). *New Millennium Fibers*. Woodhead Publishing Limited, 273.
- Huang M.Z., Zhang Y.Z., Kotaki M., Ramakrishna, S. (2003). A Review On Polymer Nanofibers By Electrospinning And Their Applications In Nanocomposites. *Composites Science And Technology*, 63: 2223-2253.
- Jalili R., Morshed M., Hosseini Ravandi S.A. (2006), Fundamental Parameters Affecting Electrospinning of PAN Nanofibers as Uniaxially Aligned Fibers, *Journal of Applied Polymer Science*, 101: 4350–4357.

- Kataphinan. W. (2004). *Electrospinning and Potential Applications*, PhD Thesis, The Graduate Faculty Of The University Of Akron, Ohio.
- Kılıç A., Oruç F., Demir A. (2008). Effects of Polarity on Electrospinning Process. *Textile Research Journal*, 78(6): 532-539.
- Kılıç A. (2008). *Eriyikten Elektroüretim Yöntemiyle Polipropilen Nanolif Üretimi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Lam, H. L. (2004). *Electrospinning of Single Wall Carbon Nanotube Reinforced Aligned Fibrils and Yarns*, PhD Thesis, The Faculty Of Drexel University, Philadelphia
- Levitt A., Knittel C., Vallet R., Koerner M., Dion G., Schauer C. (2016). Investigation of Nanoyarn Preparation by Modified Electrospinning Setup. *Journal of Applied Polymer Science*, 134(19).
- Maleki H., Gharehaghaji A.A., Criscenti G., Moroni L., Dijkstra P.J. (2014), The Influence of the Process Parameters of Electrospun PLLA Yarns Studied by the Response Surface Methodology, *Journal of Applied Polymer Science*, 132(5).
- Maleki H., Gharehaghaji A.A., Dijkstra P.J. (2017), Electrospinning of Continuous Poly (L-lactide) Yarns: Effect of Twist on the Morphology, Thermal Properties and Mechanical Behavior, *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 71: 231–237.
- Manuel A., Rosa M., Riberio V., Maraschin M., Beatriz V. (2017), Effect of Collector Design on the Morphological Properties of Polycaprolactone Electrospun Fibers, *Materials Letters*, 193: 154-157.
- Marthur S., Singh M., (2008). *Nanostructured Materials and Nanotechnology*, Ceramic Engineering and Science Proceeding, , Electrospinning of Alumina Nanofibers, 28: 41.
- Mutlu G. (2014). *Doku Rejenerasyonunda Kullanılmak Üzere Etken Madde Yüklü Nanofibriler Yapıların Hazırlanması ve Karakterizasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Mo X.M., Xu C.Y., Kotaki M, Ramakrishna S. (2004). Electrospun P(LLA-CL) Nanofiber: A Biomimetic Extracellular Matrix for Smooth Muscle Cell and Endothelial Cell Proliferation. *Biomaterials*, 25: 1883-1890.
- Najjar R., Luo Y., Jao D., Brennan D., Xue Y ., Beachley V., Hu X., Xue W. (2017). Biocompatible Silk/Polymer Energy Harvesters Using Stretched Poly (vinylidene fluoride-cohexafluoropropylene) (PVDF-HFP) Nanofibers. *Polymers*, 9: 479.
- Oflaz K. (2016). *Manyetik Nanofiber Membranlar.*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Özkoç Ü. (2010). *Experimental Investigation of Optimal Spinning Parameters for Nanofibers*. Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.

- Pan H., Li L., Hu L., Cui X. (2006), Continuous Aligned Polymer Fibers Produced by a Modified Electrospinning Method, *Polymer*, 47: 4901-4904.
- Park S., Park K., Yoon H., Son J, Min T., Kim G. (2007), Apparatus for Preparing Electrospun Nanofibers: Designing an Electrospinning Process for Nanofiber Fabrication, *Polymer International*, 56: 1361–1366.
- Ramakrishna S., Fujihara K., Teo W.E., Yong T., Ma Z. (2005). An Introduction to Electrospinning and Nanofibers. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapur, 382.
- Ramakrishna S., Fujihara K., Teo W., Yong T., Ma Z., Ramaseshan R. (2006), Electrospun Nanofibers: Solving Global Issues. *Materials Today*, 9(3): 40-50.
- Ribeiro C., Sencadas V., Ribelles J., Méndez S. (2010). Influence of Processing Conditions on Polymorphism and Nanofiber Morphology of Electroactive Poly(vinylidene fluoride) Electrospun Membranes. *Soft Materials*, 8: 274-287.
- Satcher M.R. (2006). De-bottlenecking the Electrospinning Process Using Superparamagnetic Particles. M.Sc. Thesis, Graduate Faculty of North Carolina State University, Raleigh.
- Schneider H.E., Steuber J. G., Du W., Mortazavi M., Bullock D. W. (2016), Polyethylene Oxide Nanofiber Production by Electrospinning, *Journal of the Arkansas Academy of Science*, 70: 35.
- Shuakat M.N., Lin T. (2016), Direct Electrospinning of Nanofibre Yarns Using a Rotating Ring Collector, *The Journal of Textile Institute*, 107(6).
- Smit E., Buttner U., Sanderson R. D. (2007). Continuous Yarns from Electrospun Nanofibers, *Nanofibers and Nanotechnology in Textiles*, Woodhead Publishing Limited, 45-71.
- Son W.K., Youk J.H., Lee T.S., Park W.H. (2005). Effect Of Ph On Electrospinning Of Poly(Vinyl Alcohol), *Materials Letters*, 59: 1571–1575.
- Subbiah T., Bhat G.S., Tock R.W., Parameswaran S., Ramkumar S.S., (2005). Electrospinning of Nanofibers, *Journal of Applied Polymer Science*, 96: 557-569.
- Supaphol P., Mit-Uppatham C., Nithitanakul M. (2005). Ultrafine Electrospun Polyamide-6 Fibers: Effect of Emitting Electrode Polarity on Morphology and Average Fiber Diameter, *Journal of Polymer Science Part B-Polymer Physics*, 43(24), 3699-3712.
- Süslü A. (2009). Elektro-Eğirme Yöntemi ile Nanofiber ve Nanotüp Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Şahintürk Y. (2010). Poliakriloninril Bazlı Nanoelyafların Rlektroeğirme Yöntemi ile Üretimi ve Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tao, J. (2003). Effects of Molecular Weight and Solution Concentration on Electrospinning of PVA. M.Sc. Thesis, Worcester Polytechnic Institute, Massachusetts.

- Üstün A. (2011). Hava Filtrasyonu İçin Nanolif Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Üstündağ G. C. (2009). Elektrosinning Yöntemi ile Biyomedikal Kullanıma Yönelik Nanolif Yüzey Üretimi ve Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Vaquette C., White J. (2011). Increasing Electrospun Scaffold Pore Size with Tailored Collectors for Improved Cell Penetration. *Acta Biomaterialia*, 7: 2544–2557.
- Wang X., Zhang K., Zhu M., Hsiao B., Chu B. (2008). Enhanced Mechanical Performance of Self-Bundled Electrospun Fiber Yarns via Post-Treatments. *Macromolecular Rapid Communication*, 29: 826–831.
- Wu S, Zhang Y, Liu P, Qin X (2014). Polyacrylonitrile Nanofiber Yarns And Fabrics Produced Using A Novel Electrospinning Method Combined With Traditional Textile Techniques. *Textile Research Journal*, 86(16): 1716–1727.
- Xie Z. (2013), Polyacrylonitrile Nanofibre Yarn; Electrospinning and Their Post-Drawing Behavior, M.Sc. Thesis, Deakin University, Victoria.
- Yee W., Kotaki M., Liu Y., Lu X. (2007). Morphology Polymorphism Behavior and Molecular Orientation of Electrospun Poly(Vinylidene fluoride) Fibers. *Polymer*, 48: 512-521.
- Zhao S.L., Wu X.H., Wang L.G., Huang Y. (2004). Electrospinning of Ethyl-cyanoethyl cellulose/tetrahydrofuran Solutions. *Journal of Applied Polymer Science*, 91(1), 242-246.
- Zhong X.H., Kim K.S., Fang D.F., Ran S.F., Hsiao B.S., Chu B. (2002). Structure and Process Relationship of Electrospun Bioabsorbable Nanofiber Membranes. *Polymer*, 43: 4403-4412.
- Zhou Z., Wu F. (2015). Electrospinning Superhydrophobic–Superoleophilic Fibrous PVDF Membranes for High-Efficiency Water–Oil Separation. *Materials Letters*, 160: 423–427.
- Zhou Y., He J., Wang H., Qi K. & Cui S. (2016). Continuous Nanofiber Coated Hybrid Yarn Produced by Multi-Nozzle Air Jet Electrospinning, *The Journal of Textile Institute*, 108: 1-5.

8. EKLER

EK 1: Çelik Kollektör ile Üretilen İpliklere Ait Doğrusal Yoğunluk (Tex) Değerleri

Ölçüm No	Polimer				
	PAN		PVDF-HFP		
	Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)				
	12	14	12	14	16
1	42	42	77	69	51
2	41	43	78	70	52
3	40	43	78	68	51
4	41	44	77	71	51
5	42	44	77	73	50
Ortalama	41	43	77	70	51
Std. Sapma	0,7	0,8	0,5	1,8	0,5

EK 2: Alüminyum Kollektör ile Üretilen İpliklere Ait Doğrusal Yoğunluk (Tex) Değerleri

Ölçüm No	Polimer							
	PAN				PVDF-HFP			
	Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)							
	12	14	16	18	12	14	16	18
1	38	41	32	19	68	68	47	9
2	38	42	30	18	71	58	44	9
3	39	40	32	23	76	78	46	9
4	41	41	32	20	75	56	41	9
5	41	42	31	20	75	61	43	9
Ortalama	39	41	31	20	73	64	44	9
Std. Sapma	1,4	1,0	0,8	2,1	3,5	9,0	2,6	0,2

EK 3: Farklı İplik Kılavuzu Mesafelerinde Üretilen İpliklere Ait Doğrusal Yoğunluk (Tex) Değerleri

Ölçüm No	Polimer		
	PAN		
	Kollektör ile İplik Kılavuzu Arası Mesafe (cm)		
	17	20	23
1	34	44	38
2	50	44	38
3	51	45	39
4	53	43	41
5	50	46	41
Ortalama	47	44	39
Std. Sapma	7,8	1,0	1,4

EK 4: Farklı Ard İşlem Sürelerinde Üretilen İpliklere Ait Doğrusal Yoğunluk (Tex) Değerleri

Ölçüm No	Polimer		
	PAN		
	İşlem Süresi (dk)		
	5	10	15
1	20	17	15
2	18	15	14
3	14	15	14
4	17	14	14
5	17	15	14
Ortalama	17	15	14
Std. Sapma	1,9	1,0	0,4

EK 5: Çelik Kollektör ile Üretilen İpliklere Ait İplik Çapları (μm)

Ölçüm no	Polimer				
	PAN		PVDF-HFP		
	Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)				
	12	14	12	14	16
1	387,29	435,43	415,17	265,18	233,04
2	395,47	431,18	423,94	258,93	219,65
3	403,64	431,04	432,70	261,61	226,79
4	396,39	431,18	424,93	257,16	226,79
5	395,48	431,04	423,96	258,04	220,56
6	408,20	437,86	437,59	259,83	223,21
7	394,58	428,58	422,99	259,83	224,11
8	397,29	432,04	425,89	260,71	228,11
9	395,48	432,04	423,96	254,46	221,46
10	397,28	433,11	425,88	241,98	233,93
11	399,10	430,74	427,83	257,16	225,93
12	385,47	431,81	413,22	253,63	227,69
13	393,65	433,11	421,99	255,44	225,90
14	387,29	433,11	415,17	253,63	233,95
15	401,83	434,20	430,76	249,15	239,29
16	408,92	436,35	438,36	254,50	236,61
17	400,05	431,81	428,85	252,88	237,56
18	402,19	430,74	431,15	250,23	238,81
19	411,82	433,11	441,48	253,65	238,68
20	401,83	437,23	430,76	249,11	238,68
21	397,29	437,86	425,89	255,36	226,39
22	382,74	434,41	410,30	256,25	220,05
23	384,66	435,49	412,36	256,25	221,58
24	386,45	436,35	414,27	252,74	223,73
25	380,01	431,50	407,37	253,63	216,06

(EK 5 Devam)

26	395,48	437,65	423,96	256,25	215,29
27	385,47	428,58	413,22	258,04	200,58
28	405,49	439,37	434,68	258,95	203,89
29	385,47	429,67	413,22	262,55	203,11
30	380,03	437,00	407,39	255,36	207,21
31	375,46	435,93	402,49	261,63	191,96
32	395,44	426,86	423,92	256,25	199,83
33	380,87	437,44	408,29	253,61	211,08
34	380,49	431,78	407,88	250,90	211,96
35	376,26	439,81	403,35	254,46	210,75
36	377,29	427,51	404,46	257,14	214,40
37	378,29	435,49	405,52	262,50	211,80
38	392,76	435,71	421,04	260,73	213,76
39	380,77	427,07	408,18	259,83	213,49
40	388,19	432,90	416,14	259,83	225,09
41	390,45	425,56	418,57	267,86	210,36
42	385,50	434,84	413,26	265,51	213,39
43	382,74	435,06	410,30	269,46	212,33
44	397,28	438,30	425,88	271,08	210,90
45	398,19	428,37	426,86	263,66	235,74
46	380,01	436,58	407,37	257,14	199,83
47	383,68	438,95	411,31	258,93	198,93
48	400,22	435,49	429,03	256,25	211,56
49	397,56	437,65	426,18	251,79	208,20
50	397,81	432,90	426,45	260,73	211,26
Ortalama	391,71	433,55	419,91	257,43	219,10
Std. Sapma	9,40	3,50	10,08	5,37	12,21

EK 6: Çelik Kollektör ile Üretilen İpliklere Ait Lif Çapları (nm)

Ölçüm no	Polimer				
	PAN		PVDF-HFP		
	Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)				
	12	14	12	14	16
1	843,03	661,73	680,92	563,53	432,09
2	830,94	661,73	680,92	568,06	468,35
3	799,21	840,01	864,37	616,41	397,34
4	719,14	741,80	763,32	548,42	386,77
5	843,03	697,99	718,23	611,87	353,53
6	687,42	707,06	727,56	501,59	386,77
7	611,87	616,41	634,28	503,10	503,10
8	741,80	648,13	666,93	510,65	306,69
9	611,87	672,31	691,80	598,28	432,09
10	870,22	581,66	598,53	515,18	309,71
11	808,28	616,41	634,28	548,42	367,12
12	787,13	596,77	614,07	420,00	494,03
13	619,43	586,19	603,19	433,60	468,35
14	740,29	694,97	715,12	559,00	433,60
15	611,87	595,26	612,52	468,35	460,79
16	758,42	539,36	555,00	433,60	484,97
17	719,14	708,57	729,11	468,35	460,79
18	682,88	723,67	744,66	433,60	468,35
19	776,55	691,95	712,01	548,42	450,22
20	870,22	489,50	503,70	548,42	326,33
21	595,26	534,82	550,33	489,50	370,15
22	663,24	723,67	744,66	353,53	445,69
23	755,40	648,13	666,93	468,35	409,43
24	738,78	675,33	694,91	483,46	518,21
25	723,67	524,25	539,45	468,35	460,79

(EK 6 Devam)

26	799,21	651,16	670,04	661,73	401,87
27	684,39	672,31	691,80	376,19	454,75
28	568,06	610,36	628,06	386,77	489,50
29	611,87	616,41	634,28	359,57	489,50
30	697,99	602,81	620,29	468,35	420,00
31	723,67	640,58	659,16	628,49	439,64
32	865,69	539,36	555,00	450,22	332,38
33	750,87	620,94	638,95	468,35	332,38
34	661,73	586,19	603,19	568,06	474,39
35	827,92	590,72	607,85	697,99	460,79
36	764,47	678,35	698,02	438,13	359,57
37	883,82	690,44	710,46	595,26	309,71
38	747,85	559,00	575,21	472,88	438,13
39	568,06	714,61	735,33	509,14	454,75
40	611,87	762,96	785,08	356,55	347,48
41	788,64	687,42	707,35	439,64	457,77
42	598,28	651,16	670,04	389,79	468,35
43	889,86	611,87	629,62	433,60	401,87
44	684,39	580,15	596,97	409,43	483,46
45	728,21	762,96	785,08	359,57	459,28
46	719,14	669,29	688,69	559,00	481,95
47	687,42	723,67	744,66	421,51	450,22
48	614,90	636,05	654,49	614,90	450,22
49	750,87	611,87	629,62	445,69	475,90
50	598,28	611,87	629,62	370,15	475,90
Ortalama	724,73	645,20	663,91	490,85	428,10
Std. Sapma	90,43	69,33	71,34	86,05	56,97

