

T.C.
UŞAK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GERİ DÖNÜŞÜM İPLİKÇİLİĞİNDE KENEVİR LİFİ
KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEHER KAYA

AĞUSTOS 2021
UŞAK

T.C.
UŞAK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GERİ DÖNÜŞÜM İPLİKÇİLİĞİNDE KENEVİR LİFİ
KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEHER KAYA

UŞAK 2021

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Seher KAYA

GERİ DÖNÜŞÜM İPLİKÇİLİĞİNDE KENEVİR LİFİ
KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)

Seher KAYA

UŞAK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
Ağustos 2021

ÖZET

Doğal kaynakların hızlı bir şekilde tüketilmesi, sentetik üretim faaliyetleri ve plastik atık sorunlarına ilişkin çevresel farkındalıkların ve küresel ölçekte çevre sorunlarının artması sebebiyle ekolojik ve sürdürülebilir üretime yönelen dünyada, doğal kaynaklardan elde edilen hammaddeler endüstride son zamanlarda büyük ilgi görmektedir. Bütün bunlar araştırmacıları, yenilenebilir malzemeler ve alternatif enerji elde etmek için çevresel sürdürülebilirlik kavramlarını geliştirmeye motive etmektedir. Geri dönüştürülebilir ve organik tekstil ürünlerine günümüzde artan talep göz önünde bulundurulduğunda, sentetik liflerin yerine alternatif lif arayışlarına gidilmesinin önemi anlaşılmaktadır. Böyle bir çerçeve içinde, birçok medeniyette yaygın olarak yer bulan kenevir liflerinin kullanımı, doğal, eski bir kaynağın zenginleştirilmesinin ilginç bir örneğini temsil etmektedir. Kenevir lifleri, yüksek mukavemetleri ve dikkat çekici özellikleri ile uzun zamandır tekstil ürünleri imalatında kullanılmıştır. Bu sebeple sentetik lifler yerine sak (gövde) liflerinin kullanılması hem ekolojik hem de ekonomik anlamda daha fazla yarar sağlayarak dışa bağımlılığı da büyük ölçüde azaltılacağı öngörülmektedir. Bu tez çalışmasında, geri dönüşüm iplikçiliğinde kenevir liflerinin kullanımı incelenmiştir. Mekanik işlem görmüş liflere, open-end iplikçiliğinde işlenebilir hale getirilmesi için alkali yıkama, ağartma ve yumuşatma işlemleri uygulanmıştır. İşlem sonunda liflerin FT-IR spektroskopisinde spektrumları alınarak kimyasal içerikleri incelenmiştir. Kotonize edilen lifler, geri dönüşüm pamuk ve polyester lifleri ile belli oranlarda ve partilerde harmanlanarak 4 farklı numarada 20 farklı numune elde edilmiştir. Numuneler belirli kalite testlerine tabii tutulmuş ve sonuçlar, kenevir liflerinin geri dönüşüm iplikçiliğinde kullanımının uygunluğunu göstermiştir.

Bilim Kodu: 621.01.01

Anahtar Kelimeler: Kenevir Lifi, Kotonizasyon, Geri Dönüşüm İplikçiliği, Rotor İplikçiliği, Ekolojik Tekstiller

Sayfa Adedi: 155

Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Eren ÖNER



INVESTIGATION OF THE USE OF HEMP FIBER IN RECYCLING SPINNING
(M.Sc. Thesis)

Seher KAYA

USAK UNIVERSITY
INSTITUTE OF POSTGRADUATE EDUCATION
August 2021

ABSTRACT

Raw materials obtained from natural resources have recently attracted great interest in the industry in the world, which has turned to ecological and sustainable production due to the rapid consumption of natural resources, environmental awareness of synthetic production activities and plastic waste problems, and environmental problems on a global scale. All this motivates researchers to develop environmental sustainability concepts to obtain renewable materials and alternative energy. Considering the increasing demand for recyclable and organic textile products, the importance of searching for alternative fibers instead of synthetic fibers is understood. Within such a framework, the use of hemp fibers common in many civilizations represents an interesting example of enriching a natural, ancient resource. Hemp fibers, with their high strength and remarkable properties, have long been used in the manufacture of textiles. For this reason, it is predicted that the use of bast fibers instead of synthetic fibers will provide more benefits both ecologically and economically and will greatly reduce foreign dependency. In this thesis, the use of hemp fibers in recycling spinning has been investigated. Alkaline washing, bleaching and softening processes are applied to mechanically treated fibers to make them workable in open-end spinning. At the end of the process, the spectra of the fibers were taken by FT-IR spectroscopy and their chemical contents were examined. 20 different samples in 4 different numbers were obtained by blending the cottonized fibers with recycled cotton and polyester fibers in certain proportions and in lots. The samples were subjected to certain quality tests and the results showed the suitability of hemp fibers for use in recycling spinning.

Science Code: 621.01.01

Key Words: Hemp Fiber, Cottonization, Recycled Spinning, Rotor Spinning, Ecologic Textiles

Page Number: 155

Adviser: Assoc. Prof. Dr. Eren Oner



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmamın başından itibaren bilimsel tecrübelerini, maddi ve manevi desteğini, sabır ve anlayışını esirgemeyen; değerli birikimleriyle çalışmalarına yön veren, çok yoğun çalışma temposuna rağmen bana değerli zamanını ayıran ve bu çalışmanın ortaya çıkmasındaki en büyük paya sahip sevgili danışman hocam Sayın Doç. Dr. Eren ÖNER'e en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarına yön veren, değerli zamanını ayıran; bilgi birikimi, gösterdiği ilgi, maddi-manevi destek ve özveriden dolayı Kimya Mühendisliği Bölümü Öğr. Gör. Sayın Mustafa Yasin ASLAN hocama ve laboratuvar çalışmalarımda yardımcı olan lisans öğrencisi Kübra Nur EKİN'e teşekkür ederim.

Çalışmada kullanılan hammaddelerin temini, geri dönüştürülmüş ipliklerin üretimi ve testleri için tüm imkânlarını sunan Polat İplik Tekstil San. Ve Tic. Ltd Şti. firma sahibi ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Çalışmada kullandığım hammaddelerin temini için ASTAB Tütün, Gıda, Makine, İnşaat, Taahhüt Ltd. Şti sahibi Sayın Haldun BABACAN ve firmayla iletişime geçmemi sağlayan Samsun On Dokuz Mayıs Üniversitesi Öğr. Üyesi Sayın Prof. Dr. Ali Kemal AYAN hocama teşekkür ederim.

Binbir zorlukla beni yetiştiren ve okutan, kararlarımda daima yanımda olan, hayatımın her döneminde özellikle yüksek lisans çalışmalarım sırasındaki yoğun ve bazen zorlu günlerimde sonsuz sevgileri, sabırları, maddi ve manevi destekleriyle varlıklarını her daim hissettiren canım aileme sonsuz sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
HARİTALARIN LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Tezin Önemi ve Amacı	2
2. KONU İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR..	4
2.1. Kenevirin Genel Tarihçesi ve Bugünkü Durumu	4
2.2. Dünyada ve Türkiye’de Kenevir Üretimi.....	7
2.3. Kenevir Liflerinin Özellikleri.....	9
2.3.1. Kenevir liflerinin fiziksel özellikleri.....	12
2.3.2. Kenevir liflerinin kimyasal özellikleri	15
2.4. Kenevir Liflerine Uygulanan Kimyasal ve Mekanik İşlemler	17
2.4.1. Lif eldesi yöntemleri.....	18
2.4.1.1. Biyolojik yöntem.....	18
2.4.1.2. Havuzlama yöntemi	18
2.4.1.3. Mekanik yöntem (dekortikasyon)	19
2.4.1.4. Kimyasal yöntem	20
2.4.1.5. Diğer yöntemler	21
2.4.2. Kotonizasyon.....	22
2.4.2.1. Delignifikasyon (alkali yıkama) işlemi	22
2.4.2.2. Ağartma işlemi.....	23
2.5. Tekstilde Geri Dönüşüm	25
2.5.1. Tekstil atıklarının geri dönüşüm yöntemleri	29

2.5.2. Mekanik geri dönüşüm yöntemi	30
2.5.2.1. Tasnif ve tefrik işlemi.....	32
2.5.2.2. Kesme işlemi.....	32
2.5.2.3. Odalarda bekletme ve yağlama işlemi	33
2.5.2.4. Lif açma işlemi	34
2.5.2.5. Balyalama işlemi.....	37
2.6. İplik Eğirme Sistemleri	37
2.6.1. Kesikli lif iplikçiliği.....	38
2.6.1.1. Uzun lif iplikçiliği.....	38
2.6.1.1.1. Kamgarn yün iplikçiliği	39
2.6.1.1.2. Yarı kamgarn yün iplikçiliği	39
2.6.1.1.3. Strayhgarn yün iplikçiliği.....	39
2.6.1.2. Kısa lif iplikçiliği	40
2.6.1.2.1. Ring iplik eğirme sistemi	42
2.6.1.2.2. Kompakt iplik eğirme sistemi	44
2.6.1.2.3. Vortex iplik eğirme sistemi	46
2.6.1.2.4. Friksiyon iplik eğirme sistemi.....	48
2.6.1.2.5. Open-end (rotor) iplik eğirme sistemi	49
2.6.1.2.5.1. Eğirme elemanları	53
2.6.1.2.5.1.1. Açıcı silindir	53
2.6.1.2.5.1.2. Rotor.....	56
2.6.1.2.5.1.3. Düze	62
2.6.1.2.5.2. İplik kalitesini etkileyen özellikler	66
2.6.1.2.5.2.1. Hammadde parametrelerinin etkisi.....	66
2.6.1.2.5.2.2. Hazırlık işlemlerinin etkisi	67
2.6.1.2.5.2.3. Eğirme elemanlarının etkisi.....	68
2.7. Open-End İplik Özellikleri	70
2.7.1. İplik numarası.....	70
2.7.2. İplik bükümü	70
2.7.3. İplik kopma mukavemeti ve uzaması	73
2.7.4. İplik düzgünsüzlüğü.....	74
2.7.5. İplik tüylülüğü	78

2.7.6. İplik sürtünmesi	81
2.8. Literatürdeki Çalışmalar	83
2.8.1. Kenevir lifleri ile ilgili çalışmalar	83
2.8.2. Kenevir iplikleri ile ilgili çalışmalar	87
2.8.3. Kenevir kumaşları ile ilgili çalışmalar	89
2.8.4. Kenevir kompozitler ile ilgili çalışmalar	93
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	95
3.1. Kullanılan Materyal.....	95
3.2. Liflere Uygulanan Kimyasal ve Mekanik İşlemler	95
3.2.1. Laboratuvar ortamında kenevir liflerine uygulanan işlemler	96
3.2.2. Fabrika ortamında kenevir liflerine uygulanan işlemler	97
3.3. İplik Üretim İşlemleri	101
3.4. İpliklere Uygulanan Testler	105
3.5. İstatistiksel Değerlendirme	105
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	106
4.1. Lif Özelliklerinin Değerlendirilmesi.....	106
4.1.1. FT-IR spektroskopisi	106
4.2. İplik Özelliklerinin Değerlendirilmesi	108
4.2.1. Kopma mukavemeti.....	108
4.2.2. Kopma uzaması	111
4.2.3. Düzensizlik	113
4.2.4. Tüylülük	116
4.2.5. İplik hataları	117
5. SONUÇ	119
KAYNAKLAR	121
ÖZGEÇMİŞ.....	137

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Kenevir lifinin fiziksel özellikleri	12
Çizelge 2.2. Kenevir ve diğer selülozik liflerin kimyasal bileşimleri	15
Çizelge 2.3. Eğirme işleminden kaynaklanan yapısal farklılıklar	41
Çizelge 2.4. Açıcı silindir dış formu ve teknik özellikleri	54
Çizelge 2.5. Rotor tipleri ve teknik özellikleri	56
Çizelge 2.6. Düzenin iplik yapı özelliği üzerindeki etkisi	64
Çizelge 2.7. Düze tipleri ve teknik özellikleri.....	64
Çizelge 3.1. Çalışmada üretilen ipliklerin temel özellikleri.....	104
Çizelge 4.1. Karışım oranına göre mukavemet değerlerinin SNK post hoc testlerinin sonuçları.....	110
Çizelge 4.2. İplik numarasına göre mukavemet değerlerinin SNK post hoc testlerinin sonuçları.....	110
Çizelge 4.3. Karışım oranına göre kopma uzaması değerlerinin SNK post hoc testlerinin sonuçları.....	112
Çizelge 4.4. İplik numarasına göre kopma uzaması değerlerinin SNK post hoc testlerinin sonuçları.....	113
Çizelge 4.5. Karışım oranına göre düzgünsüzlük değerlerinin SNK post hoc testlerinin sonuçları.....	115
Çizelge 4.6. İplik numarasına göre düzgünsüzlük değerlerinin SNK post hoc testlerinin sonuçları.....	115
Çizelge 4.7. Karışım oranına göre tüylülük değerlerinin SNK post hoc testlerinin sonuçları.....	117
Çizelge 4.8. İplik numarasına göre tüylülük değerlerinin SNK post hoc testlerinin sonuçları.....	117
Çizelge 4.9. İplik hataları.....	118

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Kenevir kullanım alanları	6
Şekil 2.2. Kenevir lifi yapısının şematik görüntüsü	14
Şekil 2.3. 1920-2005 yılları arası dünya lif üretimi.....	26
Şekil 2.4. Geri kazanımda kullanılan hammaddeler.....	28
Şekil 2.5. Teleflerin kullanım alanları	29
Şekil 2.6. Mekanik geri dönüşüm şeması	31
Şekil 2.7. İplikçilik sistemleri.....	37
Şekil 2.8. Uzun lif iplikçiliği	38
Şekil 2.9. Eğirme sistemleri ve üretim hızları	40
Şekil 2.10. Ring ve open-end rotor iplik yapıları	41
Şekil 2.11. Değişik eğirme sistemleri için iplik yapısındaki farklılıklar	42
Şekil 2.12. Ring iplik eğirmede çekim sistemi.....	43
Şekil 2.13. Aerodinamik yoğunlaştırmanın eğirme üçgenindeki etkisi.....	44
Şekil 2.14. Murata hava-jetli eğirme sistemi	46
Şekil 2.15. Open-end friksiyon iplik üretim tekniği	49
Şekil 2.16. Open-end iplikçiliği makine serisi	50
Şekil 2.17. Open-end eğirme sisteminin genel görünümü	51
Şekil 2.18. Open-end rotor iplik eğirme sisteminin şematik görünümü	52
Şekil 2.19. Farklı iplik numaraları için uygun rotorlar	60
Şekil 2.20. Sabit rotor çapında iplik kalite değerlerine rotor devrinin etkisi	61
Şekil 2.21. Rotor hızının fonksiyonu olarak farklı rotor çapları için α_{min} değerleri	62
Şekil 2.22. Open-end iplik makinesinde gerçek ve yalancı büküm oluşumu	66
Şekil 3.1. Uygulanan alkali işlem ve ağartmaya ait diyagram	99
Şekil 4.1. Ham kenevir lifi ve enzimle muamele edilen kenevir liflerinin ATR FT-IR spektroskopisi	107
Şekil 4.2. Ham kenevir lifi ve kotonize edilmiş kenevir liflerinin ATR FT-IR spektrumları.....	108
Şekil 4.3. İplik kopma mukavemeti sonuçları.....	109
Şekil 4.4. İplik kopma uzaması sonuçları	111
Şekil 4.5. İplik düzgünsüzlük sonuçları.....	114

Şekil 4.6 İplik tüylülük sonuçları	116
---	-----



RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Cannabis sativa ve cannabis indica türünün görünümü	4
Resim 2.2. Dişi ve erkek kenevirin görünümü.....	10
Resim 2.3. Olgun bir kenevir lifi boyuna (a) ve enine (b) kesiti	13
Resim 2.4. Balkan DTA 62 giyotin kesme makinesi	33
Resim 2.5. Balkan DT80 box odası.....	34
Resim 2.6. Balkan Dt30 mega şifanöz.....	35
Resim 2.7. Tamhas garnet & geri dönüşüm makinesi.....	36
Resim 2.8. Rotor iplik makinesi.....	50
Resim 2.9. Açıcı silindir	54
Resim 2.10. Rotor.....	56
Resim 2.11. Rotorda iplik oluşumu	59
Resim 2.12. Çıkış düzesi.....	63
Resim 3.1. Kenevir liflerine uygulanan alkali yıkama ve ağartma işlemi.....	96
Resim 3.2. Kenevir liflerinin kimyasal işlem öncesi ve sonrası görüntüsü.....	97
Resim 3.3. Şifanöz sonrası pres makinesinde liflerin preslenmesine ait görünüm	98
Resim 3.4. Preslenen kenevir liflerinin görüntüsü	98
Resim 3.5. Preslenen kenevir liflerinin görüntüsü	99
Resim 3.6. Kenevir liflerine uygulanan kimyasal işlemlerin yapıldığı basınçlı kazanın görüntüsü	100
Resim 3.7. Alkali yıkama sonunda kazandan deşarj edilen sulu çözelti	100
Resim 3.8. Trützschler TC 11 tarak makinesi.....	102
Resim 3.9. Rieter RSB-D 50 cer makinesi	102
Resim 3.10. Rieter R36 open-end iplik makinesi.....	103
Resim 3.11. Aynı makinede çalışan iplik numuneleri örneği	104

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita

Sayfa

Harita 2.1. Dünya kenevir üretim haritası	8
---	---



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Açıklama

µm

Mikrometre

Kısaltmalar

Açıklama

PES

Poliester

PET

Polietilenteraftalat

PAC

Poliakrilnitril

PLA

Polilaktik Asit

Ne

İngiliz Pamuk İpliği Numaralandırma Sistemi (İndirekt Sistem)

Nm

Metrik Numaralandırma Sistemi (İndirekt Sistem)

Tex

Ağırlık Numaralandırma Sistemi (Direkt Sistem)

Dtex

Ağırlık Numaralandırma Sistemi (Direkt Sistem)

CV%

Düzgünsüzlük Varyasyon Katsayısı

RKM

Kopma Kilometresi (Mukavemet Değeri)

THC

Δ-9 tetrahidrokanabinol

CBD

Cannabidiol

KOİ

Kimyasal oksijen İhtiyacı Analizi

CAD

Bilgisayar Destekli Tasarım dosyası

ITMA

Uluslararası Tekstil Makineleri Fuarı

EHIA

Avrupa Endüstriyel Kenevir Organizasyonu

FAO

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü

TÜİK

Türkiye İstatistik Kurumu

SEKA

Türkiye Selüloz ve Kâğıt Fabrikaları A.Ş.

1 GİRİŞ

Geri dönüşüm ve sürdürülebilirliğin popülaritesini arttırmakta olduğu günümüzde, ekolojik ürün arayışları devam etmektedir [1]. Yaşam standartlarındaki gelişmelerin yanı sıra Dünya nüfusundaki artış, son yıllarda tekstil tüketiminde ve bununla birlikte tekstil üretiminde ciddi bir artışa neden olmuştur [2]. Sentetik liflerin teknolojik olarak gelişimine karşın, doğal kaynaklardan elde edilmiş rejenere ve doğal lif kullanımı; biyoparçalanabilirlik, düşük yoğunluk ve yüksek mukavemet değerlerinin yanı sıra yenilenebilir kaynaklar olmaları sebebiyle hızla artmaya devam etmektedir. Doğal kaynakların gün geçtikçe tükenmesi aynı zamanda da tekstil atık imha maliyetlerinin yükselmesi sebebiyle, geri dönüşüm ve sürdürülebilirlik dünyada git gide önem kazanan bir konu haline gelmiştir. Bu sebeple geri dönüşüm sektörü, hızla değer kazanmakta ve birçok farklı ürün için uygulanmaya devam etmektedir [1]. Bu kapsamda sürdürülebilirlik, insan ile doğa arasında kurduğu dengeyle doğal kaynakları koruyarak, gelecek nesillerin ihtiyaçlarının karşılanmasına ve kalkınmasına imkân sağlayacak şekilde, günümüzle gelecek yaşamının ve kalkınmasının programlaması niteliğini taşımaktadır [3]. Bazı tekstil lifleri yenilenebilir kaynaklardan üretilmesine rağmen, geri kazanılmaları mümkün olmamaktadır, bazı tekstil lifleri ise yenilenemeyen kaynaklardan üretilmelerine karşın kolaylıkla yüksek kaliteli ürünlere geri dönüştürülebilmektedir [4]. Sentetik lifler, petrol bazlı olmasının yol açtığı çevresel ve ekonomik sorunlara ek olarak, doğada uzun süre yok olmaması sebebiyle katı tekstil atıkları içerisinde en ciddi sorunlara yol açan gruptur [1].

Tekstil teleflerinin en önemli kullanım alanı iplik yapımıdır. Büyük çoğunluğu mekaniksel yöntemlerle lif haline getirilerek ipliğe dönüştürülmektedir. Open-end iplikçiliği, kullanılmayacak durumda olan ve çevreye zararlı birçok tekstil materyalinin tekrar kullanılarak ekonomiye geri dönüşümünü sağlamaktadır. Günümüzde, bu sistem birçok iplik üretim sistemine göre daha hızlı ilerlemekte ve iplik üretim teknolojileri açısından gündemdeki yerini korumaktadır [5]. Son dönemde tüketicilerin çevreci markalara olan ilgisi de firmaları geri dönüşüme odaklayan etkenlerden olmaktadır. Ancak sentetiklerin çevreye verdiği zararı ortadan kaldırmak için sentetik materyallerin insan hayatından büyük ölçüde çıkartılması, üretiminin kısıtlanması, var olan kısmının da geri dönüştürülmesi gerekmektedir. Doğa dostu ve organik tekstil ürünlerine artan talep de göz

önünde bulundurulduğunda, sentetik liflerin yerine alternatif lif arayışlarına gidilmesinin önemi anlaşılmaktadır. Bu sebeple sentetik lifler yerine sak(gövde) liflerinin kullanılması hem ekolojik hem de ekonomik anlamda daha fazla yarar sağlayarak dışa bağımlılığı da büyük ölçüde azaltılacağı öngörülmektedir.

Kenevir lifleri, Dünya’da yaygın kullanım alanına sahip liflerin başında gelen doğal lif pamuk ve petrol bazlı sentetik lifler ile kıyaslandığında, tekstilde organik üretim olanağı ve öne çıkan çevreci özellikleri ile dikkat çekmektedir [6]. Plastikten üretilen ürünlerin tümü ve biyopolimer malzemelerin hemen hemen hepsi, kolaylıkla ve daha çevreci şekilde endüstriyel kenevirden üretilmektedir. Kenevir, benzer hammaddelerden daha ekolojik, ekonomik ve daha sürdürülebilir bir üründür ve petrol bazlı ürünlerin doğal alternatifi olduğundan sentetik liflerin yerine kullanılabilirliği dikkat çekmektedir. Üretiminde oldukça az miktarda su kullanılmaktadır, zararlı canlılarla mücadele etmeye gerek yoktur ve kökleri toprağa karıştığında doğal toprak inceltici görevi görmektedir. 1 dönümlük kenevir yılda 25 dönümlük ağaç kadar oksijen üretir, 8 kez kâğıda dönüştürülebilir, bina yalıtımında, kozmetik ürünlerin yapımında, yaklaşık 250 çeşit hastalığın tedavisi için ilaç yapımında kullanılmaktadır. Sadece tarım alanlarının %15’ine kenevir ekilerek yılda 31,5 milyon ton biyoyakıt üretilmektedir. Kenevirden üretilen araçların gövdesi çeliğin 10 katı kadar dayanıklılığa sahiptir [7].

1.1 Tezin Önemi ve Amacı

Geri dönüşümlü open-end iplik eğirmede, kumaş artıklarından açılarak elde edilen geri dönüştürülmüş liflerin çok kısa ve kalın olması nedeniyle orijinal lifler karışıma taşıyıcı olarak eklenmektedir. Tekstil geri dönüşüm endüstrisinde taşıyıcı lif olarak çoğunlukla petrol bazlı sentetik lifler kullanılmaktadır. Geri dönüşüm eğirme gibi çevre açısından önemli bir faaliyette, taşıyıcı lif olarak kullanılan sentetiklerin kullanımının azaltılması elzemdir. Bu açıdan bakıldığında, kenevir lifleri önemli performansları ve çevresel özellikleri ile ön plana çıkmaktadır. Bu olgudan hareketle bu çalışmada, geri dönüşüm iplik üretim tesisinde standart üretim koşullarına ek olarak, taşıyıcı lif olarak polyester oranını azaltmak için harmanlara farklı oranlarda kenevir lifi ilave edilmiş ve bu durumun ipliğe etkileri ve kalite parametreleri incelenmiştir.

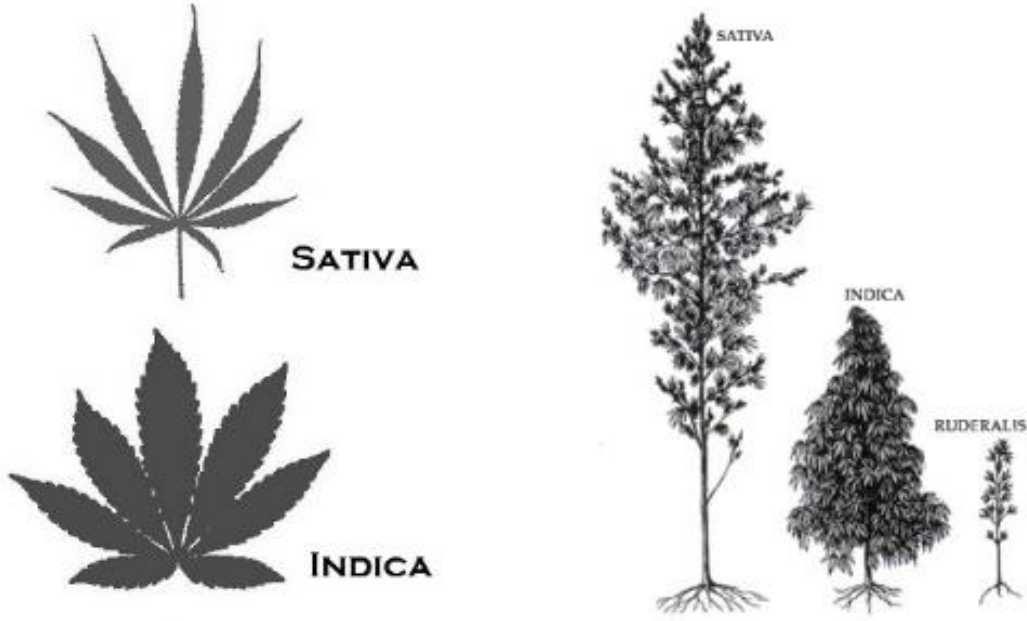
Geri dönüşüm hammaddelerle üretilen ipliklerin kalite değerlerinin orijinal hammaddelerle elde edilenlere kıyasla daha düşük olduğu bilinmektedir. Küresel ısınma tehdidine karşı çevreci liflerin kullanılması ve iç ve dış pazarda çevreci ürünlere olan farkındalığın artırılması için bu ipliklerin kalite ve performans özelliklerinin iyileştirilmesi önemli görülmektedir. Literatürde geri dönüşüm iplikçiliğinde petrol esaslı liflerin oranı azaltılarak kenevir lifi ilavesi yapılmasına, hemen hemen hiçbir örnek çalışma bulunmamaktadır. Bunlarla birlikte, bu çalışma ile literatüre ve geri dönüşüm iplikçiliğine katkı sağlanması hedeflenmektedir.

Tez çalışması giriş, konu ile ilgili genel bilgiler ve deneysel çalışmalar, materyal ve yöntem, bulgular ve tartışma ve sonuç bölümlerinden oluşmaktadır. Giriş kısmında konunun önemi, özeti ve tezin amacı kısaca anlatılmaktadır. Konu ile ilgili genel bilgiler ve deneysel çalışmalar bölümünde, kenevir lifleri, geri dönüşüm ve iplikçilik sistemleri ile ilgili genel bilgiler verilerek kenevir lifinden üretilen iplik, kumaş ve kompozit ürünlerle ilgili yapılan çalışmalar paylaşılmıştır. Üçüncü bölüm olan materyal ve yöntem bölümünde, liflere uygulanan kimyasal ve mekanik işlemler, iplik üretilmesinde izlenen yol, iplik kalite ve performans özelliklerinin ölçülmesinde yapılan testler ve bu işlemlerin tamamında kullanılan makine ve teçhizatlar paylaşılmıştır. Bulgular ve tartışma bölümünde, yapılan testler neticesinde elde edilen veriler, tablo ve grafikler sunularak geri dönüşümde kenevir liflerinin kullanılmasının, ipliğin kalite ve performans özellikleri üzerindeki etkileri istatistiksel yöntemler yardımı ile tartışılmıştır. Son olarak sonuç kısmında ise, elde edilen deney sonuçları özetlenerek gelecekte yapılacak çalışmalara ışık tutulmaya çalışılmıştır.

2 KONU İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR

2.1 Kenevirin Genel Tarihçesi ve Bugünkü Durumu

Kenevir bitkisi, insanlık tarihi boyunca kullanılmış en eski lif bitkilerinden biridir [7]. Cannabidaceae yani kendirgiller familyasından olup odunsu ve bir yıllık bir bitkidir. Günümüzde *Cannabis sativa* (endüstriyel kenevir) ve *Cannabis indica* (hint keneviri/ marihuana) olmak üzere iki alt türü bulunmaktadır. Bu iki türün fiziksel görünümü Resim 2.1’de görülmektedir. Bunlardan endüstriyel öneme sahip olan *Cannabis sativa*’dır. *Cannabis indica* uyuşturucu özelliği nedeniyle tüm dünyada yasaklanmıştır [8].



Resim 2.1. Cannabis sativa ve Cannabis indica türünün görünümü [9].

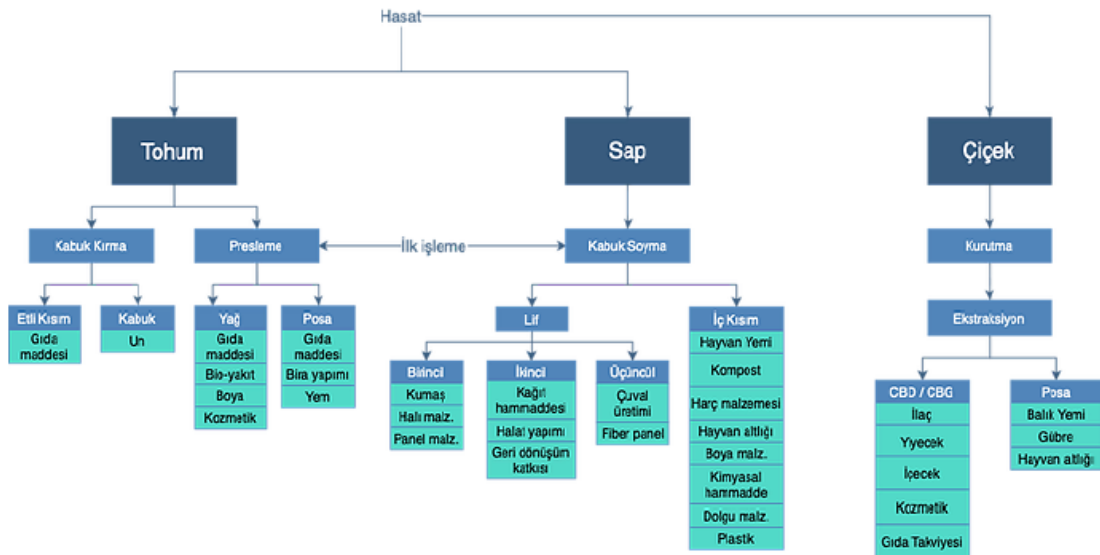
Cannabis Sativa bitkisinin birçok yazılı kaynaktan anavatanının Asya olduğu ve geçmişinin M.Ö.8000 yıllarına kadar uzandığı bilinmektedir. İlk olarak Çin’de M.Ö. 2700 yıllarında bir ilaç bitkisi olarak keşfedilmiş ve 2000-2200 yıl önce Asya’dan Avrupa’ya

yayılarak bugünlere kadar da ekimi yapılmıştır. Anadolu’da ise kenevir tarımının bilimsel kayıtlara göre M.Ö. 1500 yıllarına dayandığı bilinmektedir [7].

Daha önceleri Çin’de sadece tohum ve yağından faydalanan keten ve kenevirin dokuma kumaşları, Çin’e Batı Türkistan’ın doğu bölgelerinden gelmiş olduğu bilinmektedir. Keten ve kenevir, eski Mısır’da da giysi olarak kullanılmıştır. Türkler ilk olarak kenevir (Cannabis) ve keten (Linum) için yalnızca kendir ifadesini kullanmışlardır. Çinliler ise keneviri ketenden ayırmak için, kenevire Büyük Keten (Ta-ma) ismini vermişlerdir. Günümüzde uyuşturucu özelliği sebebiyle farklı bir algı oluşturmaya rağmen, özellikle Osmanlı’da olduğu kadar tarihte birçok uygarlıkta tıbbi amaçlı kullanılmıştır. Ayrıca Türk kültüründe 20. yüzyıl ortalarına kadar büyük çoğunluğu keten ve kenevirden oluşan kumaşlar var olmuş, Cumhuriyet döneminde yapılan inkılaplarla tarım ve tekstilin geliştirilmesi amacıyla başlayan endüstrileşme süreci sonrasında da devam etmiştir [7].

Anadolu’da 1930’larda Trakya bölgesinde kenevir ekimine başlanmış, ardından Kastamonu ilçelerinde endüstriyel ürün olarak ekimi yapılmıştır. Kenevir bitkisinin değerlendirilmesi amacıyla kamuda yapılan ilk yatırımlar, Kastamonu’da gerçekleştirilmiştir. Bunlardan ilki, bölgede üretilen kenevirlerin değerlendirilmesi amacıyla Sümerbank tarafından 1946 yılında kurulan Taşköprü kenevir fabrikasıdır. Kapasitesi 4 bin ton kenevir sakı işleme olan fabrika, bölgede 16 ila 24 bin ton arası üretim olmasına rağmen, birçok faktör nedeniyle kapasitesinin yarısı kadar kenevir alabilmiş ve tam kapasite ile çalışamaması ve zarara uğraması nedeniyle Sümerbank, 1951 yılı ortalarında faaliyetine son vermiştir. Diğer bir tesis de kenevir lifinden sicim ve kanaviçe üretimi amacıyla kurulan Kendir Sanayii Müessesesi olmuştur. 1945 yılında sanayi planına dâhil edilerek 1949 yılında inşasına başlanan ve Toprak Mahsulleri Ofisinin çuval ihtiyacını karşılayan fabrika, kenevirin randıman ve karlılığının düşük olması nedeniyle 1953’ten sonra Hindistan’dan kenevirden daha ucuz ve muadil olarak kullanılan jüt ithal etmeye başlamıştır. Kenevir üretimini sekteye uğratan bu durum, İzmit’te bulunan SEKA kâğıt fabrikasında kâğıt üretiminde kenevir kullanılması amacıyla kenevir alımıyla telafi edilebilmiştir. 1976 yılında Taşköprü’de SEKA kâğıt fabrikası kurulması kararı alınarak, fabrika 1984 yılında faaliyete geçmiştir. Ancak fabrika, 2004 yılında özelleştirilmiştir. Özelleştirme sonrasında daha ucuz olduğu için yurt dışından temin yoluna gidilmesi, kenevir üretimini bitme noktasına taşımıştır [7].

Amerika’da 20.yüzyıl başlarına kadar çiftçiler tarım alanlarında kenevir ekerken, 1930’lu yıllardan sonra kenevir ekimi aniden yasaklanmıştır. Tüm bu süreçte uyuşturucu özelliği nedeniyle uluslararası kenevir yasaklama politikaları Türkiye dâhil birçok ülkeye sıçrayarak dünya ülkelerini etkilemiştir [7]. Kenevirin çiçek açan tepeleri ve daha az ölçüde yaprakları, esrar ve haşhaşın meşhur olduğu narkotik Δ -9 tetrahidrokanabinol (THC) içeren reçine salgıları üretir [10]. Endüstriyel kenevir ve esrar aynı familyanın farklı çeşitleridir, sıklıkla birbirleriyle ilişkili olmalarına ve görünüş olarak genellikle aynı olmalarına rağmen, psikoaktif bileşen Δ -9 tetrahidrokanabinol (THC) içeriklerinde önemli ölçüde farklılık gösterirler. Esrar kuru ağırlık bazında %3-15 THC içerir [11]. Ancak endüstriyel kenevir % 0,2’den daha az THC ürettiği için narkotik olarak kullanılamaz [10]. Bu sebeple 2000’den itibaren özellikle Avrupa’da kenevir popülaritesini yeniden artırarak sonrasında Avrupa Endüstriyel Kenevir Organizasyonu (EHIA)’nu kurulmuştur. ABD’de ise 2010 sonrasında kurulan Kenevir Enstitüleri ve ARGE kurumları vasıtasıyla kenevir yaygınlaştırılmış ve 2025 hedeflerinde sadece ABD’de 150 milyar dolarlık endüstriyel kenevir pazarının oluşturulması ve bununla beraber endüstriyel kenevirle 50.000’den fazla ürünün üretilmesi planlanmıştır. Günümüzde kenevir ilaç sanayisinden giyime, otomotiv, kâğıt, inşaat, gıda, petrokimya gibi birçok sektörde kullanılabilmektedir [7]. Kullanım alanları Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Kenevir kullanım alanları [12].

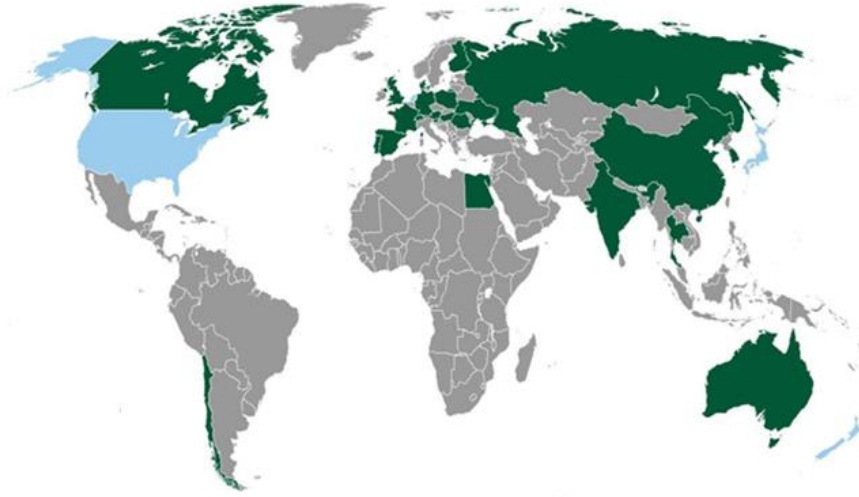
Sicim, halat, ip, çanta, çuval, torba, halı, şapka, ayakkabı ve döşeme yapımında kenevir oldukça dayanıklı olmakla birlikte ideal bir hammaddedir. İlk denim pantolon da kenevirden yapılmıştır [7].

2.2 Dünyada ve Türkiye’de Kenevir Üretimi

Dünyada kenevir üretim miktarı incelendiğinde, 2017’de dünya genelinde toplam 17 ülkede lif kullanım amaçlı, 12 ülkede ise tohumluk yetiştiriciliği yapılmıştır. Öncelikle lif amaçlı üretime bakıldığında Gıda ve Tarım Örgütü’ne (FAO) göre, dünyadaki endüstriyel kenevir talebinin neredeyse yarısı Çin’de, geri kalanının çoğu Şili, Fransa, Kore Demokratik Halk Cumhuriyeti ve İspanya’da yetiştirilmektedir [10]. FAO 2019 verilerine göre ilk sırada 16,575 tonluk üretimiyle Çin bulunmaktadır. Çin’i Kuzey Kore (14,753 ton) ve Avrupa’da ise Hollanda (9,539 ton) takip etmektedir. Bu ülkeler, 2017 yılında lif eldesi amaçlı kenevir yetiştiriciliğinin %70’e yakınıni ellerinde bulundurmışlardır. Bunlar haricinde Şili, Rusya, Romanya, Avusturya, İtalya ve Fransa gibi ülkelerde de yüksek miktarda üretim yapılmıştır. Ülkemizde lif üretimi 1997’de 2,300 ton iken 2017 yılında 7 tonla sınırlı kalmıştır. 2020 yılında ise 9 ton olarak kayıtlara geçmiştir. Tohumluk üretime bakıldığında Fransa 82,707 tonluk üretimiyle ilk sırada bulunmaktadır. Bu miktar dünya toplam üretiminin %81’lik kısmını tek başına oluşturmaktadır. Yaklaşık % 19’luk kısımda ise Çin, Şili ve Rusya bulunmaktadır. Ülkemizde kenevir tohumu üretimi 1995’te 360 ton iken 2014 – 2017 yılları arasında 1 tonla sınırlı kalmıştır [13].

ABD, endüstriyel kenevir değerini tanımayan ve üretimine izin veren dünyadaki tek endüstrileşmiş millettir [7]. Kanada, kenevir üretimini 1996’da yasallaştırmış ve listelenen Cannabis sativa çeşitleri için %0,3’ten az THC içeren kenevirin ticari üretime lisans vermiştir. Avrupa Birliği’nde kenevir üretimi ve işlenmesi için güçlü yasal ve kamu desteği mevcuttur [14]. Başta Fransa ve Finlandiya olmak üzere birçok Avrupa ülkesinde kenevir üretimi hiçbir zaman yasaklanmamıştır. 1970’den beri Avrupa Birliği, kenevir lifi çiftçilerine ve işlemecilerine doğrudan parasal yardım yoluyla yerel kenevir endüstrisini desteklemiştir. Avrupa Birliği, tarımsal endüstrilerinin tümüne olmasa da çoğuna kapsamlı sübvansiyonlar sağlama geleneğine sahiptir ve kenevir de farklı değildir. AB Ortak Tarım Politikasının açık bir hedefi, çiftçiliği yalnızca bir endüstri olarak değil, aynı zamanda kırsal topluluklarda bir yaşam biçimi olarak korumaktır [15].

Fransa, diğer ülkeler için düşük THC üreten kenevir tohumlarının kaynağıdır. Almanya 1982'de keneviri yasaklamış ancak 1992'de yeniden araştırmaları başlatmış ve yasaklar Kasım 1995'te kaldırıldıktan sonra, birçok teknoloji ve ürün geliştirmeye devam etmiştir. Mercedes ve BMW kapı panelleri, gösterge panoları vb. kompozitler için kenevir lifini kullanmaktadır. Çin, kenevir tekstilinin en büyük ihracatçısıdır. Çin'de 2017 yılında yaklaşık 50 bin hektar endüstriyel kenevir ekilmiştir. 10'dan fazla enstitü ve kurum, endüstriyel kenevir alanında AR-GE çalışmaları yapmaktadır. Çin, şu anda küresel kenevir üretiminin %50'sinden fazlasını ve kenevir lifi tekstil üretimi üzerine 600'ün üzerinde uluslararası patentin yarısından fazlasını elinde tutmaktadır. Ek olarak Şili, Polonya, Romanya, Macaristan, Avustralya, Avusturya, Hindistan, Hollanda, İspanya, Yeni Zelanda, Rusya, İtalya, İsviçre, Danimarka ve Finlandiya'da da çeşitli tarım ve lisanslama faaliyetleri yapılmaktadır [7]. Harita 2.1'de Dünya kenevir üretim haritası verilmektedir.



Harita 2.1 Dünya kenevir üretim haritası [16].

Haritaya bakıldığında, yeşil renkli olan bölgeler kenevir üretimi yapılan ülkeleri ifade etmektedir. Mavi kısım ABD, Gri bölgeler ise üretim yapılmayan ülkelerdir.

Avrupa Endüstriyel Kenevir Organizasyonu'nun (EHIA) tahminlerine bakıldığında, 2025 yılına kadar kenevir sakı ve tozunun 60 kat, kenevir tohumu ve gıda pazarının 60 kat, kenevirden kâğıt üretiminin 20 kat, kenevir lifiyle güçlendirilmiş kompozitlerin 4 kat ve hayvansal yatak malzemelerinin 3 kat artacağı öngörülmektedir. Türkiye'de lif amaçlı kenevir tohumu üretimi henüz bulunmamaktadır. Bununla birlikte TÜİK verilerine

bakıldığında, kenevir hasadı miktarı sadece 950 kg olduğu görülmektedir [7]. Ülkemizde ise genel olarak bakıldığında Kastamonu, Samsun, Amasya, Kayseri, Sivas, İzmir ve Kütahya’da tarımı yapılmıştır [17]. Günümüzde yalnızca Samsun’un Vezirköprü ilçesi ve Kütahya’da kenevir yetiştiriciliği yapılmaya devam edilmektedir. Avrupa ülkelerinde kenevir üretimi 2002-2017 yılları arasında yaklaşık 90,000 hektara ulaşmıştır. Ülkemizde ise bu rakamın 100 dekarın altında olduğu görülmektedir [7]. Ancak Türkiye’de yıllar sonra kenevir üretimi tekrar gündeme alınmıştır. 2016 yılında yayınlanan bir yönetmelikte; Amasya, Antalya, Bartın, Burdur, Çorum, İzmir, Karabük, Kastamonu, Kayseri, Kütahya, Malatya, Ordu, Rize, Samsun, Sinop, Tokat, Uşak, Yozgat ve Zonguldak illerinde ve bu illerin bütün ilçelerinde kenevir yetiştiriciliği yapılmasına izin verilmiştir [18].

Kenevir tarımının geliştirilmesine ve yaygınlaştırılmasına yönelik, Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi ve Yozgat Bozok Üniversitesi bünyesinde "Kenevir Araştırmaları Enstitüsü" kurulmuştur. Ayrıca eş zamanlı olarak Uşak Üniversitesi’nde de “Kenevir Araştırma ve Uygulama Merkezi” kurulmuştur.

Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi faaliyetlerine başlamış ve Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü ile iş birliğiyle gerçekleştirerek tetrahidrokannabinol (THC) oranı düşük, lif ve sap verimi yüksek Narlısaray kenevir çeşidi geliştirilmiştir. Ayrıca 2020 yılında kenevir ekiminin yaygınlaştırılması için kenevir üretimine izin verilen illerde dekar başına 700 TL destek sağlanmıştır [19].

Ancak kenevir şu anda dünya doğal lif üretiminin %0,5'inden azını oluşturmaktadır [10].

2.3 Kenevir Liflerinin Özellikleri

Doğada erkek ve dişi gözle ayırt edilebilen tek bitki olan kenevir bitkisinin [7] lifleri kullanılarak üretilen tekstil ürünlerine talep, günümüzde hızla artmaktadır. Çevre ile ilgili endişelerin oldukça yüksek olması, bu talebin temel sebeplerindendir. Kenevir temelli tekstillerin son yıllarda öne çıkmasındaki diğer bir faktör ise üstün kullanım özellikleri sağlamalarındandır [20]. Ekiminden hasadına kadar hem çevreye hem toprağa olan faydalarının yanında, doğal kaynak olması ve suni kaynakların yerini tutması, yenilenebilir olması ve kenevirden üretilen ürünlerin çevre kirliliğine sebebiyet vermeden doğada yok olması gibi üstün özellikleri keneviri cazip kılmaktadır [7]. Bu özellikler lifin fiziksel ve kimyasal yapısından kaynaklanmaktadır [20].

Lif uzunluğu 40-45 mm olmakla birlikte, bitkinin uzunluğuna bağlı olarak 2 m'ye kadar ulaşmaktadır [21]. Lifin bileşimindeki maddeler lif özelliklerini ve davranışlarını etkileyeceği gibi üretim parametrelerini de etkilemektedir. Bu sebeple lifi oluşturan bileşenlerin iyi tanınması, uygun işlem şartlarının belirlenebilmesi ve bu hammaddeden üretilecek ürünlerin kullanım özelliklerini görme bakımından önem taşımaktadır.

Kenevirin erkek ve dişi bitkisi vardır. Erkek ve dişi kenevir görünümü Resim 2.2'de verilmiştir. Genellikle ekilen tohumdan %65-70 dişi bitki ve %30-35 oranında erkek bitki elde edilmektedir. Yani üretici tohumu ekeceği zaman erkek veya dişi bitki tohumu seçerek ekme şansına sahip değildir [22].



Resim 2.2. Dişi ve erkek kenevirin görünümü [23].

Endüstriyel uygulamalar için kullanılacak liflerde olgunluk önemli bir parametre olmaktadır. Bitkinin hasat edilme dönemi lif olgunluğunu belirler. Tek bir lifin olgunluğu ikincil duvarın gelişimiyle, dıştan içe doğru gerçekleşmektedir. Olgunlaşmış sakta, hücre duvarları incedir ve lümen küçük bir hacme sahiptir. İkincil duvarın gelişimi bitkinin büyüme evresinde başlar ve çiçeklenmeden sonra da devam eder. Lif karakteristiği bitkinin hasat edilme dönemine göre farklılıklar gösterir. Bu sebeple elde edilmek istenen lif kalitesine göre doğru hasat dönemi seçilmelidir. Lif eldesi amacıyla yapılan kenevir hasadı, çiçeklenme dönemi bitmeden önce, genellikle Ağustos ayında yapılmaktadır [7].

