



**BİYOBOZUNUR LİF İÇEREN DIŞ GIYİMLİK
DOKUMA KUMAŞ ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

Çisem ERGİN

Yüksek Lisans Tezi

**Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. H. Ziya ÖZEK**

2020

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BİYOBOZUNUR LİF İÇEREN DIŞ GİYİMLİK DOKUMA KUMAŞ
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Çisem ERGİN

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. H. Ziya ÖZEK

TEKİRDAĞ-2020

Her hakkı saklıdır.



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde eksiksiz biçimde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Çisem ERGİN

İMZA

Prof. Dr. Hikmet Ziya ÖZEK danışmanlığında, Çisem ERGİN tarafından hazırlanan “Biyobozunur Lif İçeren Dış Giyimlik Dokuma Kumaş Özelliklerinin İncelenmesi” başlıklı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından 30.09.2020 tarihinde Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul/red edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof.Dr Pelin GÜRKAN ÜNAL

İmza:

Üye : Doç.Dr. Burçak KARAGUZEL KAYAOĞLU

İmza:

Üye : Prof. Dr. H. Ziya ÖZEK

İmza:

:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç.Dr. Bahar UYMAZ
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans

BİYOBOZUNUR LİF İÇEREN DIŞ GIYİMLİK DOKUMA KUMAŞ ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Çisem ERGİN

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hikmet Ziya ÖZEK

Son yıllarda tekstil üretiminin yol açtığı çevresel etkilerin yanı sıra, sentetik esaslı lif atıklarından kaynaklanan kirlilikler tekstil sektöründe çözüm bekleyen kritik gündem maddeleri arasında yer almıştır. Tekstil endüstrisi kumaş üretim süreçlerinde yaygın, kullanılan lif tipleri ve ortaya çıkan çeşitlilik çevreci ve sürdürülebilir üretim gereklerinden uzaklaşmaktadır. Günümüzde sürdürülebilirliğin artan önemiyle, her sektörde olduğu gibi tekstil sektöründe de bu bilinçle üretimlerin yapılması hedeflenmektedir. Biyoplastik kategorisinde yer alan ve çok yönlü kullanımı olan malzeme gruplarından, biyobozunur (biodegradable) ve biyoaktif (bioactive) olan mısır nişastası, pancar kökü veya şeker kamışı gibi yenilenebilir kaynaklardan üretilen termoplastik malzemeler önem kazanmaya başlamıştır. Biyobozunur materyallerin sürdürülebilirlik yaklaşımıyla kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu malzemeler çok iyi derecede ısıl şekillendirme, yapıştırma ve boyama özellikleri göstermektedir. Kullanım ömrü kısa olan ürünler ya da karbon ayakizi çok büyük olan standart plastiklere göre rekabetçi avantajlar sağlamaktadır. Tekstil sektörünün mekanik ve performans gereksinimlerini nihai uygulamalara uygun olarak karşılayan % 100 biyo bazlı ve biyolojik olarak parçalanabilir bir nihai giyim ürünü elde etmek, kumaş içerisinde biyobozunur materyaller ve diğer tekstil ham maddelerinin farklarını değerlendirmek önemlidir. Biyobozunur lifler üzerine çok çeşitli çalışmalar yapılmış olsa da; bunların moda sektöründe marka firmaların koleksiyon standartlarına uygunluğu üzerine yeterli veri olmadığı görülmüştür. Bu çalışmada biyobozunur elyaflardan endüstriyel standartları karşılayan çevre dostu dokuma kumaş ürünleri geliştirilmesi, üretim ve nihai ürün performanslarının değerlendirilmesi ve bu alanda literatürdeki eksikliklerin giderilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında polilaktik asit lifinden üretilmiş kumaş ile bu lifin pamuk, viskon ve tencel lifleri ile karışımlarından oluşan kumailar incelenmiştir. Polilaktik asit liflerini kullanmanın, mekanik performans, haslıklar ve biyobozunurluk açısından gereken kalite kriterlerinin sağlayabildiği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Biyobozunur lif, Sürdürülebilirlik, Dokuma Kumaş, Polilaktik asit lifi

2020, 101 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

A STUDY OF PROPERTIES OF WOVEN APPAREL FABRICS CONTAINING BIODAGRABLE FIBERS

ÇİSEM ERGİN

Tekirdağ Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Textile

Supervisor: Prof. Dr. Hikmet Ziya ÖZEK

In addition to the environmental effects caused by textile production in recent years, impurities originating from synthetic fibres have been among the critical agenda items waiting for solutions in the textile industry. In the textile industry fabric production processes, the materials used and the diversity that emerges diverges from sustainability. Today, the importance of sustainability is aimed to produce with this awareness in the textile industry as in every sector. It is a thermoplastic produced from renewable sources such as corn starch, beet root or sugar cane, which are biodegradable and bioactive, which are among the versatile material groups in the bioplastic category. The importance of biodegradable materials increases with the sustainability approach. These materials show very good thermal forming, bonding and painting properties. It provides competitive advantages over products with short lifetimes or standard plastics with a very large carbon footprint. It is important to obtain a 100% bio-based and biodegradable final clothing product that meets the mechanical and performance requirements of the textile industry in accordance with the final applications, and to evaluate the differences in biodegradable materials and other textile raw materials within the fabric. There appears several studies on biodegradable fibres but limited data on their applicability into fashion products of the brand owners.

In this study, it is aimed to develop eco-friendly woven fabric products from biodegradable fibres to evaluate the performances of production and the final product. The samples of woven fabrics made by poly lactic acid (PLA) fibres and their blends with cotton, viscose and tencell are produced in accordance with the industrial standards and requirements. It is observed that the usage of PLA fibres proves to be sufficient on the bases of mechanical performance, fastness and biodegradability measures.

Key words: Biodegradable fiber, Sustainability, Woven Fabric, Polylactic acid fiber

2020, 101 pages

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	viii
TEŞEKKÜR.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	3
2.1. Biyobozunurluk ve Tekstilde Kullanılan Lifler	3
2.1.1. Doğal Lifler	4
2.1.2. Kimyasal Lifler.....	5
2.2. Biyobozunur Tekstil Lifleri ve Genel Özellikleri.....	5
2.2.1. Pamuk Lifi ve Genel Özellikleri.....	5
2.2.2. Viskon Lifi ve Genel Özellikleri	9
2.2.3. Lyocell Lifi ve Genel Özellikleri.....	12
2.3. Biyobozunur Poli Laktik Asit (PLA) Lifi Özellikleri ve Üretimi	14
2.3.1. Poli Laktik Asit Lifi Özellikleri.....	14
2.3.2. Poli Laktik Asit (PLA) Üretimi	16
2.4. Biyobozunur Polimerler	20
2.4.1. Biyobozunur Polimerlerin Sınıflandırılması ve Bileşimi	20
2.4.2. Doğal Biyobozunur Polimerler.....	21
b. Nişasta.....	23
c. Kitin ve Çitosan	23
d. Alginik asit.....	24
2.4.3. Doğal Proteinler.....	24
2.4.4. Doğal Monomerden Elde edilen Sentetik Biyopolimerler	24
2.4.5. Sentetik Biyobozunur Polimerler	25
2.4.6. Karbon İskeletine Sahip Biyobozunur Polimerler	26
2.5. Literatür Özeti	26
3. Materyal ve Yöntem.....	34
3.1. Kullanılan Malzemeler	34
3.2. Uygulanan Test Yöntemleri	37
3.2.1. Kıvrım Oranı Ölçümü.....	39
3.2.2. Kumaş Kalınlığı Testi.....	39

3.2.3. Buruşmazlık Testi.....	40
3.2.4. Hava Geçirgenliği Testi.....	41
3.2.5. Kılcal Islanma (Wicking) Testi	41
3.2.6. Buhar Sonrası Boyutsal Değişim Testi.....	43
3.2.7. Yıkama Sonrası Boyutsal Değişim Testi.....	43
3.2.8. Pilling Testi.....	44
3.2.9. Dikiş Kayması/Açması ve Dikiş Kopması Testi	44
3.2.10. Kopma Mukavemeti Testi	44
3.2.11. Yırtılma Mukavemeti Testi.....	45
3.2.12. Yıkama Haslığı Testi	45
3.2.13. Sürtme Haslığı Testi	45
3.2.14. Su Haslığı Testi.....	46
3.2.15. Ter Haslığı Testi	46
3.2.16. Kuru Temizleme Haslığı Testi.....	46
3.2.17. Biyobozunurluk Testi	47
4. Bulgular ve Tartışma.....	49
4.1. Ön Çalışma	49
4.2. İplik Testleri ve Numunelerin Hazırlanması	49
4.2.1. İplik Test Değerleri.....	49
4.2.2. Deney Planı ve Numune Teknik Bilgileri	52
4.2.3. Numune Kumaş Dokuma Üretim Değerleri	53
4.2.4. Numune Kumaşların Boyanması.....	55
4.3. Ham Kumaş Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	55
4.3.1. Kıvrım Oranı Test Sonuçları	55
4.3.2. Kumaş Kalınlığı Test Sonuçları	57
4.3.3. Buruşmazlık Testi Sonuçları.....	58
4.3.4. Hava Geçirgenliği Testi.....	59
4.3.5. Hava Geçirgenliği ve Örtme Faktörü İlişkisi	61
4.3.6. Kılcal Islanma (Wicking) Testi	62
4.4. Mamül Kumaş Test Sonuçları.....	65
4.5. Ham ve Mamül Kumaşlarda Kopma ve Yırtılma Mukavemetinin Değerlendirilmesi	68
4.6. Biyobozunurluk Testi Bulguları.....	70
4.6.1. Biyobozunurluk Testi Kütle Kaybı Değerlendirilmesi.....	72

4.6.2. Biyobozunurluk Testi Kopma Mukavemeti Değerlendirilmesi	73
4.6.3. Biyobozunma Sürecinin Morfolojik Değerlendirmesi	76
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	82
6. KAYNAKLAR	87
EK	
ÖZGEÇMİŞ	93



ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 2.1 Pamuk Kozası (Tümer, 2010).....	6
Şekil 2.2. Pamuk çırçırılama işlem basamakları (Tümer, 2010).....	8
Şekil 2.3 Yaş çekim yöntemi ile viskon üretim şeması (Coşkun, 2010).....	10
Şekil 2.4. Tencel lifi üretim basamakları (Özbağcı, 2008).....	13
Şekil 2.5.Poli(Laktik Asit) açık formülü(Hamamci, Çiftçi ve Aktaş 2018).....	15
Şekil 2.6. Poli(Laktik Asit) Polimerizasyonu (Hamamci ve Ark 2018).....	15
Şekil 2.7 Poli(Laktik Asit) üretim prosesi (Beşergil, 2019).....	18
Şekil 2.8 Poli(Laktik Asit) üretim şeması (Avinc ve Khoddami, 2009).....	19
Şekil 2.9. Biyoplastik Sınıflandırılması (Beşergil, 2019).....	21
Şekil 2.10.Yeşil biyopolimerlerin sınıflandırılması (Yoruç ve Uğraşkan, 2017).....	22
Şekil 3.1. Numunelerin buruşmazlık açısı ölçümü.....	40
Şekil 3.2. Numune kumaşlara kılcal ıslanma(wicking) testi uygulaması.....	42
Şekil 3.3. Kılcal ıslanma (wicking) testi 30 dk sonunda çözgü numuneleri.....	42
Şekil 3.4. Kılcal emilim (wicking) testi 30 dk sonunda atkı numuneleri.....	43
Şekil 3.5. Biyobozunurluk testi numunelerin saksılara gömülmesi.....	48
Şekil 4.1.Numune kumaşın dokuma makinasında üretim görüntüsü.....	54
Şekil 4.2. Kıvrım oranı test sonuçları.....	56
Şekil 4.3. Kumaş kalınlığı test sonuçları.....	57
Şekil 4.4.Buruşmazlık açısı [°] testi.....	58
Şekil 4.5. Hava geçirgenliği testi.....	60
Şekil 4.6. Hava geçirgenliği örtme faktörü ilişkisi.....	61
Şekil 4.7. Kılcal ıslanma(wicking) testi.....	63
Şekil 4.8. Kılcal ıslanma (wicking) testi atkı yönünde sonuçları.....	64
Şekil 4.9. Ham ve mamül numunelerin kopma mukavemeti.....	68
Şekil 4.10. Ham ve mamül numunelerin yırtılma mukavemeti.....	69
Şekil 4.11. Biyobozunurluk testi ağırlık kaybı.....	72
Şekil 4.12.Biyobozunurluk testi kopma mukavemetleri.....	73
Şekil 4.13. Biyobozunurluk testi kopma mukavemetleri.....	75
Şekil 4.14. Biyobozunurluk testi kopma uzaması.....	75
Şekil 4.15. Bezayağı örgülü numunelerin 6 haftalık bozunma aşamaları.....	77
Şekil 4.16. Saten örgülü numunelerin 6 haftalık bozunma aşamaları.....	78
Şekil 4.17. Pla x CO. B ve PLA x VI. B numunelerin mikroskop görüntüleri (X40).....	79
Şekil 4.18. Pla x CO. B numunenin mikroskop görüntüsü (X40).....	80
Şekil 4.19. PLA x VI. B numunenin mikroskop görüntüsü (X40).....	81
Şekil 4.20. PLA x PLA. B numunenin mikroskop görüntüsü (X40).....	81

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 3.1. Ham kumaş kodları	35
Çizelge 3.2. Mamül kumaş kodları	36
Çizelge 3.3. Fiziksel ve haslık test standartları	38
Çizelge 4.1. Numune şablonların teknik bilgileri.....	50
Çizelge 4.2. İplik mukavemeti sonuçları.....	51
Çizelge 4.3. Liflerin özellikleri(Zupin ve Dimitrovski, 2010)	52
Çizelge 4.4. Numune kumaşların teknik bilgileri.....	52
Çizelge 4.5. Numunelerin terbiye ve bitim işlemleri sonrası fiziksel test sonuçları	66
Çizelge 4.6. Mamul (apre sonrası) numunelerin haslık testi sonuçları	68
Çizelge 5.1. Biyobozunur ve biyobozunur kumaşların performans karşılaştırması.....	83



SİMGELER VE KISALTMALAR

<i>cm</i>	: Santimetre	<i>mm</i>	: Milimetre
<i>cN</i>	: Santi newton	<i>N</i>	: Newton
<i>cN/Tex</i>	: Mukavemet Birimi	<i>g</i>	: Gram Kütle Birimi
<i>Den</i>	: Denye	<i>m²</i>	: Metre kare Alan ölçüsü
<i>° C</i>	: Sıcaklık birimi, derece		
PLA	: Poli (laktik asit)	SPF	: Soya Protein Fibers
PEG	: Poli(etilen glikol)	PET	: Poli(etilen tetrafalat)
PGA	: Poli (glikolik asit)	PHB	: Poli(hidroksi bütirat)
PVA	: Poli(vinil alkol)	PVPP	: Polivinilpolipirolidon
PHBV	: Poli (hidroksi bütirat-ko-hidroksi valerat)	POSS	: Poliogomerik hidrosilseksuioksan
OAP-POSS	: Oktaaminofenil polioliomerik hidrosiloksan		
TPP	: Trifenil fosfat	NMMO	: N-Metil morfolin oksit
DYPE	: Düşük yoğunlukta polietilen	YYPE	: Yüksek yoğunlukta polietilen
CO	: Pamuk	TEN	: Tencel
SEM	: Taramalı elektron mikroskop	DCS	: Diferansiyel taramalı kalorimetre
IMG	: Punta	SP	: Süper parlak
CAGR	: Yıllık büyüme oranı	KES F	: Kawabata Evaluation Systems for Fabrics
ISO	: Uluslararası Standart Organizasyonu		
DIN	: Alman Standardizasyon Enstitüsü	TSE	: Türk Standartları Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda araştırma konumun belirlenmesi, planlanması, yürütülmesi ve değerlendirilmesinde yardımlarını esirgemeyen ve bana yeni bir vizyon kazandıran danışman hocam Prof. Dr. H. Ziya ÖZEK' e teşekkür ederim.

Tez çalışmamda dokuma kumaş ile ilgili verilerini ve bilgilerini paylaşan Can Tekstil firması ile Sn. Sevda GENÇ' e ve tüm proje ekibi arkadaşlarıma verdikleri destek ve sağladıkları işbirliğinden dolayı teşekkür ederim.

Hiçbir zaman beni yalnız bırakmayan, maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen aileme de ayrıca teşekkür ederim.

Eylül, 2020

Çisem ERGİN
TEKSTİL MÜHENDİSİ
ÜRGE PLANLAMA SOR.

1. GİRİŞ

Çevreyi korumanın her geçen gün artan bir duyarlılıkla ele alınması, yenilenebilir kaynaklardan üretilen ve kullanım sonrası atık oluşturmayan malzemelere olan ilgiyi ve araştırmaları yoğunlaştırmıştır. Tekstil lifleri arasında pazar payı en yüksek olan ve giderek de artma eğiliminde olan polyesterin, hem petrol türevlerinden üretiliyor olması hem de kullanım sonrası bozunmayarak yüzyıllar boyunca doğayı kirletmesinden dolayı bu life alternatif oluşturacak polimerler araştırılmaktadır. Bu kapsamda yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilen çevre dostu polimerler olan biyobozunur lifler öne çıkmaktadır.

Biyobozunur materyaller çok fazla bilinmemektedir. Tekstil sektöründe biyobozunur materyallerle yapılmış çeşitli çalışmalar olmakla birlikte; çoğu benzerlikler gösteren çalışmalar olduğu için sonuçlar da sınırlıdır. Selülozik liflerle, biyobozunur lifli üretilen karışım kumaşların araştırıldığı ve sonuçlarının değerlendirildiğinde eksik bilgiler ve çözülmesi gereken sorunlar vardır. Sanayi kuruluşlarında biyobozunur materyaller için çalışmalara çok fazla yer verilmediği bilinmektedir. Birçok araştırmacı, harman oranlarının bozunma süreci üzerindeki etkilerini ve biyopolimerler üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Biyobozunur polimerler şu anda doku kültürü, biyomedikal, tarım, gıda ve akıllı tekstil ürünleri gibi birçok alanda kullanılan polimerlerdir. Harmanlanmış polimerlerin özellikleri ve bozunma hızı, nihai karışımın bozunabilirliğini belirlediği bilinmektedir. Biyobozunur malzemeler, akıllı malzemeler olarak yeşil nano teknolojinin geliştirilmesinde de önemli bir rol oynamaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında biyobozunur liflerle farklı tekstil materyallerinin; rejener selüloz liflerinin karıştırılmasıyla dokuma kumaş üretilmesi ve sonuçlarının değerlendirilmesi biyobozunur materyallerin tekstildeki önemi doğrultusunda çalışmalar yapılacaktır. Bu çalışmada biyobozunur materyallerin endüstriyel üretimde kullanılabilirliğinin araştırılması ve sürdürülebilir esaslı malzeme ve tekstil kumaşlarına yönelik farkındalığın kazandırılması hedeflenmiştir.

Dünya nüfusundaki artışa bağlı olarak doğal kaynakların tüketimi de hızla artmaktadır. Çevre dostu ve yenilebilir kaynaklardan elde edilen ham madde ve enerji kullanımı, her geçen gün daha hassasiyetle ele alınması gereken sorunlardan biri olmuştur. Çok yüksek hacimde üretimlerin gerçekleştiği tekstil ve hazır giyim sektöründe, üretilen ürünlerin katı atıkları da çözüm bekleyen sorunlar arasına girmiştir ve arayışlar başlatılmıştır. Tekstil üretiminde sentetik liflerin artan kullanım oranları ve polyester lifinin gelişen hakimiyeti bu sorunun temel

nedenidir. Sentetik liflerin petrol türevlerinden üretiliyor olması ve kimyasal yapıları itibariyle kullanım sonrasındaki bertaraf aşamasında yüzyıllar boyunca bozunmayarak doğaya zarar vermesi sebebiyle bu polyester elyafına alternatif polimerler araştırılmaktadır. Bu polimerler arasında poli lastik asit (PLA) polimeri, polyester ailesinden olması ve polyestere en yakın özellikler sergilemesinin yanı sıra yenilebilir kaynaklardan üretilip biyobozunur/ biyo gübrelenebilir özelliklerinin olması sayesinde diğer polimerler arasında en öne çıkmayı başarmıştır. Bununla birlikte ülkemiz ihracatında önemli bir payı olan tekstil endüstrisinde sürdürülebilir hammadde ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. PLA lifi tekstil uygulamalarında olumlu özelliklerinin yanı sıra çevre dostu olması ve hammadde özelliği biyobozunur ve sürdürülebilir olmasıyla sektörde farkındalık yaratması açısından çok önemlidir. Doğal elyaflara göre daha yüksek sağlamlık, ciltten nemi mükemmel bir şekilde uzaklaştırabilme, doğal UV direnci, yanmazlık ve az duman oluşturma bulunmaktadır. Bu özelliklere sahip PLA lifi biyobozunur bir polimerdir (Avinc ve Khoddami, 2009).

Biyobozunur lifler üzerine çeşitli araştırmalar ve akademik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada endüstriyel bakış açısıyla; biyobozunur özelliğe sahip PLA lifi içeren kumaşların moda sektöründe marka firmaların ürün standartlarına uygun üretilebilirliği irdelenmiştir. Bu çalışma kapsamında, biyobozunur elyaflardan endüstriyel standartları karşılayan çevre dostu dokuma kumaş ürünleri geliştirilmesi, üretim ve nihai ürün performanslarının değerlendirilmesi ve bu alanda literatürdeki eksikliklerin giderilmesi amaçlanmıştır. Entegre bir tekstil firmasının Endüstriyel Ar-Ge Merkezi işbirliğiyle yürütülen denyesel çalışmalar ile bu kumaşları içeren yeni bir kalite serisi hazırlığının ön araştırması yapılmıştır. Bu çalışmada %100 PLA ile PLA, pamuk ve rejenere selüloz lifleriyle karışımli kumaşlar üretilerek dokuma kumaş performans özellikleri araştırılmıştır. %100 PLA ya da diğer doğal ve rejenere liflerle karışımlarından üretilecek olan kumaşların ticari potansiyeli olabileceği düşüncesiyle, üretilen numunelerin endüstriyel kriterlere uygunluğu ve üretilebilirliği incelenmiştir. Ham ve mmaul numunlerin fiziksel performansları yanı sıra haslık değerleri de tez kapsamında incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Biyobozunurluk ve Tekstilde Kullanılan Lifler

En temel tekstil malzemesi olan lifler, tekstil sektöründe giysi, kumaş ve yüzey yapımında binlerce yıldır kullanılmaktadırlar. İlk başlarda pamuk, keten, yün, ipek gibi bitkilerden ve hayvanlardan elde edilen doğal lifler kullanılırken 19. Yüzyılda insan yapımı lif üretimi başlamıştır (Dündar,2008). Günümüzde üretilen çeşitli lifler, oldukça geniş kullanım alanlarına sahiptir. Giyim ve ev tekstil ürünleri gibi bilinen geleneksel kullanımlarına ek olarak, endüstriyel bant, filtreler, otomobil lastiği, havacılık, yapı malzemeleri, tıbbi malzemeler ve hatta vücuda yerleştirilebilir aktif tıbbi cihazlar üretiminde de lifler kullanılmaktadır (Okur, 2006).

Bilindiği üzere, tekstil malzemelerinden doğal ya da rejenere polimer esaslı olanlar; toprağa gömüldüklerinde, toprakta bulunan mikroorganizmalar sayesinde bozunuma uğramaktadırlar. Buna doğada çözünürlük ya da biyobozunurluk (biyolojik bozunma) adı verilmektedir. Biyobozunurluk, son dönemlerde tekstil ürünlerinin çevre dostu olabilmesi için standart bir ölçü olarak kullanılmaktadır (Park vd., 2004). Tekstil malzemelerinin biyolojik bozunması kristalin oranı, oryantasyon ve polimerizasyon derecesi ile hidrofilitik/ hidrofobiklik gibi faktörlerden etkilenmektedir. Ayrıca tekstil malzemeleri gömüldüğü toprağın durumu ve topraktaki mikroorganizmaların türü de etkilemektedir.

Yalnızca tekstil malzemele değil çok çeşitli plastik malzemeler için de benzer durum geçerlidir. Her yıl üretilen 300 milyon tondan fazla petrole dayalı sentetik plastiklerin %30'u paketleme malzemesi olarak kullanılırlar. Bu paketleme malzemeleri bertaraf edilme aşamasında, katı atık olarak yer altı depolama alanlarında yer alırlar. Doğaya bırakılan atıkların biyobozunmasının gerçekleşmesi için topraktaki organizmaların yapısı ve çevresel tüm etkiler önem taşımaktadır. Biyosferde organik kimyasallar yardımıyla daha basit bileşiklere dönüştürülüp mineralize edilmesi yani biyobozunması çevre açısından önemlidir.

Genelde petrol türevlerinden elde edilen sentetik polimerlere alternatif olarak; mısır, bezelye, bitkisel yağ veya mikrobiyal gibi yenilenebilir hayvansal ve bitkisel kaynaklardan üretilen polimerlerden elde edilen plastiklere, doğada çözümleri daha kolay gerçekleştiği ve zararsız olduğu için **Biyobozunur Plastik** denir. Biyobozunur plastik ambalaj malzemelerinden üretilen ürünlerin küresel ısınmaya sebep olan sera gazı salınımı oranı

oldukça azdır. Bu nedenle Amerika ve Avrupa Birliği ülkelerinde toprakta eriyebilen plastik ambalaj malzemelerinin kullanımı artmaktadır. Biyobozunur plastikler, toprakta 1-6 ay gibi kısa bir süre içerisinde çürüyüp doğaya karışmaktadır (Anonim, 2018).

Biyopolimerler, ekonomi için uygun bir çözüm sunan petrol, tarım veya hayvan kaynaklarına dayanan yeni nesil akıllı tekstil malzemeleridir. Araştırmacılar, karışık kültürler kullanarak polimerlerin kompostlanma kabiliyeti ve biyolojik olarak parçalanabilirliğinin değerlendirilmesi için birçok standart test yöntemleri oluşturmuşlardır. Yaşam döngüsü analizi, biyopolimerlerin gelişimini simüle eden yöntemlerden biridir. Yeşil lifler, yağ esaslı olanlardan daha kısa bir yaşam döngüsüne sahiptir. Birçok araştırmacı, harman oranlarının bozunma süreci üzerindeki etkilerini biyopolimerler üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Biyobozunur polimerler şu anda doku kültürü, biyomedikal, tarım, gıda ve akıllı tekstil ürünleri gibi birçok alanda kullanılan akıllı polimerlerdir. Harmanlanmış polimerlerin özellikleri ve bozunma hızı, ana karışımın bozunabilirliğini belirler. Biyobozunur malzemeler, akıllı ve akıllı malzemeler olarak yeşil nanoteknolojinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynar, bu örneklerden biri nano boyutlu polisakkaritlerdir. Nanomalzemeler, biyo uyumluluk ve tıbbi ve diğer alanlarda teslimat uygulamalarını kolaylaştırma yeteneği nedeniyle farmasötik uygulamaları için önemli bir malzemelerdir. Akıllı biyopolimerlerin önemli bir özelliği, onları etkileyen uyaranlara yanıt olarak çevrelerine potansiyel adaptasyonlarıdır. Bu özellikleri onları tekstil endüstrisi için uygun malzemeler haline getirmektedir (Younes, 2017).

Temelde lifler;

1. Doğal lifler
2. Kimyasal lifler olmak üzere iki ana grupta sınıflandırılır.

2.1.1. Doğal Lifler

Doğada bulunan tamamen doğadan elde edilen liflere doğal lifler denir. Elde edilmiş kaynağına göre üç ana gruba ayrılırlar. Bunlar; bitkisel lifler, hayvansal lifler ve mineral liflerdir.

Bitkisel lifler, selüloz esaslı liflerdir. Bitkisel lifleri kısaca; tohum lifleri (pamuk, kapok), sak/gövde lifleri (keten, kenevir, jüt ve kenaf), yaprak lifleri (abaka, sisal, palmye, ananas) ve meyve liflerini (hindistancevizi lifi) kapsar.

Hayvansal lifler, protein esaslı liflerdir. Koyun postundan (yün) elde edilen lifleri, alpaka, deve, kaşmir, moher, lama gibi hayvanların tüylerinden elde edilen lifleri ve salgı liflerini (ipek) kapsamaktadır.

Mineral lifler asbest, mineral yünü ve bazalt gibi maden esaslı lifleri kapsamaktadır (Okur, 2006).

2.1.2. Kimyasal Lifler

Kimyasal lifler doğada hazır bulunmayan kimyasal işlemlerle elde edilen liflere denir. Bununla birlikte hammaddesi doğal kaynaklardan elde edilebilir ya da endüstriyel olarak üretilen tekstil lifleri temelde üç grup altında toplanır;

- Doğal polimerlerden elde edilen kimyasal lifler
- Sentetik polimerlerden elde edilen kimyasal lifler
- Anorganik maddelerden elde edilen kimyasal lifler

Tekstil liflerinin fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri bu liflerden üretilen ipliğin, dokunan kumaşın veya örgü yüzeyinin özelliklerini belirleyen en önemli faktörlerdendir. Bir tekstil lifinin ticari değerinin olabilmesi için aşağıdaki sıralanan bazı temel özelliklere sahip olması ve bu özelliklerin belirli seviyede olması gerekmektedir.

- Ekonomiklik ve bulunabilirlik
- Eğrilebilirlik, sağlamlık, dayanıklılık, uzunluk, incelik, kesit şekli, düzgünlük
- Esneklik ve yumuşaklık
- Nem çekme, boyarmaddeye karşı davranış
- Moleküler yapı; lif oluşturabilmek için makromoleküllerin uzun eksenleri boyunca birbirine paralel dizilebilmeleri, bunun için de düz zincir şeklinde olmaları ve birbirlerini çekmeleri gerekmektedir (Okur, 2006).

2.2. Biyobozunur Tekstil Lifleri ve Genel Özellikleri

2.2.1. Pamuk Lifi ve Genel Özellikleri

Pamuk M.Ö.15.yüzyıldan beri bilinmektedir. Pamuk lifinin kökenini Hindistan, Güney Amerika ve Mısır gibi dünyanın değişik bölgelerinden almaktadır. Pamuğun Anadolu'daki

yayılmı ise 6.yüzyıldan itibaren Bizanslılar sayesinde olmuştur. Pamuklu kumaş dokuma sanatı ise Hindistan'da ilk ortaya çıkmış ve M.S.1. yüzyılda Akdeniz'e ulaşmıştır. Pamuklu dokumalar ipek yolu üzerinden Anadolu'dan Avrupa'ya geçmiştir (Alhalabi, 2007).

Pamuk, Malvales takımından, Malvaceae familyasından, Gossypium cinsinden bir bitkidir. Kültür pamukları Herbacea ve Hirsuta olmak üzere iki grup altında incelenir. Eski dünya pamukları adı verilen, Herbacea grubunda Gossypium arboreum L. ve Gossypium herbaceum L. olmak üzere iki tür bulunmaktadır. Yeni dünya pamukları adı verilen Hirsuta grubunda ise Gossypium hirsutum L., Gossypium barbadense L. ve Gossypium tomentosum L. türleri bulunur . Upland grubu pamuk tiplerinin kökeni Amerika Birleşik Devletleri olup Gossypium hirsutum L. içinde yer alır. Bu pamuklar, verimli, orta uzunlukta liflere sahip ve değişik yetiştirme koşullarına kolayca uyabilen pamuklardır ve dünyanın her tarafına yayılmıştır (Tümer, 2010).



Şekil 2.1 Pamuk Kozası (Tümer, 2010).

Pamuk kozası Şekil 2. 1 'de gösterilmiştir. Pamuk lifleri saf selüloz içeriği (%94 oranında) yönünden çok zengindir. Bir pamuk tohumda yaklaşık 5-10 bin arasında lif hücresi bulunur. Pamuk lifleri; kısa lifler (linter) ve uzun lifler (fiber) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Pamuk türüne göre değişebilen pamuk lif uzunluğu 9-60 mm arasında değişirken, pamuk lif kalınlığı ise 16. 5 -21. 5 mikron arasında değişebilmektedir. Genel olarak lif uzunlaştıkça inceler. Uzun ve ince liflerin kıvrımları daha çok olur. Kalın lifler ise kopmaya daha dayanıklıdır. Lif rengi beyaz, krem, kahve ve esmer olabilmektedir. Pamuğun parlaklığı çevre

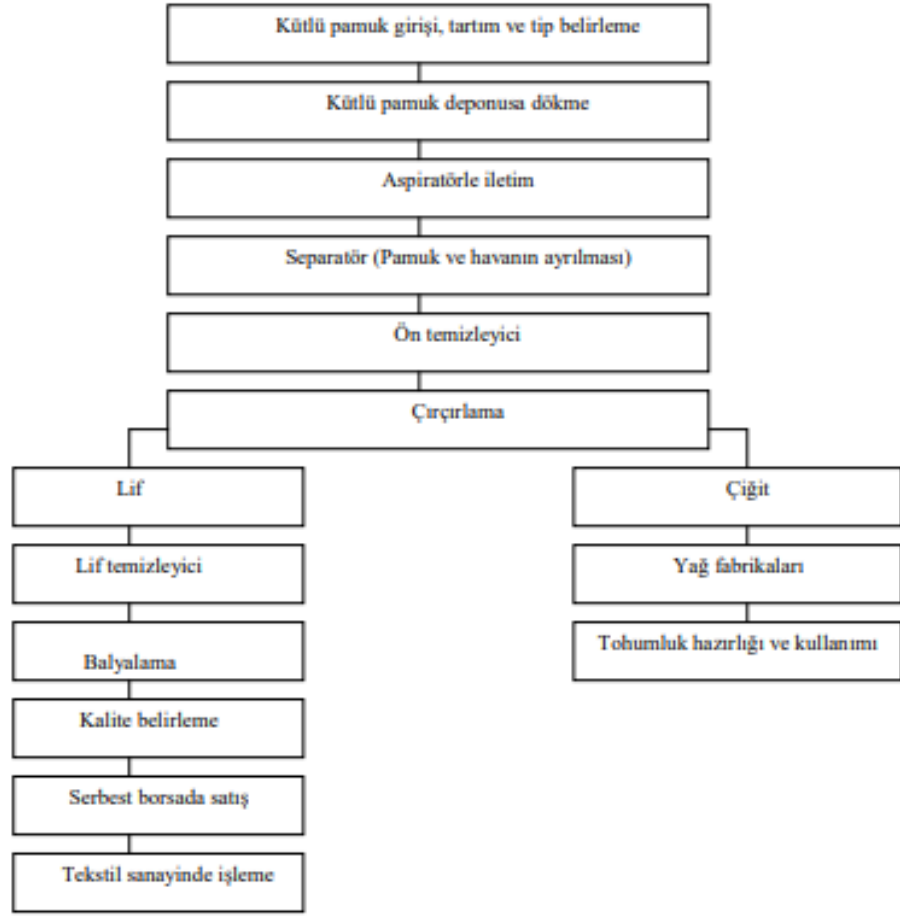
koşullarının (özellikle nemin) uygun olmasına bağlı olarak lif uzunluğu ve kıvrım sayısı arttıkça artmaktadır.