EK 7: Alüminyum Kollektör ile Üretilen İpliklere Ait İplik Çapları (µm)

Ölçüm no	Polimer							
	PAN				PVDF-HFP			
	Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)							
	12	14	16	18	12	14	16	18
1	350,00	355,05	344,98	213,68	289,29	240,18	216,08	111,61
2	343,78	350,40	341,87	215,64	283,04	238,40	212,50	115,18
3	350,00	348,07	340,32	212,06	282,14	234,83	212,56	114,29
4	354,49	343,42	333,34	218,25	283,93	238,53	211,65	113,40
5	357,30	348,08	330,25	212,11	281,25	241,10	204,46	112,50
6	344,65	360,47	341,87	222,15	279,48	239,33	209,83	111,63
7	352,68	368,23	340,32	217,56	278,58	237,50	207,15	110,71
8	345,65	364,35	343,42	215,94	280,36	235,71	213,39	111,61
9	349,94	368,23	339,55	216,48	283,04	235,78	210,79	109,83
10	347,65	360,47	330,25	219,19	280,36	232,15	221,58	115,18
11	357,15	376,75	336,44	221,78	293,84	232,15	208,98	114,29
12	353,23	375,21	334,12	218,43	288,43	240,20	212,56	113,39
13	352,71	369,79	334,12	212,15	282,60	244,65	216,96	114,31
14	343,09	369,79	335,67	211,62	279,78	232,15	210,75	113,40
15	354,69	362,81	335,67	212,05	273,33	242,96	209,85	113,43
16	339,08	379,86	336,44	218,11	269,65	239,33	210,71	112,50
17	356,25	384,51	332,57	218,97	275,00	243,75	214,29	110,71
18	344,21	378,30	332,57	212,15	272,33	241,08	214,29	113,40
19	342,23	376,75	334,89	218,65	275,00	240,29	217,90	110,71
20	332,15	383,73	335,67	212,70	268,80	234,84	218,75	113,39
21	354,48	372,11	342,64	215,94	268,75	233,04	225,00	112,54
22	356,25	372,88	336,44	212,09	268,76	233,04	210,79	115,18
23	353,58	374,43	331,79	222,33	274,13	233,04	209,91	113,39
24	354,65	370,56	330,25	221,90	266,96	233,04	216,08	113,39
25	349,65	365,90	328,71	218,11	266,13	236,61	209,91	113,39

(EK 7 Devam)

26	349,11	357,38	344,19	217,13	272,33	232,15	215,19	115,18
27	347,33	365,13	334,89	209,77	267,86	241,08	220,54	114,29
28	356,28	359,70	339,55	215,72	267,86	235,71	212,51	114,29
29	362,51	362,03	340,32	216,27	268,75	237,25	214,31	115,19
30	355,38	362,03	336,44	219,84	268,75	234,89	210,71	111,61
31	345,54	354,28	341,10	226,22	267,86	228,60	208,93	114,34
32	336,64	365,13	334,12	223,52	272,33	227,70	216,96	111,66
33	333,05	362,81	325,59	221,68	272,33	232,15	211,61	112,59
34	333,05	365,90	329,47	222,34	266,10	230,36	214,34	113,48
35	320,60	365,13	332,57	224,71	268,75	229,51	211,63	111,00
36	337,51	365,90	342,64	224,06	275,00	230,40	216,11	113,39
37	336,63	370,56	347,30	220,27	274,16	228,60	213,40	116,96
38	331,49	370,56	344,98	224,06	275,09	228,64	217,86	111,62
39	332,41	374,43	343,43	227,19	272,41	229,68	214,29	110,71
40	340,44	376,75	334,89	228,93	275,91	235,76	223,33	110,71
41	337,61	371,33	341,87	225,14	267,86	236,61	209,83	114,29
42	343,15	369,00	349,62	230,66	267,01	232,14	208,95	114,29
43	342,14	360,48	344,19	229,91	270,55	234,83	203,58	115,19
44	345,70	348,85	338,00	230,01	268,15	230,36	210,73	113,41
45	351,79	348,85	328,70	228,50	267,09	233,04	211,73	116,09
46	356,26	347,30	327,14	228,39	268,79	230,36	207,16	115,18
47	337,51	352,72	326,37	228,28	267,91	225,90	212,50	115,19
48	342,86	351,17	327,18	226,77	270,59	229,48	213,41	116,08
49	342,86	348,85	330,25	225,14	265,18	228,61	206,31	116,08
50	335,79	358,15	326,37	226,22	265,18	225,01	215,18	116,08
Ortalama	345,86	364,29	336,30	220,21	273,77	234,44	212,95	113,44
Std. Sapma	8,86	10,35	6,10	5,87	6,96	4,80	4,40	1,74

EK 8: Alüminyum Kollektör ile Üretilen İpliklere Ait Lif Çapları (nm)

Ölçüm no	Polimer							
	PAN				PVDF-HFP			
	Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)							
	12	14	16	18	12	14	16	18
1	636,05	629,23	645,79	432,03	456,12	410,94	413,97	471,17
2	719,14	556,98	459,13	438,06	499,77	509,14	418,49	289,03
3	648,13	578,05	516,33	433,54	352,25	549,93	359,78	286,02
4	640,58	508,81	584,07	609,66	575,04	611,87	472,68	394,40
5	719,14	630,74	584,07	432,03	430,53	395,83	403,43	358,27
6	820,37	618,70	609,66	566,01	430,53	543,89	331,18	359,78
7	697,99	603,64	516,33	687,94	513,32	407,92	448,59	358,27
8	663,24	508,81	559,99	645,79	487,73	395,83	320,64	376,34
9	687,42	529,88	522,35	436,55	466,66	433,60	380,85	388,38
10	690,44	687,94	487,73	532,89	501,28	510,65	382,36	352,25
11	539,36	573,54	352,25	645,79	436,55	503,10	380,85	331,18
12	697,99	502,78	609,66	639,77	444,08	397,34	358,27	385,37
13	694,97	636,76	502,78	645,79	481,71	300,65	453,11	331,18
14	682,88	579,56	466,66	508,81	487,73	359,57	471,17	296,55
15	687,42	736,11	444,08	608,16	481,71	359,57	406,44	335,69
16	648,13	587,08	633,75	566,01	394,40	362,59	368,81	409,45
17	648,13	645,79	559,99	581,06	400,42	433,60	453,11	326,66
18	611,87	626,22	578,05	614,18	559,99	468,35	516,33	322,14
19	580,15	484,72	433,54	620,20	507,30	509,14	400,42	322,14
20	602,81	541,92	584,07	516,33	394,40	395,83	419,99	287,52
21	540,87	701,49	480,20	538,91	433,54	395,83	368,81	394,40
22	790,15	541,92	499,77	466,66	502,78	568,06	388,38	322,14
23	581,66	537,41	608,16	495,26	394,40	359,57	430,53	394,40
24	758,42	541,92	561,49	478,70	547,95	457,77	423,00	289,03
25	687,42	627,73	546,44	487,73	522,35	389,79	316,12	325,15

(EK 8 Devam)

26	562,02	522,35	510,31	487,73	541,92	439,64	368,81	331,18
27	640,58	559,99	578,05	641,28	537,41	299,14	406,44	308,60
28	719,14	489,24	645,79	487,73	579,56	273,46	359,78	331,18
29	640,58	578,05	487,73	388,38	453,11	290,07	304,08	352,25
30	636,05	650,31	675,90	507,30	471,17	339,93	314,62	394,40
31	580,15	639,77	659,34	635,26	516,33	616,41	513,32	358,27
32	575,62	529,88	430,53	596,12	498,27	323,31	457,62	432,03
33	716,12	487,73	556,98	404,94	532,89	367,12	320,64	325,15
34	734,25	638,27	584,07	513,32	466,66	395,83	353,76	279,99
35	409,43	466,66	635,26	721,06	438,06	326,33	483,22	380,85
36	687,42	507,30	659,34	466,66	559,99	339,93	432,03	355,26
37	691,95	579,56	448,59	478,70	444,08	252,30	394,40	416,98
38	655,69	716,54	609,66	635,26	541,92	401,87	453,11	416,98
39	481,95	591,60	537,41	459,13	466,66	353,53	304,08	286,02
40	649,64	618,70	584,07	251,39	430,53	332,38	380,85	358,27
41	619,43	706,01	680,42	513,32	456,12	386,77	392,89	400,42
42	719,14	466,66	513,32	499,77	444,08	370,15	361,28	392,89
43	636,05	561,49	636,76	513,32	508,81	377,70	304,08	358,27
44	678,35	669,88	615,69	513,32	466,66	361,08	448,59	395,91
45	586,19	466,66	621,71	498,27	448,59	397,34	430,53	394,40
46	575,62	487,73	609,66	578,05	400,42	445,69	358,27	404,94
47	534,82	660,85	471,17	532,89	368,81	468,35	400,42	362,79
48	610,36	532,89	448,59	541,92	508,81	323,31	423,00	385,37
49	628,49	563,00	538,91	447,09	487,73	252,30	350,75	337,20
50	619,43	516,33	579,56	538,91	513,32	287,05	310,10	364,29
Ortalama	645,26	578,50	553,30	529,58	475,68	401,02	394,27	356,61
Std. Sapma	75,17	71,29	75,03	88,41	53,98	87,47	54,98	43,43

EK 9: Farklı İplik Kılavuzu Mesafelerinde Üretilen İpliklere Ait İplik Çapları (μm)

Ölçüm no	Polimer		
	PAN		
	Kollektör ile İplik Kılavuzu Arası Mesafe (cm)		
	17	20	23
1	351,95	392,60	350,00
2	354,28	394,41	343,78
3	353,49	397,13	350,00
4	351,18	401,10	354,49
5	352,72	403,46	357,30
6	364,39	400,75	344,65
7	355,95	398,94	352,68
8	361,85	406,36	345,65
9	355,21	394,06	349,94
10	357,45	402,37	347,65
11	356,42	397,13	357,15
12	355,51	394,41	353,23
13	354,61	398,94	352,71
14	350,09	405,27	343,09
15	350,09	397,13	354,69
16	350,09	394,41	339,08
17	363,65	405,45	356,25
18	352,80	395,33	344,21
19	342,84	403,46	342,23
20	369,09	399,84	332,15
21	372,71	394,41	354,48
22	370,90	392,60	356,25
23	373,61	395,34	353,58
24	357,33	390,79	354,65
25	355,88	389,89	349,65

(EK 9 Devam)

26	358,78	397,13	349,11
27	362,58	387,17	347,33
28	356,24	384,46	356,28
29	364,56	383,56	362,51
30	355,88	384,47	355,38
31	368,17	394,41	345,54
32	350,44	390,07	336,64
33	368,17	388,98	333,05
34	357,32	386,99	333,05
35	356,60	384,46	320,60
36	360,94	405,27	337,51
37	367,27	407,26	336,63
38	367,27	403,46	331,49
39	356,97	398,94	332,41
40	368,00	392,60	340,44
41	340,13	395,31	337,61
42	341,59	402,74	343,15
43	350,63	394,96	342,14
44	345,57	405,99	345,70
45	341,77	402,56	351,79
46	342,46	394,41	356,26
47	353,71	390,79	337,51
48	352,44	388,08	342,86
49	350,99	391,51	342,86
50	341,06	388,98	335,79
Ortalama	356,27	395,80	345,86
Std. Sapma	8,59	6,48	8,86

EK 10: Farklı İplik Kılavuzu Mesafelerinde Üretilen İpliklere Ait Lif Çapları (nm)

Ölçüm no	Polimer		
	PAN		
	Kollektör ile İplik Kılavuzu Arası Mesafe (cm)		
	17	20	23
1	707,06	608,16	636,05
2	864,18	689,45	719,14
3	648,13	612,67	648,13
4	791,66	612,67	640,58
5	648,13	687,94	719,14
6	483,46	578,05	820,37
7	697,99	666,87	697,99
8	874,75	588,59	663,24
9	661,73	543,43	687,42
10	687,42	436,55	690,44
11	682,88	578,05	539,36
12	611,87	559,99	697,99
13	697,99	532,89	694,97
14	663,24	618,70	682,88
15	756,91	635,26	687,42
16	728,21	724,07	648,13
17	614,90	672,89	648,13
18	549,93	626,22	611,87
19	593,75	508,81	580,15
20	682,88	638,27	602,81
21	548,42	731,60	540,87
22	719,14	695,47	790,15
23	483,46	754,18	581,66
24	620,94	645,79	758,42
25	562,02	614,18	687,42

(EK 10 Devam)

26	610,36	716,54	562,02
27	534,82	653,32	640,58
28	690,44	659,34	719,14
29	593,75	681,92	640,58
30	719,14	529,88	636,05
31	747,85	645,79	580,15
32	539,36	596,12	575,62
33	796,19	788,80	716,12
34	611,87	614,18	734,25
35	590,72	721,06	409,43
36	619,43	684,93	687,42
37	539,36	566,01	691,95
38	539,36	626,22	655,69
39	815,83	537,41	481,95
40	764,47	618,70	649,64
41	747,85	645,79	619,43
42	694,97	575,04	719,14
43	769,00	578,05	636,05
44	562,02	537,41	678,35
45	684,39	559,99	586,19
46	598,28	626,22	575,62
47	827,92	653,32	534,82
48	648,13	692,46	610,36
49	619,43	674,39	628,49
50	577,13	635,26	619,43
Ortalama	660,46	627,57	645,26
Std. Sapma	95,74	68,51	75,17

EK 11: Farklı Ard İşlem Sürelerinde Üretilen İpliklere Ait İplik Çapları (µm)

Ölçüm no	Polimer		
	PAN		
	İşlem Süresi (dk)		
	5	10	15
1	265,15	184,33	166,08
2	264,96	187,57	166,08
3	266,51	182,71	161,61
4	255,42	179,47	159,86
5	267,58	183,79	162,54
6	265,95	184,33	166,09
7	272,31	182,17	162,50
8	270,96	181,63	163,40
9	274,61	175,68	166,14
10	275,02	173,52	161,63
11	242,58	177,30	155,36
12	242,58	183,25	162,51
13	243,25	177,84	158,05
14	252,72	181,63	158,08
15	265,56	178,39	160,74
16	258,79	181,09	152,73
17	259,47	183,25	155,53
18	243,25	179,46	150,03
19	262,86	182,71	156,41
20	248,66	183,79	164,44
21	258,81	178,92	154,46
22	241,91	178,39	159,83
23	260,82	175,14	159,83
24	250,69	176,23	156,28
25	245,96	174,11	158,04

(EK 11 Devam)

26	265,56	176,22	156,26
27	269,88	175,68	158,05
28	254,06	182,71	162,54
29	259,47	181,63	166,08
30	243,94	181,09	166,96
31	247,31	175,14	164,29
32	247,98	172,98	166,08
33	231,77	172,44	167,86
34	233,12	177,84	172,33
35	235,82	176,22	170,54
36	243,93	173,20	170,65
37	232,44	171,58	167,90
38	234,47	172,87	170,58
39	242,58	168,65	167,00
40	243,93	168,11	165,30
41	247,31	171,89	163,41
42	256,77	169,19	162,56
43	247,31	170,27	162,51
44	254,07	169,74	166,08
45	248,66	174,49	163,44
46	250,01	169,31	158,94
47	241,23	171,89	157,15
48	230,41	167,59	162,50
49	236,50	169,94	157,15
50	241,23	174,71	159,83
Ortalama	251,92	176,84	162,08
Std. Sapma	12,33	5,21	4,95

EK 12: Farklı Ard İşlem Sürelerinde Üretilen İpliklere Ait Lif Çapları (nm)