Kenevir yılda 2 sefer hasat edilebilmektedir. Dişi ve erkek bitkideki olgunlaşma süreçlerinin farklı olması, hasatta zorluğa neden olmaktadır. Erkek kenevirler çiçeklenmeden kısa bir süre sonra yani tohum ekiminden sonra yaklaşık 100-110 gün içinde

hasat olgunluğuna ulaşmaktadırlar. Bu devrede saplar en yüksek lif kalitesine sahip olmaktadır. Erken hasat, mukavemetsiz lif içeren düşük lif verimine neden olurken, geç hasatta da biçilen sapların havuzlanması güçleşmektedir, hatta saplarda selüloz yerine lignin birikimi nedeniyle odunlaşma sonucunda lif elde edememe durumu ile de karşılaşılabilir [7]. Tozlaşma evresinden sonra da erkek ve dişi bitkiler hasat edilebilir. Böylece dişi bitkilerin lifinden de yararlanılabilir, son olarak da tohum oluşumundan sonra dişi ve erkek bitkiler hasat edilir. Bu yöntemde lif üretimi ikinci plandadır asıl amaç tohum eldesidir [6].

Cannabis sativa, ana etken ve aroma veren maddeler olmak üzere 120 tane madde içermektedir. Kenevirin dişi türünün tohumu etrafında bulunan yaprakları ile bitkinin erkek ve dişi türlerinin çiçekli tepeleri psikoaktif maddeler taşımaktadır [24]. Bunlardan en dikkate çekenleri, Δ^9 -tetrahidrokannabinol (Tetrahidrocannabinol) yani THC ve CBD (Cannabidiol)'dür [7]. CBD, THC gibi kenevirin çiçekli bitki kısımlarında daha fazla oranda bulunur [22].

Endüstriyel Kenevir, THC oranı, kuru ağırlık cinsinden % 0,2 (AB), % 0,3 (Kanada)'ün altında olan türdür. Dişi bitkilerde ise bu oran %5-%35 aralığındadır. Endüstriyel kenevirin THC oranının çok düşük, CBD oranının ise yüksek olması istenir. Yüksek miktarda narkotik madde (THC) içeren ve esrar adıyla bilinen madde, dişi kenevirden elde edilmektedir. 1930'lar sonrası petrol bazlı polyester kullanımının yaygınlaşması, polyesterin kenevirden elde edilen iplikten daha ucuz olması ve petrol ürünlerinin pazarlanmasına olan teşvik sebebiyle kenevir ekimi gittikçe azalmıştır [7].

Bugün, farklı kalite ve kökene sahip kenevir lifleri, harmanlama bileşenleri olarak kullanılmaktadır. Bazen kenevir-jüt karışımları, sadece kenevir tipi kumaşların üretimi için değil, kenevir işlemede de kullanılır. Artan çeşitlilikteki sentetik lifler (poliamid, poliakrilonitril, polipropilen, tekstüre polipropilen, polietilen, viskoz, vb.) artık kenevir ile karıştırılmaktadır. Farklı lifleri veya farklı kalitedeki keneviri harmanlamanın amacı, aşağıdaki gereksinimleri karşılamaktır:

- daha ucuz ipliklerin üretimi
- kenevir lifi eksikliklerini telafi etmek
- eğrilebilirliği geliştirmek
- kaliteyi artırmak
- üretim maliyetlerini düşürmek [25].

2.3.1 Kenevir liflerinin fiziksel özellikleri

Kenevir yüksek mukavemet, dayanıklılık ve emicilik özelliklerine sahip doğal bir liftir. Ramiden sonra en mukavim doğal lif olma özelliği taşır. Yaş halde mukavemeti daha da artmaktadır. Sıcaklıktan az etkilenmektedir bu yüzden yüksek sıcaklıktaki ortamlara dayanıklıdır. Yıllık lif veriminin yüksek olmasının yanı sıra bu liflerden üretilen kumaşlarda boncuklanma(pilling) ve statik elektriklenme problemi yaşanmaz. 20 °C sıcaklık ve % 65 bağıl nem altında % 12, % 95 bağıl nem altında % 30 nem almaktadır. Bu değerler pamuk ve ketenden daha yüksektir [26].

Kenevir lifinin bazı fiziksel özellikleri Çizelge 2.1’de verilmiştir.

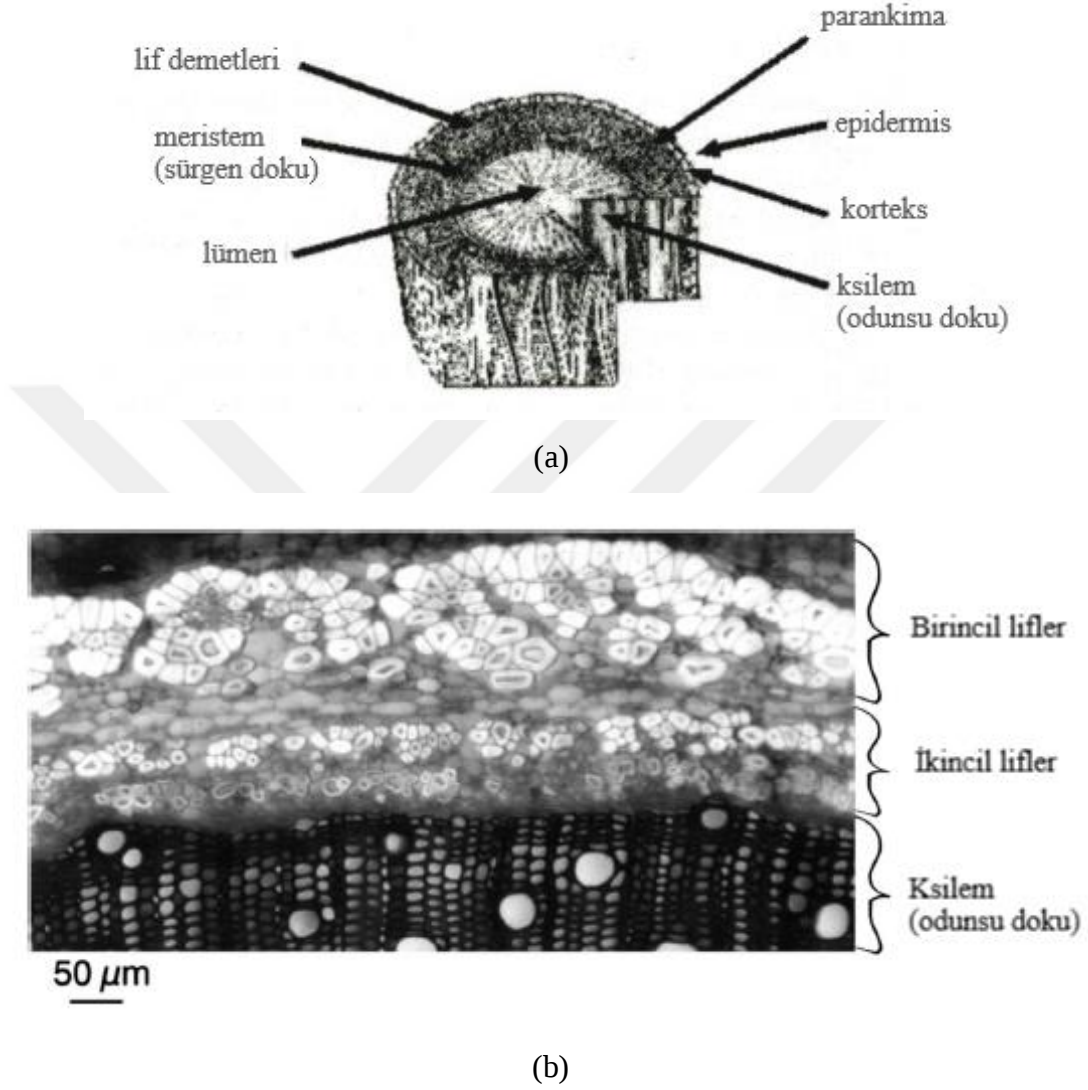
Çizelge 2.1. Kenevir lifinin fiziksel özellikleri [27].

Kenevir Lifinin Fiziksel Özellikleri	
Yoğunluk(g/cm ³)	1,2
Çekme Mukavemeti (kN/mm ²)	270-900
Kopma uzaması (%)	1-3,5
Maksimum uzama (mm)	5-7
Çekme modülü (GPa)	23,5-90
Spesifik modül (yaklaşık)	40
Young modülü (GPa)	4,8
Nem emilimi (%) (normal şartlarda)	10-14

Anti-alerjik ve ultraviole koruma gibi özellikler lifin tekstil materyaline kazandırabileceği özellikler arasındadır [6].

Kenevir yıllık bir bitki olmakla beraber, bitkinin boğumlu, uzun bir sakı vardır. Lif hücreleri kabuk kısmında demetler halindedir ve her lif demetinde 30-50 lif hücresi vardır [21]. Her bir lif hücresi 20-35 mikron(μm)dur [7]. Ortalama lif demetinin çapı ise 25 μm'dur [8]. Kenevir sakındaki temel lif ya da teknik lif olarak da bilinen primer lifler, tekstil kullanımına uygundur ve bu lifler sürgen dokudan meydana gelirler. Bitkinin büyüme sürecinde lif sayısında değişiklik olmaz ancak lifler uzamaktadır. Boğumlar arasındaki mesafe, lif uzunluğunu belirler ve lif kalınlığı gövdenin altına doğru artar. Parlak olan

kenevir lifleri sarı – kahverengidir ve lifin enine kesiti poligonaldır [7]. Kenevir lifinin enine ve boyuna kesiti Resim 2.3'te gösterilmektedir.

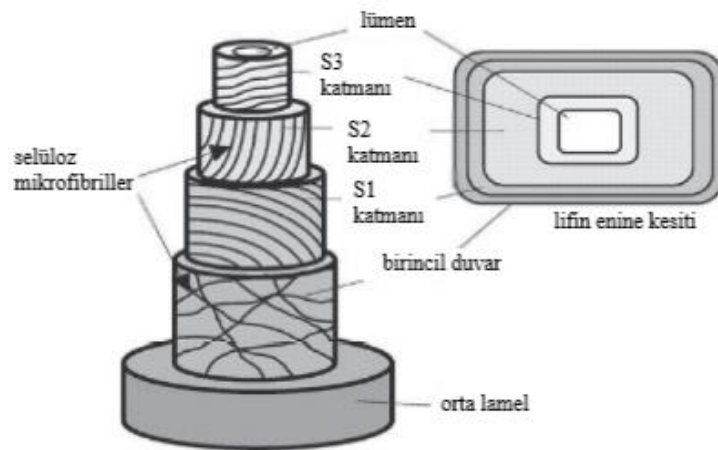


Resim 2.3. Olgun bir kenevir lifi boyuna (a) [28] ve enine (b) kesiti [29].

Kenevir saplarının anatomisi bu türün karakteristiğidir. Bir korteks, kollenkimalar, birincil gövde, ikincil gövde ve odunsu halkalardan oluşur. Uygun işlem后将 lif haline gelen kenevirde kabuk tabakası, doğrudan korteksin altında bulunur. Pektin ile yapıştırılmış ve anastomoz denilen bağlantılarla yapışan gövde hücrelerinin demetleri halinde düzenlenmiştir. Lif, gövdede düzenli olarak dağılmamıştır. Saptaki lif, birincil ve ikincil lif halkaları şeklinde düzenlenmiştir [28]. Birincil lifler, ikincil liflere kıyasla daha uzun ve

daha kalındır. İkincil lifler daha kısa ve daha incedir ve yoğun odunsu hücre duvarları vardır. Bu özellikler, tekstil kullanımı için ikincisinden ziyade birincisini arzu edilir kılmaktadır [30]. Birincil lif tüm gövde boyunca dağılır ve en yüksek konsantrasyon gövdenin orta kısmındadır. Çiçeklenme bitmeden önce meristemin tepesinde oluşur. İkincil lif sapın en alt kısmındadır, kök boynu denilen yerde kuvvetli odunsu bir yapıya sahiptir ve hiçbir teknolojik değeri yoktur. Sapın tepesinde, lif konsantrasyonu azalır ve çiçeklenmenin ortasında, o kadar düşüktür ki, sapın tepesi kolayca kırılabilir. Bu nedenle, kök boynundan çiçek salkımının ortasına kadar olan bölüme, bir kenevir bitkisinin toplam uzunluğundan ayırt edilmesi için "teknik" uzunluk denir. Saptaki lifin kalitesi ve miktarı, çoğunlukla çeşit (genetik potansiyel), toprak tipi ve gübre arzı, ekim yoğunluğu, hasat zamanı vb. gibi birçok doğal ve tarımsal faktörün etkilerinin bir sonucudur [28].

Kenevir lifi yapısının şematik görüntüsü Şekil 2.2’de verilmiştir. Her bir lif, iki kat duvardan (birincil ve ikincil duvar) ve içi boş bir lümenenden oluşur. Birincil duvar, selüloz mikrofibrillerini korumak için bir hemiselüloz, pektin ve glikoprotein ağı tarafından inşa edilmiştir. Aksine, üç katmandan (S1, S2 ve S3) ve orta katman olan S2’den oluşan ikincil duvar, lif kütlesinin yaklaşık %70-80’ine katkıda bulunur [31]. Bu nedenle, S2 tabakası ağırlıklı olarak selüloz içeriği, mikrofibril açısı ve kalınlığı ile lifin özelliklerini değiştirmiştir [32]. Aksine, sırasıyla S1 ve S3 katmanları tarafından önlenen aşırı radyal genleşme ve dönme önleme veya yana doğru çökmeden korunmuştur [33, 34]



Şekil 2.2. Kenevir lifi yapısının şematik görüntüsü [34, 35].

2.3.2 Kenevir liflerinin kimyasal özellikleri

Kenevir lifinin ana bileşeni, toplam ağırlığın yaklaşık %77'sinde selülozdur. Geri kalan kısım pektinler, lignin, bitkisel mumlar ve yağlar, çeşitli suda çözünür maddeler ve yaklaşık %10 higroskopik nemden oluşur [25]. Bunlar liflerin kimyasal özelliklerini tanımlayan temel bileşenlerdir. Belki de kenevir liflerinin en büyük dezavantajı, Çizelge 2.2'de gösterildiği gibi kompozisyonlarındaki değişkenliktir. Bu, her zaman fiziksel ve mekanik özelliklerinde değişkenlikle sonuçlanır.

Çizelge 2.2. Kenevir ve diğer selülozik liflerin kimyasal bileşimleri [6].

	% Selüloz	% Hemiselüloz	% Lignin	% Pektin
Pamuk	92	6	-	<1
Jüt	72	13	13	-
Keten	81	14	3	4
Sisal	73	13	11	2
Kenevir	74	18	4	1
Rami	76	15	1	2
Kapok	13	-	-	-

Sak lifleri arasında kenevir lifi en yüksek selüloz içeriğine sahiptir. Selüloz, bitki hücre duvarlarına ve liflere sertlik, mukavemet ve stabilite sağlayan ana bileşendir [34]. Bir lifteki selüloz miktarı, lif üretiminin özelliklerini, ekonomikliğini ve çeşitli uygulamalar için lifin faydasını etkiler. Örneğin, tekstil, kâğıt ve diğer lifli uygulamalar için daha yüksek selüloz içeriğine sahip lifler tercih edilirken, daha yüksek hemiselüloz içeriğine sahip yan ürünler, etanol ve diğer fermentasyon ürünlerinin üretilmesi için tercih edilir, çünkü hemiselüloz fermente edilebilir şekerlere nispeten kolayca hidrolize edilebilir. Bu nedenle, yan ürünün değeri ve potansiyel uygulaması büyük ölçüde selüloz içeriği tarafından belirlenir. Bununla birlikte, yan ürünün değerinin, tek başına selüloz içeriğine değil, elde edilen liflerin kalitesine ve bunların nihai kullanımına bağlı olduğuna dikkat edilmelidir [36]. Selüloz içeriğinin yüksek olması, lifin de bir o kadar kaliteli olması anlamına gelmektedir [28].

Pektin, heteropolisakkaritlerin ortak adıdır. Bitkilere esneklik verirler [37]. Lif hücrelerinin orta tabakasında bulunur ve temel lifleri demetler oluşturacak şekilde yapıştırır [28]. Bununla birlikte, pektinin kolay bozunması, lifin performansının stabilitesini etkiler.

Bu nedenle, ıslatma işlemi, pektin bileşenlerini uzaklaştırmanın yanı sıra, lif demetinden sak liflerini serbest bırakma eğilimindedir [34].

Bitkilerdeki hemiselüloz hafifçe çapraz bağlıdır ve selülozdan daha az polimerizasyon ve oryantasyon derecesine sahip [34] glikoz, ksiloz, galaktoz, arabinoz ve mannoz gibi çoklu polisakarit polimerlerinden oluşur [36, 38]. Daha düşük molekül ağırlığı ile oldukça hidrofilitir [34]. Genellikle selüloz ve lignin arasında dolgu görevi görür. Bununla birlikte, termal bozulmaya, biyolojik bozulmaya ve nem emilimine çok duyarlıdır. Mekanik olarak, hemiselüloz, liflerin veya tek tek hücrelerin sertliğine ve gücüne çok az katkıda bulunur [38]. Hemiselüloz, şekerlere selülozdan daha kolay hidrolize olur ve bu nedenle daha yüksek oranda hemiselüloz içeren lifler, şeker üretmek ve nihayetinde etanol gibi yakıtlar için tercih edilir [36].

Lignin, lifin kabuk oluşturan bir bileşenidir [28]. Amorf yapıya sahip oldukça çapraz bağlı bir moleküler komplekstir ve tek tek hücreler arasında ve hücre duvarını oluşturan fibriller arasında yapıştırıcı görevi görür [39]. Lignin önce komşu hücreler arasında bir "orta lamel" içinde oluşur ve onları bir dokuya sıkıca bağlar ve daha sonra hücre duvarına yayılır ve hemiselülozlara nüfuz eder ve selüloz fibrillerini bağlar [40]. Lignin, bitki dokusuna ve tek tek liflere basınç dayanımı sağlar ve karbonhidratları kimyasal ve fiziksel hasarlardan korumak için liflerin hücre duvarını sertleştirir [41]. Liflerin lignin içeriği yapıyı, özellikleri, morfolojiyi, esnekliği ve hidroliz hızını etkiler. Daha yüksek lignin içeriğine sahip lifler daha ince görünür ve daha esnek olacaktır [36, 38]. Lignin, liflerin sertliğine ve kırılabilirliğine katkıda bulunur [28].

Kenevir liflerinin diğer bileşenleri tanen, mumlar, yağlar, proteinlerdir. Kenevirde (selüloz dışında) ek maddelerin içeriği pamuğa göre çok daha yüksektir. Bu nedenle, bu liflerin işlenmesi, farklı işleme teknolojisi gerektirir [28].

Ham kenevirin bileşimi, selülozik olmayan mumlu bileşiklerin %20-55'i ile bir arada tutulan birkaç temel lif olduğu bilinmektedir [42]. Tamamen mumu ve yağı giderilmiş tek bir kenevir lifinin uzunluğu, sonraki eğirme işleminin gereksinimlerini karşılamak için oldukça kısadır. Mum giderme işlemi sırasında, mumu giderilmiş kenevir lifini teknik (çok hücreli) lifler biçiminde tutmak için, esas olarak pektin ve hemiselüloz olan bazı mumlu bileşikleri korumak gereklidir [26, 43].

Doğal liflerin çapları ve özellikleri; kaynak, yaş, çürütme ve ayırma teknikleri, coğrafi köken, büyüme sırasındaki yağış miktarı ve bileşenlerin içeriği gibi faktörlere bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik gösterir [10].

Kenevir, kuvvetli asitlerden kolayca zarar görürken, bazlara karşı dayanıklıdır. Ağartılması oldukça zor olmakla birlikte hipokloritle ağartılabilmektedirler. Genellikle boyanmadan kendi rengiyle kullanılırlar. Boyanacaksa selülozik olması nedeniyle tıpkı pamuk gibi direkt, reaktif ve küp boyarmaddeler ile boyanabilirler. Reaktif boyalar ile kovalent bağlarla bağlandıkları için, haslık değerleri yüksek olmaktadır. Küp boyarmaddeler kullanılarak boyandıklarında ise çok yüksek derecede haslık değerleri verirler. Işık ve atmosfer şartlarına karşı pamuktan çok daha dirençlidir. Selülozik yapıda olduğundan derişik inorganik asitler (H_2SO_4 ve HCl), life oldukça kolay zarar vermektedirler. Bunun yanında derişik halde bile, asetik asit (CH_3COOH) ve sitrik asit gibi zayıf organik asitler life zarar vermemektedir. Asit tercih edilecekse, organik asitler tercih edilmelidir. Kuru temizleme çözücülerini de dâhil olmak üzere, birçok organik solvante dayanım kabiliyetleri oldukça iyidir. Yapılarında çok fazla doğal yabancı madde bulundurduklarından beyazlatılmaları zordur, dayanımları azalır [26].

2.4 Kenevir Liflerine Uygulanan Kimyasal ve Mekanik İşlemler

Son zamanlarda, doğal biyobozunur ve çevre dostu lif talebi, insanların yaşam standartlarının iyileştirilmesi ve çevre koruma talebi nedeniyle dünya çapında gün geçtikçe artmaktadır. Ancak tekstil için kenevir kullanımı uygulanması, kabalık, sertlik, yüzey tüylülüğü, sararma vb. gibi doğal eksiklikler nedeniyle büyük ölçüde engellenmiştir. Bu nedenle, eğirme işleminden önce bir dizi ıslak kimyasal işleme dizisine ihtiyaç vardır [44, 45].

Hasat sonrası saptan liflerin ayrılması keten lifleriyle benzerlik göstermektedir. Bu işlem için mekanik yöntem, biyolojik yöntem (çiğde bekletme), havuzlama yöntemi, kimyasal yöntem, enzimle muamele yöntemi [6], ultrasonik yöntem [46] ve buhar patlaması [47] gibi yöntemler kullanılmaktadır. Buradaki amaç, odunsu kısımları uzaklaştırarak lif eldesinin sağlanmasıdır [6].

2.4.1 Lif eldesi yöntemleri

Hasadı yapılan ve tohumları ayrılmış olan kenevir saplarından lif elde etmek için temelde 5 farklı yöntem uygulanmaktadır:

2.4.1.1 Biyolojik yöntem

Bu işlemde kenevir sapları tarlalara serilerek mikroorganizmaların etkisine bırakılır. Yüksek nem içeriğine sahip bölgelerde, ilkbahar ile sonbahar mevsimlerinde yapılan bu işlem ile sıcaklık ve rutubetin etkisiyle mantarların çoğalması kolaylaşmaktadır. En az 1,5 aylık zaman diliminde gerçekleşen bu yöntemde çürüme olayı yavaş gerçekleştiğinden, yumuşak tutuma sahip ve ince lifler elde edilmektedir [48].

2.4.1.2 Havuzlama yöntemi

Genel olarak soğuk ve sıcak suda havuzlama şeklinde yapılmaktadır [49]. Saplarından lif elde edilen bitkilerde sapın kabuk kısmında bulunan lif hüzmeleri arasındaki pektin lamellerinin mikroorganizmalar tarafından parçalanmasıyla lif hüzmelerinin açığa çıkarılması işlemine havuzlama denir. Soğuk suda havuzlama işleminde, demetler halindeki kenevir sapları akarsu içerisinde derinleştirilmiş ve etrafı izole edilmiş özel hazırlanmış alanlarda veya yine tarla yakınlarında hazırlanmış derinleştirilmiş yapay kuyularda kenevir demetleri tamamı suyun içerisine batacak şekilde yerleştirilir. Havuzlama süresi uygulanan havuzlama yöntemlerine, suyun sıcaklığına ve ortamdaki mikroorganizma aktivitesine göre 7-10 günden 1- 1,5 aya kadar sürebilmektedir. Havuzlama süresinin saptanması önemlidir. Demetleri sudan erken çıkarılırsa çok fazla lif kaybı oluşur. Havuzlama süresi geciktirilirse kotonizasyon sonunda ekonomik değeri olmayan kısa kopuk lifler elde edilir ya da hiç lif eldesi gerçekleşemez. Bunun için belli sürelerde demetler içinden alınan örnek saplarda liflerin havuzlanma kontrolleri yapılır [7]. Sıcak suda havuzlama ise 3-4 günde temiz ve kaliteli lif eldesini sağlayan hızlandırılmış bir havuzlama işlemidir. Havuzlar 28 ile 40°C arasında ısıtılmaktadır. İşlem ve sınırlamalar, soğuk suda havuzlama işlemine benzer; ancak bu metottan Avrupa'nın birçok yerinde vazgeçilmiştir [49].

2.4.1.3 Mekanik yöntem (dekortikasyon)

Kenevir bitkisinin sapları kırılıp ezilmek suretiyle lifli bölgeleri ve odunsu kısımları birbirinden ayırarak lif eldesini sağlayan yöntemdir [8]. Toplanan saklar “dekortikasyon” makinesine gönderilir [50]. Dekortikasyon, merkezdeki odunsu çekirdeğin gövdeden çıkarılmasıdır. Bu adım, gövdeler hala ıslakken, ıslattıktan hemen sonra gerçekleştirilebilir. Nemli lifler çekirdekten soyulur ve ardından kurutulur. Alternatif olarak, saplar kurutulabilir ve daha sonra odunsu çekirdeği kırma olarak bilinen bir işlemle parçalayan ve onu liflerden ayıran özel makinelerle işlenebilir. Bu işlem, Scutching (mekanik ayırma, traşlama) olarak bilinir [51]. Bu işlemde, yaprakları alınmış kenevir sapları kurutulur, sonrasında bir dizi sıkma, kırma ve kazıma işlemlerinden geçirilir ve ağaç çekirdeğinden arındırılır. Diğer bir deyişle, bir “kırıcı” veya oluklu merdanelerden geçerek sapların kırılması olarak gerçekleştirilir. Daha sonra kırılan gövdeler döner bıçaklardan geçirilerek lif odunsu çekirdekten ayrılır.

- Yumuşatma:

Lif yumuşatma işlemi, lif demetlerinin inceliğini artırmaya yardımcı olur [25]. Bu amaçla kullanılan kenevir yumuşatıcı veya merdane adı verilen bir alet kullanılarak, dekortike edilmiş lifler daha yumuşak ve daha esnek hale getirilir [50]. Bu alet, makinede ileri ve geri hareket ederken lifleri büyük ölçüde yumuşatan yaylarla yüklenmiş nervürlü rulolara sahiptir. Kenevir makineye beslenmeden önce su-yağ emülsiyonu ile muamele edilirse yumuşatma daha etkili hale getirilebilir. Bu aynı zamanda işleme sırasında toz salınımını da önemli ölçüde azaltır [25].

- Taraklama:

Hackling (taraklama), kenevir (ve keten) işlemede yün, pamuk ve sentetikler gibi diğer lifler için tarama olarak adlandırılan süreci belirtmek için kullanılan terimdir [25]. Lif boylarının 3 m'den 650 mm'ye kadar kısaltılması özel bir kesme makinesinde yapılır. Daha sonra kısa ve karışık lifler taranır, uzun lifler paralel hale getirilir ve bir taraklama makinesi kullanılarak düzleştirilir. Başka bir deyişle, "hackling" (taraklama), herhangi bir odunsu parçacığı çıkarmak ve lifleri eğirme için sürekli bir "şerit" halinde hizalamak anlamına gelir [50].

Kenevir lifleri, iplik hazırlamadan (eğirme ve çekme) önce bir ön çekme işlemi olan taraklama çerçevesini böylece terk eder. Kesilmiş kenevir daha sonra balyalanır ve

mümkünse dinlendirilir. Kesme ve taraklama sonrası verim; % 3,8 uzun lif, %5,6 kısa lif ve %6 samandır [25].

Mekanik yöntem, diğer yöntemlere kıyasla yüksek miktarda lif verimi ile basit ama hızlı bir işlem sağlar. Lif ve çekirdeği arasındaki bağları koparmak için mekanik kuvvetleri kullanır [52]. Bu yöntem, daha ekonomik bir yöntem olmasına rağmen elde edilen lifler daha sert olmaktadır. Hücreler arası pektinin mekanik yolla giderilmesi mümkün olmadığı için mekanik yöntem, tekstilde kullanılan liflerin üretimi için uygun değildir [8].

2.4.1.4 Kimyasal yöntem

Kenevirden lif üretimi için uygun olan enzim metodundan sonraki en uygun yöntemdir. Saplardan ve çöplerinden arındırılmış, temiz ve eşit uzunluğa sahip lifler elde edilmektedir. Bu yöntemde öncelikle kenevir sapları kesilmekte ve alkali banyo içerisinde belli bir basınç altında pişirilmektedir. Bol suyla yıkanıp çalkalanarak pektin maddesinden arındırılmaktadır. Sonrasında kurutulan kenevir lifleri, pamuk ve benzeri liflerle karıştırılarak iplik elde edilmektedir. Ancak günümüzde, soğuk veya sıcak havuzlama yöntemleri yeniden değerlendirilmekte olup, bazı noktalarda kenevir lif üreticileri tarafından bir takım sakıncaları olduğu söylenmektedir. Çünkü havuzlama işlemi sırasında suda bulunan oksijen miktarının fazla oranda azalması ve işlem sonrasında organik maddeler içermesi, çevre kirliliği açısından zararlı görülmektedir. Çevre kirliliğine duyarlı olan ülkeler bu unsurları göz önünde bulundurarak araştırmalarını yoğunlaştırmışlardır. Özellikle Fransa ve Hollanda, kenevirle ilgili geliştirdikleri yeni üretim yöntemlerini, tekstil ve kâğıt üretim sanayisinde uygulamaktadırlar [53].

Temel bir sak lifinin dış şekli, en sert yöntemler uygulansa bile, kotonizasyon işlemi boyunca değişmeden kalır. Bu nedenle, kotonizasyon işleminin iyileştirilmesi, ayrılmasını, esnekliğini ve yumuşaklığını geliştirmek için sak lifinin kimyasal bileşimini değiştirmeye yönelmiştir. Sak liflerinin pamuğa benzetilmesinin kimyasal ve mekanik yönteminin modifikasyonu üzerine yapılan çalışmalara paralel olarak, son yıllarda kotonizasyon prosesinde enzimlerin kullanılması olasılığı araştırılmıştır [54].

2.4.1.5 Diğer yöntemler

Ultrasonik yönteminde tarladan gelen lifler, sıcak su banyosuna beslenir. Su banyosu, az miktarda alkali ve yüzey aktif madde ilavesiyle 70°C'de tutulur ve 40 kHz'de yüksek yoğunluklu ultrason çalkalamasına tabi tutulur. Bu sürekli işlemde lifler, demetten ve birbirinden ayrılır [49, 55].

Buhar patlaması yöntemi, geleneksel havuzlama işlemine iyi bir alternatiftir. Buhar ve katkı maddeleri, optimum koşullar altında merkezi lamelleri çıkarmak için basınç ve yüksek sıcaklık altında demetteki liflerin boşluklarına nüfuz eder. Ortaya çıkan gevşeme, liflerin parçalanmasına yol açar ve ince liflere ayrışma ile sonuçlanır. Bu yöntemle üretilen lifler incedir ve iyi mekanik ve fiziksel özelliklere sahiptir [49].

Enzimle muamele yönteminde pektin parçalayıcı enzimler, lifleri bitkinin odunsu dokusundan ayırmak için kullanılır. Bu, pektinli maddelerin seçici biyolojik bozunması yoluyla lifli mahsullerin kontrollü bir şekilde çürümmesini sağlar. Enzim aktivitesi, enzimin denatüre olmaya başladığı optimum sıcaklığa kadar artan sıcaklıkla artar. Bu işlemle üretilen lifler yüksek ve tutarlı kalitededir [49].

Modern kotonizasyon yöntemleri, ince iplik üreten yüksek kaliteli kotonize kenevir lifleri elde etmek için daha önce bahsedilen enzimatik yöntem ile ultrasonik kotonizasyonun etkisini birleştirir. Ultrason, tek tek kenevir liflerini veya temel lifleri birbirine ve odunsu çekirdeğe bağlayan pektin ve lignini zayıflatarak pamuklaşmaya neden olur. Ultrasonik kotonizasyon, enerji tüketimini, gerekli kimyasal miktarını ve işlem süresini azaltarak standart işlemin çevresel etkisini azaltır. Ağartma olmadan bile, ultrasonik kotonizasyon yoluyla üretilen lifler yumuşak, parlak ve açık bej renklidir. Ağartma çözeltisi içindeyken ultrasona maruz bırakıldığında, lifler kotonizasyon ile aynı anda ağartılabilir [56].

Havuzlanmamış kenevir demetinin lif verimi yaklaşık %25'tir, uzun lif verimi %10 ila %13 arasında ve kısa lifin verimi %12 ila %15 arasında değişmektedir [25]. Genellikle 50 kg yeşil kenevir sapından havuzlama sonunda 15-25 kg kurutulmuş kenevir sapı elde edilmekte; bu miktardan da 3 kg uzun lif, 5- 6 kg da kısa lif elde edilmektedir. Ülkemizde dekar başına ortalama lif verimi 150 kg'dır [7].

Keten lifleriyle benzerlik gösterdiği için, genellikle en iyi iplikler, yaş çekim ile elde edilir. Bu işlem, pektini yumuşatır ve liflerin daha fazla çekilmesine, ayrılmasına ve daha ince bir iplik (Nm 12'den büyük) üretilmesine izin verir. Geleneksel yöntem daha ucuzdur,

farklı görünüm ve tutuma sahip iplikler ve kumaşlar üretilebilir. Yaş çekim ile uzun iplik ve kısa iplik olarak bilinen iki tür %100 kenevir ipliği yapılır [50]. Kenevir, %100 kenevir bazlı tekstillerin üretiminin endüstriyel süreçteki kısıtlamalar nedeniyle çoğunlukla pamuk ve sentetik liflerle harmanlanmıştır [57].

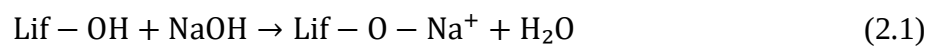
Kenevir iplikleri, pamuk ipliklerinden daha düşük uzama özelliklerine sahip olduğundan kullanımları bezayağı ve dimi gibi basit dokumalarla sınırlıdır. Kenevir kumaşa bitim işlemi uygulamak deneyim gerektirir. Amaç, kiri çıkarmak, hafifçe ağartmak ve maksimum boyutsal stabilite sağlamaktır. Kenevir kumaşlar genellikle doğal renklerinde satılır, ancak düz bir renk tonu elde etmek için alkali yıkama sonrası hafif bir ağartma işlemi uygulanır. Alkali ve ağartma işleminden sonra kumaş kurutulur ve genellikle bir ram içerisinde boyutsal olarak stabilize edilir. Normal maksimum çekme standartları çözgüde %2,5 ve atkıda %1,5'tir.[25].

2.4.2 Kotonizasyon

Bitki liflerinin tekstil endüstrisinde kullanılabilmesi için bir takım kimyasal süreçlerinden (kotonizasyon) geçirilmeleri gerekmektedir.

2.4.2.1 Delignifikasyon (ligninsizleştirme, alkali yıkama) işlemi

Kotonizasyon işlemleri kapsamında uygulanan ilk metotlardan bir tanesi, bitkinin (bitki lifinin) kimyasal ortamda yüksek sıcaklık ve basınç koşullarında ligninsizleştirme (Alkali Yıkama) işlemine tabi tutulmasıdır. Ligninsizleştirme işleminin temel amacı, selüloz ve hemiselülozdan oluşmuş bitki liflerinin etrafında kabuk şeklinde bulunan lignin maddesinin yapıdan uzaklaştırılması ve/veya belirli miktarda deforme edilmesidir. Bununla birlikte lif yapısında bulunan yağ, mum, pektin gibi maddeler de uzaklaştırılmış olur [58]. Doğal liflerde bulunan lignin maddesinin alkali çözeltisi ile reaksiyonu aşağıda verilmiştir (Eş. 2.1) [59].



Alkali prosesi, doğal lif proseslerinde en sık kullanılan metotlardan biridir [60, 61]. Bitki lifleri yüksek oranda reaktif hidroksil grupları (-OH) grupları içerir, bu da onların neme duyarlı olmalarına neden olur [62]. Selüloz liflerinin yüzeyindeki bu maddelerin bir kısmı alkali muamelesi ile uzaklaştırılır ve lifin yüzeyinde açık olan ve polimer ile etkileşime girebilen birçok selüloz ucu oluşur. Alkali muamelesi, lif yüzeyindeki serbest enerjiyi artırır ve ayrıca lif yüzeyini pürüzlendirir [63]. Alkali muamelesi, selülozun polimerizasyon derecesini azaltır ve selüloz liflerini etkileyerek liflerden ekstrakte edilen lignin ve hemiselüloz miktarlarını belirler [64, 65]. Alkali muamelesi ile lignin giderme işleminin yanısıra, literatürde farklı metotlar ile de lignin giderme işlemi yapılmaktadır. Erdoğan vd. doğal liflerden selüloz ekstraksiyonu üzeri yaptıkları çalışmalarında, delignifikasyon işlemi için formik asit ile %35 (kütlece) konsantrasyonda hidrojen peroksit karışımı kullanmışlardır [60, 61]. Başka bir çalışmada ise, jüt mikropartiküllerinin, polipropilen kompozit yapımında dolgu malzemesi olarak kullanılabilmesi için, delignifikasyon işleminde sodyum perborat kullanılmıştır [66].

Doğal liflerin sodyum hidroksit ile muamele edilmesi sonrasında, lifin selüloz içeriği (oransal olarak) artmaktadır. Bununla birlikte, alkali muamelesi, lif yüzeyindeki safsızlıkları yapıdan uzaklaştırır, lifin yüzeyini pürüzlendirir ve hidrofilleştirir. Böylece lifin başka kimyasal muamele şartlarına hazırlanmış olur.

Ancak, lignin alkali prosesle tamamen uzaklaştırılamaz çünkü ligninin parçalanması, güçlü karbon-karbon bağlarının ve kimyasal ataklara karşı çok dirençli olan aromatik gruplar gibi diğer kimyasal grupların varlığından dolayı çok sınırlıdır [57].

2.4.2.2 Ağartma işlemi

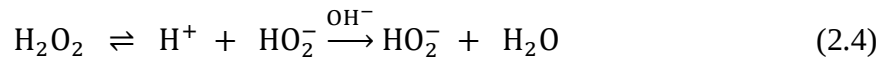
Hidrofilleştirilmiş, mum, yağ, pektin ve lignin (büyük ölçüde) gibi bileşenleri alkali muamelesi ile giderilmiş doğal lifler ağartma işlemine tabii tutulurlar. Ağartma işleminin temel amacı, kimyasal muamele işlemindeki doğal lifin, boyama işlemi öncesi beyaz renkte bir malzemeye dönüştürülmesini sağlamaktır. Buna ek olarak, alkali işlemde giderilemeyen selüloz ve hemiselüloz etrafındaki bileşenlerin oksidasyon sonucu (redoks tepkimeleri sonucu) giderilmesidir. Geleneksel olarak ağartma işleminde kullanılan kimyasallar klorlu (NaOCl, Sodyum Hipoklorit) ve klorsuz (H_2O_2 , Hidrojen Peroksit) kimyasallar olarak ikiye ayrılır:

Sodyum hipoklorit (NaOCl) eski zamanlardan beri bilinen bir ağartıcıdır. Ağartma (oksidasyon) işlemi aşağıda verilen (Eş. 2.2, Eş. 2.3) kimyasal reaksiyon ve reaksiyon sonucu çıkan ürünlerin bitki üzerindeki reaksiyonu sonucu olmaktadır [58].

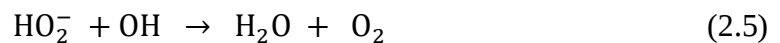


Yukarıdaki reaksiyonlarda görüldüğü gibi sodyum hipokloritin suda çözünmesi sırasında hipokloröz asit (HOCl) ve sodyum hidroksit açığa çıkar. HOCl'nin ayrışması sırasında HCl ve oksijen meydana gelir ve lif üzerindeki kimyasalları oksitleyerek lif üzerinden ayrılmasını sağlar ve lifi beyazlatır. HCl bilinen kuvvetli asitlerdendir ve bozunması sonucu klor gazı ortaya çıkar. Serbest klorun tekstil atık sularında bulunması çevre kirliliği bakımından tehdit oluşturduğundan klor içeren ağartıcıların kullanımı giderek azalmaktadır.

Hidrojen peroksit ve türevleri (inorganik peroksijen ağartıcılar) ise klorsuz ağartıcılar sınıfına giren kimyasaldır. H_2O_2 varlığında ağartma işlemi, genel olarak, H_2O_2 'nin bir dizi reaksiyon sonucu bozunması ve ortaya çıkan oksijen ajanının doğal lifte bulunan safsızlıklara ve renk verici moleküllerle reaksiyona girerek, onları okside etmesidir. H_2O_2 , bazik ortamdaki bozunma reaksiyonu aşağıda verilmektedir (Eş. 2.4).



H_2O_2 'nin bozunması sonucu ortaya çıkan perhidroksil iyonu (HO_2^-) kararsızdır ve bulunduğu ortamda yükseltgeyebileceği bir madde/kimyasal (doğal liflerin ağartma işleminde selüloz etrafında kalan lignin, pektin, yağ, mum gibi bileşenler veya doğal life renk veren diğer organikler) varlığında, madde/kimyasal ile tepkime girer. Perhidroksil iyonu tepkime sırasında bozunur ve ağartma meydana gelmiş olur. Perhidroksil iyonunun bulunduğu ortamda oksitlenebilecek bir madde bulunmaması durumunda, hidroksil (OH^-) iyonları ile tepkime vererek su ve oksijen oluşur (Eş. 2.5)[67].



Kotonizasyon işlemi sayesinde, uzun olan lif boyları kısaltılarak kısa liflerle beraber kullanımına olanak sağlanır. Bu işlemle birlikte kenevir lifleri, keten liflerine benzer kimyasal veya biyolojik proseslerle kısa kesikli lifler haline dönüştürülmektedir [6]. Eşit lineer yoğunlukta ve lif uzunluğunda pamuklaştırılmış keten elde etmek, benzer özelliklere sahip pamuklu kenevir elde etmekten çok daha kolaydır. Teknik kenevir lifi, teknik keten lifinden daha kalındır. Mekanik işleme operasyonlarında daha sert ve hasara karşı daha hassastır [54]. Kenevir liflerinin mekanik özellikleri cam lifleriyle karşılaştırılabilir durumdadır [10].

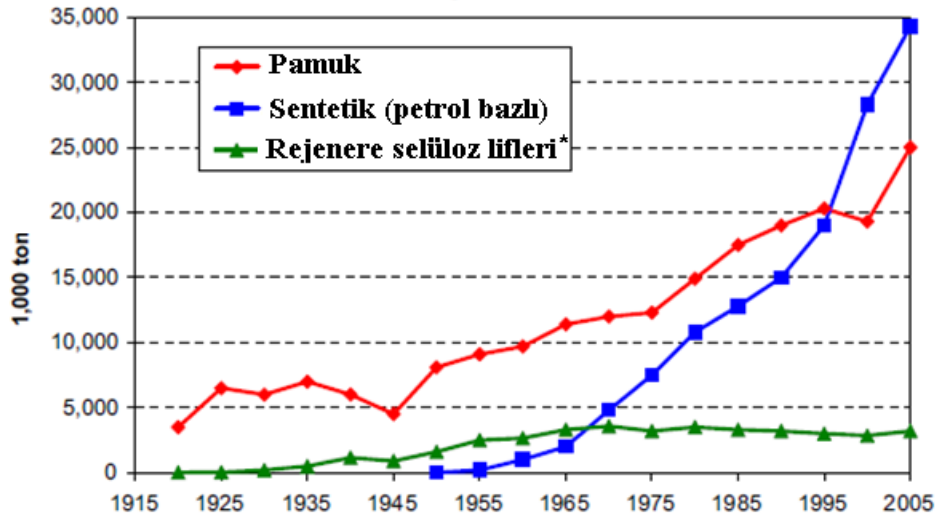
2.5 Tekstilde Geri Dönüşüm

Dünyadaki tükenbilir kaynakların bilinçsizce kullanılması, üretim süreçlerinde atık sorunlarını beraberinde getirerek sera gazı oluşması, ozon tabakasında incelme ve iklim değişiklikleri gibi küresel tehditlere neden olmuştur. İnsanların yaşam döngüsünü, sorunsuz bir şekilde sürdürebilmesi için yeni yaklaşımlar oluşturmak zorunda kalınmıştır. Bu sebeple geri dönüşüm fikri benimsenmeye başlanmıştır.

Geri dönüşüme tanım olarak bakıldığında, kullanım dışı kalmış yeniden dönüştürülebilir atık maddelerin çeşitli yöntemler kullanılarak hammadde olarak imalat süreçlerine tekrardan kazandırılmasıdır [68]. Bu malzemeler tekstil, kâğıt, cam, plastik, motor yağı, pil, beton, alüminyum, organik atıklar, elektronik materyaller ve bunlar gibi atıklardır [69]. Tekstil atıkları ise tekstil üretim tesislerinde üretim proseslerinde veya tüketicilerin tüketimi sonrası ortaya çıkan atıklarıdır. İplik fabrikalarından çıkan atıklar, tekstil imalat atıkları ve tüketicilerin tekstil atıklarıdır. Yani bu atıklar, tüketim öncesi ve sonrası olarak sınıflandırılabilir. Tüketim öncesi atıklar; giyim, mobilya, otomotiv, ev, bina, yatak, kaba iplik, ev eşyaları, kâğıt, havacılık ve diğer sanayiler için yeniden üretilen tekstil, lif ve pamuk sanayi yan ürünü malzemelerden oluşmaktadır. Tüketim sonrası atıklar ise tüketicinin kullanma gereksinimi duymadığı ve atmaya karar verdiği, giysi ya da tekstil materyallerinden yapılmış ev eşyaları olarak tanımlanmaktadır [70].

Telef kullanım alanlarından en önemlisi iplik üretimidir. Özellikle open-end iplikçiliğinde, eğirme makinelerinde iplik haline getirilen telefler, dokuma sektörünün birçok alanında kullanılmaktadır [71].

Tekstil malzemelerinin üretimi, son yüzyılda çarpıcı değişikliklere uğramıştır. Yaklaşan çevresel problemler ve küresel enerji krizi ile birlikte doğal lif, biyolojik olarak düşük maliyetli, yenilenebilir kaynak kullanımı ve biyolojik bozunabilirlik avantajları nedeniyle artan bir şekilde ilgi çekmeye başlamıştır. 19. yüzyıldaki sanayi devriminden önce doğal malzemeler olan pamuk, hayvan kürkleri ve ipek, binlerce yıldır kullanılmıştır. 20. yüzyılın ilk on yılında pamuk, dünyadaki tüm tekstil hammaddelerinin% 70'inden fazlasını oluşturmuştur [72]. 1930'lara kadar rejenere selüloz liflerinin temel liflerden biri olduğu çok da görülmemiştir. II. Dünya Savaşı'ndan sonra rejenere selülozik lif üretimine devam edilmiştir. Ancak 1960'larda sentetik lifler tekstil pazarını büyük çoğunlukla ele geçirmiştir [73]. Yıllara göre Dünya lif üretimi Şekil 2.3'te gösterilmektedir.



Şekil 2.3. 1920-2005 yılları arası dünya lif üretimi¹ [72].

Özellikle polyesterin son yıllarda saldırgan bir şekilde büyümesi ve dünya lif üretiminde yaklaşık %36'lık bir paya sahip olması, polyesterin geri kazanımının daha da önem kazanmasına sebep olmaktadır [74].

Pamuk ve polyester günümüzde en çok kullanılan liflerdir. Ülkemizde pamuk ekim alanları 36 milyon hektarın üzerindedir ancak gıda tesislerinin taleplerinin hızla artması nedeniyle verimli pamuk topraklarının gıda üretimi için kullanılması baskın bir fikir haline gelmektedir. Ayrıca, dünya polyester lifi tüketiminin 2050 yılında 89,5 milyon tondan 150-160 milyon tona ulaşması beklenmektedir. Bu nedenle, dünyadaki bu lif talebinin tekstil atıklarından geri dönüştürülmüş liflerle karşılanması gerekmektedir [75].