Pamuk üretimi kısaca; pamuğun tarımıyla başlayan süreç, hasat edilmesi, çırçırılarak lif ve çiğit elde edilmesi, lifin tekstil ve diğer sanayilere hammadde olması, çiğitin lintergin işleminden sonra elde edilen linter pamuğun selüloz kimya sanayi, yatak ve dolgu endüstrisi ile savaş sanayisine kadar çeşitli sektörlerle hammadde olması, çiğitin ise hayvan yemi ve yağ sanayisi gibi sanayilere hammadde olması şeklinde devam etmektedir. Genel olarak; ilk etapta çiğitli (kütlü) pamuğun elyafının çekirdeğinden (çiğidinden) ayrılması işlemini yapan işletmelere çırçır (prese) fabrikası, ikinci etapta linter pamuğunun çekirdek üzerinden sıyırılması işlemini yapan işletmelere linter-prese fabrikaları, çırçırılama ve iplik imalatı aşamalarında oluşan pamuk lifi döküntülerinin balya haline getirilmesi işlemini yapan işletmelere ise lif döküntüsü prese fabrikası denilmektedir (Tümer, 2010).

Pamuğa dayalı sanayinin temel taşı pamuğun çekirdeğini elyafından ayıran çırçır işletmeleri oluşturmaktadır. Çırçırılamanın amacı sadece çekirdeği liflerden ayırmak değil, aynı zamanda lifleri kondisyonlayıp, temizleyip balya haline getirmektir. Rollergin çırçırılama; deri, kauçuk ve benzeri maddelerle kaplı silindir şeklinde ve dönen topraklar (role) lifleri çiğitlerinden ayıran çırçır makinalarıdır. Sawgin çırçırılama, daire şeklinde ve dönen testere sistemiyle lifleri çiğitlerinden ayıran testereci çırçır makinalarıdır (Tümer, 2010). Şekil 2.2 'de pamuk çırçırılama işlem basamakları gösterilmiştir.

Çırçır işletmeleri pamuğu hammadde olarak kullanan sanayi kollarından en önemlisidir. Çırçır fabrikaları üretici ile tekstil firmaları arasında köprü görevi görmektedir. Pamuk lifleri doğru işlenmediği takdirde lif kalitesinde önemli kayıplar ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden çırçır fabrikaları, üreticiden aldığı kütlü pamuğu en uygun şekilde işleyerek tekstilcinin taleplerini karşılamak durumundadır. Lif kalitesini etkileyen önemli etmenlerden biri olan nem fazlalığı, lifin rengini bozabilmekte ve parlaklığını azaltabilmektedir. Ayrıca, çırçırılama esnasında birçok sorunla karşılaşılmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte, lifteki nemin azlığı çırçırılama esnasında lifte kırılmaların artmasına neden olmakta ve lifin kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Çırçırılama etkinliğini etkileyen bir diğer faktörde yabancı maddedir.

Kirli pamukların lif temizleyicilere alınması esnasında lif kayıpları yanında, liflerin birbirine dolanarak neps oluşturma riski artabilmektedir (Odabaşoğlu ve Çapur, 2017).



Şekil 2.2. Pamuk çırcırlama işlem basamakları (Tümer, 2010).

Pamuğun çırcırlama işleminin ardından pamuk lif ve çığide ayrılır. Pamuk lifleri balyalanarak iplik fabrikalarında gönderilirken, çığit presleme işlemi sonucunda %72 küspe, %13yağ ve %15 kapçık, toz, fire ve kayıplarla ayrılır. Pamuk çığidinden elde edilen küspe hayvan yemlerine karıştırılmaktadır. Çiğitten elde edilen yağ ise bitkisel yağ ve margarin olarak kullanılır. Bunun yanında pamuk çığidinden biyodizel yakıt da elde edilmektedir¹⁸⁰. Pamuk lifinin üzerinde kalan pamuk liflerinden oluşan linterin ise 250 sanayi dalında kullanım alanı mevcuttur. Tekstilde lifleri kısa olan linter kullanımı tercih edilmemektedir. Yumuşak, sağlam, uzun ve ince yüksek kaliteli lifler tekstil sanayinde kullanılır. Yumuşak, esnek ve düşük kalitedeki pamuk lifleri ise ip, sicim, lamba veya mum fitili, halı ipliği, tıbbi pamuk yapımında kullanılır. Pamuk linteri aynı zamanda kağıt hamuru, koltuk ve yatak dolgu malzemeleri, fotoğraf ve röntgen filmleri, plastikler, rayon, boya ve barut yapımında da kullanılmaktadır. Pamuk sapından ise levha üretilebilmektedir.

2.2.2. Viskon Lifi ve Genel Özellikleri

Viskoz Rayon, üretilen ilk rejenere selülozik lifdir. 1891’de, Cross, Bevan ve Beadle viskoz metodunu bulurken, 1919’da J.P.Bemberg ticari kuprommonium (bakır) rayonunu yapmayı başarmıştır. Ticari anlamda viskoz rayonunun üretimi 1911’de Amerika’da başlamıştır. 1924 yılında “rayon” ismi kabul görene kadar bu lif yapay deri olarak anılmıştır.

Viskozun orijinal formu olan filament lif formu, çok parlak bir yapıya sahiptir. Rayon 1930’lu yıllara kadar yalnızca filament formda üretilmiştir. 1932’de filament lifleri kesip, kıvrım verebilen makine bulunmuş ve stapel formda üretime başlanmıştır (Karacan, 2011).

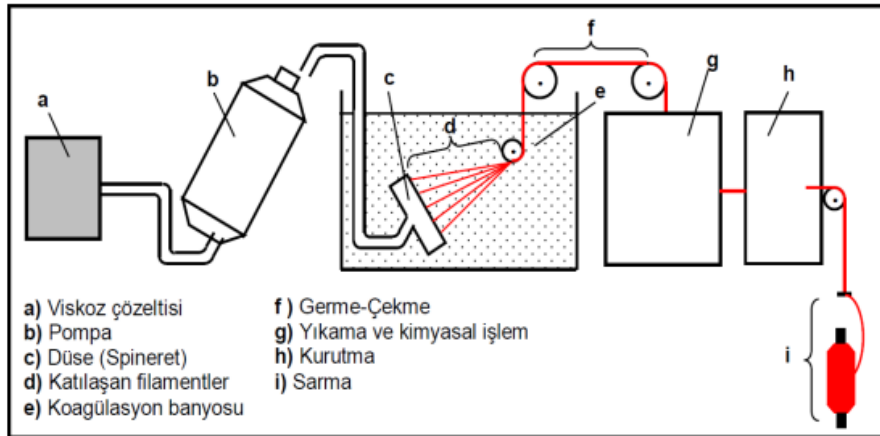
Rayonlar, viskoz lifi, bakır lifi, nitrat lifi ve selüloz asetat lifleri ayrıca modifiye edilmiş selüloz lifleri olarak da bir alt başlık altında gruplandırılabilir. Hammaddesi, doğal selüloz içerikli olan ağaç hamurundan üretilmektedir. Viskon lifi; kızılçam, kayın, ladin, kavak gibi selüloz oranı yüksek olan ağaçlardan yararlanılarak elde edilen selülozun, kimyasal işlemlere tabi tutulmasıyla yapay olarak üretilen kesikli bir lif tipidir. Viskon üretiminde söz konusu ağaçlar; kabuk kısımları çıkarıldıktan sonra, talaş adı verilen küçük parçalara ayrılmaktadır. Polyester, naylon gibi sentetik ve termoplastik liflere göre pamuk, keten gibi doğal selülozik elyaflara daha çok benzemektedir. Viskon ucuz ve yenilenebilir kaynak olan ağaç hamurunda elde edilmesine karşın üretimi esnasında yoğun su ve enerji tüketimine neden olmakta ve ayrıca hava ve su kirliliğine katkıda bulunmaktadır. Kolay bulunan hammaddeyle birlikte üretim ve işlemlerinde modernizasyonla viskon pazarda rekabet gücünü artırmaktadır (Karacan, 2011).

Rayon üretiminde yaygın olarak yaş lif çekim metodu kullanılır. Saflaştırılmış selüloz, kimyasal olarak viskoz solüsyonuna dönüştürülür ve banyo içerisinde çekilir. Sonuçta, %100 oranında katılaştırılarak selüloz filamentleri oluşturulur (Geysoğlu, 2015).

Viskoz liflerinin hammaddesi selülozdur. Viskoz lifi üretim için % 92-98 civarında selüloz içeren pamuk linteri ve odun selülozu kullanılmaktadır. Bu maddeler temizlendikten sonra kostik soda ile muamele edilerek alkali selüloz oluşturulur. Alkali selülozdaki fazla kostiğin uzaklaştırılması için mekanik presten geçirilir. Ardından etki yüzeyini artırmak için mekanik parçalayıcıdan geçer. Daha sonra karbon disülfid ile işleme sokularak selüloz ksantata dönüştürülür. Ardından seyreltik kostik soda çözeltisiyle çözülür. Elde edilen ham viskoz çözeltisi olgunlaştırma işlemine tabi tutulduktan sonra asit koagüle banyolarında çekilir ve viskoz filamentleri meydana gelir. Viskoz lif çekimi sırasında hava kabarcıklarının düzeden

çıkan elyafın kopmasına neden olmaması için lif çekimi işlemi vakumlu ortamda yapılır. Ayrıca filamentin yapışmasını önlemek için koagülasyon banyosundan geçirilir. Viskoz çözeltisi, koagülasyon banyosu içerisinde bulunan ve üzerinde birden fazla delik bulunan düze adı verilen üretim kafasına sabit basınçla sevk edilmektedir. Oluşan filamentler koagülasyon banyosundaki çözelti sayesinde düsedden çıktığı halde katılaşmaktadır. Daha sonra lif içerisindeki moleküllerin lif eksenine düzgün yerleşimi (lif oryantasyonu) için oluşan filamentler germe-çekme işlemine tabi tutulmakta, koagülasyon banyosundan arta kalan maddelerin giderilmesi amacıyla yıkanmaktadır. Çeşitli kimyasallarla işlem görmekte ve bobinlere sarılmaktadır. Filament halindeki viskoz ipeğinin istenen boyda kesilmesiyle kesikli lif olan viskon lifi elde edilmektedir (Geysoglu, 2015).

Rejenere selüloz elyafından filament halde elde edilen ipliklere floş (rayon), şapnel haldeki elyaftan elde edilen ipliklere de viskon iplikler denir. Filament haldeki ipliklerde (floş) görünüm, tuşe ve parlaklık gibi özellikler ipeğe benzer, yumuşak ve dökümlüdürler, statik elektriklenme ve pilling değerleri çok iyidir. Şapnel haldeki elyaflardan yapılan iplikler (viskon) ise büyük oranda pamuğa benzemektedir. Çok iyi nem çekme özellik gösterir. Sağlamlığı filament iplikten daha azdır. Bunun dışında özellikle birbirine benzer çeşitli bitim işlemleriyle özellikleri daha da iyileştirilebilir (www.netorma.com,2009)



Şekil 2.3 Yaş çekim yöntemi ile viskon üretim şeması (Coşkun, 2010)

Yaş çekim yöntemiyle viskoz lifi üretim şeması, şekil 2.3 'te gösterilmiştir. Viskon lifi, kullanılan düzenin deliklerinin şekline göre istenen enine kesit şeklinde üretilebilmektedir. Genellikle mısır patlağı şekli olarak tabir edilen girintili çıkıntılı enine kesit şekline sahiptir. Uzunlamasına olarak bakıldığında lif boyunca uzanan boyuna çizgiler mevcuttur. Selüloz esaslı

diğer liflere oranla daha parlak renkte olup, yoğunluğu 1.49-1.53 g/cm³ 'tür. Yapıdaki kristalin bölge oranı %40 olduğundan, %70 oranında kristalin bölgeye sahip pamukla karşılaştırıldığında mukavemeti daha azdır (Geysoglu, 2015).

Viskon liflerinin genel özellikleri şunlardır:

- Lif uzunluğu boyunca uzanan pek çok kanallara sahiptir ve bunlar kesitin bir özelliği olan çentiklere karşılık gelir.

-Viskon elyafının inceliği numara sistemlerinde denye olarak ifade edilir. Viskon elyafı genel olarak 1. 5-2. 5 ve 3.75 denye olarak üretilmektedir.

- Özgül ağırlığı 1,15g/cm³'tür.
- Yaş mukavemeti; 1.2-1. 7 gr/denye, kuru mukavemeti; 2. 3-3. 0 gr/denye' dir.
- Viskon elyafına uygulanan kuvvetin elastik sınır içerisinde olması durumunda; kuru olarak % 10-23, yaş olarak % 16-33 uzadığı tespit edilmiştir.
- Viskon elyafı yapı itibariyle nem absorpsiyonu yüksektir. Elyaf havadan önemli miktar nem alır. Ticari olarak viskonun rutubet değeri % 13'tür.

· Viskonun kendine has parlak bir görünümü vardır.. Işık, viskon lifin üzerine düştüğü sırada bir miktar absorbe edilmektedir. Yansıtılan ışık ise beyaz renktedir. Işığın çoğu, filament veya kesikli liflerin pürüzsüz ve düzenli yüzeylerinden yansıtılmaktadır. Böylece göz kamaştırıcı ve ışıltılı bir parlaklık elde edilmektedir. Bu sebeple bir matlaştırıcı madde, lif çekim çözültisine ilave edilebilmektedir (Coşkun, 2010).

· Işığın etkisi önemli ölçüdedir. Viskonun nem miktarı, ışığın etkisini artırır ve mukavemetini düşürür.

115°C'ye dek ısıya dayanır daha sonra önce sararır ve beyazımsı kül bırakarak yanar.

Viskon kurutmaya maruz kalırsa mukavemeti azalır ve renkte solma oluşur. Viskon liflerinin kimyasal özellikleri ise şu şekildedir;

Alkalilerin konsantrasyonu ve sıcaklıkla doğru orantılı olarak aynen pamukta olduğu gibi dayanıklıdır. Seyreltik asitler belli bir sıcaklıktan sonra, saf asitler ise soğukta etkiler.

· Filament veya ştapel haldeki floş-viskon iplikler dokuma ve örme kumaşlarda çok geniş bir kullanıma sahiptir. İnce dökümlü ve fantezi kumaşlar elde edilebilir, iplik özelliklerinin çoğunu aynı şekilde gösterirler. Viskon kumaşlar boya baskı gibi işlemlere de elverişlidirler. Viskon elyafı çok geniş kullanıma sahiptirler. Elbise, ceket, mayo gibi hazır giyim ürünlerinde, ev tekstilinde (yatak örtüsü, çarşaf, perde, masa örtüsü gibi), endüstriyel ürünlerde, tıbbi ürünlerde kullanılmaktadır. Özellikle şık ve dökümlü fantezi kıyafetlerin yapımında kullanımları yaygındır. Ayrıca üst giyimde astar olarak da kullanımı yaygındır (Coşkun, 2010).

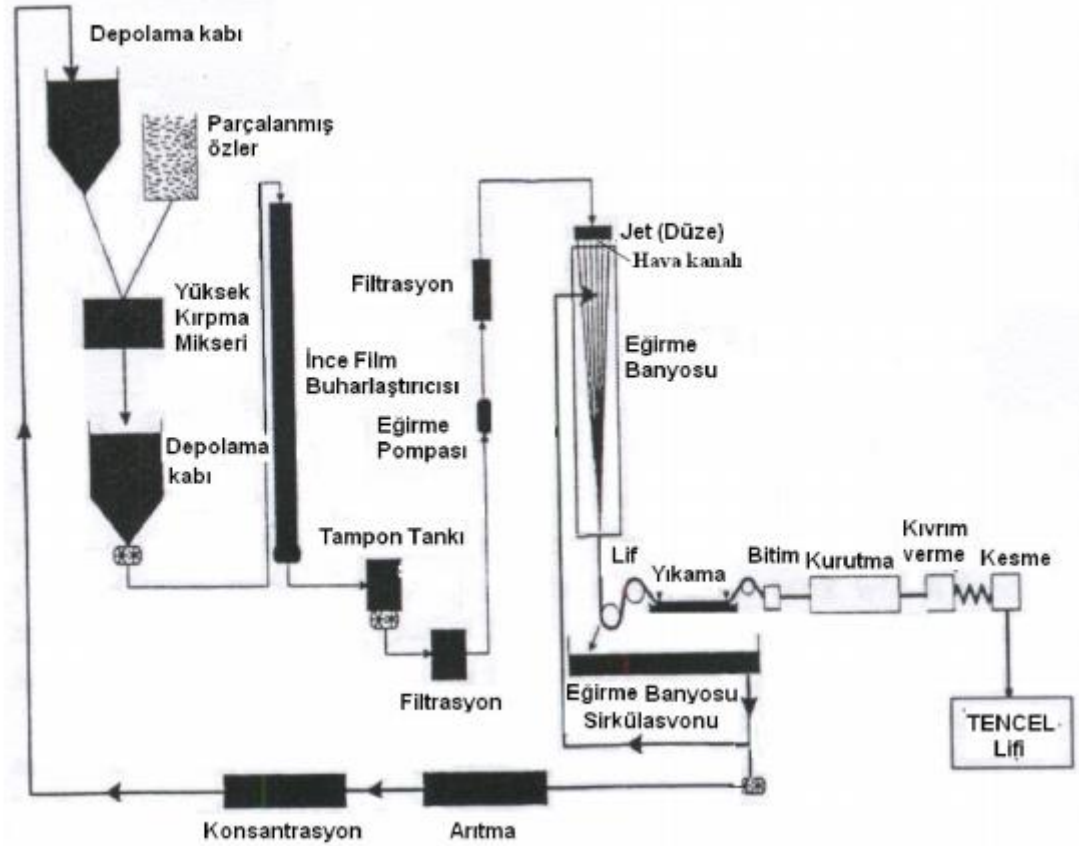
2.2.3. Lyocell Lifi ve Genel Özellikleri

Lyocell lifinin ilk örnekleri, 1972’de Kuzey Carolina’daki Amerikan Enka lif tesisindeki bir ekip tarafından geliştirildi. İlk geliştirildiğindeki projedeki ismi Newcell idi, bu proje durdurulmadan önce pilot olarak üretime geçilmiş ve böylece ilk lyocell lifleri bulunmuştur. Doğaya dönüşümlü ilk rejenere selüloz lifir. Elyaf, 1980’lerde İngiltere’nin Coventry’deki Courtaulds Fibers ve Grimsby pilot tesisinde geliştirilip, ilk olarak 1992 yılında büyük bir rayon lifi üreticisi olan “Courtaulds Fibres” firması tarafından A.B.D.’de ticari üretime başlanmıştır. Courtaulds firması (daha sonra Accordis Fibres tarafından devir alınmış) lyocell lifini, “Tencel” ticari markası dünya pazarına sunmuştur (Anonim, 2020). 1992 yılında Avustralya’da Lenzing firması da “Lyocell by Lenzing” ticari adıyla üretime başlamıştır. Accordis Tencel üretim tekniğinin viskoz ve Lenzing Lyocell’den tek farkı liflerin kesilmeden hemen önce yıkanıp, kurutulması ve liflere kıvrım verilmesidir (Dündar, 2008). Bu lifin şu an en büyük üreticilerinden biri “Lenzing” firmasıdır.

Lyocell lifin fiziksel özellikleri ve üretimi diğer liflerle kıyaslandığında birçok farklılıklara sahiptir. Bu yıllarda “Birleşmiş Milletler Federal Ticaret Komisyonu” tarafından 30 yıl içindeki ilk yeni lif olarak ayrı bir lif sınıfına alınmıştır. Özel olarak yetiştirilen ağaç tomruklarından eriyikten lif çekim yöntemiyle elde edilen ve çekim eriyiği tekrar geri dönüştürülebildiğinden çevre dostu selülozik esaslı elyafır. Lyocell elyaflar, sürdürülebilirlik gözetilen ormanlardaki ağaç tomruklarından elde edilir. Lif elde etmek için kullanılan çözücülerini geri kazanan ve tekrar kullanarak üretimin çevreye olumsuz etkisini en az seviyeye indiren eşsiz bir kapalı döngü sistemine sahiptir (Dündar, 2008).

“Lyocell: Organik solvent eğirme işlemi ile elde edilen 18 selülozik bir liftir” şeklinde tanımlanmıştır. (Organik solvent, organik kimyasalların su ile karışımı; solvent eğirme, türev

formasyonu olmadan çözüme ve eğirme olarak tanımlanmaktadır.) (Bilir ve Şardağ 2017). Tencel lifin üretim basamakları şekil 2.4 'de gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Tencel lifi üretim basamakları (Özbağcı, 2008).

Üretim işlemi, odun özü, sıcak N-metil morfolin oksit (NMMO) solüsyonunda (çözeltilinde) eritilir ve bu solüsyon extruderden geçirilerek lif formunda eğrilir. Ardından lif üzerindeki çözücü madde yıkama işlemiyle liften ayrılması sağlanır. Bu üretim tekniği atık maddelerin minimize edilmesine yardımcı olarak çözücünün %99' undan fazlasının geri kazanımını sağlamaktadır. Çözücü toksit (zehirli) değildir. Çözücü life kimyasal bir bağ oluşturmaz ve lif çekimi sırasında açığa çıkan tüm atık maddeler tamamen çevre dostudur (Özbağcı, 2008).

Lyocell liflerin üretim tekniğindeki genel prensip, selüloz maddesinin organik çözücüde çözümlenerek özel bir lif çekim yöntemi ile üretilmesidir. Bu nedenle lifin üretimi diğer selülozik lif elde etme yöntemlerinden farklılık gösterir. Viskozda selüloz ara bileşen şekline dönüştürüldükten sonra inorganik solvent içinde çözülür. Daha sonra solüsyon püskürtülerek tekrar selüloz formuna dönüştürülür. Lyocell'in üretim aşamasında ise selüloz hamurundan elde edilen selüloz ara bileşeni olmadan organik bir çözücü içerisinde direkt olarak eritilir. Elde

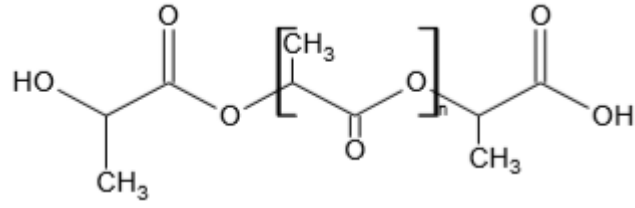
edilen solüsyon kayın ağacı selülozu (NMMO- Geri dönüşüm ATIK Selüloz (NMMO+SU) SU LYOCELL)) çözülme karışımı, eğirme, yıkama, finisaj ve kurutma adımlarından sonra püskürtüldükten sonra solvent yıkanarak uzaklaştırılır. Selüloz direk akarak solventten ayrılır (Özbağcı, 2008). Bu üretim yönteminde düze çıkışı lif polimerinin oluşması diğer klasik yöntemde olduğu gibi tuz ve asit içeren çöktürme banyosu ile yapılmamaktadır, doğrudan sulu ortamda lif polimeri oluşumu gerçekleşmektedir. Bu sebeple oluşan lif polimerinde oryantasyon yani büzülme, çekme etkileri olmayıp, düze çıkışından itibaren liflerde molekül oryantasyonu başlamaktadır. Üretim yönteminde düzeden çıkan polimer, lif çekim banyosuna girmeden önce kısa bir hava kanalından geçirilmektedir. Çözeltide bulunan moleküllerin tam bir oryantasyonu gerçekleşmiş olmaktadır. Daha sonraki lif çekim banyosunda ise amaç bu oryantasyon devam ederek sabitleşmektedir. Lif üretimi esnasında, lif eksenine doğrultusunda molekül oryantasyonunun yüksek olması dolayısıyla kristalizasyon derecesinin de yüksek olmasını sağlamaktadır. Solvent çekim prosesi sebebiyle lyocell lifleri, diğer rejenere elyaflardan daha çok doğal liflere ait pamuk lifine benzemektedir (Özbağcı, 2008).

2.3. Biyobozunur Poli Laktik Asit (PLA) Lifi Özellikleri ve Üretimi

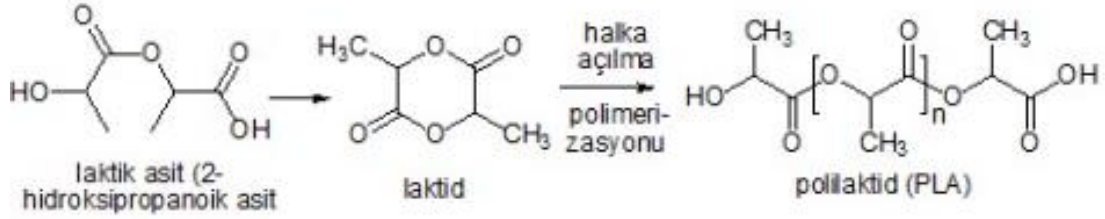
2.3.1. Poli Laktik Asit Lifi Özellikleri

Polilaktik asit (PLA) %100 yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilen çevre dostu olan bir alifatik polyesterdir. PLA ilk olarak 1932 yılında Carothers tarafından laktik asitin vakum ortamında ısıtılmasıyla düşük molekül ağırlıklı olarak elde edildi. İlk çalışma yüksek molekül ağırlıklı PLA polimeri üretilmesine de Dupont firması PLA üretimine yönelik patentle ödüllendirildi (Avinc, Owens, Bone, Wilding, Phillips, ve Farrington 2011).

Poli laktik asit nişasta içeren bitkilerden elde edilen laktik asidin halka açılması polimerizasyonu ile yüksek molekül ağırlığında üretilebilir. PLA L izomerli (PLLA), D izomerli PDLA formunda üretilebilir. PLA yapısındaki D ve L izomer oranları polimerin mekaniksel, termal ve kırılabilirlik optik ve diğer birçok fiziksel özelliğini doğrudan etkiler. PLA yarı stabil yapıda olduğundan dolayı soğutulurken ve ısıtılırken klasik kristallenme davranışını gösterir. Polyestere yakın özellikleri ile bilinen PLA, biyo bozunur / biyo gübrelenenebilir olma gibi özellikleri ile ön plana çıkmaktadır. PLA, biyobozunur polimerler ailesinde yarı sentetik polimerler sınıfında yer almaktadır (Avinc, Wilding, Bone, Phillips, ve Farrington 2010). Polilaktik asit açık formülü aşağıdaki şekil 2.5 'de ve PLA polimerizasyonu şekil 2.6 'da gösterilmiştir.



Şekil 2.5.Poli(Laktik Asit) açık formülü(Hamamci, Çiftçi ve Aktaş 2018)



Şekil 2.6. Poli(Laktik Asit) Polimerizasyonu (Hamamci ve Ark 2018).

PLA, dört temel avantaja sahiptir: yenilenebilirlik, biyo uyumluluk, üretimde düşük enerji kullanımı ve kolay işlenebilirlik (Rasal, Janorkar, and Hirt 2010). PLA mekanik özellik açısından değerlendirildiğinde, oda sıcaklığında PS'e yakın özellik göstermekte olup, PET ile karşılaştırıldığında daha zayıf kalmaktadır. Bununla birlikte yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ve düşük yoğunluklu polietilen (DYPE) kopma uzaması açısından PLA'ya oranla daha büyük değerler gösterirken, PLA daha büyük akma gerilmesi değerine sahiptir.

PLA bozduğunda H₂O ve CO₂'ye ayrılarak toksik ve karsinojen olmayan ürünler oluşturur. Bu özelliği nedeniyle biyomedikal ürünlerde ve ilaç taşıyıcı sistemlerde kullanımı tercih edilmektedir. PLA, 1970' li yılların başında Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından biyolojik akışkanlar ile direkt temas konusunda onay almıştır.

PLA; film istifleme, ekstrüzyon, şişirme ile kalıplama ve lif eğirme yöntemleri ile işlenirken, proses esnasında göstermiş olduğu termal işlenebilirlik özelliği ile diğer biyopolimerlere [polietilenglikol (PEG), PHA, PCL] göre avantaj sağlamaktadır (Hamamci ve ark 2018).

PLA iyi bariyer özellikleri ve gıda temasına uyumlu olması sayesinde ambalaj sanayiinde, medikal sektörde biyobozunabilir implantlar ve ilaç taşıma sistemlerinde kullanılmaktadır (Hamad et al. 2015) PLA tekstil sektöründe; ceket, spor giysileri ve gelinliklerde, nonwoven ürünlerde; otomotiv sektöründe tavan ve yer kaplamaları ile araç içi plastik akşamlarda, inşaat sektöründe laminantlar ve duvar kaplamalarında, elektrik ve

elektronik alanında ise kablo kaplamalarında ve çeşitli cihaz parçalarında kullanılmaktadır (Hamamci ve ark 2018).

Polilaktik asidin en önemli özelliği mısır, şeker kamışı ve buğday gibi nişasta zengini bitkisel kaynaklardan üretilen biyo bozunur bir polimer olmasıdır. Bu özelliklerin yanı sıra PLA' nın çevre dostu olması ve biyo uyumluluk gibi özelliklere sahip olması da; başta tekstil sektörü olmak üzere plastik uygulamalarında, paketleme alanında, ziraat ürünlerinde, tek kullanımlık ürünlerde potansiyel kullanım imkânı sağlamaktadır (Üner ve Koçak, 2012).

PLA polimerinin polyester polimerinden daha çevre dostu bir polimer olduğu kabul edilmektedir. PLA üretimi, petrol bazlı polimerlerin üretiminden % 25-55 daha az fosil enerji ve % 20-50 daha az fosil yakıt kaynağı gerektirmektedir. Üretim sonucunda sentetik polimerlere oranla çok daha düşük sera gazı emisyonu ortaya çıkarmakta ve önemli enerji tasarrufu sağlamaktadır (Avinc ve Khoddami, 2009).

2.3.2. Poli Laktik Asit (PLA) Üretimi

PLA genellikle D- veya L- laktik asidin polikondenzasyonu veya laktik asidin halkalı dimeri olan laktidin halka açılması polimerizasyonu ile elde edilen bir polimerdir. Bu polimerin D-Laktid veya L-Laktid olarak iki izomeri bulunur. Doğal izomer L-laktid, sentetik karışım ise DL-laktiddir. PLA' nın biyobozunurluğu veya fiziksel özellikleri üzerinde değişiklik yapmak için monomerin hidroksi asit miktarını veya D ve L izomerlerinin karışımlarının oranlarını değiştirmek gerekir. Kristallliği %37 olan yarı kristal PLLA L-laktidden elde edilirken; poli(DL-laktid) (PDLLA) amorf bir polimerdir. PLA' nın biyobozunurluk oranı kristallik derecesine bağlı olarak değişir. Poli(glikolik asit) PGA ile kıyaslandığında PLLA' nın bozunma oranı oldukça düşüktür, bu nedenle laktid ve glikolidin kopolimerlerinin biyobozunur implant malzemeleri olarak kullanımı üzerine çalışılmaktadır (Hamamci ve ark 2018).

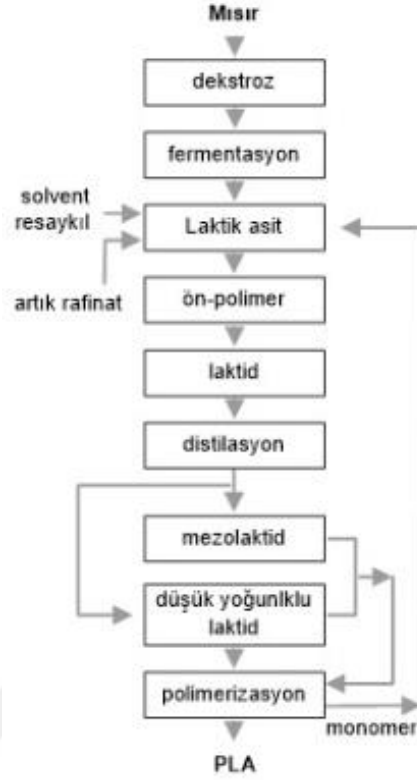
PLA'nın sentezi, laktik asit üretiminden başlayan ve polimerizasyonu ile biten çok aşamalı bir işlemdir. Laktik asit, fermantasyon yoluyla mısır, patates, peynir altı suyu, şeker kamışı gibi yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilir. Bir ara adım genellikle laktit oluşumudur (Avinc ve Khoddami, 2010).