Ölçüm no	Polimer		
	PAN		
	İşlem Süresi (dk)		
	5	10	15
1	611,87	468,35	489,50
2	515,18	376,19	477,41
3	568,06	501,59	439,64
4	515,18	549,93	548,42
5	563,53	468,35	491,01
6	515,18	481,95	504,61
7	510,65	468,35	539,36
8	610,36	450,22	433,60
9	531,80	598,28	409,43
10	518,21	409,43	359,57
11	628,49	356,55	518,21
12	518,21	489,50	531,80
13	515,18	549,93	492,52
14	435,11	450,22	530,29
15	562,02	433,60	489,50
16	643,60	543,89	457,77
17	619,43	401,87	468,35
18	539,36	420,00	420,00
19	534,82	480,44	481,95
20	518,21	500,08	500,08
21	522,74	509,14	454,75
22	548,42	359,57	504,61
23	539,36	515,18	395,83
24	540,87	401,87	456,26
25	651,16	435,11	376,19

(EK 12 Devam)

26	468,35	460,79	296,12
27	522,74	433,60	432,09
28	611,87	481,95	480,44
29	445,69	543,89	445,69
30	581,66	433,60	433,60
31	460,79	421,51	504,61
32	595,26	503,10	433,60
33	614,90	489,50	468,35
34	460,79	445,69	450,22
35	611,87	409,43	456,26
36	568,06	509,14	480,44
37	619,43	518,21	457,77
38	539,36	518,21	401,87
39	562,02	504,61	361,08
40	586,19	435,11	433,60
41	559,00	489,50	474,39
42	559,00	433,60	489,50
43	593,75	510,65	500,08
44	548,42	518,21	494,03
45	468,35	516,69	433,60
46	509,14	359,57	370,15
47	580,15	489,50	494,03
48	580,15	518,21	401,87
49	586,19	504,61	468,35
50	586,19	401,87	432,09
Ortalama	551,92	469,40	457,28
Std. Sapma	52,07	54,78	51,12

EK 13: Çelik Kollektör ile Üretilen İpliklere Ait Kopma Kuvvetleri (kg)

Ölçüm no	Polimer				
	PAN		PVDF-HFP		
	Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)				
	12	14	12	14	16
1	0,098	0,113	0,140	0,125	0,084
2	0,079	0,108	0,135	0,118	0,084
3	0,085	0,111	0,138	0,135	0,084
4	0,092	0,109	0,140	0,115	0,086
5	0,084	0,109	0,131	0,108	0,096
Ortalama	0,080	0,110	0,136	0,120	0,086
Std. Sapma	0,007	0,002	0,003	0,100	0,005

EK 14: Alüminyum Kollektör ile Üretilen İpliklere Ait Kopma Kuvvetleri (kg)

Ölçüm no	Polimer							
	PAN				PVDF-HFP			
	Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)							
	12	14	16	18	12	14	16	18
1	0,090	0,102	0,075	0,045	0,151	0,136	0,105	0,042
2	0,087	0,095	0,071	0,053	0,155	0,129	0,105	0,043
3	0,105	0,085	0,064	0,055	0,134	0,116	0,116	0,043
4	0,072	0,085	0,081	0,054	0,126	0,109	0,090	0,048
5	0,098	0,098	0,076	0,058	0,132	0,112	0,089	0,047
Ortalama	0,090	0,093	0,073	0,052	0,139	0,120	0,101	0,044
Std. Sapma	0,012	0,007	0,006	0,004	0,012	0,011	0,011	0,002

EK 15: Farklı İplik Kılavuzu Mesafelerinde Üretilen İpliklere Ait Kopma Kuvvetleri (kg)

Ölçüm no	Polimer		
	PAN		
	Kollektör ile İplik Kılavuzu Arası Mesafe (cm)		
	17	20	23
1	0,082	0,076	0,090
2	0,100	0,074	0,087
3	0,095	0,070	0,105
4	0,094	0,071	0,082
5	0,066	0,078	0,098
Ortalama	0,087	0,073	0,092
Std. Sapma	0,013	0,003	0,009

EK 16: Farklı Ard İşlem Sürelerinde Üretilen İpliklere Ait Kopma Kuvvetleri (kg)

Ölçüm no	Polimer		
	PAN		
	İşlem Süresi (dk)		
	5	10	15
1	0,126	0,118	0,095
2	0,134	0,137	0,103
3	0,131	0,125	0,114
4	0,132	0,111	0,103
5	0,130	0,131	0,102
Ortalama	0,131	0,124	0,103
Std. Sapma	0,003	0,010	0,006

EK 17: Çelik Kollektör ile Üretilen İpliklere Ait Kopma Uzamaları (%)

Ölçüm no	Polimer				
	PAN		PVDF-HFP		
	Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)				
	12	14	12	14	16
1	38,80	128,00	189,00	112,70	91,30
2	83,00	129,00	187,00	179,00	84,10
3	59,10	139,00	201,00	185,00	106,00
4	71,80	119,00	216,00	184,00	80,00
5	33,70	132,00	197,00	119,00	98,10
Ortalama	57,28	129,40	198,00	155,94	91,90
Std. Sapma	21,05	7,23	11,57	36,73	10,48

EK 18: Alüminyum Kollektör ile Üretilen İpliklere Ait Kopma Uzamaları (%)

Ölçüm no	Polimer							
	PAN				PVDF-HFP			
	Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)							
	12	14	16	18	12	14	16	18
1	111,00	137,00	91,00	73,70	166,00	186,00	196,00	111,00
2	76,60	123,00	89,00	85,30	204,00	206,00	204,00	118,00
3	115,00	30,40	66,00	101,00	206,00	195,00	195,00	142,00
4	68,30	72,70	87,60	99,00	194,00	242,00	155,00	118,00
5	112,00	108,00	131,00	85,00	185,00	191,00	119,50	141,00
Ortalama	96,58	94,22	92,92	88,80	191,00	204,00	173,90	126,00
Std. Sapma	22,27	42,96	23,56	11,26	16,30	22,48	35,90	14,43

EK 19: Farklı İplik Kılavuzu Mesafelerinde Üretilen İpliklere Ait Kopma Uzamaları (%)

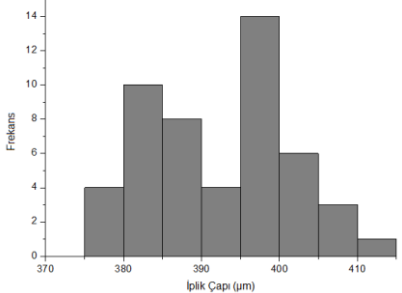
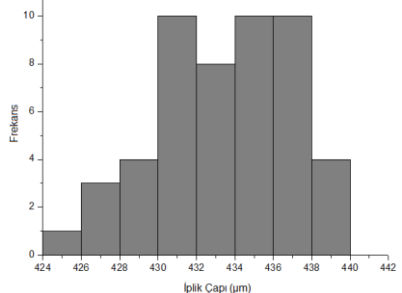
Ölçüm no	Polimer		
	PAN		
	Kollektör ile İplik Kılavuzu Arası Mesafe (cm)		
	17	20	23
1	114,00	117,00	91,00
2	109,00	109,00	96,60
3	105,00	114,00	95,00
4	118,00	103,00	88,30
5	116,00	103,00	112,00
Ortalama	112,40	109,20	96,58
Std. Sapma	5,31	6,34	9,21

EK 20: Farklı Ard İşlem Sürelerinde Üretilen İpliklere Ait Kopma Uzamaları (%)

Ölçüm no	Polimer		
	PAN		
	İşlem Süresi (dk)		
	5	10	15
1	24,10	21,70	15,30
2	23,50	25,80	16,50
3	24,90	21,60	17,70
4	25,50	21,70	16,70
5	26,50	25,70	15,70
Ortalama	24,90	23,30	16,38
Std. Sapma	1,17	2,23	0,93

EK 21: Çelik Kollektör ile Üretilen PAN İplikler için Kollektör ile Enjektörler Arası Farklı Mesafelerde, İplik Çaplarının Normal Dağılım ve t-Testleri

A) 12 ve 14 cm mesafelerde normalite testi

Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)	Normalite Testi							
12	<p>Normality Test</p> <table border="1"><thead><tr><th>DF</th><th>Statistic</th><th>Prob<W</th></tr></thead><tbody><tr><td>12</td><td>50</td><td>0,96052</td><td>0,09348</td></tr></tbody></table> <p>12: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	12	50	0,96052	0,09348
DF	Statistic	Prob<W						
12	50	0,96052	0,09348					
14	<p>Normality Test</p> <table border="1"><thead><tr><th>DF</th><th>Statistic</th><th>Prob<W</th></tr></thead><tbody><tr><td>14</td><td>50</td><td>0,97157</td><td>0,2679</td></tr></tbody></table> <p>14: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	14	50	0,97157	0,2679
DF	Statistic	Prob<W						
14	50	0,97157	0,2679					

B) t-Testi

Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)	t – Testi																																															
12	<p><i>Two sample t Test (16.01.2019 13:36:59)</i></p> <p>Notes</p> <table border="1"> <tr><td>X-Function</td><td>Two sample t Test</td></tr> <tr><td>User Name</td><td>Belin</td></tr> <tr><td>Time</td><td>16.01.2019 13:36:59</td></tr> </table> <p>Input Data</p> <table border="1"> <thead> <tr><th></th><th>Data</th><th>Range</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1st Data Range</td><td>[Book1]Sheet1!12</td><td>[1*:50*]</td></tr> <tr><td>2nd Data Range</td><td>[Book1]Sheet1!14</td><td>[1*:50*]</td></tr> </tbody> </table> <p>Descriptive Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr><th></th><th>N</th><th>Mean</th><th>SD</th><th>SEM</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>12</td><td>50</td><td>391,71142</td><td>9,40547</td><td>1,33013</td></tr> <tr><td>14</td><td>50</td><td>433,55581</td><td>3,58183</td><td>0,50655</td></tr> <tr><td>Difference</td><td></td><td>-41,84439</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>t-Test Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr><th></th><th>t Statistic</th><th>DF</th><th>Prob> t </th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Equal Variance Assumed</td><td>-29,3991</td><td>98</td><td>2,06896E-50</td></tr> <tr><td>Equal Variance NOT Assumed</td><td>-29,3991</td><td>62,91986</td><td>1,81069E-38</td></tr> </tbody> </table> <p>Null Hypothesis: mean1-mean2 = 0 Alternative Hypothesis: mean1-mean2 <> 0 At the 0,05 level, the difference of the population means is significantly different with the test difference(0)</p>	X-Function	Two sample t Test	User Name	Belin	Time	16.01.2019 13:36:59		Data	Range	1st Data Range	[Book1]Sheet1!12	[1*:50*]	2nd Data Range	[Book1]Sheet1!14	[1*:50*]		N	Mean	SD	SEM	12	50	391,71142	9,40547	1,33013	14	50	433,55581	3,58183	0,50655	Difference		-41,84439				t Statistic	DF	Prob> t	Equal Variance Assumed	-29,3991	98	2,06896E-50	Equal Variance NOT Assumed	-29,3991	62,91986	1,81069E-38
X-Function		Two sample t Test																																														
User Name	Belin																																															
Time	16.01.2019 13:36:59																																															
	Data	Range																																														
1st Data Range	[Book1]Sheet1!12	[1*:50*]																																														
2nd Data Range	[Book1]Sheet1!14	[1*:50*]																																														
	N	Mean	SD	SEM																																												
12	50	391,71142	9,40547	1,33013																																												
14	50	433,55581	3,58183	0,50655																																												
Difference		-41,84439																																														
	t Statistic	DF	Prob> t																																													
Equal Variance Assumed	-29,3991	98	2,06896E-50																																													
Equal Variance NOT Assumed	-29,3991	62,91986	1,81069E-38																																													
14																																																

EK 22: Çelik Kollektör ile Üretilen PAN İplikler için Kollektör ile Enjektörler Arası Farklı Mesafelerde, Nanolif Çaplarının Normal Dağılım ve t-Testleri

A) 12 ve 14 cm mesafelerde normalite testi

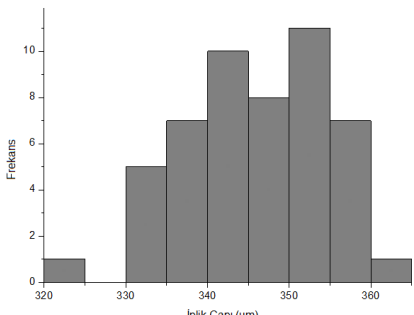
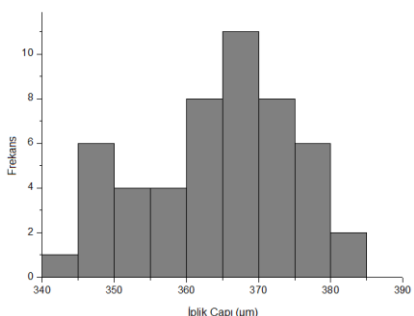
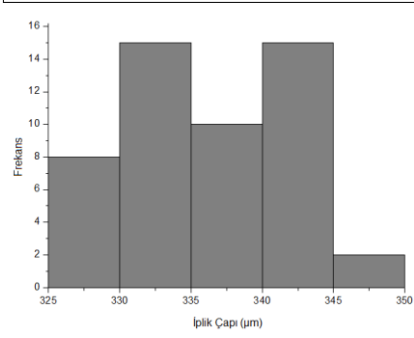
Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)	Normalite Testi						
12	<p><i>Normality Test</i></p> <p><i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"><thead><tr><th>DF</th><th>Statistic</th><th>Prob<W</th></tr></thead><tbody><tr><td>12</td><td>0,96088</td><td>0,09675</td></tr></tbody></table> <p>12: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> <p>Frekans</p> <p>Lif Çapı (nm)</p>	DF	Statistic	Prob<W	12	0,96088	0,09675
DF	Statistic	Prob<W					
12	0,96088	0,09675					
14	<p><i>Normality Test</i></p> <p><i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"><thead><tr><th>DF</th><th>Statistic</th><th>Prob<W</th></tr></thead><tbody><tr><td>14</td><td>0,98978</td><td>0,94089</td></tr></tbody></table> <p>14: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> <p>Frekans</p> <p>Lif Çapı (nm)</p>	DF	Statistic	Prob<W	14	0,98978	0,94089
DF	Statistic	Prob<W					
14	0,98978	0,94089					

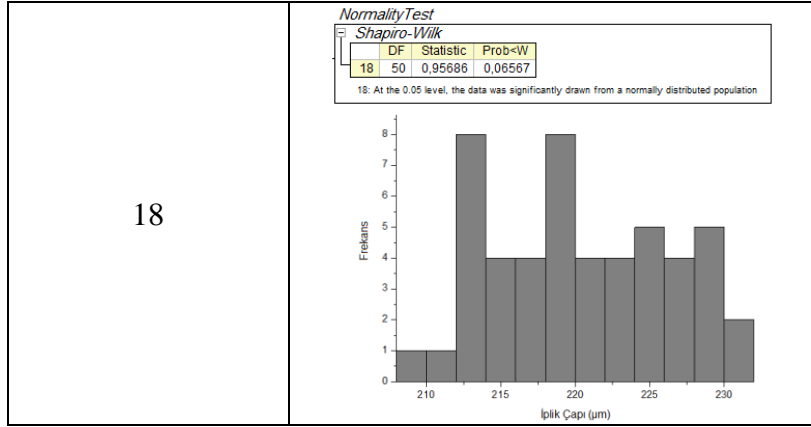
B) t-Testi

Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)	t – Testi																																			
12	<p><i>Two sample t Test (16.01.2019 16:09:36)</i></p> <p>Notes</p> <table border="1"> <tr><td>X-Function</td><td>Two sample t Test</td></tr> <tr><td>User Name</td><td>Belin</td></tr> <tr><td>Time</td><td>16.01.2019 16:09:36</td></tr> </table> <p>Input Data</p> <table border="1"> <thead> <tr><th></th><th>Data</th><th>Range</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1st Data Range</td><td>[Book1]Sheet1!12</td><td>[1*:50*]</td></tr> <tr><td>2nd Data Range</td><td>[Book1]Sheet1!14</td><td>[1*:50*]</td></tr> </tbody> </table> <p>Descriptive Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr><th></th><th>N</th><th>Mean</th><th>SD</th><th>SEM</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>12</td><td>50</td><td>724,58075</td><td>90,6579</td><td>12,82096</td></tr> <tr><td>14</td><td>50</td><td>645,2032</td><td>69,3368</td><td>9,8057</td></tr> <tr><td>Difference</td><td></td><td>79,37755</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	X-Function	Two sample t Test	User Name	Belin	Time	16.01.2019 16:09:36		Data	Range	1st Data Range	[Book1]Sheet1!12	[1*:50*]	2nd Data Range	[Book1]Sheet1!14	[1*:50*]		N	Mean	SD	SEM	12	50	724,58075	90,6579	12,82096	14	50	645,2032	69,3368	9,8057	Difference		79,37755		
X-Function	Two sample t Test																																			
User Name	Belin																																			
Time	16.01.2019 16:09:36																																			
	Data	Range																																		
1st Data Range	[Book1]Sheet1!12	[1*:50*]																																		
2nd Data Range	[Book1]Sheet1!14	[1*:50*]																																		
	N	Mean	SD	SEM																																
12	50	724,58075	90,6579	12,82096																																
14	50	645,2032	69,3368	9,8057																																
Difference		79,37755																																		
14	<p>t-Test Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr><th></th><th>t Statistic</th><th>DF</th><th>Prob> t </th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Equal Variance Assumed</td><td>4,91779</td><td>98</td><td>3,52453E-6</td></tr> <tr><td>Equal Variance NOT Assumed</td><td>4,91779</td><td>91,71075</td><td>3,82557E-6</td></tr> </tbody> </table> <p>Null Hypothesis: mean1-mean2 = 0 Alternative Hypothesis: mean1-mean2 <> 0 At the 0.05 level, the difference of the population means is significantly different with the test difference(0)</p>		t Statistic	DF	Prob> t	Equal Variance Assumed	4,91779	98	3,52453E-6	Equal Variance NOT Assumed	4,91779	91,71075	3,82557E-6																							
	t Statistic	DF	Prob> t																																	
Equal Variance Assumed	4,91779	98	3,52453E-6																																	
Equal Variance NOT Assumed	4,91779	91,71075	3,82557E-6																																	