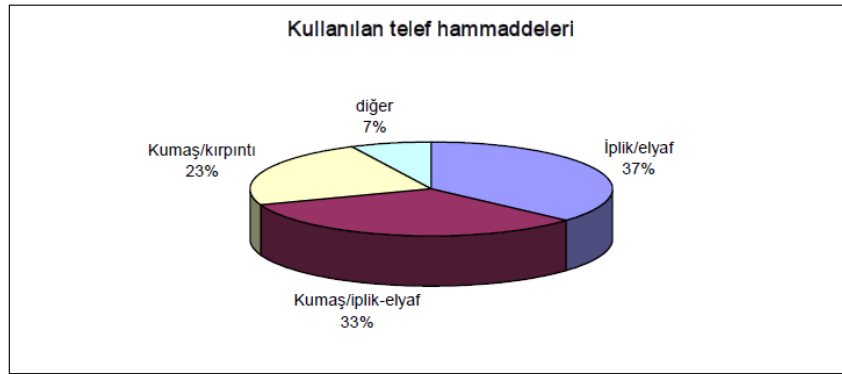
Uşak, Tekirdağ-Çorlu, Tekirdağ-Çerkezköy, Bursa, Kahramanmaraş, Adıyaman, Gaziantep ve Denizli illerinde yoğun olarak geri dönüşüm iplik üretimi gerçekleştirilmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde ise Uşak sanayisi bu konuda %75’lik payla ilk sırada yer almaktadır. Geri dönüşüm ipliği, sektörde ve pazarda “rejenere iplik” olarak anılmaktadır. Türkiye genelinde Uşak sanayisi 155 adet rejenere iplik firması ile geri dönüşüm iplik piyasasının fiyat politikası, tedarik zinciri yönetimi, pazarlama ve birçok noktada rejenere iplik sektörünü yönlendirmektedir. Geri dönüşüm iplik çoğunlukla open-end iplik eğirme teknolojisi kullanılarak yapılmaktadır. Üretilen iplikler sonraki prosesler (örme, dokuma, boyama gibi) için, diğer şehir veya ülkelere gönderilmektedir [5].

Tekstil atıklarının sınıflandırılması belli özelliklerde iplik elde edebilmek için önemlidir. Sınıflandırma genellikle renk ve hammadde içeriğine göre yapılmaktadır. Geri dönüşüm sektöründe tekstil atıkları hammadde içeriğine göre genellikle pamuk, akrilik ve yün içeren tekstil atıkları olarak sınıflandırılmaktadır [76]. Ancak son dönem konfeksiyon sektöründeki değişim ve daha ince ipliklerin üretilebilir olmasına göre geri dönüşüm işletmelerinde tekstil atıkları (konfeksiyon kırpıntıları) pamuk, pamuk/polyester ve elastan (likra) içeren atıklar olarak üç hammadde grubuna ayrılmaktadır. Tekstil atıkları cinsine göre değişik alanlarda kullanılmaktadır. Karmaşık ve düzensiz atıklardan elde edilen kaba açma lifleri (sektörde kırk ambar olarak bilinir) sentetik lifler ile karıştırılmak suretiyle jüt ipliği yerine halı tabanı yapımında kullanılmaktadır. Genellikle tarak altı telefleri Ne 10-18, hallaç altı telefleri Ne 6-12, şapka altı telefleri Ne 12-24 numara iplik yapımında kullanılmaktadır [70, 76].

İplik üretimi için geri dönüştürülmüş liflerin kullanımı göz önüne alındığında, hem kumaşların parçalanması hem de iplik üretimi sırasında oluşacak telefler dikkate alınmalıdır ki bu da toplanan toplam tekstil atığı kütesinin yaklaşık %50-60’ının iplik olarak elde edilebileceği anlamına gelmektedir. Bu nedenle, minimum parti üretimi ve gerçek bir eğirme prosesini çalıştırmak için yaklaşık 3 ton kumaş atığının toplanması gerekmektedir. Orta ölçekli bir konfeksiyon üretim fabrikasında bu miktardaki atık 20-30 günde toplanabilmektedir. Kumaş atıkları daha kaliteli liflerin geri dönüşümü için ayrıştırılacaksa, yeterli miktarda atık toplamak için gereken sürenin uzayacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kadar kapsamlı ve önemli bir proses olmasına rağmen tekstil sektöründe atıkların toplanması ve sınıflandırılması konusunda farkındalık son derece yetersizdir. Son zamanlarda moda endüstrisinin dinamiklerine ve müşteri beklentilerine

bağlı olarak tekstil malzemeleri, farklı lif karışımları ve terbiye işlemleri ile çok çeşitli konstrüksiyonlarda üretilmektedir. Bu nedenle kumaş atıklarının ayrıştırılması çok daha önemlidir. Ancak pamuklu kumaş atıklarının özelliklerinin geri dönüştürülmüş lif kalitesi ve dolayısıyla ortaya çıkan ürünün kalitesi üzerindeki etkileri bile henüz araştırılmamıştır. Bu konularda yeterli araştırma ve veri bulunmamaktadır. [77].

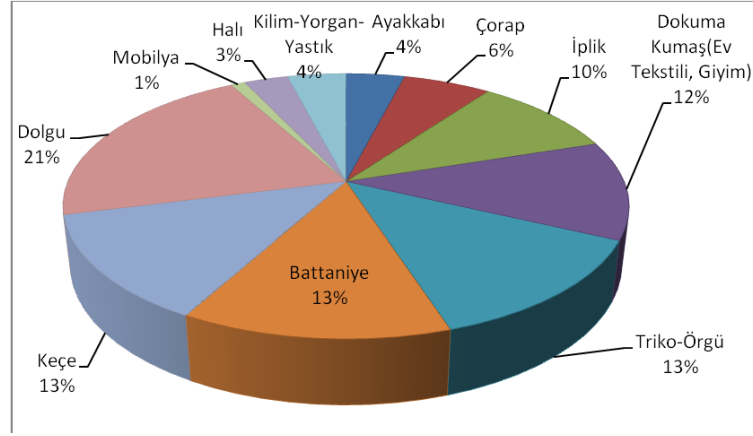
Mekaniksel yöntemde şifanöz tesislerinin 360 gün üzerinden hesaplandığında yıllık kapasitesi 432,000 ton civarındadır ancak işlem sonunda elde edilen geri dönüşüm lif miktarı ise 410,400 ton civarında olmaktadır. Garnet tesislerinin 360 gün üzerinden ülkemizde yıllık kapasitesi ise 120,960 ton civarındadır ancak yine işlem sonrası elde edilen geri dönüşüm lif miktarı ise 108,864 ton civarındadır. Geri kazanımda kullanılan hammaddelerin yüzdelik dağılımı Şekil 2.4'te verilmiştir. Genel olarak firmalar lif, iplik ve kumaş kırıntılarını birlikte kullanmaktadır [74].



Şekil 2.4. Geri kazanımda kullanılan hammaddeler [74].

Geri dönüşüm sektörü 2013 yılına bakıldığında yıllık pamuk üretiminin %54,51'ine eşdeğer üretim yapmışken, 2014'te ise bu rakam %58,1 oranına yükselmiştir. Bu açıdan bakıldığı zaman Türkiye'nin pamuk ihtiyacının %33'lük bölümü geri dönüşüm sektöründen sağlanmaktadır [74]. Geri dönüşümle elde edilmiş lif, iplik ve kumaşlar tasarım yapılmaya da uygun yapıdadır [78].

Atık teleflerin geri kazanımı ve dönüşümüyle elde edilen ürünlerin sanayide başlıca kullanım alanları Şekil 2.5'te verilmiştir.



Şekil 2.5. Telefonların kullanım alanları [74].

İpliklerin kalite özelliklerini geliştirmek ve daha ince üretmek geri dönüştürülmüş lifler çoğunlukla pamuk ve polyester gibi işlenmemiş liflerle birlikte kullanılır. İşlenmemiş lif oranındaki artış, genel olarak iplik kalite özelliklerini iyileştirmiştir. Bununla birlikte, geri dönüşüm iplikte yüksek miktarlarda işlenmemiş liflerin kullanılması ticari olarak tercih edilmez, çünkü geri dönüşüm iplikte yüksek miktarda işlenmemiş lifler iplik maliyetini artırır ve telef tüketimini azaltır [79, 80]. Pamuk eğirme prosesinden oluşan atık malzemeler, temiz ve homojen tasnif edilmiş lif tiplerine sahip oldukları ve kumaş artıkları gibi sert mekanik lif açma işlemlerine tabi tutulmadıkları için daha kaliteli bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, sonuçlardan, geri dönüşüm ipliklere önemli miktarlarda işlenmemiş pamuk lifi eklenmesine rağmen, iplik numaralarının hala kaba ila orta (Ne 20'den daha kalın) ile sınırlı olduğu görülmektedir. Bu nedenle, kumaş atıklarından geri dönüşüm ipliklerin görünümünü ve mukavemetini iyileştirmek ve bunlardan mümkün olduğunca az saf lif kullanarak daha ince numara iplikler üretmek için daha güçlü ve daha uzun saf lifler kullanmak gerekir. [80].

2.5.1 Tekstil atıklarının geri dönüşüm yöntemleri

Tekstil atıklarının geri dönüştürülmesi genel olarak aşağıdaki yöntemlerle yapılmaktadır:

- A) Mekaniksel yöntemler
- B) Termo-mekaniksel yöntemler
- C) Kimyasal yöntemler

D) Enerji elde etme

E) Diğer yöntemler

Atıklar; mekaniksel metotta tekstil (iplik, kumaş ve dokusuz yüzey) üretiminde kullanılabilecek şekilde lif formuna getirilirken, termo-mekaniksel yöntemde tekrardan eritilmek suretiyle granül formuna dönüştürülür, granüller ise plastik ve lif üretiminde kullanılmaktadır. Kimyasal yöntemle bakıldığında, özellikle sentetik bazlı atık maddeler genel olarak kimyasal depolimerizasyon yöntemleri kullanılarak hammaddeye ya da ara ürüne kadar geri döndürülerek buradan elde edilen ürünler, tekstil bitim maddeleri, lifler, doymamış reçineler gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Tekstil atıklarının kalori değerlerinin yüksek olması sebebiyle, atıkların yakıt olarak kullanılması tartışılmış, ancak petrol rezervlerinin günden güne azaldığı günümüzde sentetik bazlı maddelerin yakılarak yok edilmesi son seçenek olmalıdır [74]. Buradaki en önemli nokta ise sentetiklerin petrol esaslı materyaller olması ve fosil yakıtlardan elde edilmeleri sebebiyle atmosfere ciddi anlamda CO₂ gazı salınımıyla hava kirliliğine de neden olmalarıdır [75].

Geri dönüşüm lifler diğer liflerle kıyaslandığında, çevreye daha az zarar verirler, daha az enerji tüketirler, daha az kaynağı kullanırlar ve boyanmayacaklarsa daha az kimyasalla işlem görürler. Genel olarak tüm tekstil materyalleri geri dönüştürülebilirler [81, 82].

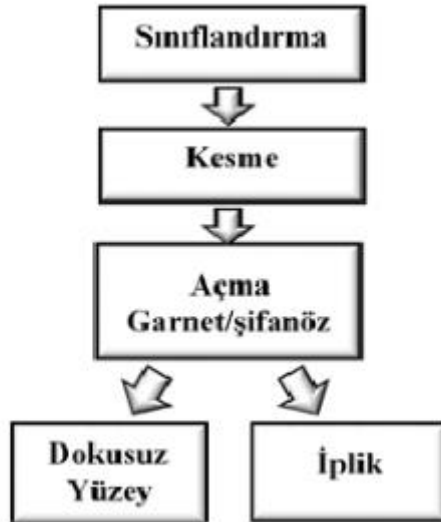
Telef yapan firmaların yaklaşık olarak % 90'ı mekaniksel yöntemi kullanmaktadır. Granül yapan firmaların % 7'si ise, PET şişe atıklarını kullanarak iplik yapan firmalardır [74]. Dünyada çapında üretilen PET polimerin yaklaşık %60'ı polyester stapel ve filament lif üretiminde kullanılmaktadır [82]. Dünyada geri dönüşüm görmüş PET'in ise % 80-85'inin polyester lif üretiminde kullanıldığı düşünülmektedir [71].

Tekstil geri dönüşümünde çoğunlukla mekanik geri dönüşüm yöntemi kullanılması ve bu tez çalışmasında kullanılan liflerin mekanik geri dönüşüm yöntemiyle elde edilmesi sebebiyle bu kısımda detaylı olarak mekanik geri dönüşümden bahsedilecektir.

2.5.2 Mekanik geri dönüşüm yöntemi

Lif yumağı, iplik parçası ve kumaş kırpıntısı şeklindeki tekstil atıkları yaygın olarak basit ve ucuz olması nedeni ile mekanik geri dönüşüm metodu kullanılarak geri dönüştürülmektedir [76, 79]. Mekanik bir geri dönüşüm işleminde tekstil atıkları öncelikle

lif bileşimine ve renk özelliklerine göre ayrıştırılır. Ayırma özellikle benzer lif türleri ve renklerinde geri dönüşüm liflerin elde edilmesine yardımcı olur. Ayıklama işleminden sonra atık malzeme önce küçük parçalara ayrılarak, daha sonra bu parçalar keskin tellerle kaplanmış bir dizi tarak tipi silindirden geçirilerek liflere ayrılarak işlemlere devam edilir. [2, 79, 83]. Şekil 2.6’da verilen akış şemasından da görüleceği üzere, tekstil atıkları öncelikle sınıflandırılmakta (tefrik), daha sonra kesilerek küçük parçalar haline getirilmekte ve en son olarak da şifanöz ve garnet olarak adlandırılan üzeri açıcı tellerle kaplı tarak benzeri açma makinelerinde açılarak lif haline getirilmektedir. Elde edilen lifler ya iplik haline getirildikten sonra dokuma ve örme kumaş üretiminde kullanılmakta ya da direkt lif olarak kullanılarak dokusuz yüzey kumaş üretiminde kullanılmaktadır [76, 83].



Şekil 2.6. Mekanik geri dönüşüm şeması [76, 83].

Mekanik geri dönüşüm işleminin dezavantajı, lif açma işlemleri sırasında uygulanan mekanik işlemlerin liflere zarar vererek liflerin kırılmasına neden olması ve lif uzunluklarının orijinal liflere göre oldukça kısalmasıdır. Açma işlemi sonunda, liflerin yalnızca %25-55 oranındaki bölümünün lif uzunluğu 10 mm’den daha uzun olmaktadır. Ayrıca, açma işlemi sonunda lifler arasında bazı tam olarak açılmamış küçük iplik ve kumaş parçaları da kalabilmektedir [84, 85].

Kırpıntıların değerlendirme yöntemleri temel olarak şu adımlardan oluşmaktadır:

2.5.2.1 Tasnif ve tefrik işlemi

Tekstil atıklarının öncelikle hammadde, renk ve dönüştürülebilirlik derecesine göre iyi bir şekilde sınıflandırılması gerekmektedir. Bu sınıflandırma harmanlama için büyük önem taşır. Bu sebeple ilk olarak kırpıntılar tasnif ve tefrik işlemlerinden geçirilir. Kaba tefrik olarak da adlandırılan tasnif işleminde kırpıntılar koyu ve açık renk olarak kabaca ayrıştırılır. Daha sonra üretimi planlanan son ürüne göre kırpıntılar renk kataloğuna göre tefrik edilir. Bu tefrik işleminde elde edilmek istenen lif rengine göre kumaş kırpıntılarını tek tek seçilerek hassas bir şekilde ayrıştırılır. Sektörde genellikle sübjektif yöntemlerle kırpıntılar hammaddesine göre pamuklu, pamuk/poliester ve elastan (likra) içerikli olarak üçe ayrılır. En kıymetli olanları pamuklu kırpıntılardır. Hem hammadde tipi hem de renk türüne göre bir çok çalışanın tek tek sınıflandırma yaptığı tefrik işlemi oldukça zahmetli ve dikkat isteyen bir işlemdir. Bu sürecin otomasyonu, insan gözü yerine elektronik uygulamalar ve robotik işlemlerle gelecekte daha gelişmiş hale getirilmesi beklenmektedir. Bu haliyle büyük çoğunlukla insan gücü ile işletmeye balyalar hâlinde gelen kırpıntılar gözle muayene edilerek renk kataloguna göre tefrik edilmekte, pamuk, pamuk/polyester ve elastanlı olarak gruplanmaktadır [86, 87].

2.5.2.2 Kesme işlemi

İkinci adım olarak kırpıntılar kesme makinesine gelir [88].

Temel olarak üç farklı kesme makinesi bulunmaktadır.

- Döner bıçaklı kesme makinesi
- Giyotin kesme makinesi
- Kesme değirmeni

Genelde en çok döner bıçaklı kesme makinesi kullanılır. Tekstil atıkları kesme makinesine beslenir ve küçük parçalara (20-260 mm uzunluk) getirildikten sonra şifanöz ve/veya karnet makinesinden geçirilir, lif formuna getirilerek işleme dâhil edilir [85].

Daha önce hammaddelerine ve renklerine göre tefrik edilmiş olan kırpıntılar kesme makinelerinde kesilerek daha küçük ebatlara getirilmektedir. Bu makineler 1-Giriş kısmı 2-Metal Dedektör 3-Giyotin 4-Çıkış kısmı olmak üzere 4 kısımdan oluşmaktadır. Kesme makinesi Resim 2.4'te gösterilmiştir. Makinenin giriş kısmında bulunan konveyör bant

vasıtasıyla metal dedektöre getirilen kırpıntılar burada sensörlerle kontrol edilerek içerisinde metal olup olmadığı tespit edilmektedir. Eğer metal var ise makine durmakta ve metal dedektör içerisindeki tomar alınarak atılmaktadır. Dedektörden çıkan kırpıntılar yine konveyör bant vasıtasıyla giyotin getirilir. Giyotin kısmında aşağı-yukarı hareket eden bir bıçak vasıtasıyla kırpıntılar kesilerek daha küçük boyutlara getirilir. Giyotin kısmından bir vakum sistemiyle emilen kırpıntılar konveyör bant üzerine dökülerek vakumlu kanala taşınmaktadır. Vakumlu kanal ile emilen kırpıntılar metal odalara gönderilmektedir [88].

Genellikle pamuk iplikçiliği için kullanılacak açmalar için kumaş parçaları eni ve boyu yönünde 38 mm olarak kesilmektedir. Kesme makinesinin tipine göre kumaş kırpıntıları iki ya da üç yönde kesilmektedir [88].



Resim 2.4. Balkan DTA 62 giyotin kesme makinesi [89].

2.5.2.3 Odalarda bekletme ve yağlama işlemi

Üçüncü adımda ise kırpıntılar metal odalara gelir.

Bıçak makinesinden çıkan kırpıntılar bir vakum sistemiyle emilerek metal odalara getirilir. Sektörde bu odalara Box Odaları denilmektedir. Bu odaya ait örnek görüntü Resim 2.5’te verilmiştir. Kırpıntılar burada 24 saat bekletilir. Bu bekleme sırasında kırpıntılara silikonlu

yumuşatıcı, antistatik gibi kimyasal maddeleri verilir. Bu odalar ortama 10-20 ton aralığında ürün alabilmektedir. Burada dinlenen kırpıntılar yumuşak ve hacimli bir yapı kazanarak açılmaya hazır hale getirilir [86, 90].



Resim 2.5. Balkan DT80 box odası [91].

2.5.2.4 Lif açma işlemi

Dördüncü adımda, kesilerek küçük parçalar haline getirilen tekstil atıkları (kırpıntılar) açılarak lif haline getirilmektedir.

Lif açma işlemi olarak şifanöz ve garnet olarak adlandırılan yüksek hızda dönen ve üzerinde teller bulunan mekanik geri dönüşüm makineleri kullanılmaktadır.

- **Şifanöz makinesi**

Şifanöz makinesi, kesilen parçaların açılması için, keskin metalik teller ile kaplanmış bir seri silindir ve tamburu olan bir nevi tarak makinesine benzeyen lif açıcı makinedir. Üzerinde metalik telleri olan silindir yüzeyi tekstil atıkları ile temas ederek bu tekstil atık malzemelerini lif halinde açmaktadır. Bu işlem birden altıya kadar birçok pasajı içerebilmektedir. Balkan firmasına ait şifanöz makinesi, Resim 2.6'da gösterilmiştir.



Resim 2.6. Balkan Dt30 mega şifanöz [92].

Bu makinedeki temel kalite parametresi makineye giren kırpıntının tam olarak parçalanmış olması, düğümlenmiş olmamasıdır. Bu noktada makinede iki önemli ayar söz konusudur. Bunlardan birincisi reglaj ayarı denilen besleme silindirinin çivili hasır ile arasındaki mesafenin yapıldığı ayar olup, bu ayar makinenin yan tarafında bulunan ve besleme silindirinin makineye monte edildiği şafta bir manivela takılıp çevrilerek manuel olarak yapılmaktadır. İkinci ayar ise çivili silindirin altında bulunan iki adet sorting shutter ile çivili silindir arasındaki yükseklik ayarıdır. Bu ayar elektronik olarak yapılmaktadır. Eğer açıklık artırılırsa geri besleme daha fazla olur, açıklık eğer azaltılırsa bu sefer de kırpıntılar lif haline tam olarak dönüştürülemez, nepsler oluşur. Bu ayarların sayısal değeri bulunmayıp deneme-yanılma yöntemiyle uygun değerler bulunarak ayarlamalar yapılmaktadır. Makinenin çıkış kısmında ise bir vakumlu kanal bulunmaktadır. Bu kanal sayesinde yorgun lifler emilerek pres makinesine gönderilmekte ve burada preslenerek balya haline dönüştürülmektedir [88]. Bu makine temel olarak 3 kısımdan oluşmaktadır; 1-Giriş kısmı 2-Silindirlerin bulunduğu kısım 3- Çıkış kısmı. Makinenin giriş kısmında şömine denilen ve bir vakum sistemiyle lifin makineye girişinin sağlandığı bir kısım bulunmaktadır. Makinenin ikinci bölümünde ise besleme silindirleri ve çivili silindirler bulunmaktadır. Açma makinelerinde 6-7 çift silindir (bir besleme silindiri ve bir çivili silindir) olabilmektedir. Besleme silindirleri kauçuktan yapılmış olup bu silindirler vasıtasıyla çivili silindirlere gelen, küçük parçalara ayrılmış, kırpıntılar çivili silindirlerde yorgun lif haline dönüştürülür.

Makinenin alt kısmında, tam olarak parçalanamamış olan parçaların dökülerek tekrar makine girişine gönderildiği bir bölüm bulunmaktadır. Bu geri besleme işlemi sonsuz bir konveyör bant ile sağlanmaktadır. Bu işlemde parçaların konveyör üzerine dökülmesi merkezkaç kuvveti etkisiyle sağlanmaktadır. Çivili silindire gelen parçalar silindire çarptığında üzerlerinde büyüklükleriyle doğru orantılı olarak bir merkez-kaç kuvveti oluşur. Bu kuvvet etkisiyle parça çivili silindir ile sorting shutter arasındaki açıklığa savrularak buranın altında bulunan konveyör bant üzerine düşer [86, 90].

- **Garnet makinesi**

Garnet makinesi, testere dişli metalik tellerle kaplı olan, davul ve silindirleri bulunan, az veya çok bükümlü tekstil atıklarını açmak için kullanılan tarak makinesine benzer lif açma makinesidir. Garnet makineleri ile tekstil katı atıkları daha ince bir şekilde açılmaktadır. Tamhas firmasına ait garnet geri dönüşüm & açma makinesi Resim 2.7’de verilmiştir.



Resim 2.7. Tamhas garnet & geri dönüşüm makinesi [93].

Garnet makinesinde yün, akrilik gibi uzun liflerden elde edilen kumaşların, şifanözde ise pamuk, viskon gibi kısa liflerden elde edilen kumaşların açılmaktadır. Bazı uygulamalarda şifanözden çıkan lif parçacıkları bir kez daha garnet makinesinden geçirilerek ikinci bir açmaya tabi tutulur.

Yüksek orandaki kısa lifler nedeni ile geri dönüşüm lifler iplik haline genellikle kısa ve daha düşük kalitedeki liflerin eğrilmesine imkân veren open-end veya friksiyon iplik

eğirme sistemleri kullanılarak getirilmektedirler. Open-end iplik eğirme sistemi daha yaygın olarak kullanılmaktadır [76]. Open-end iplik üretim makinelerinde hem geri dönüşüm hem de geri dönüşüm olmayan ham maddelerden iplik üretimi yapılmaktadır. Dünya genelinde geri dönüşüm ham maddeden iplik üretimi daha çok open-end iplik üretim makinelerinde gerçekleştirildiğinden dolayı open-end iplik üretim yöntemi ile özdeşleşmiş durumdadır [94].

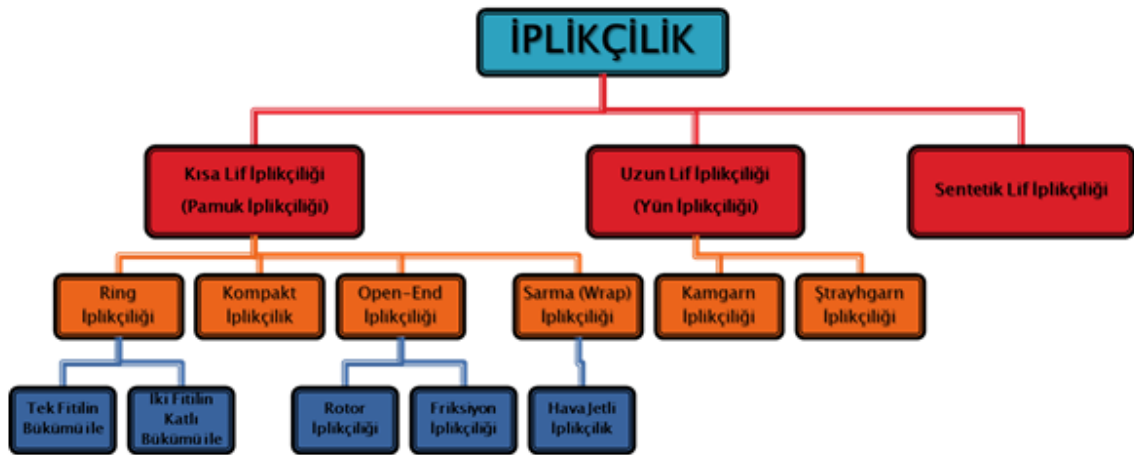
Bu makinede tekstil atıkları tek tek lif haline yani lif harmanına girebilecek duruma gelmiş olur [86, 95]. Sivri uçlu eğik metal iğnelerle kaplı iki silindir, makinenin besleme tablasına konan telefleri kapalı bir kafes içinde dönen tambura iletir. Tamburda bulunan iğneler ise bunları tutarak, dolaşmış yerleri ayırıp merkezkaç kuvvetiyle kafesin dışına atar [86, 96].

2.5.2.5 Balyalama işlemi

Açma makinesinden çıkan kırpıntılar preslenerek balyalar haline getirilir [86, 96].

2.6 İplik Eğirme Sistemleri

İplik üretiminde hammadde tipine göre kesikli lifler ve sonsuz lifler için üretim yöntemleri kendi içerisinde ayrıışmaktadır. Üretim yöntemleri açısından Şekil 2.7'deki gibi sınıflandırılabilir.



Şekil 2.7. İplikçilik sistemleri.

Tekstil geri dönüşüm iplikçiliğinde çoğunlukla open-end rotor iplikçiliği yöntemi kullanılması ve bu tez çalışmasında kullanılan geri dönüşüm ipliklerinin open-end rotor iplikçiliği yöntemi ile elde edilmesi sebebiyle bu kısımda diğer iplikçilik sistemlerinde kısaca bahsedilecek, open-end rotor iplikçiliğinden ise detaylı olarak bahsedilecektir.

2.6.1 Kesikli lif iplikçiliği

2.6.1.1 Uzun lif iplikçiliği

Uzun lif iplikçiliğine yün iplikçiliği de denilmektedir. Uzun lif iplikçiliği, lif uzunluğu yaklaşık 30-500 mm arasında ve çoğunlukla da 50-150 mm arasındaki liflerin eğirilmesiyle ilgilenmektedir. Uzun lif iplikçiliğinde yün ve çeşitli hayvansal lifler, sentetik lifler ve rejenere lifler kullanılmaktadır. Şekil 2.8’de gösterildiği gibi uzun lif iplikçiliği, kamgarn, yarı kamgarn ve ştrayhgarn iplikçiliği olarak üçe ayrılmaktadır.



Şekil 2.8. Uzun lif iplikçiliği.

En kaliteli ve uzun lif boyuna sahip yünler kamgarn sisteminde kullanılırken, orta kalitedeki yünler yarı kamgarn sisteminde, çok kısa liflerden ve döküntülerden oluşan hammaddeler ise strayhgarn sisteminde kullanılmaktadır.

2.6.1.1.1 Kamgarn yün iplikçiliği

Kamgarn iplikçiliği düzgün, ince ve kaliteli olan yün ipliklerin üretiminde kullanılan bir iplikçilik sistemidir. İplik üretiminde genelde 25 mikrondan daha ince ve 65 mm'den uzun lif boyuna sahip lifler kullanılır. Üretilen iplik incelendiğinde ise iplik içerisindeki liflerin birbirlerine tamamen paralel olduğu ve kısa liflerin bulunmadığı görülür. Bu paralellik ve kısa liflerin iplik bünyesinden temzilenmesi tarama işlemiyle gerçekleştirilir. Tarama işlemi sayesinde kaba lifler atılır, kemling (döküntü) denilen kısa lifler ayrılır, bunlar ise strayhgarn iplikçiliğinde kullanılır. Bu sebeple bu sistem kullanılarak üretilen iplik, düzgün bir görünüme sahip ve ince yapıda olmaktadır [97]. Kamgarn iplikler genellikle giysi kullanımında, özellikler takım elbiselik kumaşlarda yaygındır [98].

2.6.1.1.2 Yarı kamgarn yün iplikçiliği

Kamgarn ve strayhgarn arasındaki kaliteye sahip ipliklerin üretildiği bir sistemdir. Yarı kamgarn işlem basamakları kamgarn ile aynıdır sadece tarama işlemi uygulanmaz [99]. Kamgarn iplikçiliği ile karşılaştırıldığında, üretim prosesi daha kısa olmakla birlikte yeni bir eğirme işlemi oluşturulmuştur. Üretilen iplik iyi bir düzgünlük, iyi işlenme, iyi elastikiyet, dolgun hacim ve penye ipliğinin pürüzsüzlük özelliklerine de sahiptir [100].

2.6.1.1.3 Strayhgarn yün iplikçiliği

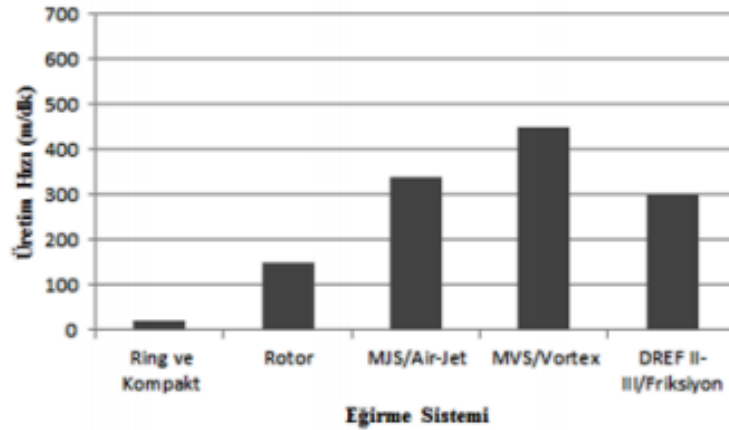
Genellikle paçavra, döküntü ve kısa yün liflerinden üretilmiş tarama işlemi yapılmamış iplik tipidir. İki silindir iplikçiliği olarak da bilinir. Hammadde olarak; tüm yünler (kısa, uzun vb), yün döküntüleri, tabak yünleri, kısa stapelli lifler (örn. pamuk, rejenere selülozik lifler vb.), uygun boydaki yapay lifler gibi akla gelebilecek her türlü malzeme kullanılır. Strayhgarn tarak makinesinin önündeki kondenser ile direk kaba fitil elde edilip daha sonra bu fitil eğrilerek yün ipliği oluşturmaktadır. Strayhgarn ipliklerin kamgarna göre düzgünsüz değeri ve hacimliliği yüksek, iplikler kalın ve yumuşaktır. Kullanım alanına göre üretilmiş strayhgarn ipliklerden dokuma ve öreme kumaşlar üretilir [99].

Strayhgarn iplikçilik sistemi her türlü döküntü lifin kullanılabilirdiği bir sistemdir. Kumaş parçaları ve çeşitli sentetik iplikler de bu sistemde kullanılabilir. En kısa yoldan iplik elde etme yöntemidir. Bu açıdan garnet ile açılan ve sektörde kazak açması olarak bilinen geri dönüşüm lifleri bu sistem iplik yapılabilir. Strayhgarn ile elde edilen geri dönüşüm iplikleri daha çok mop, battaniye ve halı ipliği olarak kullanılmaktadır.

2.6.1.2 Kısa lif iplikçiliği

Pamuk iplikçiliği de denilmektedir. Kısa lif iplikçiliği, lif uzunluğu yaklaşık 15-60 mm arasında ve çoğunlukla da 25-35 mm arasındaki liflerin eğrilmesiyle ilgilenmektedir. Kısa lif iplikçiliğinde pamuk, rejenere lifler (Viskon, Tencel, Modal, Promodal vb.) ve sentetik lifler hammadde olarak kullanılabilir. Üretim aşamalarındaki ara kademelerin fazla olması ve kops olarak sarılan ipliğin miktarı gibi ekonomik nedenler yüzünden son zamanlarda farklı eğirme sistemlerinin kullanımı da yaygınlaşmaktadır [101].

Şekil 2.9'da eğirme sistemlerinin üretim hızları gösterilmektedir.



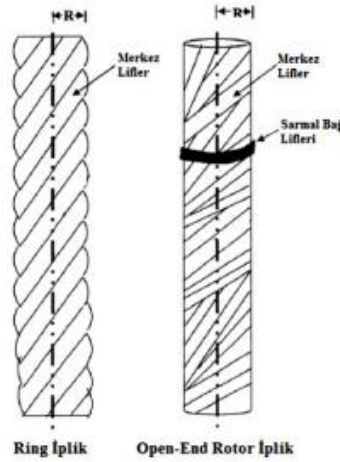
Şekil 2.9. Eğirme sistemleri ve üretim hızları [102, 103].

Bir iplik işletmesi için makine seçimi yapılırken ve/veya bir ipliğin üretilmesi kararında uygun eğirme sisteminin belirlenebilmesi için dikkat edilecek kriterlerin başında eğrilecek lifin cinsi, üretilecek ipliğin numarası, sürecin ekonomikliği ve üretilen ipliğin kullanım alanı gelmektedir [101]. Eğirme işleminden kaynaklanan yapısal farklılıklar Çizelge 2.3'te gösterilmektedir.

Çizelge 2.3. Eğirme işleminden kaynaklanan yapısal farklılıklar [104].

	Ring iplik		Open-end iplik		Hava jeti iplik		Sarımli iplik
	klasik	kompakt	rotor eğirme	sürtünme eğirme	jet eğirme, iki meme, yalancı büküm işlemi	vortex eğirme, tek meme	filament sarma
Lif yerleşimi:							
merkezde	paralel, helisel	paralel, helisel	az paralel, helisel	az paralel, helisel	bükümsüz paralel	bükümsüz paralel	bükümsüz paralel
yüzeyde	paralel, helisel	paralel, helisel	daha rastgele, düşük büküm	az paralel, helisel	liflerin %6'sı merkez etrafında spiral şeklinde bükümlü	liflerin %20'si merkez etrafında spiral şeklinde bükümlü	filament sarma
Lif oryantasyonu:							
paralellik:	iyi	çok iyi	orta	düşük	orta	iyi	çok iyi
sıklık:	kompakt	çok kompakt, yuvarlak	açık	kompaktan açığa	kompakt	kompakt	kompakt
tutum:	yumuşak	yumuşak	sert	sert	sert	ortadan sert	yumuşak
tüyülük:	fark edilebilir	düşük	çok düşük	düşük	bazı	düşükten ortaya	çok düşük
sertlik:	düşük	düşük	yüksek	yüksek	yüksek	oldukça yüksek	düşük

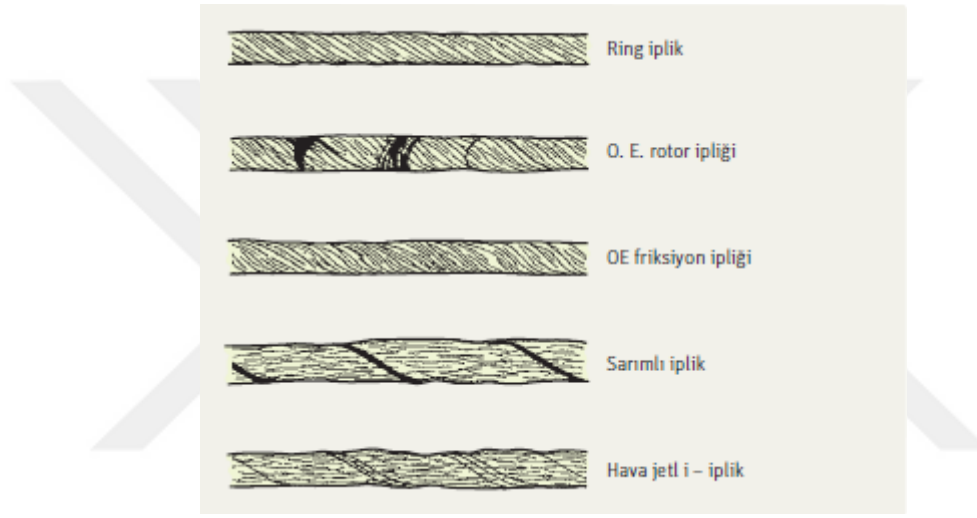
Dünya genelindeki rotor iplik işletmelerinde %70'lik kullanım oranı ile pamuk lifi ilk sırayı almaktadır. Bunu sırasıyla polyester, akrilik ve viskon takip etmektedir [105]. Ring ve open-end rotor iplikleri Şekil 2.10'dan da görülebileceği gibi çoğunlukla birbirine paralel merkez liflerden oluşur, ama open-end rotor ipliklerinde bu paralellik, ring ipliklerinden daha azdır [103, 106].



Şekil 2.10. Ring ve open-end rotor iplik yapıları [103, 106].

Ring ipliklerinin yapısına bakıldığında, bütün liflerin verilen büküme göre iplik eksenine helisel bir şekilde yerleştiği görülmektedir. Open-end rotor ipliklerinde ise, iplik merkezindeki liflerden meydana gelen bir çekirdek bulunmakta ve lifler bu çekirdeğin

etrafında sarılı bulunmaktadır, iplik dış yüzeyinde ise lifler sık sık yüzük şeklinde iplik yapısını çevrelemektedir [107]. Ring iplikleri, iyi lif diziminin yanında tüm kesitte homojen helisel bir yapıya sahiptirler. Open-end rotor ipliklerine bakıldığında ise, karmaşık bir lif dizilimi ile çevrilmiş bir yapı mevcuttur. Liflerin bir kısmı farklı bir yükselme açısı ve büküm yönü gösterirler. Bu yön normal büküm yönünün tam tersidir. Rotor ipliklerinin tüylülüğü, iplik bükümünden çok az etkilenmektedir. Ring ipliklerinin tüylülüğü ise, büküm arttıkça azalmaktadır [103, 108]. Şekil 2.11’de ise değişik eğirme sistemleri için iplik yapısındaki farklılıklar görülebilmektedir.



*Tüylülük göz önüne alınmıştır

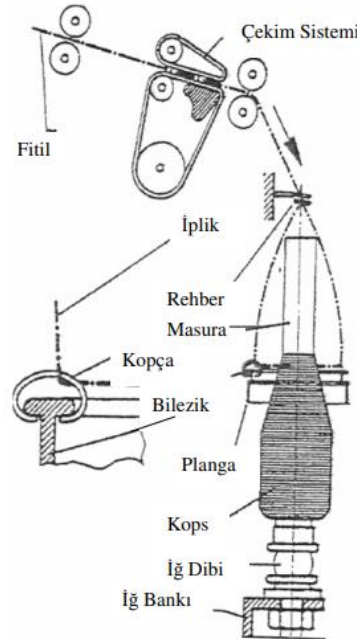
Şekil 2.11. Değişik eğirme sistemleri için iplik yapısındaki farklılıklar [104].

2.6.1.2.1 Ring iplik eğirme sistemi

Ring iplik makineleri, geçmişten günümüze sürekli geliştirilen ve her türlü lifin eğrilmesinde yaygın olarak kullanılan makinelerdir [109, 110]. Gerçek büküm prensibine göre çalışan ilk eğirme sistemidir. Geniş kullanım alanı olan ring iplikçiliği sisteminde, kopça ve bilezik arasındaki sürtünme nedeniyle iğ devrinin sınırlanması sonucunda yüksek hızlara çıkılamadığından yeni iplik eğirme teknolojilerine arayışlar artmıştır. Geliştirilen yeni teknolojilerdeki ana amaç üretim miktarını arttırmak olmuştur [111]. İğ, bilezik ve kopça ile birlikte eğirme işleminin kesiksiz bir biçimde yapıldığı makinede, yapının çok iyi olduğu fakat verimliliğin sınırlı olduğu bilinmektedir. İğ devir sayısı, iğde meydana gelen vibrasyon sebebiyle; kopça hızı ise, sürtünme kaynaklı deformasyon sebebiyle

sınırlanmaktadır. Ayriyeten ipliğin sarıldığı masura, büküm verilen iğ üzerinde bulunduğundan eğrilip sarılmış olan iplik kütlesinin, iğ ve masura ile birlikte döndürülmesi gerekmektedir. Bu sebeple masura büyüklüğü, enerji ihtiyacı ve takım değiştirme sıklığı açısından ekonomikliği sınırlandırır. Bu sebepten, prensip bakımından ring iplikçiliği sisteminden farklı olan iplik üretim teknolojileri geliştirilmiştir. Bu teknolojilerden biri olan open-end iplik eğirme sistemi, ilk kez 1967 yılında ticari olarak piyasaya sürülmüştür [109, 110].

Şekil 2.12’de ring iplik eğirmede çekim sistemi gösterilmektedir. Ön çekimi gerçekleştiren fitil, ring iplik makinesinde çift (veya çoklu) manşonlu çekim ünitesinde istenilen inceliğe kadar çekilir. Sonrasında büküm almamış olan lifler bileziğin çevresinde dönen kopçanın hareketiyle birlikte bükülerek bilezik bankının aşağı yukarı hareketi vasıtasıyla kopsa sarılır. Eğirme sürecinin uzun olması ve ring iplik makinesindeki üretim hızının düşük olması sebebiyle, kalın iplikler ve orta inceliğe sahip iplikler için bu sistem ekonomik olmaktan çıkmıştır. Open-end iplik eğirme sistemi kalın ve orta inceliğe sahip iplik eğirmede verim bakımından daha bir çalışma sağlamaktadır. Öte yandan ring iplik eğirme sistemi kullanılarak daha ince ve mukavemeti yüksek iplikler üretilebilmektedir [105].



Şekil 2.12. Ring iplik eğirmede çekim sistemi [112].

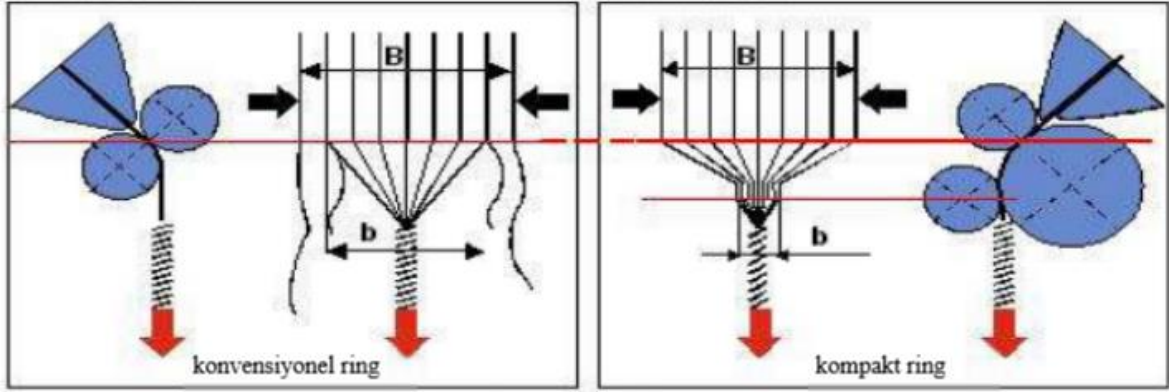
Ring iplik eğirme makinesi, lifin ipliğe dönüştürüldüğü prosesin son makinesi olup iplik kalitesi yönünden önemli bir prosestir. Bu makinede iplik, belirli bir inceliğe getirildikten sonra çıkış silindirlerinden çıkarak, dönen iğ vasıtasıyla büküm alır. Devamında bileziğin çevresinde dönen kopçadan geçerek, dönen masuraya sarılmaktadır. Buradaki başlıca iplik eğirme elemanı iğdir. Fitilin inceltirilip aynı anda bükülerek masuralara sarılması nedeniyle kesiksiz bir sistemdir. Büküm ve sarım işlemi aynı anda gerçekleştirilir [5, 102, 113].

Ring iplikçilik sistemi, 210 milyon iğ kapasitesi nedeniyle dünya çapında kısa lif iplik üretiminin %60'ını karşılamaktadır. Diğer eğirme teknolojileriyle kıyaslandığında üretim hızları oldukça düşüktür. Fakat yeni geliştirilen teknolojiler, verimlilik yönünden önemli vaatlerine rağmen, iplik ve kumaş kalitesi açısından yetersiz olduklarından başarıları sınırlı kalmıştır. Bu yüzden, tüm sistemler arasında konvansiyonel (geleneksel) ring iplik eğirme sistemi kalite standardı bakımından rakipsiz şekilde günümüze kadar varlığını sürdürmüştür ve hala iplik pazarında yüksek kaliteli iplikler arasında yer bulmaktadır [111]. Ring iplikçiliği; üretilen ipliğin kalitesinin oldukça yüksek olması, işlem aşamalarında hammadde ve numara sınırlandırması olmaması bakımından geçmişten bugüne kadarki en önemli iplik üretim teknolojisi olmuştur. Tüm bunların yanında, büküm ve sarım işlemlerinin aynı anda ve aynı eleman tarafından yapılması, başta üretim hızı olmak üzere teknolojik bazı sınırlandırmaları da beraberinde getirmektedir. Bu sınırlamalar nedeniyle ring iplik eğirme sisteminin yanı sıra yeni teknolojilerin (açık-uç rotor, hava jetli, friksiyon ve sargılı iplikçilik sistemleri) ortaya çıkmasına neden olmuştur [5, 114, 115].

2.6.1.2.2 Kompakt iplik eğirme sistemi

Kompakt iplikçilik sistemi, ring iplik eğirme sisteminin modifiye edilmiş bir biçimidir. Bu teknolojide elde edilen ipliklerin, başta tüylülük olmak üzere birçok özelliği konvansiyonel ring sistemine göre oldukça iyidir. Bu parametre eğirme üçgeninin küçültülmesiyle ortaya çıkmıştır. Eğirme üçgeninin özellikleri ipliğin yapısını, mukavemetini ve yüzey özelliklerini oldukça etkilemektedir. Şekil 2.13'te görüldüğü üzere, konvansiyonel ring iplik eğirme makinelerinde iplik oluştururken, oluşan eğirme üçgeninin dışında kalan lifler iplik yapısına katılmayıp uçuntu şeklinde uzaklaşır ya da verimsiz şekilde ipliğe dâhil olmaktadır. Bu lifler, ipliğe yeterli şekilde tutunamadıklarından, iplik

mukavemetine olan katkıları az olmaktadır. Kompakt iplikçilik sisteminde ise, lifler çekim sonrasında aerodinamik etkiyle kompakt yani daha sıkı bir hale gelirler. Bu şekilde lifler birbirlerine yaklaşarak tutunabilmekte ve eğirme üçgenine taşınan lif kütlesi yoğunlaşmaktadır. Böylece tüm lif kitlesi eğirme üçgenine dâhil olmakta ve iplik yapısına tamamen katılarak daha iyi iplik formu oluşturulabilmektedir [111, 113].



Şekil 2.13. Aerodinamik yoğunlaştırmanın eğirme üçgenindeki etkisi [116].

Son yıllarda geliştirilen var olan iplik eğirme teknolojileri içerisinde özellikle kompakt iplik eğirme sistemlerinin gelecekte konvansiyonel ring iplik eğirme sistemine alternatif olabileceği de savunulmaktadır [111, 117].