Laktik asit, düşük molekül ağırlıklı, kırılğan bir polimer elde etmek için, çoğu zaman kullanılmayan, zincirleme uzunluğunu arttırmak için birleştirme ajanları kullanılmadığı sürece, yoğunlaşma polimerleşir. İkinci yol, laktik asidin azeotropik dehidratif yoğunlaşmasıdır. Zincir

uzatıcılar veya özel adjuvan kullanılmadan yüksek molekül ağırlıklı PLA üretebilir. Üçüncü ve ana işlem, yüksek moleküler ağırlıklı PLA elde etmek için laktidin halka şeklinde polimerizasyonudur (ROP). PLA, her ikisi de biyobozunur olarak kabul edilir (Huang, Tao Zhang, ve Chen). Örneğin, kısa süreli paketleme için uyarlanmış ve örneğin canlı dokularla temas halinde biyolojik olarak uyumlu İmplantlar, sütürler, ilaç kapsülleme vb. gibi biyomedikal uygulamalar için PLA biyotik bir bozunma, yani katalizörün enzim varlığına ihtiyaç duymadan ester bağının basit hidrolizi ile bozunabilir. Biyolojik bozunma işlemi esnasında ve sadece ikinci bir adımda, enzimler kalıntı oligomerleri nihai mineralizasyona kadar biyotik bozunma gerçekleştirmektedir. Temel monomerler (laktik asit), fermantasyon yoluyla yenilenebilir kaynaklardan (karbonhidratlar) üretildiği sürece, PLA yükselen dünyadaki sürdürülebilir kalkınma konseptine uygunluğuyla ayrıca çevre dostu bir materyal olarak sınıflandırılır(Çoban ve Aytaç, 2017).

PLA Sentezi, çeşitli biyokimyasal işlemlerde kilit rol oynayan bir bileşiktir. Örneğin, normal metabolizma ve fiziksel egzersiz sırasında laktat sürekli üretilir ve elimine edilir. Laktik asit, on dokuzuncu yüzyılın sonundan bu yana endüstriyel ölçekte üretilmiştir. Temel olarak gıda endüstrisinde, kozmetiklerde, ilaç endüstrisinde ve hayvan yemlerinde asitlik düzenleyici olarak çalışmak için kullanılır. Buna ek olarak, PLA monomer öncüsü olarak kabul edilir. Karbonhidrat fermantasyonu veya ortak kimyasal sentez yoluyla elde edilebilir. Laktik asit, çoğunlukla karbonhidratların bakteriyel fermantasyonu ile büyük miktarlarda (yılda yaklaşık 200 kT) hazırlanır. Bu fermantasyon işlemleri, kullanılan bakteri türlerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- (i) Asetik asit, etanol gibi önemli miktarlarda diğer metabolitlerle, heksoz mol başına 1,8 mol'den daha az laktik asit üreten heterofermentatif yöntem, gliserol, manitol ve karbondioksit
- (ii) (ii) Daha yüksek laktik asit verimi ve daha düşük yan ürün seviyelerine yol açan homofermentatif yöntemdir. Bu yöntem daha çok endüstriyel işlemlerde kullanılır. Glikozdan laktik aside dönüşüm verimi yüzde 90'dan fazladır. Fermantasyon işlemlerinin çoğu, yüksek laktik asit verimi veren Lactobacilli türleridir.



Şekil 2.7 Poli(Laktik Asit) üretim prosesi (Beşergil, 2019).

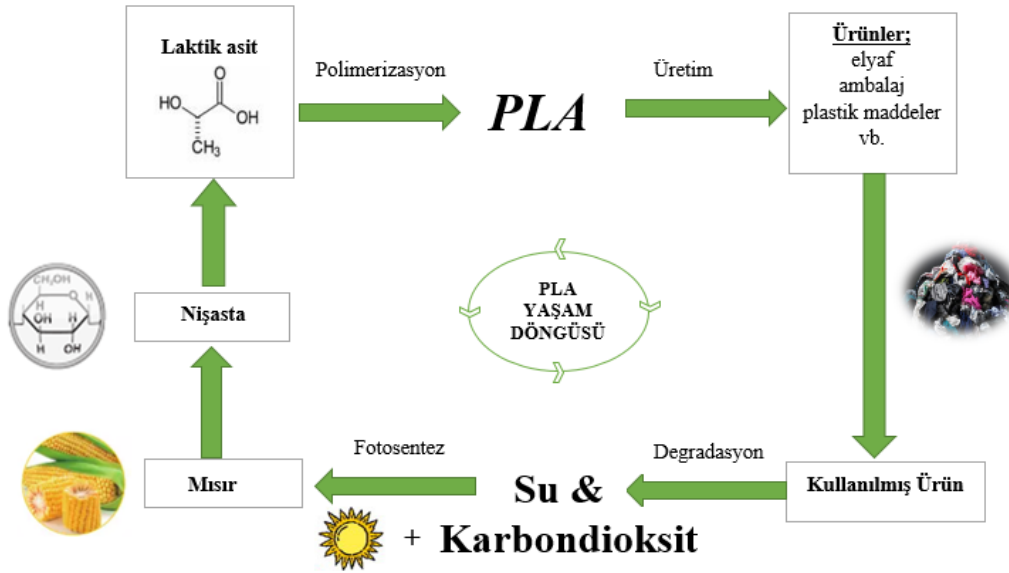
Eşsiz Özellikleri ile PLA (Poli Laktik Asit), günümüzde mevcut olan en çevre dostu Biyo-plastiklerden biridir. Şekil 2.7 'de PLA üretim prosesi görülmektedir. % 100 biyo esaslı kaynaklardan üretilmiştir. Yani %100 geri dönüştürülebilir ve biyolojik olarak çözünebilir. PLA yüksek verimli bir plastiktir. Bir kg PLA üretimi yapmak için, 1,6 kg şeker gerekmektedir (Plastics, Laxmana Reddy, Sanjeevani Reddy ve Anusha, 2013).

Diğer biyo plastikler aynı miktarda ürün üretmek için önemli ölçüde daha fazla doğal kaynak gerekmektedir. Karbondioksit salınımı diğer polimerlerle karşılaştırıldığında daha azdır (Plastics vd., 2013). Sürdürülebilirlik, hazır giyimde kullanılması düşünüldüğünde zayıf dayanıklılık endişesi yaratmaktadır. Diğer bazı biyolojik olarak bozunabilir polimerlere göre PLA, çoğu uygulamada çok iyi dayanıklılığa sahiptir (Dugan, Jeffrey ve President 2004).

PLA elyafın ıslanabilirliği ve ayrıca yapılan kumaşların nem buharı iletimi Gömlek gibi giysilerin “nefes alabilirliğinde” iyileşme sağlamaktadır. Elbiseler, iç çamaşır ve ayakkabı kullanımında PLA lifleri pamuk kadar ıslatılmaz, ancak polyester veya poliamid gibi liflerin yerini aldıklarında nem taşımada iyileştirmeler sağlarlar (Avinc, 2010). PLA'nın hidrofil yapısı sayesinde, çok daha yüksek nemin gerekli olduğu uygulamalarda da kullanılabilir (Dugan vd., 2004).

Polyester ise PLA ile elde edilmiş biçimleri bakımından benzer özellik göstermesine rağmen, aromatik polimer yapısı ve mineral kaynaklardan üretilmeleri nedeniyle farklı karakterlere sahiptir. PLA laktik asidin polikondenzasyonu veya halka açılma polimerizasyonu olmak üzere iki şekilde elde edilmektedir. Bitkiler, güneş ışınlarının etkisiyle fotosentez yaparak su ve karbondioksiti nişastaya dönüştürürler. Nişastanın enzimatik hidrolizi ile fermente şeker elde edilir, şekerdeki karbon ve diğer elementlerin fermentasyonu ile laktik asit elde edilmektedir (Alay, Duran, Körlü, ve Yurdakul, 2014). Diğer selüloz esaslı sentetik lifler solvent çekme yöntemine göre çekimine göre elde edilirken, PLA lifleri eriyikten lif çekim yöntemine göre elde edilmektedir. Böylece geniş özelliklerinin yanında hem finansal hem de çevresel maliyetlerin düşük olması, bu üretim mekanizmasıyla elde edilebilmesi dikkat çekmektedir(Alay vd., 2014).

Tekstil açısından biyobozunur materyallerin birçok önemli özelliği bulunmaktadır. Bu özellikler arasında doğal elyaflara göre daha yüksek sağlamlık, ciltten nemi mükemmel bir şekilde uzaklaştırabilme, doğal UV direnci, yanmazlık ve az duman oluşturma bulunmaktadır. Bu özelliklere sahip PLA lifi biyobozunur bir polimerdir(Alay vd. 2014). PLA üretim şeması Şekil 2.8 'de aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 2.8 Poli(Laktik Asit) üretim şeması (Avinc ve Khoddami, 2009).

2.4. Biyobozunur Polimerler

Biyobozunma, doğaya bırakılan organik bileşiklerin daha düşük molekül ağırlıklı bileşiklere dönüştürüldüğü ve sonunda karbon, azot ve kükürt çevrimlerine katıldığı doğal bir işlem olarak tanımlanmaktadır.

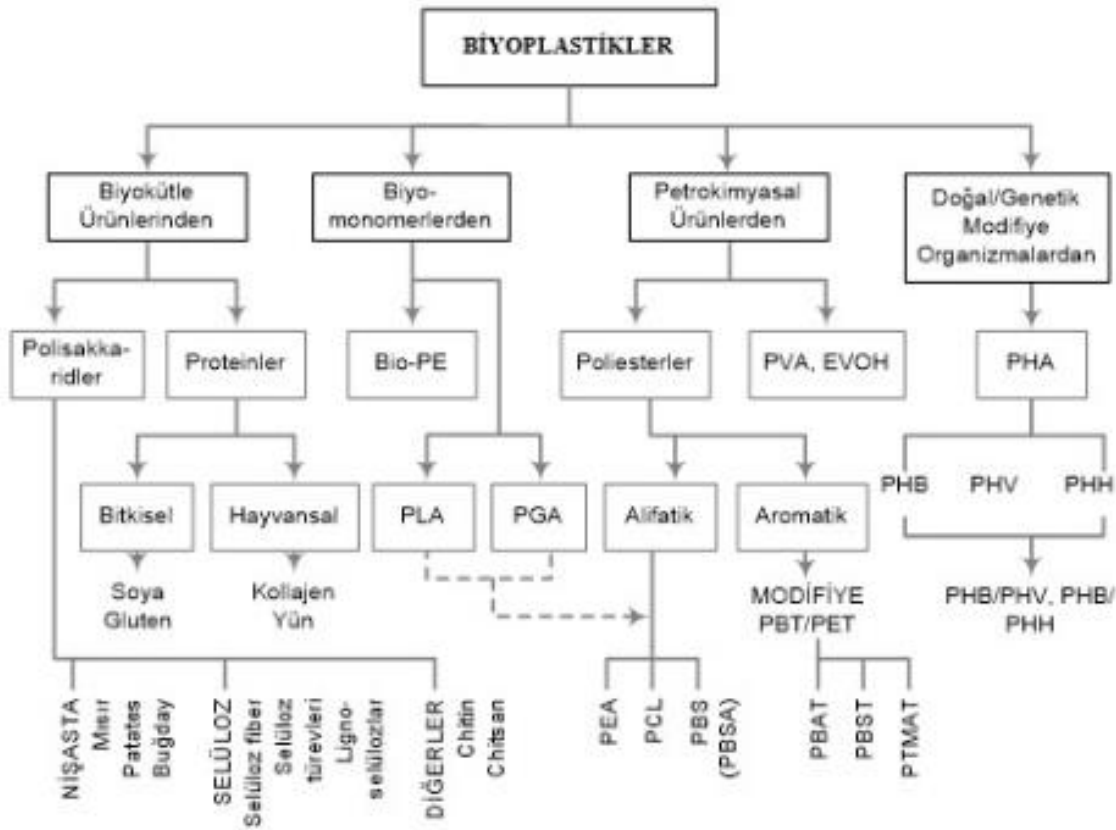
Biyobozunma işleminde temel bileşeni atmosferde bulunan mikroorganizmalar oluşturmaktadır. Bu mikroorganizmalar, organik bileşiği yapısına bağlı olarak farklı mekanizmalar üzerinden düşük molekül ağırlığı oligomerlere parçalayarak doğaya bırakıldığında daha kısa sürede toprağa karışmasını sağlamaktadır. Biyobozunma ve biyobozunur plastikler için farklı standardizasyon kuruluşları tarafından tanımlanan farklı standartlar ile yapılmaktadır. Örneğin; ISO 472:1988 nolu standarda göre belirli çevresel koşullar altında bırakıldığında, fiziksel özelliklerinde standart test metodları ile gözlenebilen değişimler gösteren plastikler biyobozunur plastikler olarak tanımlanmaktadır. ASTM D20.96 taslak standardına göre ise bozunur plastikler doğada bulunan kimyasal, biyolojik ve fiziksel kuvvetlerin etkisi altında zincir bölünmesinin gerçekleştiği plastikler olarak tanımlanmaktadır. Biyobozunur plastiklerin zincir yapısında meydana gelen değişim ortamda doğal olarak bulunan mikroorganizmalar sayesinde bozunmaktadır. Biyobozunur polimerler için tüm bu standartları kapsayan genel bir tanım; doğaya bırakıldıklarında çeşitli mikroorganizmalar varlığında düşük molekül ağırlıklı bileşenlere dönüşmekte olan ve parçalandıklarında toksik olmayan yan ürünler açığa çıkaran polimerler olarak ifade edilmektedir.

Biyobozunur polimerler doğal ve sentetik polimerler olarak iki ana sınıfa ayrılırlar ve sentetik polimerler de doğal monomerden elde edilen ve petrol kaynaklı polimerler olarak iki grupta değerlendirilirler (Yoruç vd., 2017). Şekil 2.9 'da biyoplastiklerin sınıflandırılması görülmektedir.

2.4.1. Biyobozunur Polimerlerin Sınıflandırılması ve Bileşimi

Biyopolimerler, agro-polimerler (nişasta ve selüloz) gibi bir biyokütleden yapılırlar veya polihidroksialkanoatlar gibi mikrobiyal üretim ile elde edilir. Polihidroksibutirat üretiminde, mısır, şeker kamışı, hardal, anahtar otu ve yonca, genetik modifikasyon için kabul edilmiştir. Bazı polihidroksibutirat türleri kimyasal ve geleneksel olarak tarımsal kaynaklardan veya kimyasal sentezlerden polimerize edilir. Petrol, tarım veya hayvan kaynakları ve sentetik monomerlerden sentetik kökenli biyopolimerler ve polisakkaritler, protein, lipitler ve

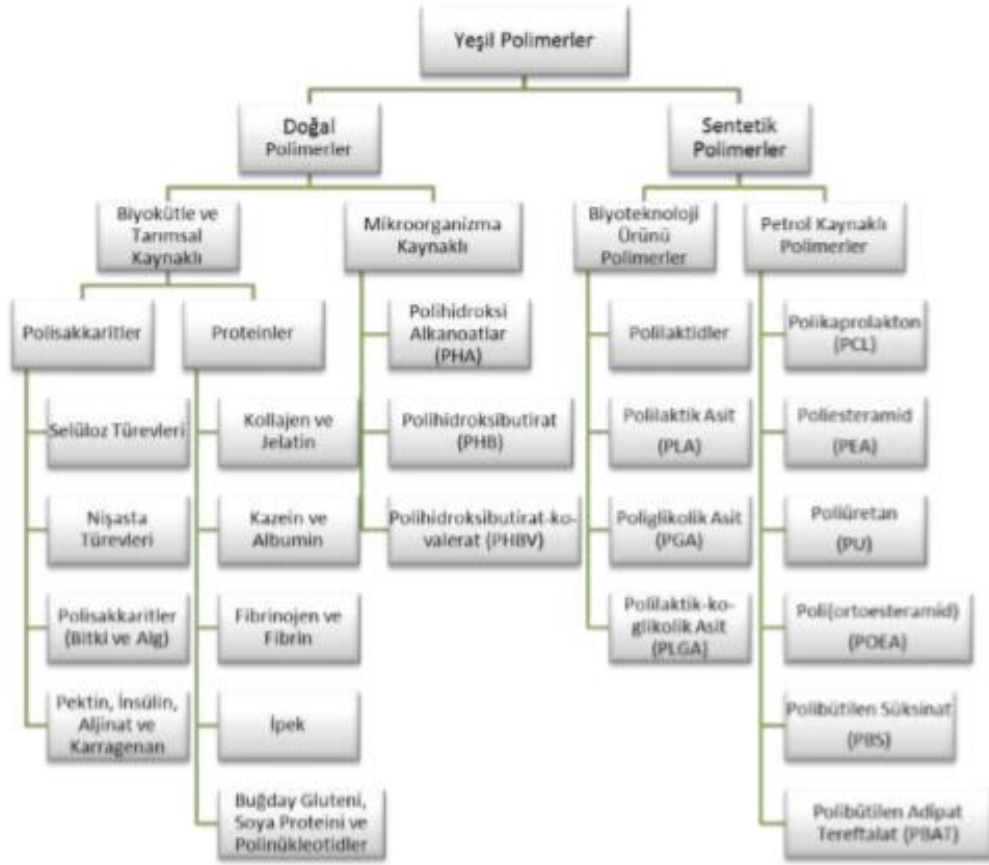
polyesterlerden doğal kökenli biyopolimerler olarak sınıflandırılır. Biyobozunur polimerler, alifatik (doğrusal) yüksek amorf, esnek polimerler ve aromatik halkalar yarı kristal, sert polimerlerden üretilirler. Alifatik biyopolimerler biyolojik olarak parçalanabilir ve hidrolize duyarlıdır; esnek zincirleri, bir enzimin aktif yerine kolayca sığmaktadır. Aromatik biyopolimerler, bakteriyel, fungal ve hidroliz saldırısına direnç gibi uygun fiziksel özelliklere sahiptir, ancak alifatik biyopolimerler ile birlikte polimerize edilirse bozunurlar; hidrolitik veya enzim bozulması yoluyla parçalanır (Yoruç vd.,2017).



Şekil 2.9. Biyoplastik Sınıflandırılması (Beşergil, 2019)

2.4.2. Doğal Biyobozunur Polimerler

Biyopolimerler doğada bulunan organizmaların büyüme çevrimi ile oluşan polimerler oldukları için doğal polimerler olarak kabul edilmektedir. Doğal polimerler genellikle hücrelerde gerçekleşen kompleks metabolik prosesler sonucu oluşan, aktive edilmiş monomerlerin enzim katalizli katılma polimerizasyonu ile sentezlenmektedir. Temel biyopolimerler doğada bulunan polisakkaritler ve proteinleri kapsamaktadır (Yoruç vd., 2017).



Şekil 2.10.Yeşil biyopolimerlerin sınıflandırılması (Yoruç ve Uğraşkan, 2017).

Yeşil biyopolimerler, şekil 2.10 ‘da doğal ve sentetik polimerler ve alt başlıkları sınıflandırılmıştır.

a. Polisakkaritler :

Doğal polimerlerin en önemli sınıfı olan polisakkaritlerin malzeme uygulamalarında sıklıkla nişasta ve selüloz kullanılmaktadır. Bakteri ve mantar varlığında üretilen pullulan, ksantan ve hyaluronik asit gibi daha kompleks yapılı polisakkaritler de özellikle medikal alanda kullanım alanı bulunmaktadır. Polisakkaritler birden fazla karbonhidrat birimine sahiptir, birçok durumda düzenli dallanmış yapı göstermektedir. Örneğin; nişasta dallanmış amilopektin ve doğrusal amiloz birimlerinin fiziksel birleşimidir fakat tek tip karbonhidrat glukoz içermektedir. Hem selüloz hem de nişasta yüzlerce veya binlerce kez tekrarlayan d-glukopiranozid birimlerinin belirli C atomlarının asetal bağları ile bağlanmasıyla oluşmaktadır.

b. Nişasta

Nişasta iklim şartlarına ve coğrafi konuma bağlı olarak çoğunlukla patates, mısır, pirinç gibi bitkilerden elde edilir. Bileşimi bitki kaynağına göre değişiklik gösterir.

Genel olarak nişastanın % 20'si doğrusal bir polimer olan amilozdan, % 80'i ise dallanmış yapıya sahip amilopektinden oluşur. Nişastanın her iki bileşeninde de bulunan α -1,4 bağı amilaz enzimi varlığında, 8 amilopektinin yapısındaki α -1,6 bağları ise glukozidaz enzimi varlığında parçalanır. Selüloz uzun zincirli molekül yapısı ve tek tekrarlayan birimi (sellobioz) ile bitkilerden elde edilen polisakaritlerden ayrılır. Doğal formunda kristalin bir polimer olan selüloz, hücre duvarlarındaki mikrofibrillerden kimyasal ekstraksiyon işlemi ile ayrılarak elde edilir. Selüloz ise yüksek kristallik oranı ve molekül ağırlığı nedeniyle çözünmez. Düşük çözünürlüğü selülozun asetatlar gibi türevlerine dönüştürülerek işlenebilir hale getirilmesine neden olur. Bazı mantarlar selülozun veya selülozun enzimatik hidrolizi sonucu oluşan düşük molekül ağırlıklı oligomerlerin yükseltgenme reaksiyonlarını katalizleyen enzimler salgılar. Selülozun bozunması aerobik toprak ortamında var olan birçok çeşit bakteri ve mantar tarafından gerçekleşir. Aerobik ortamda bulunan, birincil mikroorganizmalar selülozu kendi kullanacakları glukoz ve sellodektrine parçalar. İkincil mikroorganizmalar ise sellodektrinleri glukozu parçalayacak olan enzimleri salgılamakta ve ortamda bulunan glukozu tüketerek birincil mikroorganizmaların büyümesine yardımcı olur. Bu şekilde gerçekleşen aerobik biyobozunmanın son ürünleri ise karbondioksit ve sudan meydana gelir. Anaerobik ortamlarda ise, mikroorganizmalar ortamda bulunan sülfatlar ve nitrat iyonları gibi inorganik bileşikleri oksidatif olarak kullanarak yükseltgenme reaksiyonları ile karbondioksit, hidrojen, metan, hidrojen sülfid ve amonyak gibi çok çeşitli son ürünler oluşturur. Selülozun birçok biyopolimere kıyasla daha fazla tercih edilmesinin nedeni, bu polimerin birçok mikroorganizma ile etkin biçimde parçalanması ve özellikle tekstil endüstrisinde herhangi bir katkı ilavesi olmadan kullanılabilmesidir. Selüloz atıklarda bulunan maddeler içerisinde en çok paya sahip olmasıdır. Kolaylıkla bozunabilir. Selülozun fermentasyonu, etanol ve asetik asit gibi kimyasalların oluşmasında önemli bir kaynaktır.

c. Kitin ve Çitosan

Kitin böcek, karides, yengeç gibi kabukluların kabuk yapısını oluşturan bir makromolekül olup, 2-asetamid-2-deoksi-b-d-glukoz birimlerinin b-1,4- glukozid bağı ile bağlanması sonucu oluşan ve kitinaz enzimi ile bozulan bir yapı gösterir.

d. Alginik asit

Alginik asit veya alginat kahverengi yosun içerisinde bulunan, her bir birimde karboksil grupları içeren diğer bir polisakkarit türü olarak kabul edilir.

2.4.3. Doğal Proteinler

Proteinler, farklı polar ve apolar α -aminoasitlerin bir arada bulunması ile oluşan termoplastik heteropolimerlerdir. Proteinler hayvansal ve bitkisel kaynaklardan elde edilen polimerler olarak ikiye ayrılır. Hayvansal kaynaklardan elde edilen en önemli protein kolajen ve türevi jelatin; bitkisel kaynaklardan elde edilen en önemli protein ise gluten olarak kabul edilir.

a. Kolajen ve Jelatin

Hayvansal kaynaklardan elde edilen proteinin temel bileşeni kolajendir. 22 çeşidi bulunan kolajen en çok glisin, pirolin, hidroksi pirolin ve lisin gibi farklı polipeptitlerden oluşur. Kolajen zincirinin esnekliği glisin içeriğine bağlı olarak değişmektedir. Glisin içeriği arttıkça kolajenin esnekliği artar. Enzimler varlığında bozunmaya uğrayan kolajen eşsiz biyolojik özelliklere sahip olup, özellikle biyomedikal uygulamalarda kullanılır.

b. Gluten

Buğday gluteni nişastanın işlenmesi sırasında yan ürün olarak oluşan bir proteindir. Kolaylıkla ve düşük maliyetlerle üretilen bu protein gliadin ve glutenin olmak üzere iki temel protein grubu içerir.

2.4.4. Doğal Monomerden Elde edilen Sentetik Biyopolimerler

Doğal monomerden elde edilen yenilenebilir sentetik biyopolimerler genellikle çeşitli bakteriler tarafından hücre içi depo malzemesi olarak üretilen doğal polyesterleri kapsar. Bu polimerler yenilenebilir kaynaklardan elde edilen biyobozunur, eriyik işlenebilir polimerler olarak birçok uygulama alanında kullanılır.

a. Poli(hidroksi bütirat) (PHB)

İlk olarak 1925 yılında sentezlenen ve uygulama alanı bulan PHB, en çok çalışılan biyobozunur polyesterlerden biridir. Bakteriyel yolla üretilen PHB, % 50'nin üzerinde gösterdiği kristallik oranı ile kırılğan bir malzemedir. PHB'nin erime sıcaklığı 180 °C ve camsı geçiş sıcaklığı 55 °C civarındadır. PLA gibi sentetik bozunur polyesterlere benzer mekanik özellikler göstermektedir.

b. Poli(hidroksibütirat-ko-hidroksi valerat) (PHBV)

PHA lar içerisinde çalışılan en temel biyobozunur mikrobiyal polimer hidroksibütirat ve hidroksivaleratınkopolimeri olan, R alkil sübstituenti etil olan PHBV'dir. PHBV'nin sentezi bakteri varlığında on birden fazla karbon kaynağı içeren besiyerine propiyonik asit ilavesi ile gerçekleşmektedir.

2.4.5. Sentetik Biyobozunur Polimerler

Sentetik biyobozunur polimer karbon iskeletine sahip olup yapılarında bulundurdukları bağlar itibariyle hidroliz veya oksidasyon ile biyobozunabilen polimerlerdir. Bu polimerler hidroliz olabilen gruplar içeren biyobozunur polimerler ve karbon iskeletine sahip biyobozunur polimerler olarak ikiye ayrılır.

a. Hidroliz Olabilen Zincir İçeren Polimerler

Hidroksil, amin gibi hidroliz olabilen grupları iskeletlerinde barındıran polimerler biyobozunmaya uğrayabilen polimerler olarak nitelendirilir. Polyesterler, poliamidler, poliüretanlar ve polianhidritler hidroliz olabilen zincir içeren biyobozunur polimerler olarak kabul edilmektedirler.

b. Polyesterler

Yüksek molekül ağırlıklı bileşikler içerisinde alifatik polyesterler biyobozunur olarak kabul edilirler. Bunun sebebi ise polyesterlerin kolaylıkla hidroliz olan zincir yapısıdır. Polipeptitler ile aynı amid bağına sahip olan poliamidlerin biyobozunma hızı o kadar düşüktür ki bu polimerler bozunmayan polimerler olarak kabul edilirler. Ancak, enzimler ve

mikroorganizmalar varlığında düşük molekül ağırlığında oligomerler oluşturdukları görülmüştür.

c. Poliüretan ve Poliüre

Poliüretanlar polyester ve poliamidlerin yapısal özelliklerine sahip polimerler iken poliüreler poli(diamid)lere benzer yapı gösterir. Bu polimerlerin biyobozunması da farklı hızlarda ancak poliesterler ve poliamidler ile benzer mekanizma üzerinden ilerlemektedir.

d. Polianhidritler

Polianhidritler tekrarlayan birimde hidrolize uğrayabilen iki kısma sahip polimer grubudur. Oldukça iyi olan biyoyoumlulukları nedeniyle ilgi çekici malzemeler olan polianhidritler hidrolize uğrayabilen lifler oluştururlar.

2.4.6. Karbon İskeletine Sahip Biyobozunur Polimerler

Vinil polimerleri birkaç istisna dışında genellikle hidrolize uğramazlar. Bu polimerlerin biyobozunması oksidasyon işlemini gerektirir. Biyobozunur vinil polimerlerinin çoğu kolaylıkla okside olabilen fonksiyonel grup içerirler.

a. Poli(vinil alkol) ve Poli(vinil asetat)

Poli(vinil alkol) (PVA) vinil polimerleri içinde en kolay biyobozunmaya uğrayan polimerdir ve atık sularda kolaylıkla bozunabilir. Literatürde yapılan çalışmalar PVA'nın biyobozunmasında ilk adımın PVA'nın yapısında bulunan sekonder alkol gruplarının enzimatik oksidasyonu ile ketona yükseltgenmesi ve bu keton gruplarının hidrolizi sonucu zincir parçalanması ile gerçekleşir (Yoruç vd., 2017).

2.5. Literatür Özeti

Çelen (2019), ‘‘ Poli laktik asit polimerinden filament iplik türlerinin geliştirilmesi’’ adlı makalesinde PLA polimerinden eriyikten çekim ve yalancı büküm proseslerini kullanarak farklı tür ve özelliklerde filament iplikleri geliştirilmiş ve karakterize edilmiştir. Yapılan çalışmada; eriyikten çekim işlemi sonrası üretilen PLA POY ve FDY ipliklerin fiziksel sonuçları test edilerek incelenmiştir. Ayrıca friksiyon ve hava jet tekstürize metotlarıyla üretilen PLA tekstürize ve hava tekstürize ipliklerin fiziksel sonuçları test değerleri

karşılaştırmalı incelenmiştir. PLA POY, FDY ve Tekstürize ipliklerin termal davranışlarının sonuçları grafiklerle açıklanmıştır. Tüm bu sonuçları incelediklerinde çalışmalarında sonucunda üretilen iplikler; tekstil prosesinde kullanıma yeterli mekanik özelliklere sahiptir. Sentetik iplik türlerinde 2 cN/dtex üzerinde mukavemete sahip iplikler dokuma kumaşlarda atkı ve çözgü ipliği olarak üretim performanslarını karşılayabilecek değerler arasında bulunmaktadır. Ayrıca yuvarlak örme proseslerinde endüstriyel üretim performanslarını karşılayabilecek niteliktedir.

Yoruç ve Uğraşkan (2013), “Yeşil polimerler ve uygulamaları “ adlı makalelerinde biyopolimerin çeşitleri hakkında bilgiler vererek ve sektörlere göre biyopolimer maddelerin kullanım alanları incelenmiştir. Yeşil polimerler veya biyopolimerler, son zamanlarda birçok araştırmacı tarafından ilgi odağı olmuş ve biyopolimerler alanında birçok çalışma yapılmıştır. Armentano ve ark. biyopolimerleri; “Doğal ortamda, mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilen enzimatik reaksiyon ile karbondioksit ve su gibi basit moleküllere ayrıştırılabilen biyobozunur polimerler olarak geniş anlamıyla tanımlamıştır. Polimerler; işleme kolaylıkları, uygun fiyatları, istenilen özelliklere göre modifiye edilebilmeleri sebebiyle, endüstride geniş kullanım alanına sahiptirler. Ayrıca polimerlerin tükenir petrol kaynaklarından elde edilmesi ve doğal ortamda bozunması zor olması önemli birçok çevresel sorunları oluşturmaktadır. Biyokütleden elde edilmeleri, doğal ortamda CO₂ ve H₂O gibi zararsız ürünlere ayrışabilmeleri ve sürdürülebilir kaynaklara sahip olmalarından dolayı biyopolimerler, polimer sektörü açısından araştırmacılar tarafından ilgi odağı olmuşlardır. Biyopolimerlerin mekanik ve termal özellikleri de endüstride kullanılmakta olan birçok polimerle eşdeğer özellikler göstermektedir. Öncelikle ambalaj sektörü ve polimerlerin kullanıldığı tüm alanlarda alternatif malzeme olarak önem kazanmaya başlamışlardır. Bu durum pazar araştırmaları tarafından da desteklenmektedir. Pazar araştırmalarına göre gelecek yıllarda biyopolimerlerin birçok endüstriyel sektörde önemli bir kullanım miktarına sahip olacağını göstermektedir.