EK 23: Alüminyum Kollektör ile Üretilen PAN İplikler için Kollektör ile Enjektörler Arası Farklı Mesafelerde, İplik Çaplarının Normal Dağılım ve ANOVA Testleri

A) 12, 14, 16 ve 18 cm mesafelerde normalite testi

Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)	Normalite Testi						
12	<p>Normality Test</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>0,96288</td> <td>0,11737</td> </tr> </tbody> </table> <p>12: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	12	0,96288	0,11737
DF	Statistic	Prob<W					
12	0,96288	0,11737					
14	<p>Normality Test</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14</td> <td>0,97245</td> <td>0,29022</td> </tr> </tbody> </table> <p>14: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	14	0,97245	0,29022
DF	Statistic	Prob<W					
14	0,97245	0,29022					
16	<p>Normality Test</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>16</td> <td>0,97248</td> <td>0,29124</td> </tr> </tbody> </table> <p>16: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	16	0,97248	0,29124
DF	Statistic	Prob<W					
16	0,97248	0,29124					

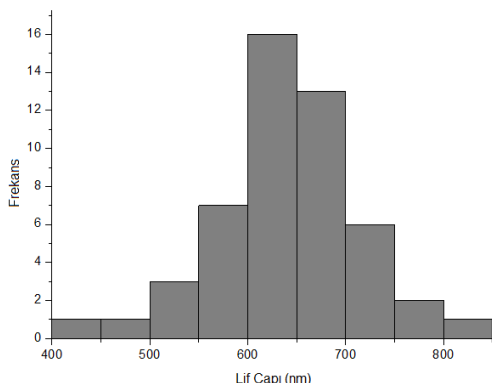
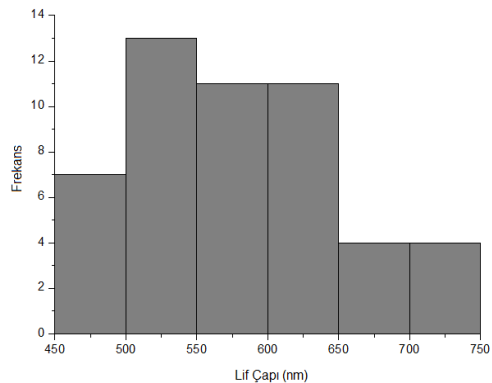
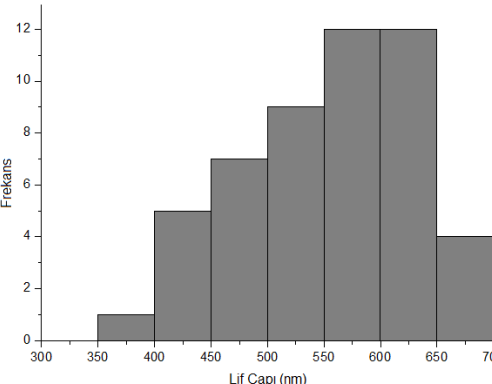


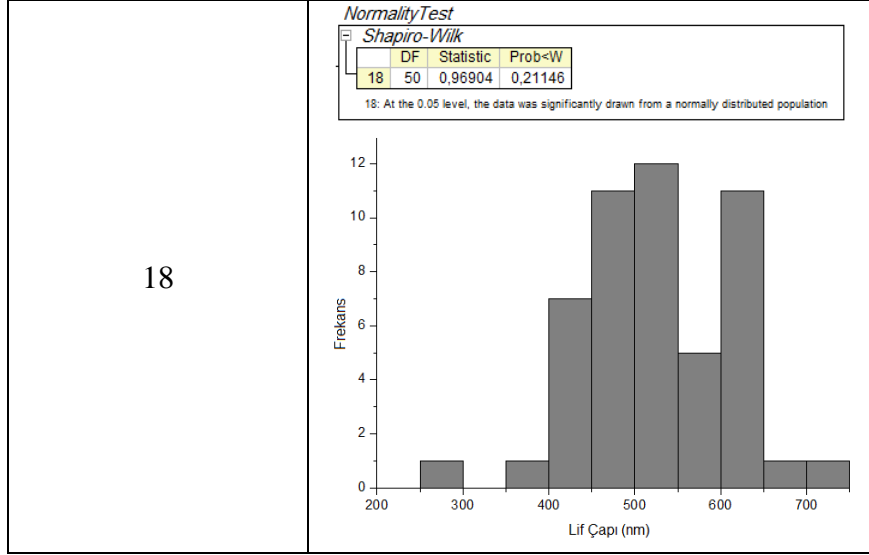
B) 12, 14, 16 ve 18 cm mesafelerde ANOVA testi

Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)	ANOVA Testi																																																																																																																			
12	<p>ANOVAOneWay (16.01.2019 16:24:27)</p> <p>Notes</p> <p>Input Data</p> <p>Descriptive Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Sample Size</th> <th>Mean</th> <th>Standard Deviation</th> <th>SE of Mean</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>345,8625</td> <td>8,86534</td> <td>1,25375</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>364,29108</td> <td>10,35774</td> <td>1,46481</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>336,30714</td> <td>6,10124</td> <td>0,86285</td> </tr> <tr> <td>18</td> <td>220,21596</td> <td>5,874</td> <td>0,83071</td> </tr> </tbody> </table> <p>One Way ANOVA</p> <p>Overall ANOVA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>DF</th> <th>Sum of Squares</th> <th>Mean Square</th> <th>F Value</th> <th>Prob>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Model</td> <td>3</td> <td>640448,44679</td> <td>213482,8156</td> <td>3314,87078</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>196</td> <td>12622,70376</td> <td>64,40155</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>199</td> <td>653071,15055</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Null Hypothesis: The means of all levels are equal Alternative Hypothesis: The means of one or more levels are different At the 0.05 level, the population means are significantly different.</p> <p>Fit Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>R-Square</th> <th>Coeff Var</th> <th>Root MSE</th> <th>Data Mean</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,98067</td> <td>0,02534</td> <td>8,02506</td> <td>316,66917</td> </tr> </tbody> </table> <p>Means Comparisons</p> <p>Tukey Test</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MeanDiff</th> <th>SEM</th> <th>q Value</th> <th>Prob</th> <th>Alpha</th> <th>Sig</th> <th>LCL</th> <th>UCL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14 12</td> <td>18,42858</td> <td>1,60501</td> <td>16,23786</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>14,2697</td> <td>22,58746</td> </tr> <tr> <td>16 12</td> <td>-9,55536</td> <td>1,60501</td> <td>8,41945</td> <td>5,70192E-8</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-13,71424</td> <td>-5,39648</td> </tr> <tr> <td>18 12</td> <td>-27,98394</td> <td>1,60501</td> <td>24,65731</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-32,14282</td> <td>-23,82506</td> </tr> <tr> <td>16 14</td> <td>-125,64654</td> <td>1,60501</td> <td>110,71014</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-129,80542</td> <td>-121,48766</td> </tr> <tr> <td>18 14</td> <td>-144,07512</td> <td>1,60501</td> <td>126,94799</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-148,234</td> <td>-139,91624</td> </tr> <tr> <td>18 16</td> <td>-116,09118</td> <td>1,60501</td> <td>102,29068</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-120,25006</td> <td>-111,93231</td> </tr> </tbody> </table> <p>Sig equals 1 indicates that the means difference is significant at the 0.05 level. Sig equals 0 indicates that the means difference is not significant at the 0.05 level.</p>	Sample Size	Mean	Standard Deviation	SE of Mean	12	345,8625	8,86534	1,25375	14	364,29108	10,35774	1,46481	16	336,30714	6,10124	0,86285	18	220,21596	5,874	0,83071		DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F	Model	3	640448,44679	213482,8156	3314,87078	0	Error	196	12622,70376	64,40155			Total	199	653071,15055				R-Square	Coeff Var	Root MSE	Data Mean	0,98067	0,02534	8,02506	316,66917		MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL	14 12	18,42858	1,60501	16,23786	0	0,05	1	14,2697	22,58746	16 12	-9,55536	1,60501	8,41945	5,70192E-8	0,05	1	-13,71424	-5,39648	18 12	-27,98394	1,60501	24,65731	0	0,05	1	-32,14282	-23,82506	16 14	-125,64654	1,60501	110,71014	0	0,05	1	-129,80542	-121,48766	18 14	-144,07512	1,60501	126,94799	0	0,05	1	-148,234	-139,91624	18 16	-116,09118	1,60501	102,29068	0	0,05	1	-120,25006	-111,93231
Sample Size		Mean	Standard Deviation	SE of Mean																																																																																																																
12		345,8625	8,86534	1,25375																																																																																																																
14		364,29108	10,35774	1,46481																																																																																																																
16	336,30714	6,10124	0,86285																																																																																																																	
18	220,21596	5,874	0,83071																																																																																																																	
	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F																																																																																																															
Model	3	640448,44679	213482,8156	3314,87078	0																																																																																																															
Error	196	12622,70376	64,40155																																																																																																																	
Total	199	653071,15055																																																																																																																		
R-Square	Coeff Var	Root MSE	Data Mean																																																																																																																	
0,98067	0,02534	8,02506	316,66917																																																																																																																	
	MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL																																																																																																												
14 12	18,42858	1,60501	16,23786	0	0,05	1	14,2697	22,58746																																																																																																												
16 12	-9,55536	1,60501	8,41945	5,70192E-8	0,05	1	-13,71424	-5,39648																																																																																																												
18 12	-27,98394	1,60501	24,65731	0	0,05	1	-32,14282	-23,82506																																																																																																												
16 14	-125,64654	1,60501	110,71014	0	0,05	1	-129,80542	-121,48766																																																																																																												
18 14	-144,07512	1,60501	126,94799	0	0,05	1	-148,234	-139,91624																																																																																																												
18 16	-116,09118	1,60501	102,29068	0	0,05	1	-120,25006	-111,93231																																																																																																												
14																																																																																																																				
16																																																																																																																				
18																																																																																																																				

EK 24: Alüminyum Kollektör ile Üretilen PAN İplikler için Kollektör ile Enjektörler Arası Farklı Mesafelerde, Nanolif Çaplarının Normal Dağılım ve ANOVA Testleri

A) 12, 14, 16 ve 18 cm mesafelerde normalite testi

Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)	Normalite Testi						
12	<p><i>NormalityTest</i> <i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>0,97367</td> <td>0,32414</td> </tr> </tbody> </table> <p>12: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	12	0,97367	0,32414
DF	Statistic	Prob<W					
12	0,97367	0,32414					
14	<p><i>NormalityTest</i> <i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14</td> <td>0,96688</td> <td>0,17236</td> </tr> </tbody> </table> <p>14: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	14	0,96688	0,17236
DF	Statistic	Prob<W					
14	0,96688	0,17236					
16	<p><i>NormalityTest</i> <i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>16</td> <td>0,97176</td> <td>0,27263</td> </tr> </tbody> </table> <p>16: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	16	0,97176	0,27263
DF	Statistic	Prob<W					
16	0,97176	0,27263					

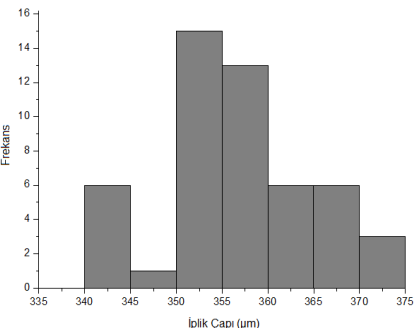
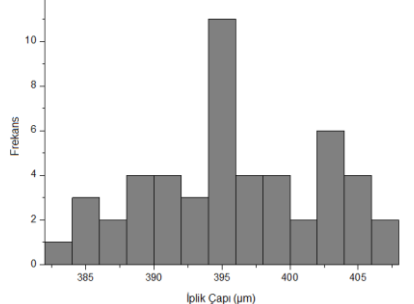
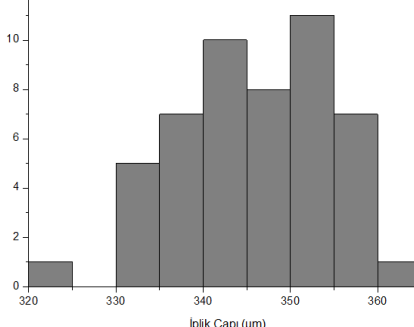