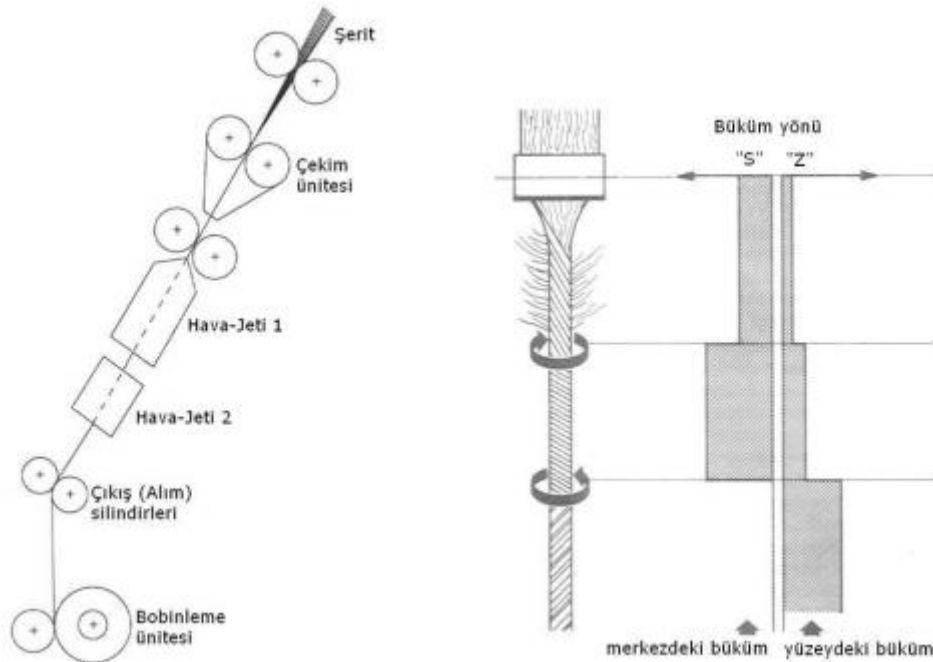
Ring iplik eğirme sisteminde, lif özelliklerinden daha iyi şekilde faydalanmak ve iplik kalitesini daha da iyileştirmek amacıyla yeni bir eğirme teknolojisi olarak kompakt iplikçilik sistemi geliştirilmiştir. Ring iplik eğirme sisteminin yükseltilmiş modeli olan bu yöntemde; genel olarak hava emiş yoluyla oluşturulan bir lif yoğunlaştırma alanı bulunmaktadır. Böylece, ring iplik eğirme metodunun diğer metotlara göre dezavantajlı bölgesi olan eğirme üçgenindeki düzensizlik, mukavemet ve mukavemet varyasyonu gibi iplik özelliklerini negatif biçimde sorun ortadan kaldırılmıştır. Bu gelişme, çok iyi olarak değerlendirilen ring ipliğe rakip olarak alt bir kategoride değerlendirilmektedir [5, 115, 118].

Kompakt iplik eğirme teknolojisi, ilk kez 1999'da uluslararası makine fuarında (ITMA) tanıtılmıştır. Ancak bu sistem üzerine yapılan araştırmalar 1991'dan beri devam etmesine karşın, ilk kompakt iplik eğirme makinesinin sanayiye adaptasyonu 1995 yılında gerçekleştirilmiştir. Günümüzde, Rieter, Suessen ve Zinser firmaları kompakt iplik eğirme makinelerini üretmektedir [5, 119].

Kompakt iplikçilik sistemiyle üretilen ipliklerdeki farklılık, yüksek mukavemet, düşük tüylülük ve iyileştirilmiş düzgünsüzlük değerleridir [120, 121]. Ayrıca bu sistemle, iplik makinesindeki büküm seviyesinin düşürülmesi, eğirme sınırlamaları ve çekim arttırılabilmesi, daha parlak, daha net görünümlü bir yüzey yapısına sahip dokuma ve örme kumaşların üretilmesi sağlanmaktadır [120, 122]. Günümüzde kompakt iplik makinelerinde ağırlıklı olarak Ne 30-80 numara aralığında pamuk iplikler üretilmektedir [120, 123, 124].

2.6.1.2.3 Vorteks iplik eğirme sistemi

Hava jetli iplik eğirme sistemleri günümüzde gittikçe dikkatleri üzerine çeken ve önemli bir konumda olan eğirme metodudur. Sistem, yalancı büküm prensibine dayanır [101]. İlk kez MJS (Murata jet spinning) hava eğirme sistemi ile Japon Murata firması makine pazarına girmiş ancak yeterli ilgiye ulaşamamıştır. 1997’de Osaka uluslararası tekstil fuarında (ITMA), MVS eğirme sistemi (Murata vortex spinning) MJS eğirme sistemine göre daha başarılı bulunmuştur [5]. Murata hava jetli eğirme sistemi Şekil 2.14’te gösterilmiştir.



Şekil 2.14. Murata hava-jetli eğirme sistemi [112].

MVS eğirme sisteminde makineye beslenen cer şeridi, 4 silindir çekim ünitesinde arzu edilen iplik numarası elde edilmektedir. Çekim ünitesi çıkışında, MJS sistemden farklı olarak iki yerine bir tek hava düzesinden teğetsel olarak uygulanan hava akımı yüzeye çıkmış olan liflerin çekilerek iplik etrafına sarılmasını sağlamaktadır. Böylece iyi sıkıştırılmış gövde ve etrafına paralel şekilde sarılmış liflerden oluşan iplik eğrilmektedir. Open-end ve ring iplik eğirme sistemlerine nazaran hava jetli iplik eğirme sisteminin en büyük farklılığı 400 m/dk hızlara ulaşan iplik çıkış hızıdır. Ring ve open-end ipliklerden farklı olarak bu sistemle üretilmiş iplik incelidikçe mukavemeti artar ve böylece üretilen kumaşlar da sürtünmeye karşı dayanıklı olurlar [5, 105].

Daha önce yapılan bir çalışmada, örme kumaş üretiminde open-end eğirme yöntemiyle üretilmiş ipliklerin üretimde çok sık şekilde kopuş gösterdiği, ring ve vortex hava eğirme sistemiyle üretilmiş ipliklerin ise performans bakımından daha iyi sonuçlar verdikleri görülmüştür [5, 125].

Vortex iplik eğirme sisteminin gördüğü ilginin sebebi, %100 pamuk lifinin yüksek hızlarda (400m/dak) eğrilebilmesi ve elde edilen ipliğin yapısal olarak ring ipliğe benzemesiyle artmıştır. Vortex iplik eğirme sisteminde fitil hazırlama aşamasının olmaması, otomatik şerit besleme sistemiyle üretim yapılması ve makine bakım kolaylığı önemli avantajlarındandır. Vortex iplik, daha fazla sargı lifi içermesi ve çift katlı ipliğe benzemesiyle jetli sistemden ayrılır. İplik merkezindeki liflerin büküm yönü ile sargı yönünün aynı olması bazı çıkıntı lifleri yakalayarak iplik merkezine doğru bükülebilir. Böylece jetli sistemde sargı yapan lif sayısında azalma olmaktadır.

MVS ve MJS iplik yapılarının kıyaslanması amacıyla yapılan araştırmalar, vortex iplikteki sarım yapan lif sayısı oranının ve sarım uzunluğunun, hava jetli ipliklerden daha yüksek olduğunu göstermiştir. Basal ve Oxenham'ın (2003) elektron mikroskobu altında (SEM) yaptıkları incelemesi vortex ipliklerin, merkezdeki bükümsüz çekirdek lifleri ve onların etrafına sarılan sargı liflerinden oluştuğunu göstermiştir. Büküm açma işleminden sonra sargı yapan liflerin paralel hale geldiği, merkezdeki bükümsüz liflerin de büküm aldığı görülmüştür [111, 126].

Vortex iplik eğirmede 4 silindir ve çift apronlu bir çekim sisteminde cer şeridi, çekim işlemiyle birlikte hava basıncının etkisiyle iğne tutucu ve düze bloğundan oluşan bir kanal içerisinde geçmektedir. Murata firması bugüne kadar toplamda 4 farklı vortex eğirme makinesi (MVS 851, MVS 810 ve MVS 861 ve en son ITMA 2011'de tanıttığı MVS 870)

geliştirmiştir. Bunlara ek, çift katlı iplik üretimi gerçekleştirilmesi için MVS 810 ve MVS 810 T modellerini geliştirmiştir. Ayrıca, ITMA 2011’de Muratec firması Vortex III 870 modelini tanıtmıştır. Bu model, çok daha yüksek üretim hızlarında çalışabilmektedir (500 m/dk). Üretim hızı bakımından kıyaslama yapıldığında, ring iplik eğirme sistemine göre bu sistem 20 kat, open-end iplik eğirme sistemine göre ise 3 kat daha yüksek üretim kapasitesine sahiptir. Dahası, mevcut eğirme eğirme teknolojileri arasında dünyanın en yüksek hızlı eğirme sistemi olarak tanıtılmıştır.

Üretici firma ve birçok araştırmacının yaptığı çalışmalar ve bunların sonucunda elde edilen veriler incelendiğinde hava basıncı, üretim hızı, çekim sistemi ön silindirleri arasındaki kıştırma noktası ile iğ tepe noktası arasındaki mesafe, düze açısı, iğ çapı, iğ çalışma süresi gibi pek çok faktörün, vortex ipliğin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerinde etkili olduğu görülmüştür [111, 127, 128].

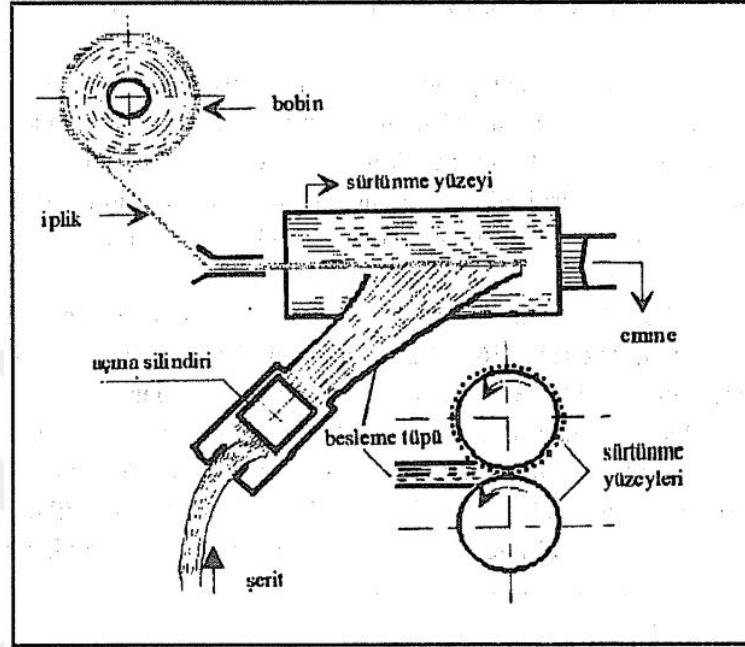
Genel anlamda bu sistemin avantajı, yüksek üretim hızına ve ring ipliğe göre daha az tüylülüğe sahip olmasıdır. Dezavantajına bakıldığında ise, iplik mukavemetinin ring ipliği kadar kadar yüksek olmamasıdır [101, 104].

2.6.1.2.4 Friksiyon iplik eğirme sistemi

1960’lı yıllarda ortaya çıkan friksiyon kuvvetleri ile büküm oluşturma fikri ilk defa 1967’de Greenwood ve Shepard tarafından patent haline getirilmiştir. Fakat endüstriyel anlamdaki ilk teşebbüs, Dr. Ernst Fehrer tarafından Dref sisteminin tanıtılmasıyla gerçekleşmiştir. 1977’de kalın numara iplik üretimi için Dref 2 friksiyon iplik makinesi tanıtılmıştır. Sonrasında 1979 Hanover ITMA fuarında orta numara iplik üretimi için Dref 3 friksiyon iplik makinesi tanıtılarak, 1981’de makinenin seri üretimine başlanmıştır. 1999 Paris ITMA fuarında Dref 2000, 2003 ve Birmingham ITMA fuarında Dref 3000 friksiyon iplik makineleri tanıtılmıştır [111, 129].

Friksiyon iplik üretim tekniği Şekil 2.15’te gösterilmektedir. Friksiyon iplik üretiminde temel prensip, cer ya da tarak şeridinin açma sistemi vasıtasıyla açılarak tek life ayrıldıktan sonra, hava akımı yardımıyla taşınıp iki friksiyon yüzeyi arasında açık iplik ucuna yatırılması ve sürtünme kuvvetleriyle büküm verilerek iplik oluşturulmasıdır. Friksiyon sistemiyle oluşturulan ipliğin inceliği, birim sürede beslenen lif miktarının iplik çıkış hızına oranıyla, büküm miktarı ise iplik dönüşü ve çıkış hızı arasındaki bağlantıyla

belirlenmektedir. İpliğin aldığı büküm, iki silindir arasındaki ipliğin dönüş sayısı ile hesaplanan büküm miktarından daha düşük olmaktadır. Bu fark, çoğunlukla oldukça karmaşık olan iplik oluşumu esnasında oluşan kayma dan kaynaklanmaktadır.



Şekil 2.15. Open-end friksiyon iplik üretim tekniği [130].

Bu teknikle tekstil endüstrisinde 16-80 tex (Nm 60-Nm 12) arası numarada iplik üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Son yapılan araştırma ve geliştirmeler sonucunda bu tekniğin teknik tekstillerde kullanılan sentetik lif iplikçiliği için uygunluğunu ortaya koymuştur [130, 131].

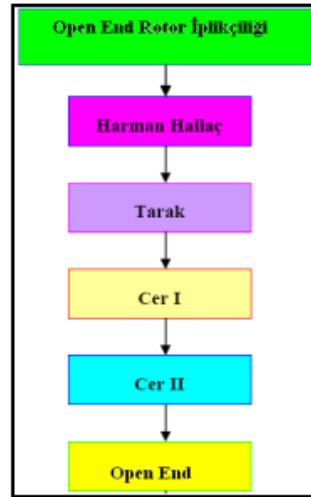
2.6.1.2.5 Open-end (rotor) iplik eğirme sistemi

Open-end iplik eğirme sistemi, ring iplik teknolojisine rakip olarak ortaya çıkmış ve yeni eğirme teknolojileri arasında en fazla ticari başarıyı yakalamış olan yöntemdir (Resim 2.8) [94].



Resim 2.8. Rotor iplik makinesi [132].

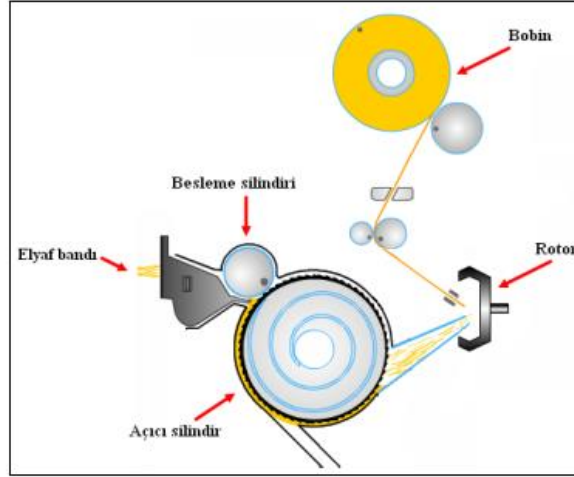
Rotor iplikçiliğinin bu başarısının nedeni olarak, yüksek rotor hızları ile ulaşılan yüksek üretim hızları ve bununla birlikte düşük üretim maliyeti, elde edilen yeterli iplik kalitesi ve nispi esnek üretim kabiliyeti (ham madde, iplik numarası vs. açısından) gibi etmenlerin olduğu söylenebilir [109, 133]. Open-end eğirme sisteminde fitil ve bobinleme basamaklarının olmaması, bu sistemi ring sistemine göre oldukça ekonomik hale getirmiştir [111, 134]. Open-end iplikçiliği makine serisi Şekil 2.9’da verilmiştir.



Şekil 2.16. Open-end iplikçiliği makine serisi [135].

Şekil 2.17’de verildiği üzere open-end makinesinin görevi; cerden gelen şerit halindeki lifleri tek lif hâlinde açıp temizlemek, paralel ve düzenli bir forma sokmak için bir

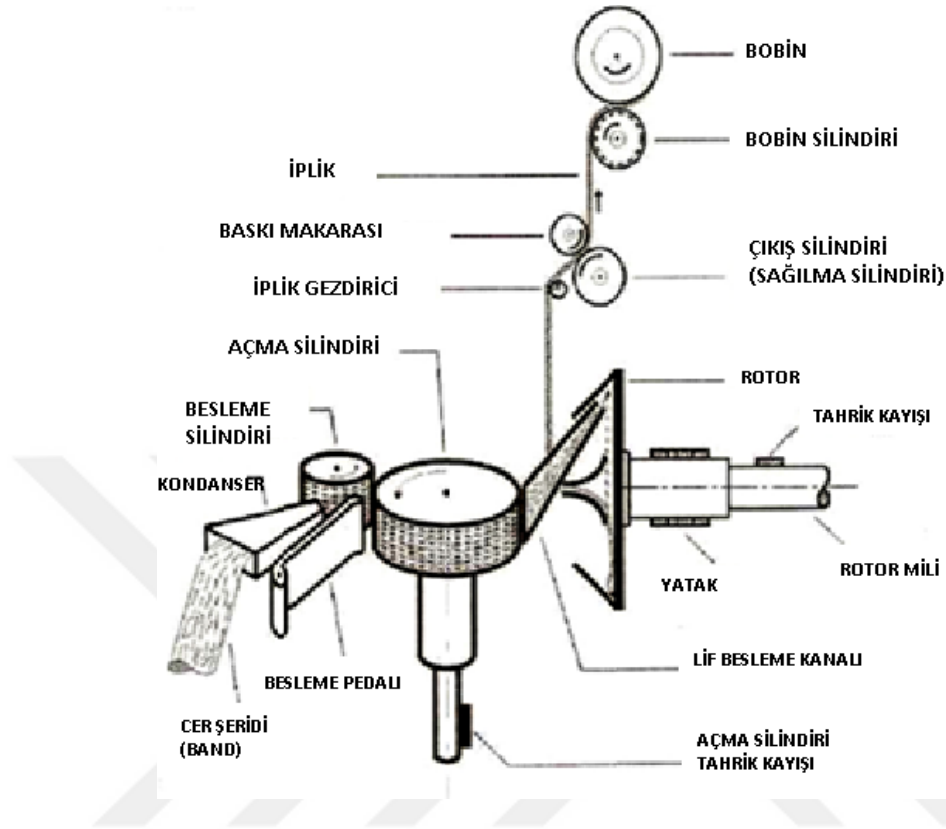
araya getirmek ve büküm vermek, istenilen numarada iplik üretmek ve üretilmiş olan ipliği bobin hâlinde sarmaktır [135].



Şekil 2.17. Open-end eğirme sisteminin genel görünümü [135].

Open-end iplik eğirme sisteminin şematik görünümü Şekil 2.18’de verilmiştir. Open-end iplik makinesinde iplik oluşumu için öncelikle işlenecek olan cer şeridi, giriş kanalından geçerek besleme bölümüne sevk edilir. Besleme silindiri cer şeridini açıcı silindirine (brizör) sevk eder. Döner durumdaki açıcı silindirin yüzeyi tarama işlemi için çok sayıda diş ile donatılmıştır. Açıcı silindir, sevk edilen cer şeridini tek lif şeklinde açarak besleme kanalına sevk eder. Şeritteki yabancı maddeler merkezkaç kuvvetinin etkisiyle atık ayırma ağzına gönderilip buradan da atık taşıma bandına sevk gerçekleşir [136, 137, 139]. Merkezkaç kuvvetinin ve hava akımının etkisiyle açıcı silindiri terk eden lifler besleme kanalına gelirler. Emme kanalı üzerinde rotor yivi bulunmaktadır. Yüksek bir hızla besleme kanalından emilen hava ile lifler çekilerek yönlendirilir. Bu kanal iç kısmında yüksek devirle dönen rotorla birleşir. Merkezkaç kuvveti etkisiyle lifler, rotor iç duvarında bulunan bir oluğa lif çemberi olarak yerleştirilir. Yedek iplik ucu rotor oluğuna getirildikten sonra bu kısımda lifler hızlı bir biçimde eğrilerek bu ipliğin ucuyla birleşir. Burada oluşan iplik, rotor merkezinden çıkarak huniden ve büküm durdurucunun içinden geçtikten sonra çıkış silindirinde (manşon) tutulur. Buradan da dengeleme çubuğu ve iplik kılavuzu üzerinden bobine ulaşır. Bobin, dış eksen temasıyla sarım silindiri tarafından tahrik edilmektedir. İplik kılavuzu, bobin genişliğine göre gel-git hareketi yaparak ipliğin çarpraz şekilde bobine

sarılmasını sağlar [136, 139].



Şekil 2.18. Open-end rotor iplik eğirme sisteminin şematik görünümü [109, 137].

Open-end iplik eğirme ünitesinde açıcı silindir, rotor ve çıkış düzesi (navel) olmak üzere üç temel eleman bulunmaktadır. Lifler makinenin ön kısmında yerleştirilmiş kovalardan rotor bölümüne cer bandı şeklinde beslenirler. Besleme silindiri ve besleme plakası cer bandını açıcı silindire iletir. Açıcı silindir besleme silindirinden daha hızlı bir şekilde dönmektedir. Hız farkından dolayı cer bandındaki lifler açıcı silindirinin üzerinde bulunan teller ile yüksek çekim oranı altında taranarak tek tek liflere ayrılır. Bu esnada liflerden ayrılan her türlü yabancı madde (kir, toz vb.) döküntü haznesine gönderilir. Açma silindiriyle daha önce açılmış olan lifler hava akışı ile önce lif besleme kanalına oradan da rotora iletilirler. Lifler dönen rotorun iç duvarından rotor yivine doğru kayar ve dönme kuvvetinin etkisi ile rotor yivinde lifler bilezik şeklinde toplanırlar. Bilezik şeklini alan lifler daha sonra iplik çıkış kanalından sarkıtılan ipliğin açık ucuna tutunarak rotorun dönüşü etkisiyle büküm almakta ve iplik yapısına dâhil olmaktadır [76, 127].

Dünyadaki kısa lif iplikçiliği üretimine bakıldığında; ring iplikçiliği %60, open-end iplikçiliği %30 ve diğer tüm eğirme sistemleri ise toplamda sadece %10'luk bir üretim yüzdesine sahiptir [109, 140].

Dünya genelindeki rotor iplik işletmelerinde %70'lik kullanım oranı ile pamuk lifi ilk sırayı almaktadır. Bunu sırasıyla polyester, akrilik ve viskon takip etmektedir [105]. Fakat tüm kesikli lifler farklı liflerle karıştırılarak ya da tek başına bu sistemde eğrilebilmektedir. Rotor iplikler hazır giyim piyasasında denim dokumalarda, spor giyimde, iç ve dış giyimde, havlı ürünlerde, ev tekstilinde, döşemelik kumaşlarda, teknik testil uygulamalarında kullanılmaktadır [103, 141].

Açık uç iplik eğirme prensibine dayanan open-end iplik eğirme teknolojisi, bir dönem ring sistemine alternatif olarak piyasada yer bulmuş olsa da teknolojik ve ekonomik açıdan eksiklikleri olması nedeniyle tam anlamda ring eğirme sistemine rakip olamamıştır. Bu sebeple sonraki çalışmalar ring sisteminin modifikasyonu şeklinde devam etmiştir. Bu bakımdan ring ipliklerin kalite ve görünüm özelliklerinin iyileştirilmesi maksadıyla geliştirilen kompakt iplik eğirme teknolojisi piyasada uzun süredir beğeni toplamaktadır [111].

2.6.1.2.5.1 Eğirme elemanları

Open-end makinesinde iplik eğirmede iplik oluşumu, eğirme kutusundaki eğirme elemanları tarafından gerçekleştirilmektedir. Eğirme kutusundaki başlıca eğirme elemanları; açıcı silindir, rotor ve çıkış düzesidir. Bunların yanında iplik kalitesi ve eğirme işlemi açısından büyük öneme sahip olan büküm durdurucu ve adaptör bulunmaktadır [105, 109].

2.6.1.2.5.1.1 Açıcı silindir

Açıcı silindirin görevi, lif bandını tek lif hâline gelene kadar açarak besleme kanalı yoluyla lifleri rotora iletmektir. gövdesinin testere dişli garnitür telleriyle kaplı olmasından dolayı lif açma işlemini gerçekleştirmektedir [135]. Görseli Resim 2.9'da verilmiştir.



Resim 2.9. Açıcı Silindir [135].

Bu aşamada lifler arasındaki mesafenin açılması nedeniyle şerit içerisindeki yabancı maddeler dökülmektedir. Böylece açma işleminin yanı sıra eğirme performansını direkt etkileyen temizleme işlemi de gerçekleşmektedir. Açıcı silindirin formu, işlenecek lifin lif boyuna, doğal, yapay ya da karışım olmasına göre değişmektedir. Açıcı formlarındaki değişkenlik; açıcı silindir üzerindeki garnitür tellerinde iki garnitür teli arası mesafe, garnitür telinin yüksekliği ve eğim açısı gibi geometrik boyut ve tel konumu sebebiyle olmaktadır [105, 132].

Açıcı silindir dış formu ve teknik özellikleri Çizelge 2.4'te verilmektedir.

Çizelge 2.4. Açıcı silindir dış formu ve teknik özellikleri [142].

Tip ve Dış Formu	Eğirme Özellikleri ve Kullanım Alanları	Hız Sınırı (dev/dk)
B 174 	- Agresif orak diş şekli - Yoğun açma işlemi - Çok iyi lif ayırma - Dişlerin iyi aşınma özellikleri - Yüksek çepel uzaklaştırma - Suni ve sentetik lif için uygun değil - Örgü, dokuma ve denim ipliği üretimine uygun - Pamuk - Viskoz	7,000-8,000 7,000-8,500
B 174-4,8 	- Geniş adımlı agresif orak diş şekli - B 174'ten daha nazik açma işlemi - İyi lif ayırma - Pamuk/keten karışımları için uygun - Suni/sentetik lif için uygun değil - Örgü, dokuma ve denim ipliği üretimine uygun - Pamuk	7,000-8,600

B 187 	- Oldukça agresif orak diş şekli - Yoğun açma işlemi - Tercihen ince iplik numaraları için uygun (>29 tex, >Nm 34, > Ne 20) - Suni ve sentetik lif için uygun değil - Örgü ve dokuma ipliği üretimine uygun - Viskoz	7,000-8,000
B 20 	- Agresif düz diş şekli - Yoğun açma işlemi - Dişlerin kötü aşınma özellikleri -Yüksel çepel ayırma - Tercihen ince iplik numaraları için uygun (>29 tex, >Nm 34, > Ne 20) - Suni ve sentetik lif için uygun değil - Örgü ve dokuma ipliği üretimine uygun - Pamuk	7,000-8,000
S 21 	- Biraz agresif düz diş şekli - İyi lif ayırma - Sentetik lifler için nazik açma işlemi - Örgü, dokuma ve denim ipliği üretimine uygun - Rejenere Lifler - PES/PAC - PES/Pamuk gibi karışımlar	7,500-9,000 7,500-9,000 7,500-9,000
S 25 	- Agresif olmayan diş şekli -Büyük kütleli lifler ve çok kaba iplik numaraları - Nazik açma işlemi - Çok iyi lif ayırma - Açıcı silindir üzerinde dönen lif eğilimi yoktur - Sarma eğilimi yoktur - Kısa, tekrarlanabilir olmayan iplik efektlerini destekler - Örgü ve denim ipliği üretimine uygun - Rejenere Lifler - PES/PAC - PES/Pamuk gibi karışımlar	7,500-9,000 7,500-9,000 7,500-9,000
S 43-3,6 	- Biraz agresif, düz, kısa diş şekli - Nazik açma eylemi - Çok iyi lif ayırma - Açıcı silindir üzerinde dönen lif eğilimi yoktur - Sarma eğilimi yoktur - Hemen hemen hiç toz yoktur - Üst düzey iplikleri için - Örgü ve dokuma ipliği üretimine uygun - PES/PAC	8,000-9,000

Açma silindiri garnitürleri iğneli (sarmalı) ve bilezik garnitür çeşidi olarak iki tip olup iplik işletmelerinde daha çok bilezik tipi garnitürler kullanılmaktadır. Bilezik

garnitürler genelde Nikel (N), Nikel Elmas (DN) veya bazı açıcı tipleri sadece Elmas (D) kaplamalı olarak üretilmektedir. Nikel elmas kaplamalı açma silindirleri, diğer kaplamalılarına göre daha iyi lif açma yeteneğine sahip olup daha uzun ömürlüdürler. Açma silindirlerinin kullanım ömürleri kullanılan hammaddeye ve kirlilik derecesine bağlı olup çok kirli pamuklarda kısadır [103, 105].

Telef ayırma işleminin verimi, kaliteli iplik eldesi ve daha randımanlı bir üretim gerçekleştirmek için açıcı silindir seçiminde kullanılacak hammaddeye göre, açıcı silindirinin dış formu ile silindirin devri göz önünde bulundurulmalıdır [132, 143].

2.6.1.2.5.1.2 Rotor

Rotor, ana eğirme elemanı olup iplik oluşumunun gerçekleştiği kısımdır (Resim 2.10). İpliğin kalitesi ve karakteri, çalışma performansı, randıman, maliyet ve diğer parametrelerin hepsi rotora bağlıdır. Rotorun çapı ise kullanılacak hammaddeye ve istenilen iplik numarasına bağlıdır [144].



Resim 2.10. Rotor [135].

Doğru rotor seçiminde üç faktör önemli olmaktadır: rotor tipi, rotor çapı ve rotor devri. Rotor tipi, rotor kaplaması ve rotor kanalının kesit şekli ile belirlenmektedir [132, 143]. Rotor tipleri ve teknik özellikleri Çizelge 2.5’te verilmiştir.

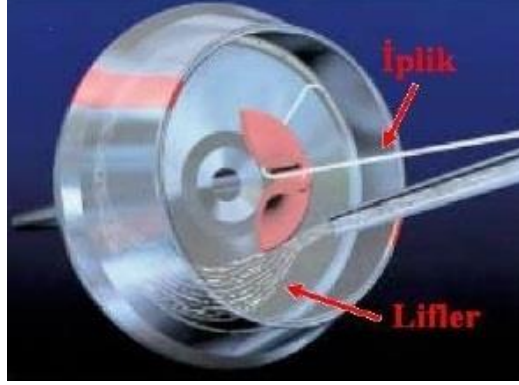
Çizelge 2.5. Rotor tipleri ve teknik özellikleri [142].

Rotor Tipi	Eğirme Özellikleri ve Kullanım Alanları
	<u>Sivri kanallı ve tabana dayanmalı rotor</u> - Çok amaçlı uygulanabilir

T 	- Düşük tüylülük, yüksek mukavemet, karmaşıklaşma eğilimi - Düz iplikleri için uygundur - Rotor yivinde rastgele nokta gibi kirlenme eğilimi yoktur - daha az moiré hataları - Kompakt iplik - Pamuk, PES/pamuk gibi karışımlar, Rejenere lifler, Viskoz, PES, PAC
T ve K B5 için 	- Tercihen Ne 20 ve daha ince - Kompakt iplik - Düz iplikler için uygundur - Kaba/sert tuşe, hafif tüylülük (T), en düşük tüylülük seviyesi (B5) - Viskoz
TC 	-Tercihen Ne 10 ve daha kalın iplik üretimine uygundur - Denim iplikler - Rejenere lif kullanımı durumunda dokuma ve örme iplikleri için - Yüksek hacimli iplikler, diğer kaba iplikler, kompakt iplikler - Düşük tüylülük, yüksek mukavemet, karmaşıklaşma eğilimi - İyi bir eğirme stabilitesi - Rotor yivinde rastgele nokta gibi kirlenme eğilimi yoktur - Daha az moire hataları - Fantezi iplik donanımları durumunda daha iyi etki - Pamuk, PES/pamuk gibi karışımlar, Rejenere lifler, PES/PAC
G 	<u>Dar kanallı rotor</u> -Çok amaçlı kullanım uygulaması - Çok iyi eğirme stabilitesi - Hacimli iplik, yumuşak tuşe, düşük iplik mukavemeti - Rotor yivinde rastgele nokta gibi kirlenme eğilimi - Artan moire hataları eğilimi - Temiz pamuk - Sentetik lif - Pamuk, PES/pamuk gibi karışımlar, Viskoz, PES/PAC
GSQ 	-Tercihen Ne 16 ve daha ince iplikler için - Çok iyi eğirme stabilitesi - Daha iyi iplik mukavemeti (G tipine göre) - Hacimli iplik, yumuşak tuşe - Rotor yivinde rastgele nokta gibi kirlenme eğilimi - Moire hataları eğilimi - Temiz pamuk
K 	<u>Kısa T-Kanallı rotor</u> -Tercihen Ne 20 ve daha ince iplikler için - Düşük tüylülük, yüksek mukavemet, karmaşıklaşma eğilimi - Düz iplikleri için - Daha az moire hataları eğilimi - Pamuk, Viskoz

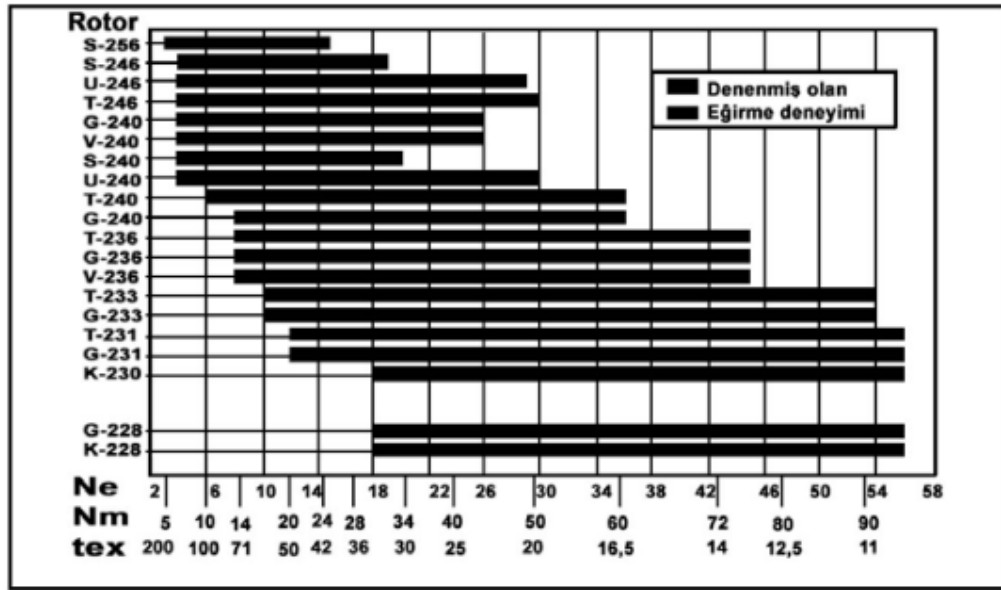
U 	<u>Geniş kanallı rotor</u> -Tercihen Ne 10 ve daha kalın iplikler için - Yüksek iplik hacimliliği - T ve TC'den daha düşük iplik mukavemeti - Nispeten düzensiz iplik - Düşük karmaşıklaşma eğilimi - Pamuk, PES/pamuk gibi karışımlar, Rejenere lifler, PES/PAC
S 	<u>Kanalsız, keskin köşeli rotor</u> - Kalın iplikler için - Yüksek iplik hacimliliği, tirbuşon yapı - Çok kirli hammadde için - Düşük karmaşıklaşma eğilimi - Kabark iplikler - Pamuk, PES/pamuk gibi karışımlar, Rejenere lifler, PES/PAC
V 	<u>V-Kanallı rotor</u> - Özellikle sentetik lifler için uygun - PAC veya PES ile yapılan iplikler için lif değişimine iyi direnç - PES/PAC

Rotorda iplik oluşumu Resim 2.11'de verilmiştir. Rotor tipinin seçilmesi, rotor geometrisi ve kaplamasıyla belirtilmiştir. Bunlar eğrilecek ipliğin kalitesini ve makine randımanını önemli ölçüde etkilemektedir. Yüvü dar bir geometriye sahip rotorla üretilen ipliklerin mukavemeti yüksek ve tüylülüğü az iken; bu tip rotorların kirliliğe karşı hassaslıkları fazladır. Geniş yivli rotorların ise kirliliğe karşı eğilimleri az olup, kendi kendine temizlenme özellikleri vardır; ancak bu rotorlarla üretilen ipliklerin kalite değerleri düşüktür. Besleme kanalından iletilen lif kitlesi rotor duvarına çarparak rotor yivine kontrollü olarak kısa sürede ve sorunsuz ulaşmalıdır. Bunun için rotor duvar yüzeyinin pürüzsüz düz olması gerekmektedir. Aksi takdirde bu durum iplik kalitesini ve makine randımanını olumsuz yönde etkileyebilir. Bu sebeple rotorlar, bor ya da bor-elmas ile kaplanmaktadır. Böylece liflerin sorunsuz bir şekilde rotor yivine ulaşması iplik kalitesini arttırmaktadır. Bor-elmas ile bor kaplamalı rotorlar arasında kullanım ömürleri bakımından çok az fark vardır. Fakat bor-elmas kaplamalı rotorlarla eğrilmiş ipliklerin kalite değerleri, bor kaplamalı rotorlarla eğrilmiş ipliklere nazaran daha iyidir. Bu bilgiler ışığında bor kaplamalı rotorların avantajı, eğirme esnasında kendi kendini temizleme özelliğidir [105, 109].



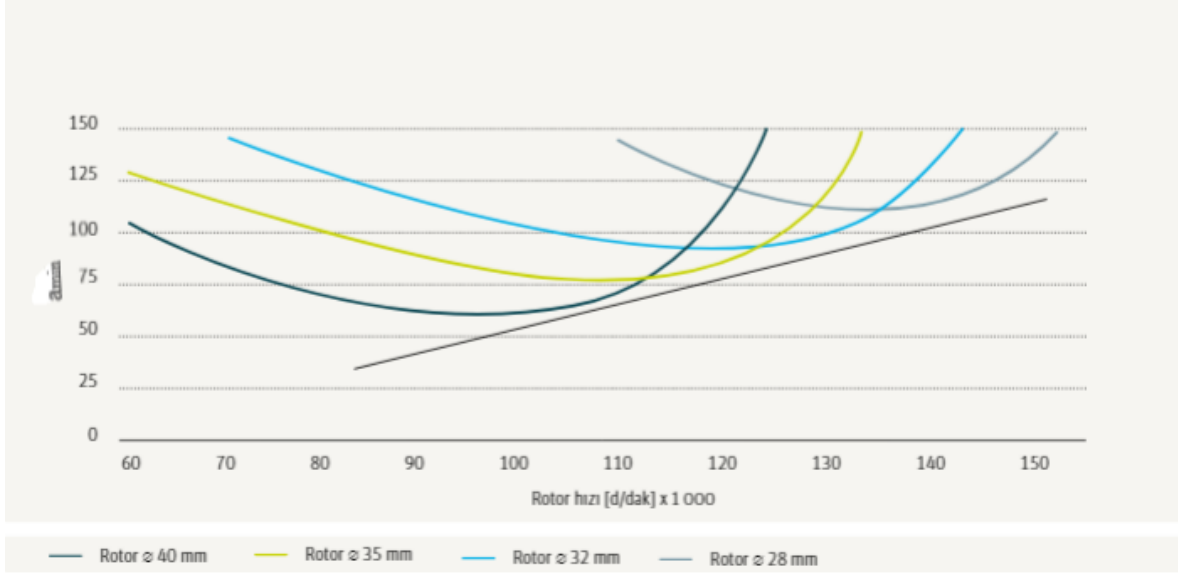
Resim 2.11. Rotorda iplik oluşumu [135].

Rotorun çapı, kullanılacak hammadde ve istenilen iplik numarasına göre değişmektedir. Aynı zamanda farklı rotor boyutlarıyla da önemli iplik parametrelerine etki etmek mümkündür. Farklı iplik numaraları için uygun rotorlar Şekil 2.19’da verilmiştir. Rotorun çapı ilk etapta, işlenecek lifin uzunluğuna bağlıdır. Rotor çapı iplik numarasıyla uyumlu olmalıdır. Kalın numaraya sahip iplikler, büyük lif kütleleri ve küçük orandaki mutlak iplik bükümü sebebiyle her zaman büyük rotorlar kullanılarak üretilmelidir. Küçük rotorlar kullanıldığında yabancı liflerin ve telef partiküllerinin rahatsızlık veren etkileri büyük rotora nazaran daha net şekilde fark edilir. Bu da, iplik kopuşlarının artması ve eğirme kalitesinin azalması anlamını taşımaktadır [145, 146]. Küçük çaplı rotorlar; yüksek rotor devri, yüksek iplik mukavemeti, yüksek iplik uzaması, daha iyi iplik düzgünsüzlüğü, daha az ince ve kalın yer, daha az neps ve aynı devirler için daha az enerji ihtiyacı avantajlarına sahiptir. Büyük çaplı rotorlar ise; daha az büküm verebilme, daha hacimli iplik ve daha az kuşak oluşumu avantajlarına sahiptir [109, 147].



Şekil 2.19. Farklı iplik numaraları için uygun rotorlar [145, 146].

Rotor çapı sabit tutulduğunda, hızın artmasıyla orantılı olarak rotordaki merkezkaç kuvveti artacağından lifler rotor yivine baskılanıp ve aynı zamanda eğirme tansiyonu da yükseleceğinden, rotorda ipliğe büküm vermek kolaylaşmaktadır. Fakat bu işlemle birlikte iplik mukavemeti ve kopma uzaması değerleri düşeceğinden iplikteki kalın yer, ince yer ve neps değerleri artar ve belli bir hız miktarından sonra eğirme stabilitesinde kötüleşmeye ve kopuşlarda artışa neden olabilir. Şekil 2.20’de rotor çapı sabit tutulduğunda rotor devrinin iplik kalitesine etkisi verilmiştir. Kimyasal liflerle çalışıldığında yüksek rotor hızlarında rotorda aşırı ısınmadan kaynaklı lifler zarar görmektedir. Pamuk lifiyle kıyaslandığında düşük rotor hızlarında çalışılmasının uygun olduğu söylenebilir [105, 109].

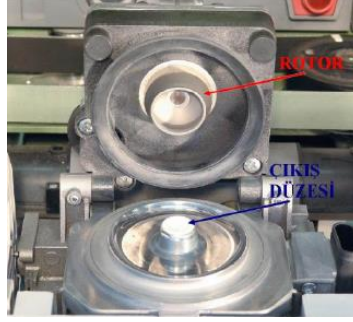


Şekil 2.21. Rotor hızının fonksiyonu olarak farklı rotor çapları için $\alpha_{\min}$ değerleri [141].

Grafik yorumlandığında, 28 mm rotor çapında ve 160,000 dev/dk rotor hızında uygun hammaddeyle kaliteli iplik eğrilmesi mümkün olmaktadır [141]. Ancak 32 mm çapındaki rotora 150,000 dev/dk'nın altında büküm verilirse kopuşlar artar. Kopuş olmaması için rotor devrinin düşürülmesi gerekmektedir.

2.6.1.2.5.1.3 Düze

Rotora sevk edilen lifler büküm olarak iplik yapısına katıldıktan sonra, yaklaşık 90°lik açıyla iplik çekim düzesi ve sonrasında çıkış düzesinden geçerek dışarıya alınmaktadır (Resim 2.12). İplik numarası ve büküm miktarına bağlı olarak farklı çıkış düzeleri kullanılmaktadır [135]. Düzede oluşan bası kuvveti, ipliğin düzeden geçişi sırasında yüksek derecede sürtünme etkisi oluşturmaktadır. Bu etki sebebiyle düze tipi ve yüzey özellikleri iplik yüzeyinde mukavemet, düzgünsüzlük, tüylülük ve iplik hataları gibi ipliğin fiziksel özelliklerinde önemli ölçüde etkili olmaktadır [132, 144].



Resim 2.12. Çıkış düzesi [135].

Düzeler temelde iki farklı şekilde sınıflandırılır: yapılarına göre (düz, çentikli ve spiral) ve hammaddelerine göre (seramik ve metal). Ama spiral düzeler yalnızca seramikten üretilmektedirler. Bu bilgilere bakıldığında düzeler konstrüktif yapılarına göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:

- Düz: Çelik - Seramik
- Çentikli: Çelik - Seramik
- Spiral: Seramik [132, 149]

Çizelge 2.6’da düze tiplerine göre iplik yapısı özelliklerinden bahsedilmiştir. Seramik düzeler dayanıklılıkları açısından daha fazla tercih edilmektedir. Düze üretiminin %90’dan fazlasını seramik düzeler oluşturmaktadır. Çelik düzelerin ömürleri kısa olmasına rağmen ısıyı oldukça iyi şekilde dağıtmaları sebebiyle sıcaklığa karşı hassas olan liflerin (örneğin polyester) eğrilmesinde tercih edilmektedir.

Düz yüzeye sahip olan düzeler mukavemeti yüksek, düzgünsüzlüğü ve tüylülüğü düşük olan ipliklerin üretimi için uygundur. Bu tip düzeler özellikle sentetik liflerin eğrilmesinde ve dokuma ipliği üretiminde kullanılmaktadır. Düz düzelerin kullanımı sırasında rotorun kirlenmesi, çentiklilere nazaran daha az olmaktadır.

Çentikli düzeler kullanıldığında hacimli, yumuşak ve daha tüylü iplikler elde edilmektedir. Düzedeki çentik sayısının artmasıyla birlikte bu etkiler güçlenmektedir. Çentiğin; düzedeki sayısı, boyutu ve yeri ipliğin hacimli/hacimsiz, tüylü/az tüylü, sert/yumuşak şekilde eldesini sağlamaktadır.

Spiral düzeler bükümü düşük ve hacimli ipliklerin üretilmesinde tercih edilir. Elde edilen iplik özellikleri dört çentikli seramik düzelerden elde edilen iplik özelliklerine benzemektedir. Fakat spiral düzeler kullanıldığında mukavemeti yüksek, oldukça yumuşak iplikler üretilmektedir. Spiral düzeler kullanılarak iplik kalite değerleri kısmen

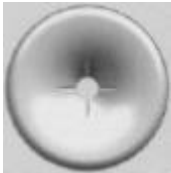
yükseltilmiştir [132, 144, 150].

Çizelge 2.6. Düzenin iplik yapı özelliği üzerindeki etkisi [103, 130].

Düze Malzemesi	Düze Formu	İşlenen Hammadde	İplik Karakteristikleri
Çelik	Düz	-Pamuk -Sentetik Lifler ve -Karışımlar	-İyi kalitede düz iplik. -Eksenel yüklere karşılık iyi direnç.
Seramik	Düz/Üç Çentikli	-Pamuk -Sentetik Lifler ve -Karışımlar	-İyi kalitede düz iplik. -Düz çelik yapılara nazaran düşük büküm oranı elde edilebilir. -Kritik büküm bölgesinde iyi performans.
Seramik	Dört Çentikli	-Pamuk -Sentetik Lifler ve -Karışımlar	-Düz yapılı düzelere nazaran hacimli iplik üretiminde kullanılır. -Yumuşak bükümlü ince iplikler için uygundur.
Seramik	Sekiz Çentikli	-Pamuk -Sentetik Lifler (Yüksek Lineer Yoğunlukta) -Karışımlar	-Kalın numaralarda kaba ve hacimli iplik. -Düşük büküm katsayısı sağlanabilir.
Seramik	Spiral	-Pamuk -Sentetik Lifler ve -Karışımlar	-Fark edilir derecede düz ve düşük bükümlü iplik (örgü ipliği). -Kaliteli iplik. -PES için pek uygun değildir.
Seramik	Dört Kanallı	- Pamuk	-Tüylü iplik. -Havlu iplikler.

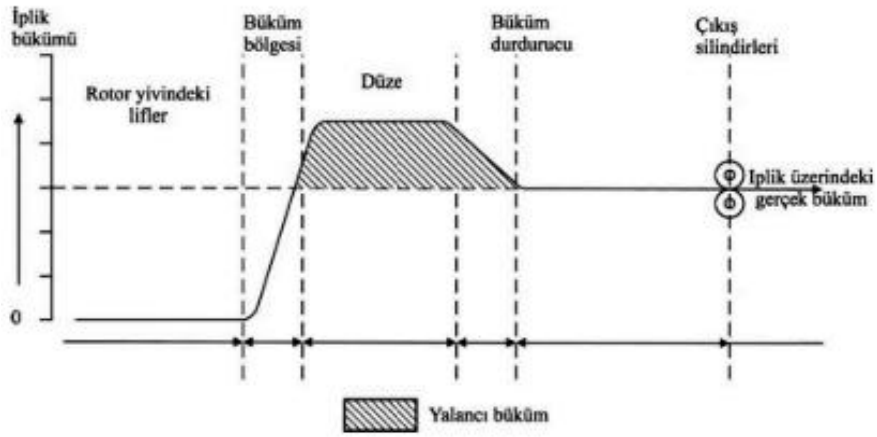
Düze seçiminde iki önemli faktör göz önünde alınmaktadır. Bunlar; düze malzemesi ve çentik sayısıdır [132, 143]. Düze tipleri ve teknik özellikleri Çizelge 2.7’de gösterilmektedir.