Reddy ve ark (2013), Araştırmalarında biyo plastiklerin özellikleri hakkında çalışmışlardır. Biyo plastiklerin endüstriye avantajları, dezavantajları, ticari uygulanabilirliği, yaşam döngüsü, bu ürünlerin pazarlanması ve fiyatlandırılması hakkında bilgi vermişlerdir. Biyo-plastikler, geleneksel plastiklerde bulunan fosil yakıt içeriğinin yaklaşık % 100'ünün yerini alabilir ve üretim için çok daha az enerji gerektirmektedir. Bu plastikler çeşitli şekillerde kullanılır ve ayrıca bozunurdur. Biyodegradasyon sırasında karbondioksit atmosfere geri salınımı sağlanmaktadır. Bu nedenle ortamdan alınan karbondioksit, farklı aşamalardan geçerek

ve kapalı bir döngü oluşturarak atmosfere geri çevrilmesi de avantajları arasında gösterilmektedir. Küresel piyasa gözlemcilerine göre, küresel polilaktik asit pazarının 2016 yılına kadar % 28'lik bir Yıllık Büyüme Oranı (CAGR) ile 2,6 milyar ABD dolarına ulaşması beklenmektedir. Bölge bazında yapılan analizler, Asya-Pasifik'in 2011-2016 analiz döneminde% 29,3 ile en yüksek büyüme oranını kaybetceği tahmin edilmektedir. Avrupa Asya Pasifik'i % 28,9 CAGR ile takip etmektedir. Amerika, % 27,3'lük bir artışla küresel pazarı yönlendirmeyi öngörmektedir. Hacme dayalı çalışmalar, Asya Pasifik bölgesinden maksimum büyüme oranının beklendiğini göstermektedir. Son kullanıcı endüstrileri karşılaştırıldığında, tekstil ve elektronik, bu pazarın ana destekçileri olacağı ön görülmektedir. Biyolojik olarak bozunabilir polimerler, plastiklerin yarattığı tüm çevre sorunlarına tek bir çözüm olmayabilir. Fakat toplumun çevresel sorumluluk konusundaki görüşleri zamanla değişmektedir. Biyolojik olarak parçalanabilir polimer gelişimi için daha fazla araştırmalarla birlikte zamana da ihtiyaç olduğu sonucuna varılmıştır.

Alay ve ark (2014), Biyobozunur liflerin antibakteriyel özellikleri hakkında araştırmalarında polilaktikasit, kitosan, pamuk ve lyocel liflerinin değişik oranlarda karışımlarından elde edilen iplikler ile antibakteriyel, biyobozunur özellikte örgü kumaşlar geliştirmişlerdir. Çalışma kapsamında Ne 30/1 ipliklerle süprem örgüsünde, 150-160gr/m² konstruksiyonda kumaşlar üretilmiştir. Öncelikle liflerden Quickspin makinasında fitiller üretilmiş, Open End iplik eğirme sisteminde Ne 30/1 iplik numarasında eğrilmiştir. Ardından Mesdanlab çorap örgü makinası kullanılarak Ne 30/1 süprem örgüde kumaş yapıları elde edilmiştir. Oluşturulan farklı karışımlardaki kumaşlara antibakteriyellik testleri uygulamışlardır. Test sonuçları incelendiğinde test sonuçları incelendiğinde, test edilen tüm kalitelerin gösterdiği antibakteriyel etkinlik derecesinin %95' in üzerinde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bunun sonucu olarak gelecekte araştırılacak tüm karışım kombinasyonlarında kitosan lifinin mutlaka kullanılması gerektiğine karar verilmiştir. Performans ve maliyet açısından daha uygun kombinasyonu belirlemek üzere kitosan oranının düşürülerek çalışmalara devam edilmesi önerilmiştir. Çalışmanın sonucu olarak kitosan lifinin Staphylococcus Aureus bakterisine karşı antibakteriyel aktivite gösterdiği görülmüştür. Kitosan lifi ile karıştırılarak tasarlanan tüm karışım oranlarındaki kumaşlarda bakteriyel azalmanın oranları çok yüksek düzeyde gerçekleşmiştir.

Yang ve ark (2019), Bu çalışmada poli laktik asit (PLA) ile üretilen çok katmanlı çözümlü örme kumaşların özellikleri araştırılmıştır. Çok katmanlı kumaşlar test edilmiş ve farklı

aplarda PET çok katmanlı kumaşlar ile karşılaştırılmıştır. özglü rme kadife yapılı kumaş üretimi için 83.3 dtex / 36 filament PLA çok katmanlı ipliği kullanılmıştır. Çözgü rme kumaşlar HKS2 tipi özglü örme makinasında üretilmiştir. özglü rme yapısında üretilen kumaş için optimal düşük boyama sıcaklığı koşulları (100 ° C, 10 dakika, pH 5, LR) altında uygun şekilde uygulanan boyalar (rn, CI Disperse Orange 30, Red 74 ve Blue 79) ile mükemmel bir boyama etkisinin ve patlama mukavemetinin elde edilebildiğini göstermiştir. Boyama ncesi ve boyama sonrası kumaş özellikleri incelenmiştir. Sonuçlar PLA çok katmanlı kumaşların mekanik özelliklerinin polyester ipliği ile üretilen kumaş ile karşılaştırılabilir olduğunu sonucunu göstermiştir. Bununla birlikte, PLA daha yüksek bir ısı büzülme oranına sahiptir. Boyalı PLA özglü örme kumaşının mükemmel renk haslığına sahip olduğu bulunmuştur. Boyama işlemi sırasında sıcaklık arttıca ve boya moleküllerinin etkisinden dolayı kopma mukavemeti, hava geçirgenliği ve nem geçirgenliği azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Çözgü rme kumaşların boyama öncesi ve sonrası mekanik özellikleri kopma mukavemeti ve uzaması ile değerlendirilmiştir. Boyama sonrası kopma mukavemetinin yaklaşık % 16 azaldığı, kırılmadaki uzama yaklaşık % 67 oranında artmıştır. Kopma mukavemetindeki azalmanın ana nedeni, boyama sırasında sıcaklığın 110 °C'ye kadar olması örme kumaşta bzlmemenin yaşandığı sonucunu kanıtlamıştır. PLA çok katmanlı çözgü örme kumaşının üretim sürecini ve mikro kimyasal yapısı, yüzey morfolojisi, mekanik özellikleri ve ısı ve nem özellikleri açısından özelliklerini raporlanarak şu sonuçlar çıkarılmıştır: PLA çok katmanlı kumaşın mekanik özellikleri, zayıf ısıyla büzülme oranı dışında polyester ile karşılaştırılabilir. Boyama işlemi, PLA özglü örme kumaşların mekanik özellikleri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Üretim sırasında, boyama sıcaklığın kontrolüne ve ayrıca PLA çok katlı kumaşın performansına verilen zarara özel dikkat gösterilmelidir. PLA çok katlı örme kumaşın aşınma direnci, boncuklanma performansı nleme çalışmaları geliştirilmiştir.

elik (2019), PLA lifinin erime noktasının ve hidrolitik dayanımının düşük olması mekanik özelliklerinin bozulmaması için boyama işlemini düşük sıcaklıkta ve kısa sürede gerçekleştirilmesini gerektirmektedir. Bu sorunun zmne istinaden yaptığı bu çalışmada PLA lifinin doğal boyarmaddeler ile boyanma verimliliğinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla PLA lifinin farklı doğal boyarmaddelere karşı afinitesini artırmak için ikisi ticari olarak satılan, diğeri tez kapsamında sentezlenmiş olan üç adet poliogomerik hidrosilseksuioksan (POSS) nano parçacığı matris içerisine katılmıştır. Eriyikten lif çekimi yöntemi ile farklı konsantrasyonlar da POSS nano parçacığı içeren lifler üretilerek çekme testi, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) ile karakterize edilmiştir. Saf ve

modifiye PLA liflerinin boyarmadde alımı ve haslık değerleri CIELAB renk skalası üzerinden kıyaslanmıştır. Boyanabilirlik çalışmalarında pH, sıcaklık, boyama süresi, boyarmadde konsantrasyonu, POSS konsantrasyonu gibi özelliklerin boyama üzerine etkileri incelenmiştir. Saf ve modifiye liflerin boyanabilirlik özellikleri CIELAB renk değerleri üzerinden kıyaslanmıştır. Ticari olarak kabul görebilecek mekanik özelliklere sahip AP-POSS, OAP-POSS ve OA-POSS nanopartikülü içeren modifiye lifler üretilmiştir. AP-POSS ve OAP-POSS'un kına, alizarin ve indigoya karşı afiniteyi artırmada etkili olduğu görülmüştür. OAP-POSS'un PLA lifinin doğal boyarmaddelere karşı afinitesini artırmada APPOSS' a göre daha etkili olduğu görülmüştür. AP-POSS ve OAP-POSS' un özellikle boyama verimliliği düşük boyarmaddelere karşı afiniteyi artırmada daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda doğal boyarmaddelere karşı yüksek afiniteye sahip modifiye PLA lifleri elde edilmiştir.

Çoban ve Aytaç (2017), 'Alev geciktiricilik özelliği geliştirilmiş ve plastikleştirilmiş poli(laktik asit)'in özelliklerine farklı nano katkıların etkisinin incelenmesi'' adlı makalelerinde plastikleştirilmiş ve alev geciktiricilik özelliği trifenil fosfat (TPP) ile geliştirilmiş Poli(etilen glikol), (PEG) / Poli laktik asit (PLA) / Trifenil fosfat (TPP) üzerine nanokatıların PEG ile plastikleştirilmiş ve trifenil fosfat (TPP) ile alev geciktiricilik özelliği iyileştirilmiş, PLA' ya farklı nano katkıların etkileri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. TPP'nin yerine artan miktarlarda nano katkı maddeleri eklendiğinde kompozitlerin özelliklerine nano katkıların etkisinin ne olacağı araştırılmıştır. Nano katkı olarak NK, CNT ve APOSS seçilmiştir. Örnekler eriyikten harmanlama ve enjeksiyon ile kalıplama yöntemleri kullanılarak hazırlanmış ve örneklerin ısıl, mekanik etkisi incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Nanokompozitlerde azalan TPP içeriğine bağlı olarak mekanik, termal, yanmazlık ve morfolojik özellikleri belirlenmiştir. 3 farklı tür nano katkı, A-POSS, nanokil ve karbonnanotüp kullanılmıştır. Mekanik test sonuçlarına göre, nanokompozitler arasında A-POSS içerikli kompozitler en yüksek kopmada uzama ve çekme dayanımı değerleri elde edilirken, karbon nanotüp içerikli olanlar en düşük değerleri vermiştir. TGA analiz sonucunda, ortalama bozunma sıcaklıklarının üretim sıcaklığından yüksek olduğu ve üretim sırasında malzemelerin bozulmadığı kanıtlanmıştır. Tüm sonuçlar bir arada değerlendirildiğinde hazırlanan nanokompozitlerde artan yüzde kristalinite değeri, yüksek LOI değeri, yüksek bozunma sıcaklığına bağlı ısıl kararlılığı, UL-94 sınıflandırmasındaki V0 sınıfıyla %1-%2 NK içeren nanokompozitler dikkat çekmiştir. SEM ve TEM analizinde de nanokil içeren kompozitlerde homojen bir dağılım gözlenmiştir. Sonuç olarak, seçilen nanokatıların

arasında, PLA/PEG/TPP matrisi için nanokilin çok az miktarda kullanılması ile alev geciktiricilik özelliğinin arttırılabileceği görülmüştür.

Baykuş ve ark (2016), ‘ ‘ Poli(laktik asit) (PLA) Lifinin Boyanabilirliğinin Oktaaminofenil POSS Nanoparçacıkları Kullanarak İyileştirilmesi’’ adlı makalelerinde Poli(laktik asit) (PLA) lifinin erime noktasının ve hidrolitik dayanımının düşük olması nedeniyle boyama işlemi lifin mekanik özelliklerini çok fazla bozmaması için düşük sıcaklık ve sürede gerçekleştirilmelidir. Bu durum PLA lifinin boyanma verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir. PLA lifi ile farklı boyarmadde molekülleri arasında etkileşim artırılarak daha düşük sıcaklık ve daha kısa sürede yüksek boyama verimliliğine sahip modifiye PLA liflerinin elde edilmesi bu çalışmayla amaçlanmıştır. Poli(laktik asit) liflerinin dispers boyalara karşı afinite kazanması için oktaaminofenil polioliomerikhidrosiloksan (OAP-POSS) nanoparçacığı eriyikten lif çekim yöntemi esnasında ağırlıkça değişik oranlarda (%0,5-%1-%3) ilave edilerek lifler çekilmiştir. OAP-POSS nanoparçacıkları laboratuvar ortamında sentezlenmiştir. Elde edilen lifler farklı yapıdaki dispers boyarmaddelerle boyanarak saf ve modifiye liflerin boya alma kapasitesi karşılaştırılmıştır. Boyanan liflerin spektrofotometre cihazında renk ölçümleri yapılmıştır. K/S değerleri kıyaslanmıştır. Çalışma boyunca saf PLA ve 3 farklı konsantrasyonda modifiye PLA liflerinin boyanması için 3 farklı dispers boyarmadde seçilmiştir. Saf ve modifiye PLA liflerin afinitesini kıyaslamak için sıcaklık, süre, boyarmadde konsantrasyonu ve AP-POSS konsantrasyonunun etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada 3 farklı yapıdaki dispers boya ile boyanan lif numunelerin sonuçlarından görüldüğü gibi OAP-POSS boya yapısına da bağlı olarak boya afinitesini artırmaktadır. Boyama performansları kıyaslandığında düşük sıcaklık ve kısa sürede OAP-POSS içeren PLA liflerinin bazılarının aynı bazılarının da daha koyu tonda olduğu görülmektedir.

Zupin ve Dimitrovski (2010), çalışmalarında biyolojik olarak bozunabilir lifleri kullanarak dokuma kumaş üretmişlerdir. Bambu lifleri, polilaktik asit (PLA),soya fasulyesi proteini lifleri (SPF) çalışmalarında kullanılmıştır. Fiziksel ve mekanik özelliklerin değişip değişmediğini ve ne ölçüde değiştiğini ve günümüz koşullarında bulunan değerlerin kabul edilebilir değerler olup olmadığını belirlemek istemişlerdir. Bu araştırmada genel olarak biyolojik olarak parçalanabilen materyallerden üretilen ipliklerin mekanik özelliklerine ve her şeyden önce atkıda biyolojik olarak parçalanabilen ipliklerden ve çözüdeki pamuk ipliklerinden yapılan dokuma kumaşların mekanik özelliklerine odaklanmışlardır.

Çözü iplikleri pamuk iplikler ve atkı iplikleri biyolojik olarak parçalanabilen ipliklerin (bambu, PLA ve SPF) yanı sıra atkıdaki pamuklu iplik tercih edilerek tüm kumaşların mekanik özelliklerine odaklanmıştır. Saf pamuklu kumaşlar, atkıda biyolojik olarak bozunabilir ipliğe sahip diğer kumaşlarla karşılaştırma için yapılmıştır. Kumaşlar bezayağı, sepet örgü, dimi 1/3 ve dimi 2/2 yapılmıştır. Tüm kumaşlar aynı yoğunlukta, çözgüde 30 tel / cm ve atkıda 28 tel / cm sıklıkta aynı dokuma makinasında üretilmiştir. Haşıl sökme işleminden sonra kumaşlar yıkanmıştır. Tüm kumaşlar için fiziksel karakteristik çözgü ve atkı kıvrımı, metrekare başına kütle, kumaş kalınlığı, kullanılan ipliklerin gerilme özellikleri ve çözgü ve atkı yönündeki kumaşların gerilme özellikleri SIST EN ISO 13934 standardına uygun olarak ölçülmüştür. Atkı iplikleri farklı malzemelerle üretilen kumaşlar arasında daha iyi bir karşılaştırma için, kopma mukavemeti de hesaplanmıştır. Ayrıca, diğer mekanik özellikler KES sistemi üzerinde istatistiksel olarak hesaplanmıştır ve çok değişkenli istatistiksel yöntemlerle analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda, atkıda kullanılan farklı biyobozunur malzemelerin kumaşların mekanik özelliklerini nasıl etkilediği görülmüştür. Çözgü yönündeki en yüksek kopma kuvveti, en yüksek gerilme uzamasına sahip kumaşlarda gözlemlenmiştir: Sırasıyla; SPF, PLA ve bambu ipliği, ardından atkıda pamuk ipliği olan kumaşlar en yüksek gerilme uzamasına sahip olarak bulunmuştur. Atkıda kullanılan malzemenin çözgü doğrultusunda kopma uzaması üzerinde neredeyse hiçbir etkisi yoktur. Kopma uzaması sadece örgüden etkilendiği gözlenmiştir. Atkı yönünde pamuklu kumaşlar en yüksek çekme kuvvetine sahipken, PLA, SPF ve bambu ipliklerden üretilen atkılara sahip olan kumaşlarda daha düşük gerilme mukavemeti gözlenmiştir. Biyobozunur materyaller ayrıca kumaşların atkı yönünde gerilme uzaması üzerinde en yüksek etki göstermiştir. Atkıda seçilen her iplik, kumaşa yansıyan kendine özgü özelliklere sahiptir. Atkı yönündeki tüm kumaşların % 20 ile % 45 arasında bir uzamaya sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuca göre daha fazla elastikliğe sahip bir kumaş olarak kullanılmaya tamamen uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Farklı örgü tiplerinin de kumaş özelliklerini etkilediği de görülebilir; ancak etkileri çok daha düşüktür. KES sistemi ile ölçülen diğer mekanik özelliklerin araştırılması, atkıda SPF ipliği olan kumaşların en esnek olduğunu, atkıda pamuk ve bambu içeren kumaşların atkıda PLA ve SPF' li kumaşlardan daha yüksek gerilme direncine sahip olduğunu göstermektedir. Atkıda PLA iplik içeren kumaşlar en sert ve pamuklu kumaşlar en yumuşaktır. Genel olarak, atkıda PLA, SPF ve bambu ipliği olan kumaşların saf pamuklu kumaşlara kıyasla daha düşük gerilme kuvvetine sahip oldukları, ancak saf pamuklu kumaşlara kıyasla daha yüksek gerilme uzamasına sahip oldukları iddia olarak bulunmuştur. Kumaşların gerilme uzaması veya uzayabilirliği, giysilerin kullanımında rahat hissetmek için önemli bir özelliktir. Kesme ve bükme özellikleri arasında ve çekme yükü ile

uzayabilirlik arasında iyi pozitif korelasyon görülürken, kalınlık ve kesme/bükülme özellikleri arasında iyi negatif korelasyon görülür. Gelecekteki araştırmalarda, mekanik özelliklerin yanı sıra, çözgüde atkı ve pamukta biyolojik olarak bozunur malzeme ile yapılan kumaşların, diğerlerinin yanı sıra hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği, kumaşların termal direnci ve UV ışınlarının geçirgenliği ile yapılan kumaşların geçirgenlik özelliklerini araştırmak istenmiştir. Bununla birlikte, biyobozunur materyallerin başarılı bir şekilde dokunması için, çözgü ipliği olarak tercih edilmelidir. Çünkü bu araştırmada ortaya konulan en belirgin sonuç, biyobozunur bu ipliklerin yüksek uzayabilirliğe sahip olmasıdır. Yani % 8,5 ile %7,5 arasında ve pamuk iplikleri ile karşılaştırma sonucu uzama değerleri bulunmuştur. Biyobozunur malzemelerin diğer uygulamalarda trikotaj ve dokunmamış kumaşlar olarak nasıl davrandıklarını incelemenin de ilginç olabileceğini ifade etmişlerdir.

Morão & François de Bic (2019), Tayland şeker kamışından üretilen polilaktik asitin (pla) yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışmasında, Tayland'da ticari ölçekte üretilen PLA çevresel ayak izi, su ayak izi ve doğrudan arazi kullanımı değişimi gibi yeni konular üzerinde güncel bilgi sunmuşlardır. Hammadde üretimindeki iyileştirmelerin yanı sıra PLA üretim sürecindeki çevresel etkileri daha da azaltma üzerine çalışmışlardır. PLA yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) ISO 14040/44 standardına göre yapılmıştır. Gerçek endüstriyel veriler şeker üretimi, laktik asit üretimi (Corbion) ve PLA üretimi (Total Corbion PLA) için yakın zamanda geliştirilen çeşitli prosesler kullanılmıştır. Tarımsal hammadde üretimi ve PLA üretim süreci şekerden PLA üretiminin LCA etkilerine birçok katkıda bulunmuştur. Şeker kamışı üretimi özellikle küresel ısınma potansiyeli (GWP), su, asitleşme, partikül madde ve kaçınılmaz olarak arazi kullanımı gibi çevresel etkilerini incelemişlerdir. Sonuçlar, sürdürülebilirlik risk değerlendirme çalışmasının sonuçları ile birleştğinde, arazi kullanımı ve su ile ilgili etkilerin hammadde kaynak alanı için düşük bir risk teşkil ettiği açıkça ortaya çıkmaktadır. PLA üretiminin çevresel etki kategorileri çoğunlukla enerji ve kimyasal kullanımı ile bağlantılı bulunmuştur. PLA'nın çevresel performansında iyileştirmeler, şeker kamışı yetiştiriciliği uygulamalarındaki iyileştirmeler, şeker fabrikasındaki yüksek verimli kazanları, yardımcı kimyasalların kullanımının azalması ve şekerin PLA'ya dönüşüm sürecinde yenilenebilir enerji kullanımının artması ile elde edilebileceğini belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Kullanılan Malzemeler

Bu tez çalışmasında biyobozunur lif poli laktik asit (PLA) pamuk, viskon, lyocell, liflerinden üretilen iplikler tedarik edilmiştir. PLA, pamuk ve lyocell iplikleriyle üretim tasarımı planlanan numune kumaşlar kancalı atkı atım sistemine sahip dokuma makinasında üretilmiştir. Numune kumaşların yapılarına göre uygun boyarmaddelerle HT jet numune boyama makinasında boyanmış ve bitim işlemi uygulanmıştır.

Araştırma kapsamında kullanılan iplikler polilaktik asit (PLA), pamuk(CO),viskon(VI), lyocell(tencel) harmanlı aynı numara değerlerinde iplik kullanılmıştır. Numunelerin çözgü ipliği; 150 denye /36 filament S büküm yönünde 379tur/metre büküm değerinde puntalı (IMG) süper parlak (SP) özellikte ekru renginde %100 PLA harmanlı iplik kullanılmıştır. Atkı ipliği olarak biyobozunur lif poli laktik asitten üretilen; 150 denye /36 filament PLA S büküm yönünde 379 tur /metre büküm değerinde puntalı (IMG) süper parlak (SP) ekru renginde %100 PLA harmanında iplik kullanılmıştır. Ayrıca doğal liflerin en önemlisi pamuk, biyobozunur ve selülozik elyaf karışımı kumaş üretilmesi için tercih edilmiştir. Atkıda pamuk ipliği olarak; Ne 30/1 Z büküm yönünde 896 tur/ metre büküm değerinde %100 CO harmanında iplik kullanılmıştır. Rejenere selüloz kökenli sürdürülebilir materyel olarak lyocell ve viskon lifleri biyobozunur ve selülozik elyaf karışımı kumaş üretilmesi için çevre dostu olarak tercih edilmiştir. Atkıda lyocell (tencel) ve viskon ipliği olarak; Ne 30/1 Z büküm yönünde 896 tur/ metre büküm değerinde %100 Tencel ve %100 Viskon harmanında iplikler kullanılmıştır.

İpliklerin genel özellikleri aşağıda verilmiştir:

- 150/36 PLA S379 SP IMG EKRU
- Ne 30/1 LYOCELL (TENCEL) %100TEN Z896
- Ne 30/1 CO %100PAMUK Z896
- Ne 30/1 VI %100 VİSKON Z896

Sonraki bölümlerde anlatımın daha anlaşılır ve yalın olması için gerekli bölümlerde ham ve apre sonrası yapılan test değerlendirmeleri için kumaşlar numaralandırılmıştır. Numune kodu sırasıyla; çözgü iplik harmanı, atkı iplik harmanı, örgü ve sıklık bilgisi şeklinde kodlandırılmıştır.

Ham kumaşa yapılan testler için numune kumaşlar aşağıdaki çizelge 3.1 'de kodlandırılmıştır:

Çizelge 3.1. Ham kumaş kodları

Numune Kodu	Çözümlü İpliği	Atkı İpliği	Örgü	Kumaş Karışımı
PLAxPLA.B.23	150/36 PLA S379 STMG SP	150/36 PLA S379 STMG SP	Bezayağı	%100 PLA
PLAxPLA.B.25	150/36 PLA S379 STMG SP	150/36 PLA S379 STMG SP	Bezayağı	%100 PLA
PLAxPLA.B.27	150/36 PLA S379 STMG SP	150/36 PLA S379 STMG SP	Bezayağı	%100 PLA
PLAxCO.B.30	150/36 PLA S379 STMG SP	30/1 CO Z896	Bezayağı	%68 PLA-%32 CO
PLAxTEN.B.30	150/36 PLA S379 STMG SP	30/1 TEN Z896	Bezayağı	%68 PLA-%32 TEN
PLAxVI.B.30	150/36 PLA S379 STMG SP	30/1 VI Z896	Bezayağı	%68 PLA-%32 VI
PLAxPLA.D.30	150/36 PLA S379 STMG SP	150/36 PLA S379 STMG SP	Diyagonal Dimi	%100 PLA
PLAxCO.D.30	150/36 PLA S379 STMG SP	30/1 CO Z896	Diyagonal Dimi	%68 PLA-%32 CO
PLAxTEN.D.30	150/36 PLA S379 STMG SP	30/1 TEN Z896	Diyagonal Dimi	%68 PLA-%32 TEN
PLAxPLA.KS.30	150/36 PLA S379 STMG SP	150/36 PLA S379 STMG SP	Karışık Saten	%100 PLA
PLAxCO.KS.30	150/36 PLA S379 STMG SP	30/1 CO Z896	Karışık Saten	%68 PLA-%32 CO
PLAxTEN.KS.30	150/36 PLA S379 STMG SP	30/1 TEN Z896	Karışık Saten	%68 PLA-%32 TEN
PLAxVI.SS.30	150/36 PLA S379 STMG SP	30/1 VI Z896	8'li Çözümlü Sateni	%68 PLA-%32 VI
PLAxPLA.SS.30	150/36 PLA S379 STMG SP	150/36 PLA S379 STMG SP	8'li Çözümlü Sateni	%100 PLA
PLAxCO.SS.30	150/36 PLA S379 STMG SP	30/1 CO Z896	8'li Çözümlü Sateni	%68 PLA-%32 CO
PLAxTEN.SS.30	150/36 PLA S379 STMG SP	30/1 VI Z896	8'li Çözümlü Sateni	%68 PLA-%32 VI

Tekstil terbiye ve boya işlemleri sonucunda mamul hale getirilen numune kumaşlar aşağıdaki çizelge 3. 2 'de kodlanmıştır:

Çizelge 3.2.Mamül kumaş kodları

Numune Kodu	Çözüğü İpliği	Atkı İpliği	Örgü	Kumaş Karışımı
M.PLAxPLA.B.25	150/36 PLA S379 STMG SP	150/36 PLA S379 STMG SP	Bezayağı	%100 PLA
M.PLAxCO.B.30	150/36 PLA S379 STMG SP	30/1 CO Z896	Bezayağı	%68 PLA-%32 CO
M.PLAxTEN.B.30	150/36 PLA S379 STMG SP	30/1 TEN Z896	Bezayağı	%68 PLA-%32 TEN
M.PLAxPLA.SS.30	150/36 PLA S379 STMG SP	150/36 PLA S379 STMG SP	8'li Çözüğü Sateni	%100 PLA
M.PLAxCO.SS.30	150/36 PLA S379 STMG SP	30/1 CO Z896	8'li Çözüğü Sateni	%68 PLA-%32 CO
M.PLAxTEN.SS.30	150/36 PLA S379 STMG SP	30/1 VI Z896	8'li Çözüğü Sateni	%68 PLA-%32 VI
M.PLAxPLA.D.30	150/36 PLA S379 STMG SP	150/36 PLA S379 STMG SP	Diyagonal Dimi	%100 PLA
M.PLAxCO.D.30	150/36 PLA S379 STMG SP	30/1 CO Z896	Diyagonal Dimi	%68 PLA-%32 CO
M.PLAxTEN.D.30	150/36 PLA S379 STMG SP	30/1 TEN Z896	Diyagonal Dimi	%68 PLA-%32 TEN

Tez kapsamında biyobozunur materyallerle üretilecek kumaşların iplikleri tedarik edildikten sonra iplik test laboratuvarında ipliğe ait uygun görülen testler uygulanarak iplik performansına ait sonuçlar elde edilmiştir. Bu ipliklere uygulanan testler sonucunda üretilecek dokuma kumaşların performansları hakkında üretilebilirliği açısından işletmede numune dokuma makinasında ilk olarak farklı karışımlarda ve armürlerde numune kumaşların üretimi gerçekleştirilmiştir.

Farklı liflerden üretilecek numune kumaşların çözgüsü, atkı iplikleri arasında doğrudan kıyaslama yapılabilmesi için aynı seçilmiştir. Aynı konstrüksiyonda atkı iplikleri ve desenlendirmeler yapılarak farklı çeşitli numune kumaş üretimi gerçekleştirilmiştir. Çözüğü ipliği; 150 /36 PLA S379 IMG SP EKRU %100 PLA kullanılmıştır. Çözüğü sıklığı 45 tel/cm teorik hesaplanarak kancalı atkı atım sistemine sahip numune dokuma makinasında üretimi gerçekleştirilmiştir. Numuneler ham ekru rengine üretilmiştir. Numune kumaşlara PLA materyali boyanmak üzere tek banyoda çektirme yöntemine göre 110 derecede ph 4,5-5 aralığında dispers boyarmadde kullanılarak boyama işlemi yapılmıştır. Numune kumaşlara silikon apre işlemi uygulanarak bitim işlemleri tamamlanmıştır.

Numune kumaşların boyanmasında kullanılan kimyasallar aşağıdaki verilmiştir;

Dispers boyarmaddeler kullanılmıştır.

Egalizatör, boyama işlemi süresince boyarmaddenin düzgün dağılımını sağlar ve renk farklılıklarını, kumaşta abraj oluşumunu önler.

Asetik asit, boyama işleminde gerekli olan pH aralığının 4-4,5 olmasını sağlar ve boyama işleminin ardından yapılan redüktif yıkama sonrasında nötrelizasyon işlemi için kullanılmıştır.

Kırık Önleyici, kumaşa yumuşaklık ve kayganlık vererek boyama işlemi boyunca kumaşta olası kat ve kırık oluşmasını engeller.

Kostik, redüktif yıkamada sodyum hidroksiti stabilize etmekte ve 70°C’de yapılan yıkamada hidrosülfitin bozunmasını engellemektedir.

Hidrosülfit, redüktif yıkamada boyama işleminden sonra kumaş üzerinde kalan lif içerisine nüfuz edememiş boyarmaddenin uzaklaştırılmasında kullanılır.

Nem yönetimi ve yanıcılık PLA biyobozunur materyaliyle üretilen kumaşların iki doğal özelliğidir. Boyama veya apre işlemi sırasında herhangi bir kimyasalın veya yardımcı maddenin sokulmasıyla engellenmemelidir. PLA multifilamentinin higroskopik özelliği zayıftır. Bu esas olarak, makromolekül zincirinin her bir ucundaki bir hidroksil grubu hariç, molekülde başka hidrofilik gruplar içermeyen PLA'nın makromoleküler yapısından kaynaklanır. Çeşitli katkı maddelerinin etkileri tam olarak anlaşılincaya kadar, herhangi bir katkı maddesinin (hidrofilik veya hidrofobik) ilavesi yapılmamalıdır. (Yang,2019) Bu bilgiler doğrultusunda numuneye zarar vermeyecek silikon bazlı apre işlemi uygulanmıştır.

Kumaşların apre işleminden sonra; kopma mukavemetleri, yırtılma mukavemetleri, boyutsal değişimleri(buhar ve yıkama) ipliklerin dikiş kaymasına karşı mukavemetleri, yıkama haslıkları, sürtme haslıkları, su haslığı, ter haslığı, kuru temizleme haslığı ve boncuklanma (pilling) yatkınlıkları belirlenmiştir. Numune ham kumaşlara sadece yıkama işleminden sonra kumaş kalınlığı, hava geçirgenliği, buruşmazlık, yırtılma mukavemeti, kılcal ıslanma, kıvrım oranı ve biyobozunurluk testleri yapılmıştır. Lif cinsi ve kumaş yapısal özelliklerinin ölçülen bu değerler üzerine etkisi araştırılmıştır.

3.2. Uygulanan Test Yöntemleri

Farklı içeriklerde üretilen ham ve mamul kumaş özelliklerinin kıyaslanması için yapılan fiziksel testler; kopma mukavemetli, yırtılma mukavemeti, elastikiyet, dikiş açması ve dikiş

kopması, pilling, yıkama çekmesidir. Ham kumaşlara sadece yıkama işleminden sonra kumaş kalınlığı, hava geçirgenliği, buruşmazlık, kılcal ıslanma, kıvrım oranı, yırtılma mukavemeti ve biyobozunurluk testleri yapılmıştır. Haslık testleri; yıkama, kuru temizleme, su, ter ve sürtme haslığı testlerine ait ölçümleri yapılarak kumaşlar test edilmiştir.

Deneysel çalışmalar için hazırlanan numuneler 24 saat standart atmosfer koşullarında ($20\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık, $\%65\pm 2$ bağıl nem) bekletilerek kumaş fiziksel test laboratuvarında kondisyonlama yapılmıştır. Numune kumaşa uygulanan fiziksel testler ve haslık testlerine ait standartlar Çizelge 3.3’ de yer almaktadır.