B) 12, 14, 16 ve 18 cm mesafelerde ANOVA testi

Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)	ANOVA Testi																																																																																																																			
12	<p>ANOVAOneWay (16.01.2019 16:38:12)</p> <p>Notes</p> <p>Input Data</p> <p>Descriptive Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Sample Size</th> <th>Mean</th> <th>Standard Deviation</th> <th>SE of Mean</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>645,26363</td> <td>75,17246</td> <td>10,63099</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>578,50369</td> <td>71,2973</td> <td>10,08296</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>553,30423</td> <td>75,03284</td> <td>10,61125</td> </tr> <tr> <td>18</td> <td>529,58001</td> <td>88,41842</td> <td>12,50425</td> </tr> </tbody> </table> <p>One Way ANOVA</p> <p>Overall ANOVA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Model</th> <th>DF</th> <th>Sum of Squares</th> <th>Mean Square</th> <th>F Value</th> <th>Prob>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Model</td> <td>3</td> <td>373593,77136</td> <td>124531,25712</td> <td>20,59905</td> <td>1,2084E-11</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>196</td> <td>1,18492E6</td> <td>6045,48677</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>199</td> <td>1,55851E6</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Null Hypothesis: The means of all levels are equal Alternative Hypothesis: The means of one or more levels are different At the 0.05 level, the population means are significantly different.</p> <p>Fit Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>R-Square</th> <th>Coeff Var</th> <th>Root MSE</th> <th>Data Mean</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,23971</td> <td>0,13483</td> <td>77,75273</td> <td>576,66289</td> </tr> </tbody> </table> <p>Means Comparisons</p> <p>Tukey Test</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MeanDiff</th> <th>SEM</th> <th>q Value</th> <th>Prob</th> <th>Alpha</th> <th>Sig</th> <th>LCL</th> <th>UCL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14 12</td> <td>-66,75995</td> <td>15,55055</td> <td>6,07135</td> <td>1,61608E-4</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-107,05425</td> <td>-26,46564</td> </tr> <tr> <td>16 12</td> <td>-91,9594</td> <td>15,55055</td> <td>8,36307</td> <td>7,34475E-8</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-132,25371</td> <td>-51,6651</td> </tr> <tr> <td>18 12</td> <td>-115,68363</td> <td>15,55055</td> <td>10,52062</td> <td>0,36949</td> <td>0,05</td> <td>0</td> <td>-155,97793</td> <td>-75,38932</td> </tr> <tr> <td>16 14</td> <td>-25,19946</td> <td>15,55055</td> <td>2,29171</td> <td>0,01024</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-89,21798</td> <td>-8,62937</td> </tr> <tr> <td>18 14</td> <td>-48,92368</td> <td>15,55055</td> <td>4,44927</td> <td>0,01024</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-89,21798</td> <td>-8,62937</td> </tr> <tr> <td>18 16</td> <td>-23,72422</td> <td>15,55055</td> <td>2,15755</td> <td>0,42416</td> <td>0,05</td> <td>0</td> <td>-64,01853</td> <td>16,57008</td> </tr> </tbody> </table> <p>Sig equals 1 indicates that the means difference is significant at the 0,05 level. Sig equals 0 indicates that the means difference is not significant at the 0,05 level.</p>	Sample Size	Mean	Standard Deviation	SE of Mean	12	645,26363	75,17246	10,63099	14	578,50369	71,2973	10,08296	16	553,30423	75,03284	10,61125	18	529,58001	88,41842	12,50425	Model	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F	Model	3	373593,77136	124531,25712	20,59905	1,2084E-11	Error	196	1,18492E6	6045,48677			Total	199	1,55851E6				R-Square	Coeff Var	Root MSE	Data Mean	0,23971	0,13483	77,75273	576,66289		MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL	14 12	-66,75995	15,55055	6,07135	1,61608E-4	0,05	1	-107,05425	-26,46564	16 12	-91,9594	15,55055	8,36307	7,34475E-8	0,05	1	-132,25371	-51,6651	18 12	-115,68363	15,55055	10,52062	0,36949	0,05	0	-155,97793	-75,38932	16 14	-25,19946	15,55055	2,29171	0,01024	0,05	1	-89,21798	-8,62937	18 14	-48,92368	15,55055	4,44927	0,01024	0,05	1	-89,21798	-8,62937	18 16	-23,72422	15,55055	2,15755	0,42416	0,05	0	-64,01853	16,57008
Sample Size		Mean	Standard Deviation	SE of Mean																																																																																																																
12		645,26363	75,17246	10,63099																																																																																																																
14		578,50369	71,2973	10,08296																																																																																																																
16	553,30423	75,03284	10,61125																																																																																																																	
18	529,58001	88,41842	12,50425																																																																																																																	
Model	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F																																																																																																															
Model	3	373593,77136	124531,25712	20,59905	1,2084E-11																																																																																																															
Error	196	1,18492E6	6045,48677																																																																																																																	
Total	199	1,55851E6																																																																																																																		
R-Square	Coeff Var	Root MSE	Data Mean																																																																																																																	
0,23971	0,13483	77,75273	576,66289																																																																																																																	
	MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL																																																																																																												
14 12	-66,75995	15,55055	6,07135	1,61608E-4	0,05	1	-107,05425	-26,46564																																																																																																												
16 12	-91,9594	15,55055	8,36307	7,34475E-8	0,05	1	-132,25371	-51,6651																																																																																																												
18 12	-115,68363	15,55055	10,52062	0,36949	0,05	0	-155,97793	-75,38932																																																																																																												
16 14	-25,19946	15,55055	2,29171	0,01024	0,05	1	-89,21798	-8,62937																																																																																																												
18 14	-48,92368	15,55055	4,44927	0,01024	0,05	1	-89,21798	-8,62937																																																																																																												
18 16	-23,72422	15,55055	2,15755	0,42416	0,05	0	-64,01853	16,57008																																																																																																												
14																																																																																																																				
16																																																																																																																				
18																																																																																																																				

EK 25: Farklı İplik Kılavuz Mesafelerinde PAN İplik Çaplarının Normal Dağılım ve ANOVA Testleri

A) 17, 20 ve 23 cm mesafelerde normalite testi

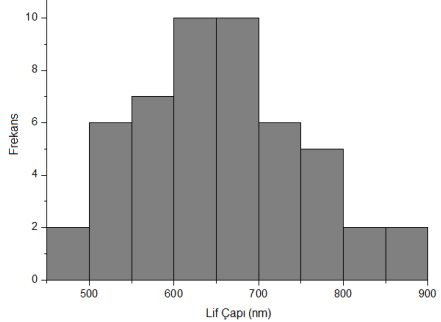
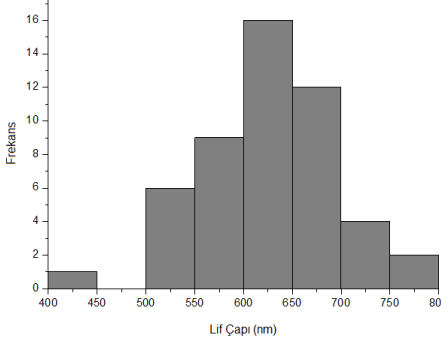
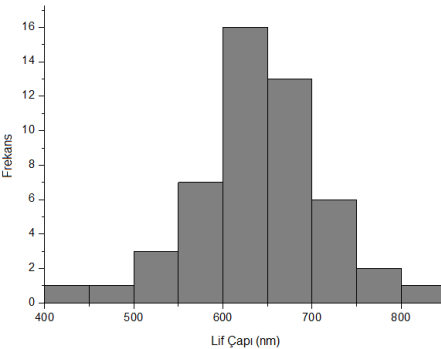
Kollektör ile İplik Kılavuzu Arası Mesafe (cm)	Normalite Testi						
17	<p><i>Normality Test</i></p> <p><i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>17</td> <td>0,96511</td> <td>0,14549</td> </tr> </tbody> </table> <p>17: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	17	0,96511	0,14549
DF	Statistic	Prob<W					
17	0,96511	0,14549					
20	<p><i>Normality Test</i></p> <p><i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20</td> <td>0,96739</td> <td>0,18094</td> </tr> </tbody> </table> <p>20: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	20	0,96739	0,18094
DF	Statistic	Prob<W					
20	0,96739	0,18094					
23	<p><i>Normality Test</i></p> <p><i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>23</td> <td>0,96288</td> <td>0,11737</td> </tr> </tbody> </table> <p>23: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	23	0,96288	0,11737
DF	Statistic	Prob<W					
23	0,96288	0,11737					

B) 17, 20 ve 23 cm mesafelerde ANOVA testi

Kollektör ile İplik Kılavuzu Arası Mesafe (cm)	ANOVA Testi																																																																																								
17	<p><i>ANOVAOneWay (18.01.2019 13:05:08)</i></p> <p>Notes</p> <p>Input Data</p> <p>Descriptive Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Sample Size</th> <th>Mean</th> <th>Standard Deviation</th> <th>SE of Mean</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>17</td> <td>50</td> <td>356,27273</td> <td>8,59835</td> <td>1,21599</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>50</td> <td>395,80294</td> <td>6,48346</td> <td>0,9169</td> </tr> <tr> <td>23</td> <td>50</td> <td>345,8625</td> <td>8,86534</td> <td>1,25375</td> </tr> </tbody> </table> <p>One Way ANOVA</p> <p>Overall ANOVA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>DF</th> <th>Sum of Squares</th> <th>Mean Square</th> <th>F Value</th> <th>Prob>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Model</td> <td>2</td> <td>69417,62697</td> <td>34708,81349</td> <td>535,18599</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>147</td> <td>9533,49993</td> <td>64,85374</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>149</td> <td>78951,12691</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Null Hypothesis: The means of all levels are equal Alternative Hypothesis: The means of one or more levels are different At the 0.05 level, the population means are significantly different.</p> <p>Fit Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>R-Square</th> <th>Coeff Var</th> <th>Root MSE</th> <th>Data Mean</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,87925</td> <td>0,022</td> <td>8,05318</td> <td>365,97939</td> </tr> </tbody> </table> <p>Means Comparisons</p> <p>Tukey Test</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MeanDiff</th> <th>SEM</th> <th>q Value</th> <th>Prob</th> <th>Alpha</th> <th>Sig</th> <th>LCL</th> <th>UCL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20 17</td> <td>39,53021</td> <td>1,61064</td> <td>34,70936</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>35,7167</td> <td>43,34371</td> </tr> <tr> <td>23 17</td> <td>-10,41023</td> <td>1,61064</td> <td>9,14067</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-14,22374</td> <td>-6,59672</td> </tr> <tr> <td>23 20</td> <td>-49,94044</td> <td>1,61064</td> <td>43,85002</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-53,75394</td> <td>-46,12693</td> </tr> </tbody> </table> <p>Sig equals 1 indicates that the means difference is significant at the 0,05 level. Sig equals 0 indicates that the means difference is not significant at the 0,05 level.</p>		Sample Size	Mean	Standard Deviation	SE of Mean	17	50	356,27273	8,59835	1,21599	20	50	395,80294	6,48346	0,9169	23	50	345,8625	8,86534	1,25375		DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F	Model	2	69417,62697	34708,81349	535,18599	0	Error	147	9533,49993	64,85374			Total	149	78951,12691				R-Square	Coeff Var	Root MSE	Data Mean	0,87925	0,022	8,05318	365,97939		MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL	20 17	39,53021	1,61064	34,70936	0	0,05	1	35,7167	43,34371	23 17	-10,41023	1,61064	9,14067	0	0,05	1	-14,22374	-6,59672	23 20	-49,94044	1,61064	43,85002	0	0,05	1	-53,75394	-46,12693
	Sample Size	Mean	Standard Deviation	SE of Mean																																																																																					
17	50	356,27273	8,59835	1,21599																																																																																					
20	50	395,80294	6,48346	0,9169																																																																																					
23	50	345,8625	8,86534	1,25375																																																																																					
	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F																																																																																				
Model	2	69417,62697	34708,81349	535,18599	0																																																																																				
Error	147	9533,49993	64,85374																																																																																						
Total	149	78951,12691																																																																																							
R-Square	Coeff Var	Root MSE	Data Mean																																																																																						
0,87925	0,022	8,05318	365,97939																																																																																						
	MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL																																																																																	
20 17	39,53021	1,61064	34,70936	0	0,05	1	35,7167	43,34371																																																																																	
23 17	-10,41023	1,61064	9,14067	0	0,05	1	-14,22374	-6,59672																																																																																	
23 20	-49,94044	1,61064	43,85002	0	0,05	1	-53,75394	-46,12693																																																																																	
20																																																																																									
23																																																																																									

EK 26: Farklı İplik Kılavuz Mesafelerinde PAN Nanolif Çaplarının Normal Dağılım ve ANOVA Testleri

A) 17, 20 ve 23 cm mesafelerde normalite testi

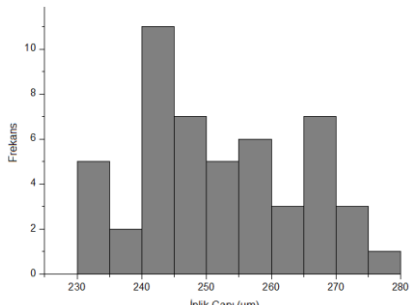
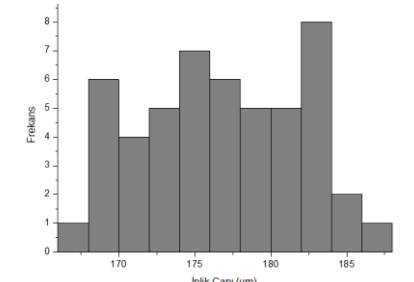
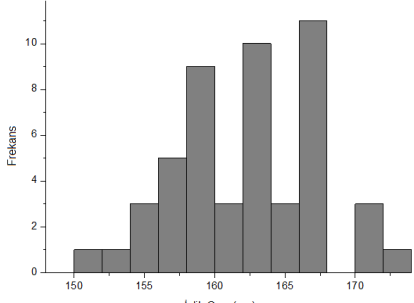
Kollektör ile İplik Kılavuzu Arası Mesafe (cm)	Normalite Testi						
17	<p><i>Normality Test</i></p> <p><i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>17</td> <td>50</td> <td>0,97935 0,52486</td> </tr> </tbody> </table> <p>17: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	17	50	0,97935 0,52486
DF	Statistic	Prob<W					
17	50	0,97935 0,52486					
20	<p><i>Normality Test</i></p> <p><i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20</td> <td>50</td> <td>0,99248 0,98664</td> </tr> </tbody> </table> <p>20: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	20	50	0,99248 0,98664
DF	Statistic	Prob<W					
20	50	0,99248 0,98664					
23	<p><i>Normality Test</i></p> <p><i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>23</td> <td>50</td> <td>0,97367 0,32414</td> </tr> </tbody> </table> <p>23: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	23	50	0,97367 0,32414
DF	Statistic	Prob<W					
23	50	0,97367 0,32414					

B) 17, 20 ve 23 cm mesafelerde ANOVA testi

Kollektör ile İplik Kılavuzu Arası Mesafe (cm)	ANOVA Testi																																																																																								
17	<p>ANOVAOneWay (18.01.2019 13:00:42)</p> <p>Notes</p> <p>Input Data</p> <p>Descriptive Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Sample Size</th> <th>Mean</th> <th>Standard Deviation</th> <th>SE of Mean</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>17</td> <td>50</td> <td>660,46231</td> <td>95,74066</td> <td>13,53977</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>50</td> <td>627,5779</td> <td>68,51754</td> <td>9,68984</td> </tr> <tr> <td>23</td> <td>50</td> <td>645,26363</td> <td>75,17246</td> <td>10,63099</td> </tr> </tbody> </table> <p>One Way ANOVA</p> <p>Overall ANOVA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>DF</th> <th>Sum of Squares</th> <th>Mean Square</th> <th>F Value</th> <th>Prob>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Model</td> <td>2</td> <td>27086,14624</td> <td>13543,07312</td> <td>2,08229</td> <td>0,12831</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>147</td> <td>956079,51742</td> <td>6503,9423</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>149</td> <td>983165,66365</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Null Hypothesis: The means of all levels are equal Alternative Hypothesis: The means of one or more levels are different At the 0,05 level, the population means are not significantly different.</p> <p>Fit Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>R-Square</th> <th>Coeff Var</th> <th>Root MSE</th> <th>Data Mean</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,02755</td> <td>0,12514</td> <td>80,64702</td> <td>644,43461</td> </tr> </tbody> </table> <p>Means Comparisons</p> <p>Tukey Test</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MeanDiff</th> <th>SEM</th> <th>q Value</th> <th>Prob</th> <th>Alpha</th> <th>Sig</th> <th>LCL</th> <th>UCL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20 17</td> <td>-32,8844</td> <td>16,1294</td> <td>2,88328</td> <td>0,10662</td> <td>0,05</td> <td>0</td> <td>-71,07401</td> <td>5,30521</td> </tr> <tr> <td>23 17</td> <td>-15,19867</td> <td>16,1294</td> <td>1,33261</td> <td>0,61446</td> <td>0,05</td> <td>0</td> <td>-53,38828</td> <td>22,99094</td> </tr> <tr> <td>23 20</td> <td>17,68573</td> <td>16,1294</td> <td>1,55067</td> <td>0,51776</td> <td>0,05</td> <td>0</td> <td>-20,50388</td> <td>55,87534</td> </tr> </tbody> </table> <p>Sig equals 1 indicates that the means difference is significant at the 0,05 level. Sig equals 0 indicates that the means difference is not significant at the 0,05 level.</p>		Sample Size	Mean	Standard Deviation	SE of Mean	17	50	660,46231	95,74066	13,53977	20	50	627,5779	68,51754	9,68984	23	50	645,26363	75,17246	10,63099		DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F	Model	2	27086,14624	13543,07312	2,08229	0,12831	Error	147	956079,51742	6503,9423			Total	149	983165,66365				R-Square	Coeff Var	Root MSE	Data Mean	0,02755	0,12514	80,64702	644,43461		MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL	20 17	-32,8844	16,1294	2,88328	0,10662	0,05	0	-71,07401	5,30521	23 17	-15,19867	16,1294	1,33261	0,61446	0,05	0	-53,38828	22,99094	23 20	17,68573	16,1294	1,55067	0,51776	0,05	0	-20,50388	55,87534
	Sample Size	Mean	Standard Deviation	SE of Mean																																																																																					
17	50	660,46231	95,74066	13,53977																																																																																					
20	50	627,5779	68,51754	9,68984																																																																																					
23	50	645,26363	75,17246	10,63099																																																																																					
	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F																																																																																				
Model	2	27086,14624	13543,07312	2,08229	0,12831																																																																																				
Error	147	956079,51742	6503,9423																																																																																						
Total	149	983165,66365																																																																																							
R-Square	Coeff Var	Root MSE	Data Mean																																																																																						
0,02755	0,12514	80,64702	644,43461																																																																																						
	MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL																																																																																	
20 17	-32,8844	16,1294	2,88328	0,10662	0,05	0	-71,07401	5,30521																																																																																	
23 17	-15,19867	16,1294	1,33261	0,61446	0,05	0	-53,38828	22,99094																																																																																	
23 20	17,68573	16,1294	1,55067	0,51776	0,05	0	-20,50388	55,87534																																																																																	
20																																																																																									
23																																																																																									