Çizelge 7. Düze tipleri ve teknik özellikleri [151].

Düze tipi	Düze Özellikleri	Kullanılan Hammadde
K4KK 	Dört çentikli kısa seramik	Pamuk Viskon Rejenere PES/PAC PES/Pamuk
K4KS	Dört çentikli yivli ve seramik	Pamuk PES/PAC PES/Pamuk

		
K6KF 	Altı çentikli düz seramik	Pamuk Viskon PES/PAC PES/Pamuk
K8KK 	Sekiz çentikli kısa seramik	Pamuk Viskon PES/PAC
KSNX 	Spiral, yivli ve seramik	Pamuk

Çıkış düzesinin iplik kalite özelliklerine etkisi; ipliğin düzeden geçişi sırasında oluşan "yalancı büküm" sonucunda meydana gelmektedir [152]. Rotor iplik makinesinde oluşan gerçek ve yalancı büküm Şekil 2.22’de verilmiştir. İpliğin uc kısmı rotor tarafından kesiksik şekilde döndürüldüğünden, oluşan iplik düzede devamlı yuvarlanma ve kayma hareketi yapmaktadır. İpliğin yuvarlanması; liflerin açık iplik ucuyla birleştiği noktayla düze arasında bir yalancı büküm oluşmasına neden olur. Yalancı büküm, ipliğin bu bölümündeki gerçek büküme katıldığından sıyrılma noktası ile düze arasındaki iplik parçası normal ipliktekenden daha fazla bir büküme sahip olmaktadır. Ayrıca iplikteki gerilim farklarından dolayı, bu bölgedeki büküm sıyrılma noktasına doğru artmaktadır. Bu durum, iplik sıyrılma noktasındaki bükümün düzedekine göre %20 ila %40 arasında daha fazla olmasını sağlamaktadır [153]. Sıyrılma noktasındaki bükümün artması ipliğin eğirme kararlılığını arttırmakta ve düşük büküm katsayılarıyla çalışmaya olanak sağlamaktadır. Bu da iplik çıkış hızının artması ve daha yumuşak, tüylü iplikler elde edilebilmesi anlamına gelmektedir [152].



Şekil 2.22. Open-end iplik makinesinde gerçek ve yalancı büküm oluşumu [102, 109].

2.6.1.2.5.2 İplik özelliklerini etkileyen faktörler

Rotor iplikçiliğinde ipliğin özellikleri ve üretim randımanı başlıca üç parametreden etkilenmektedir. Bunlar; kullanılan hammadde parametreleri, şerit hazırlama işlemleri parametreleri ve makine parametreleridir. Oldukça yüksek üretim hızlarında çalışan ve yüksek teknolojiye sahip sistemde, yüksek kalite değerlerinde iplik üretiminin iyi bir performansla sağlanmasında parametrelerin dikkatli seçilmesi oldukça önemlidir [132, 143].

2.6.1.2.5.2.1 Hammadde parametrelerinin etkisi

Open-end iplikçiliğinde lif inceliği ring iplikçiliğine göre, eğirme kararlılığı ve iplik değerleri bakımından oldukça fazla etkiye sahiptir [154]. İnce numaraya sahip iplik eğirebilmede, ince liflerin kullanılması gerekmektedir. Böylece, iplik kesitindeki lif sayısı artacağından ipliğin kalite değerleri pozitif yönde etkilenecektir. Pamuk liflerinin incelik değerlerinin sentetik lifler ile kıyaslandığında, daha sınırlı olduğu söylenebilir. Sentetik liflerin incelik ve uzunluk değerleri, karışım yapılacağı diğer hammaddeye, üretilecek olan ipliğin inceliğine ve rotora göre seçilmektedir. Open-end iplikçiliğinde genellikle kullanılan lif incelik değerleri pamuk için 3-5 mikroner (1,2-2,2 dtex), polyester için 1,0-1,7 dtex, akrilik için 1,3-6,7 dtex'tir. Sentetik 1,3 dtex inceliğinde olan lifler, rotor iplik işletmelerinde yaygın olarak kullanıldığından standart lif olarak kabul edilirler [105, 109].

Ring iplik eğirme sisteminde lif uzunluğu, eğirme stabilitesi ve ipliğin kalitesini birinci derecede etkilerken; open-end rotor iplikçiliğinde birinci derecede etki eden özellik,

lif mukavemeti ve kopma uzamasıdır. Lif mukavemeti ve lif kopma uzaması fazla olan lifler, yüksek rotor devirlerinde meydana gelebilecek kuvvetlere (merkezkaç) karşı istenilen direnci gösterebilmekte, böylelikle iplik eğirme sırasında kopuşlarda da azalma görülmektedir. İplik mukavemeti ile lif kopma uzaması arasındaki ilişki incelendiğinde, lif kopma uzamasındaki sapma varyasyonu ne kadar düşük olursa, iplik mukavemetinin de o derece yüksek olacağı görülmektedir.

Lif olgunluk derecesi, kaliteli bir iplik üretimi ve sonraki bitim işlemleri için en az diğer parametreler kadar önemlidir. Olgunlaşmamış liflerden eğrilen ipliklerin mukavemeti düşmekte, mukavemet varyasyonu, düzgünsüzlüğü, iplik kopuşları, iplik üretimi ve dokuma prosesinde uçuntu ve hav birikimi artmaktadır. Ayrıca iplikte ve kumaşta boya almamış yerler, abraj, boya dalgalanması olma tehlikesi de söz konusudur. Olgunluk derecesi düşük olan lifler, eğirme esnasında neps olmaya meyilli olup, bu liflerin kısa lif oranı da yüksektir [103, 105].

Lif uzunluğunun iplikte mukavemet, elastikiyet, tutum, tüylülük ve düzgünsüzlük değerlerinde doğrudan etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda iplik düzgünsüzlüğünün iyileştirilmesi adına, liflerin düzgün yapıda olması gerektiği belirtilmektedir. Rotor iplikçiliğinde maksimum eğrilebilen lif uzunluğu 60 mm civarındadır. Rotor çapı da, kullanılacak olan lif uzunluğunu sınırlandıran en önemli faktördür ve lif uzunluğu ile rotorun çapının birlikte düşünülmesi gerekmektedir. Open-end iplik eğirme sisteminde geniş kullanım alanına sahip sentetik liflerin lif uzunluğu ise 32-38 mm aralığındadır [103, 105, 154].

2.6.1.2.5.2.2 Hazırlık işlemlerinin etkisi

Open-end makinesinde iplik eğirme işlemi sırasında iyi bir eğirmenin gerçekleşmesi ve kaliteli iplik eldesi için makine ayarları ve hammaddenin sahip olduğu özellikler kadar hammaddeye uygulanan hazırlık işlemlerinin de (harman hallaç, tarak ve cer makinesindeki işlemler) büyük ölçüde etkisi vardır. Cer makinesinde giderilemeyen kütle değişimleri iplikte fazla ölçüde rahatsızlık vermektedir. Cer makinesi, iplik eğirme işlemlerinde kütle değişimlerinin düzeltilebilmesi adına dublaj ve regüle işleminin uygulanabileceği son basamaktır. Open-end iplikçilik sisteminde ideal görülen cer pasaj sayısı da, pamukla çalışıldığı zaman büyük oranda hammaddeye, özellikle lifin uzunluğu ve homojenliğine

bağlıdır [109, 155].

Eğirme işlemlerinde lifler arası veya lif-metal arası sürtünmelerin, life en düşük oranda zarar vermesi istenmektedir. Lifler, tarak makinesinde tarama silindirindeki veya düze yüzeyindeki iplik sürtünmeleri nedeniyle yüksek ısılara maruz kalmaktadır. Ayrıca rotor hızlarının artması ile birlikte termik ve mekanik kuvvetlerde de artma olmuş ve liflerin maruz kaldıkları dolaylı ısınma artmıştır. Bu durum iplik kalitesini (mukavemet, staff değerinin artması vb.) ve makine randımanını olumsuz etkilemektedir.

Open-end rotor iplik işletmelerinde görülen sıcaklık ve nem oranı dalgalanmalarının bazı sınırlar içerisinde kalınması gereklidir. Aksi halde bu durum iplik kopuşlarını, iplik kalite değerlerini ve makine randımanını negatif yönde etkileyecektir. Bunun en açık örneği olarak ince iplik veya zenk içeren pamuk eğirmeleri gösterilebilir. İşletmelerde sıkça karşılaşılan sorunlardan birisi de, işletmelerin çalışılan hammaddeye uygun ve makine sayısına göre klima gücünün yeterli olmamasıdır [103, 105].

2.6.1.2.5.2.3 Eğirme elemanlarının etkisi

Open-end iplik makinelerinde ipliğin oluşması, eğirme kutusunda bulunan eğirme elemanları vasıtasıyla gerçekleşmektedir. Eğirme kutusu ve eğirme elemanları iplik kalitesini ve makine randımanını büyük ölçüde etkilemektedirler.

Open-end rotor iplikçiliğinin bulunmasından bu yana, her cins life ve her devire uygun bir garnitür bulunması yolunda birçok araştırma yapılmıştır. İğneli silindir bu etapta universal bir çözüm oluşturmuştur. Önemli olan husus, iğnelerin spiral atlama yaparak dizilmesi yani geçit noktası bulunmayacak şekilde yerleştirilmesidir. Geçit noktasından kasıt, lifin bu noktadan açılma olmadan demet halinde geçmesine imkan vermesidir. İğneli sindirler, garnitürlü silindirlere nazaran daha hassas bir açma sağlamak ve iğnelerin uçları sertleştirildiğinde aşınma süreleri de garnitürlere oranla daha uzun olmaktadır. İğneler kural olarak hem sentetik lifte, hem de pamukta oldukça iyi sonuçlar vermiştir. Eğim açısı 5° olan iğneli silindir ile lif cinsine uygun olarak seçilen garnitürlü silindirden alınan sonuçlarda iğneli silindir aleyhine bazı sonuçlar görülmüştür. Bu nedenle, her iki garnitür türünün de iyi özelliklerini birleştiren ince dişli garnitürler geliştirilmiştir. Bu tip garnitürlerin dişleri oldukça ince ve diş aralığı 4 mm olacak şekildedir. Lif, dişlerin kısa olması yüzünden aralara yerleşmemekte ve kolaylıkla besleme kanalına gönderilmektedir.

İnce dişli garnitürlerle çalışılırken, düşük devirlerde bile aynı düzgünlükte iplik elde etmek mümkün olmuştur. Ayrıca, yün ile çalışma sırasında rotorda çok az kalıntı bırakması da ince dişli garnitürlerin bir avantajıdır [103, 147].

Rotor kaplaması ile ilgili olarak, genelde elmas kaplı rotorlarla, bor kaplı rotora göre daha iyi iplik kalitesi elde edildiği ancak buna karşın, elmas kaplı rotorların daha kısa ömürlü olduğu ve bu rotora yapışan kirlerin daha zor temizlendiği belirtilmektedir. Düze malzemesi olarak genelde seramik düzeler kullanılmaktadır. Çentik sayısı ile ilgili olarak ise, çentiklerin iplikte titreşim oluşturarak rotor içindeki lif bileziğini oluşturan liflerin daha kolay büküm almasını sağladığı, dolayısıyla eğirme kararlılığını arttırdığı belirtilmektedir [103, 143].

Sabit rotor hızında rotor çapı değişiminin iplik kalite parametreleri üzerine etkisi bulunmaktadır. Rotor çapı arttıkça üretilen ipliğin mukavemeti ve kopma uzaması azalmakta, düzgünsüzlük, ince yer, kalın yer ve neps artış göstermektedir. Rotor çapı sabit tutulup devri arttırıldığı zaman ise rotor hızının artışına bağlı olarak iplik mukavemeti ve kopma uzaması azalmakta, düzgünsüzlük, ince yer, neps artmaktadır [85, 156].

Torque stop (büküm durdurucu veya klips) diğer eğirme elemanları kadar vazgeçilmeyen önemli bir parçadır. Çıkış borusunun üzerine monte edilmiş, bilhassa geçirmeli düzelere parti değişimlerinde fazla zaman kaybı olmadan kolayca takip çıkarılabilen bir elemandır. İplik, rotor içerisinde eğrilip düzeden geçtikten sonra 30o yön değiştirerek eğirme kutusundan çıkar ve bobine sarılır. Yön değişim noktasında bulunan çıkıntılı büküm durdurucu da, rotor içerisinde ipliğe verilen büküm yığılması ile karşılaşır ve bükümü geldiği yöne doğru yani rotor içerisine geri verir. Böylece büküm durdurucu ile rotor içerisindeki liflerin büküm alma yerinin uzunluğu geçici olarak uzatılır ve bu mesafede büküm az artarak, iplik mukavemeti ve eğirme stabilitesi iyileştirilir.

Adaptör tam eğirme elemanı olarak sayılmasa da, düzenin rotor yivine doğru pozisyonlamasını sağlar bununla da, lif kanalından gelen liflerin rotor duvarına çarpıp düzgün bir şekilde yive ulaşması sağlanır. Adaptörler büküm durdurucular gibi fazla zaman gerektirmeden kolayca değiştirilebilen bir eleman olup, üzerine düze manyetik olarak tutturulmuştur. Adaptör uygun düzeyle birlikte kullanıldığında, iplik mukavemeti ve iplik kopma uzamasını etkilemekte ve makine randımanına pozitif etki yapmaktadır. Bunun için adaptörün ve düzenin kullanılan rotor çapına uygun (pullu/pulsuz) seçilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde, iplik değerlerinde kötüleşmenin dışında, rotor kenarlarından

temiz lif kaçabilir ve bu da telef miktarının artmasına sebep olur [103, 105].

2.7 Open-end İplik Özellikleri

2.7.1 İplik numarası

Open-end iplikler için iplik numarası değer aralığı aslında Ne 6 ve Ne 40 arasında olmasına karşın, Ne 3-Ne 60 arası genel iplik numarası aralığını kapsamaktadır [103, 141]. Open-end sistemiyle üretilen ipliklerin başlıca uygulama alanı, 14 tex-200 tex (Nm 70-Nm 5) arası iplik numaralarında meydana gelmiştir. Bu sistemdeki başlıca kısıtlama istenilen değerde numaraya sahip iplik üretilmemesi olmuştur. Sistem üzerinde son zamanlarda yapılan çalışmalar, bu sınırlamanın kaldırılarak oldukça geniş aralıklarda ince iplik üretimini gerçekleştirecek şekilde olmasıdır. Ancak hala sistemde konuyla ilgili bir kısıtlama bulunmaktadır [103, 130].

Rotor ipliğinde kesitteki lif sayısının 110-130 olması gerekmektedir. Triko iplik üretiminde, ipliğin yumuşak olması için kesitteki lif sayısı dokuma ipliğine nazaran fazla olmalıdır. İnce liflerle daha iyi sonuç alınmasının nedenlerinden biri de, rotor yivinde ince liflerin kalın liflere nazaran daha rahat büküm alabilmesi ve hata oluşumunun daha az olmasıdır [103, 105].

Geri dönüşüm iplikçiliğinde ise açılan kumaş kırpıntısının kalitesine, harmana taşıyıcı lif olarak eklenen orijinal lifin miktarına göre iplik numarası Ne 3 ile Ne 30 aralığında değişmektedir.

2.7.2 İplik bükümü

Kesikli liflerden iplik eldesi amacıyla liflere büküm verilmesi gerekmektedir. Büküm, lifler arasındaki sürtünme kuvvetini artırır, oluşan radyal kuvvetlerle birlikte liflerin birbirleri üzerinden kaymalarını engeller. Temelde iki çeşit bükümden söz etmek mümkündür: gerçek büküm ve yalancı büküm. Gerçek büküm, bir ucundan tutulan lif kitlesinin diğer ucunun kendi eksenini etrafında döndürülmesiyle verilmektedir. Sonuç olarak lifler oluşan ipliğin eksenine göre helisel bir yol izlerler. Yalancı büküm ise, iki ucundan tutulan lif kitlesinin bu sabit noktalar arasında herhangi bir yerinden bükülmesi sonucunda

verilmektedir. Sonuç olarak oluşan iplik üzerindeki net büküm sıfırdır. Çünkü büküm elemanının her iki yanında da birbirine ters yönde ve eşit sayıda büküm oluşmuştur. Yalancı büküm sürecinde öncelikle ipliğin merkezindeki lifler büküm almakta, dış yüzeydeki lifler ise etkilenmemektedir. Ancak büküm elemanından sonra, merkezdeki bu lifler eski paralel hallerine dönerken dış yüzeydeki lifler ise tersi yönde iplik gövdesinin üzerine sarılırlar ve kemerli bir yapı oluştururlar [101, 127].

Büküm iğ, rotor ve silindir vasıtasıyla oluşmaktadır. Sol ve sağ olmak üzere her zaman iki farklı büküm yönü mümkün olduğundan lifler de iki farklı yöne bükülebilmektedir. Z veya S harfleriyle ifade edilen büküm yönü liflerin oryantasyonuna dayanmaktadır. S büküm tamamen dışarıda bırakılmamak kaydıyla kısa lif iplikçiliğinde Z büküm tercih edilir [141]. Günümüzde tek kat ipliklere kullanıcı talepleri doğrultusunda katma değer kazandırmak, fiziksel özelliklerini geliştirmek ve bazen de fantezi efekt elde etmek amacı ile katlama ve büküm işlemleri uygulanmaktadır. Katlama ve büküm işlemi ile iplik yapısının mukavemet ve aşınma direnci gibi özelliklerinde artış; düzgünsüzlük, ince yer, kalın yer ve neps hataları ile tüylülük değerlerinde de düşüş gözlenmesi bilinen gerçeklerdir [157].

Rotor ve dolayısıyla da rotor yivindeki lif çemberi, sabit lif taşıma kanalının altında sürekli bir dönüş hareketi yaparlar. Normalde yive yeni gelen lifler henüz büküm almamış liflerin üzerinde toplanırlar, fakat eklenme bölgesi üzerine düşen lifler daha önceden büküm almış, kendi eksenini etrafında dönen iplik kesitine çarparlar ve burada lif grubuna dâhil olmak yerine iplik kesitinin üzerine sarılırlar. İpliği bir bant gibi saran bu liflere saran lifler veya kemer lifleri denir. Bu olay open-end rotor ipliğinin karakteristik ve ayırtıcı özelliğidir. Open-end rotor ipliğindeki kemer lifi sayısı azaldıkça, iplik yapısı daha fazla ring ipliğine benzer [158].

Ring ve open-end rotor ipliklerinde, eğirme sistemindeki farklılık nedeniyle, elde edilen ipliklerin özelliklerinde de farklılıklar bulunmaktadır. Ring ipliğinde lifler paralel şekilde çekim ünitesinden çıktıktan sonra, dıştan içe doğru bükülerek (büküm açısı dıştan içe doğru küçülür) iplik şeklini alır. Open-end rotor iplikte ise farklı eğrilme prensibinden dolayı, bazı lifler paralel büküm almayıp iplik uzunluğu boyunca farklı büküm açısı ile gelişigüzel sarma bağı oluşturarak eğrilirler [103, 159].

Ring iplikleri, iyi lif dizimi ve tüm kesitte homojen olan helisel bir yapıya sahiptirler. Bunun aksine open-end rotor iplikleri, karmaşık lif düzeni ile çevrilmiş bir yapıya sahiptir.

Bu liflerden bir kısmı farklı bir yükselme açısı ve büküm yönü gösterirler. Bu ise normal büküm yönünün tam tersidir. Open-end rotor ipliklerinin tüylülüğü, iplik bükümünden oldukça az etkilenmekte olup, ring ipliklerinin tüylülüğü büküm arttıkça azalır [103, 108].

İplik mukavemeti en önemli ve en çok ölçülen iplik özelliklerinden biridir. İplik mukavemetine etki eden en önemli faktörlerden birisi de bükümdür. Bükümün artmasıyla iplik daha sıkı bir yapı kazanmakla birlikte aynı zamanda sertleşmektedir. Bükümün belli değerlerinin üzerine çıkması ile ipliğin kendi üzerine bükülerek kıvrım yapma eğilimi artmakta ve iplik mukavemeti azalmaktadır. Büküm nedeniyle lifler iplik eksenine bir açı yapacak şekilde yerleşirler. Mukavemetin azaldığı kritik büküm açısı $70,5^\circ$ 'dir. Ancak lif paketlenme yoğunluğunun artarak lif hareketini engellemesi ve gerilmeden dolayı oluşan kıvrılma nedeniyle bu noktaya pratikte çok daha önce erişilmektedir. Pamuk iplikleri için kritik büküm katsayısı (α_e) 9,0 civarındadır [160, 161]. Kesikli liflerden üretilen ipliklerde mukavemet; lifler arasında liflerin birbiri üzerinden kaymasını engelleyen kuvvete bağlıdır. Bu kuvvet, ipliğe büküm verilmesiyle sağlanmaktadır [161, 162]. Belirli bir noktaya kadar büküm arttıkça iplik mukavemeti artacaktır. Kritik büküm değeri aşıldığında ise önce iplik mukavemeti artmaz sonrasında düşer ve sonunda iplik kopar. Sıfır bükümlü bir pamuk ipliği üretilmediği varsayımıyla, bu ipliğin herhangi bir çekme kuvvetine karşı hiç mukavemet gösteremeyeceği ve liflerin birbiri üzerinden kayacağı söylenebilir [161].

İpliğe verilmesi gereken büküm miktarı, ipliğin kullanım amacına göre belirlenmektedir. İpliğe gerekenden fazla verilen büküm verimi düşürür yani iplik maliyetini arttırır. Ayrıca ipliğe ve kumaşa sert bir tutum kazandırır. Bunun yanında büküm, kumaşın pek çok mekanik özelliğini de etkiler. Bükümün belli bir noktaya kadar artmasıyla kumaş mekanik özellikleri iyileşirken, buruşma dayanımında orta seviyelerdeki bükümde maksimum değer almaktadır [161, 163].

İpliğe verilecek olan büküm üretici tarafından belirlenip son kullanıcının amacına uygun şekilde ayarlanabilir. Kalın ipliklerde liflerin birbirlerine tutunmaları için daha az sayıda, ince ipliklerde ise daha fazla sayıda büküme ihtiyaç vardır. Aynı şekilde, kullanım amacı göz önünde bulundurulduğunda triko iplikleri daha az bükümlü, dokuma iplikleri ise daha çok bükümlüdür. Birim uzunluktaki spiral sayısı büküm sayısını vermektedir. Birim uzunluk olarak 1 inch (2,54 cm) alındığında TPI yani inchdeki büküm, birim uzunluk 1 metre alındığında TPM yani metredeki büküm ifade edilmiş olur [164].

İpliğin kullanılacağı son ürün tipine göre iplik büküm katsayısı belirlenmektedir. Genellikle sektörde, örme kumaşlar için kullanılacak open-end iplikleri için α 3,0-3,8 aralığında, dokuma kumaşlar için kullanılacak open-end iplikleri için α 3,9-4,9 aralığında belirlenmektedir.

2.7.3 İplik kopma mukavemeti ve uzaması

İplik kopma mukavemeti, ipliğin kopma noktasına kadar uzaması sırasında kaydedilen maksimum çekme kuvveti olarak ifade edilmektedir. Kopma mukavemeti testlerinde numunenin koptuğu yük doğrudan enine kesit alanı ile ilişkilidir [165, 166]. İplik mukavemet testinde, numune kopana kadar çekme kuvveti uygulanmaktadır. Numunenin koptuğu andaki kuvvete kopma kuvveti adı verilmektedir. Kalın bir ipliği koparmak için gerekli kuvvet miktarı daha fazla olacağından, numaraları bilinmeyen ipliklerin kopma kuvvetlerinin karşılaştırılması bir anlam ifade etmemektedir. Bu nedenle iplik mukavemeti; ipliğin kopma kuvvetinin ipliğin inceliğine (numarasına) oranı olarak ifade edilmekte ve g/tex, cN/tex, gF ve Rkm gibi birimlerle gösterilmektedir. Mukavemet testinde elde edilen verilerden biri olan kopma uzaması, kopma noktasındaki uzama yüzdesi olarak tanımlanmaktadır [103, 167].

Lifin sahip olduğu mukavemet, iplik mukavemetine etki eden önemli bir parametredir. Dayanıklı lifler daha mukavim ipliklerin üretimi sağladığından yüksek hızlı eğirmeye ve kullanım sırasında kopuşların azalmasına yardımcı olmaktadır. İpliğin çapı küçüldükçe kesitteki lif sayısı azalacağından, lif mukavemetinden yararlanma oranı da düşmektedir. İplik mukavemetin yüksek olması iplik kopuşunu ve makine duruşlarını azaltarak verimliliğin artmasını sağlar. İplik mukavemetini etkileyen başlıca ve önemli faktör hammaddedir. Hammaddenin cinsi lif uzunluğu, lif inceliği, lif uzunluk dağılımı ve lif mukavemeti iplik mukavemetine etki eden en önemli faktörlerdir. Bükümün arttırılması bir noktaya kadar iplik mukavemetini de artırır. Lifin mukavemeti lif tiplerine bağlı olarak değişmektedir. Her bir lif cinsinin mukavemeti farklı olduğu gibi doğal liflerde mukavemet, bölgesel yetiştirme şartlarına da bağlıdır. Aynı zamanda ortam şartları da mukavemeti etkilemektedir [164, 168].

Rotor iplik eğirmede ring iplik eğirme sistemine göre düşük iplik mukavemetinin bir nedeni open-end iplikçiliğindeki düşük seviyede paralelleştirme ve düzleştirmedir (lif kancaları) [141].

2.7.4 İplik düzgünsüzlüğü

İplik düzgünsüzlüğü, birim uzunluktaki ipliğin kütle veya ağırlık değişimi olarak tanımlanmaktadır [169]. Varyasyon katsayısı (%CVm), düzgünsüzlüğün belirlenmesinde en çok kullanılan terimlerden biridir [170]. Birçok tekstil ürününde çeşitli özelliklerde tek tip olmama mevcuttur. Aynı makalenin farklı bölümleri arasında renk veya tonlarında farklılık olabilir. Keçe veya film gibi bir tabakanın kalınlığı yerden yere değişebilir. Bir karışımın bileşenleri, bir lif topluluğunun bir bölgesinden diğerine orantılı olarak değişebilir. Mukavemet, aşınma direnci, su absorpsiyonu, apre maddesinin konsantrasyonu, yüzey görünümü ve diğer birçok kumaş özelliği numunedeki test numunesi pozisyonuna göre farklılık gösterebilir. İpliklerde uzunluk boyunca büküm, hacim, mukavemet, kalınlık veya incelikte bir değişiklik olabilir. Genellikle "iplik düzgünsüzlüğü" terimiyle kastedilen, bu son özellik, incelikteki değişiktir. Genellikle iplik boyunca birim uzunluk başına kütle değişimi olarak ölçülen özellik, temel ve önemli bir özelliktir, çünkü ipliğin ve ondan yapılan kumaşın diğer pek çok özelliğini etkileyebilir. Bu tür varyasyonlar kaçınılmazdır, çünkü bunlar tekstil liflerinin temel yapısından ve bunların ortaya çıkan düzeninden kaynaklanmaktadır. Birim uzunluk başına kütledeki değişikliklerin az olduğu bir ipliğin düzgün olduğu söylenirken, bu miktarın önemli değişiklikler gösterdiği bir iplik düzensiz olarak kabul edilir. Tekstil bilim adamlarını on yıllardır ilgilendiren şey, bu açıdan iplikler arasındaki farkları nicelleştirme girişimi ve iplik düzgünsüzlüğü veya iplik düzensizliği üzerindeki tüm çalışmaların temelidir.

Tekstil lifleri ilginç nesnelerdir. Gerçekten sabit bir uzunluğu, genişliği veya kalınlığı olmadığı gibi, şekli ve kesiti de sabit değildir. Büyüme (doğal liflerin) veya üretim faktörleri (suni lifler için) bu durumdan sorumludur. Tek bir lif, dikkatli bir şekilde incelenirse, uzunluğu boyunca kesit alanında değişiklik gösterdiği görülecektir. Bu, besinsel, metabolik, yapısal, mevsimsel, yağışsal veya doğal liflerdeki hücre gelişim hızını etkileyen diğer faktörlerin neden olduğu büyüme hızındaki değişikliklerin bir sonucu olabilir. Suni ve sentetik lifler için, polimer viskozite değişiklikleri, düze ağzının pürüzlülüğü, ekstrüzyon

basıncı veya hızındaki değişiklikler, filament-çekme hızı değişiklikleri ve benzeri diğer faktörler gibi üretim parametreleri, kesitin tek biçimli olmamasından sorumludur. Bir lifin uzunluğu da sabit değildir. Lif oluşturan polimerler elastik olduğundan, doğrusal boyut, lifin iki ucuna uygulanan gerilime bağlı olacaktır. Ek olarak, uçların kendileri genellikle tekdüze olmayan kırılma veya doğal büyüme faktörlerinin bir sonucu olarak belirsizdir [169].

Yüzey özellikleri de lif şeklinin değişkenliğini arttırmada rol oynar. Yünün pulları, pamuğun bükümlü dizilimi, selülozik doğal lifler boyunca aralıklarla görünen düğümler ve ipek filamentleri boyunca sık görülen kesintiler bu olgunun örnekleridir. Sentetik liflerde, parlakıcı veya başka katkı maddesinin varlığı, genellikle var olduğu varsayılan silindirik şekli benzer şekilde değiştirebilir ve böylece yüzey geometrisine bir değişkenlik katabilir.

Çok sayıda lifin yüksek hızlarda konumlandırılmasının ve iyi bir şekilde dizilmesinin beklenen sonuçları farklı olma eğilimindedir, bu nedenle normalde aralarında bir dengenin sağlanması gerekir. Lifler, bir ipliği oluşturan bükülmüş lif formuna dönüştürülürse, bu iplik boyunca düzgünsüzlüğün meydana gelmesi şaşırtıcı değildir [169].

İpliği oluşturan lifler çok düzenli bir şekilde yerleşmemiştir. Genel eğilim iplik eksenini boyunca yönelme olsa da, her birim bu ortalama davranıştan önemli ölçüde sapma yapabilir. Lifler tam olarak uçtan uca uzanmaz, böylece yapı boyunca örtüşmeler ve boşluklar her yerde bulunur. İplik bükümünün bir sonucu olarak, herhangi bir lif, eksen etrafında hemen hemen spiral bir şekilde yerleştirilecektir, ancak doğrusallıktan bu sapma bile düzenli değildir. Spiral formun üzerine yerleştirilmiş bir dizi kıvrılma, bükülme, ikiye katlama ve benzeri, lif düzgünsüzlüğü türleridir. Ek olarak, bir ipliğin üretimi sırasında belirli bir aşamada ortaya çıkan diğer faktörler de düzgünsüzlüğü artırabilir. İşlem sırasında yanlışlıkla veya kasıtlı olarak düğümler, nepsler, şantuklar ve diğer iplik hataları ortaya çıkabilir. Bir iplik koptuğunda, kopan uçları birleştirmek için bir düğüm kullanılabilir. Prosedürün herhangi bir bölümünde ortaya çıkan karışık lifler, uygun aşamada tamamen ayrılmayabilir ve iplikte neps oluşturmak üzere geçebilir. Çekim işlemindeki küçük hatalar, liflerin 'demetlenmesine' neden olarak iplikte düğüm veya kalın yer oluşmasına neden olabilir. Lifler üzerine uygulanan mekanik kuvvetler bazı düzgünsüzlüklere neden olabilir, bu nedenle hacim (yani iplik enine kesitinde lifin havaya oranı) veya tek tek liflerdeki gerilim iplik boyunca yerden yere değişebilir. Ortaya çıkan homojenlik eksikliği, iplik içindeki kütle dağılımının tek biçimli olmamasına katkıda bulunacaktır [169].

İplik düzgünlüğünün en belirgin sonucu, iplik boyunca mukavemet değişimidir. İki ipliğin birim uzunluk başına ortalama kütlesi eşitse, ancak bir iplik diğerinden daha az düzgün ise, daha düzgün olan ipliğin ikincisinden daha güçlü olacağı açıktır. Ortalama doğrusal yoğunluk aynı olduğundan, düzgünsüzlüğün bir sonucu olarak düzgünsüzlüğü yüksek olan ipliğin, düzgün olandan daha ince (ve dolayısıyla daha zayıf) bölgeler içermesi gerekir. Bu nedenle, düzgünsüz bir iplik; eğirme, sarma, dokuma, örme veya gerilimin uygulandığı diğer herhangi bir işlem sırasında daha kolay kopma eğiliminde olacaktır. Ek olarak, kalınlıktaki artan değişkenlik, bir parçaya takılma olasılığını artırma eğiliminde olacaktır, böylece herhangi bir daralmanın olduğu bir noktada iplik kopuş sorunları daha da artacaktır. Bu, örneğin gücü teli veya örgü iğnesindeki gözde veya halka eğirmede kopçada en belirgin olacaktır. Bu tür kırıkların giderilmesi gereğinin gerektirdiği işleme hızlarındaki azalmanın yanı sıra, bunların varlığı iplikten üretilen kumaşın görünümünü, dayanıklılığını ve dolayısıyla kalitesini olumsuz yönde etkileyecektir. Bu nedenle, düzgün olmayan bir iplik, üretim maliyetlerini, elde edilen karı ve bir ürünün reddedilme olasılığını doğrudan etkileyebilir [169].

Düzgün olmayan ipliğin kalite ile ilgili ikinci bir etkisi, kumaşların yüzeyinde gözle görülür hataların varlığıdır. İplikte büyük miktarda düzgünsüzlük varsa, bitmiş kumaşta incelikteki değişiklik kolaylıkla tespit edilebilir. Sorun, ipliğin uzunluğu boyunca tam olarak düzenli aralıklarla bir hata (yani kalın veya ince yer) görüldüğünde özellikle ciddidir. Bu gibi durumlarda, kumaş yapı geometrisi, hataların gözle çok net bir şekilde görülebilecek bir desende yer almasını ve kumaşta çizgiler, şeritler, çubuklar veya diğer görsel gruplaşmalar gibi kusurların oluşmasını sağlar. Bu tür kusurlar genellikle kumaş boyandığında veya bittiği zaman, bunlara eşlik eden büküm varyasyonunun bir sonucu olarak ortaya çıkar [169]. Daha önce de belirtildiği gibi, bir ipliğin ince yerlerinde büküm daha yüksek olma eğilimindedir. Bu nedenle, bu tür yerlerde, bir boya veya aprenin penetrasyonu, bükümün alttaki kalın bölgelerine göre muhtemelen daha düşük olacaktır. Sonuç olarak, daha kalın iplik bölgeleri, daha ince olanlardan ve gölgede daha derin olma eğiliminde olacaktır. Kumaş üzerindeki bir desende görsel bir hata ortaya çıkarsa, desen rengin varlığıyla veya bir apre işlemiyle kontrol edilen kırıksıklık gibi görünür bir özellikteki bazı değişikliklerle vurgulanma eğiliminde olacaktır. Aşınma veya tüylenme direnci, kir tutma, drape, emicilik, yansıtma veya parlaklık gibi diğer kumaş özellikleri de iplik düzgünlüğünden doğrudan etkilenebilir. Bu nedenle, düzgünsüzlüğün etkileri tekstil üretiminin ve kullanımının tüm alanlarında yaygın olup,

endüstrinin birçok alanında önemli bir konudur. İplik enine kesiti başına lif sayısının iplik düzgünlüğü üzerinde büyük bir etki yarattığını bulmuştur. Düzgünsüzlüğün (%CV olarak ifade edilir) orantılı olduğu ve 1000 m'deki ince veya kalın yerlerin sayısının n ile orantılı olduğu yaklaşık ilişkileri tanımlar; n , iplik kesiti başına ortalama iplik sayısıdır [169].

Teoride ve pratikte, sonraki işlemlerde kullanılması amaçlanan bir ipliğin düzgünsüzlüğünün azaltılabileceği yalnızca iki mantıksal yol vardır. Ya üretim sırasında iplikte düzgünsüzlük olmamasını sağlamak ya da iplik üretimi gerçekleşikten sonra varsa iplikten çıkarmak gerekir. Genel olarak koruyucu ve onarıcı teknikler olarak sınıflandırılabilir bu iki yöntemin her ikisi de kullanılmaktadır ve literatürde her türün son çalışma temsilcisi görülmektedir [169].

İlk süreç, hatalı bileşenler tarafından minimum miktarda değişiklik yapılmasını sağlamak için üretim ekipmanının tüm yönlerine yakından dikkat etmeyi içerir. Daha öncede açıklandığı gibi, bir yatakta, dişlide, makarada veya başka bir makine parçasında herhangi bir kusur bulunması, nihai ürünün kalitesi üzerinde ciddi etkilere neden olabilir ve bir kez ortaya çıktıktan sonra periyodik bir iplik hatası neredeyse imkânsızdır. Bu nedenle, üretim hattının tüm aşamalarında, taraklamadan eğirmeye kadar, her ekipmanın düzgün çalıştığından ve doğru hız, ayar vb. koşullarda çalıştığından emin olmak önemlidir [169].

İplik düzgünsüzlüğü basit şekilde ifade edilirse ölçülebilen herhangi bir iplik özelliğinin iplik uzunluğu boyunca değişimi olarak ifade edilebilir. Buradan hareketle kütle, çap, büküm, mukavemet, renk gibi özelliklerin iplik uzunluğu boyunca değişiminden edilebilir. Bunun yanı sıra düzgünsüzlük uzunluk boyunca kütle değişimlerinin incelendiği kütle düzgünsüzlüğü olarak da ifade edilebilir [103, 171].

İplik düzgünsüzlüğünün nedenlerine bakıldığında ipliğin enine kesitindeki lif sayısının değişimi, iplik yapısındaki liflerin inceliklerinin ve uzunluklarının değişimi ve iplik uzunluğu boyunca liflerin rastgele yerleşimi olarak sıralanabilir. Bunun dışında, düzgünsüzlük denildiğinde iplik üretimi esnasında mekanik parçaların ya da çekim sisteminden kaynaklı hataların iplikte periyodik olarak tekrarlayan değişimlere neden olması sonucu oluşan periyodik düzgünsüzlükten, az rastlanan hatalardan ve ince yer, kalın yer ve neps gibi sık rastlanan hatalardan söz edilebilir [103].

İplik düzgünlüğü, iplik kesitindeki lif sayısına bağlıdır. Karışımındaki liflerin incelik ve uzunluk farklılıkları nedeniyle iplik düzgünsüzlüğü tek hammaddeden yapılan ipliklere göre daha fazla olabilir [77].

İplik düzgünsüzlüğünün sayısal ifadesi için değişim katsayısı (Coefficient of Variation, %CV) ya da ortalama mutlak sapma (Unevenness, %U) ifadeleri kullanılmaktadır. Ortalama mutlak sapma, hem kesikli liflerden üretilen ipliklerinin hem de filament ipliklerin düzgünsüzlüğünün belirlenmesinde kullanılan ilk istatistiksel ölçüdür. Fakat günümüzde tekstil endüstrisinde her türlü değişim için genel olarak değişim katsayısı ifadesi kullanılmaktadır. Düzgünsüzlüğün ifadesi için de gelecekte sadece değişim katsayısının kullanılması tavsiye edilmektedir [103, 172].

İplik hataları; ince yer, kalın yer ve neps olarak ifade edilmektedir. Bu hatalar iplikte düzgünsüzlüğe yol açarak görüntü açısından rahatsız edici olmakta ve ipliğin genel performansını etkilemektedir. İnce yer hatası (-%50) şeklinde gösterilmektedir. Bu ifade şekli, ortalama iplik kalınlığının %50'si veya daha azı kadar olan yer, ince yer hatası olarak değerlendirilecek anlamına gelmektedir. Aynı şekilde kalın yer hatası (+%50) olarak gösterilmektedir ve bu ortalama iplik kalınlığının %150'si (1,5 katı) kadar bir kalın yer hatası olarak değerlendirilmektedir. Neps ise, (+ %200) şeklinde gösterilmekte ve ortalama iplik kalınlığının %380'ı kadar bir kalın yer hatası olarak ifade edilmektedir [103, 168].

Uster Tester-4 cihazı, kapasitif sistem prensibine göre çalışan bir düzgünsüzlük ölçüm cihazıdır. Ölçümü yapılacak numune, cihazdaki iki paralel plakadan oluşan kondansatörler arasından geçirilerek, birim uzunluk boyunca kütleli değişim incelenmektedir [103, 144].

2.7.5 İplik tüylülüğü

İpliğin tüylülüğü, birim uzunluk ya da alan başına ipliğin yüzeyinden çıkan lif sayısı veya ipliğin yüzeyine dik şekilde ölçülen lif uzunluğu şeklinde tanımlanmaktadır [173]. Tüylülüğü ifade etmek kullanılan terimlerden birisi olan, Uster Tüylülük indeksi olarak tanımlanan ve H ile ifade edilen ipliğin tüylülüğü, 1 cm uzunluktaki iplik üzerinde tespit edilebilen iplik tüylerinin toplam uzunluğudur [170].

Ring makinesinde eğrilmiş ipliklerle karşılaştırıldığında, open-end rotor iplikleri oldukça az tüylüdür. Bunun nedeni lif sarımı oluşumlarıdır. Open-end rotor ipliklerinin karakteristiğini oluşturan kuşak sarımları, ipliğin dış kısmında farklı büküm yönleriyle yer almaktadır. Bu şekilde open- end rotor iplikleri daha büyük sayıda sarım içermektedir. Buna rağmen, dışarıya sarkmış lif sayısı daha azdır. Bu şekilde görünüşte iplikte daha az tüylülük

izlenimi verilir. Bunlar da çekim düzesinin geometrisiyle ciddi şekilde düzeltilebilir. Bu durum, open-end ipliğinin yüzey yapısı açısından avantaj sağlar ve ipliklerin örgü piyasasında kullanımını kolaylaştırır [173].

İplik tüylülüğü birtakım durumlar hariç, genel olarak arzu edilmeyen bir özelliktir. İplik tüylülüğünün kabul edilen kalite değerlerinin üzerine çıkması; iplik üretimi esnasında uçuntuya, çözgü çekme ve dokuma işlemleri esnasında biraraya gelen lif uçları düğümlenmeleri sonucunda kopuşlara ve elde edilen kumaşların boncuklanma özelliklerinin olumsuz yönde etkilenmesine sebep olmaktadır. Ayrıyeten, iplikteki tüylülüğünün fazlalığı, bu ipliklerden üretilen son ürünlerde terbiye, boyama ve bitim işlemleri sonrası birçok görüntü bozukluklarına sebep olmaktadır. Tüylülüğü, iplik ya da kumaş yüzeyinden üretim sonrasında birtakım işlemlerle uzaklaştırmaya çalışmak, bugüne dek kesin çözüm getirmemiştir. Ayrıca üretim sonrası işlemler, maliyeti ciddi ölçüde artırmaktadır. Bu sebeple iplik tüylülük özelliklerinin doğru şekilde tespit edilerek, üretim esnasında önlenmesi gerekmektedir [103, 174].

Tüylülüğün ürüne kattığı birtakım yararlı etkiler de mevcuttur. Bu özellik, ürünlerin rahatlığına, canlılığına ve ısı tutma özelliğine yardımcı olmaktadır. Bu, benzer şekilde aynı tip lif ve aynı numarada kesiksiz ve kesikli liflerin eğrilmesiyle oluşan dokunmuş kumaşın kıyaslanması gibidir. Filament iplikle dokunmuş kumaş tuşe olarak plastik hissi vermektedir. Yün tipi kumaşlarda tüylülüğün neden olduğu ısıtma özelliği mevcuttur. Tüylülük ek olarak kumaş dolgunluğunu ve örtücülüğünü arttırmaktadır. Atkı atımı hava jetli dokuma tezgâhlarında ipliğin tüylülüğünü daha da arttırmaktadır. Atkı atış hızı iplik yüzeyi ile havanın sürtünmesine ve tüylülükte artışa neden olmaktadır. Tüylülük ölçme ünitesinde yaklaşık 1 cm uzunluğundaki ipliğin tüylülüğü incelenir. Hesaplanan sayısal değer daha iyi anlaşılabilmesi adına; tüylülük (H) iplik dışına çıkan tüm liflerin toplam uzunluklarının (cm cinsinden) ölçme uzunluğu olan 1 cm'ye oranıdır. Örneğin $H = 5$ ise, 1 cm uzunluğundaki iplikten çıkan lif uzunluklarının toplamı 5 cm'nin, ölçüm uzunluğu olan 1 cm'lik uzunluğa oranı anlamına gelmektedir. Bu tanım ortalama lif inceliğine sahip pamuk için geçerlidir. Lif çapı, şeffaflık ve parlaklığın ölçme değerine etkisi oldukça azdır. Ölçme ünitesi kızıl ötesi ışıkla çalıştığından ve tüm tekstil boyarmaddeleri bu ışıktaki parlak görüldüğünden ölçme pratikte ipliğin rengine bağlı değildir. Tüylülük iki uzunluğun birbirine oranı olduğundan birimsiz bir sayıdır. Ölçme ünitesindeki iplik tüylülüğü sadece 1 cm'lik iplik uzunluğu için göz önüne alınır [103, 108].

Pamuklu iplikler için, tüylülük ifadesi için kullanılan sisteme göre farklı korelasyon işaretleri sunan bazı lif parametreleri vardır (çıkıntılı uç sayısı N1 veya yakma ile ağırlık kaybı). Bu parametreler arasında şunlar bulunur: eğilme rijitliği, burulma rijitliği, kısa lif yüzdesi ve olgunluk. Pamuk ipliklerinin, suni liflerden eğrilmiş ipliklerden daha az tüylü olduğu bilinmektedir. Bunun olası bir nedeni, iki lifin profillerinde aranabilir. İncelme nedeniyle, yalnızca bir uç, yani pamuk lifinin daha ağır olan kök kısmı, bir pamuk ipliğinde çıkıntılı bir uç olarak dışarı çıkma eğilimindedir. Ancak suni ve sentetik liflerde, her iki ucun da çıkıntılı uçlar olarak görünme olasılığı eşittir ve bu, suni ve sentetik liflerden eğrilmiş iplikte yaygın olarak gözlenen daha fazla tüylülüğün nedenlerinden biri olabilir. Bazı kaynaklar tüylülüğü, liflerin migrasyona ve kaymaya karşı direnciyle ilişkilendirir. Tüyün uzunluğu teorik olarak hesaplandığı gibi lif göçü ile ters orantılıdır. Sürtünme katsayısı ve liflerin kıvrımı artarsa, tüy oluşumu zorlaşır.

İplik tüylülüğünü en güçlü şekilde etkileyen iki iplik parametresi doğrusal yoğunluk ve bükümdür. Tüylülüğün doğrusal yoğunlukla arttığı ve bükümle azaldığı genel olarak kabul edilir, ancak ölçüm yönteminin doğasına göre etkinin büyüklüğünde bazı farklılıklar bulunabilir.

Lif inceliği sabit tutulduğunda ve karıştırılan liflerin uzunluğu değiştiğinde, daha uzun lif ipliğin merkezine ve daha kısa lif ise yüzeye doğru hareket etme eğilimi gösterir. Perlon (naylon 6) ile harmanlanmış yünden ve kesikli lif rayon ve pamuktan farklı karışım yüzdelere sahip yünlü sistem üzerinde eğrilmiş iplikler üzerinde çalışan Barella, yünün yüzeye doğru göç etme eğilimini ve karışımdaki bu lifin oranının iplik tüylülüğü üzerinde ciddi bir etkiye sahip olduğunu, buna karşın pamuğun ipliğin merkezinde yoğunlaşma eğiliminde olduğunu gözlemledi. Pamuk, kesikli lif viskon ile karıştırıldığında, eğrilmiş ipliğin tüylülüğü, pamuk liflerinin yüzeye göçü nedeniyle beklenenden çok daha yüksektir. Kesik lif viskon iplikler, lifler hem daha uzun hem de daha düzenli olduğundan daha az tüylü olmalıdır, ancak pratikte tüylülükleri beklenenden daha yüksektir, çünkü daha az çıkıntılı uç olmasına rağmen, bunlar daha uzundur çünkü lif kohezyonu pamuğunkinden daha azdır.

İplik tüylülüğü bu nedenle kesinlikle ipliğin dış tabakasındaki öze doğrudan yapışmayan liflere bağlıdır. Bazıları diğer lifler tarafından tutulan ipliğin özünde bir uç içerirken, diğerleri lifin mekanik özelliklerinden dolayı (sertlik, şekil vb.) yüzeye çıkar. İpliğin bükülmesi sırasında, diğer lifler, merkez konumlarından iplik yüzeyine doğru yer değiştirir, uçları çekirdekte kısırılır.