Çizelge 3.3. Fiziksel ve haslık test standartları

TEST EDİLEN FİZİKSEL ÖZELLİK	UYGULANAN STANDART
KIVRIM ORANI	TS 715
KUMAŞ KALINLIĞI	TS 7128 EN ISO 5084
BURUŞMAZLIK	TS 390 EN 22313
HAVA GEÇİRGENLİĞİ	TS 391 EN ISO 9237
KILCAL ISLANMA(WİCKİNG)	AATCC 197-2013
BUHAR SONRASI BOYUTSAL DEĞİŞİM	ISO 3005-BS 4323
YIKAMA SONRASI BOYUTSAL DEĞİŞİM	ISO 6330 @40°C, PROGRAM:4G ASARAK KURUTMA
KURU TEMİZLEME SONRASI BOYUTSAL DEĞİŞİM	ISO 3175-1
PİLLİNG	ISO12945-2 @2000 devir
DİKİŞ KAYMASI	ISO 13936-1
DİKİŞ KOPMA MUKAVEMETİ	ISO 13936-1
KOPMA MUKAVEMETİ	ISO 13934-2
YIRTIлма MUKAVEMETİ	ISO 13937-1
BİYOBOZUNURLUK	TS EN ISO 11721-1
HASLIK ÖZELLİKLERİ	STANDART
YIKAMA HASLIĞI	ISO 105 C06
SÜRTME HASLIĞI	ISO 105 X12
SU HASLIĞI	ISO 105 E01
TER HASLIĞI	ISO 105 E04
KURU TEMİZLEME HASLIĞI	ISO 105 D01

3.2.1. Kıvrım Oranı Ölçümü

Atkı ve çözgü kıvrım ölçümleri TS715 standardına göre yapılmıştır. Tez kapsamında üretilen numuneler içerisinde %100 PLA harmanına sahip bezayağı örgüde üç farklı sıklıkta numune üretilmiştir. Bu üç farklı sıklıkta üretilen numunelerin ve bezayağı örgüde atkı ipliği olarak pamuk, viskon ve tencel harmanına sahip numunelerle birlikte, %100 PLA harmanında bezayağı, diyagonal dimi ve 8'li çözgü sateni örgülere ait numunelerin kıvrım oranları hesaplanmıştır. Kıvrım oranı hesaplanırken birim alandaki çözgü ve atkı yönünde iplikleri tartılmıştır. Numune kumaşın birim alanı metrekare cinsinden hesaplanmış ve numunede kullanılan ipliklerin tex cinsinden iplik numarasıyla çarpımının yüzde değeri alınarak kıvrımsız ağırlık hesaplanmıştır. Atkı ve çözgü yönünde birim alandaki numune kumaş içerisinde çıkarılıp tartılan ipliklerin ağırlığı kıvrımlı ağırlık olarak ölçülmüştür. Kıvrım oranı; kıvrımlı ağırlıktan, kıvrımsız ağırlığın değeri çıkarılarak, kıvrımsız ağırlığın değerine bölünerek hesaplanmıştır.

$$\text{Kıvrımsız Ağırlık} = \text{Birim alan (m}^2\text{) İplik Numarası (tex) / 1000}$$

$$\text{Kıvrım Oranı (\%C)} = (\text{Kıvrımlı Ağırlık Değeri} - \text{Kıvrımsız Ağırlık Değeri}) / \text{Kıvrımsız Ağırlık}$$

3.2.2. Kumaş Kalınlığı Testi

Kumaşların en üst ile en alt yüzleri arasındaki mesafe belli bir basınç altında ölçerek kumaş kalınlığı tespit edilmektedir. Jeotekstil malzemeler, tekstil yer döşemeleri, dokunmamış malzemelere ve kaplanmış kumaşlara kumaş kalınlığı testi uygulanması uygun değildir.(TS 7128 EN ISO 5084).

Kalınlık testlerinde kullanılan standart TS 7128 EN ISO 5084 standardıdır. Bu standart, belli basınç altında tekstil ürünlerinin kalınlıklarını tespit etmek için uygulanan yöntemdir. Uygulamada dijital kalınlık ölçme test cihazları kullanılmaktadır. Bu cihazda kumaş yüzeyine bir basınç uygulanır ve kumaş ile cihazın dairesel baskı ayağı arasındaki mesafe milimetre olarak ölçülür (Anonim,2019) Kalınlık testi TS 7128 EN ISO 5084 numaralı standarda göre Prowhite Dijital Tekstil Kalınlık Ölçüm Cihazı ile yapılmıştır. Dijital kalınlık ölçme test cihazı kullanılarak, numunenin üzerine konulduğu referans plakası ile numunenin yüzeyine belli bir basınç uygulayan (20 cm² 'lik yüzeye 200 grf) dairesel baskı ayağı arasındaki mesafe milimetre olarak ölçülmüştür.

3.2.3. Buruşmazlık Testi

Buruşmazlık; kullanım kolaylığı açısından kumaşların belirli bir basınç altında kırıştırıldıktan sonra, basınç kaldırıldığında eski formuna dönebilme özelliğidir. Buruşmazlık dayanımı ise kumaşın katlı halden ve istenmeyen kırışıklıklardan düzgün hale geçmesini sağlayan bir özelliktir. Bu deneyde dikdörtgen şeklinde ve belirli boyuttaki deney numunesi uygun bir materyalle katlandıktan sonra belirtilen kısa bir süre için belirli bir basınca maruz bırakılır. Bu basınç kaldırıldıktan ve deney numunesi buruşmazlık cihazına sabitlenerek belirli bir süre için serbest bırakıldıktan sonra kat düzelme açısı ölçülür(TS 390 EN 22313). Katlanmayı meydana getiren kuvvetlerin kaldırılması halinde, tekstil kumaşlarının katlanmış yerlerindeki izler değişik ölçülerde azalır. Kat düzelme açısının (buruşmazlık açısı) değeri, kumaşın istek dışı katlanmaları sonrasında kat izlerinden kurtulma özelliğini belirler.



Şekil 3.1. Numunelerin buruşmazlık açısı ölçümü

3.2.4. Hava Geçirgenliği Testi

Hava geçirgenliği, belirli yüzey alanından belirli basınç altında tekstil materyalinin bir yüzünden gönderilen havanın tekstil materyalinin diğer yüzüne geçtiği miktardır. Birimi $l/m^2/s$ cinsinden ifade edilir.

TSE(1996)'e göre hava geçirgenliği “deney alanı, basınç düşmesi ve zaman gibi şartları belirlenmiş bir deney parçasından düşey yönde geçen havanın hızı ” olarak tanımlanmıştır.

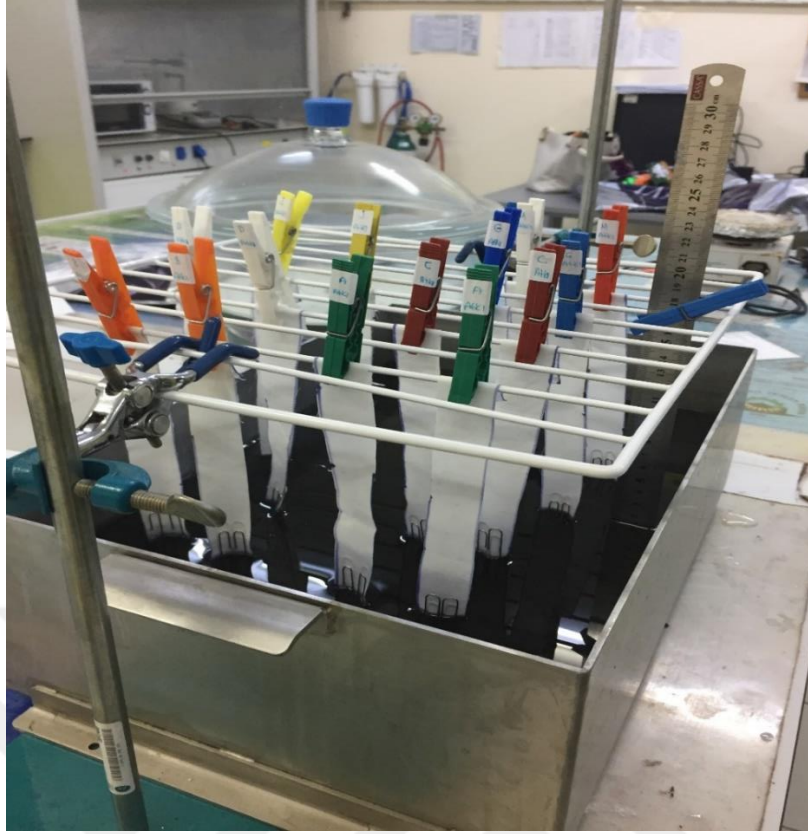
Hava geçirgenliği kavramı tekstil endüstrisinde kumaşın karakterini, kumaşın özelliklerini, ürünün fonksiyonel performansını açıklarken teknik bir bilgi olarak sıklıkla kullanılır. Hava geçirgenlik testi TS 391 EN ISO 9237 numaralı standart esas alınarak Prowhite Airtest 2 Hava Geçirgenliği Test Cihazında 20 cm^2 'lik kumaş yüzeyinden dikey yönde geçen hava akış hızı belirlenerek, sonuçların birimi $l/m^2/s$ olarak ifade edilmiştir.

3.2.5. Kılcal İslanma (Wicking) Testi

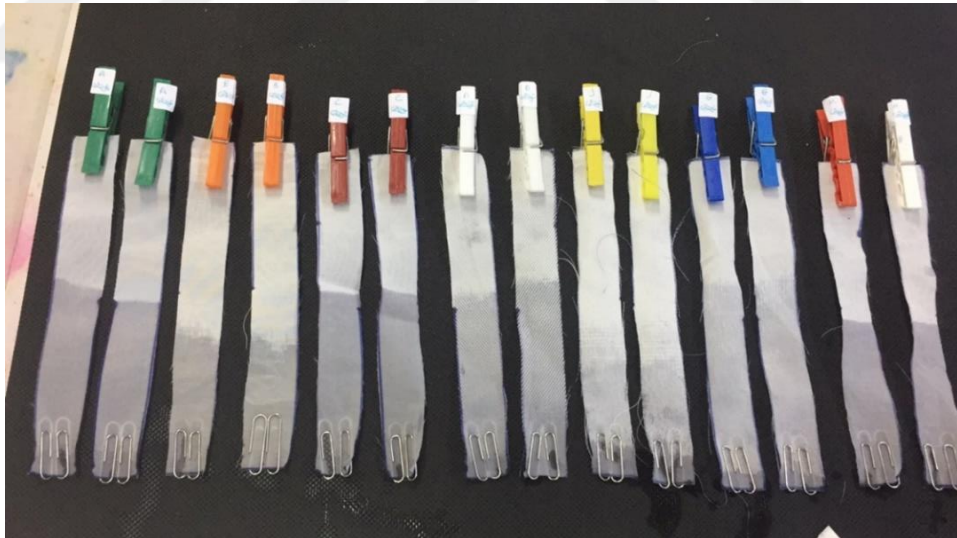
Emme (wicking) gözenekli bir yapı içerisinde kapiler kuvvetlerle süren kendi kendine olağan sıvı akışıdır. İslanma kapiler kuvvetlere sahip olduğundan emmenin kapiler sistemlerde ani ıslanmanın sonucu olduğu belirtilmiştir. Emicilik ASTM D 123-01 tarafından bir materyalin diğerini içine alması veya soğurması işlemi olarak tanımlanmaktadır. Emicilik bir materyalin bir sıvıyı içine alma; gözeneklerinde veya yarıklarında tutma eğilimi olarak tanımlanmıştır (Okur ve ark, 2015).

Tekstil materyalinin sıvıyla ilk teması sonucu ıslanma gerçekleştikten sonra ‘kapılar ıslanma veya ilerleme’ olarak adlandırılan ikinci sıvı transfer mekanizması ilerlemektedir. Akışın yönü, basınç farkını azaltmaya yönelik gerçekleşmektedir.

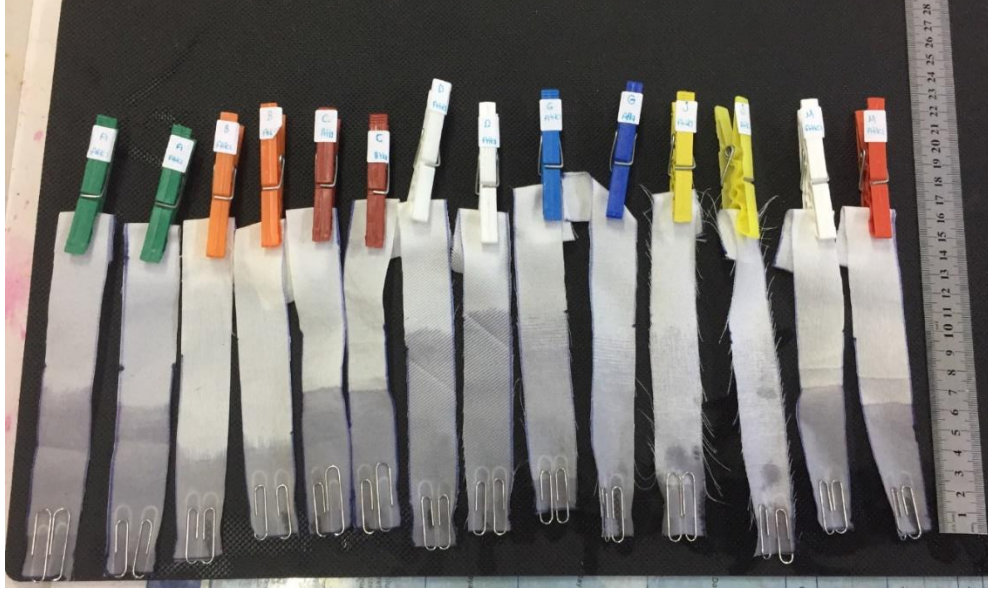
AATCC 197-2013 Test standardına göre dikey yönde kılcal ıslanma testi atkı ve çözgü yönünde olmak üzere 10 dakika ve 30 dakika süre sonunda numune kumaşların sıvı emilimleri cetvel yardımıyla santimetre cinsinden ölçülmüştür. Şekil 3.2, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te görülmektedir.



Şekil 3.2. Numune kumaşlara kılcal ıslanma(wicking) testi uygulaması



Şekil 3.3. Kılcal ıslanma (wicking) testi 30 dk sonunda çözgü numuneleri



Şekil 3.4. Kılcal emilim (wicking) testi 30 dk sonunda atkı numuneleri

3.2.6. Buhar Sonrası Boyutsal Değişim Testi

Buhar sonrası boyutsal değişim testi, tekstil materyalinin ısı, nem, su ve temizlemeye maruz kaldığında orijinal şekil, uzunluk ve eninin koruma kabiliyetinin olup olmadığının kontrol edilmesi amacıyla yapılan bir test metodudur. Bu çalışmada numune kumaşların buhar sonrası boyutsal değişimleri ISO 3005-BS 4323 1979 yılında yayımlanan standardına göre WIRA Steam Cyl test cihazıyla test edilmiştir.

3.2.7. Yıkama Sonrası Boyutsal Değişim Testi

Kumaşlarda yıkama, kurutma, ütü, kuru temizleme gibi işlemler sonrasında kumaşın atkı ve çözgü yönündeki boyut değişimlerinin belirlenmesi için uygulanan teste boyutsal değişim testi denir. Kumaşlarda yıkama, ıslatma ve kurutma işlemleri esnasında çözgü ve atkı yönünde çekme ve uzama şeklinde boyut değişimleri gözlenmektedir.

Numune kumaşların boyutsal değişimlerin miktarının ölçülmesi amaçlanmıştır. Tekstilde dokuma kumaşlarda boyut değişimi yaygın olarak atkı ve/veya çözgü yönünde çekme olarak görülmektedir. Genellikle dokuma kumaşlarda çözgü yönündeki çekme atkı yönündeki çekmeden daha fazla olmaktadır. Kumaş çekmesinin sebebi ise çözgü ve atkı ipliklerinin kumaşta birbirlerinin altından ve üstünden yaptığı geçişlerden (kıvrım) ve kumaşın sulu ortama girdiğinde lifin amorf bölgelerinin su moleküllerini emerek şişmesi dolayısıyla ipliklerin

birbirlerine daha da yakınlaşması ile kumaşın çözgü ve atkı yönünde bir miktar kısılmasına sebep olmaktadır. Yıkama sonrası boyutsal değişim testi, Gyrowash test cihazıyla ISO 6330@40°C, Program:4G 2012 yılında yayımlanan standardına göre asarak kurutma metodu ile numune kumaşlar test edilmiştir.

3.2.8. Pilling Testi

Pilling, kumaş yüzeyindeki lif uçlarının birbiri üzerine dolaşarak boncuk olarak adlandırılan küçük top şeklinde lif kümelerini oluşturmasıdır. Özellikle kumaşın yüzeyinde sürtünmeye maruz kaldığı yerlerde gevşek lif uçları kumaş yüzeyinde toplanır ve minik toplar haline gelirler. Bu olay düşük bükümlü ipliklerden kesik elyaf lif uçlarının dışarı çıkması sonucu oluşur. Pilling testi, James Heal-Nu Martindale test cihazıyla [ISO12945-2@2000 devir](#) 2002 yılında yayımlanan standardına göre kumaş numuneleri test edilmiştir.

3.2.9. Dikiş Kayması/Açması ve Dikiş Kopması Testi

Dikiş mukavemeti/kopması testi ile bir ya da daha fazla dikişin kumaş üzerinde göstermiş olduğu mukavemet tespit edilmesi amacıyla yapılan testtir. ISO 13936-1 2004 yılında yayımlanan test standardına göre Haunsfield test cihazıyla numuneler test edilmiştir.

Dikiş kayması/açması testi yalnızca dokunmuş kumaşlara uygulanan bir testtir. Kumaş üzerindeki atkı ve çözgü ipliklerinden birbirlerine paralel olanların açılmalarını tespit edebilmek amacıyla kumaşlara yapılan testtir. ISO 13936-1 2004 yılında yayımlanan test standardına göre numuneler Haunsfield test cihazıyla test edilmiştir.

3.2.10. Kopma Mukavemeti Testi

Kopma mukavemeti testinin amacı tekstil kumaşlarında en büyük kuvvetin ve bu kuvvet altında boyca uzamanın şerit metodu ile tespit edilmesidir. Bu deney jeo tekstil ürünlerine, dokusuz yüzeylere, dokunmuş elastik kumaşlara, cam elyaftan dokunmuş kumaşlar, karbon elyaf, poliolefin şeritli ipliklerden üretilmiş kumaşlar ve kaplanmış kumaşlar haricindeki diğer dokunmuş kumaşlara uygulanmaktadır. ISO 13934-2 2014 yılında yayımlanan standardına göre numuneler Haunsfield marka test cihazıyla test edilmiştir.

3.2.11. Yırtılma Mukavemeti Testi

Bir kumaşın, yuvarlak esnek bir kuvvetle döndürülerek elde edildiği mukavemete yırtılma mukavemeti denir. Yırtılmanın başladığı, devam ettiği ya da yayıldığı kuvveti ölçmek için uygulanan testtir. Yalnızca dokuma kumaşlara uygulanabilir, örme kumaşlara uygulanmaz. ISO 13937-1 2002 yılında yayımlanan standardına göre numuneler Elmatear test cihazıyla test edilmiştir.

3.2.12. Yıkama Haslığı Testi

Yıkama haslığı testi, boyalı ve/veya baskılı tekstil kumaşlarının rengin değişik yıkama şartlarına karşı gösterdiği davranışı kontrol etmek amacıyla yapılan haslık testidir. Yıkama haslığı testi, müşterinin belirttiği standarda göre test edilecek numune multifiber adında refakat bezi dikildikten sonra özel makine ve özel şartlara göre test yapılmaktadır. Kumaşa uygulanan yıkama haslığı test sonucu, multifiber refakat beziyle birlikte ışık kabinde gri skala ile değerlendirilir (Anonim, 2017). Araştırma kapsamında numune kumaşlara yıkama haslığı testi Gyrowash makinasında ISO 105 C06 2012 yılında yayımlanan standardına göre yapılmıştır.

3.2.13. Sürtme Haslığı Testi

Sürtme haslığı testi, boyalı ve/veya baskılı tekstil kumaşlarının kuru veya yaş hâlde sürtme etkisine tabi tutulduğunda rengin gösterdiği dayanıklılığı kontrol etmek amacıyla yapılan haslık testidir. Sürtme haslığı testi, sürtme haslığı test cihazına (crockmeter) yerleştirilen test numunesi ile refakat bezinin birbirine sürtünmesi ile gerçekleştirilir. Numune kumaşa uygulanan test sonunda refakat bezinin lekelenmesi gri skala ile değerlendirilir. ISO 105 X12 2006 yılında yayımlanan test standardına göre numune kumaşlara Crockmeter test cihazıyla testler yapılmıştır İki farklı şekilde test yapılır;

- Kuru Sürtme Haslığı: Kuru sürtme haslığı testinde numune ve sürtme bezi kuru olarak testin yapılması esasına dayanır.
- Yaş Sürtme Haslığı: Yaş sürtme haslığı testi ise test numunesi kuru, sürtme bezi su ile ıslatılmış olarak yapılmaktadır. Sürtme bezi ıslatılırken ağırlığının %100'ü kadar su alması sağlanmalıdır. Test bitiminde sürtme bezi oda sıcaklığında kurutulduktan sonra gri skala ile değerlendirilmelidir.

Numune kumaşlara kuru sürtme ve yaş sürtme haslığının her ikisinde yapılarak, refakat bezinin kirlenmesi gri skala ile ISO 105 X12 2006 yılında yayımlanan test standardına göre değerlendirilmiştir.

3.2.14. Su Haslığı Testi

Boyalı veya basılmış tekstil mamulünün, normal ortam sıcaklığında belirli bir miktar su içinde bekletilmeye karşı dayanımının derecesine su haslığı testi denir. Bitişik boyanmamış mamul üzerine boyar maddenin migrasyonu (boyar madde moleküllerinin elyaf üzerindeki konsantrasyonunun yüksek olduğu bölgelerden düşük olduğu bölgelere göç etmesi) ile belirlenir. Test edilecek numunenin saf su (standartlara uygun) muamelesi sonucu renginde bir değişiklik olup olmadığını ve kullanılan refakat kumaşına (multifiber) renk verip vermediğinin tespiti ile gerçekleşen testtir. Numunelerin ISO 105 E01 2012 yılında yayımlanan standardına göre Nüve etüv cihazında James Heal marka Persprometer cihazında ölçümler yapılarak su haslığı test sonuçları değerlendirilmiştir.

3.2.15. Ter Haslığı Testi

Boyalı veya basılmış tekstil ürünlerinin, kullanım sırasında insan vücudundaki normal ter ve sıcaklıkta kendi rengini veya yanındaki renk üzerinde bir lekelenme yapıp yapmadığını görmek amacıyla yapılan bir testtir. İki farklı özellikte asidik ve bazik ter insan vücudu tarafından salgılanır. Bu sebeple asidik ve bazik ter çözeltileriyle ter haslığı iki şekilde yapılmaktadır.

Numunelere uygulanan ter haslığı testi alkali ve bazik olarak iki ayrı şekilde ISO 105 E04 2012 yılında yayımlanan standardına göre James Heal marka Persprometer cihazında ölçümler yapılarak numune kumaşların performans sonuçları gri skala ile değerlendirilmiştir.

3.2.16. Kuru Temizleme Haslığı Testi

Kuru temizlemenin ana amacı; ıslak temizlemeyle zarar gören kumaş dokularını yıpranmasını önlemek ve uzun ömürlü olmalarını sağlamaktır. Kuru temizleme sırasında bugün en fazla başvurulan kimyasal madde perkloretilen'dir. Boyalı ve baskılı tekstil ürünlerinin rengi, bazen kuru temizleme sırasında kullanılan perkloretilen etkisi ile zarar görmektedir. Kumaşın perkloretilene karşı gösterdiği solma direncine kuru temizleme haslığı denir (Anonim, 2020). Kuru temizlemede perkloretilen kullanımı, çok defa farklı tekniklerle test edilmektedir.

Kuru temizlemede kullanılan perkloretilen' in kumaşın rengine ve dokusuna verebileceği zararların tespit edilmesi amacı ile gerçekleştirilir. Bu madde yanıcı olmayan, uçucu bir solventtir, keskin bir kokusu vardır ve insan sağlığı üzerinde etkilidir. Bu nedenle, perkloretilen'in gelecek yıllarda kullanılabilirliği sorgulanmaktadır (Anonim, 2019).

Numuneler, James Heal marka Gyrowash makinasında ISO 105 D01 2011 yılında yayımlanan standardına göre kuru temizlemeye karşı renk haslığı tayinini yapılmıştır.

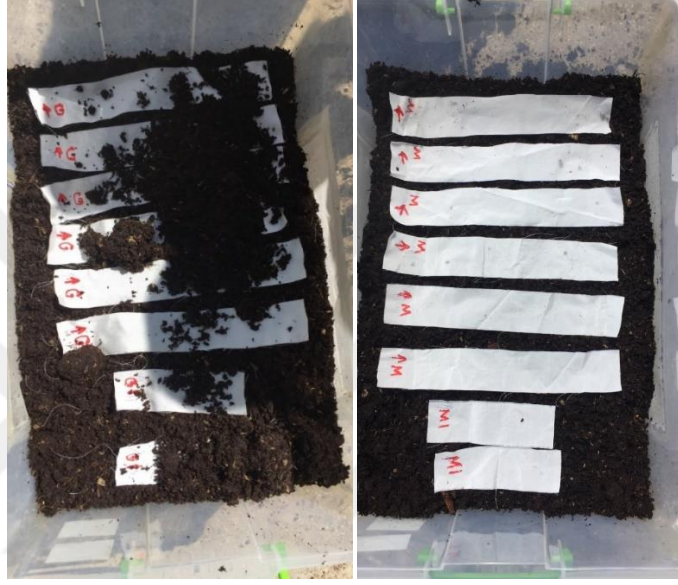
3.2.17. Biyobozunurluk Testi

Belirli tekstil malzemeleri toprağa gömüldüklerinde, toprakta bulunan mikroorganizmalar malzemenin topraga ayrışarak bozulmasına katkı sağlamaktadır. Buna doğada çözünürlük ya da biyobozunurluk (biyolojik bozunma) adı verilmektedir. Biyobozunurluk testi; TS EN ISO 11721-1 standardı kimyasal ön işleme tabi tutulmuş tekstillerin ön işleme tabi tutulmamış tekstillerle karşılaştırılmasında toprakta bulunan mikroorganizmaların faaliyetlerine karşı dayanıklılığı tayin etmek için bir metodu kapsar. "Doğal lifler içeren içeren tekstillerin mikroorganizmalara karşı dayanıklılığının tayini ve toprağa gömme deneyi" olarak adlandırılır. Biyobozunurluk genellikle tekstil ürünlerinin çevre dostu olabilmesi için standart bir ölçü olarak da kullanılmaktadır.

Biyobozunurluk, toprağa gömme testi tez kapsamında TS EN ISO 11721-1 standardına göre yapılmıştır. Testler için 6 haftalık biyobozunurluk süresi tanımlanmıştır. Numune kumaşlar arasında bezayağı örgülü olanlar seçilmiştir. PLA numunelerinin saten örgülü olan tipi de teste eklenmiştir. Tüm numuneler ayrı ayrı saksılara, her hafta bir katman açılacak şekilde belirli oranda hazırlanan gübrelili torf toprağı altına gömülmüştür. Kullanılan toprak tüm bitkiler için hazırlanmış kullanıma hazır genel kullanım torfdur. Torf, organik bir toprak düzenleyici görevindedir. Lifli yapıda olup, pH 5,5 - 6,5 değerlerindedir. Tez kapsamında torf toprağının yapısına biyobozunurluk için, %20 C/N (Karbon/Azot) oranını sağlayacak şekilde kontrollü gübre ilavesi yapılmıştır.

Toprak altına gömme işlemi için 6 farklı test numune grubu hazırlanmıştır. Kütle değişimi için haftalık 2 ölçüm, mukavement kaybı için iki haftada bir 2 ölçüm yapılacak biçimde numune hazırlanmıştır. Numuneler altı ayrı saksıya, katlar arası 5 'er cm toprak olacak şekilde üst üste gömülmüştür. Saksıların yan kısımları delikli bir yapıda olup bozunma için gerekli oksijen ihtiyacını sağlanmaktadır. Numuneler %65 bağıl nemli ortam da ve 24-26 °C

sıcaklıkta TS EN ISO 11721-1 standardının gerekliliğine en yakın laboratuvar koşullarında saklanmıştır Saksıların üstü toprağın nem kaybetmemesi ve sıcaklıktan etkilenmemesi için saksıyla aynı materyal plastik kapak ile örtülmüştür. Laboratuvar koşullarında biyobozunma için her hafta bir katmandan numune topraklar alınmış ve ilgili test ölçümleri yapılmıştır. Her haftalık süre tamamlandıktan sonra ilgili ölçüm ve testler yapılmıştır. Şekil 3.5 'te saksılara gömülen numuneler görülmektedir.



Şekil 3.5. Biyobozunurluk testi numunelerin saksılara gömülmesi

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Ön Çalışma

Tez kapsamında işletmede 20x20 cm² ebatlarında şablon adı verilen deneme numune kumaş üretimleri gerçekleştirilmiştir. Numune kumaş üretiminde dokunabilirlik performansı ve konstrüksiyona karar verilmesi için yapılan şablon numunelerine ait teknik bilgiler aşağıdaki Çizelge 4.1' de verilmiştir.

Üretilen numune kumaşlardan 30-32 tel/cm sıklık değerlerine ait şablon numunesi karışık armür dokunması üzerine teknik bilgileri hesaplanmıştır fakat dokuma tezgahında sıklığın fazla olması, dokuma tezgahındaki duruşlar ve çözgü ipliklerinde kopuşlar sebebiyle şablon numunesi dokunamamıştır. Diğer tüm üretimi planlanan şablon numuneleri sorunsuz olarak numune dokuma makinasında dokunmuştur.

Çizelge 4.1 'de teknik bilgileri verilen şablonlar 20x20 cm², boyutlarında deneme numune kumaş üretimlerinden kontrüksiyon, dokunabilirlik performansı ve numune dokuma makinasında dokunmasında sorun yaşanmaması sebebiyle J1, J2,J3,J4,J5,J6 şablonları bezayağı ve saten örgü de, F1 ve F2 şablonları ise diyagonal dimi örgüde metrajlı numune üretimine yön vereceği için tercih edilmiştir.

Numune üretiminde, 150 denye PLA filament ipliğinin çözgü ipliği olarak seçilmesi ve 150 denye filament yaklaşık Ne 30 iplik numarasına karşılık gelmesi sebebiyle, atkı iplikleri Ne 30/1 tek katlı iplikler olarak seçilmiş, tez kapsamında numune kumaşların gramajları arasındaki farklılık minimum düzeyde olması için çalışılmıştır.

4.2. İplik Testleri ve Numunelerin Hazırlanması

4.2.1. İplik Test Değerleri

Kumaş yapısı oluşturmak için 150 denye /36 filament Poli laktik asit(PLA) puntalı (IMG) süper parlak (SP) ipliğine S büküm yönünde işletmede en çok tercih edilen 379 tur/m değerlerinde büküm işlemleri verilerek çözgüde yer alacak PLA ipliğine ait iplik performansları gözlemlenmesi hedeflenmiştir.

Çizelge 4.1. Numune şablonların teknik bilgileri

Şabl. No	Çözü İpliği	Atkı İpliği	Örgü	ÇözüxAtkı Sıklığı (teorik) (ip/cm)	Kumaş Karışımı	Kum. Gramaj (teorik) (g/m ²)
A1	150/36 PLA S379 STMG SP	150/36 PLA S379 STMG SP	Diyagonal Dimi	46 x 32	% 100 PLA	184
A2	150/36 PLA S379 STMG SP	30/1 TEN Z896	Diyagonal Dimi	46 x 31	% 58 PLA % 42 TEN	188
B1	150/36 PLA S379 STMG SP	150/36 PLA S379 STMG SP	Bezayağı	46 x 28	% 100 PLA	184
B2	150/36 PLA S379 STMG SP	30/1 TEN Z923	Bezayağı	46 x 30	% 58 PLA % 42 TEN	188
C1	150/36 PLA S379 STMG SP	150/36 PLA S379 STMG SP	Karışık Dimi	46 x 29	% 100 PLA	177
C2	150/36 PLA S379 STMG SP	30/1 VI Z896	Karışık Dimi	46 x 28	% 60 PLA % 40 VI	181
D1-2	150/36 PLA S379 STMG SP	150/36 PLA S379 STMG SP	Karışık Armür	46 x 30-32	% 100 PLA	Dokunamadı.
F1	150/36 PLA S379 STMG SP	150/36 PLA S379 STMG SP	Diyagonal Dimi	46 x 32	% 100 PLA	184
F2	150/36 PLA S379 STMG SP	30/1 VI Z896	Diyagonal Dimi	46 x 321	% 57 PLA % 43 VI	189
G1	150/36 PLA S379 STMG SP	150/36 PLA S379 STMG SP	Bezayağı	46 x 25	% 100 PLA	171
G2	150/36 PLA S379 STMG SP	30/1 VI Z896	Bezayağı	46 x 25	% 63 PLA % 37 VI	176
J1	150/36 PLA S379 STMG SP	150/36 PLA S379 STMG SP	Bezayağı	46 x 25	% 100 PLA	168
J2	150/36 PLA S379 STMG SP	150/36 PLA STMG SP	Bezayağı	46 x 25	% 100 PLA	169
J3	150/36 PLA S379 STMG SP	30/1 CO Z896	Bezayağı	46 x 25	% 62 PLA % 38 VI	170
J4	150/36 PLA S379 STMG SP	30/1 TEN Z896	Bezayağı	46 x 25	% 62 PLA % 38 TEN	173
J5	150/36 PLA S379 STMG SP	150/36 PLA S379 STMG SP	Karışık Saten	46 x 30	% 62 PLA % 38 TEN	174
J6	150/36 PLA S379 STMG SP	150/36 PLA S379 STMG SP	8 li çözgü sateni	46 x 30	% 62 PLA % 38 TEN	175

Atkı ipliği; biyobozunur lif poli laktik asitten üretilen, 150 denye /36 filament PLA S büküm yönünde 379 tur /metre büküm değerinde puntalı (IMG), süper parlak (SP), ekru renginde %100 PLA harmanında iplik kullanılmıştır. Selülozik atkı iplikleri olarak; Ne 30/1 Z büküm yönünde 896 tur/ metre büküm değerinde %100 CO harmanında iplik; Ne 30/1 Z büküm yönünde 896 tur/ metre büküm değerinde %100 TEN, Ne 30/1 Z büküm yönünde 896 tur/ metre büküm değerinde %100 VI harmanında iplik kullanılmıştır.