EK 27: Farklı Sürelerde Yapılan Isıl Yaş Germe Ard İşlemi Sonrası PAN İplik Çaplarının Normal Dağılım ve ANOVA Testleri

A) 5, 10 ve 15 dakika işlem süreleri sonucu normalite testi

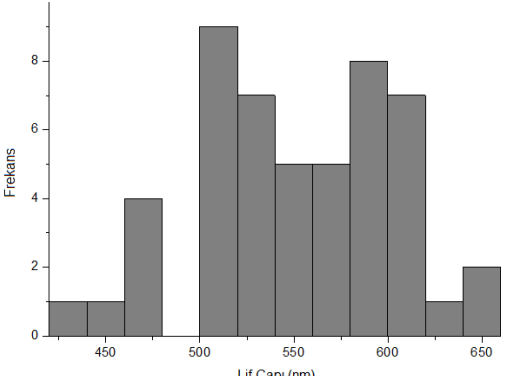
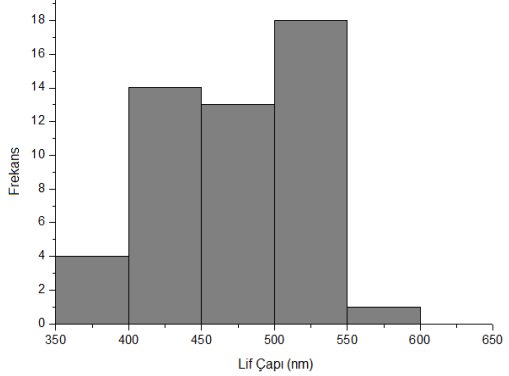
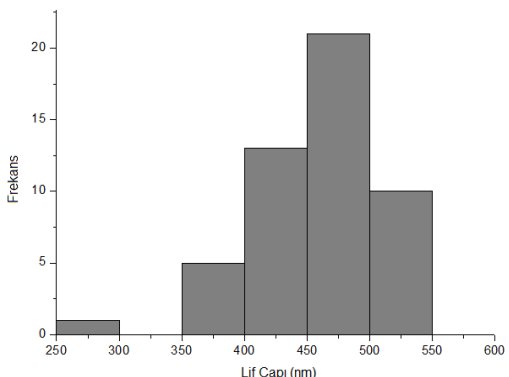
İşlem Süresi (dk)	Normalite Testi						
5	<p><i>Normality Test</i></p> <p><i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>0,96163</td> <td>0,10402</td> </tr> </tbody> </table> <p>5: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	5	0,96163	0,10402
DF	Statistic	Prob<W					
5	0,96163	0,10402					
10	<p><i>Normality Test</i></p> <p><i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>0,96364</td> <td>0,12625</td> </tr> </tbody> </table> <p>10: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	10	0,96364	0,12625
DF	Statistic	Prob<W					
10	0,96364	0,12625					
15	<p><i>Normality Test</i></p> <p><i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15</td> <td>0,985</td> <td>0,7717</td> </tr> </tbody> </table> <p>15: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	15	0,985	0,7717
DF	Statistic	Prob<W					
15	0,985	0,7717					

B) 5, 10 ve 15 dakika işlem süreleri sonucu ANOVA testi

İşlem Süresi (dk)	ANOVA Testi																																																																																																																								
İşlemsiz	<p>ANOVAOneWay (17.01.2019 02:14:52)</p> <p>Notes</p> <p>Input Data</p> <p>Descriptive Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Sample Size</th> <th>Mean</th> <th>Standard Deviation</th> <th>SE of Mean</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>50</td> <td>364,29108</td> <td>10,35774</td> <td>1,46481</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>50</td> <td>251,92262</td> <td>12,33163</td> <td>1,74396</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>50</td> <td>176,84093</td> <td>5,21212</td> <td>0,73711</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>50</td> <td>162,08325</td> <td>4,95219</td> <td>0,70035</td> </tr> </tbody> </table> <p>One Way ANOVA</p> <p>Overall ANOVA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>DF</th> <th>Sum of Squares</th> <th>Mean Square</th> <th>F Value</th> <th>Prob>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Model</td> <td>3</td> <td>1,28223E6</td> <td>427409,99255</td> <td>5496,48843</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>196</td> <td>15241,06885</td> <td>77,76056</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>199</td> <td>1,29747E6</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Null Hypothesis: The means of all levels are equal Alternative Hypothesis: The means of one or more levels are different At the 0.05 level, the population means are significantly different.</p> <p>Fit Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>R-Square</th> <th>Coeff Var</th> <th>Root MSE</th> <th>Data Mean</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,98825</td> <td>0,03693</td> <td>8,81819</td> <td>238,78447</td> </tr> </tbody> </table> <p>Means Comparisons</p> <p>Tukey Test</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MeanDiff</th> <th>SEM</th> <th>q Value</th> <th>Prob</th> <th>Alpha</th> <th>Sig</th> <th>LCL</th> <th>UCL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5 0</td> <td>-112,36846</td> <td>1,76364</td> <td>90,10518</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-116,93837</td> <td>-107,79855</td> </tr> <tr> <td>10 0</td> <td>-187,45015</td> <td>1,76364</td> <td>150,31112</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-192,02006</td> <td>-182,88024</td> </tr> <tr> <td>10 5</td> <td>-75,08169</td> <td>1,76364</td> <td>60,20595</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-79,6516</td> <td>-70,51178</td> </tr> <tr> <td>15 0</td> <td>-202,20783</td> <td>1,76364</td> <td>162,1449</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-206,77774</td> <td>-197,63792</td> </tr> <tr> <td>15 5</td> <td>-89,83937</td> <td>1,76364</td> <td>72,03972</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-94,40928</td> <td>-85,26946</td> </tr> <tr> <td>15 10</td> <td>-14,75768</td> <td>1,76364</td> <td>11,83377</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-19,32759</td> <td>-10,18777</td> </tr> </tbody> </table> <p>Sig equals 1 indicates that the means difference is significant at the 0,05 level. Sig equals 0 indicates that the means difference is not significant at the 0,05 level.</p>		Sample Size	Mean	Standard Deviation	SE of Mean	0	50	364,29108	10,35774	1,46481	5	50	251,92262	12,33163	1,74396	10	50	176,84093	5,21212	0,73711	15	50	162,08325	4,95219	0,70035		DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F	Model	3	1,28223E6	427409,99255	5496,48843	0	Error	196	15241,06885	77,76056			Total	199	1,29747E6				R-Square	Coeff Var	Root MSE	Data Mean	0,98825	0,03693	8,81819	238,78447		MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL	5 0	-112,36846	1,76364	90,10518	0	0,05	1	-116,93837	-107,79855	10 0	-187,45015	1,76364	150,31112	0	0,05	1	-192,02006	-182,88024	10 5	-75,08169	1,76364	60,20595	0	0,05	1	-79,6516	-70,51178	15 0	-202,20783	1,76364	162,1449	0	0,05	1	-206,77774	-197,63792	15 5	-89,83937	1,76364	72,03972	0	0,05	1	-94,40928	-85,26946	15 10	-14,75768	1,76364	11,83377	0	0,05	1	-19,32759	-10,18777
	Sample Size	Mean	Standard Deviation	SE of Mean																																																																																																																					
0	50	364,29108	10,35774	1,46481																																																																																																																					
5	50	251,92262	12,33163	1,74396																																																																																																																					
10	50	176,84093	5,21212	0,73711																																																																																																																					
15	50	162,08325	4,95219	0,70035																																																																																																																					
	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F																																																																																																																				
Model	3	1,28223E6	427409,99255	5496,48843	0																																																																																																																				
Error	196	15241,06885	77,76056																																																																																																																						
Total	199	1,29747E6																																																																																																																							
R-Square	Coeff Var	Root MSE	Data Mean																																																																																																																						
0,98825	0,03693	8,81819	238,78447																																																																																																																						
	MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL																																																																																																																	
5 0	-112,36846	1,76364	90,10518	0	0,05	1	-116,93837	-107,79855																																																																																																																	
10 0	-187,45015	1,76364	150,31112	0	0,05	1	-192,02006	-182,88024																																																																																																																	
10 5	-75,08169	1,76364	60,20595	0	0,05	1	-79,6516	-70,51178																																																																																																																	
15 0	-202,20783	1,76364	162,1449	0	0,05	1	-206,77774	-197,63792																																																																																																																	
15 5	-89,83937	1,76364	72,03972	0	0,05	1	-94,40928	-85,26946																																																																																																																	
15 10	-14,75768	1,76364	11,83377	0	0,05	1	-19,32759	-10,18777																																																																																																																	
5																																																																																																																									
10																																																																																																																									
15																																																																																																																									

EK 28: Farklı Sürelerde Yapılan Isıl Yaş Germe Ard İşlemi Sonrası PAN Nanolif Çaplarının Normal Dağılım ve ANOVA Testleri

A) 5, 10 ve 15 dakika işlem süreleri sonucu normalite testi

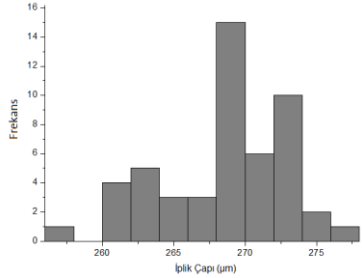
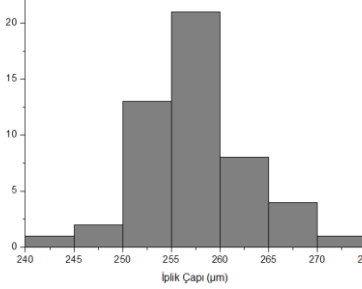
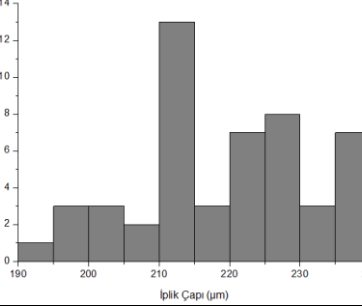
İşlem Süresi (dk)	Normalite Testi						
5	<p><i>Normality Test</i> <i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>0,9743</td> <td>0,34303</td> </tr> </tbody> </table> <p>5: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	5	0,9743	0,34303
DF	Statistic	Prob<W					
5	0,9743	0,34303					
10	<p><i>Normality Test</i> <i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>0,97241</td> <td>0,28939</td> </tr> </tbody> </table> <p>10: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	10	0,97241	0,28939
DF	Statistic	Prob<W					
10	0,97241	0,28939					
15	<p><i>Normality Test</i> <i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15</td> <td>0,9598</td> <td>0,08717</td> </tr> </tbody> </table> <p>15: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	15	0,9598	0,08717
DF	Statistic	Prob<W					
15	0,9598	0,08717					

B) 5, 10 ve 15 dakika işlem süreleri sonucu ANOVA testi

İşlem Süresi (dk)	ANOVA Testi																																																																																																																								
İşlemsiz	<p>ANOVAOneWay (17.01.2019 02:19:41)</p> <p>Notes</p> <p>Input Data</p> <p>Descriptive Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Sample Size</th> <th>Mean</th> <th>Standard Deviation</th> <th>SE of Mean</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>50</td> <td>578,50369</td> <td>71,2973</td> <td>10,08296</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>50</td> <td>551,92627</td> <td>52,0702</td> <td>7,36384</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>50</td> <td>469,40625</td> <td>54,78165</td> <td>7,7473</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>50</td> <td>457,28962</td> <td>51,12589</td> <td>7,23029</td> </tr> </tbody> </table> <p>One Way ANOVA</p> <p>Overall ANOVA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>DF</th> <th>Sum of Squares</th> <th>Mean Square</th> <th>F Value</th> <th>Prob>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Model</td> <td>3</td> <td>540174,01506</td> <td>180058,00502</td> <td>53,71059</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>196</td> <td>657065,35827</td> <td>3352,37428</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>199</td> <td>1,19724E6</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Null Hypothesis: The means of all levels are equal Alternative Hypothesis: The means of one or more levels are different At the 0,05 level, the population means are significantly different.</p> <p>Fit Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>R-Square</th> <th>Coeff Var</th> <th>Root MSE</th> <th>Data Mean</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,45118</td> <td>0,11258</td> <td>57,89969</td> <td>514,28146</td> </tr> </tbody> </table> <p>Means Comparisons</p> <p>Tukey Test</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MeanDiff</th> <th>SEM</th> <th>q Value</th> <th>Prob</th> <th>Alpha</th> <th>Sig</th> <th>LCL</th> <th>UCL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5 0</td> <td>-26,57742</td> <td>11,57994</td> <td>3,2458</td> <td>0,10266</td> <td>0,05</td> <td>0</td> <td>-56,58315</td> <td>3,42832</td> </tr> <tr> <td>10 0</td> <td>-109,09743</td> <td>11,57994</td> <td>13,32365</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-139,10317</td> <td>-79,0917</td> </tr> <tr> <td>10 5</td> <td>-82,52002</td> <td>11,57994</td> <td>10,07785</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-112,52575</td> <td>-52,51428</td> </tr> <tr> <td>15 0</td> <td>-121,21407</td> <td>11,57994</td> <td>14,80341</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-151,2198</td> <td>-91,20833</td> </tr> <tr> <td>15 5</td> <td>-94,63665</td> <td>11,57994</td> <td>11,55761</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-124,64239</td> <td>-64,63092</td> </tr> <tr> <td>15 10</td> <td>-12,11663</td> <td>11,57994</td> <td>1,47976</td> <td>0,72238</td> <td>0,05</td> <td>0</td> <td>-42,12237</td> <td>17,8891</td> </tr> </tbody> </table> <p>Sig equals 1 indicates that the means difference is significant at the 0,05 level. Sig equals 0 indicates that the means difference is not significant at the 0,05 level.</p>		Sample Size	Mean	Standard Deviation	SE of Mean	0	50	578,50369	71,2973	10,08296	5	50	551,92627	52,0702	7,36384	10	50	469,40625	54,78165	7,7473	15	50	457,28962	51,12589	7,23029		DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F	Model	3	540174,01506	180058,00502	53,71059	0	Error	196	657065,35827	3352,37428			Total	199	1,19724E6				R-Square	Coeff Var	Root MSE	Data Mean	0,45118	0,11258	57,89969	514,28146		MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL	5 0	-26,57742	11,57994	3,2458	0,10266	0,05	0	-56,58315	3,42832	10 0	-109,09743	11,57994	13,32365	0	0,05	1	-139,10317	-79,0917	10 5	-82,52002	11,57994	10,07785	0	0,05	1	-112,52575	-52,51428	15 0	-121,21407	11,57994	14,80341	0	0,05	1	-151,2198	-91,20833	15 5	-94,63665	11,57994	11,55761	0	0,05	1	-124,64239	-64,63092	15 10	-12,11663	11,57994	1,47976	0,72238	0,05	0	-42,12237	17,8891
	Sample Size	Mean	Standard Deviation	SE of Mean																																																																																																																					
0	50	578,50369	71,2973	10,08296																																																																																																																					
5	50	551,92627	52,0702	7,36384																																																																																																																					
10	50	469,40625	54,78165	7,7473																																																																																																																					
15	50	457,28962	51,12589	7,23029																																																																																																																					
	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F																																																																																																																				
Model	3	540174,01506	180058,00502	53,71059	0																																																																																																																				
Error	196	657065,35827	3352,37428																																																																																																																						
Total	199	1,19724E6																																																																																																																							
R-Square	Coeff Var	Root MSE	Data Mean																																																																																																																						
0,45118	0,11258	57,89969	514,28146																																																																																																																						
	MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL																																																																																																																	
5 0	-26,57742	11,57994	3,2458	0,10266	0,05	0	-56,58315	3,42832																																																																																																																	
10 0	-109,09743	11,57994	13,32365	0	0,05	1	-139,10317	-79,0917																																																																																																																	
10 5	-82,52002	11,57994	10,07785	0	0,05	1	-112,52575	-52,51428																																																																																																																	
15 0	-121,21407	11,57994	14,80341	0	0,05	1	-151,2198	-91,20833																																																																																																																	
15 5	-94,63665	11,57994	11,55761	0	0,05	1	-124,64239	-64,63092																																																																																																																	
15 10	-12,11663	11,57994	1,47976	0,72238	0,05	0	-42,12237	17,8891																																																																																																																	
5																																																																																																																									
10																																																																																																																									
15																																																																																																																									