Rotor geometrisi iplik tüylülüğünü etkiler; rotor parçalarına karşı iplik sürtünmesi arttığında tüylülük artar. Rotor çapı arttıkça tüylülük artar. Rotor hızı arttığında tüy uzunluğu artar. Rotor yivinde tortu birikmesi iplik tüylülüğünü artırır [175].

Tüylülük bazı durumlarda istenilen bir parametre olsa da ipliklerin kullanımları sırasında sorun teşkil ettiğinden çoğunlukla istenmeyen bir özelliktir. Tüylülüğü fazla olan iplikler, sürtünmeye oldukça hassastırlar. Tüylülükteki artış eğirme esnasında uçuntunun artmasına, çözgü ipliklerindeki tüylülüğün fazla olması da dokuma esnasında çözgü kopuşlarına neden olmaktadır. Kumaştaki boncuklanma da iplik tüylülüğünden etkilenmektedir.

Tüylülüğü etkileyen önemli iplik özellikleri iplik numarası ve iplik bükümüdür. Genel olarak ipliğin çapı arttıkça ve büküm miktarı azaldıkça tüylülük artmaktadır. İplik inceldikçe aynı miktardaki pamuk yayıldığı alan artacağından, yani ipliğin birim yüzeyinde daha az sayıda lif bulunacağından tüylülük azalacaktır. İplik kalınlaştıkça birim iplik uzunluğundan çıkan lif sayısı ve birim iplik uzunluğundan çıkan ilmek sayısı artacağından iplik tüylülüğü de artar. İplik bükümü arttığında iplik, çekim silindirlerindeki temas noktasına daha yakın bir noktada oluşur. Bükümün artmasıyla liflerin birbirlerine tutunmaları artar, iplik yapısına tutunma olasılıkları yükselir ve bu şekilde lif kontrolünün artması da tüylülüğü azaltır [176].

2.7.6 İplik sürtünmesi

İplik, tekstilde üretim işlemleri esnasında iki önemli sürtünme etkisinde kalmaktadır: iplik-iplik ve iplik- metal sürtünmesi. İplik-iplik sürtünmesi; ipliğin bobinlenmesi, bobinden sağılması, çözgü çekme, atkı atma, örme ve dikim işlemleri esnasında gerçekleşir. İplik-metal sürtünmesi; örme ve dokuma işlemleri esnasında ipliğin, metal akşamlara sürtünmesiyle gerçekleşir. Bu şekilde iplikte uçuntular meydana gelir. Uçuntuyla birlikte iplikte lif kaybı yaşanmakta ve sonuç olarak iplikteki kopuş sayısı da artmaktadır. Kopuşun artması, üretilen ürünün kalitesini, üretim hızını ve verimi düşürerek maliyetlerin artmasına sebep olur.

Sürtünme katsayısı; durgun halde harekete başlayan bir cisme karşı madde temas yüzeyinin maddeye uyguladığı kuvvete neden olan katsayıdır. İplikte, iplik-iplik ve iplik-metal sürtünme katsayısı değeri; iplik kaynaklı gerilimlerden dolayı, çıkış ve giriş gerilimi

arasındaki orandır. İplik-iplik sürtünme katsayısı, ipliklerin dokuma hazırlık ve dokuma işlemlerindeki performansını gösterir. Dokuma kumaşta, atkı ve çözgü iplikleri arasındaki sürtünme miktarı, kumaşların yırtılma mukavemetini oldukça etkilemektedir. İplik-metal sürtünmesi katsayı değeri, iplikle metal yüzey arasındaki sürtünme miktarını vermekte olup, bu değer ipliğin yüzey yapısı ve pürüzlülüğünü vermektedir. İplik-iplik ve iplik-metal sürtünme katsayıları iplik üretiminde kullanılan lifin cinsi, eğirme yöntemi (ring, rotor, dref vb.), iplik numarası ve bükümü gibi temel özelliklerden etkilenmektedir [177].

İplik sürtünmesi, noktasal ve çizgisel temas yöntemleri olarak temelde iki farklı prensiple belirlenmektedir. Araştırmacılar, iplik sürtünmesini Howell Yöntemi, Asılı Lif Yöntemi, Eğik Lif Yöntemi ve Sıtra Sürtünme Yöntemi olarak adlandırılan yöntemleri kullanarak belirlemektedir ancak günümüzde bu yöntemler yerini daha çok çizgisel temas yöntemlerine bırakmışlardır. Çizgisel yöntemler noktasal yöntemlerden farklı olarak çok sayıda araştırmacı tarafından kullanılmış standart yöntemlerdir. Amerikan Standartlarında çizgisel temas yöntemlerinden Capstan Yöntemi ve Bükülmüş İplik Yöntemi iplik- iplik sürtünmesini belirlemek için kullanılan standart yöntem olarak belirtilmiştir (ASTM D 3412-01, Standard Test Method for Coefficient of Friction, Yarn to Yarn) [178].

İplik fabrikalarında kullanılan doğal ve yapay lifler, iplik hazırlık ve eğirme prosesleri esnasında çeşitli darbelere maruz kalmaktadırlar. Liflerin, eğirme işlem aşamalarını mümkün olan az hasarla geçirmeleri gerekmektedir. Bu ise sadece liflerin içinde bulunan yardımcı maddelere bağlı olmaktadır. Kullanılan lif çeşitleri arasında, iplik hammaddesi için en uygun finish (avivaj) doğanın pamuk lifine vermiş olduğu pektindir. Sentetik veya suni liflerde son yıllarda gerçekleştirilen çok önemli ve başarılı uygulamalara rağmen, hiçbir sentetik lifinde pamuk lifinde elde edilen başarıya tam olarak ulaşamamıştır.

Finish, eğirme proseslerini olduğu kadar iplik kalitesini de çok etkilemektedir. Eğirme işlemlerinde lifler arası veya lif-metal arası sürtünmelerin, life en düşük oranda zarar vermesi istenmektedir. Lifler, tarak makinesinde tarama silindirindeki veya düze yüzeyindeki iplik sürtünmeleri nedeniyle yüksek ısılara maruz kalmaktadır. Ayrıca rotor hızlarının artması ile birlikte termik ve mekanik kuvvetlerde de artma olmuş ve liflerin maruz kaldıkları dolaylı ısınma artmıştır. Bu durum iplik kalitesini (mukavemet, sürtünme katsayısı değerinin artması vb) ve makine randımanını olumsuz etkilemektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda polyester ipliklerinde sürtünme döküntü miktarının 1 mg'dan fazla olmaması gerektiği ortaya koyulmuştur. Bunun içinde sentetik (başta polyester olmak üzere)

ve suni lif üreticilerinden eğirme proseslerindeki yüksek çalışma hızlarına (açıcı ve rotor) ve bu hızların neden oldukları yüksek ısılara karşı dayanıklı lifler ve finish maddeleri geliştirmeleri beklenmektedir [103, 105].

Open-End makinelerinde, eğirme işleminin yapıldığı makine parçalarında, lif ve ipliğin geçtiği bölgelerde zaman içerisinde iplik ile makine parçası arasındaki sürtünmeden kaynaklı bir aşınma oluşmaktadır. Genel anlamda sürtünme, temas içerisinde olan ve izafi hareket yapan iki cismin temas yüzeylerinin harekete veya hareket ihtimaline karşı gösterdikleri dirençtir. Aşınma ise sürtünen yüzeylerde materyalin mekanik etkenler etkisiyle ve istenmediği halde koparak ayrılmasıdır. Bu şekilde yüzeyler ilk şekillerini kaybederek parçalar arasındaki boşluklar artar ve hedeflenen fonksiyon normal şekilde yerine getirilemez. Parçalar ile iplik ya da lif arasındaki sürtünmeler sonucu meydana gelen aşınma bir süre sonra ipliğin kalitesini etkiler [136, 179].

Tüylülük artışının iplik-metal sürtünmesini azalttığı, literatürde tespit edildiğinden [177], tüylülüğün artması ve iplik lineer yoğunluğunun azalmasının sürtünme katsayısını azalttığı söylenebilmektedir [170].

2.8 Literatürdeki Çalışmalar

2.8.1 Kenevir lifleri ile ilgili çalışmalar

Tserki vd. (2005) tarafından yapılan çalışmanın amacı, uygun maliyetli tamamen biyolojik olarak bozunabilir kompozitler üretmek için solventsiz, katalizörsüz, anhidrit işleminin farklı lignoselülozik malzemeler üzerindeki etkisini incelemektir. Keten, kenevir ve sak lifleri gibi üç lignoselülozik malzemeye iki lif ön işlem yöntemi olan asetilasyon ve propiyonilasyon uygulanmıştır. Asetil/propiyonil grupları ile fiberin hidroksil grupları arasındaki esterifikasyonun etkisi, zayıflatılmış toplam yansıma-Fourier dönüşümü kızılötesi (ATR-FTIR) ve X-ışını fotoelektron spektroskopisi (XPS) ile incelenirken, kapsamı titrasyon ile değerlendirilmiştir. X-ışını kırınımı (XRD) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM), işlenmemiş ve esterlenmiş liflerin kristallliğini ve yüzey morfolojisini karakterize etmek için kullanılmıştır. Yüksek lignin/hemiselüloz içeriğinden dolayı en yüksek esterleşme reaksiyonu sak lifleri için elde edilmiştir. İki spektroskopik yöntem, sonuçlar lif yüzeyinde ester bağlarının bulunduğunu gösterdiğinden, işlemlerden sonra lif

yüzey kimyasının değiştiğini ortaya çıkarmıştır. SEM sonuçları, her iki işlemin de liflerin kristal olmayan bileşenlerinin, muhtemelen mumsu maddelerin çıkarılmasıyla sonuçlandığını ve yüzey topografyasının özelliklerini değiştirdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, esterleşmenin bir sonucu olarak lif kristalliliğinin biraz azaldığı da gösterilmiştir [180].

Titiva vd. (2009)'nin çalışmasında, yüzey deşarjı etkisi altında kaba sak liflerinin delignifikasyon (ligninsizleştirme) süreçleri incelenmiştir. Lifte kalan lignin içeriği ve lif kütle kaybı, plazma çözeltisi ve müteakip düşük alkalinite ile kısa kimyasal işlemde sonra belirlenmiştir. Yürütülen araştırmaların sonuçları, sak liflerindeki ana karışımların, özellikle ligninin, plazmokimyasal işlem sürecinde derin yıkıcı değişikliklere uğradığını göstermiştir. İşlem, katkı maddelerinin yok edilmesi ve bunların kabuk demetlerindeki temel lifleri birbirine bağlayan orta lamellerden atılmasıyla sonuçlanmıştır. Bu iki aşamalı işlemin, delignifikasyon derecesi keten için %68, kenevir için %64 ve jüt lifleri için %39 olduğu için sak lifleri için etkili bir delignifikasyon yöntemi olduğu gösterilmiştir. Bu nedenle, bu, ham maddeleri değiştirme, kaba karmaşık lifleri, bir tekstil hammaddesi olarak daha fazla işlenmesine izin veren teknik parametrelerle temel ve ince liflere ayırma hedefine ulaşılmasına izin vermiştir [181].

Zhang Jin-Qiu ve Zhang Jian-Chun (2010) çalışmasında, işlenmiş kenevir lifinin bükülebilirliğini iyileştirmek için yumuşatıcı madde DT150A kullanılarak terbiye işleminin etkinliği araştırılmıştır. Kenevir lifinin mekanik özellikleri, yumuşak terbiye işleminden önce ve sonra ölçülmüştür. Yumuşak terbiyeden sonra uzunluk, esneklik, yüzey sürtünmesi ve nem absorpsiyonunun tekdüzeliği önemli ölçüde arttığı ve kenevir lifinin eğrilebilirliğinin iyileştiği gözlemlenmiştir. Yumuşatma işleminden sonra kenevir lifinin uzunluk indeksinin değiştiği, ortalama uzunluğun arttığı ve kısa ve ultra uzun lif içeriklerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Ağartma işleminin ultra uzun lifleri yokettiği, rafinasyon işlemi sırasında kırılma mukavemeti ve kopma uzamasının çeşitli oranlarda arttığı gözlemlenmiştir. İnceltme ve yumuşak bitirme işleminin, eğrilebilirlik üzerinde faydalı etkilere sahip olduğu görülmüştür. Sertlik, yumuşatma işleminin çeşitli aşamalarında çeşitli derecelerde azalmıştır. Yumuşak terbiye işleminden sonra kenevir lifinin sürtünme katsayısı değerleri azalmıştır ve yumuşak bitirmede nem içeriğinin arttığı belirtilmiştir. Etkinin, alkalide kaynatılmış lif üzerinde daha fazla olduğu, ancak ağartılmış lif üzerinde ihmal edilebilir olduğu görülmüştür [182].

Zhang ve diğerleri (2014) tarafından yapılan çalışmada, sıvı amonyak (L/A) uygulamasının kenendir liflerinin yüzey özellikleri üzerindeki etkileri elektron spektroskopisi, taramalı elektron mikroskopu, atomik kuvvet mikroskopu ve temas açısı ölçümleri gibi teknikleri kullanılarak kimyasal analiz ile lif yüzeyinin elementel bileşimi, morfolojik yapısı, pürüzlülüğü ve ıslanabilirliği araştırılmıştır. Kenendir yüzeyindeki lignin kaplaması hesaplanmıştır. Sonuçlarda, lif yüzeyinden lignin tabakasının büyük ölçüde çıkarıldığını göstermektedir. İşlem sonrası, kenendir liflerindeki hidrofilik grupların sayısını daha da artarak lifin ıslanabilirliğini iyileştirilmiştir. Ancak sıvı amonyak muamelesi, kenendir liflerindeki selülozik olmayan malzemeleri lif yüzeyinden çıkararak lif yüzeyinin pürüzlülüğünü arttırmıştır [183].

Fang et al. (2017) tarafından yapılan çalışmada, farklı işleme proseslerinde kenendir liflerinin yapılarının ve özelliklerinin etkileri incelenmiş, yüksek kaliteli kenendir lifi elde etmeye odaklanılmıştır. Kenendir liflerinin yüzeyindeki pektin, pektinaz ile muamele edilerek lifler seyreltik NaOH içinde kaynatılmıştır. Farklı mum giderme koşullarında kenendir liflerinin yüzey morfolojisi, kimyasal bileşimi ve kopma mukavemetindeki değişiklikler, taramalı elektron mikroskopu (SEM), Fourier transform kızılötesi spektroskopisi (FT-IR) ve floresan mikroskopu ile karakterize edilmiş, lif çekme testi ile araştırılmıştır. Sonuçlar, enzim yıkama prosesi, alkali arıtma prosesi ve ağartma prosesi sayesinde pektin, lignin ve hemiselüloz ve diğer safsızlıkların giderildiğini göstermiştir. Tek faktör deneyi yoluyla, mum giderme işleminin biyokimyasal kombinasyonu için en uygun işlem koşulları elde edilmiştir. İşlem koşulları; 10 gr kurutulmuş kenendir lifi, %15 (h/h) pektinaz çözeltisi, 50 °C sıcaklık, 120 dakika süre, pH 8 (fosfat tamponu), 1:10 banyo oranı (a/h) ve 0,0625 mol/L NaOH. Bu koşullarda, mum içeriği ve kopma mukavemeti sırasıyla %4,8 ve 49,8 cN/tex olarak tespit edilmiştir, bu da işlenmiş kenendir liflerinin eğirme işleminin gereksinimlerini karşıladığını göstermektedir [184].

Yeping vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada, su tutma ve nem emilimini iyileştirmek için kenendir liflerindeki aldehit (CHO) ve karboksil (COOH) gruplarının içeriğini belirlemek amaçlanmıştır. Hafif bir koşulda (pH 5, 50°C), lakkaz (6.0 g), hemiselüloz (0,3 g) ve 2,2,6,6 tetrametilpiperidin-1-oksil radikali (0,3 g) içeren asetik asit sodyum asetat tampon çözeltisinde kenendir lifinin kemo enzimatik mum giderme ve modifikasyonu işleminin tek adımda bitirilmesi araştırılmıştır. Farklı ham kenendir lifi partilerinin de mum giderme etkileri tartışılmıştır. Mum giderilmiş lifin kalıntı oranı,

inceliği, uzunluğu ve gerilme mukavemetinin sırasıyla %15-27, 9,00–24,00 dtex, 14,00–19,00 cm ve 3,8–5,1 cN/dtex olduğu bulunmuştur. Bu arada, oksitlenmiş fonksiyonel grupların bazıları, kenevir lifinin nem emilimini ve su tutma değerini iyileştiren mumu giderilmiş lif içine dâhil olmuştur. Bu işlemle işlenen kenevir lifinin daha da geliştirilebilir hale geldiği ve tekstil endüstrisinde eğirme ihtiyacını karşılayabilir olduğu gözlemlenmiştir [43].

Endüstriyel kenevir, tekstil endüstrisinde pamuğun yerine en sürdürülebilir hammadde olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte, lif kaba, sert olduğundan ve özellikle %100 kenevir ring eğirme sisteminde işlendiğinde nispeten zayıf eğrilebilirliğe sahip olduğundan kenevir işleme ile ilgili çeşitli zorluklar vardır. Bu nedenle, Rani vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada, lignin içeriğini gidermek için endüstriyel kenevir liflerinin mumu, alkali ve enzimatik mum giderme yöntemleri kullanılarak giderilmiştir. Lignin içeriğinin uzaklaştırılmasından sonra, lifler ayırık, pürüzsüz, yumuşak ve çap olarak ince hale gelir. Ancak bu lifleri giyim uygulamalarında kullanmak için liflerin çekme mukavemeti önemli bir rol oynamıştır. Ayrıca, tüm bu özellikleri araştırmak için kenevir liflerinin mum giderme öncesi ve sonrası yöntemleri ağırlık yüzdesi, lif çapı, tek lif çekme mukavemeti ve liflerin yüzey morfolojisindeki değişim için test edilmiştir. Bu özelliklere göre kenevir liflerinin gam giderme yöntemi optimize edilmiş ve en uygun mum giderme yöntemi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, sırasıyla ısıtma süresi, ısıtma sıcaklığı ve enzim konsantrasyonu arttıkça, uzaklaştırılan mum içeriği yüzdesi arttıkça, liflerin ayrışması nedeniyle liflerin çapının azaldığı gösterilmiştir. Ancak, daha uzun ısıtma süresi, daha yüksek ısıtma sıcaklığı ve daha yüksek enzim konsantrasyonunun, selüloz bölgesi ile birlikte aşırı sakız içeriğini çıkararak lif hasarına ve liflerde mukavemet kaybına yol açabileceği fark edilmiştir. Lignin içeriğinin varlığından dolayı mumsuz lifin gücü en yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir. Mum gidermeden sonra, 50 dakika ısıtma süresi ve 75 C ısıtma sıcaklığı ile alkali yöntem kullanılarak elde edilen çekme mukavemeti, mum giderme sırasında güçlü liflere yol açan selüloz bölgesi etkilenmediğinden en yüksek olduğu belirtilmiştir. Alkali muamelenin 75 C ve 50 dakikada pürüzsüz yüzey morfolojisine sahip olduğu bulunmuştur. Böylece, 50 dk ısıtma süresi ve 75 C ısıtma sıcaklığı parametreleri ile alkali mum giderme işleminin, bu lifleri hem takım elbise hem de gömleklik kumaşlarda giyimde kullanmak için mum giderme işlemini gerçekleştirmek için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır [185].

2.8.2 Kenevir iplikleri ile ilgili çalışmalar

Ariyakuare (2010) yaptığı araştırmada, atık kozalardan elde ettiği lifleri pamuk, keten, ananas, rami ve kenevir lifleri ile birlikte kullanarak iplik elde etmiş ve bu iplikleri ev tekstiline uygun kumaş yapısında kullanarak performans özelliklerini incelemiştir. Atkı ipliği olarak kullanılan atık kozadan elde edilen yeni karışık lifin ve endüstriyel dokumada çözgü ipliği olarak kullanılan beş çeşit bitki lifinin test sonucu, kenevir ipliği ile karıştırılmış atık kozadan elde edilen lifin 194 cN / tex ile en iyi kopma mukavemetine sahip olduğunu göstermiştir. Araştırma sonuçları, kenevir ipliği ile karıştırılmış atık kozadan elde edilen lifin, en yüksek kopma mukavemetine sahip olduğundan ev tekstili üretmek için uygun olduğunu, ananas ipliği ile karıştırılmış atık kozadan elde edilen lifin giysi üretmek için uygun olduğunu göstermiştir [186].

Mustata ve Mustata (2013) tarafından yapılan çalışmanın amacı, absorpsiyon-desorpsiyon prosesinin eğirilen ipliklerin tipinden (kuru veya ıslak) ve keten ve kenevir iplik kullanımı durumunda fitil işleminin tipinden (kaynatma veya ağartma) etkilendiği yöntem hakkında araştırma çalışması sunmaktır. Kaynatılmış veya ağartılmış keten ve kenevirden elde edilen liflerin, ipliklerin ve dokuma kumaşların higroskopik özellikleri farklı bağıl nemlerde incelenmiştir. Liflerin nem absorpsiyonu doygunluk sınırının, kaynağın yanı sıra numunenin ön işlemine bağlı olarak değiştiği görülmüştür. Emilen su miktarının lif ve ipliklerin elektriksel direncine ve oda sıcaklığında ıslatma ve kurutma sonrası mekanik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Yüksek gözenekli ham fitilden kuru eğirme ile elde edilen keten ipliklerin, kompakt yapıya sahip ıslak eğrilmiş ipliklere kıyasla daha fazla miktarda su emdiği gözlemlenmiştir. Bunun, kuru eğirme ile elde edilen ipliklerde lifler üzerinde kalan doğal pigmentlerin ve selülozik olmayan maddelerin ipliğin higroskopikliğini önemli ölçüde etkilediği anlamına geldiği belirtilmiştir. Keten ve kenevir iplikler için su emme derecesinin nemin süresine, eğirme öncesi fitile uygulanan terbiye işlemine (kaynatma veya ağartma) ve eğirme tipine (kuru veya ıslak) bağlı olduğu ifade edilmiştir. Kaynatılmış veya ağartılmış fitilden ıslak eğrilmiş keten ve kenevir ipliklerinin, ham fitilden elde edilenlerden daha fazla su emdiği, bunun da kaynatılmış ve ağartılmış ipliklerin sahip olduğu daha yüksek selüloz içeriğine bağlanabileceği belirtilmiştir. Haşlanmış fitilden ıslak eğirme ile elde edilen ve ağartılmış fitilden elde edilen iplikler için su emme hızının farklı olduğu bulunmuştur. Kaynatılmış ve ağartılmış iplikler için oda sıcaklığında düşük su desorpsiyon hızının, bu

ipliklerin yüksek kompaktlığına bağlanabilir olduğu belirtilmiştir. Keten ve kenevir iplikleri, liflerdeki su absorpsiyonunun bir sonucu olarak, kuru duruma kıyasla ıslak halde gerilme mukavemetinde bir artış göstermiştir. Kaynatılmış fitilden ve ağartılmış fitilden elde edilen keten iplikler için ıslatma ve ardından oda sıcaklığında kurutmanın çekme kopma mukavemeti üzerinde hiçbir etkisinin olmadığı görülmüştür. Keten ve kenevir liflerinin ve ipliklerinin elektrik direncinin, on dakikalık ıslanmadan sonra ıslak durumda iken yaklaşık on kat azaldığı ifade edilmiştir. Nem tutma ve emme özelliklerinin, kompozitin boyutsal kararlılığının yanı sıra elektrik direnci için dezavantajlı olabileceği belirtilmiştir [187].

Kozlowski vd. (2013) tarafından yapılan çalışmanın amacı, pamuk ile karışımlarda rotor iplikçiliği için kenevir liflerinin hazırlanmasına yönelik bir yöntem hakkında rapor hazırlamaktır. Deneylerde inceliği 5,6 tex ve uzunluğu 162 mm'den başlayan Özbekistan pamuğu ve kenevir telefleri kullanılmıştır. Kenevir döküntüleri, 3,34 tex inceliğe ve 37,4 mm uzunluğa sahip kotonize kenevir lifleri verecek şekilde enzimatik bir işlemde kotonize edilmiştir. 4,5 ktex inceliğe sahip bir pamuk-kenevir şeridi kullanılarak bir BD 200RN rotor makinesinde iplik üretim deneyleri yapılmıştır. Pamuklu karışımdaki kotonize kenevir liflerinin içeriği %30, %40 ve %50 idi. %70 pamuk/ %30 kenevir harmanı için 32, 40 ve 50 tex, %60 pamuk /%40 kenevir harmanı için 50 tex ve %50 pamuk/ %50 kenevir harmanı için 100 tex numaraya sahip pamuk-kenevir karışimli iplikler üretilmiştir. Eğirilebilirlik testleri, pamuk ile karışımlarda kenevir liflerinin içeriği için %50'nin sınır olduğunu göstermiştir. Karışımdaki kenevir lif içeriğinin %30'a düşürülmesinin, numaraları 30, 40 ve 50 tex olan ipliklerin üretilmesini sağladığı ifade edilmiştir [188].

Zhang ve ark. (2014) tarafından, farklı kenevir içerikli harmanlanmış ipliklerin düzgünlük özelliklerini, mekanik özelliklerini ve yapısal özelliklerini etkileyen faktörler analiz edilmiş ve karışım oranı ile iplik mekanik özelliği arasındaki regresyon denklemi araştırılmıştır. Bu denkleme dayanarak deneyde polyester, kenevir ve pamuk lifleri kullanılarak farklı oranlarda karışım iplikler üretilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, iplikte kenevir lifi oranı arttıkça kenevir karışimli ipliğin düzgünsüzlüğünün arttığı gözlemlenmiştir. Aynı zamanda kenevir lifi, sertliğinin yanı sıra, polyester ve pamuktan daha fazla lif uzunluğuna, daha büyük başlangıç modülüne, düzensiz lif kesitine ve daha büyük yüzey sürtünmesine sahip olduğundan iplik içindeki dağılımı içerikten büyük ölçüde etkilenmiştir. Kenevir lifinin mekanik özelliklerinin iplikteki dağılımından etkilendiği, pürüzsüz yüzeyleri ve düşük tutunma kuvveti nedeniyle, gerildiğinde yüksek mukavemete

sahip olmalarına rağmen, birbirlerinden kaymalarının kolay olduğu görülmüştür. Kenevir lifinin, polyester ve pamuk ile belirli oranlarda karıştırıldığında, büküm etkisi altında tekrar yapışkan kuvvetinin arttığı da gözlemlenmiştir [189].

Ali vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, pamuk eğirme sistemleri için kenevir liflerinin eğirme özelliklerini (mukavemet, yumuşaklık, uzunluk değişimi ve tek lif varlığı) geliştirmek amacıyla kimyasal ve enzimatik işlemler gerçekleştirilmiştir. Enzimle muamele edilmiş lifler %90'dan fazla mukavemet kaybı yaşadığından pamuk eğirme sistemleri için uygun olmadığı bulunmuştur, çünkü bu modifikasyon işlemi selülozik olmayan malzemeleri en az miktarda uzaklaştırmıştır, ancak lifin mukavemetinin çoğunu kaybettiği görülmüştür. Ayrıca, enzim işlemi yumuşaklık ve tek bileşenli lifler gibi temel pamuk eğirme sistemi özelliklerini üretmede başarısız olmuştur. Kimyasal işlemler arasında ağartma işleminin, selülozik olmayan malzemelerin büyük miktarını çıkarttığı ve yumuşaklık özelliğini önemli ölçüde geliştirdiği gözlemlenmiştir. Ağartma işlemi %100 tek bileşenli lif üretmese de, "ayırma kolaylığı" derecesi, bu liflerin kolayca ayrılabilmesini ve eğirme sistemi için uygun olduğunu göstermiştir. Diğer pamuk eğirme parametreleri arasında, ağartılmış liflerin stapel uzunluğu ve yumuşaklık özelliği, pamuk eğirme sisteminin tolerans aralığında olduğu görülmüştür [190].

Antony ve diğerleri (2018) tarafından yapılan çalışmada, kenevir ipliklerinin (tafta ve serge) mekanik özellikleri deneysel, analitik ve sayısal olarak incelenmiştir. Farklı iplik yönlendirme açılarında deneysel çekme testleri yapılmıştır. Olasılık yasasına dayalı olarak, lif kıvrımı, elastikiyet ve hasar olayı dikkate alınarak iplik davranışının matematiksel modeli önerilmiştir. Her bir çözgü ve atkı ipliğinin 3D yeniden oluşturulmuş CAD'i ve mekanik davranışlarının kullanıcı alt programı kullanılarak sayısal simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Tek yönlü ters optimizasyon yaklaşımı, kenevir ipliğinin malzeme özelliklerini optimize etmek için sayısal analize entegre edilmiştir. Önerilen metodolojinin, daha sonraki çalışmalarda kumaş davranışını karakterize etmek için kullanılabileceği belirtilmiştir [191].

2.8.3 Kenevir kumaşlar ile ilgili çalışmalar

Calamari vd. (1999) çalışmasında, karşılaştırma için kenevir/pamuk karışımları hazırlamış ve ayrıca %100 pamuk ipliği, %70 pamuk /%30 jüt ipliği ve %70 pamuk/ %30 keten karışımı iplik üretmiştir. Pamuk/kenevir karışımı ipliklerin, pamuk/jüt ve pamuk

/keten karışımları ile karşılaştırılabilir nitelikte olduğu belirtilmiştir. %100 pamuklu iplikten ve karışımı ipliklerden yapılan deneysel dokuma kumaşlar, pamuk/kenevir karışımı kumaşın kopma mukavemetinin diğer karışımlarınkine benzer, ancak %100 pamuklu kumaştan daha düşük olduğunu ortaya koymuştur. Kenevir karışımı kumaş en yüksek hava geçirgenliğini göstermiştir. Sonuçlar, deformasyondan sonra karışımı kumaşların %100 pamuklu kumaşlara göre daha sert ve geri kazanılabilirliğinin az olduğunu göstermiştir, ancak karışımı iplikten yapılan kumaşların ölçülen yüzey özelliklerinin %100 pamuk kumaşla kıyaslanabilir olduğu belirtilmiştir [192].

Stankovic ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada, kenevir, pamuk ve viskoz içerikli örme kumaşların ısı transfer özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla kenevir, pamuk ve viskoz liflerinden tek başına ve karışımlarıyla üretilen süprem örgüye sahip örme kumaşların kumaş gözenekliliği, hava geçirgenliği, termal iletkenlik, termal direnç gibi özellikleri incelenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda en yüksek hava geçirgenliği ve en düşük termal iletkenlik değerleri %100 kenevir kumaşlarda elde edilirken, en düşük hava geçirgenliği ve en yüksek termal direnç değerleri %100 pamuk kumaşlarda elde edilmiştir. Kenevir/Pamuk ve Kenevir/Viskon karışımı kumaşlar ise ara değerler göstermiştir [193].

Stankovic ve Bizjak (2014)'nın yaptığı çalışmada, iplik katlamanın kenevir düz örme kumaşların hem termal hem de tuşe üzerindeki etkisine odaklanılmıştır. İpliklerin ve örme kumaşların yapısal özelliklerine ek olarak örme kumaşların taşıma özellikleri, deformasyon davranışları ve yüzey özellikleri incelenmiştir. Ancak kenevir liflerinin tuşe ile ilgili bazı sınırlamalarının olması, kaba ve fazla esnekliğe sahip olmaması nedeniyle çalışmadaki asıl amaç, kenevir örme kumaşların iyi termal konfor özelliklerini bozmadan tuşe özelliklerini geliştirmektir. Tek ve çift kat kenevir ipliğinden oluşan örme kumaşlar konfor özellikleri açısından karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, iplik katlamanın giyim malzemelerinin termal ve dokunsal konfor özellikleri üzerindeki etkisinin olumlu olduğunu göstermiştir. İki katlı kenevir ipliğinden üretilen örgülerin hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliğinde bir iyileşme olduğunu gösterirken, ısı direnç artışı kanıtlanmamıştır. İki katlı kenevir ipliğinden oluşan örme kumaşın taşıma ve yüzey özelliklerinde ciddi bir bozulma olmaksızın deformasyon özellikleri (balon yönünde kesme deformasyonuna karşı direnç hariç) iyileştirildiğinden, katlama işleminin ayrıca dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir. İplik katlamanın kumaş konforu üzerindeki etkisinin göz ardı edilemeyeceği çalışmada belirtilmiştir [194].

Baghaei ve diğerleri (2015) tarafından yapılan çalışmada, sıkıştırma kalıplama ile yapılan bir PLA/kenevir dokuma kumaş kompozitinin, mekanik davranışı ve nem emilimi üzerindeki kumaş dokuma yapısının etkisini araştırılmıştır. Tek yönlü dokuma kumaş prepregleri (reçine emdirilmiş dokuma kumaş), PLA ve PLA/kenevir sarımlı hibrit iplikten, iki farklı dokuma deseniyle yapılmıştır: 8'li saten ve panama. Sonuçlar, saten dokuma mimari kumaştan yapılan kompozitin, panama dokuma kumaşla üretilen kompozitlere kıyasla en yüksek çekme, eğilme ve darbe dayanımına sahip olduğunu göstermiştir. Bu gelişme, boşluk içeriğindeki azalma ve lif sapmaları ile ilişkilendirilmiştir [195].

Baghaei ve Strifvars (2015) tarafından bir önceki çalışmayı geliştirmek için yapılan çalışmanın amacı, kenevir/PLA, kenevir-Lyocell/PLA ve Lyocell/PLA sarma yöntemiyle eğrilmiş hibrit ipliklerden üretilen tek eksenli kompozitlerin mekanik özelliklerini karşılaştırmaktır. Kenevir/PLA, kenevir-Lyocell/PLA ve sırasıyla Lyocell/PLA'dan oluşan iyi hizalanmış hibrit iplikler, sarma iplikçiliği (wrap spinning) yöntemiyle ile yapılmıştır. PLA (çözgü) ve hibrit iplikler (atki) ile dokunarak tek yönlü saten kumaşlar yapılmıştır. Kompozitler çekme, eğilme ve darbe özellikleri açısından incelenmiştir. Kompozitin mekanik özelliklerini iyileştirmek için ipliğe Lyocell lifleri ekleyerek hibrit termoplastik takviyelerin geliştirilmesine devam edilmiştir. Bir PLA matrisinde kenevirin Lyocell ile birleştirilmesi, kenevir/PLA kompozitlerine kıyasla mekanik özellikleri iyileştirmiştir. Saten Lyocell/PLA kumaştan yapılan kompozitler en iyi mekanik özellikleri vermiştir. Lif takviye bileşimlerinin tipi, biyokompozitlerin su absorpsiyonunu önemli ölçüde etkilememiştir [196].

Jin Lee ve Sun Ji (2017) yaptıkları çalışmada, giysilerdeki konfor algılarını iyileştirmek için, iplik numarası ve sıvı amonyak (L/A) işleminin farklı iplik numaralarına sahip üç farklı iplikle hazırlanan %100 kenevir dokuma kumaşların sıvı nem yönetimi özellikleri üzerindeki etkilerini (ıslanma süresi, emme oranı, maksimum ıslanma yarıçapı, yayılma hızı, birikimli tek yönlü taşıma kapasitesi ve genel nem yönetimi kapasitesi gibi) MMT (Moister Management Tester) kullanılarak araştırmayı amaçlamıştır. L/A işleminden sonra kristal yapı, kristallik ve morfolojideki değişiklikler de araştırılmıştır. L/A uygulanmış kenevir dokuma kumaşların sıvı nem yönetimi özellikleri, işlem görmemiş olanlara kıyasla çok daha iyi sonuçlar göstermiştir. İplik sayısı arttıkça genel nem yönetimi kapasitesi değerleri artmış ve L/A ile muamele edilmiş kenevir numunelerinin değerleri muamele edilmemiş olanlardan daha yüksek çıkmıştır [197].

Kim ve Kim (2018) tarafından yapılan çalışmada, kenevir/tencel karışımı iplikler ile bunların ring, siro ve air vortex eğirme makinelerinde eğrilen örme kumaşlarının tutum ve giysi konforu özellikleri ve kenevir liflerinin hava jeti (air vorteks) sistemi üzerinde eğrilebilirliğini ve uygulama olanaklarını incelenmiştir. Air vortex iplikle örülmüş kumaşın tutum özellikleri, air vortex iplik yapısından kaynaklanan iplik mekanik özelliklerinden etkilenmiştir. Kenevir/tencel air vorteks ipliğinin düzgünsüzlüğü ring ve siro-eğirilmiş ipliklere göre daha düşük olduğu, özellikle kenevir/tencel air vorteks ipliklerinin tüylülüğünün, ring ve siro-eğirilmiş ipliklerden çok daha az ve daha kısa olduğu bulunmuştur. Tutum ve giysi konforu özellikleri, bu iplik mekanik özelliklerinden etkilenmiştir. Hava jetli örme kumaşın eğilme rijitliğinin, ring ve siro iplikli örme kumaşlara göre daha düşük olduğu, hava jetli örme kumaşın uzama yeteneğinin ise ring ve siro iplikli örme kumaşlara göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Air vortex iplikle örülmüş kumaşın yüksek uzama yeteneği ve düşük eğilme rijitliği, ona ring ve siro ipliklerle örülmüş kumaşlardan daha yumuşak tuşe özelliği kazandırmıştır. Air vorteks ipliğinin bu iplik yapısı, ring ve siro ipliklerle karşılaştırıldığında 2 katlı air vorteks ipliklerinde düşük mukavemet, kopma gerilimi ve başlangıç modülü ile sonuçlanmıştır. Bu durumun, ring ve siro ipliklerle karşılaştırıldığında hava jetli ipliğin düşük young modülünden kaynaklandığı belirtilmiştir. Genel olarak, air vortex iplikle örülmüş kumaşların mekanik özelliklerinin, air vortex eğirme sisteminde kenevir liflerinin uygulama olasılığını haklı çıkaracak daha yumuşak tutum ve daha iyi şekil alabilirlik ile ilişkilendirilmiştir [198].

Gedik ve Avinç (2018) yaptıkları çalışmada, kenevir kumaşı perasetik asit ile çektirme ve emdirme yöntemlerini kullanarak ağartmışlardır. Kenevir liflerinin perasetik asit ve hidrojen peroksit ile ağartılması araştırmış ve sonuçları birbirleriyle karşılaştırmışlardır. Beyazlatmalar, emdirme ve çektirme yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir. Numunelerin beyazlıkları belirlenmiş ve mukavemet kayıpları ölçülmüştür. Liflerin yüzey morfolojisindeki fiziksel değişimleri detaylı olarak anlayabilmek için SEM ve floresan mikroskop görüntüleri değerlendirilmiştir. Ağartma işlemlerinin kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) açısından çevresel etkilerini incelemek için, çekme işlemlerinin ağartma banyosu çıkışları analiz edilmiştir. Seçilen ağartılmış numuneler için reaktif boya alımları da ölçülmüştür. Perasetik asitle yağılan emdirme yönteminde çektirme yöntemine göre daha yüksek beyazlık değerleri elde edilmiştir. Hidrojen peroksit ağartma ile daha yüksek

beyazlık özellikleri tespit edilmesine rağmen, KOİ analizi, hidrojen peroksit ağartma çıkışındaki yüksek atık yükünü göstermiştir [199].

2.8.4 Kenevir kompozitler ile ilgili çalışmalar

Mohanty ve arkadaşları, selüloz asetat matrisine sahip %30 kenevir lifi takviyeli kompozit malzeme üretmişlerdir. Toz emdirme ve ekstrüzyon ve ardından enjeksiyon kalıplama yöntemlerini kullanmışlardır. Kenevir lifi takviyeli selüloz asetat kompoziti, 78,3 MPa eğilme mukavemeti ve 5,6 GPa elastisite modülü sergilemiş ve aynı kenevir lif oranına sahip polipropilen muadili sırasıyla 55,3 MPa ve 3,7 GPa eğilme mukavemeti ve elastisite modülü sergilemiştir [200].

Masirek vd. (2007) tarafından poli(L-laktid) ile kenevir liflerinin kompozitlerinin morfolojisi, mekanik ve termal özellikleri araştırılmıştır. Hem nitrojen hem de havada gerçekleştirilen kompozitlerin termogravimetrik analizi, lif takviyeli sistemlerin bozunma sürecinin, plastikleştiricinin varlığından bağımsız olarak düz PLA'dan daha erken başladığını gösterdi. Mekanik testler, kompozitlerin elastisite modülünün kenevir içeriği ile belirgin bir şekilde arttığını, ağırlıkça %20 kenevir ile takviye edilmiş kristalize PLA durumunda 5,2 GPa'ya ulaştığını, buna karşın uzama ve kopma geriliminin giderek azaldığını göstermiştir [201].

Kenevir lifi/polipropilen çekirdekli ve numunenin her iki tarafında iki cam lifli/polipropilen yüzey katmanına sahip hibrit lamine kompozitlerin (LC) eğilme davranışı Reis, Ferreira, Antunes ve Costa (2007) tarafından incelenmiştir. Tam cam lif takviyeli polipropilen laminatlarla karşılaştırıldığında, hibrit kompozitlerin ekonomik, ekolojik ve geri dönüşüm avantajlarına ve ayrıca belirli yorulma mukavemeti faydalarına sahip olduğu bulunmuştur. Eğilme mukavemeti özelliklerini ve yorulma davranışını değerlendirmek için her iki laminat için üç noktalı bükmede statik ve yorulma testleri yapılmıştır. Başlıca bulguların, lamine kompozitlerin (LC), kırılma mekanizmalarındaki değişikliklerle ilişkili hibrit lamine kompozitlerden (HLC) yaklaşık %4 daha yüksek bir nihai mukavemet sergilediği ve sertlik modülünün de yaklaşık %3,8 daha yüksek olduğu görülmüştür. Hibrit lamine kompozitlerin farklı statik dayanımların bir sonucu olarak lamine kompozitlerden yaklaşık %20 daha düşük olduğu görülmüştür [202].

Enjeksiyon kalıplı kısa kenevir lifi/cam lifi ile güçlendirilmiş polipropilen hibrit kompozitlerin mekanik, su emme ve termal özellikleri Panthapulakkal ve Sain (2007) tarafından araştırılmıştır. Yazarlar, cam lifi ile hibridizasyonun performans özelliklerini geliştirdiğini gözlemlemişlerdir. Ağırlıkça %25 kenevir ve ağırlıkça %15 cam içeren hibrit kompozitten eğilme mukavemeti için 101 MPa ve eğilme modülü için 5,5 GPa değeri elde edilmiştir. Hibrit kompozitlerin çentikli İzod darbe dayanımı, hibritlenmemiş numunelere kıyasla büyük bir gelişme (%34) sergilemiştir. Kenevir lifi kompozitlerinin termal özellikleri ve su emmeye karşı direnç özellikleri, cam liflerle hibridizasyon yoluyla iyileştirilmiştir [203].

Musio ve diğerleri (2018), lif tipi seçiminin kenevir/epoksi kompozit özelliklerine etkisini araştırmıştır. Kenevir/epoksi kompozitlerin kırılma noktasındaki mukavemetinin, lif olgunluğunu belirleyen hasat zamanından güçlü bir şekilde etkilendiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, keten liflerine benzer özellikler gösteren uzun kenevir lif demetlerinin, yüksek performanslı kompozit uygulamalar için uygun olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumda dekortikasyon verimi yüksek sarı kenevir çeşitleri kompozit uygulamalar için öne çıkmaktadır. Cam ve karbon lif esaslı kompozitler gibi sentetik kompozit malzemeler otomotiv, havacılık, spor, inşaat gibi birçok endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Sentetik hammaddelere olan talep hızla artmakta ve buna bağlı olarak fiyat hızla artmaktadır. Ayrıca, modern dünya endüstrilerinde en yüksek önceliklerden bazıları olan sınırlı geri dönüştürülebilirlik, yenilenebilirlik, biyolojik olarak parçalanabilirlik vb. gibi bazı önemli dezavantajları vardır. Bu sorunları çözmek için en iyi çözümlerden biri, sentetik lif kompozitlere kıyasla ucuz, hafif, düşük enerji tüketimi, geri dönüştürülebilir, yenilenebilir ve biyolojik olarak parçalanabilen doğal lif kompozitlerin farklı mühendislik uygulamalarında kullanımının yaygınlaştırılmasıdır [204].

Mazzanti ve arkadaşları, kenevir lif morfolojisinin kompozit yapı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. PLA polimer matrisine alkali ile muamele edilmiş ve edilmemiş kısa kenevir liflerini tanıtmış ve lif kalitesinin kompozit mekanizmayı önemli ölçüde etkilediğini gözlemlemişlerdir. Alkali ile muamele edilmiş lif dolgulu kompozitlerin daha yüksek çekme değerlerine sahip olduğu bulunmuştur [205].

3 MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Kullanılan Materyal

Kenevir liflerinin geri dönüşüm iplikçiliğinde kullanımının etkilerini araştırmak için dört farklı iplik numarasında, kenevir oranının kademeli olarak artırıldığı beş farklı harman reçetesinde toplam 20 farklı geri dönüşüm ipliği üretilmiştir. Çalışma, geri dönüşüm iplik üreten bir fabrikada gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle fabrika tarafından üretilen geri dönüşüm iplikler referans olarak deney grubuna dâhil edilmiştir. Ayrıca çalışmanın örnekleri fabrikanın üretim koşullarına göre üretilmiştir. Çalışmanın referans iplik örnekleri, bu iplik numaraları için geri dönüşüm iplik fabrikaları tarafından kullanılan en yaygın karışım oranlarına sahiptir. Çalışmanın iplik örneklerinin tamamı geri dönüşüm pamuk lifleri, 1,3 dtex lif inceliğinde ve 38 mm lif uzunluğundaki orjinal polyester lifleri ve kesilen ve kotonize edilen kenevir lifleri karıştırılarak elde edilen harmandan üretilmiştir.

3.2 Liflere Uygulanan Kimyasal ve Mekanik İşlemler

Tez çalışması için Samsun Vezirköprü’de hasat edilen, biyolojik yöntemle elde edilen kenevir lifleri temin edilmiştir. Elde edilen ham haldeki kenevir lifleri önce Uşak Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Kimyasal Tekstil Muayeneleri Laboratuvarı’nda mikro ölçekte delignifikasyon (alkali yıkama) ve ağartma işlemlerine tabi tutulmuştur. Laboratuvar ortamında kenevir liflerinin kotonizasyon işlemi için uygulanacak optimum şartlar belirlenmiştir. Daha sonra geri dönüşüm ipliği üreten fabrikanın lif boyama tesisinde laboratuvarda belirlenmiş reçeteye göre endüstriyel ölçekte kotonizasyon işlemi uygulanmıştır. Fabrika ortamında biyolojik havuzlanmış kenevir liflerinin kısa lif iplikçiliğinde kullanılabilir hale getirilmesi(kotonize edilmesi) için liflere sırasıyla kesme, alkali yıkama, ağartma ve yumuşatma işlemleri uygulanmıştır.

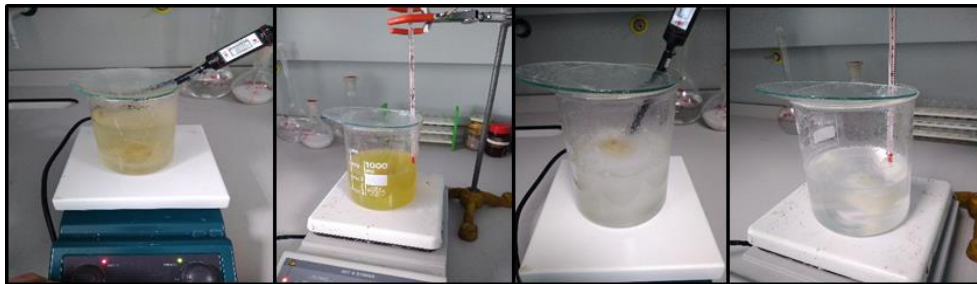
3.2.1 Laboratuvar ortamında kenevir liflerine uygulanan işlemler

Kenevir liflerinin hidrofilitesini arttırmak, selülozik olmayan maddeleri uzaklaştırmak ve kenevir liflerinin kalitesini (incelik, esneklik, vb.) iyileştirmek amacıyla sodyum hidroksit çözeltileri ile alkali yıkama işlemi yapılmış ve süreç literatüre göre [199] tasarlanmıştır. Öncelikle deneme amaçlı laboratuvar ortamında (oda sıcaklığında) test işlemleri gerçekleştirilmiştir. Hassas terazide 2 gr ağırlığında tartılan lif demeti, 38 mm boyunda makasla kesilerek alkali yıkama yapılmıştır. Alkali banyosu, 0,2 M 500 mL NaOH (sodyum hidroksit) çözeltisi ile beherde hazırlanmıştır. Lifler, NaOH banyosunda 80 °C'de 60 dakika süresince, manyetik karıştırıcıda 30 rpm karıştırma hızında, atmosferik şartlarda muamele edilmişlerdir. Alkali muamele işlemi sonunda kenevir lifleri saf su ile yıkanarak, ağartma işlemine geçilmiştir.