Kumaş oluşumu için ipliğe ait test değerleri ipliğin kumaş içerisinde kullanılacağını veya kullanılmayacağını hakkında bilgi vermektedir. Bu bilgiye ulaşabilmek için atkı ve çözümlüde kullanılan ipliklerin dokuma kumaş içerisinde kullanımı hakkında baz alınabilecek iplik testleri ölçülmüştür. Aşağıdaki tabloda PLA ipliklerine ve numune kumaş üretiminde atkı ipliği olarak seçilen ipliklere ait test sonuçları aşağıda yer alan çizelge 4.2 'de görülmektedir.

Çizelge 4.2. İplik mukavemeti sonuçları

İplik Adı	Numara	Kuvvet(cN)	Uzama(%)	CN/tex	Büküm(T/M)	Büküm Yönü
150/36 Den 100pla Ekru Sp Soft Img	150 DEN	419,3	25,15	24,58		
150/36 Den 100pla S379 Ekru Sp Soft Img	150 DEN	372,1	24,12	21,37	379	S
Ne 30/1 Lyocell (Tencel) 100TEN Z896	Ne 30	475	7,5	23	950	Z
Ne 30/1 CO 100 Pamuk Z896	Ne 30	325	4	16	896	Z
Ne 30/1 VI 100 Viskon Z896	Ne 30	355	8,5	20	896	Z

Kumaş yapısında yer alacak ipliklere ait test değerleri incelenmiştir. İplik test sonuçlarının kumaş üretimi için işletmede üretim şartlarını sağlayan kabul edilebilir limit değerler arasında olduğu sonucuna varılmıştır.

Tez kapsamında kullanılan liflere ait bazı lif özellikleri aşağıdaki çizelge 4.3 'de verilmiştir;

Çizelge 4.3.Liflerin özellikleri(Zupin ve Dimitrovski, 2010)

Lif Özellikleri	Pamuk	Viskon	Lyocell(Tencel)	PLA
Lif inceliği (dtex)	1,8	1-100	0,9-3,3	0,63-0,89
Kuru Kopma Dayanımı (cN/tex)	24-25	20-24	40-44	5,5-3,2
Yaş Kopma Dayanımı (cN/tex)	25-30	10-15	34-38	-
Kuru Kopma Uzaması (%)	7-9	20-25	14-16	20-35
Su Tutma Değeri(%)	45-55	90-100	65-70	-
Polimerizasyon derecesi	2000-3000	250-350	550-600	-

4.2.2. Deney Planı ve Numune Teknik Bilgileri

Tez kapsamında üretilen numune kumaşların numune kodu sırasıyla; çözümlü ipliği, atkı ipliği, kumaş örgüsü(B=Bezayağı, D=Diagonal Dimi KS=Karışık Saten Örgü SS= 8 li Çözümlü Sateni) ve %100 PLA harmanında bezayağı örgüde üç farklı sıklık denemesi yapılması sebebiyle sıklıklar örgüden sonra belirtilmiştir.

Çizelge 4.4. Numune kumaşların teknik bilgileri

Numune Kodu(Çözgü İpliği x Atkı İpliği. Örgü. Sıklık)	Çözgü x Atkı Sıklığı (tel/cm)(teorik)		Çözgü x Atkı Sıklığı(tel/cm) (gerçekleşen)		Ham En(cm)	Ham Gramaj (g/m ²)	Apre sonrası En(cm)	Apre sonrası Gramaj (g/m ²)	Kumaş Karışımı
PLAxPLA.B.23	45	23	46±1	24±2	168	132	-	-	%100 PLA
PLAxPLA.B.25	45	25	46±1	26±2	168	136	156	146	%100 PLA
PLAxPLA.B.27	45	27	46±1	28±2	168	138	-	-	%100 PLA
PLAxCO.B.30	45	30	46±1	31±2	166	142	162	152	%68 PLA-%32 CO
PLAxTEN.B.30	45	30	46±1	31±2	167	145	162	147	%68 PLA-%32 TEN
PLAxVI.B.30	45	30	46±1	31±2	165	144	-	-	%68 PLA-%32 VI
PLAxPLA.D.30	45	30	46±1	31±2	166	145	155	155	%100 PLA
PLAxCO.D.30	45	30	46±1	31±2	164	152	155	162	%68 PLA-%32 CO
PLAxTEN.D.30	45	30	46±1	31±2	166	152	158	160	%68 PLA-%32 TEN
PLAxPLA.KS.30	45	30	46±1	31±2	165	144	-	-	%100 PLA
PLAxCO.KS.30	45	30	46±1	31±2	164	152	-	-	%68 PLA-%32 CO
PLAxTEN.KS.30	45	30	46±1	31±2	166	149	-	-	%68 PLA-%32 TEN
PLAxVI.SS.30	45	30	46±1	31±2	148	148	-	-	%68 PLA-%32 VI
PLAxPLA.SS.30	45	30	46±1	31±2	166	146	155	155	%100 PLA
PLAxCO.SS.30	45	30	46±1	31±2	163	154	154	165	%68 PLA-%32 CO
PLAxTEN.SS.30	45	30	46±1	31±2	166	155	185	160	%68 PLA-%32 VI

Deneysel çalışma için; on altı farklı konstrüksiyonda PLA çözgü üzerinde farklı sıklık, farklı atkı iplikleri ve örgülerde numune kumaşlar üretilmiştir. Çizelge 4.4 'de numune kumaşların teknik bilgileri gösterilmiştir. Numuneler Karl Mayer marka tamburlu numune çözgü makinasında çözgüsü hazırlanarak, kancalı atkı atım sistemine sahip armürlü dokuma tezgahında belirlenen metrelerde dokunmuştur. Teknik özellikleri ön şablon numuneleri baz alınarak hesaplanmıştır. Numune kumaşların üretiminde dokuma işlemi esnasında bir sorunla karşılaşılmamıştır.

4.2.3. Numune Kumaş Dokuma Üretim Değerleri

Numunelerin çözgüsü, Karl Mayer marka tamburlu numune çözgü makinasında hazırlanarak, kancalı atkı atım sistemine sahip armürlü dokuma tezgahında belirlenen metrelerde dokunmuştur.

Numune dokuma makinası randımanları numune bazında aşağıdaki gibidir;

- PLAxPLA.B.23; 100,000 atkıda, 23 çözgü kopuşu, 420 devir, % 63 randıman
- **PLAxPLA.B.25; 100 000 atkıda, 10 çözgü kopuşu, 250 devir , % 86 randıman**
- PLAxPLA.B.27; 100.000 atkıda 33 çözgü kopuşu, 420 devir %70 randıman
- PLAxCO.B.30; 100 000 atkıda, 61,5 çözgü kopuşu, 300 devir, % 50 randıman
- PLAxTEN.B.30; 100.000 atkıda 25 çözgü kopuşu 450 devir, % 85 randıman
- PLAxVI.B.30; 100.000 atkıda, 38,5 çözgü kopuşu 450 devir, % 74 randıman
- PLAxPLA.D.30; 100 000 atkıda, 18,5 çözgü kopuşu, 250 devir **% 86 randıman**
- PLAxCO.D.30; 100 000 atkıda 85 çözgü kopuşu, 300 devir, % 46 randıman
- PLAxTEN.D.30; 100.000 atkıda, 13,5 çözgü kopuşu, **452 devir**, % 84 randıman
- PLAxPLA.KS.30; 100.000 atkıda 131 çözgü kopuşu, 420 devir, %58 randıman
- PLAxCO.KS.30; 100.000 atkıda 129 çözgü kopuşu, 420 devir, % 57 randıman
- PLAxTEN.KS.30;100.000 atkıda 109 çözgü kopuşu, 420 devir, % 58 randıman

- PLAxVI.SS.30; 100.000 atkıda 23,5 çözgü kopuşu, 420 devir, % 56 randıman
- PLAxPLA.SS.30; 100.000 atkıda 18,5 çözgü kopuşu 420 devir, % 74 randıman
- PLAxCO.SS.30; 100.000 atkıda 20 çözgü kopuşu, 420 devir, % 55 randıman
- PLAxTEN.SS.30; 100.000 atkıda 68,5 çözgü kopuşu, 420 devir, %64 randıman



Şekil 4.1. Numune kumaşın dokuma makinasında üretim görüntüsü

Şekil 4.1 'de görüldüğü üzere numune dokuma makinasında numune kumaş üretimi gösterilmiştir. Numune kumaş fiziksel test ölçüm sonuçlarının aynı ipliklerle üretilen kumaşların örgülerde farklılıklarının kıyaslanabilmesi için kumaşların birbirine yakın gramajlar içinde üretimi hedeflenmiştir. Kumaşlarda üretim proseslerinden kaynaklı farklılık olmaması için de aynı kancalı atkı atma sistemiyle çalışan dokuma makinasında üretim yapılması sağlanmıştır. Yapılan bu çalışmada, numune üretimi olması sebebiyle işletme koşullarına göre düşük metrelerde numune üretimleri gerçekleştirilmiştir. Bu düşük metrajlarda çalışma sırasında da hedeflenen kararlı dokuma koşullarına erişilememesi ve makine ayarlarının yeterince yapılamamasının nedeniyle çalışma randımanları düşük olmuştur. Tezgâh devir hızları; beklenildiği üzere; bezayağı kalitelerde en düşük, dimi ve saten dokumalarda daha yüksek olmuştur. Atkısı pamuk olan kaliteler en düşük hızlarda ve yüksek çözgü kopuşlarında dolayısıyla düşük randıman ile dokunurken, tencel atkılı kalitelerin dokuma işlemi her açıdan en iyi değerleri sağlamıştır. Tüm tiplerde aynı çözgü kullanıldığı için, çözgü kopuş sayılarını karşılaştırmak mümkün olsa da çok tutarlı ve anlamlı bir sonuca varmak için yeterli veri oluşmamıştır. Genelde çok yüksek çözgü kopuş sayıları gerçekleşmiş, ancak %100 PLA kalitesinde en düşük kopuş sayıları kaydedilmiştir. Genel olarak PLA çözgü ve atkı iplikleriyle

dokuma sürecinin endüstriyel ölçekte kabul edilebilir koşullar altında gerçekleştirilebileceği anlaşılmıştır.

4.2.4. Numune Kumaşların Boyanması

Numune kumaşların renklendirmek amacıyla lif yapılarına uygun boyarmadde ve yardımcı kimyasallar kullanılmıştır.

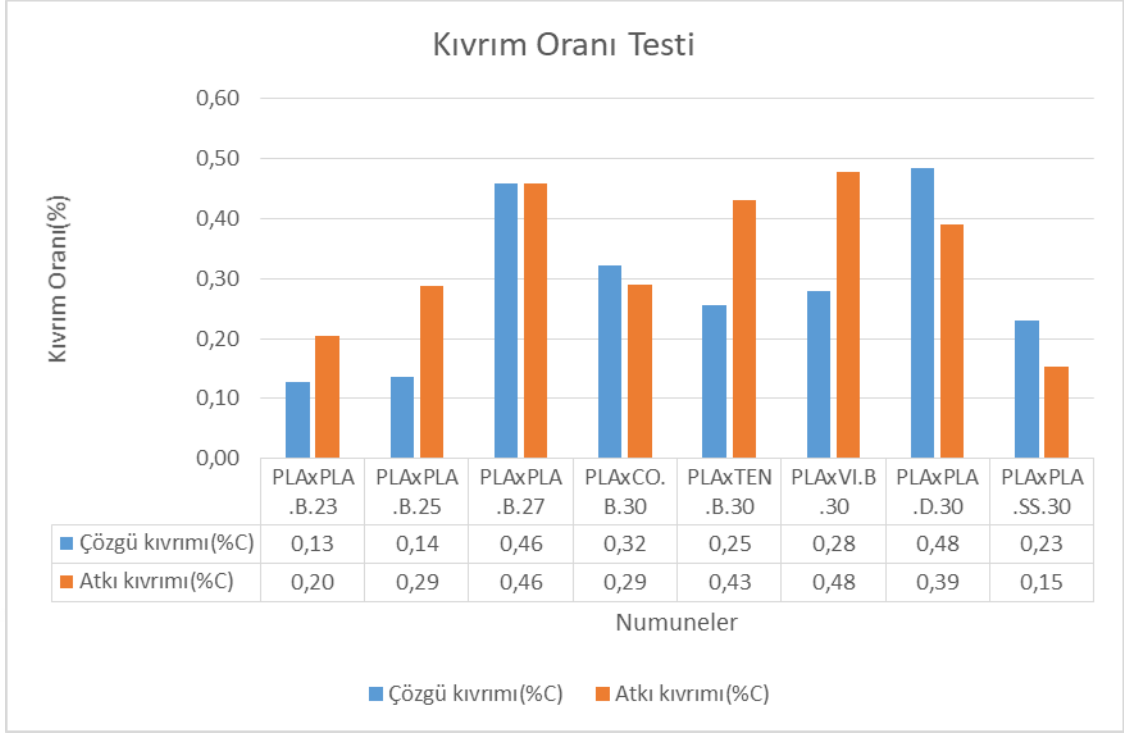
PLA, kimyasal yapısında hidrofilik polar veya reaksiyon grupları olmadan çok sayıda ester ve metil grubuna sahiptir. Sıradan boyarmaddeler sıkı moleküler yapısı ve düşük makro molekülü nedeniyle normal olarak PLA boyamada kullanılamaz. Ayrıca alifatik poliester ailesine ait olması sebebiyle tıpkı polyesterler gibi dispers boyarmadde ile boyanabilir. Bu nedenle, numune kumaşların boyanmasında PLA boyamak için dispers boyarmadde seçilmiştir. Disper boyarmaddeler iyi yayılabilirlik, kararlı dağılım ve doğrusal moleküllere sahiptir. Boyama 4,5-5 pH' da 110° C gerçekleştirilmiştir.

İşletmede 20x20 ebatlarında deneme numune kumaş üretimlerinde boya laboratuvarında yapılan çalışmalarda poli laktik asit ve selülozik harmanlı karışım kumaşları ayrı ayrı çift boyama prosesiyle boyanmıştır. Fakat fiziksel test sonuçlarının olumsuz değerleri sebebiyle numune kumaş üretimlerinde tek boyama prosesiyle sadece PLA karışımının boyanması uygun görülmüştür. Numune olarak üretilen 9 farklı kumaş çektirme yöntemine göre tek boyama prosesiyle numune kumaş boyama makinasında boyanmıştır.

4.3. Ham Kumaş Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

4.3.1. Kıvrım Oranı Test Sonuçları

Çözgü ve atkı ipliklerinin kıvrım oranı, kumaş özelliklerini direkt olarak etkileyen parametrelerdendir. Çözgü ve atkı sıklıkları temelde dokuma makinasında tarak sıklığı ve kumaş çekme ayarı yardımıyla belirlenmesine rağmen, dokuma esnasında çözgü ve atkı kıvrımından etkilenirler. Bu nedenle, kumaş yapısını ve özelliklerini tam anlamıyla kontrol edebilmek için dokuma esnasında çözgü ve atkı kıvrımını da kontrol edebilmek önemlidir. Ancak dokuma işlemi esnasında çözgü ve atkı kıvrımını kontrol eden bir mekanizma yoktur (Aydın, 2019).



Şekil 4.2. Kıvrım oranı test sonuçları

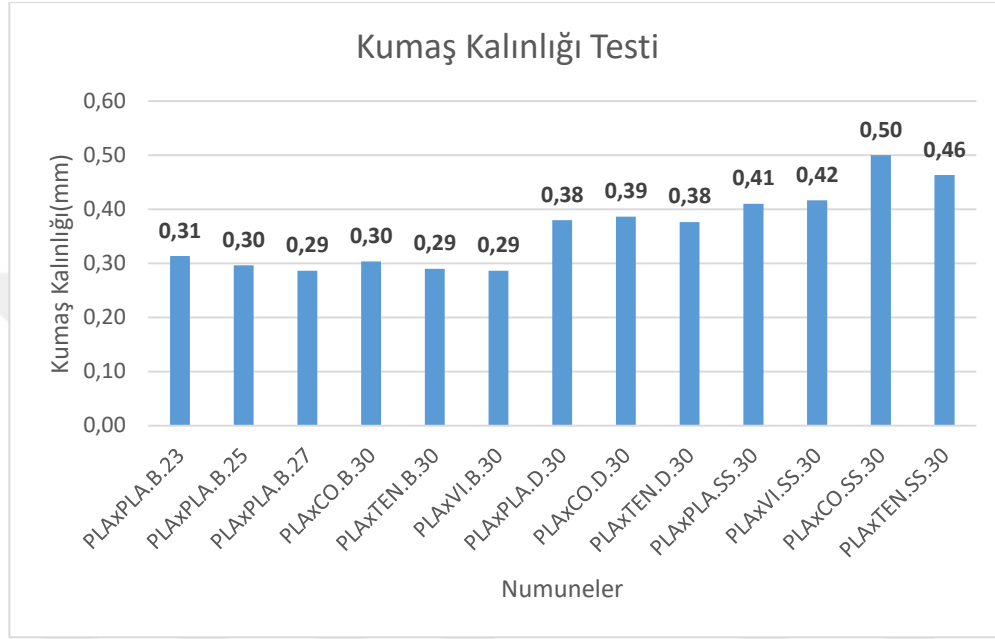
Kıvrım oranı test sonuçları şekil 4.2 grafiğinde de görüldüğü üzere; %100 PLA harmanına sahip bezayağı örgüyle üretilen numunelerin sıklığı arttıkça atkı ipliğinin kıvrım oranı artmaktadır. Numune kumaşların çözgü sıklığı sabit, atkı sıklığı arttığında atkı ipliklerinin daha fazla kıvrım alması ve kıvrım oranının arttığı sonucuna varılmıştır.

%100 PLA harmanına sahip bezayağı, diyagonal dimi ve 8'li çözgü sateni örgü için kıvrım oranları; bezayağı>diyagonal dimi > saten örgü şeklindedir. Numunenin çözgü kıvrımı oranı birbirine çok yakın değerlerdedir. Tüm numuneler arasında en düşük değerde kıvrım oranı 8'li çözgü sateni örgüde görülmektedir. Bu farkın sebebi olarak 8'li çözgü sateni örgüdeki atlama sayısının fazla olduğu, çözgü iplik kıvrım oranını etkilediği görülmektedir.

Bezayağı örgüde, atkı yönünde kıvrım oranı en yüksekten başlayarak sırasıyla; Pla>tencel>viskon>pamuk atkılı numuneler olmuştur. PLA dışındaki ipliklerin kıvrımı birbirine yakın değerler aralığında değişirken, PLA atkı ipliğinin kısmen daha ince numarada ve filament elyafı olması nedeniyle daha yüksek kıvrım alma eğilimi gösterdiği söylenebilir.

4.3.2. Kumaş Kalınlığı Test Sonuçları

Kalınlık kumaşın geçirgenlik, dayanıklılık, dökümlülük gibi özelliklerini etkilemektedir. Kumaş kalınlığı ipliğin numarasına, bükümüne, düz veya tekstürize olmasına, örgü türü ve sıklıklara bağlıdır (Ak, 2006; Şekerden, 2019). Kumaş kalınlığının kumaşların ısı tutuculuk ve hacimsel özellikleri üzerinde etkisi vardır.



Şekil 4.3. Kumaş kalınlığı test sonuçları

Tüm numune kumaşlar şekil 4.3’de grafikteki test sonuçlarına göre incelendiğinde, kalınlık aralığının 0,28 - 0,50 mm aralığında değiştiği gözlenmiştir. Beklenildiği üzere, bezayağı örgülerde görece daha düşük kalınlıklar oluşmuştur. Atkısı tencel olan bezayağı numune, küçük farkla en ince kumaş olmuştur. En yüksek kalınlığa sahip kumaş kalitesi, çözgüsü PLA, atkısı pamuk ipliği ve örgüsü 8’li çözgü sateni olan numune olmuştur. 8’li çözgü sateni örgülü numuneler incelendiğinde, yüksekte başlayarak sırasıyla pamuk>tencel>PLA>viskon şeklinde bir sıralama gerçekleşmiştir. Atkı ipliği teorik olarak Ne 30 ipliklerle üretilmiş numunelerin üretim esnasında gerçekleşen iplik numaralarında sapmanın bir miktar kumaş kalınlığına etkisinin olacağı düşünülmektedir.

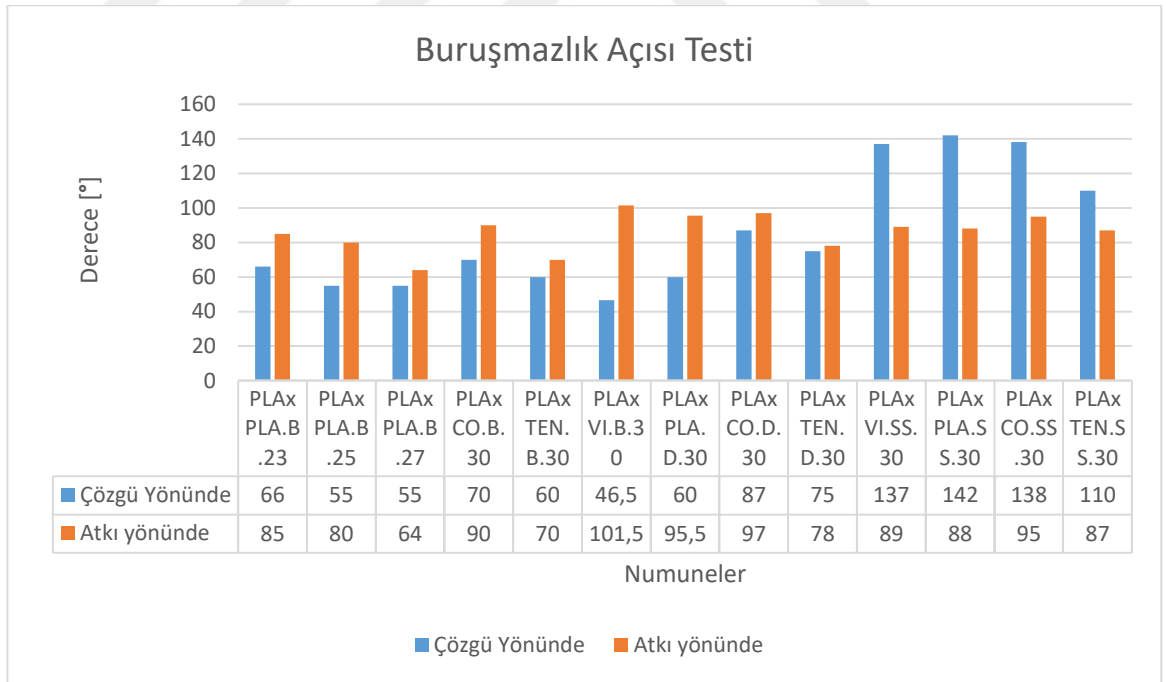
Bezayağı örgüde kumaş kalınlığı sıklık arttıkça %100 PLA karışımlı numunelerde kalınlık azalmaktadır. Sıklık arttıkça bezayağı örgüde kumaş kalınlığını azaltmaktadır. Kumaş

kalınlığı üzerinde; sıklık ve örgü tipinin etkisi gözlenirken; lif tipinin de etkisi olduğuna dair bir çıkarım yapılamamıştır.

4.3.3. Buruşmazlık Testi Sonuçları

Tekstil mamullerinin buruşmasında doku bağlantı şeklinin, iplik ve lif özelliklerinin etkisi vardır. Katlanmayı meydana getiren kuvvetlerin kaldırılması halinde, tekstil kumaşlarının katlanmış yerlerindeki izler değişik ölçülerde azalır. Kat düzelme açısının (buruşmazlık açısı) değeri, kumaşın istek dışı katlanmaları sonrasında kat izlerinden kurtulma özelliğini belirler. Belirlenmiş şartlara göre katlanmış kumaşın üzerindeki basınç kaldırıldıktan belirli bir süre sonra, katlı olan kolları arasında meydana gelen açığa ‘‘Kat Düzelme Açısı’’ denir. Kumaşların buruşmazlık özellikleri kat düzelme açısına bağlı olarak belirlenir (Türksoy ve Ark, 2017). Pamuklu, keten ve rejenere selüloz liflerden üretilen kumaşlar buruşmazlığa karşı hassaslık gösterirler. Sentetiklerde ise buruşmazlık dayanım özellikleri daha iyidir.

Numune kumaşların buruşmazlık testinde; buruşmazlık açısı değerleri aşağıdaki şekil 4.4 ‘de grafikte gösterilmiştir.



Şekil 4.4.Buruşmazlık açısı [°] testi

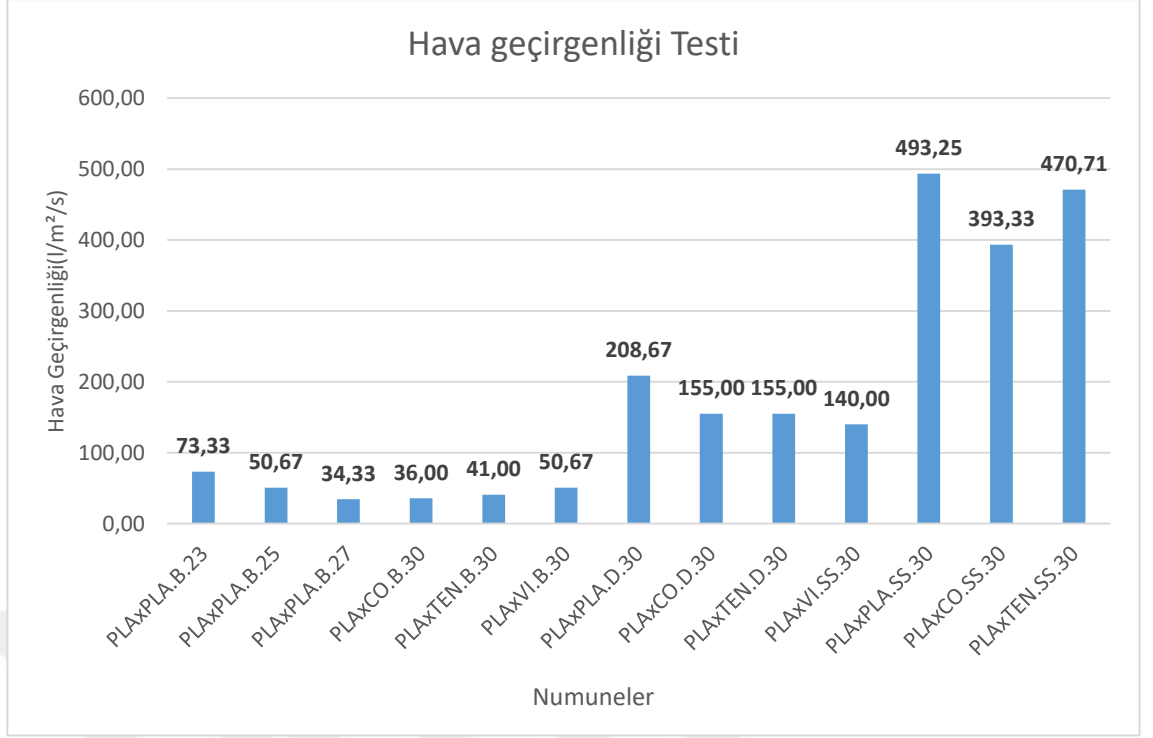
Üç farklı sıklıkta dokunan %100 PLA harmanında atkı ve çözgü yönünde sıklık arttıkça buruşma dayanımı düşer. Diğer numunelerde çözgü iplikleri incelendiğinde, %100 PLA harmanında bezayağı, diyagonal dimi, 8 li çözgü sateni örgü ile üretilen numunelerden, uzun atlamalı örgülerde buruşmazlık derecesi yükselmekte yani buruşma dayanımı artmaktadır. Numuneler arasında buruşmazlık derecesine göre büyükten küçüğe doğru sıralama yapılması durumunda; 8 li çözgü sateni>diyagonal dimi>bezayağı şeklindedir. Bu sonuca göre atlamalı örgülerin, ipliklerin serbest kısmının daha rahat toparlanması nedeniyle daha az buruştuğu teyit edilmiştir. Buruşmazlık açısı ölçümü şekil 4.5 'te gösterilmiştir.

8 li çözgü sateninde kıyaslama yapmak gerekirse %100 PLA numunesinin buruşmazlık derecesi daha yüksektir, diğer selülozik harmanlı numunelere göre daha az buruşur. Atkı ipliklerine göre kıyaslandığında 8'li çözgü sateni örgüde sıralama; Pamuk>tencel>viskon>pla şeklindedir. Bu sıralama liflerin kristal bölge oranı ile doğru orantılıdır. PLA ipliği sürekli filament olduğu için buruşmaya karşı en iyi direnci göstermiştir.

4.3.4. Hava Geçirgenliği Testi

Hava geçirgenliği kavramı tekstil endüstrisinde kumaşın karakterini ve fonksiyonel özelliklerini açıklarken teknik bir bilgi olarak sıklıkla kullanılır. Hava geçirgenliği genellikle yağmurluk çadır, üniforma gibi kullanım alanlarında nefes alabilirliği değerlendirmek için kullanılan önemli bir ölçüttür. Hava geçirgenliğini, kumaş geometrisi ve iplik özelliklerine bağlı oluşan kumaş içerisindeki toplam boş hacim olarak ifade edilen gözeneklilik doğrudan etkilemektedir. Bir yüzeyin belirli bir alanından düşey yönde geçecek havanın miktarıyla ölçülür.

Kumaşın geçirgenlik özelliklerini etkileyen faktörler kumaşın yapısal parametreleri, çevresel faktörler (sıcaklık, nem, rüzgar hızı, basınç) ve viskozite gibi kumaş içerisinde geçen maddenin özellikleri olarak sıralanabilir. Hammadde, iplik özellikleri, kumaş tipi, örgü yapısı, kumaş kalınlığı gibi faktörler kumaşın fiziksel, kimyasal, mekanik ve duyuşal özelliklerini belirlediği gibi kumaşın geçirgenlik özelliklerini de belirlemektedir. Kumaşın geçirgenlik özellikleri ile farklı kumaş parametreleri arasında doğrusal olmayan bir ilişki vardır (Okur ve Ark, 2015).



Şekil 4.5. Hava geçirgenliği testi

Şekil 4.5 'da hava geçirgenliği test sonuçlarında görüldüğü üzere dokuma kumaş örgüsünün hava geçirgenliği üzerindeki etkisi örgü faktörü ile daha somut ilişkilendirilebilir. Örgü faktörü bezayağı, diyagonal dimi ve 8'li saten için sırasıyla 1, 4,75 ve 9 olarak hesaplanmıştır. Örgü faktörü en yüksek 8'li saten örgünün en yüksek hava geçirgenliği değerine ve örgü değeri en düşük olan bezayağı örgünün de en az hava geçirgenliğine sahip olduğu görülmektedir.

%100 PLA harmanına sahip bezayağı örgüyle üretilen kumaşlarda sıklık arttıkça hava doğal geçirgenliğinin azalması beklenir. Numunelerde de sıklık arttıkça hava geçirgenliğinin azaldığı tespit edilmiştir. Bunun sebebi bezayağı örgüde çözgü ve atkı ipliklerinin her birinin bir biri üzerinden geçmesi daha örtücü bir örgü oluşturmaktadır. Örtücülük, örgünün gözenekli yapısını etkilediği ölçüde hava geçirgenliğini de azaltmaktadır.