EK 29: Çelik Kollektör ile Üretilen PVDF-HFP İplikler için Kollektör ile Enjektörler Arası Farklı Mesafelerde, İplik Çaplarının Normal Dağılım ve ANOVA Testleri

A) 12, 14 ve 16 cm mesafelerde normalite testi

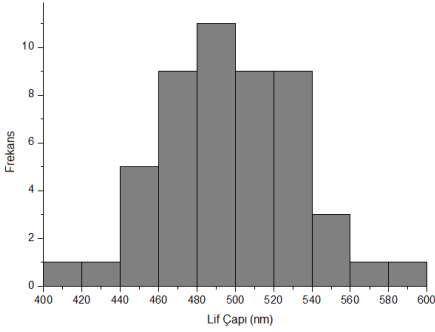
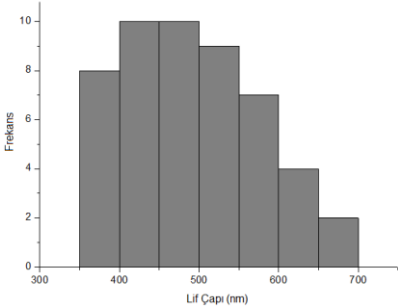
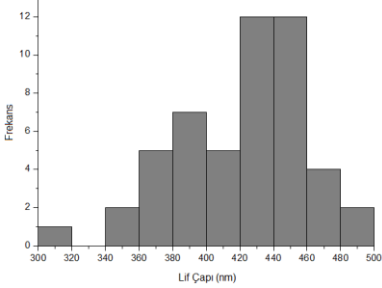
Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)	Normalite Testi						
12	<p><i>NormalityTest</i></p> <p><i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>0,95985</td> <td>0,08763</td> </tr> </tbody> </table> <p>12: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	12	0,95985	0,08763
DF	Statistic	Prob<W					
12	0,95985	0,08763					
14	<p><i>NormalityTest</i></p> <p><i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14</td> <td>0,97837</td> <td>0,48534</td> </tr> </tbody> </table> <p>14: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	14	0,97837	0,48534
DF	Statistic	Prob<W					
14	0,97837	0,48534					
16	<p><i>NormalityTest</i></p> <p><i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>16</td> <td>0,96664</td> <td>0,16846</td> </tr> </tbody> </table> <p>16: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	16	0,96664	0,16846
DF	Statistic	Prob<W					
16	0,96664	0,16846					

B) ANOVA Testi

Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)	ANOVA Testi																																				
12	<p><i>ANOVAOneWay (2.05.2019 23:03:09)</i></p> <p>Notes</p> <p>Input Data</p> <p>Descriptive Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Sample Size</th> <th>Mean</th> <th>Standard Deviation</th> <th>SE of Mean</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>268,69707</td> <td>4,46683</td> <td>0,63171</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>257,43425</td> <td>5,37941</td> <td>0,76076</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>219,10425</td> <td>12,21927</td> <td>1,72807</td> </tr> </tbody> </table> <p>One Way ANOVA</p>	Sample Size	Mean	Standard Deviation	SE of Mean	12	268,69707	4,46683	0,63171	14	257,43425	5,37941	0,76076	16	219,10425	12,21927	1,72807																				
Sample Size	Mean	Standard Deviation	SE of Mean																																		
12	268,69707	4,46683	0,63171																																		
14	257,43425	5,37941	0,76076																																		
16	219,10425	12,21927	1,72807																																		
14	<p>Overall ANOVA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>DF</th> <th>Sum of Squares</th> <th>Mean Square</th> <th>F Value</th> <th>Prob>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Model</td> <td>2</td> <td>67591,45944</td> <td>33795,72972</td> <td>511,53687</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>147</td> <td>9711,85578</td> <td>66,06705</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>149</td> <td>77303,31522</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Null Hypothesis: The means of all levels are equal Alternative Hypothesis: The means of one or more levels are different At the 0.05 level, the population means are significantly different.</p> <p>Fit Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>R-Square</th> <th>Coeff Var</th> <th>Root MSE</th> <th>Data Mean</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,87437</td> <td>0,03272</td> <td>8,12816</td> <td>248,41186</td> </tr> </tbody> </table>		DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F	Model	2	67591,45944	33795,72972	511,53687	0	Error	147	9711,85578	66,06705			Total	149	77303,31522				R-Square	Coeff Var	Root MSE	Data Mean	0,87437	0,03272	8,12816	248,41186				
	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F																																
Model	2	67591,45944	33795,72972	511,53687	0																																
Error	147	9711,85578	66,06705																																		
Total	149	77303,31522																																			
R-Square	Coeff Var	Root MSE	Data Mean																																		
0,87437	0,03272	8,12816	248,41186																																		
16	<p>Means Comparisons</p> <p>Tukey Test</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MeanDiff</th> <th>SEM</th> <th>q Value</th> <th>Prob</th> <th>Alpha</th> <th>Sig</th> <th>LCL</th> <th>UCL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Level2 Level1</td> <td>-11,26282</td> <td>1,62563</td> <td>9,79805</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-15,11183</td> <td>-7,41381</td> </tr> <tr> <td>Level3 Level1</td> <td>-49,59282</td> <td>1,62563</td> <td>43,1431</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-53,44183</td> <td>-45,74381</td> </tr> <tr> <td>Level3 Level2</td> <td>-38,33</td> <td>1,62563</td> <td>33,34505</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-42,17901</td> <td>-34,48099</td> </tr> </tbody> </table> <p>Sig equals 1 indicates that the means difference is significant at the 0,05 level. Sig equals 0 indicates that the means difference is not significant at the 0,05 level.</p>		MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL	Level2 Level1	-11,26282	1,62563	9,79805	0	0,05	1	-15,11183	-7,41381	Level3 Level1	-49,59282	1,62563	43,1431	0	0,05	1	-53,44183	-45,74381	Level3 Level2	-38,33	1,62563	33,34505	0	0,05	1	-42,17901	-34,48099
	MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL																													
Level2 Level1	-11,26282	1,62563	9,79805	0	0,05	1	-15,11183	-7,41381																													
Level3 Level1	-49,59282	1,62563	43,1431	0	0,05	1	-53,44183	-45,74381																													
Level3 Level2	-38,33	1,62563	33,34505	0	0,05	1	-42,17901	-34,48099																													

EK 30: Çelik Kollektör ile Üretilen PVDF-HFP İplikler için Kollektör ile Enjektörler Arası Farklı Mesafelerde, Nanolif Çaplarının Normal Dağılım ve ANOVA Testleri

A) 12, 14 ve 16 cm mesafelerde normalite testi

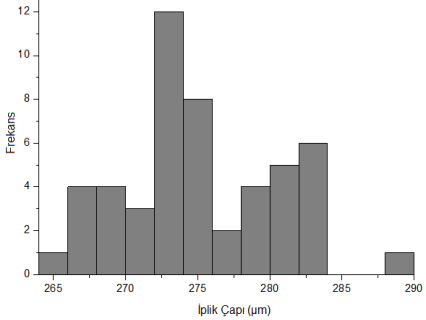
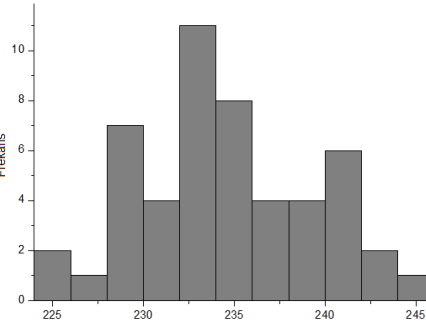
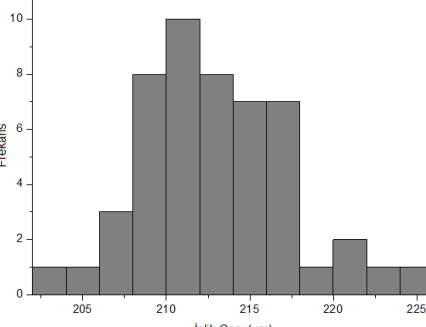
Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)	Normalite Testi						
12	<p><i>Normality Test</i></p> <p><i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>50</td> <td>0,99101</td> </tr> </tbody> </table> <p>12: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	12	50	0,99101
DF	Statistic	Prob<W					
12	50	0,99101					
14	<p><i>Normality Test</i></p> <p><i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14</td> <td>50</td> <td>0,96948</td> </tr> </tbody> </table> <p>14: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	14	50	0,96948
DF	Statistic	Prob<W					
14	50	0,96948					
16	<p><i>Normality Test</i></p> <p><i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>16</td> <td>50</td> <td>0,96465</td> </tr> </tbody> </table> <p>16: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	16	50	0,96465
DF	Statistic	Prob<W					
16	50	0,96465					

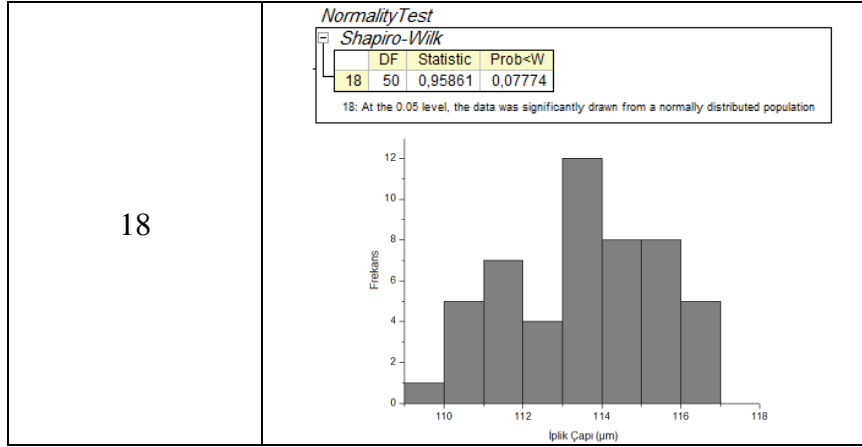
B) ANOVA Testi

Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)	ANOVA Testi																																				
12	<p><i>ANOVAOneWay (5.05.2019 23:21:25)</i></p> <p>Notes</p> <p>Input Data</p> <p>Descriptive Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Sample Size</th> <th>Mean</th> <th>Standard Deviation</th> <th>SE of Mean</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>50</td> <td>496,85511</td> <td>37,52826</td> <td>5,3073</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>50</td> <td>490,85965</td> <td>86,05066</td> <td>12,1694</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>50</td> <td>428,10092</td> <td>56,97863</td> <td>8,058</td> </tr> </tbody> </table>		Sample Size	Mean	Standard Deviation	SE of Mean	12	50	496,85511	37,52826	5,3073	14	50	490,85965	86,05066	12,1694	16	50	428,10092	56,97863	8,058																
	Sample Size	Mean	Standard Deviation	SE of Mean																																	
12	50	496,85511	37,52826	5,3073																																	
14	50	490,85965	86,05066	12,1694																																	
16	50	428,10092	56,97863	8,058																																	
14	<p>One Way ANOVA</p> <p>Overall ANOVA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>DF</th> <th>Sum of Squares</th> <th>Mean Square</th> <th>F Value</th> <th>Prob>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Model</td> <td>2</td> <td>145029,03606</td> <td>72514,51803</td> <td>18,03896</td> <td>9,86462E-8</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>147</td> <td>590922,86076</td> <td>4019,88341</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>149</td> <td>735951,89682</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Null Hypothesis: The means of all levels are equal Alternative Hypothesis: The means of one or more levels are different At the 0,05 level, the population means are significantly different.</p> <p>Fit Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>R-Square</th> <th>Coeff Var</th> <th>Root MSE</th> <th>Data Mean</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,19706</td> <td>0,13434</td> <td>63,40255</td> <td>471,93856</td> </tr> </tbody> </table>		DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F	Model	2	145029,03606	72514,51803	18,03896	9,86462E-8	Error	147	590922,86076	4019,88341			Total	149	735951,89682				R-Square	Coeff Var	Root MSE	Data Mean	0,19706	0,13434	63,40255	471,93856				
	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F																																
Model	2	145029,03606	72514,51803	18,03896	9,86462E-8																																
Error	147	590922,86076	4019,88341																																		
Total	149	735951,89682																																			
R-Square	Coeff Var	Root MSE	Data Mean																																		
0,19706	0,13434	63,40255	471,93856																																		
16	<p>Means Comparisons</p> <p>Tukey Test</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MeanDiff</th> <th>SEM</th> <th>q Value</th> <th>Prob</th> <th>Alpha</th> <th>Sig</th> <th>LCL</th> <th>UCL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14 12</td> <td>-5,99547</td> <td>12,68051</td> <td>0,66865</td> <td>0,88419</td> <td>0,05</td> <td>0</td> <td>-36,01913</td> <td>24,02819</td> </tr> <tr> <td>16 12</td> <td>-68,75419</td> <td>12,68051</td> <td>7,66792</td> <td>6,93315E-7</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-98,77785</td> <td>-38,73053</td> </tr> <tr> <td>16 14</td> <td>-62,75872</td> <td>12,68051</td> <td>6,99926</td> <td>5,99341E-6</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-92,78238</td> <td>-32,73507</td> </tr> </tbody> </table> <p>Sig equals 1 indicates that the means difference is significant at the 0,05 level. Sig equals 0 indicates that the means difference is not significant at the 0,05 level.</p>		MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL	14 12	-5,99547	12,68051	0,66865	0,88419	0,05	0	-36,01913	24,02819	16 12	-68,75419	12,68051	7,66792	6,93315E-7	0,05	1	-98,77785	-38,73053	16 14	-62,75872	12,68051	6,99926	5,99341E-6	0,05	1	-92,78238	-32,73507
	MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL																													
14 12	-5,99547	12,68051	0,66865	0,88419	0,05	0	-36,01913	24,02819																													
16 12	-68,75419	12,68051	7,66792	6,93315E-7	0,05	1	-98,77785	-38,73053																													
16 14	-62,75872	12,68051	6,99926	5,99341E-6	0,05	1	-92,78238	-32,73507																													

EK 31: Alüminyum Kollektör ile Üretilen PVDF-HFP İplikler için Kollektör ile Enjektörler Arası Farklı Mesafelerde, İplik Çaplarının Normal Dağılım ve ANOVA Testleri

A) 12, 14, 16 ve 18 cm mesafelerde normalite testi

Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)	Normalite Testi						
12	<p><i>NormalityTest</i> <i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>50</td> <td>0,96511</td> </tr> </tbody> </table> <p>12: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	12	50	0,96511
DF	Statistic	Prob<W					
12	50	0,96511					
14	<p><i>NormalityTest</i> <i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14</td> <td>50</td> <td>0,97646</td> </tr> </tbody> </table> <p>14: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	14	50	0,97646
DF	Statistic	Prob<W					
14	50	0,97646					
16	<p><i>NormalityTest</i> <i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>16</td> <td>50</td> <td>0,97311</td> </tr> </tbody> </table> <p>16: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	16	50	0,97311
DF	Statistic	Prob<W					
16	50	0,97311					