Ağartma işlemi beherde, 0,2 M H₂O₂ (%30 w/w) (Hidrojen Peroksit) 500 mL sulu çözeltisi içerisinde, manyetik karıştırıcıda 30 rpm karıştırma hızında, 80 °C'de 60 dakika süre ile atmosferik şartlarda gerçekleştirilmiştir. İşlem sonunda kenevir lifleri saf su ile yıkanarak, yumuşatma işlemine geçilmiştir.

Yumuşatma işleminde lifler, zayıf iyonik olmayan yumuşatıcılar ile beherde 40 °C'de 30 dakika manyetik karıştırıcıda 30rpm karıştırma hızında yumuşatma işlemine tabi tutulmuştur. Bu sayede, kenevir lifleri keçeleşme ve yumuşatma problemlerinden uzaklaştırılmıştır. İşlem sonunda kenevir lifleri saf su ile yıkanarak, laboratuvar ortamında kurumaya bırakılmıştır.

Alkali yıkama ve ağartma işlemleri Resim 3.1'de gösterilmiştir.



Resim 3.1. Kenevir liflerine uygulanan alkali yıkama ve ağartma işlemi.

Kurutma sonrasında daha yumuşak formda ve üretim tesisinde tarak makinelerinde işlenebilecek seviyeye getirilmiştir.

Liflere uygulanan kimyasal işlemler öncesi ve sonrası görselleri Resim 3.2’de verilmiştir.



Resim 3.2. Kenevir liflerinin kimyasal işlem öncesi ve sonrası görüntüsü.

Kenevir liflerine uygulanan kimyasal işlemler sonucunda liflerin kimyasal özelliklerinin değişimini incelemek için kızılötesi spektroskopi (FT-IR) analiz yöntemi uygulanmıştır. Kızılötesi spektroskopi, ATR aparatı ile donatılmış bir Perkin-Elmer Spectrum Two FT-IR spektrofotometre üzerinde gerçekleştirilmiştir. Her numune için 5 taramanın ortalaması olarak kaydedilen spektrum alınmıştır.

Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen denemeler sonucunda nihai reçeteye karar verilmiş, fabrika ortamında endüstriyel ölçekte uygulanacak işlemler belirlenmiştir.

3.2.2 Fabrika ortamında kenevir liflerine uygulanan işlemler

Fabrika ölçeğinde 200 kg kenevir lifi kullanılmıştır. Öncelikle kenevir lifleri fabrika bünyesinde bulunan Balkan DTA62 Giyotin Kesme Makinesi’nde üç aşamalı kesme uygulanarak ortalama 38 mm uzunlukta olacak şekilde kesilmiştir. Kesme işlemi sonrası kenevir liflerinin boyları kısalmış, pamuk liflerine yaklaşmıştır. Kesme işlemine ait görüntüler Resim 3.3 ve Resim 3.4’te gösterilmiştir.

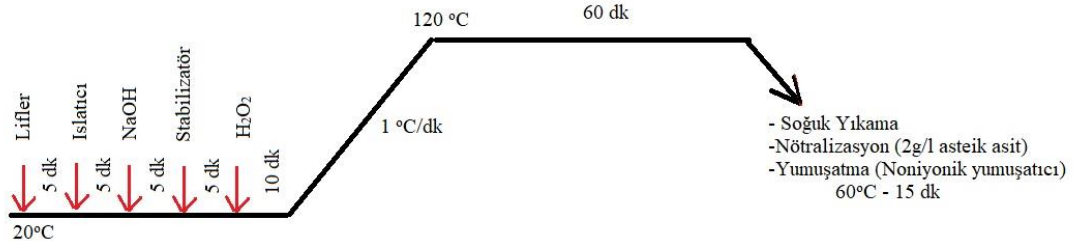


Resim 3.3. Şifanöz sonrası pres makinesinde liflerin preslenmesine ait görüntü.



Resim 3.4. Preslenmiş kenevir liflerinin görüntüsü.

Fabrikada bulunan lif boyama tesisinde laboratuvar şartlarında belirlenen reçete ve prosedür fabrika şartlarında HT boyama kazanlarında gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar ortamında denenerek karar verilen reçete ölçülerine göre fabrikada HT kazanında uygulanan alkali işlem ve ağartmaya ait diyagram Şekil 3.1’de gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Uygulanan alkali işlem ve ağartmaya ait diyagram

Kotonizasyon işlemi uygulanacak kenevir lifleri preslenmiş hale getirilip (Resim 3.5), endüstriyel büyüklükteki kazanlarda (5-10 m³ hacminde) (Resim 3.7) yüksek sıcaklıkta (100-130 °C) işlem görmüştür.



Resim 3.5. Preslenen kenevir liflerinin görüntüsü.



Resim 3.6. Kenevir liflerine uygulanan kimyasal işlemlerin yapıldığı basınçlı kazanın görüntüsü.

Kazanda işlem gören kenevir liflerine ve kazan çıkışında ortaya çıkan atık suya ait görüntüler Resim 3.7’te gösterilmiştir.



Resim 3.7. Alkali yıkama sonunda kazandan deşarj edilen sulu çözelti.

Uygulanan işlemde kullanılan kimyasallar, kazan içerisine ısıtma işlemi başladıktan sonra gönderilmekte ve silindirik olan kazanın merkezinden kazanın yüksekliği boyunca merkezden kazanın dış çeperine doğru bir akım oluşturacak şekilde beslenmektedir.

Kazanda kotonizasyon işlemi tamamlanan kenevir lifleri serbest bir şekilde zemine serilerek kurutulmuştur.

3.3 İplik Üretim İşlemleri

Hazır giyim imalat sanayinden gelen kumaş artıklarından elde edilen iplik numunelerinde geri dönüşüm pamuk lifleri kullanılmaktadır. Tüketici öncesi giysi atığı olarak gelen kumaş artıklarından elde edilen geri dönüşüm liflerin öncelikle kantitatif analizleri (AATCC 20A) yapılarak pamuk oranları kontrol edilmiştir. Kumaş kırıntılarından mekanik açma yöntemiyle elde edildiği için geri dönüşüm liflerinin karışımı değişebilmektedir. Bu sebeple deney grubu için seçilen geri dönüşüm lif numunesi 50 + 5°C'de %75'lik sülfürik asit çözeltisi ile muamele edilerek geri dönüşüm pamuk lifi olacak şekilde belirlenmiştir.

Ayrım işlemi ile seçilen kumaş artıkları Balkan DTA62 giyotin kesme makinesi kullanılarak kesilmiştir. Ardından Balkan DT30 Mega şifanöz makinesinde açma işlemine tabi tutulmuşlardır. Açılan geri dönüşüm pamuk lifleri preslenerek balyalar halinde harman hallaç dairesine iletilmiştir.

Orijinal polyester lifleri ise Sasa A.Ş. tarafından üretilen beyaz renk, 1.3 dtex incelikte ve 38 mm lif uzunluğundadır.

Tez çalışması kapsamında planlanan harman planına göre kenevir, geri dönüştürülmüş pamuk ve orijinal polyester lifleri harman hallaç dairesinde işleme alınmıştır. Belirlenen deney planı için her bir gruptan 50 kg olacak şekilde harmanlar hazırlanmıştır. Bu şekilde 50 kg lif karışımı içeren 16 farklı harman elde edilmiştir. Harmanlar işletme bünyesinde sandviç harman olarak hazırlanmış, numune besleme hattı ile numune harman odasına iletilmiştir. Her bir harman işletmede bulunan numune harman odasında iki kez aktararak karıştırılmıştır. Geri dönüşüm pamuk atık malzemeleri, işlenmemiş polyester lifler ve kotonize edilmiş kenevir lifleri Balkan B10 Balya Açıcı ile beslenerek Balkan Dt80 Box Odası kullanılarak harmanlanmıştır.

Harman hallaç dairesinde açılıp karıştırılan lif grubu Trützschler TC 11 tarak makinesinde (Resim 3.8) 150 m/dak hız ve 61,2 kg/saat üretim olacak şekilde makine ayarlarında tarama işlemine tabi tutulmuştur. Tarakta ana tambur devri 470 mm/sn, şapka devri 270 mm/sn ve tarak bandı numarası 6 ktex olarak ayarlanmıştır.



Resim 3.8. Trützschler TC 11 tarak makinesi [206].

Tararlama işleminden sonra lif demeti Rieter RSB-D 50 Cer Makinesi (Resim 3.9) kullanılarak bir pasaj çekim uygulanmıştır. Geri dönüşüm iplikçiliğinde kumaş kırpıntılarında açılan liflerde kanca bulunmadığı için genellikle tek pasaj cer işlemi uygulanmaktadır. Cer makinasında 600 m/dk hızda altı dublaj uygulanarak 5.5 ktex cer bandı üretilmiştir.



Resim 3.9. Rieter RSB-D 50 cer makinesi [207].

Elde edilen cer şeritlerinden Rieter R36 open-end iplik makinesinde işletmenin belirtilen iplik numaraları için hâlihazırda kullandığı makine ayarlarında iplikler üretilmiştir. Geri dönüşüm iplikler, Ne 30 (19,7 tex) numaraya sahip iplik üretmek için rotor çapı 36 mm, Ne 20 (29,5 tex) numaraya sahip iplik üretmek için rotor çapı 44 mm, Ne 12 (49,2 tex) ve Ne 6 (98,4 tex) numaraya sahip iplik üretmek için rotor çapı 54 mm olan Rieter R36 open-end iplik makinelerinde (Resim 3.10) eğrilmiştir. Open end iplik eğirmeciliğinde genellikle iplik

inceliğine göre ayarlanan rotor çapları işletmenin mevcut ayarlarıyla kullanılmıştır. 4 farklı harmanla üretilen iplikler için benzer makine ayarları kullanılmaya çalışılmıştır. Bunlar; 36 mm rotor için 84,000 ve 76,000 1/min rotor devri, 0,411 m/dk şerit besleme hızı ve 108 m/dk bobin sarım hızı; 44mm rotor için 68,000 1/min rotor devri, 0,644 m/dk şerit besleme hızı ve 110 m/dk bobin sarım hızı kullanılmıştır. Ne 6 ve Ne 12 numara için aynı makine ayarları kullanılmıştır. Bunlar; 54 mm rotor için 50,000 ve 53,000 1/min rotor devri, 1,77 m/dk şerit besleme hızı ve 97 m/dk bobin sarım hızı kullanılmıştır. Açıcı hızları tüm makineler için 10,000 dev/dk olarak ayarlanmıştır.



Resim 3.10. Rieter R36 open-end iplik makinesi [208].

İplik örnekleri, her bir iplik tipi için iplik numarasına göre referans iplik ayarlarında makinede eş zamanlı olarak üretilmiştir (Resim 3.11). Sadece 30-4 kodlu Ne 30 iplik makinede yeterli mukavemeti sağlayamadığı için ayrı partide daha yüksek büküm seviyesinde üretilmiştir. Detaylı üretim bilgileri Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.



Resim 3.11. Aynı makinede çalışan iplik numuneleri örneği.

Planlanan harman reçetelerine göre üretilen iplikler ve temel özellikleri Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada üretilen ipliklerin temel özellikleri.

Numune Kodu	İplik Numarası (Ne)	Geri Dönüşüm Pamuk Oranı (%)	İşlenmemiş Polyester Oranı (%)	Kenevir Oranı (%)	Büküm (T/m)	Büküm Katsayısı (ae)	Rotor Çapı (mm)	Rotor Hızı (rpm)
6-R	6	85	15	-	360	3,7	54	50,000
6-1		25	50	25				
6-2		50	35	15				
6-3		50	25	25				
6-4		50	15	35				
12-R	12	75	25	-	520	3,8	54	53,000
12-1		25	50	25				
12-2		50	35	15				
12-3		50	25	25				
12-4		50	15	35				
20-R	20	35	65	-	620	3,6	44	68,000
20-1		25	50	25				
20-2		50	35	15				
20-3		50	25	25				
20-4		50	15	35				
30-R	30	50	50	-	780	3,7	36	84,000
30-1		25	50	25				
30-2		50	35	15				
30-3		50	25	25				
30-4		50	15	35	860	4,0	36	76,000

3.4 İpliklere Uygulanan Testler

Bu çalışmada üretilen iplik numunelerinin kondüsyonlanması için numuneler, ASTM D1776/D1776M-15'e göre testlerden 24 saat önce standart atmosfer koşullarında ($20\pm 2^{\circ}\text{C}$, $65\pm 2\text{ RH}$) laboratuvarında tutulmuştur.

İpliklerin büküm seviyelerinin ölçümü otomatik büküm ölçme cihazında TS 247 EN ISO 2061 standardı esas alınarak kopma prensibine göre yapılmıştır. Otomatik metrik çıkırık ile bobinden 100'er metrelik iplik çileleri hazırlanıp, hassas terazide tartılarak TS 244 EN ISO 2060 standardına göre iplik numaraları ölçülmüştür. İplik düzgünsüzlüğü, ince yer (-50%), kalın yer ($+50\%$) ve neps ($+200\%$) olarak adlandırılan iplik hataları ve iplik tüylülüğü ölçümleri Uster Tester 3 cihazında yapılmıştır. Her bir iplik tipine ait 10 adet bobinin ölçümleri 400 m/dk test hızında ve 2,5 dakika test süresinde, toplam 1000 metre iplik şartlarında Uster kalite standartlarına göre gerçekleştirilmiştir. İplik kopma mukavemeti ve kopma uzaması ölçümleri Uster Tensorapid-3 cihazında TS 245 EN ISO 2062 standardına göre yapılmıştır. Ölçümler için çeneler arası mesafe 500 mm, test hızı 500 mm/dakika ve ipliklere 0,5 cN/tex ön gerilim olacak şekilde uygulanmıştır.

3.5 İstatistiksel Değerlendirme

Deney planına göre ipliklerin ölçülen ince yer, kalın yer ve neps hataları, düzgünsüzlük ve tüylülük ölçüm değerleri, kopma mukavemeti ve uzama değerleri SPSS 22.0 istatistiksel paket programı kullanılarak %95 güven aralığında ($\alpha=0,05$) varyans analizi kullanılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca ölçülen değerler için farklılaşan grupların tespit edilmesi için Student Newman, Kuel (SNK) Post Hoc testleri uygulanmıştır.

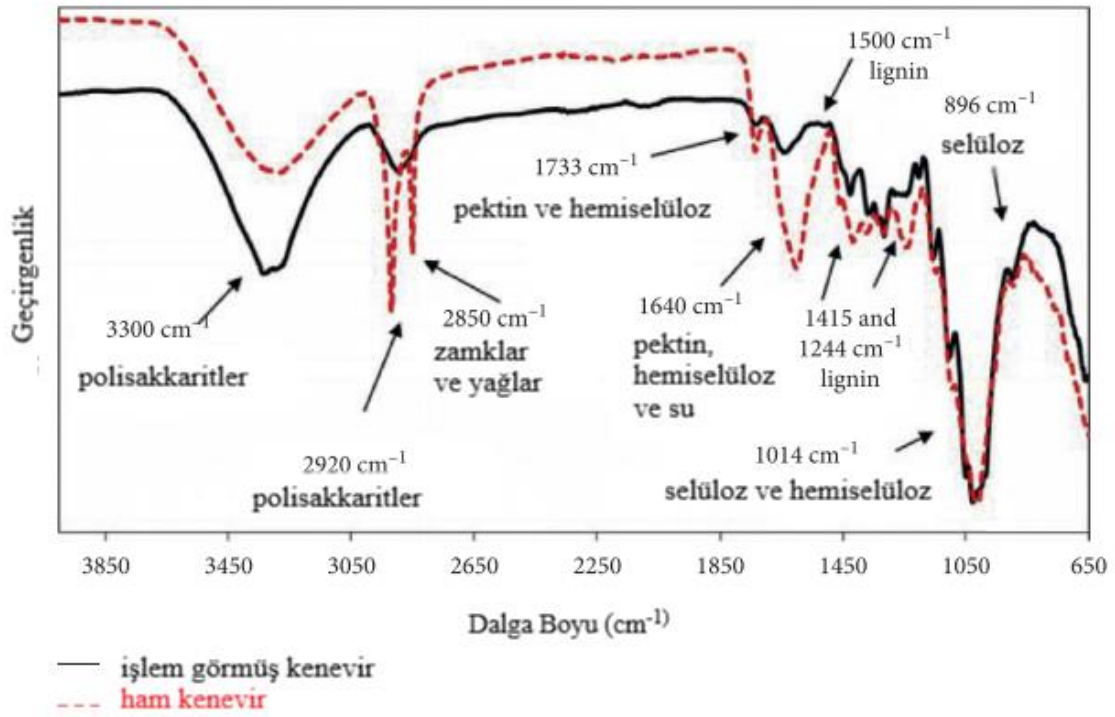
4 BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, biyolojik havuzlanmış kenevir liflerine uygulanan kotonizasyon işlemlerinin etkisini incelemek için öncelikle liflerin işlem öncesi ve sonrası FTIR analizleri yapılmıştır. Daha sonra kenevir oranı kademeli olarak arttırılmış dört farklı iplik numarası ve beş farklı karışım oranında üretilen iplik örneklerinin kalite özellikleri incelenmiştir.

4.1 Lif Özelliklerinin Değerlendirilmesi

4.1.1 FTIR spektroskopisi

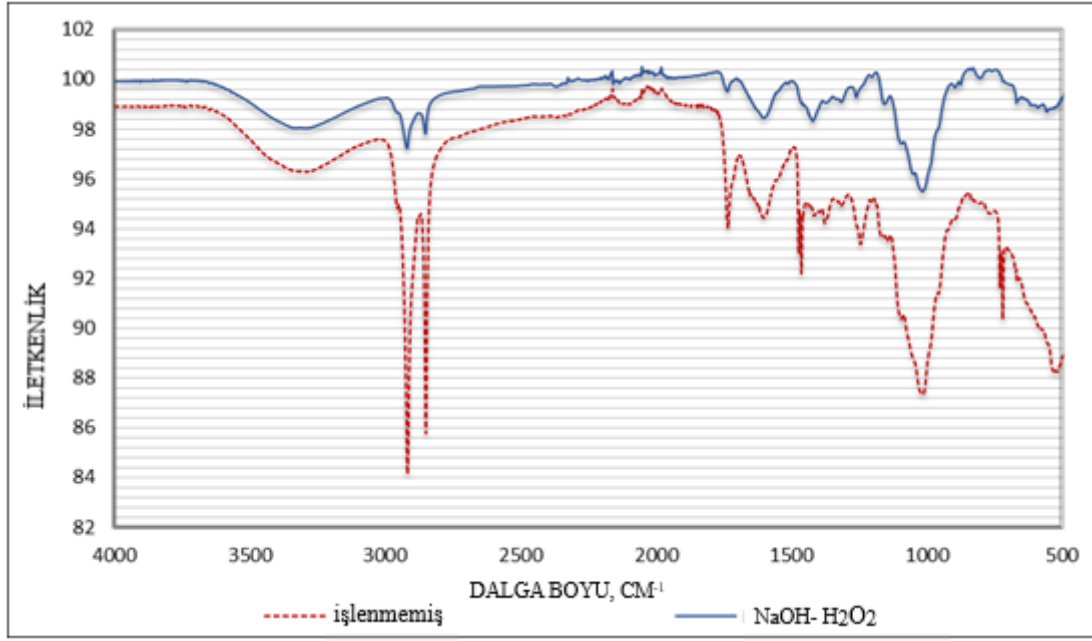
Literatürdeki çalışmalarda, kenevir liflerine uygulanan kimyasal işlemler sonucunda liflerin kimyasal içeriğinin değişimini incelemek amacıyla bazı karakterizasyon çalışmaları yapılmıştır. Bu karakterizasyon çalışmaları arasında en sık kullanılan yöntem olarak kızılötesi spektroskopi (FTIR) analiz yöntemi gözlenmiştir. Bunun nedeni, liflerdeki bileşikleri ayırt eden kimyasal bağların FTIR spektroskopisi ile kolaylıkla belirlenebilmesidir. Sisti vd. (2016), kenevir liflerini enzimle muamele ederek, liflerin muamele öncesi ve sonrası ATR FT-IR spektroskopisini almışlardır [209]. Ham ve enzimle muamele edilmiş kenevir lifleri karşılaştırıldığında, Şekil 4.1'de farklı yoğunluklarda spektrum tepe noktaları kaydedilmiştir.



Şekil 4.1. Ham kenevir lifi ve enzimle muamele edilen kenevir liflerinin ATR FT-IR spektroskopisi [209].

Sırasıyla mumlar ve yağlar için polisakkaritlerin –CH simetrik gerilmesinden sorumlu 2850 cm^{-1} piki kaybolmuştur. Enzimle muamele görmüş liflerde gözlenen 1640 , $1550\text{--}1400$ ve 1244 cm^{-1} piklerin yokluğu, enzim hidrolizi ile lignindeki pektin ve hemiselüloz için karboksilat iyonlarının ve aromatik halkanın etkin bir şekilde uzaklaştırıldığını göstermiştir. Ayrıca, emzimle muamele görmüş lifler için daha yüksek miktarda selüloz ve hemiselüloz içeriği, 3300 cm^{-1} 'lik daha keskin zirve ile görüntülenebilir [209].

Bu çalışmalara göre, kenevir liflerinin yapısında sıklıkla bulunan bileşikleri (selüloz, hemiselüloz, lignin ve pektin) karakterize eden kızılötesi dalga boyları belirlenmiştir [209, 210, 211, 212]. Belirlenen bu dalga boyları dikkate alınarak işlem öncesi ve sonrası kenevir liflerine uygulanan FTIR sonuçları Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Ham kenevir lifi ve kotonize edilmiş kenevir liflerinin ATR FT-IR spektrumları.

Kenevir liflerinin kimyasal işlem öncesi ve sonrası ATR FT-IR spektrumları incelendiğinde $2900\text{--}2800\text{ cm}^{-1}$, 1750 cm^{-1} , 1450 cm^{-1} , 1260 cm^{-1} , 1020 cm^{-1} ve 750 cm^{-1} dalga sayısında önemli bir azalma gözlenmektedir.

Kimyasal işlem sonucunda $2900\text{--}2800\text{ cm}^{-1}$, 1020 cm^{-1} ve 750 cm^{-1} sinyallerinde görülen azalmaya istinaden kenevir lifindeki selüloz/hemiselüloz miktarının azaldığı görülmektedir.

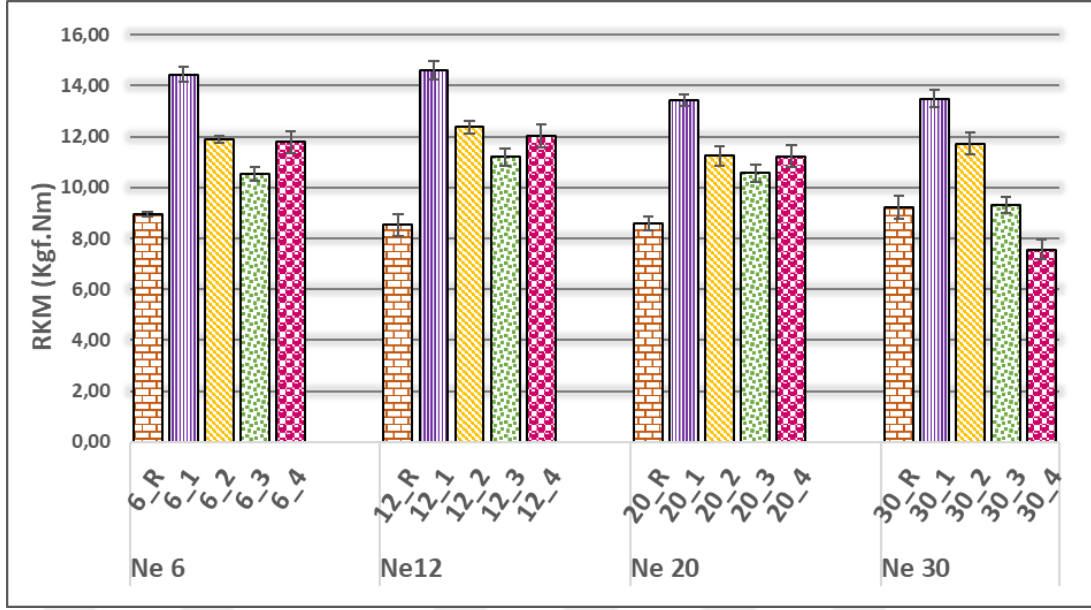
Benzer şekilde kimyasal işlemten sonra 1454 cm^{-1} ve 1260 cm^{-1} dalga sayılarındaki sinyallerdeki azalma lignin maddesinin ve 1750 cm^{-1} sinyalindeki azalma pektin maddesinin kenevir lifi yapısından büyük oranda uzaklaştırıldığını göstermektedir.

4.2 İplik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

4.2.1 Kopma mukavemeti

Tekstil malzemeleri bilimindeki temel ve klasik bir problem, liflerin ve ipliklerin mukavemeti arasındaki bağlantıdır. Bu nedenle bu ilişkinin kurulması hem teoride hem de pratikte önemlidir [213].

Bu çalışmada üretilen ipliklerin kopma mukavemeti sonuçları Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3. İplik kopma mukavemeti sonuçları.

Kopma mukavemeti ölçüm sonuçları incelendiğinde, en yüksek değerlerin %25 geri dönüşüm pamuk/%25 kenevir/%50 polyester karışımli ipliklerde olduğu görülmektedir. Yüksek lif mukavemeti özelliklerine sahip kenevir ve polyesterin, karışımlarında en yüksek polyester-kenevir oranına sahip olan ipliklerin mukavemetini arttırdığı tespit edilmiştir. Karışımdaki polyester oranı arttıkça ipliğin mukavemetinin arttığı görülmektedir. Karışımdaki polyester oranındaki azalmaya rağmen kenevir oranındaki artış ipliklerin mukavemet değerlerine olumlu yansımaktadır. İplik numaralarına bakıldığında dikkat çeken sonuç Ne 30, %50 geri dönüşüm pamuk/%35 kenevir/%15 polyester karışımı ipliğin en düşük mukavemet değeridir. Mukavemette etkili bir parametre olan ipliğin kesitindeki lif sayısı da verileri etkileyebilir. Bu iplikler ince iplikler olduğu için kesitteki lif sayısının az olması ve yapısındaki polyester oranının azalması bu duruma neden olmuş olabilir.

Genel olarak geri dönüşüm iplik yapısına eklenen kenevir lifinin iplik mukavemeti üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu yapılan çalışmalardan bilinmektedir [189]. Kenevir lifi, polyester ve pamuk lifinden daha uzun bir temel uzunluğa, daha fazla lif sertliğine ve başlangıç modülüne sahiptir. Bu nedenle iplik yapısındaki dağılımı, geri dönüşüm ipliğin mukavemetine katkıda bulunur. Her iplik inceliği için fabrika üretiminde hali hazırda referans olarak kullanılan karışımlara kenevir ilave edilerek hazırlanan karışımların daha iyi mukavemet sonuçları verdiği tespit edilmiştir.

Yapılan varyans analizine göre ipliklerin kopma mukavemeti değerlerinin birbirleri arasında istatistiksel olarak önemli ölçüde farklı olduğu görülmektedir ($p<0,05$). Mukavemete göre SNK post hoc test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Karışım oranına göre kopma mukavemeti değerlerinin SNK post hoc testlerinin sonuçları.

Karışım Oranı	Numune sayısı	$\alpha=0,05$ için altküme				
		1	2	3	4	5
Referans	40	8,8163				
50geri dönüşüm/25kenevir/25pes	40		10,3958			
50geri dönüşüm/35kenevir/15pes	40			10,6455		
50geri dönüşüm/15kenevir/35pes	40				11,8110	
25geri dönüşüm/25kenevir/50pes	40					13,9950
Sigma		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Kopma mukavemet değerleri için SNK post hoc sonuçlarında görüldüğü gibi karışım oranı dikkate alındığında en düşük değer referans iplik iken, karışım oranı %25 geri dönüşüm pamuk/%25 kenevir/%50 polyester en yüksek değeri göstermektedir. Tabloda her bir karışımın kopma mukavemeti değerleri birbirinden farklılık göstermiştir. Burada belirleyici rolü kenevir lifinin oynadığı tahmin edilmektedir.

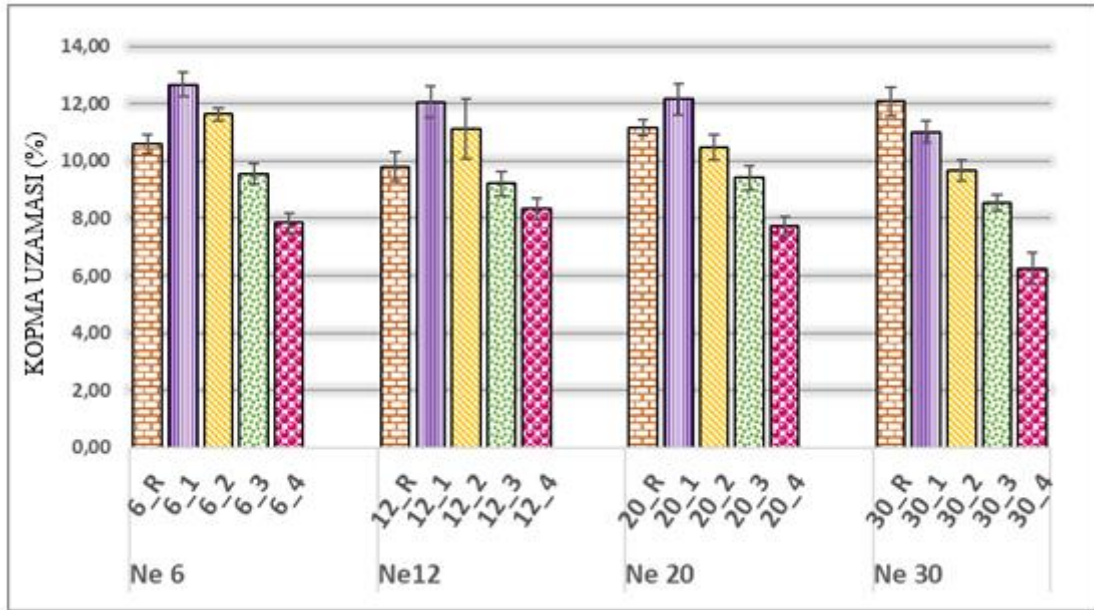
Çizelge 4.2. İplik numarasına göre kopma mukavemeti değerlerinin SNK post hoc testlerinin sonuçları.

İplik Numarası	Numune sayısı	$\alpha=0,05$ için altküme			
		1	2	3	4
Ne 30	50	10,2608			
Ne 20	50		11,0114		
Ne 6	50			11,5166	
Ne 12	50				11,7420
Sigma		1,000	1,000	1,000	1,000

İplik numarasına bakıldığında SNK post hoc sonuçlarında görüldüğü gibi en düşük değer Ne 30, en yüksek değer ise SNK post hoc sonuçlarında görüldüğü gibi Ne 12'dir. İplik kalınlaştıkça kesitteki lif sayısı arttığından ipliğin kopma mukavemetinin artma eğiliminde olduğu düşünülebilir.

4.2.2 Kopma uzaması

Harmanlanmış iplik bir kuvvete maruz kaldığında, her iki bileşenin lifleri, kuvvet arttıkça, daha küçük uzama değerine sahip lifler kopana kadar uzar ve böylece tüm yükü diğer liflere aktarır. İplik kesitinde daha yüksek uzamaya sahip yeterli lif varsa, karıştırılan iplik kopmaz. Karışımli bir ipliği oluşturan lifler farklı lif kopma uzama değerlerine sahip olduğunda lif kesme özellikle önemli bir rol oynar [214]. Bu çalışmada üretilen ipliklerin kopma uzaması sonuçları Şekil 4.4'te sunulmuştur.



Şekil 4.4. İplik kopma uzaması sonuçları.

Tüm iplik türleri için en yüksek uzama değeri %25 geri dönüşüm pamuk/%25 kenevir/%50 polyester karışımında gözlenmiş ve karışımdaki polyester oranı azaldıkça uzama değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Geri dönüşüm pamuğun karışımli ipliklerin uzama değerlerine ciddi bir etkisinin olmadığı şeklinde yorumlanabilir. Karışımdaki kenevir oranının uzama üzerindeki etkisi minimum olarak düşünülebilir. Burada uzama değerinin

belirlenmesinde en büyük rolü polyester oynamakta ve kenevir lifinin geri dönüşüm ipliklerin uzamasına olumlu bir etkisi bulunmamaktadır. Literatürde, bu çalışmada elde edilen bulgulara benzer şekilde, karışımli ipliklerde kenevir lif içeriğinin azalması ve polyester lif içeriğinin artması ile iplik uzamasının kademeli olarak arttığı gözlenmiştir [189].

Kenevir lifinin esnekliği demetin inceliğine bağlıdır. Daha uzun demetler, eğirme sırasında daha az büküm gerektirir. Demetlerin uzamaları düşük olmasına rağmen esneklikleri yüksektir ve bu da eğirme sırasında sorunlara neden olabilir. %100 kenevir ipliklerde düşük olan ipliklerin uzaması ve esnekliğini keneviri başka liflerle karıştırıp kullanmak iyileştirir. Ancak bu karışımlar aynı zamanda ipliğin mukavemetini de azaltabilir [25].

Yapılan varyans analizine göre ipliklerin uzama değerlerinin birbirleri arasında istatistiksel olarak önemli ölçüde farklı olduğu görülmektedir ($p < 0,05$). Uzamaya göre SNK post hoc test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Karışım oranına göre kopma uzaması değerlerinin SNK post hoc testlerinin sonuçları.

Karışım Oranı	Numune Sayısı	$\alpha=0,05$ için altküme				
		1	2	3	4	5
50geri dönüşüm/35kenevir/15pes	40	7,5450				
50geri dönüşüm/25kenevir/25pes	40		9,1828			
50geri dönüşüm/15kenevir/35pes	40			10,7300		
Referans	40				10,9155	
25geri dönüşüm/25kenevir/50pes	40					11,9815
Sigma		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Karışım oranlarının etkisi için SNK post hoc sonuçları incelendiğinde her bir harmanın farklı bir grupta yer aldığı ve önemli farklılıklar oluşturduğu görülmektedir. Karışımdaki polyester oranının ipliklerin uzama özelliklerinin belirlenmesinde belirleyici olduğu söylenebilir. İplik karışımındaki polyester lifinin uzama kabiliyetine olumlu katkısı Vadicherla ve diğerleri tarafından da gösterilmiştir [215].

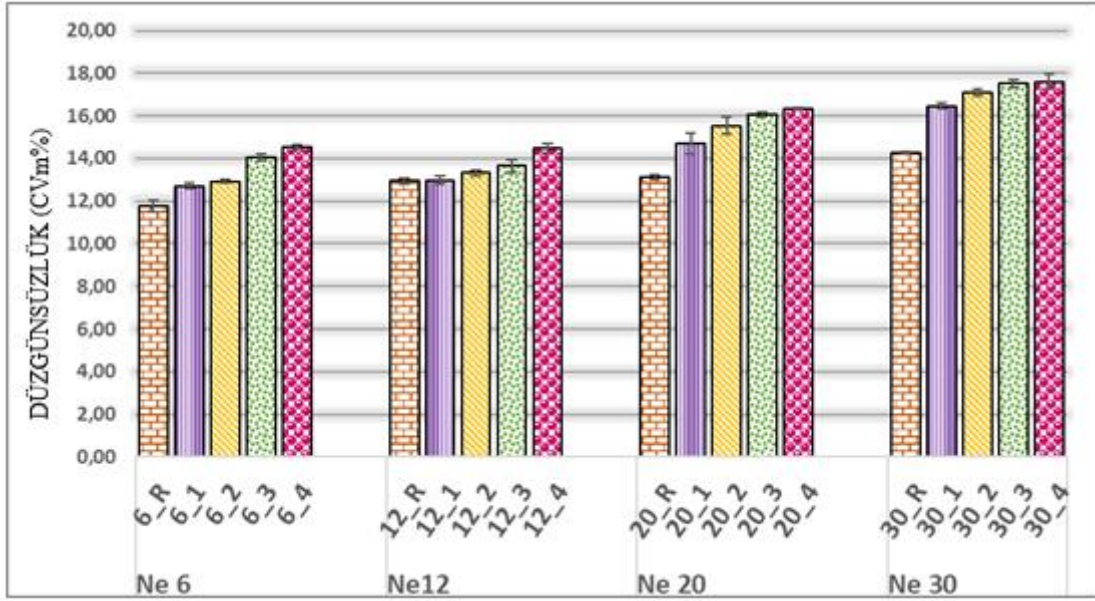
Çizelge 4.4. İplik numarasına göre kopma uzaması değerlerinin SNK post hoc testlerinin sonuçları.

İplik Numarası	Numune Sayısı	$\alpha=0,05$ için altküme		
		1	2	3
Ne 30	50	9,5162		
Ne 12	50		10,1148	
Ne 20	50		10,1892	
Ne 6	50			10,4636
Sigma		1,000	0,360	1,000

İplik numarası dikkate alındığında kopma uzaması değerleri için SNK post hoc sonuçlarında görüldüğü gibi en düşük değeri Ne 30, en yüksek değeri ise Ne 6 iplik vermektedir. Ne 12 ve Ne 20 numaralı iplikler arasında uzama açısından istatistiksel olarak önemli bir farkın olmadığı görülmektedir.

4.2.3 Düzensüzlük

Genellikle iplik boyunca birim uzunluk başına kütledeki değişim olarak ölçülen düzensüzlük, ipliğin ve ondan yapılan kumaşın diğer birçok özelliğini etkileyebileceğinden temel ve önemli bir parametredir [216]. Bu çalışmada üretilen ipliklerin düzensüzlük sonuçları Şekil 4.5'te gösterilmektedir.



Şekil 4.5. İplik düzgünsüzlük sonuçları.

Elde edilen bulgulara bakıldığında, iplik yapısına kenevir lifinin dâhil edilmesinin düzgünsüzlüğü arttırdığı görülmektedir. Bunun kenevir lifinin sert, kalın ve pürüzlü yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. İplik düzgünsüzlüğü açısından ise şu anda üretimde kullanılan referans karışımların daha başarılı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Zhang ve diğerleri tarafından belirtildiği gibi, kenevir lifleri, odunsu yapısı nedeniyle morfolojik olarak pürüzlü bir yüzeye sahiptir. Ve bu durum iplikte düzgün olmayan bir yüzey oluşmasına neden olabilir [189]. Bu bulgu, diğer araştırmacıların çalışmaları ile uyumludur [217, 218, 219]. Düzgünsüzlük sonuçları incelendiğinde, iplik numarası arttıkça düzgünsüzlük değerlerinin arttığı görülmektedir. İpliğin daha ince olması, kesitteki lif kütlelerinin daha düşük olması ve ince yapıda kusurların daha kolay ortaya çıkması bu durumun nedenleri olabilir.

Düzgünsüzlük üzerine karışım oranının etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p < 0.05$). Ölçülen ipliklerden karışım oranına göre uygulanan SNK post hoc test sonuçları Çizelge 4.5'te gösterilmiştir. Ayrıca iplik numarası için SNK post hoc test sonuçları Çizelge 4.6'da görülmektedir.

Çizelge 4.5. Karışım oranına göre düzgünsüzlük değerlerinin SNK post hoc testlerinin sonuçları.

Karışım Oranı	Numune Sayısı	$\alpha=0,05$ için altküme				
		1	2	3	4	5
Referans	40	13,0280				
25geri dönüşüm/25kenevir/50pes	40		14,2060			
50geri dönüşüm/15kenevir/35pes	40			14,7155		
50geri dönüşüm/25kenevir/25pes	40				15,3175	
50geri dönüşüm/35kenevir/15pes	40					15,7400
Sigma		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

SNK post hoc sonuçlarından da anlaşılacağı gibi, her bir harman grubu ayrı ayrı yerleştirilmiş ve birbirinden farklılaştırılmıştır. Ayrıca kenevir lifinin iplik yapısındaki oranı arttıkça iplik düzgünsüzlüğün arttığı açıkça görülmektedir.

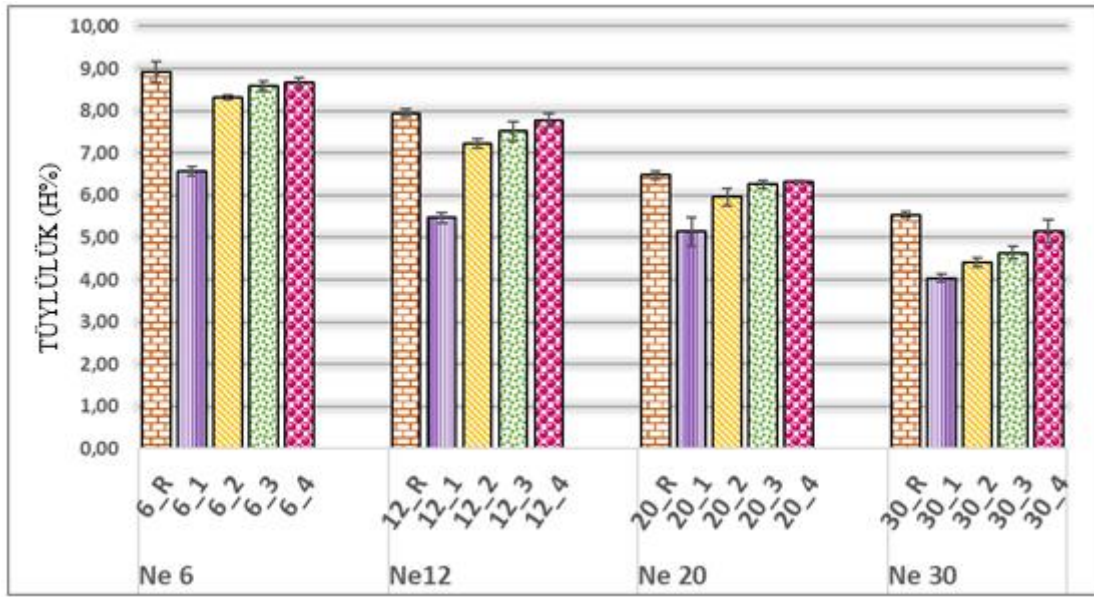
Çizelge 4.6. İplik numarasına göre düzgünsüzlük değerlerinin SNK post hoc testlerinin sonuçları.

İplik Numarası	Numune Sayısı	$\alpha=0,05$ için altküme			
		1	2	3	4
Ne 6	50	13,1920			
Ne 12	50		13,4772		
Ne 20	50			15,1540	
Ne 30	50				16,5824
Sigma		1,000	1,000	1,000	1,000

İplik numarası açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılığa neden olan gruplar incelendiğinde her bir iplik numarasının ayrı bir grupta olduğu görülmektedir. Bu durumdan da anlaşılacağı gibi, iplik numaralarındaki her bir değişiklik, iplik düzgünsüzlüğünde istatistiksel olarak önemli bir varyansa neden olur.

4.2.4 Tüylülük

Özel kullanım amaçları dışında teknolojik gelişmeler sonucunda makine hızlarının artması ve yüksek verim istenmesi nedeniyle iplik tüylülüğü çok istenmeyen bir parametre haline gelmekte ve ölçülüp kontrol edilmelidir [220]. Bu çalışmada üretilen ipliklerin tüylülük sonuçları Şekil 4.6’da gösterilmektedir.



Şekil 4.6. İplik tüylülük sonuçları.

İplik inceldikçe bükümün ve kesitteki lif sayısının etkisiyle tüm iplik türleri için iplik tüylülüğü azalmaktadır. Bu bulgu literatürdeki çalışmalarla uyumludur [80, 221]. İplik kesitinde daha fazla lif bulunduğundan kalın ipliklerde ipliklerin tüylülük değerleri artar çünkü iplik yüzeyinden dışarı çıkan lifler artar. Ayrıca karışımlardaki polyester oranı azaldıkça ve kenevir oranı arttıkça geri dönüşüm ipliklerin tüylülüğünün arttığı gözlemlenmiştir. Diğer iplik çeşitleri ile karşılaştırıldığında Ne 30 numara, %25 geri dönüşüm pamuk/%25 kenevir/%50 polyester karışimli ipliğin en düşük tüylülük değerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Yapılan varyans analizine göre ipliklerin tüylülük değerlerinin kendi aralarında istatistiksel olarak önemli ölçüde farklı olduğu görülmektedir ($p < 0,05$). Tüylülüğe göre SNK post hoc test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Karışım oranına göre tüylülük değerlerinin SNK post hoc testlerinin sonuçları.

Karışım Oranı	Numune Sayısı	$\alpha=0,05$ için altküme			
		1	2	3	4
25geri dönüşüm/25kenevir/50pes	40	5,3000			
50geri dönüşüm/15kenevir/35pes	40		6,5500		
50geri dönüşüm/25kenevir/25pes	40			6,8500	
50geri dönüşüm/35kenevir/15pes	40			6,9000	
Referans	40				7,3000
Sigma		1,000	1,000	0,657	1,000

SNK post hoc analiz sonuçlarında görüldüğü gibi polyester oranındaki artış tüylülüğün azalmasına neden olmuştur. Ayrıca %15 ve %25 polyester içeren iplikler istatistiksel fark olmaksızın aynı grupta yer almaktadır.

Çizelge 4.8. İplik numarasına göre tüylülük değerlerinin SNK post hoc testlerinin sonuçları.

İplik Numarası	Numune Sayısı	$\alpha=0,05$ için altküme			
		1	2	3	4
Ne 30	50	4,8400			
Ne 20	50		6,0400		
Ne 12	50			7,2000	
Ne 6	50				8,2400
Sigma		1,000	1,000	1,000	1,000

İplik numarasına göre SNK post hoc sonuçları incelendiğinde, her bir iplik numarasının istatistiksel olarak anlamlı farklı gruplarda olduğu görülmektedir.

4.2.5 İplik hataları

İnce, kalın yerler ve neps gibi kusurlar, özellikle rotor iplikçiliğinde ipliklerin dış görünüşünü ve ürün kalitesini etkileyen önemli belirleyicilerdir [222]. Bu çalışmada üretilen ipliklerin hata sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. İplik hataları.

Numune Kodu	İnce Yerler (-50%)	Kalın Yerler (+50%)	Nepsler (+280%)
6-R	0,00	9,40	5,40
6-1	0,00	13,60	4,80
6-2	0,40	57,20	25,00
6-3	1,40	33,20	14,60
6-4	1,00	19,00	7,40
12-R	0,00	4,60	0,80
12-1	0,00	26,20	17,60
12-2	0,40	70,80	48,60
12-3	0,40	35,40	25,20
12-4	0,20	49,60	35,00
20-R	0,20	25,00	24,60
20-1	2,80	59,00	58,20
20-2	5,80	77,00	80,20
20-3	3,40	93,60	93,60
20-4	4,40	204,80	201,20
30-R	1,60	58,40	106,80
30-1	8,20	107,40	90,00
30-2	19,80	148,80	299,60
30-3	23,80	173,60	334,40
30-4	19,00	251,60	420,20

Çizelge 4.9'daki hata bulguları açısından, eğilimler düzgünsüzlük sonuçlarına benzer şekildedir. Bu bulgular, iplik numarasının düzgünsüzlük üzerindeki etkisi ile uyumludur ve daha kalın iplikler olarak bilinen hataların, ipliğin kesitinde daha fazla sayıda lif içermesi nedeniyle daha ince ipliklere göre daha iyi düzgünsüzlük değerlerine sahiptir. Bu sonuçlar literatürdeki geri dönüşüm iplik çalışmasıyla tutarlıdır [80]. Bunun yanı sıra kenevir lifinin kaba yapısının iplikte kalın yer hatalarında artışa neden olduğu bir kez daha görülmektedir.

5 SONUÇ

Kenevir lifi üretiminin sanayileşmesindeki önemli inovasyon eksikliği nedeniyle, üretim sürecinin farklı aşamalarında iyileştirme fırsatları mevcuttur. Öte yandan, pamuk uzun yıllardır endüstrileşmiştir, bu da onu önde gelen doğal lif konumuna getirmiştir, ancak aynı zamanda süreç iyileştirme olasılığını da sınırlar. Her iki lif için de ürün kalitesi talebi, karlılığı sağlamak için yüksek operasyonel üretim gerektirir. Lif üretmek için yüksek miktarda kenevir sapı girdisi gereksinimi, ölçek ekonomilerine izin vermek için yüksek saman girdi işleme hatlarının yatırıma yol açmıştır. Şu anda, kenevir lifi ekstraksiyonu, yüksek yatırım maliyeti, düşük kütle akışları ve iyi bilinen işleme sorunları ile ilgili uzun işleme hatlarına sahiptir. Bu nedenle, kenevirin lif çıkarma işleminin maliyet ve kaynak azaltımına yönelik verimliliğinin nasıl geliştirileceğini bulmak için araştırmalara ihtiyaç vardır.