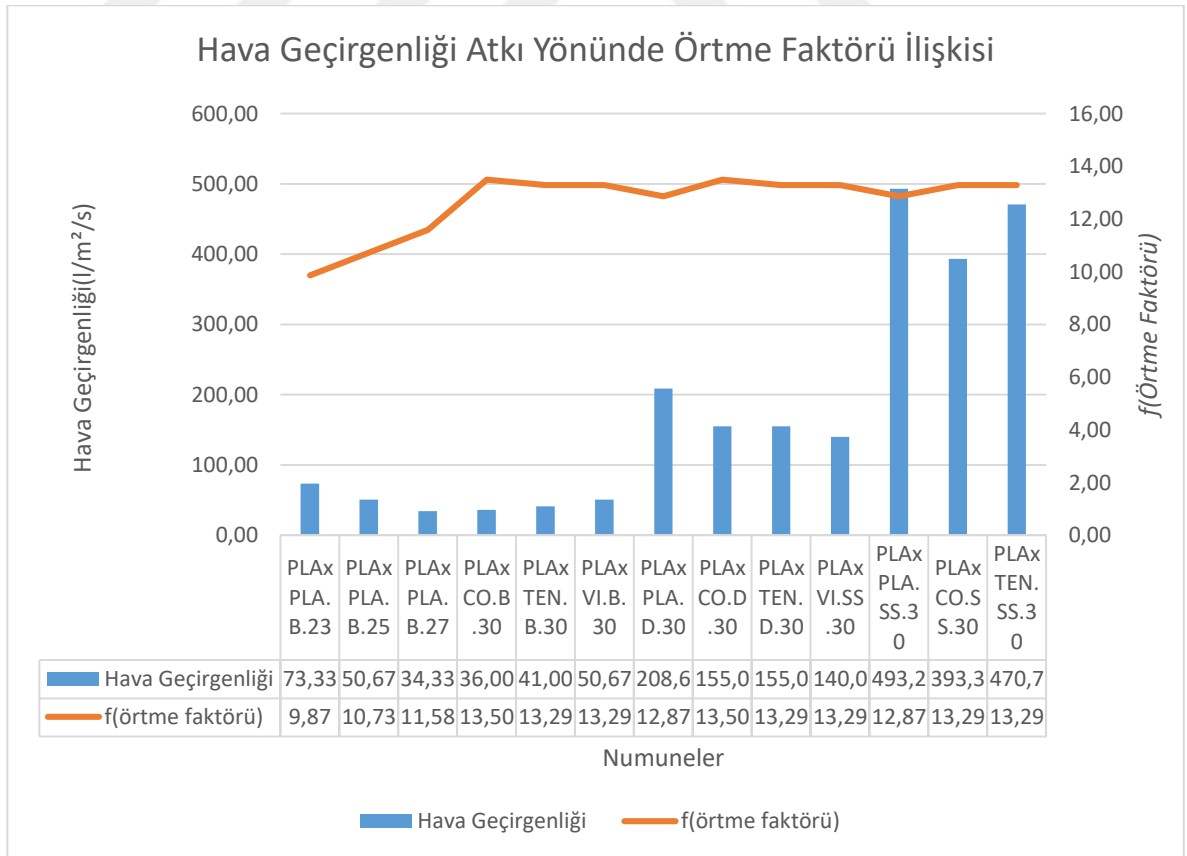
En yüksek hava geçirgenliği %100 PLA harmanına sahip 8 li çözgü sateni örgüsünde üretilen numune kumaş iken, en az hava geçirgenliği 27 sıklıkla dokunan PLA bezayağı örgüde tespit edilmiştir. %100 PLA harmanına sahip 8 li çözgü sateni örgüsünde hava geçirgenliğinin en yüksek değerde olmasının sebebi ise; PLA filament ipliğinin atkı ve çözgü yönünde kullanılması, 8'li saten örgüdeki atlamalı yapının gözenekliliğe sebep olmasının sonucudur.

Diyagonal dimi örgüler incelendiğinde; selülozik atkı ipliğine sahip numunelerin, atkı iplikleri kesik elyaf olarak kullanıldığı için kumaş gözeneklerinin yapısını bir miktar iplik yüzeyinden çıkan liflerin dolduracağı beklenir. Kumaş gözeneklerin, liflerle dolması sebebiyle tüm selülozik harmanlı numunelerde hava geçirgenliği değeri, PLA numunenin değerinden daha az seviyede tespit edilmiştir. Tüm test numuneleri incelendiğinde saten örgünün hava geçirgenliğini diyagonal örgüden fazla olduğu, bezayağı örgününde diyagonal örgüden daha az hava geçirgenliği değerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Numunelerin hava geçirgenliği prowhite airtest II cihazında aşağıdaki şekil 4.7 'de görüldüğü üzere test edilmiştir.

4.3.5. Hava Geçirgenliği ve Örtme Faktörü İlişkisi

Dokuma kumaş yapısını oluşturan ipliklerin kumaş yüzeyinde sağladığı örtme kumaş için önemli bir özelliktir. Kumaş yüzeyinde ipliklerin sağladığı örtme, ipliklerin kalınlığına ve dokumada uygulanan iplik sıklıklarına bağlı olarak değişecektir. Bu durum kumaşın geçirgenlik, iletkenlik gibi özelliklerini etkileyecektir (Başer, 2004).



Şekil 4.6. Hava geçirgenliği örtme faktörü ilişkisi

Şekil 4.6' e göre hava geçirgenliği örtme faktörü ilişkisi grafiği incelendiğinde; %100 PLA bezayağı üç farklı sıklıkta dokunan numuneler incelendiğinde sıklık arttıkça örtme faktörünün artmasıyla, kumaşların hava geçirgenliği değerleri de azalma eğilimi göstermiştir.

Diyagonal dimi örgüler incelendiğinde; örtme faktörü değeri %100 PLA numunesinde azalmakta ve hava geçirgenliği değeri örtme faktörüyle ters orantılı olarak artmaktadır. Ayrıca hava geçirgenliği en düşük olan pamuk karışımı numunenin örtme faktörünün de, diğer diyagonal dimilerle kıyaslandığında en yüksek değerde olduğu görülür. .

8'li çözgü sateni örgüler incelendiğinde; %100 PLA 8'li çözgü sateni örgüde en yüksek hava geçirgenliği değeri ölçülmüştür fakat örtme faktörü diğer saten örgülere göre daha düşük değerde olduğu görülmüştür. Genel olarak tüm örgülerde, beklenildiği üzere; örtme faktörü azaldıkça, hava geçirgenliği artmaktadır.

4.3.6. Kılcal İslanma (Wicking) Testi

Emicilik bir materyalin bir sıvıyı içine alma; gözeneklerinde veya yarıklarında tutma eğilimi olarak değerlendirilir (Okur ve Ark, 2015). Tekstil materyalinin sıvıyla ilk teması sonucu ıslanma gerçekleştiikten sonra 'kapılar ıslanma veya ilerleme' olarak adlandırılan ikinci sıvı transfer mekanizması ilerlemektedir. Kapılar ıslanabilirlik veya kapilarite, kapılar basınç etkisinde sıvının makroskobik akışı olarak tanımlanır. Ortamda dış kuvvetlerin etkisi yok ise, kapılar kuvvetler kumaş yüzeyinin ıslanması ile ortaya çıkmaktadır. Kapilarite, dar tüp, yarık veya boşluklardaki sıvının yüzey gerilimine bağlı olarak hareket etmesi olayını ifade etmektedir. Eğer sıvı ve tüp duvar arasındaki adhezyon kuvvetleri, sıvının molekülleri arasındaki kohezyon kuvvetlerinden daha büyük ise, kılcallık hareketi oluşturmakta bu akış, hidrolik akışa benzemektedir. Akışın yönü, basınç farkını azaltmaya yönelik gerçekleşmektedir. Akış, basınç farkı sıfır olduğunda durur. Kapilarite kurallarına göre, sıvı akışı küçük kapılar yarıçapta, büyük yarıçapa göre daha hızlı olacaktır. Kapılar yükselme mekanizmaları nedeniyle, yükseklik arttıkça küçük gözeneklere büyük gözeneklerden sıvı taşınması sağlanır. Yüksek kılcal basınç bölgesine düşük kılcal basınç bölgesinden sıvı transfer olmaktadır. Genelde, sıvı tüm boyutlardaki gözeneklerde hareketine başlar, fakat büyük çaplı gözeneklerde sadece belirli bir düzeye kadar yükselebilir. Yükseldikten sonra küçük çaplı gözeneklere transfer olur. Yükseklik arttıkça bir kumaşın iplikleri içerisinde tutulan rutubet azalır. Çünkü tüm gözenekler sıvıyla dolmaz. Eğer gözenekler ve kılcallar sıvı ile dolmuyorsa,

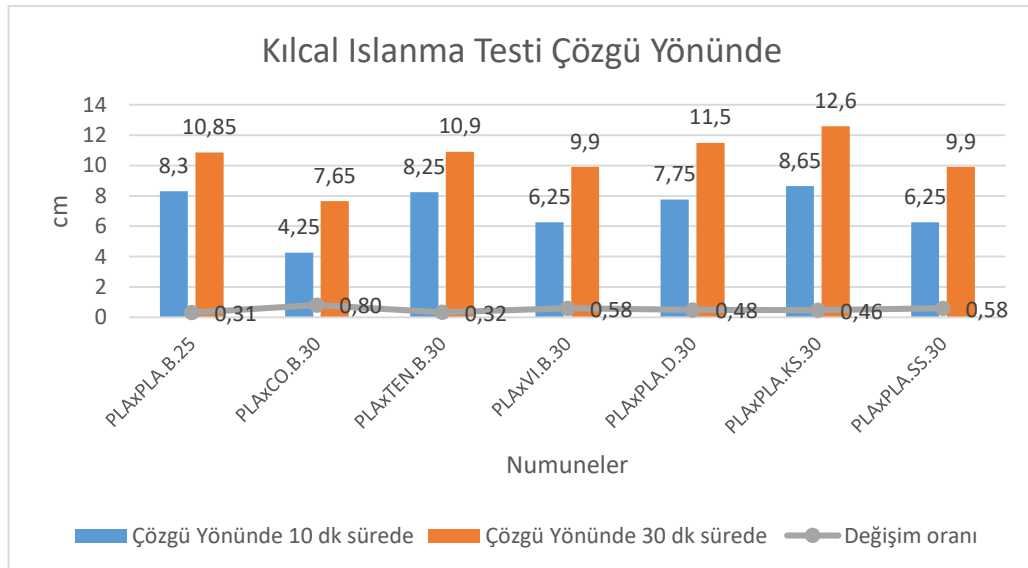
rutubet hareketi gerçekleşmez. Genellikle kapılar ıslanma, lif içine emilemeyen fakat lif yüzeyi boyunca hareket eden sıvı taşınımı olarak adlandırılır. Fiziksel olarak ise, kılcal güçler tarafından ilerleyen alt tabakadaki sıvının kendiliğinden akışı olarak gerçekleşir. Sıvının lif içerisine nüfuzu sonucu şişen lifler aradaki boşlukları azaltarak sıvı ile doldurarak kapılar ıslanma davranışlarını değiştirirler. Fakat kapılar ıslanma davranışını etkileyen kumaşın gözenek yapısını belirlemek zordur. Kapılar ıslanma olayı lif ile etkileşim durumuna göre dört şekilde ayrılabilir:

1. Lif yüzeyinden çok düşük oranda difüzyon; örneğin ortam sıcaklığında poliester kumaş içerisine hidrokarbon yağ emilimi, bu durumda yalnızca kapılar nüfuz geçerlidir.

2. Lif yüzeyinden veya üzerindeki bitim işlemi katmanından nüfuza eşlik eden kapılar ıslanma (kapılar yükselme ve difüzyon aynı anda); örneğin pamuklu kumaşta kapılar ıslanma ve lif içerisine sıvı nüfuzu veya kir itici bitim işlemi görmüş poliester kumaş içerisindeki sıvının kapılar ilerlemesi ve kir itici katmana difüzyonudur.

3. Lifler üzerindeki adsorbsiyona eşlik eden emilim; örneğin poliester kumaş içerisine sulu bir yüzey aktif çözeltilisinin emilimidir.

4. Liflerin içerisine difüzyon ve adsorbsiyon içeren emilim; örneğin pamuklu kumaş içerisine sulu bir yüzey aktif madde çözeltilisinin emilimidir (Pulan, 2015).



Şekil 4.7. Kılcal Islanma(wicking) testi

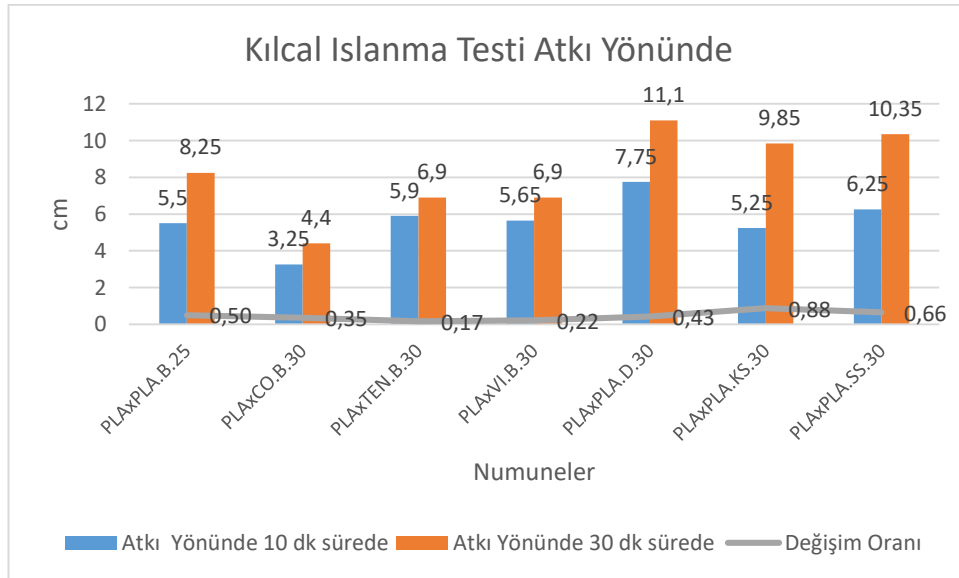
Kılcal ıslanma testi şekil 4.7 'daki grafikte yorumlandığı üzere tüm numuneler çözgü yönünde incelendiğinde 10 dakika ve 30 dakika sonunda sıvı emilimleri arasında fark olduğu görülmüştür. Çözgü için yapılan test numuneleri 30 dakika sonunda incelendiğinde; PLA' nın sıvı emilimi diğer selülozik materyellere göre daha yüksektir. PLA' nın ıslanması tüm örgü yapılarında daha yüksek olmuştur.

%100 PLA numunelerinde 30 dakika sonunda en fazla sıvı emilimi karışık saten örgüde görülmüştür. Diğer numuneler arasında bunu diyagonal dimi, 8 li çözgü sateni ve bezayağı örgü izlemektedir.

Bezayağı örgüde numuneler arasında kılcal ıslanmaları sırasıyla; tencel = PLA >viskon>pamuk şeklinde olduğu görülmüştür. Bunun sebebi; çözgü yönünde sıvı emilimine, atkıdaki selülozik ipliklerin etkisidir.

Bezayağı örgüde kılcal ıslanma düşük olmasının sebebi, çözgü ve atkı ipliklerinin her bir biri üzerinden geçmesi ve bu yüzden ipliklerin kıvrımlılığının artmasıdır. İplik bağlantı noktalarında ipliklere uygulanan basınç artacaktır. Bu nedenle de numune kumaşın emme kabiliyeti azalma eğilimi göstermiştir. PLA'nın yarı kristalin yapıda olmasının da düşük sıvı direnci göstermesinde etkisi olduğu söylenebilir (Jamshidian ve Ark 2010).

Aşağıdaki şekil 4.10 ve şekil 4.11 de numune numuşlara uygulanan kılcal ıslanma testi ve numunelerin 30 dakika sonundaki kumaşlar yüzeyindeki kılcal ıslanma görüntüleri gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Kılcal ıslanma (wicking) testi atkı yönünde sonuçları

Tüm atkı numuneleri şekil 4.8 'de gösterilen atkı yönünde incelendiğinde 10 dakika ve 30 dakika arasında kılcal ıslanmalarının fark olduğu görülmüştür. PLA numunelerinin en yüksek sıvı emilimine sahip olduğu görülmüştür. PLA nın yapısında bulunan hidroksil (OH) grupları PLA ya hidrofilik karakter kazandırır. Bu nedenle sıvı emilimleri yüksektir. Hidrofilik karaktere sahip olan PLA lifinin su emme ve örgülerin gözeneklerinde nem tutma oranları sayesinde kılcal ıslanma testinde 30 dakika sonunda en yüksek seviyeye ulaşmaktadır.

Bezayağı örgüde kılcal ıslanma sırasıyla; PLA > viskon = tencel > pamuk şeklinde sıralanır. Pamuğun ön işlem görmeden ham olarak kullanılmasından dolayı rejenere selüloz liflerinden daha düşük sıvı emilimi göstermektedir. Ayrıca viskoz elyafı ve tencel elyafının nem çekme oranı (%), su tutma(%) kabiliyeti pamuk elyafından fazla olması sebebiyle sıvı emilim testinde de viskon ve tencel rejenere selülozdan üretilen elyafların sıvı emilimlerinin pamuk elyafından fazla olduğu görülmektedir.

Bezayağı örgünün sıkı yapısı, kumaşın daha az boşluklu yapıda olması (bezayağı örgünün hava geçirgenliği değerleride düşüktür.) kumaşa sıvının absorpsiyonunu zorlaştırmaktadır. Dimi örgülerde ise bezayağı örgüye kıyasla daha boşluklu olan kumaş yapısı sıvı penetrasyonunun daha kolay gerçekleşmesine sebep olmuştur. Şekil 4.13 'de kılcal ıslanma testi 30 dakika sonunda atkı numunelerine ait kılcal ıslanma görüntüleri görülmektedir.

4.4. Mamül Kumaş Test Sonuçları

Tez kapsamında üretilen numunelere ait fiziksel özelliklerinin test sonuçları aşağıdaki Çizelge 4.5 'de gösterilmiştir. Yıkama çekme değerlerine bakıldığında; en belirleyici unsur olarak örgü öne çıkmaktadır. Bez örgüde en az, saten örgüde en yüksek çekme değerleri oluşmuştur. Yıkama çekme değerleri, -1,0 ila 0,5 aralığında değişirken, lif cinsinin belirleyici bir etkisi görülmemiş, değerler birbirine çok yakın bir aralıkta değişim göstermiştir. Atkı yönünde genelde çekme gerçekleşirken, çözgü yönünde bezayağı örgülerde genişleme görülmüştür.

Buhar çekmesi sonuçları, tüm numunelerde 0 ila 0,5 aralığında değişen minik genişleme eğilimi göstermiştir. Atkı yönündeki değişimler çözgüye göre biraz daha yüksek olmuştur. Mamul numunelere uygulanan yıkama ve buhar çekmesi performansları, beklenen değer aralıkları (+2 ve -2) içinde kalmış ve genelde küçük değişimler gerçekleşmiştir. Kuru temizleme çekme testi değerleri kabul edilebilir limit değerleri +2 ve -2 değer aralığında ölçülmüştür.

Çizelge 4.5. Numunelerin terbiye ve bitim işlemleri sonrası fiziksel test sonuçları

Kumaş Kodu	Fiziksel Özellikler												
	Yıkama Çekmesi		Buhar Çekmesi		Kuru Temizleme Çekmesi		Pilling	Kopma Mukavemeti		Dikiş Açması		Dikiş Kopması	
	Atkı (%)	Çözgü (%)	Atkı (%)	Çözgü (%)	Atkı (%)	Çözgü (%)	Renk Değişimi	Atkı(N)	Çözgü(N)	Atkı(daN)	Çözgü (daN)	Atkı (N)	Çözgü (N)
M.PLAxPLA.B.25	-0,1	-0,4	0,4	0,2	0,3	-0,3	4/5	320,0	365,0	N/F	N/F	>200	>200
M.PLAxCO.B.30	-0,2	-0,5	0,4	0,1	0,3	-0,3	4/5	395,0	370,0	N/F	N/F	>200	>200
M.PLAxTEN.B.30	-0,2	-0,4	0,4	0,2	0,3	-0,3	4/5	385,0	355,0	N/F	N/F	>200	>200
M.PLAxPLA.D.30	-0,5	0,4	0,2	0,2	0,3	-0,3	4/5	325,0	360,0	N/F	N/F	>200	>200
M.PLAxCO.D.30	-0,4	0,4	0,5	0,4	0,3	-0,3	4/5	383,5	340,5	N/F	N/F	>200	>200
M.PLAxTEN.D.30	-0,6	0,5	0,4	0,2	0,3	-0,3	4/5	382,0	342,0	N/F	N/F	>200	>200
M.PLAxPLA.SS.30	-0,2	-0,5	0,5	0,2	0,3	-0,3	4/5	303,0	351,9	N/F	N/F	>200	>200
M.PLAxCO.SS.30	-1,0	0,5	0,3	0,0	0,3	-0,3	4,0	389,0	355,0	N/F	N/F	148,0	>200
M.PLAxTEN.SS.30	-1,0	0,5	0,2	0,0	0,3	-0,3	4,0	370,0	340,0	N/F	N/F	160,0	>200

Kullanılan farklı materyallerin boncuk (pilling) oluşumu üzerinde ciddi bir etki göstermediği sonucuna varılmıştır. Numune kumaşlarda çözgü ipliği olarak filament iplik kullanılması sebebiyle kumaş yüzeyinde boncuk oluşumu zayıftır. Boncuklanma (pilling) test değerleri, literatür kapsamında incelendiğinde filament ipliklerle üretilen kumaşlarda 4 ve üzeri olumlu kabul edilmektedir. Üretilen dokuz çeşit numune kumaşların çözgüde filament ipliğe sahip olması boncuk oluşumunu engelleyerek pilling test sonucunu kabul edilebilir sınırlar içerisinde tespit edilmesini sağlamıştır. Saten örgülü numunelerde uzun yüzmeler nedeniyle, bir kademe düşük değerler elde edilmiştir.

Farklı lif içeriklerine sahip dokuma kumaş numunelerinin kopma mukavemeti ölçüm sonuçlarına göre; biyobozunur lif poli laktik asit diğer liflerle kıyaslandığında, kopma mukavemet değeri en düşük olandır. PLA iplik test sonucu baz alındığında mukavemet olarak pamuk ve tencel ipliklerinin arasında bir değere sahip iken pamuk ipliğinden iplik mukavemeti yüksek fakat tencel ipliğinden iplik mukavemeti düşük gelmektedir. Kullanılan ipliğin mukavemetli olması üretilen kumaşın da mukavemetli olmasını sağlar. Fakat biyobozunur liflerin boyama ve apre işlem koşullarından olumsuz etkilediği sonucunu göstermektedir.

Hazır giyimde kullanılacak kumaş kompozisyonu ve gramajı dolayısıyla ortalama performansı kumaşın kullanım yerine (etek, ceket, kaban v,b) göre belirlenir. Bu çalışmada, numunelerin düşük gramaj değerlerinde planlanması nedeniyle performans sonuçlarında düşük değerler de yer almıştır.

Dikiş açması testinin sonucu “N/F” ile gösterilmiştir. N/F sembolü kumaş numunesinde dikiş açması görülmediği ifade etmektedir. Numune kumaşların renk değişimleri birbirine yakın 4, 4/5 değerleri arasında yer almaktadır. Dikiş açma testine göre numune kumaşta dikiş açması görülmemekte dikiş kopması test sonucunda ise kabul edilebilir performans değerleri sağlanmaktadır Numune kumaşta dikiş açması testi uygulanmış ve dikiş açması bulgusuna rastlanmamıştır. Üretilen dokuz numunenin konfeksiyon işlemlerinde dikiş açma sorunu yaşanmaması olasıdır.

Dikiş kopması testinde M.PLAxCO.SS ve M.PLAxTEN.SS numunelerde beklenen 200 Newtonun altında test sonucu ölçülmüştür. Bu durum pamuk ve tencel ipliğinin saten çözgüde atkıda kullanılması ile bağlantılı olarak beklenen bir sonuçtur.

Deney planında yer alan dokuz farklı mamul numuneye ait haslık özelliklerinin test sonuçları aşağıdaki çizelge 4.6 ‘da gösterilmiştir. Haslık bilindiği gibi, bir boyanın veya boyanmış bir kumaşın, ışık, hava veya başka etkiler ile solmaya karşı direncini ifade eder.

İşletmede 20x20 ebatlarında deneme numune kumaş üretimlerinde boya laboratuvarında yapılan çalışmalarda poli laktik asit ve selülozik harmanlı karışım kumaşları ayrı ayrı çift boyama prosesiyle boyanmıştır. Üretilen numune kumaşlara fiziksel testler yapıldığında fiziksel test sonuçlarının olumsuz değerlere sahip olması sebebiyle numunenin kumaş performansının iyi olabilmesi için tek boya adımı ile PLA karışımını boyama tercih edilmiştir. Orta renkte boyarmadde tek boyamada tercih edilerek kumaş karışımındaki diğer materyallerin çok kirlenmesi engellenmiştir.

Numune kumaş boyamasında seçilen rengin orta açıklıkta olması nedeniyle kumaşın haslık performansları oldukça yüksek değerlerde tespit edilmiştir.

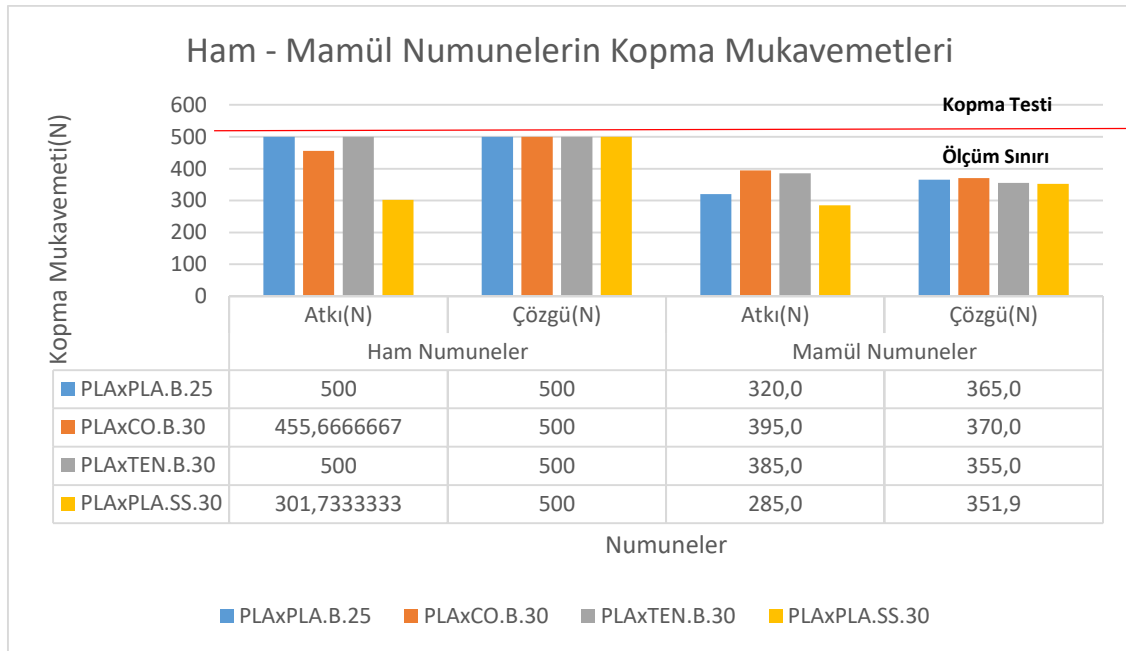
Boyalı veya basılmış tekstil mamulünün, kullanımı sırasında insan vücudundaki normal ter ve sıcaklıkta kendi rengini veya yanındaki renk üzerinde bir lekelenme yapıp yapmadığını görmektir. Bir başka ifadeyle; boyalı materyalin terlemeye karşı direncini ölçülmesi için kullanıcı tarafından yapılan ve çok gerekli olan bir testtir. Çünkü terlemeye maruz kalmayan hiçbir giysi yoktur. Test edilecek numunenin kumaşın ter haslığına göre (standartlara uygun) muamelesi sonucu renginde bir değişiklik olup olmadığı ve kullanılan refakat kumaşına renk verip vermediği, renk verdiyse uluslararası standartlar ölçüsü içinde kalıp kalmadığı kontrol edilir (Anonim, 2017).

Çizelge 4.6. Mamul (apre sonrası) numunelerin haslık testi sonuçları

Kumaş Adı	Haslık Özellikleri											
	Yıkama Haslığı		Su Haslığı		Ter Haslığı/Asit		Ter Haslığı/Baz		Kuru Temizleme Haslığı		Sürtme Haslığı	
	Renk Değişimi	Kirletme	Renk Değişimi	Kirletme	Renk Değişimi	Kirletme	Renk Değişimi	Kirletme	Renk Değişimi	Kirletme	Kuru	Yaş
M.PLAxPLA.B	4/5	4	4/5	4	4/5	4	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5
M.PLAxCO.B	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
M.PLAxTEN.B	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
M.PLAxPLA.SS	4/5	4	4/5	4	4/5	4	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5
M.PLAxCO.SS	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
M.PLAxTEN.SS	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
M.PLAxPLA.D	4/5	4	4/5	4	4/5	4	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5
M.PLAxCO.D	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
M.PLAxTEN.D	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5

4.5. Ham ve Mamül Kumaşlarda Kopma ve Yırtılma Mukavemetinin Değerlendirilmesi

Dokuma ve dokunmuş bant kumaşlarda yapılan basit kopma mukavemeti testinin amacı, kopma gerçekleşmeden hemen öncesine kadar etki eden kuvvetin belirlenmesidir (Anonim,2020).



Şekil 4.9. Ham ve mamül numunelerin kopma mukavemeti

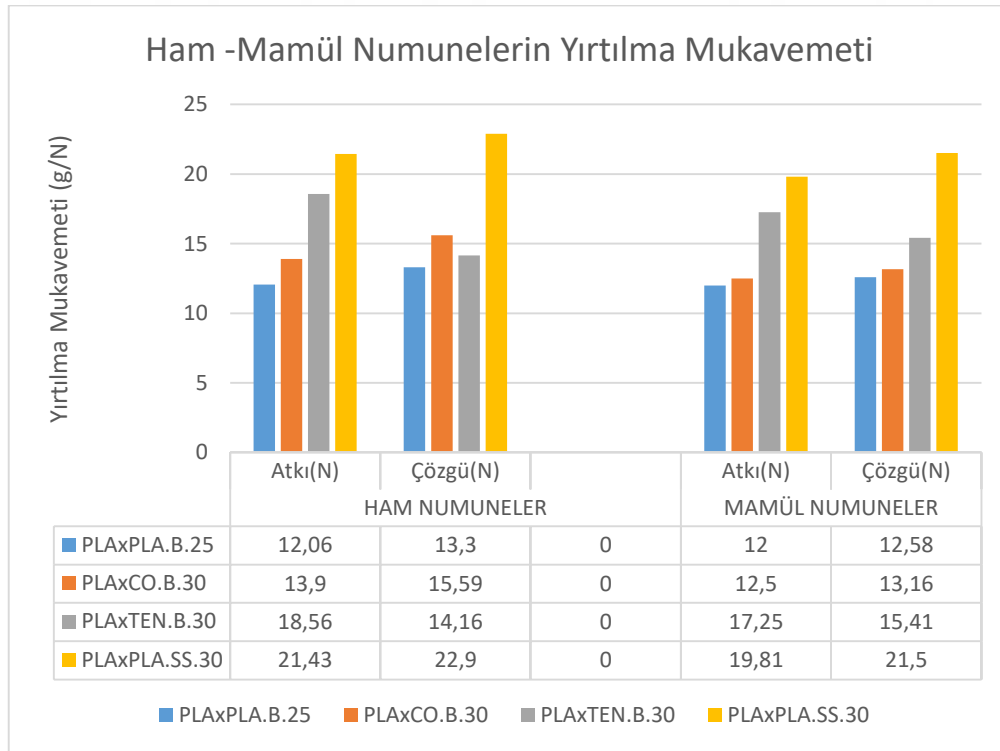
Kopma mukavemeti şekil 4.9 'da görüldüğü üzere, ölçüm sınırı, baz alınan standarta göre 500 Newton kabul edilmiştir.

Bezayağı örgüde; PLA ve tencel numunelerin ham kumaş kopma mukavemetleri, pamuğa göre yüksek değerdedir. PLA ipliğinin elastikiyetinin diğer selülozik ipliklere göre daha yüksek olması, ayrıca pamuk elyafının tencel ve PLA'ya göre elastikiyetinin daha düşük değerde olmasının beklenen bir sonucudur.

%100 PLA harmanından üretilen 8'li çözgü sateni kopma mukavemeti atkı yönünde, bezayağından daha düşüktür. 8'li çözgü sateninin örgü içerisindeki atlamalı yapısı, bezayağı örgünün, bire bir örgü düzeni olması sebebiyle beklenen bir sonuçtur.

Tüm numuneler incelendiğinde, ham numunelerin çözgü mukavemetlerinin 500 Newton ve üzeri değerlere sahip iken, apre sonrasında kopma mukavemetlerin azalma tespit edilmiştir. Apre sonrasında mamül numunelerin atkı ve çözgü mukavemetleri, ham numunelere göre azalma görülmüştür. Numunelere uygulanan apre işleminin sonucunda, kumaş mukavemetinde azalma tespit edilmiştir.

Yırtılma mukavemeti kumaş örgü faktörüne ve iplik mukavemetine bağlıdır.



Şekil 4.10. Ham ve mamül numunelerin yırtılma mukavemeti

Bezayağı numuneler atkı yönüne göre şekil 4.10 'e göre incelendiğinde; ham numunelerin atkı yırtılma mukavemetlerinden en yüksek değerde 8'li çözgü sateni numunedir. Bunun sebebi 8'li çözgü sateninde örgüdeki atlamaların yırtılma mukavemetini arttırmasıdır.

Bezayağı örgüde %100 PLA ham numunelerinin atkı yönünde yırtılma mukavemetleri sıralandığında tencel>pamuk>pla şeklindedir. Bunun nedeni tencel liflerinin kuru kopma dayanımı (cN/tex) diğerlerine göre daha yüksektir.