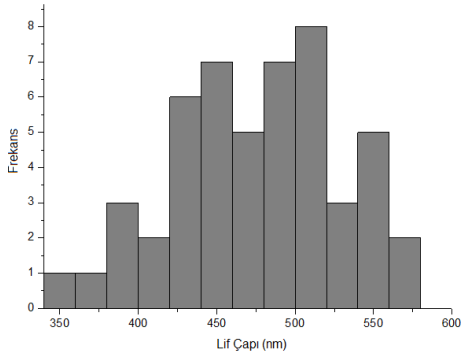
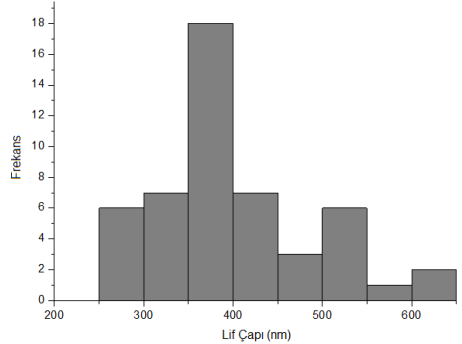
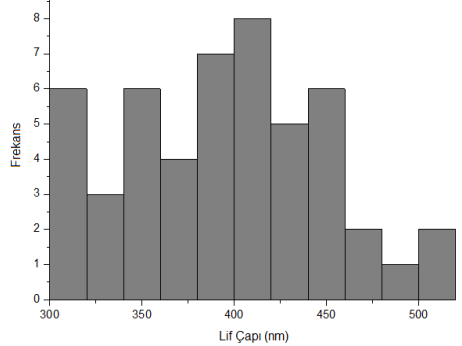


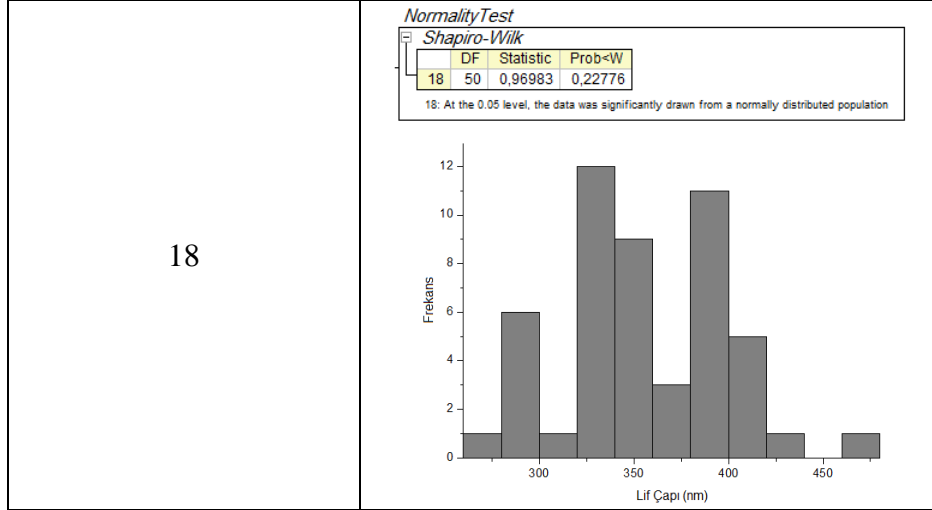
B) 12, 14, 16 ve 18 cm mesafelerde ANOVA testi

Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)	ANOVA Testi																																																																																																																								
12	<p>ANOVAOneWay (17.01.2019 01:39:22)</p> <p>Notes</p> <p>Input Data</p> <p>Descriptive Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Sample Size</th> <th>Mean</th> <th>Standard Deviation</th> <th>SE of Mean</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>50</td> <td>273,774</td> <td>6,936</td> <td>0,9809</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>50</td> <td>234,449</td> <td>4,80795</td> <td>0,67995</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>50</td> <td>212,9555</td> <td>4,40785</td> <td>0,62336</td> </tr> <tr> <td>18</td> <td>50</td> <td>113,44368</td> <td>1,74769</td> <td>0,24716</td> </tr> </tbody> </table> <p>One Way ANOVA</p> <p>Overall ANOVA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>DF</th> <th>Sum of Squares</th> <th>Mean Square</th> <th>F Value</th> <th>Prob>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Model</td> <td>3</td> <td>699475,26522</td> <td>233158,42174</td> <td>9952,54708</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>196</td> <td>4591,694</td> <td>23,42701</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>199</td> <td>704066,95921</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Null Hypothesis: The means of all levels are equal Alternative Hypothesis: The means of one or more levels are different At the 0.05 level, the population means are significantly different.</p> <p>Fit Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>R-Square</th> <th>Coeff Var</th> <th>Root MSE</th> <th>Data Mean</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,99348</td> <td>0,0232</td> <td>4,84015</td> <td>208,65554</td> </tr> </tbody> </table> <p>Means Comparisons</p> <p>Tukey Test</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MeanDiff</th> <th>SEM</th> <th>q Value</th> <th>Prob</th> <th>Alpha</th> <th>Sig</th> <th>LCL</th> <th>UCL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14 12</td> <td>-39,325</td> <td>0,96803</td> <td>57,4507</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-41,83334</td> <td>-36,81666</td> </tr> <tr> <td>16 12</td> <td>-60,8185</td> <td>0,96803</td> <td>88,85099</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-63,32684</td> <td>-58,31016</td> </tr> <tr> <td>16 14</td> <td>-21,4935</td> <td>0,96803</td> <td>31,40029</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-24,00184</td> <td>-18,98516</td> </tr> <tr> <td>18 12</td> <td>-160,33032</td> <td>0,96803</td> <td>234,22985</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-162,83867</td> <td>-157,82198</td> </tr> <tr> <td>18 14</td> <td>-121,00532</td> <td>0,96803</td> <td>176,77915</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-123,51367</td> <td>-118,49698</td> </tr> <tr> <td>18 16</td> <td>-99,51182</td> <td>0,96803</td> <td>145,37886</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-102,02017</td> <td>-97,00348</td> </tr> </tbody> </table> <p>Sig equals 1 indicates that the means difference is significant at the 0,05 level. Sig equals 0 indicates that the means difference is not significant at the 0,05 level.</p>		Sample Size	Mean	Standard Deviation	SE of Mean	12	50	273,774	6,936	0,9809	14	50	234,449	4,80795	0,67995	16	50	212,9555	4,40785	0,62336	18	50	113,44368	1,74769	0,24716		DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F	Model	3	699475,26522	233158,42174	9952,54708	0	Error	196	4591,694	23,42701			Total	199	704066,95921				R-Square	Coeff Var	Root MSE	Data Mean	0,99348	0,0232	4,84015	208,65554		MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL	14 12	-39,325	0,96803	57,4507	0	0,05	1	-41,83334	-36,81666	16 12	-60,8185	0,96803	88,85099	0	0,05	1	-63,32684	-58,31016	16 14	-21,4935	0,96803	31,40029	0	0,05	1	-24,00184	-18,98516	18 12	-160,33032	0,96803	234,22985	0	0,05	1	-162,83867	-157,82198	18 14	-121,00532	0,96803	176,77915	0	0,05	1	-123,51367	-118,49698	18 16	-99,51182	0,96803	145,37886	0	0,05	1	-102,02017	-97,00348
	Sample Size	Mean	Standard Deviation	SE of Mean																																																																																																																					
12	50	273,774	6,936	0,9809																																																																																																																					
14	50	234,449	4,80795	0,67995																																																																																																																					
16	50	212,9555	4,40785	0,62336																																																																																																																					
18	50	113,44368	1,74769	0,24716																																																																																																																					
	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F																																																																																																																				
Model	3	699475,26522	233158,42174	9952,54708	0																																																																																																																				
Error	196	4591,694	23,42701																																																																																																																						
Total	199	704066,95921																																																																																																																							
R-Square	Coeff Var	Root MSE	Data Mean																																																																																																																						
0,99348	0,0232	4,84015	208,65554																																																																																																																						
	MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL																																																																																																																	
14 12	-39,325	0,96803	57,4507	0	0,05	1	-41,83334	-36,81666																																																																																																																	
16 12	-60,8185	0,96803	88,85099	0	0,05	1	-63,32684	-58,31016																																																																																																																	
16 14	-21,4935	0,96803	31,40029	0	0,05	1	-24,00184	-18,98516																																																																																																																	
18 12	-160,33032	0,96803	234,22985	0	0,05	1	-162,83867	-157,82198																																																																																																																	
18 14	-121,00532	0,96803	176,77915	0	0,05	1	-123,51367	-118,49698																																																																																																																	
18 16	-99,51182	0,96803	145,37886	0	0,05	1	-102,02017	-97,00348																																																																																																																	
14																																																																																																																									
16																																																																																																																									
18																																																																																																																									

EK 32: Alüminyum Kollektör ile Üretilen PVDF-HFP İplikler için Kollektör ile Enjektörler Arası Farklı Mesafelerde, Nanolif Çaplarının Normal Dağılım ve ANOVA Testleri

A) 12, 14, 16 ve 18 cm mesafelerde normalite testi

Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)	Normalite Testi							
12	<p><i>NormalityTest</i> <i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>50</td> <td>0,9854</td> <td>0,78848</td> </tr> </tbody> </table> <p>12: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	12	50	0,9854	0,78848
DF	Statistic	Prob<W						
12	50	0,9854	0,78848					
14	<p><i>NormalityTest</i> <i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14</td> <td>50</td> <td>0,95763</td> <td>0,07075</td> </tr> </tbody> </table> <p>14: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	14	50	0,95763	0,07075
DF	Statistic	Prob<W						
14	50	0,95763	0,07075					
16	<p><i>NormalityTest</i> <i>Shapiro-Wilk</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DF</th> <th>Statistic</th> <th>Prob<W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>16</td> <td>50</td> <td>0,97381</td> <td>0,32851</td> </tr> </tbody> </table> <p>16: At the 0.05 level, the data was significantly drawn from a normally distributed population</p> 	DF	Statistic	Prob<W	16	50	0,97381	0,32851
DF	Statistic	Prob<W						
16	50	0,97381	0,32851					



B) 12, 14, 16 ve 18 cm mesafelerde ANOVA testi

Kollektör ile Enjektörler Arası Mesafe (cm)	ANOVA Testi																																																																																																																										
12	<p>ANOVAOneWay (17.01.2019 01:45:28)</p> <p>Notes</p> <p>Input Data</p> <p>Descriptive Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Sample Size</th> <th>Mean</th> <th>Standard Deviation</th> <th>SE of Mean</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>50</td> <td>475,68869</td> <td>53,98462</td> <td>7,63458</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>50</td> <td>401,02735</td> <td>87,47125</td> <td>12,3703</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>50</td> <td>394,27969</td> <td>54,98941</td> <td>7,77668</td> </tr> <tr> <td>18</td> <td>50</td> <td>356,61599</td> <td>43,437</td> <td>6,14292</td> </tr> </tbody> </table> <p>One Way ANOVA</p> <p>Overall ANOVA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>DF</th> <th>Sum of Squares</th> <th>Mean Square</th> <th>F Value</th> <th>Prob>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Model</td> <td>3</td> <td>372706,33585</td> <td>124235,44528</td> <td>32,11014</td> <td>1,11022E-16</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>196</td> <td>758332,13505</td> <td>3869,04151</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>199</td> <td>1,13104E6</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Null Hypothesis: The means of all levels are equal Alternative Hypothesis: The means of one or more levels are different At the 0.05 level, the population means are significantly different.</p> <p>Fit Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>R-Square</th> <th>Coeff Var</th> <th>Root MSE</th> <th>Data Mean</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>0,32953</td> <td>0,15287</td> <td>62,20162</td> <td>406,90293</td> </tr> </tbody> </table> <p>Means Comparisons</p> <p>Tukey Test</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MeanDiff</th> <th>SEM</th> <th>q Value</th> <th>Prob</th> <th>Alpha</th> <th>Sig</th> <th>LCL</th> <th>UCL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14 12</td> <td>-74,66135</td> <td>12,44032</td> <td>8,48749</td> <td>4,11162E-8</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-106,8965</td> <td>-42,4262</td> </tr> <tr> <td>16 12</td> <td>-81,409</td> <td>12,44032</td> <td>9,25456</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-113,64415</td> <td>-49,17385</td> </tr> <tr> <td>16 14</td> <td>-6,74765</td> <td>12,44032</td> <td>0,76707</td> <td>0,94849</td> <td>0,05</td> <td>0</td> <td>-38,98281</td> <td>25,4875</td> </tr> <tr> <td>18 12</td> <td>-119,07271</td> <td>12,44032</td> <td>13,53616</td> <td>0</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-151,30786</td> <td>-86,83756</td> </tr> <tr> <td>18 14</td> <td>-44,41136</td> <td>12,44032</td> <td>5,04867</td> <td>0,00252</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-76,64651</td> <td>-12,17621</td> </tr> <tr> <td>18 16</td> <td>-37,66371</td> <td>12,44032</td> <td>4,2816</td> <td>0,01473</td> <td>0,05</td> <td>1</td> <td>-69,89886</td> <td>-5,42855</td> </tr> </tbody> </table> <p>Sig equals 1 indicates that the means difference is significant at the 0,05 level. Sig equals 0 indicates that the means difference is not significant at the 0,05 level.</p>		Sample Size	Mean	Standard Deviation	SE of Mean	12	50	475,68869	53,98462	7,63458	14	50	401,02735	87,47125	12,3703	16	50	394,27969	54,98941	7,77668	18	50	356,61599	43,437	6,14292		DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F	Model	3	372706,33585	124235,44528	32,11014	1,11022E-16	Error	196	758332,13505	3869,04151			Total	199	1,13104E6					R-Square	Coeff Var	Root MSE	Data Mean		0,32953	0,15287	62,20162	406,90293		MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL	14 12	-74,66135	12,44032	8,48749	4,11162E-8	0,05	1	-106,8965	-42,4262	16 12	-81,409	12,44032	9,25456	0	0,05	1	-113,64415	-49,17385	16 14	-6,74765	12,44032	0,76707	0,94849	0,05	0	-38,98281	25,4875	18 12	-119,07271	12,44032	13,53616	0	0,05	1	-151,30786	-86,83756	18 14	-44,41136	12,44032	5,04867	0,00252	0,05	1	-76,64651	-12,17621	18 16	-37,66371	12,44032	4,2816	0,01473	0,05	1	-69,89886	-5,42855
		Sample Size	Mean	Standard Deviation	SE of Mean																																																																																																																						
12		50	475,68869	53,98462	7,63458																																																																																																																						
14		50	401,02735	87,47125	12,3703																																																																																																																						
16	50	394,27969	54,98941	7,77668																																																																																																																							
18	50	356,61599	43,437	6,14292																																																																																																																							
	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F																																																																																																																						
Model	3	372706,33585	124235,44528	32,11014	1,11022E-16																																																																																																																						
Error	196	758332,13505	3869,04151																																																																																																																								
Total	199	1,13104E6																																																																																																																									
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Data Mean																																																																																																																							
	0,32953	0,15287	62,20162	406,90293																																																																																																																							
	MeanDiff	SEM	q Value	Prob	Alpha	Sig	LCL	UCL																																																																																																																			
14 12	-74,66135	12,44032	8,48749	4,11162E-8	0,05	1	-106,8965	-42,4262																																																																																																																			
16 12	-81,409	12,44032	9,25456	0	0,05	1	-113,64415	-49,17385																																																																																																																			
16 14	-6,74765	12,44032	0,76707	0,94849	0,05	0	-38,98281	25,4875																																																																																																																			
18 12	-119,07271	12,44032	13,53616	0	0,05	1	-151,30786	-86,83756																																																																																																																			
18 14	-44,41136	12,44032	5,04867	0,00252	0,05	1	-76,64651	-12,17621																																																																																																																			
18 16	-37,66371	12,44032	4,2816	0,01473	0,05	1	-69,89886	-5,42855																																																																																																																			
14																																																																																																																											
16																																																																																																																											
18																																																																																																																											

9. ÖZGEÇMİŞ

Belin SABİT 1992 yılında Bulgaristan'da doğdu. Tekirdağ Anadolu Lisesi'nden 2010 yılında mezun olduktan sonra 2011 yılında Ege Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü'nü birincilik ile kazandı. Lisans eğitiminin son yılında Erasmus öğrenci değişim programı ile Polonya'daki Lodz Teknik Üniversitesi'ne gitti. 2015 yılı Ekim ayı ile 2016 Şubat ayları arasında Lacoste-Devanlay/Eren Tekstil'de çalıştı. 2016 yılı Ağustos ayında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2017 yılı Kasım ayından başlayarak 2019 Şubat ayına kadar 117M166 numaralı TÜBİTAK 1001 projesinde bursiyer öğrenci olarak çalıştı. 2019 yılı Şubat ayında girdiği Yünsa Yünlü Sanayi ve Ticaret A.Ş. 'de boya işletmeleri mühendisi olarak çalışmaktadır.