Dünyada bazı ülkelerde kenevir üretimi yapılırsa da ülkemiz açısından kenevir ve ürünlerine ilgi duyan sanayicilerimiz mevcut olsa dahi bu mucizevi bitkinin üretimi bitme noktasına gelmiştir. Ana sebeplerine bakarsak; kenevir ve ürünlerini işlemeye yönelik sanayi bulunmamaktadır. Tohumluk olarak kullanılabilecek ülkemizde ticari çeşit mevcut değildir. Ürün desteği mevcut değildir. TMO alımı ya da sözleşmeli tarım modelleri henüz oluşmamıştır.

Bu çalışmada, farklı iplik numaralarında ve karışım oranlarında kenevir lifleri içeren geri dönüşüm ipliklerin performans ve kalite özellikleri ölçülmüş, literatürde ve endüstride genel kabul görmüş test yöntemleri ile üretim süreçlerinde uygulanabilirlikleri kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve sonraki işleme aşamalarında kullanılabilirliği için araştırmalar yapılmıştır.

Çalışmada elde edilen bulgular ışığında, kenevir liflerinin geri dönüşüm iplik üretiminde kullanılabileceği, kısa geri dönüşüm lifleri taşıyıcı olarak destekleyebileceği ve performans açısından standardın üzerine çıkarabileceği görülmüştür. Bu çalışmada kullanılan deney setine göre, mevcut geri dönüşüm karışımına kenevir lifinin dâhil edilmesinin genel olarak iplik mukavemetini arttırdığı, uzama kabiliyetini azalttığı ve iplik düzgünsüzlüğünü ve tüylülüğünü arttırdığı anlaşılmıştır.

Bu tez çalışması ile kenevir liflerinin geri dönüşüm iplik üretiminde kullanım koşulları araştırılmış ve fabrika üretim hattında gerçek zamanlı olarak uygulanmıştır.

Çalışmanın sonuçlarının, kenevir lifleri konusunda araştırma yapan, geri dönüşüm ve sürdürülebilirliğe önem veren bilim ve sektör temsilcilerine faydalı olması ön görülmektedir. Gelecekteki çalışmalar, kenevir liflerinin farklı kimyasal işlemlerle hazırlanması, farklı harmanlama yöntemleriyle iplik yapısına dâhil edilmesi ve geri dönüşüm ipliğın farklı terbiye işlemleriyle özelliklerinin iyileştirilmesi planlanmaktadır.



KAYNAKÇA

1. İnternet: Uşak Ticaret ve Sanayi Odası, 2004, “Hedef Pazar ve Dış Ticaret Raporu” <https://usaktso.org/index.php?sayfa=sayfa&utso-sektor-raporlari-&id=585.html>.
2. Wang, Y., “Recycling in Textiles 1nd ed.”, 2006, ed. Y. Wang, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge.
3. Hepbaşlı, A., “Enerji Verimliliği ve Yönetim Sistemi, Yaklaşımlar ve Uygulamalar”, 2010, *Esen Ofset Matbaacılık*, İstanbul.
4. Niinimäki, K., 2013, “Tenents of Sustainable Fashion”, Sustainable Fashion: New Approaches, ed. by K. Niinimäki, *Aalto University Publication Series*, Helsinki, 12- 29.
5. Ersoy, Y. ve Zıraplı, M., 2014, “Geri Dönüşüm İplikçiliğın Önemi ve İplik Üretim Yöntemleri,” *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2: 425–432.
6. Gedik, G., Avınç, O. ve Yavaş, A., 2010, “Kenevir Lifinin Özellikleri ve Tekstil Endüstrisinde Kullanımıyla Sağladığı Avantajlar,” *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4(3): 39–48.
7. Ulaş, E., "Gerçek Köye Dönüş Projesi: Kenevir 1. baskı", 2018, *Hiperlink Yayınları*, İstanbul, 19-177.
8. Harmancıoğlu, M. ve Yazıcıoğlu, G., "Bitkisel Lifler", 1979, *Ege Üniversitesi Dergisi Yayın No:33*, İzmir, 336.
9. İnternet: Duncombe, S., 2017, "Indica vs. Sativa: What's the difference?", <https://www.leafscience.com/2017/10/16/indica-vs-sativa-whats-difference/>.
10. Shahzad, A., 2012, “Hemp fiber and Its Composites - A Review,” *Journal of Composite Materials*, 46(8): 973–986.
11. İnternet: Vantreese, V.L., 1997, “Industrial Hemp: Global Markets and Prices.” Department of Agricultural Economics, University of Kentucky. <https://www.votehemp.com/wp-content/uploads/2018/09/Vantreese-UniversityKentucky-hemp-1997.pdf>.
12. <https://www.kenevir.com/post/end%3%bcstriyel-kullanim-alanlari>.
13. TÜİK, 2019. “Bitkisel Üretim İstatistikleri”, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>.
14. İnternet: Health Canada, 2001, www.hc-sc.gc.ca.
15. İnternet: International Hemp Association, "Hemp"

<http://www.commonlink.com/~olsen/HEMP/IHA/iha.html>.

16. İnternet: Alan, A., 2019, "Endüstriyel Kenevir Üretimi ve Dünya Pazarı", <https://www.ihracat.co/2019/01/endustriyel-kenevir-uretimi-ve-dunya.html>.
17. Acar, A. ve Dönmez, A., 2016, "Kenevire Farklı Bir Bakış," 2. *Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu*, Samsun, 265–270.
18. İnternet: Resmi Gazete, 2016, "Kenevir Yetiştiriciliği Ve Kontrolü Hakkında Yönetmelik", <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/09/20160929-3.htm>.
19. İnternet: Ordu Ticaret Borsası, 2021, "Kenevir (Kendir) Raporu", <https://www.ordutb.org.tr/wp-content/uploads/2021/03/Kenevir-Raporu.pdf>
20. Özdemir, S . ve O. Tekoğlu, O., 2011, "Ekolojik Tekstil Ürünlerinde Kullanılan Hammaddeler," *Akdeniz Sanat*, 4(8): 27–30.
21. Başer, İ., "Elyaf Bilgisi 2. baskı", 2002, *Marmara Üniversitesi Döner Sermaye İşletmesi Teknik Eğitim Fakültesi Matbaa Birimi*, İstanbul.
22. İnternet: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 2018, Endüstriyel Kenevir Gerçeği Paneli, "Endüstriyel Kenevir Gerçeği Ve Ülkemizdeki Durum" https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ktae/Belgeler/End%C3%BCstriyel%20Kenevir%20Ger%C3%A7e%C4%9Fi%20Paneli%20Sunular%C4%B1/ekg_3.pdf.
23. İnternet: 2020, "Kenevir Yağı Nasıl Elde Edilir?", <https://keneviryagi.com/disi-ve-erkek-kenevir-nasil-ayirt-edilir/>.
24. Efeoğlu Özşeker, P., Dip, A., Dağlıoğlu, N. ve Gülmen, N. K., 2017, "Sentetik Kannabinoidler: Yeni Nesil Esrar," *Türk Aile Hekimleri Dergisi*, 21(1): 34–40.
25. Sponner, J., Toth, L., Cziger, S. and Franck, R. R., 2005, "Hemp", *Bast and Other Plant Fibres 1st ed.*, ed. by R. E. Franck, *Woodhead Publishing Limited*, Cambridge, 176–206.
26. Mangut, M. ve Karahan, N., "Tekstil Lifleri 3. baskı", 2011, *Ekin Kitabevi*, Bursa.
27. Ramesh, M., 2018, "Hemp, Jute, Banana, Kenaf, Ramie, Sisal Fibers", *Handbook of Properties of Textile and Technical Fibres*, ed. by A. R. Bunsell, *Woodhead Publishing Limited*, Cambridge, 301-325.
28. Blackburn, R. S., 2005, "Bast fibres (flax, hemp, jute, ramie, kenaf, abaca)," *Biodegradable and Sustainable Fibres 1st ed.*, ed. by R. S. Blackburn, *Woodhead Publishing Limited*, Cambridge, 51–60.
29. Amaducci, S. and Gusovius, H.-J., "Hemp – Cultivation , Extraction", *Industrial Applications of Natural Fibres: Structure, Properties and Technical Applications 1nd ed.*, 2010, ed. by J. Müssig, *John Wiley & Sons Ltd.*, 109–134.

30. Müssig, J., Fischer, H., Graupner, N. and Drieling, A., “Testing Methods for Measuring Physical and Mechanical Fibre Properties (Plant and Animal Fibres)”, *Industrial Applications of Natural Fibres: Structure, Properties and Technical Applications* 1nd ed., 2010, ed. by J. Müssig, *John Wiley & Sons Ltd.*, 267–309.
31. Zykwinska, A., Thibault, J.-F. and Ralet, M.-C., 2008, “Competitive Binding Of Pectin and Xyloglucan With Primary Cell Wall Cellulose”, *Carbohydrate Polymers*, 74(4): 957– 961.
32. Bourmaud, A., Vincent, P., Patrick, P. and Christophe, B., 2013, "Relationships between Micro-Fibrillar Angle, Mechanical Properties and Biochemical Composition of Flax Fibers", *Composites week-Leuven and Texcomp-11 Conference*, Leuven.
33. Sorieul, M., Dickson, A., Hill, S. and Pearson, H., 2016, “Plant fibre: Molecular Structure And Biomechanical Properties, Of A Complex Living Material, Influencing Its Deconstruction To- Wards A Biobased Composite”, *Materials*, 9(8): 618.
34. Lee, C. H., Khalina, A., Lee, S.H. and Liu, M., 2020, “A Comprehensive Review on Bast Fibre Retting Process for Optimal Performance in Fibre-Reinforced Polymer Composites”, *Advances in Materials Science and Engineering*, vol.2020.
35. Patinvoh, R., 2017, “Biological Pretreatment And Dry Digestion Processes For Biogas Production”, Doctoral Thesis, Faculty of Textiles, Engineering and Business, University of Boras, Boras.
36. Reddy, N. and Yang, Y., 2005, “Biofibers from Agricultural by Products for Industrial Applications,” *Trends Biotechnology*, 23(1): 22–27.
37. John M. J. and Thomas, S., 2008, “Biofibres and Biocomposites,” *Carbohydrate Polymers*, 71(3): 343–364.
38. Sukumaran, K., Satyanarayana, K. G., Pillai, S. G. K. and Ravikumar, K. K., 2001, “Structure, Physical and Mechanical Properties of Plant Fibres of Kerala,” *Metals Materials and Processes*, 13(2–4): 21–136.
39. Mohanty, A., Misra, M. and Hinrichsen, G., 2000, "Biofibres, Biodegradable Polymers and Biocomposites: An Overview", *Macromolecular Materials and Engineering*, 276-277(1): 1-24.
40. Majumdar, P. and Chanda, S., 2001, "Chemical Profile of Some Lignocellulosic Crop Residues, *Indian Journal of Agricultural Biochemistry*, 14(1-2): 29–33.
41. Saheb, N. D. and Jog, J. P., 1999, "Natural Fiber Polymer Composites: A Review", *Advances in Polymer Technology*, 18: 351–363.
42. Bergfjord, C. and Holst, B., 2010, “A Procedure for Identifying Textile Bast Fibres Using Microscopy: Flax, Nettle/Ramie, Hemp and Jute,” *Ultramicroscopy*, 110(9): 1192–1197.

43. Yeping, X., Liu, L., Ruiyun, Z., Jianyong, Y., Bin, F., Feng, J. and Miaolei, J., 2019, "Circulating Solution for the Degumming and Modification of Hemp Fiber by the laccase–2,2,6,6-tetramethylpiperidine-1-oxyl Radical–Hemicellulase System", *Textile Research Journal*, 89(21-22): 1-10.
44. Cai, Y., David, S. K. and Pailthorpe, M. T., 2000, "Dyeing of Jute and Jute/Cotton Blend Fabrics with 2:1 pre-metallised Dyes", *Dyes and Pigments*, 45(2): 161–168, 2000.
45. Yu, H.Q., Dang, M. and Yu, C.W., 2003, "A Preliminary Study on Chemical Degumming of Jute and Kenaf Fibers", *Plant Fiber and Products*, 25(1): 190-192.
46. Wang, H. M., Postle, R., Kessler, R. W. and Kessler, W., 2001, "Adaptive Processing of Australian Hemp for Short Fibre Spinning", *Bast Fibrous Plants on the Turn of the Second and Third Millennium*, Shenyang, 18-22.
47. Vignon, M. R., Dupeyre, D. and Garcia Jaldon, C., 1996, "Morphological Characterization of Steam-Exploded Hemp Fibres and their Utilization in Polypropylene-Based Composites", *Bioresource Technology*, 58: 203-15.
48. Hess, K. P., "Textile Fibers and Their Use 4th ed.", 1954, ed. by Katharine Paddock Hess, *J.B. Lippincott Company*, Chicago, 547.
49. Mohanty, A. K., Misra, M. and Drzal, L. T., "Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites: An Introduction", *Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites*, 2005, ed. by A.K. Mohanty, M. Misra, L.T. Drzal, *CRC Press Taylor & Francis Group*, Boca Raton.
50. <https://textilevaluechain.in/2018/06/25/clothing-from-hemp-fibre/>.
51. Aishwarya Anand, A. S., Ramakrishnan, G. and Srinivasan, J., 2018, "A Critical Review on: Development of An Absorbent Fitness Wear using Hemp Fibre", *Fibre to Finish*, 57: 27–34.
52. Bos, H., 2004, "The Potential of Flax Fibres as Reinforcement for Composite Materials", Thesis, Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven.
53. Herer, J., "Die Wiederentdeckung Der Nutz-Pflanze Cannabis Marihuana Hanf", 1993, *Nachtschatten Verlag Ag*, Frankfurt, 325.
54. Sedelnik, N., 2004, "Properties of Hemp Fibre Cottonised by Biological Modification of Hemp Hackling Noils", *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 12(1): 58–60.
55. Sharma, H. S. S., 1987, "Studies on Chemical and Enzyme Retting of Flax on a Semi-Industrial Scale and Analysis of the Effluents for their Physico-Chemical Components", *International Biodeterioration and Biodegradation*, 23(6): 329-342.
56. <https://bib.irb.hr/datoteka/200869.Opatija.doc>.

57. Kostic, M., Pejic, B. and Skundric, P., 2008, "Quality of Chemically Modified Hemp Fibers", *Bioresource Technology*, 99(1): 94–99.
58. Çoban, S., "Genel Tekstil Terbiyesi ve Bitim İşlemleri 1. baskı", 1999, *Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma – Uygulama Merkezi*, İzmir.
59. Wallenberger, F. T. and Weston, N. E., "Science and Technology", Natural Fibers, Plastics and Composites", 2004, ed. by F. T. Wallenberger, N. E. Weston, *Kluwer Academic Publishers*, Boston.
60. Erdoğan, Ü. H., Duran, H. and Selli, F., 2019. "Recycling of Cellulose from Vegetable Fiber Waste for Sustainable Industrial Applications", *Industria Textila*, 70(1), 37-41.
61. Erdoğan, Ü. H., Selli, F. and Duran, H., 2017, "Banana Plant Waste as Raw Material for Cellulose Extraction", *Fiber and Textiles (Vlakna a Textil)*, 24(3), 48-52.
62. Corrales, F., Vilaseca, F., Llop, M., Girones, J., Mendez, J. A. and Mutjee, P., 2007, "Chemical Modification of Jute Fibers for the Production of Green Composites", *Journal of Hazardous Materials*, 144:730-735.
63. Saheb, D. N., Jog, J. P., 1999, "Natural Fiber Polymer Composites: A Review", *Advances in Polymer Technology*, 18(4):351–363.
64. Keshwani, D. R., Cheng, J. J., Burns, J. C., Li, L. and Chiang, V., 2007, "Microwave Pre-Treatment of Switch Grass to Enhance Enzymatic Hydrolysis", *Proceedings of the ASABE Annual International Meeting*, Minnesota.
65. Kocak, D., Merdan, N. and Evren, O. B., 2014, "Research into the Specifications of Woven Composites Obtained from Raffia Fibers Pretreated Using the Ecological Method", *Textile Research Journal*, 85:302–315.
66. Seki, Y., Aksit, A. and Erdogan, U. H., 2017, "Construction of Polypropylene Composite Multifilaments Filled with Sodium Perborate Trihydrate-Treated Jute Microparticles", *Science and Engineering of Composite Materials*, 24(2), 203-212.
67. Karmakar, S. R., "Chemical Technology in the Pre-Treatment Processes of Textiles", 1999, Textile Science and Technology 1st ed., *Elsevier Science*, Amsterdam.
68. Üçgöl, Ş., 2010, "Atıkların Geri Dönüşümü ve Tersine Lojistik", *Paradoks Ekonomi Sosyoloji ve Politika Dergisi*, 6(11): 73–86.
69. İnternet: Katkar, P., M. and Bairgadar, S.M., 2012. "Textile Waste Recycling", <https://www.fibre2fashion.com/industry-article/4959/textile-waste-recycling>.
70. Kozak, M., 2010, "Tekstil Atıkların Yapı Malzemesi Olarak Kullanım Alanlarının Araştırılması," *Teknolojik Araştırmalar*, 6(1): 62–70.

71. Tayyar, A. E. and Üstün, S., 2010, "Geri Kazanılmış Pet' in Kullanımı", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(1): 53–62.
72. Shen, L. and Patel, M. K., 2010, "Life Cycle Assessment of Man-Made Cellulose Fibres", *Lenzinger Berichte*, 88:1–59.
73. Shen, L., Worrell, E. and Patel, M. K., 2010, "Environmental Impact Assessment of Man-Made Cellulose Fibres", *Resources, Conservation & Recycling*, 55(2): 260–274.
74. İnternet: Uşak Ticaret ve Sanayi Odası, 2016, "Tekstil Üretim ve Kullanım Atıklarının, Geri Kazanımı, Çevresel ve Ekonomik Etkileri", http://usaktso.org/dosya/Kurumsal/Trk_Teks_Ger_Don.pdf
75. Telli, A. and Babaarslan, O., 2017, "Usage of Recycled Cotton and Polyester Fibers for Sustainable Staple Yarn Technology", *Tekstil ve Konfeksiyon*, 27(3): 224-233.
76. Kuyucak, C. N., 2020, "Open End Geri Dönüşüm Akrilik İplikten Elde Edilen Kazakların Performans Özelliklerinin PBT ve Gipe İpliklerin İlavesinin Etkisi ile Birlikte İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Uşak.
77. Ütebay, B., Çelik, P. and Çay, A., 2019, "Effects of Cotton Textile Waste Properties on Recycled Fibre Quality", *Journal of Cleaner Production*, 222: 29–35.
78. Çakır Aydın, M. ve Sunerli Topan, E., 2019, "Sürdürülebilir Moda Anlayışı ile Recycle Kumaşlar Üzerine Ürün Geliştirme," *Sobider Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(36): 267–276.
79. El-Nouby, G. M., Azzam, H. A., Mohamed, S. T. and El-Sheikh, M. N., 2005, "Textile Waste-Material Recycling Part I: Ways and Means", *2nd International Conference of Textile Research Division NRC*, Cairo.
80. Demiroz Gun, A. and Oner, E., 2019, "Investigation of the Quality Properties of Open-End Spun Recycled Yarns Made from Blends of Recycled Fabric Scrap Wastes and Virgin Polyester Fibre," *Journal of Textile Institute*, 110(11): 1569–1579.
81. Boone, T., 2009, "Sustainable Fashion and Textiles: Design Journeys by Kate Fletcher (Earthscan, 2008)", *Fashion Practice*, 1(2), 271–274.
82. Telli, A., Özdil, N. ve Babaarslan, O., 2012, "PET Şişe Atıklarının Tekstil Endüstrisinde Değerlendirilmesi ve Sürdürülebilirliğe Katkısı," *Tekstil ve Mühendis*, 19(86): 49–55.
83. El-Nouby, G. M. and Kamel, M. M., 2007, "Comparison Between Produced Yarn from recycle Waste and Virgin Fibres in Tenacity and Elongation", *Journal of Applied Science Research*, 3: 977–982.
84. Letcher, T. M. and Vallero, D. A., "Waste: Handbook for Management 2nd ed.", 2011, *Academic Press*, New York, 174-174.

85. Yiğit, E. S., 2020, “Materyal ve Bazı Eğirme Parametrelerinin Akrilik İçeren Tekstil Atıklarından Elde Edilen Open End İpliklerinin Kalite Özellikleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Uşak.
86. Arabacı, H., 2010, “Türk Hazır Giyim Sektöründe Atık Yönetimine Yönelik Bir Araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Konya.
87. İnternet: Uşak Üniversitesi, <http://www.usakuni.com/forum/arastirmalar-makaleler-t-37.html>
88. İnternet: Yüksel Tekstil Ticaret ve Sanayi A.Ş., 2020, <http://www.yuksel.com.tr/index2.html>.
89. İnternet: Balkan Makina, 2021, "Dta62 Giyotin Kesme (Metal Dedektörsüz)", <http://www.balkan.com.tr/tekstil/page/dta62-giyotin-kesme-metal-dedektorsuz/>.
90. Erenler, A., 2006, "Kırpıntıların Yeniden Değerlendirilme Yöntemlerinin Araştırılması, Yayınlanmamış Konstrüktif Proje Çalışmaları", Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.
91. İnternet: Balkan Makina, 2021, "Dt80 Box Odası", <http://www.balkan.com.tr/tekstil/page/dt80-box-odasi/>.
92. İnternet: Balkan Makina, 2021, "Dt30 Mega Şifonez", <http://www.balkan.com.tr/tekstil/page/dt30-mega-sifonez/>.
93. İnternet: Tamhas Makina, 2017, "Karnet & Geri Dönüşüm Makinası", https://www.tamhasmakina.com/tr/karnet_geridonusum_makinasi.html.
94. Ersoy, Y. ve Şenol, F., 2017, “Ham Madde Cinsi ve Üretim Parametrelerinin İplik Kalitesine Etkisi: Open-End İplikçiliği Üzerine Bir Uygulama”, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1): 96–107.
95. Yakartepe, M. ve Yakartepe, Z., " Tekstil ve Konfeksiyon Ansiklopedisi (Genişletilmiş İkinci Baskı)", 1994, *T.K.A.M (Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Merkezi)*, İstanbul, 412.
96. Ergür, A., "Tekstil Terimleri Sözlüğü (Birinci Basım)", 2002, *Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi*, İstanbul, 89.
97. Ülgen, H. G., 2016, “Kamgarn İplikçilikte Suda Çözünebilir Filament Kullanarak Üstün Performanslı Özlü İpliklerin ve Süper İnce İpliklerin Üretimi”, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirdağ.
98. İnternet: Yün lifi eldesi ve hazırlanması, <https://acikders.ankara.edu.tr>.
99. İnternet: İplik Çeşitleri ve Kumaşları, https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/121234/mod_resource/content/1/iplik%20cesitleri%20ve%20kumaslar%C4%B1.pdf.

100. İnternet: Hangzhou Dengte Textile Machinery co.,ltd, 2019, "Yarı Kamgarn İpliklerin Özellikleri", <http://tr.dt-twistingmachine.com/info/characteristics-of-semi-worsted-yarn-39424859.html>.
101. Kılıç, M., Balcı Kılıç, G. ve Okur, A., 2011, "Eğirme Sisteminin İplik Özelliklerine Etkileri," *Tekstil ve Mühendis*, 81: 22–34.
102. Babaarslan, O., 2004, Open-End Rotor İplikçiliği Notları, *Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü*, Adana.
103. Buharalı, G., 2012, "Farklı Hammaddelerden Elde Edilen Open-End Rotor İpliklerinde Eğirme Elemanlarının İplik Özelliklerine Etkileri", *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa.
104. Klein, W., "Kısa lif İplikçilik Teknolojisi", Rieter İplikçilik El Kitabı 1. baskı, 2011, Çeviri Erhan Kırtay, *Rieter Machine Works Ltd.*, Wintherthur, 1–80.
105. Yapıcılar, C., "Open-end İplik Teknolojisi", 2005, *TYT Tekstil Makinaları Mümessillik Ltd.*, İstanbul.
106. Soe, A. K., Takahashi, M., Nakajima, M., Matsuo, T. and Matsumoto, T., 2006, "Structure and Properties of MVS Yarns in Comparison with Ring Yarns And Open-End Rotor Spun Yarns", *Textile Research Journal*, 74(9): 819-826.
107. Canoğlu, S., 1999, İplik Teknolojisi II Ders Notları, *Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi*, İstanbul.
108. Ayan, H. E., 2010, "Güneydoğu Anadolu Bölgesinden Elde Edilen Pamuklardan Üretilen İpliğin Kalite Özelliklerine Eğirme Makinesi Parametrelerinin Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.
109. Buharalı, G. ve Ömeroğlu, S., 2013, "Open-End Rotor İplik Özelliklerine Etki Eden Faktörler", *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(2): 19–36.
110. Ercan, M. N., "Open-End (Açık Uç) Rotor İplikçiliği", 1983, *Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları Yayınları*: 2, İzmir, 113.
111. Karakan Günaydın, G. ve Abdulla, G., 2014, "Dünden Bugüne Kısa Stapel İplik Üretim Teknolojileri", *SDU Teknik. Bilimler Dergisi*, 4(2): 18–28.
112. Alaşehirli, G., 2009, "Ring İplik Eğirme Makinesinde İçi Boş İplik (Hollow Yarn) Eğirme Tekniklerinin Araştırılması ve İplik Özelliklerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.
113. Özdemir, H., 2009, "Farklı İplik Üretim Sistemleri ile Eğrilmiş İpliklerin Fiziksel Özellikleri ve Bobin Boyama Performansının İncelenmesi", Doktora Tezi, *Çukurova*

üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

114. Ülkü, Ş., 2000, "Ring İplikçiliğinde Geliştirme Çalışmaları: Kompakt İplikçilik Sistemi", *Tekstil&Teknik*, 189(10): 180-184.
115. Ünal, S. ve Ömeroğlu, S., 2013, "Ring İplikçiliğinde Farklı Sistemler Kullanılarak Direkt Olarak Elde Edilmiş Çift Katlı İplik Özelliklerinin İncelenmesi", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(4): 165-169.
116. Rieter, 2002, "ComforSpin Machine K44 Competence in Compacting", *Rieter Technical Documentation*, 15.
117. Yılmaz, D., 2004, "Farklı Kompakt Ring İplik Eğirme Sistemlerinin ve Elde Edilen İplik Özelliklerinin Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.
118. Ömeroğlu, S., 2002, "Kompakt İplikçilik Sisteminde Üretilen İpliklerin Yapısal Özellikleri ve Bazı Parametrelerinin Üzerine Bir Araştırma", Doktora Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa.
119. Tadeusz, J., Cyniak, D. and Czekalski, J., 2004, "Current Distribution Modelling in Electroconductive Textiles", *Fibre and Textiles in Eastern Europe*, 12(4): 22-26.
120. Sezgin, O. S., 2005, "Konvansiyonel Ring ve Kompakt İplik Eğirme Sistemleri ile Elde Edilen İpliklerin Örmeye Kumaş Performanslarının Karşılaştırılması", *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.
121. Artz, P., 1999, "Ring İplikçiliğinin Geleceği", *Tekstil Maraton*, 6: 33-37.
122. Egbers, G., 1999, "ITMA 1999: Light at the End of the Tunnel", *ITB International Textile Bulletin*, 4:11-15.
123. Rusch, B., 2001, "2nd Generation of ComforSpin Compact Yarns", *Melliand International*, 7: 282.
124. Meyer, U., 2000, "Compact Yarns: Innovation as a Sector Driving Force", *Melliand International*, 6: 2.
125. Rameshkumar, C., Anandkumar, P., Senthilnathan, P., Jeevitha, R. and Anbumani, N., 2008, "Comparative Studies on Ring, Rotor and Vortex Yarn Knitted Fabrics", *AUTEX Research Journal*, 8(4): 100-105.
126. Basal, G. and Oxenham, W., 2003, "Vortex Spun Yarn vs. Air-Jet Spun Yarn", *Autex Research Journal*, 3(3): 96-101.
127. Lawrence, C.A., "Fundamentals of Spun Yarn Technology 1st ed.", 2003, ed. by Carl A. Lawrence, *CRC Press*, Boca Raton, 523.

128. Erdumlu, N., 2010, "Murata Vortex İplik Eğirme Sisteminde Elde Edilen İpliğin Yapısı ve İplik Özelliklerini Etkileyen Faktörler", *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4(1): 99-108.
129. Kesimci, M. O., 2009, "Dref 2000 Friksiyon İplik Makinesinde Trevira Lifleri ile Güç Tutuşur Özelliğe Sahip İplik Üretimi", Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa, 52.
130. Babaarslan, O., 1996, "Tekstil Üretim Teknolojisindeki Gelişmeler ve Otomasyon", *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11(2): 211–221.
131. Karnon, I., 1986, "The Friction Spinning Machine Masterspinner", *Textile Praxis*, 41.
132. Buharalı, G. ve Ömeroğlu, S., 2014, "Açma Silindiri ve Düzenin %100 Polyester Open-End Rotor İplik Özelliklerine Etkileri", *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(1): 1-14.
133. Kadoğlu, H., 1993, "Open-end Rotor İplikçiliği ve Bazı Kalite Faktörleri", *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, 1: 31-40.
134. Kılıç, M., Okur, A., 2011, "The Properties of Cotton-Tencel and Cotton-Promodal Blended Yarns Spun in Different Spinning Systems", *Textile Research Journal*, 81(2): 56-172.
135. İnternet: T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, 2012, "MEGEP Tekstil Teknolojisi Open-End İplik Makinesi", http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Open%20end%20%C4%B0plik%20Makinesi.pdf.
136. Gemci, R. ve Solak, H. H., 2010, "Open-End Eğirme Ünitesindeki Mekanik Aşınmanın İplik Kalitesine Etkisinin İncelenmesi", *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13(2): 26–37.
137. Babaarslan, O., 2006, İplik Üretim Yöntem ve Makineleri, Ring İplik Eğirme Teknolojisi Ders Notları, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi*, Adana.
138. Duru P., 1998, "Tekstilde Open-End Rotor İplik Prensibine Göre Katlı İplik Üretimi", Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.
139. Toplu C., 1998, "Open-End Rotor İplik Eğirme Makine Elemanlarının Seçimi ve Hammadde Özelliklerinin Rotora ve İplik Kalitesi Değerlerine Etkilerinin Araştırılması", Tekstil Projesi.
140. Bange, M.P., Constable, G.A., Gordon, S.G., Long, R.L., Naylor, G.R.S. and Van der Sluijs, M.H.J., 2009, "Fibrepak from Seeds to Good Shirts: A Guide to Improving Australian Cotton Fibre Quality", Report, *Cotton Catchment Communities CRC*, Narrabri.

141. Ernst, H., 2014, “Rotor İplikçiliği”, Rieter İplikçilik El Kitabı Cilt 5, Çeviri Erhan Kırtay, *Rieter Machine Works Ltd, Wintherthur*, 1-111.
142. Suessen, “Open End Premium Parts 2nd ed.”, 2000, Federal Republic of Germany, 16.
143. Ömeroğlu, S. ve Ülkü, Ş., 1998, "Bazı Makine Parametrelerinin Rotor İplik Özelliklerine Etkisi", *Tekstil&Teknik Dergisi*, 165: 91-95, 166: 59-65.
144. Erbil, Y., 2005, "Karışım Open-End Rotor İpliği Üretiminde Eğirme Elemanlarından Düzenin İplik Kalitesi Üzerindeki Etkisinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.
145. Gemci, R. ve Kapuçam, A., 2004, “Open-End İplikçiliğinde Farklı Çapta Rotor Kullanımının İplik Kalitesine Etkilerinin İncelenmesi”, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 9(1): 11–17.
146. Anonim, 1998, Rotor Eğirmede Rahatsız Edici Etkenler, *Tekstil Maraton*, Sayı: 5.
147. Arıkan, C. O., 1999, "Pamuk Open-End İpliği İçin Rotorda Yapılan Fiziksel Değişimlerin Eğrilmiş İplik Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.
148. İnternet: Schlafhorst Autocoro 360 Yedek Parçaları ve Belcoro Eğirme Elemanları Kataloğu, 2006.
149. Bozkurt, Y., 1997, "Open-End Rotor İplik Teknolojisinde Üretim Parametreleri", *Pamuk İplikçiliğindeki Gelişmeler ve Sektörel Sorunlar Semineri*, İTÜ Makine Fakültesi, İstanbul.
150. İlbaş, İ. İ., 2001, "Polyester Liflerinin Open-End Rotor İplik Makinesinde Eğrilmesi", Yüksek Lisans Ödevi, *Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği*, Adana.
151. Çoruh, E., 2011, “Farklı Düzey Tipleri Kullanılarak Eğrilmiş Open-End Rotor İpliklerinden Örme Süprem Kumaş Özelliklerinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.
152. Ömeroğlu, S., 1996, "Open-End Rotor İplik Makinasında Bazı Üretim Parametrelerinin İplik Özelliklerine Etkilerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa.
153. Trommer, G. and Brunk, N., "Rotorspinn Verfahren", 1982, *VEB Fachbuchverlag*, Leipzig, 16-22.
154. Trommer, G., "Rotor Spinning", 1995, *Deutscher Fachverlag*, Main, 177.
155. Kaplan, S., 2003, "Open-End Rotor İplik Kalitesine Etki Eden Makine ve Proses Parametrelerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.

156. Kadoğlu, H., “Open-End Rotor Eğirme Teknolojisi 16. baskı”, 2004, Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma ve Uygulama Merkezi, İzmir, 7-76.
157. Yılmaz, R., Babaarslan, O. ve Mörel, A., 2012, “Eş Zamanlı Uygulanan Katlama ve Büküm İşleminin Katlı İplik Özellikleri Üzerindeki Etkisi”, *Tekstil ve Mühendis*, 19(86): 25–33.
158. Klein, W., " Manual of Textile Technology: Short Staple Spinning Series Vol 5: New Spinning Systems", 1993, ed. by H. Stalder, *The Textile Institute*, Manchester.
159. Küçük, N., 2009, "Vortex İpliklerinin Ring ve Open-End Rotor İplikleri ile Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
160. Başer, G., "Tekstil Mekanizmasının Temelleri", 2008, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi*, İzmir, 255.
161. Can, Y. ve Akaydın, M., 2011, “Atkı İpliği Bükümünün Pamuklu Bezayağı Kumaşların Bazı Mekanik Özelliklerine Etkileri Üzerine Bir Araştırma”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Dergisi*, 15(2): 122–126.
162. Hearle, J.S.W., Grosberg, P. and Backer, S., "Structural Mechanics of Fibres, Yarns and Fabrics", 1969, *John Wiley & Sons*, New York, 467.
163. Özdil N., "Kumaşlarda Fiziksel Kalite Kontrol Yöntemleri", 2003, *Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayını Yayın No:21*, İzmir, 136.
164. İnternet: İplik Kalite Parametreleri, http://iplikonline.com.tr/v1/kultur/iplik_kalite_parametreleri.php.
165. Hua, T., Wong, N. S. and Tang, W. M., 2018, “Study on Properties of Elastic Core-Spun Yarns Containing A Mix of Spandex and PET/PTT Bi-Component Filament As Core”, *Textile Research Journal*, 88(9): 1065–1076.
166. Öner, E., 2019, “Elastan Özlü Pamuk İpliklerinin Kalite Özelliklerinin Araştırılması,” *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7: 342–351.
167. Baykal, P. D., 2003, "Pamuk/Poliester Karışımı Open-End Rotor İplik Özelliklerinin Tahmin Edilmesi ve Karışım Optimizasyonu", Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.
168. Sündüz Oğuz, N. ve Dayık, M., 2014, “Pamuk İpliğinde Mukavemeti Etkileyen Faktörlerin Bulanık Mantık Yöntemiyle Tespit Edilmesi”, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(2): 12–18.
169. Slater, K., 1986, “Yarn Evenness,” *Textile Progress*, 14(3-4): 1-90.
170. Demiryürek, O. ve Kılıç, A., 2016, “Pamuk/Viskon Karisimli Ring İpliklerin

- Düzensüzlük, Tüylülük ve Sürtünme Özelliklerinin İncelenmesi”, *Tekstil ve Mühendis*, 23(102): 93–99.
171. Kırtay, E., 1987, "Periyodik İplik Düzensüzlüklerinin Analizi", *Tekstil ve Makine Dergisi*, 1(2): 81-89.
 172. Mongold, G. and Topt, W., 1985, "Hairiness and Hairiness Index, A New Measuring Method", *Melliand Textil Berichte*, 66: 245-247.
 173. Offerman, P. and Putzger, G., 1998, "Ring ve Open-End İpliklerinin Tüylülük Açısından Değerlendirilmesi", *Tekstil Maraton Dergisi*, 8(4): 28-30.
 174. Örtlek, H.G., 2001, "Spandex İçerikli (Lycra’lı) Core-Spun İpliklerin Tüylülük Özelliklerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.
 175. Barella, A., 1983, "Yarn Hairiness", *Textile Progress*, 13(1): 1-57.
 176. Can, Y. ve Kırtay, E., 2003, “Pamuk İpliklerinde İplik Tüylülüğü ve Tüylülüğe Etki Eden Faktörler (Kaynak Taraması)”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(3): 379–385.
 177. Altaş, S. ve Kadoğlu, H., 2009, “İplik-İplik ve İplik-Metal Sürtünme Katsayısı ile Bazı İplik Özellikleri Arasındaki İlişki”, *Tekstil ve Mühendis*, 16(73–74): 1-5.
 178. Balcı, G. ve Sular, V., 2009, “İpliklerde Sürtünme Özelliği: Önemi ve Ölçüm Yöntemleri”, *Tekstil ve Mühendis*, 16(73–74): 6-15.
 179. Akkurt, M., "Makine Elemanları Cilt 2", 1992, *Birsan Yayınevi*, İstanbul.
 180. Tserki, V., Zafeiropoulos, N. E., Simon, F. and Panayiotou, C., 2005, “A Study of the Effect of Acetylation and Propionylation Surface Treatments on Natural Fibres”, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 36(8): 1110–1118, 2005.
 181. Titova, Y. V., Stokozenko, V. G. and Maximov, A. I., 2009, “Application of Plasma-Solution Treatment For Modification Of Bast Fibers”, *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, 45(1): 16–20.
 182. Zhang, J. Q. and Zhang, J. C., 2010, “Effect of Finishing Treatment with Softening Agent on Spinnability of Hemp Fibre”, *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 35(2): 115–120.
 183. Zhang, J., Zhang, H. and Zhang, J., 2014, “Evaluation of Liquid Ammonia Treatment on Surface Characteristics of Hemp Fiber”, *Cellulose*, 21(1): 569–579.
 184. Fang, G., Chen, H., Chen, A., Mao, K. and Wang, Q., “An Efficient Method of Bio-Chemical Combined Treatment for Obtaining High-Quality Hemp Fiber”, *BioResources*, 12(1): 1566–1578.

185. Rani, K., Ahirwar, M. and Behera, B. K., 2020, "Comparative Analysis of Alkaline and Enzymatic Degumming Process of Hemp Fibers", *Journal of The Institution of Engineers (India): Series E*, 101(1): 1–10.
186. Ariyakuare, K., 2010, "The Development of New Mixed Fiber from Waste Cocoon and Other Plant Fibers", *The 2nd RMUTP International Conference*, Rajamangala University Of Technology Phra Nakhon, 369–375.
187. Mustata, A. and Mustata, F. S. C., 2013, "Moisture Absorption and Desorption in Flax and Hemp Fibres and Yarns", *Fibres and Textile in Eastern Europe*, 3(99): 26–30.
188. Kozłowski, R., Czaplicki, Z., Zareba, S. and Mańkowski, J., 2013, "Rotor Cotton Yarns with the Content of Enzymatically Modified Hemp Fibers", *Journal of Natural Fibers*, 10(1): 1–13.
189. Zhang, H., Zhang, J. and Gao, Y., 2014, "Study on the Relationship Between Blending Ratio and Performance of Hemp/Polyester Yarn," *Journal of Natural Fibers*, 11(2): 136–143.
190. Ali, A., Rahman, M. and Chen, Y., 2015, "Cotton Spinning Properties of Chemically Modified Hemp Fibres", *International Journal of Scientific Research and Management*, 4(8): 1482–1490.
191. Antony, S., Cherouat, A. and Montay, G., 2018, "Experimental, Analytical and Numerical Analysis to Investigate the Tensile Behaviour of Hemp Fibre Yarns", *Composite Structures*, 202:482–490.
192. Calamari, T. A., Calamari, W. T., Yu, C. and Chen, Y. A. N., 1999, "Preparing and Characterizing Kenaf/Cotton Blended Fabrics", *Textile Research Journal*, 69(10): 720–724.
193. Stankovic, S. B., 2008, "Static Lateral Compression Of Hemp/Filament Hybrid Yarn Knitted Fabrics", *Fibers and Polymers*, 9(2): 187–193.
194. Stankovic, S. B. and Bizjak, M., 2014, "Effect of Yarn Folding on Comfort Properties of Hemp Knitted Fabrics," *Clothing and Textiles Research Journal*, 32(3): 202–214.
195. Baghaei, B., Skrifvars, M. and Berglin, L., 2015, "Characterization of Thermoplastic Natural Fibre Composites Made from Woven Hybrid Yarn Prepregs with Different Weave Pattern", *Composites Part A:Applied Science and Manufacturing*, 76: 154–161.
196. Baghaei, B. and Skrifvars, M., 2015, "Characterisation of Polylactic Acid Biocomposites Made from Prepregs Composed of Woven Polylactic Acid / Hemp-Lyocell Hybrid Yarn Fabrics", *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 81:139–144.
197. Jin Lee, J. and Sun Ji, D., 2017, "Evaluation of Liquid Moisture Management Properties on Hemp Woven Fabrics Treated with Liquid Ammonia", *Textile Research Journal*,

- 87(14): 1752–1764.
198. Kim, H. A. and Kim, S. J., 2018, “Hand and Wear Comfort of Knitted Fabrics Made of Hemp/Tencel Yarns Applicable to Garment”, *Fibers and Polymers*, 19(7): 1539–1547.
 199. Gedik, G. and Avinc, O., 2018, “Bleaching of Hemp (*Cannabis Sativa* L.) Fibers with Peracetic Acid for Textiles Industry Purpose”, *Fibers and Polymers*, 19(1): 82–93.
 200. Mohanty, A. K., Wibowo, A., Misra, M. and Drzal, L. T., 2004, “Effect of Process Engineering on the Performance of Natural Fiber Reinforced Cellulose Acetate Biocomposites”, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 35(3): 363–370.
 201. Masirek, R., Kulinski, Z. Chionna, D., Piorkowska, E. and Pracella, M., 2007, “Composites of Poly(L-lactide) with Hemp Fibers: Morphology and Thermal and Mechanical Properties Robert”, *Journal of Applied Polymer Science*, 105(1): 255–268.
 202. Reis, P. N. B., Ferreira, J. A. M., Antunes, F. V. and Costa, J. D. M., 2006, “Flexural Behaviour of Hybrid Laminated Composites”, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 38(6,): 1612–1620.
 203. Panthapulakkal S. and Sain, M., 2007, “Injection-Molded Short Hemp Fiber/Glass Fiber-Reinforced Polypropylene Hybrid Composites- Mechanical, Water Absorption and Thermal Properties Suhara”, *Journal of Applied Polymer Science*, 103:2432–2441.
 204. Musio, S., Müssig, J. and Amaducci, S., 2018, “Optimizing Hemp Fiber Production for High Performance Composite Applications”, *Frontiers in Plant Science.*, 9(1702): 1–14.
 205. Mazzanti, V., Pariente, R., Bonanno, A., Ruiz de Ballesteros, O., Mollica, F. and Filippone, G., 2019, “Reinforcing Mechanisms of Natural Fibers in Green Composites: Role of Fibers Morphology in A PLA/Hemp Model System”, *Composites Science and Technology*, 180:51–59.
 206. İnternet: Textile Magazine, 2011, "New Trützschler Card TC 11to Fifure at Barcelona", <https://www.indiantextilemagazine.in/new-trutzschler-card-tc-11-to-figure-at-barcelona/>.
 207. İnternet: Rieter, "Regüleli Cer Makinası RSB-D ve Cer Makinası SB-D 50", <https://www.rieter.com/tr/ueruenler/sistemler/iplik-hazirlik/cer-makinasi-rsb-dsb-d-50>.
 208. İnternet: Erbel, "Rieter Yarı Otomatik Open-end Makinası- R 36", <http://erbel.com.tr/rieter-yari-otomatik-open-end-makinasi-r-36/>.
 209. Sisti, L., Totaroa, G., Vanninia, M., Fabbria, P., Kaliala, S., Zattab, A. and Cellia, A., 2016, “Evaluation of the Retting Process As A Pre-Treatment of Vegetable Fibers for the Preparation of High-Performance Polymer Biocomposites”, *Industrial Crops and Products*, 81: 56–65.

210. Dai, D. and Fan, M., 2010, “Characteristic and Performance of Elementary Hemp Fibre”, *Materials Sciences and Applications*, 1(6): 336–342.
211. Kabir, M. M., Wang, H., Lau, K. T. and Cardona, F., 2013, “Effects of Chemical Treatments on Hemp Fibre Structure”, *Applied Surface Science*, 276:13–23.
212. Terpáková, E., Kidalová, L., Eštoková, A., Čigášová, J. and Števílová, N., 2012, “Chemical Modification of Hemp Shives and Their Characterization”, *Procedia Engineering*, 42: 931–941.
213. Ramey, H. H., Lawson, R. and Worley, S., 1977, “Relationship of Cotton Fiber Properties to Yarn Tenacity”, *Textile Research Journal*, 47(10): 685–691.
214. Baykal, P. D., Babaarslan, O. and Erol, R., 2006, “Prediction of Strength and Elongation Properties of Cotton/Polyester-Blended OE Rotor Yarns”, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 14(1): 18–21.
215. Vadicherla, T. and Saravanan, D., 2017, “Effect of Blend Ratio on the Quality Characteristics of Recycled Polyester/Cotton Blended Ring Spun Yarn”, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 25(2): 48–52.
216. Balcı Kılıç, G. and Okur, A., 2018, “Effect of Yarn Characteristics on Surface Properties of Knitted Fabrics”, *Textile Research Journal*, 89(12): 2476–2489.
217. Dönmez Kretschmar, S., Özgüney, A. T., Özçelik, G. and Özerdem, A., 2007, “The Comparison of Cotton Knitted Fabric Properties Made of Compact and Conventional Ring Yarns Before and After the Dyeing Process”, *Textile Research Journal*, 77(4): 233–241.
218. Wanassi, B., Azzouz, B. and Ben Hassen, M., 2016, “Value-Added Waste Cotton Yarn: Optimization of Recycling Process and Spinning of Reclaimed Fibers”, *Industrial Crops and Products*, 87: 27–32.
219. Zou, Z., Zheng, S., Cheng, L., Xi, B. and Yao, J., 2014, “Effect of Some Variables on the Fibre Packing Pattern in A Yarn Cross-Section for Vortex Spun Yarn”, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 22(104): 40–46.
220. Barella, A. and Manich, A. M., 1988, “The Influence of the Spinning Process, Yarn Linear Density and Fibre Properties on the Hairiness of Ring-Spun and Rotor-Spun Cotton Yarns”, *Journal of Textile Institute*, 79(2): 189–197.
221. Taher, H. M., Bechir, A., Mohamed, B. H. and Faouzi, S., 2009, “Influence of Spinning Parameters and Recovered Fibers from Cotton Waste on the Uniformity and Hairiness of Rotor Spun Yarn”, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 4(3): 36–44.
222. Repon, M. R., Al Mamun R., Reza, S., Kumer Das, M. and Islam, T., 2016, “Effect of Spinning Parameters on Thick, Thin Places and Neps of Rotor Spun Yarn”, *Journal of Textile Science and Technology*, 2: 47–55.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KAYA, Seher

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri :

Medeni hali : Bekâr

Cep telefonu

E-mail

Eğitim Bilgileri

<u>Derece</u>	<u>Eğitim Birimi</u>	<u>Mezuniyet Tarihi</u>
Lisans	Uşak Üniversitesi Tekstil Mühendisliği	2016
Lise	Veyis Turan Ç.P.L	2006

İş Deneyimi

<u>Yıl</u>	<u>Yer</u>	<u>Görev</u>
2018-2018	Finteks Tekstil ve Halı San. ve Tic. A.Ş.	Merchandiser Asistanı
2016-2018	Ağaoğlu Tekstil San. ve Tic. A.Ş.	Merchandiser Asistanı

Yabancı Dil

İngilizce (Yökdil: 87.50)

Yayınlar

Kenevir Liflerinin Eldesi, Karakteristik Özellikleri ve Tekstil Endüstrisindeki Uygulamaları

<https://doi.org/10.29048/makufebed.693406>

Hobiler

Roman ve biyografi okumak, Bisiklete binmek, Çiçek yetiştirmek, Meditasyon yapmak.