Bezayağı örgüde %100 PLA ham numunelerinin çözgü yönünde yırtılma mukavemetleri sıralandığında; pamuk>tencel>PLA şeklinde sıralanmaktadır. Liflerin kristalin yapısı iplik mukavemetini de arttıracığı için, kristalin oranı yüksek olan hammaddenin yırtılma mukavemetini arttırdığı görülmüştür.

Bezayağı örgüde %100 PLA mamül numuneler çözgü yönünde yırtılma mukavemetleri sıralandığında; tencel>pamuk>PLA olarak sıralanmaktadır. Çözgü ipliğinin tüm numunelerde PLA olması, bu sonuçta en fazla apre işlemlerinde PLA hammaddesinin etkilendiğini ve yırtılma mukavemetinin en düşük değerde olması bu sonucu desteklemektedir.

Bezayağı ve saten örgüde %100 PLA numunesini kıyaslamak gerekirse; ham kumaşta her iki yönde de en yüksek yırtılma mukavemetleri saten örgüde iken; apre sonrası her iki yönde de en az yırtılma mukavemeti değeri saten örgüde ölçülmüştür.

Saten örgüde, kumaş yırtılma mukavemeti çözgü yönünde, apre sonrası azalmıştır. Çözgü yönünde yırtılma mukavemetleri ham kumaşta ve mamül kumaşta saten örgüde fazladır. Bezayağı örgüde çözgü yönünde hamda yırtılma mukavemeti en fazla pamuk ardından tencel ve PLA sırasındadır. Bezayağı örgüde çözgü yönünde apre sonrası tencel>pamuk>pla şeklinde sıralanmıştır. Apre sonrası bezayağı örgüde; pamuğun çözgü yönünde yırtılma mukavemeti düştüğü tespit edilmiştir.

4.6. Biyobozunurluk Testi Bulguları

Tekstil malzemeleri toprağa gömüldüklerinde, toprakta bulunan mikroorganizmalar bir kısım tekstil malzemelerini toprağa ayrıştırarak bozulmasına katkı sağlamaktadır. Buna doğada çözünürlük ya da biyobozunurluk (biyolojik bozunma) adı verilmektedir. Biyobozunurluk genellikle tekstil ürünlerinin çevre dostu olabilmesi için standart bir ölçü olarak kullanılmaktadır (Park vd., 2004). Tekstil malzemelerinin biyolojik bozunması kristalin

oranına, oryantasyon derecesine, polimerizasyon derecesine, hidrofillik/hidrofobiklik gibi faktörlerden etkilenmektedir. Ayrıca toprağın morfolojik durumu, nem içeriği ve topraktaki mikroorganizmaların çeşitliliği de etkilemektedir. Polimerlerin biyolojik bozunabilirliği ile ilgili çalışmalar incelendiğinde daha düşük molekül ağırlığı, düşük miktarda kristalin ve oryantasyon oranı özelliği, daha yüksek hidrofilite özelliği gösteren polimerler daha fazla biyolojik bozunma göstermişlerdir (Park vd., 2004). Pamuk ve keten lifleri molekül gruplarında tekrar eden 3 hidroksil (-OH) grubuna sahip olduğu ve aynı zamanda nispeten daha yüksek kristalin ve oryantasyon özelliğine sahip oldukları bilinmektedir. Rayon ve asetat gibi yapay selüloz elyaflar daha düşük kristalin ve amorf bölgeye sahiptir. Rayon selüloz liflerinin çoğu son derece hidrofiliktir. Ancak tüm selüloz liflerinin kimyasal ve fiziksel özellikleri farklılık gösterdiği için aynı biyolojik davranışları karakterize etmezler. Pamuk, keten, rayon ve asetat gibi selüloz içeren liflerin kimyasal bileşimleri, kristalin oranları, polimerizasyon dereceleri ve imalat süreçleri farklıdır. Buna ek olarak her bir selülozik elyafların selüloz olmayan içerik oranları da farklıdır ve bu farklılık yapısal farklılıklara neden olur. Tüm bu farklılıklar selüloz liflerinin farklı biyolojik bozunmasına neden olur (Üçgül ve Ark, 2015).

Bu çalışmada 6 haftalık biyobozunurluk süresi tanımlanmıştır. Testlerde lif cinslerini karşılaştırmak ve PLA lifini selülozik liflerle kıyaslamak ana hedef olduğu için tüm liflerin bezayağı örgülü numuneleri kullanılmıştır. Ayrıca olası örgü farkını gözlemlemek için PLA saten örgü numunesi de test edilmiştir.

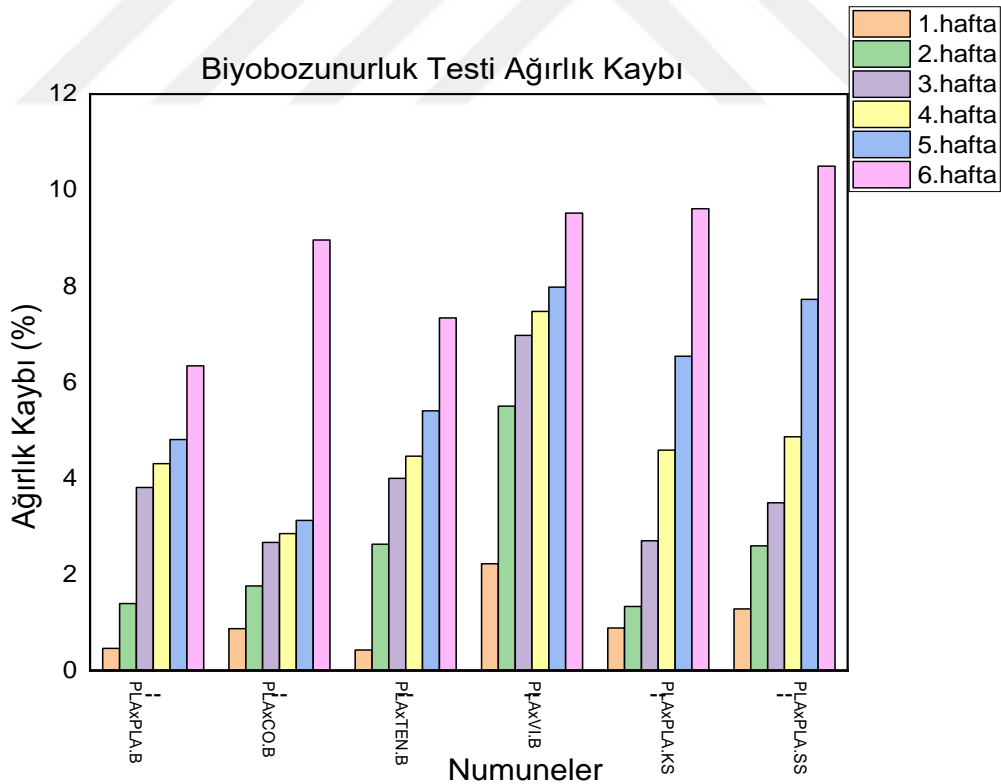
Toprağa gömme testinde, tüm bitkiler için hazırlanmış genel kullanım torf toprağı kullanılmıştır. Torf, lifli yapıda olup, pH 5,5 - 6,5 değerlerindedir ve organik bir toprak düzenleyici işlevi görür. Torflar, toprağın hava ve nemliliğini düzenleyerek ideal bir biyolojik ortam sağlarlar. Çalışmada kullanılan torf toprağına biyobozunurluk etkisini güçlendirmek için %20 C/N (Karbon/Azot) oranını sağlayacak şekilde kontrollü gübre ilavesi yapılmıştır. Toprak nemi, %65 oranında olacak şekilde saksılara su eklenerek dengelenmiştir.

Gübreli torf toprağına gömülen numuneler, her hafta toprak altından çıkarılarak deterjansız destile su ile yıkama ve askıda kurutma işlemi yapıldıktan sonra ölçümler yapılmıştır. Kütle değişimi ölçümleri her hafta 2 numune ile kopma mukavemeti testleri ise iki haftada bir 2 numuneyle yapılmıştır. Numuneleri içeren saksılar, %65 bağıl nemli ortamda ve 24-26 °C sıcaklıkta TS EN ISO 11721-1 standardının gerekliliğine en yakın laboratuvar koşullarında 6 farklı test numunesi ayrı ayrı saksılara 5 'er cm toprak derinliğinde katmanlı bir yapıda gömülmüştür. Şekil 4.16 da numunelerin saksılara gömülmesi gösterilmiştir. Saksıların

yan kısımları delikli bir yapıdan oluşmakta ve bozunma için gerekli oksijen miktarı sağlanmaktadır. Saksıların üstü toprağın nem, sıvı kaybetmemesi sıcaklıktan etkilenmemesi için saksıyla aynı materyal plastik kapak ile örtülmüştür. Laboratuvar koşullarında biyobozunma için her hafta bir katmandan numune topraklar alınmış ve ilgili test ölçümleri yapılmıştır. 6 hafta belirlenen test süresinde en son katmandaki numunelerde test edilerek biyobozunurluk testi tamamlanmıştır.

Biyobozunurluk testi ağırlık kayıpları Şekil 4.11 'e göre tüm test numuneleri incelendiğinde, toprak altından gömülü numunelerin her hafta sonunda ağırlık kaybettiği görülmektedir. 8 li çözgü sateni %100 PLA örgü numunesi 6. Hafta sonunda en fazla ağırlık kaybına uğradığı görülmektedir.

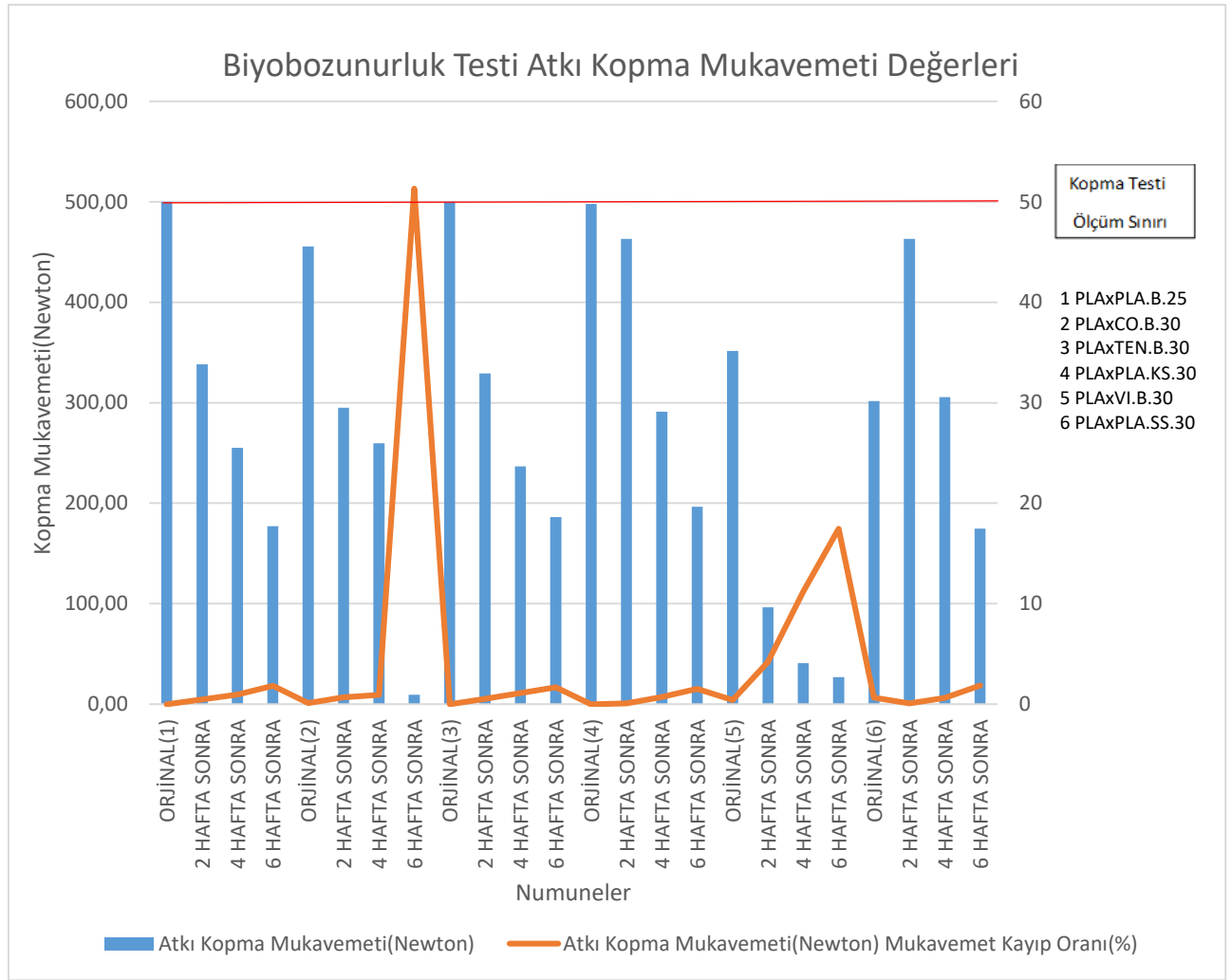
4.6.1. Biyobozunurluk Testi Kütle Kaybı Değerlendirilmesi



Şekil 4.11. Biyobozunurluk testi ağırlık kaybı

Bezayağı örgünün sıkı yapısı, kumaşın daha az boşluklu yapıda olması (bezayağı örgünün hava geçirgenliği değerleride düşüktür), kumaşın toprak altındaki nemi absorbe etmesini zorlaştırmaktadır. Nem miktarının biyobozunurluk üzerindeki etkisinden dolayı bezayağı örgüde atkıdaki ipliğin nem tutma özelliği bozunmayı arttırmıştır. Saten örgülerde ise bezayağı örgüye kıyasla daha atlamalı örgünün sayesinde, boşluklu olan kumaş yapısı sıvı penetrasyonunun daha kolay gerçekleşmesine neden olduğu için ağırlık kaybı en fazla 8 li çözgü sateninde görülmektedir.

4.6.2. Biyobozunurluk Testi Kopma Mukavemeti Değerlendirilmesi



Şekil 4.12. Biyobozunurluk testi kopma mukavemetleri

Tüm numuneler şekil 4.12 'de görülen kopma mukavemeti test değerlerine göre incelendiğinde; çözgü ipliği PLA kullanılması sebebiyle ikişer hafta arayla ölçülen kopma

mukavemeti değerlerinde azalma görülmektedir, sadece 4 ve 6. Numunenin 2. haftasında azalma görülmemiştir. Numunelerin atkı yönünde kopma mukavemetleri incelendiğinde tüm numunelerde 2. Haftadan itibaren orijinal numuneye göre azalma görülmektedir.

zė yönündeki PLA numuneleri kıyaslandığında 2. Hafta sonunda kopma mukavemetinde en fazla azalma karışık saten, bezayağı ve 8 li zė sateni olarak grlmştir.

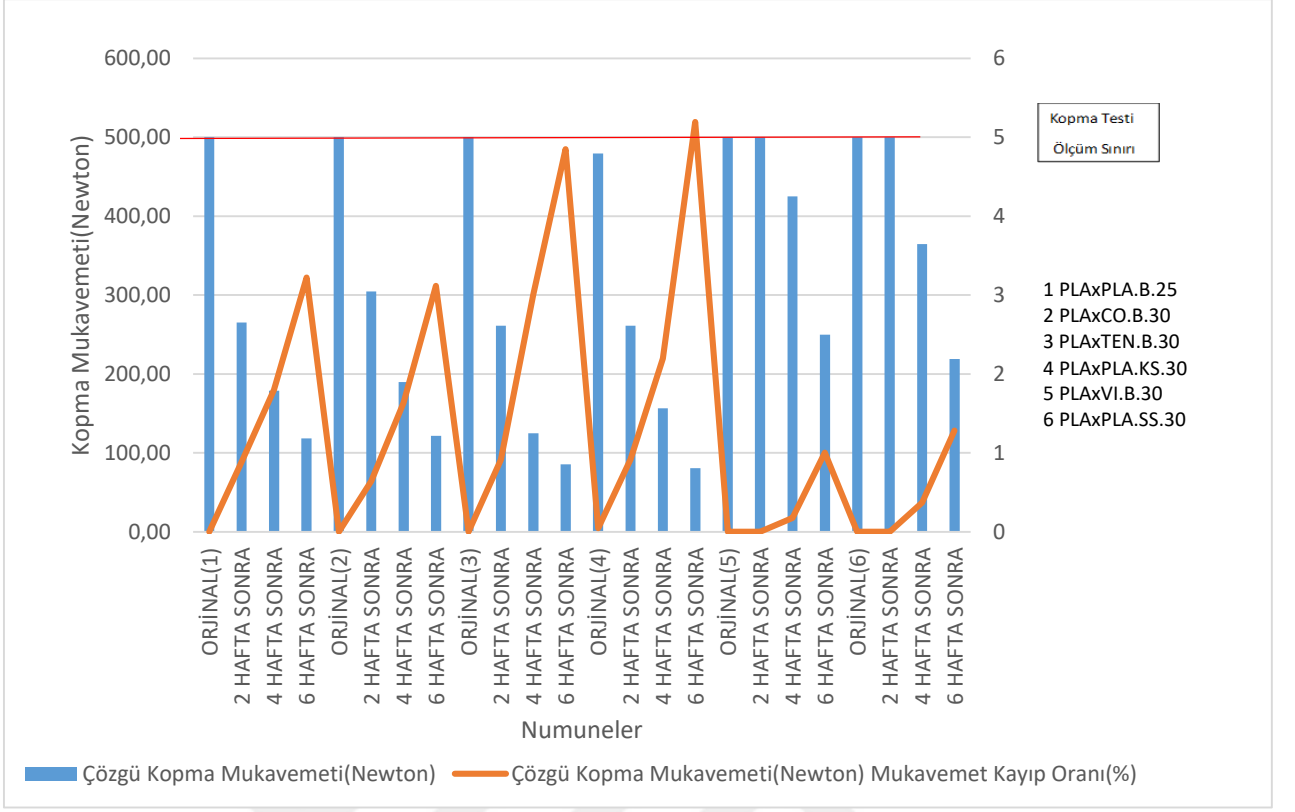
4. haftada atkı yönünde kopma mukavemet değeri en düşük viskon, tencel, PLA (saten örgüler hariç), pamuk şeklindedir.

6. hafta sonunda en düşük kopma mukavemeti atkısı viskon olan numuneye aittir. Atkı yönünde kopma mukavemeti değerinin azalması sırasıyla viskon, pamuk, tencel, PLA, şeklindedir. Viskozun yapısındaki amorf bölge miktarının pamuğa göre daha fazla olması, viskoz elyafının pamuk elyafına göre daha fazla nem almasını sağlar.

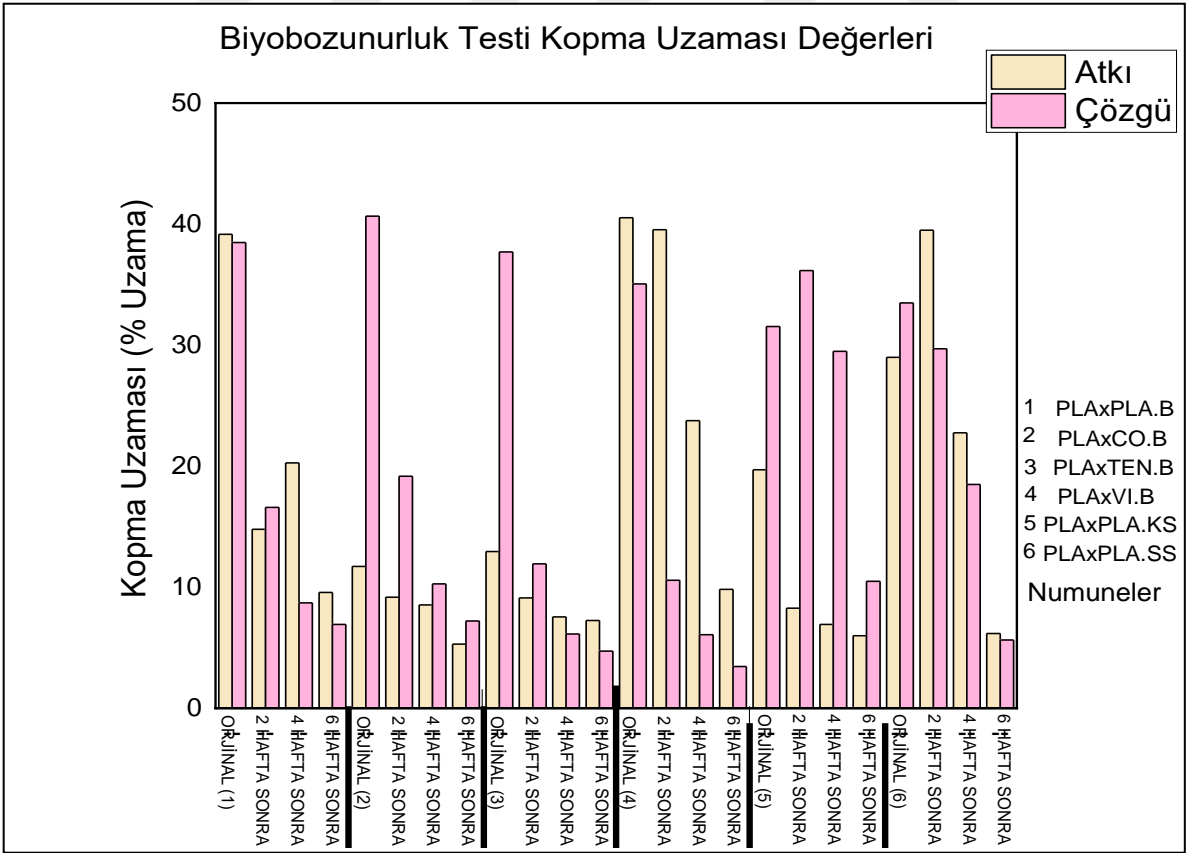
Viskon lifi, rejenere selülozların içerisinde en düşük polimerizasyon derecesine sahip olması sebebiyle 6.hafta sonunda en fazla gözle görülen kumaş yapısındaki deformasyona uğrayan numunedir. Çözünme miktarı, polimerizasyon derecesine bağlı olup, polimerizasyon derecesiyle ters orantılı olarak değişim gösterir.

6. hafta atkı yönünde kopma mukavemet değeri en düşük viskon ve pamuk numunesinde gözlenmiştir. PLA atkı yönünde kopma mukavemeti değeri, 6.haftada test sonlandığında 2. ve 4. Haftaya göre azalma grlmştir. Viskon ve pamuk karışımlı numunede 6. hafta sonunda kumaş yüzeyinde yırtılma, ipliklerin örgü içerisinden ayrıldığı grlmştir.

6. hafta sonunda atkı ipliği viskon, bezayağı örgü ile üretilen numunenin atkı ve zė yönünde kopma mukavemeti numunesinin görüntüsü görülmektedir. Numunede yırtılmalar görülmekte ve ipliklerin kumaş yüzeyine örgü yapısından çıktığı görülmektedir. Bunun sebebi olarak viskon numunenin nem tutma yüzdesi ve nem çekme oranı pamuk ve tencel lifinden daha yüksektir. Viskon numunedeki 6.haftadaki yırtılma nemin bozunmaya olan etkisini göstermektedir. şekil 4.13'te numunelere uygulanan zė kopma mukavemeti testi görülmektedir.



Şekil 4.13. Biyobozunurluk testi kopma mukavemetleri



Şekil 4.14. Biyobozunurluk testi kopma uzaması

Biyobozunurluk testi şekil 4.14 'deki test sonuçları incelendiğinde; %100 PLA harmanına sahip numunelere bakıldığında orijinal test numunesinin çözgü kopma uzaması değerlerinin en yüksek olduğu görülmüştür. PLA ipliğinin çözgü uzama değerinin yüksek olması PLA ipliğinin elastikiyetinin diğer selülozik ipliklere göre daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

%100 PLA harmanından üretilen 8'li çözgü sateni kopma uzaması değeri, bezayağından daha yüksektir. Tüm örgüler incelendiğinde; bezayağı örgüye göre saten örgünün daha kopma uzamasının yüksek olduğu tespit edilmiştir. 8'li çözgü sateninin atlamalı yapısındaki esnekliğinin PLA elyafının esnekliğiyle uyumu sonucunda uzama değerlerini olumlu etkilediği görülmektedir.

%100 PLA harmanında tüm örgü yapıları atkı yönünde incelendiğinde, 4. Ve 6. haftada viskon harmanındaki numunenin atkı uzamasının en yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir. Viskon elyafının yaş ve kuru kopma uzamasının diğer selülozik materyallere göre yüksek olmasının olağan bir sonucudur.

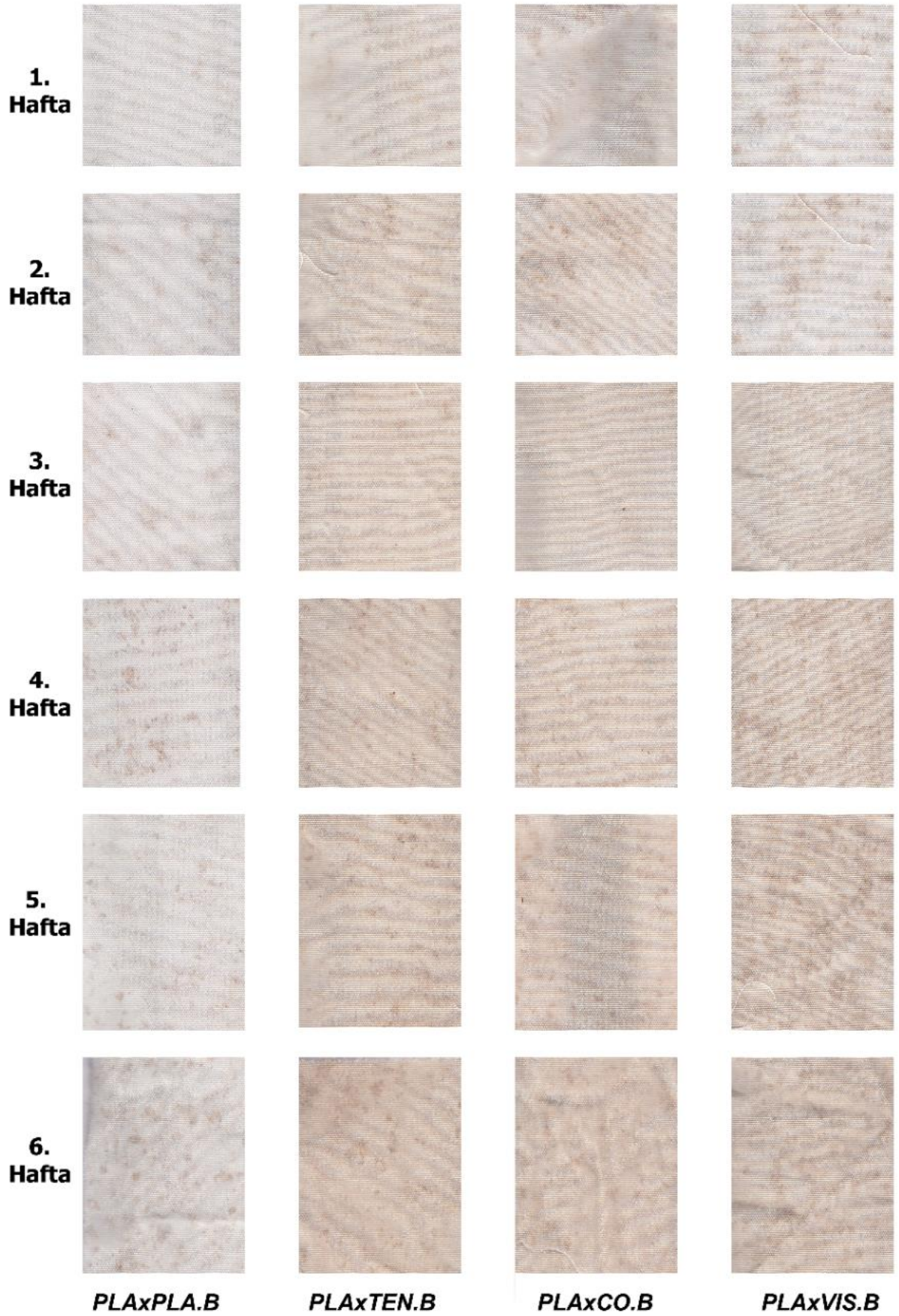
4.6.3. Biyobozunma Sürecinin Morfolojik Değerlendirmesi

Numunelere uygulanan biyobozunurluk testinin her hafta sonunda toprak altından çıkarıldıktan sonraki bezayağı örgüyle üretilen numune yüzey görüntüleri Şekil 4.15 ' de verilmiştir.

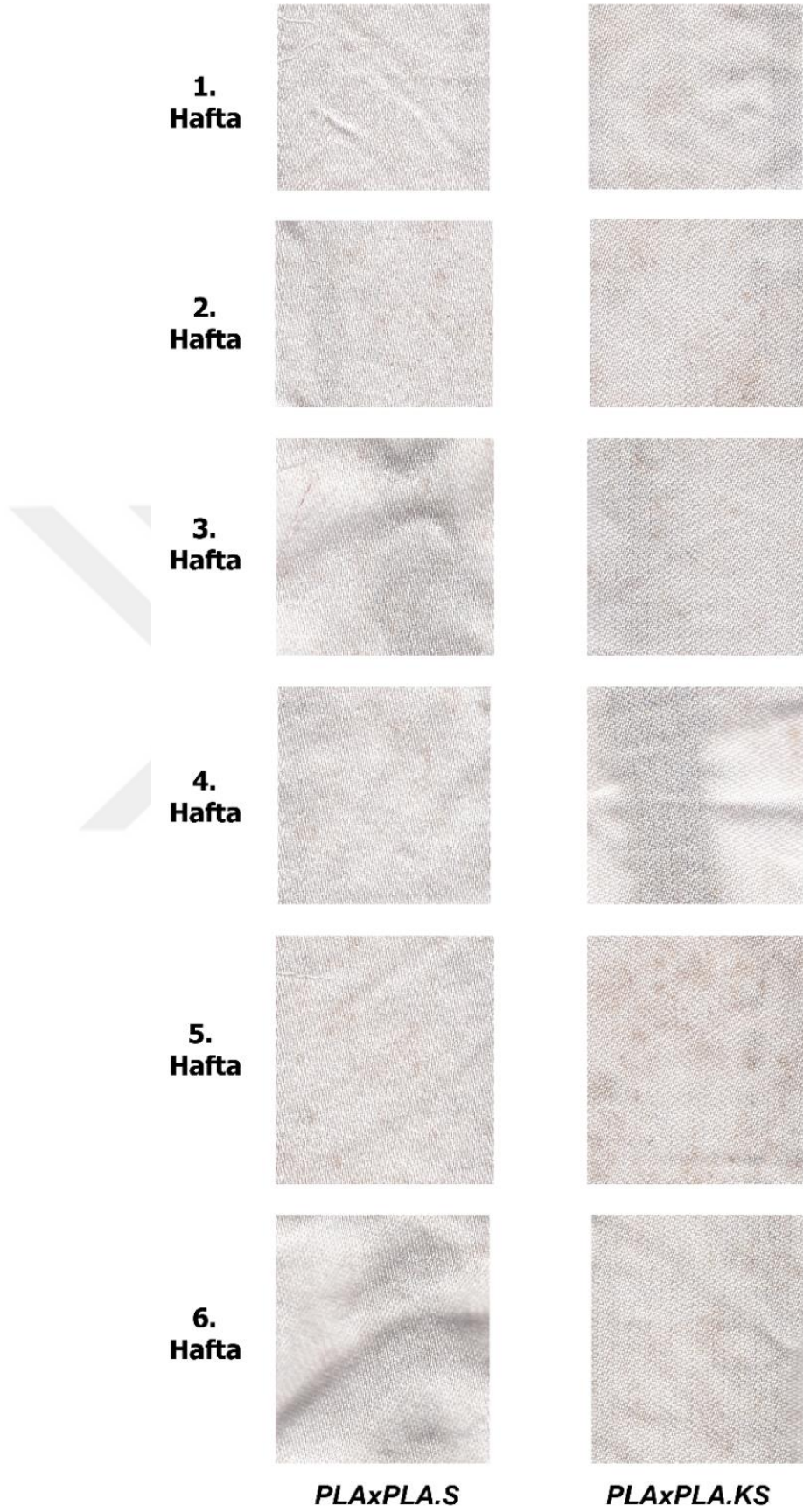
1.haftadan itibaren toprak altından çıkarılan numune kumaşların içerisine toprakların nüfus etmeye başladığı ve %100 PLA harmanındaki bezayağı örgü yüzey olarak selülozik materyallerin aksine daha beyaz ve sararmaların az olduğu görülmüştür.

2. haftadan itibaren %100 PLA numunesinde de sararmaların başladığı, ancak diğer numunelerdeki selülozik materyalin bozunma etkisiyle sararmaların arttığı gözlenmiştir.

4. haftada PLA numunesinde sararmaların 1. ve 2. haftaya göre çizgisel görüntünün yerini kümelenmiş sararma görüntülerinin daha belirgin olduğu görülmektedir. Tencel ve pamuk karışımli numunelerin birbirine yakın oranlarda sararma görüntüleri görülürken, viskonlu numunenin sararmasının benekli yapısı, belli alanlarda kümelenmesi daha fazladır.



Şekil 4.15. Bezayağı örgülü numunelerin 6 haftalık bozunma aşamaları



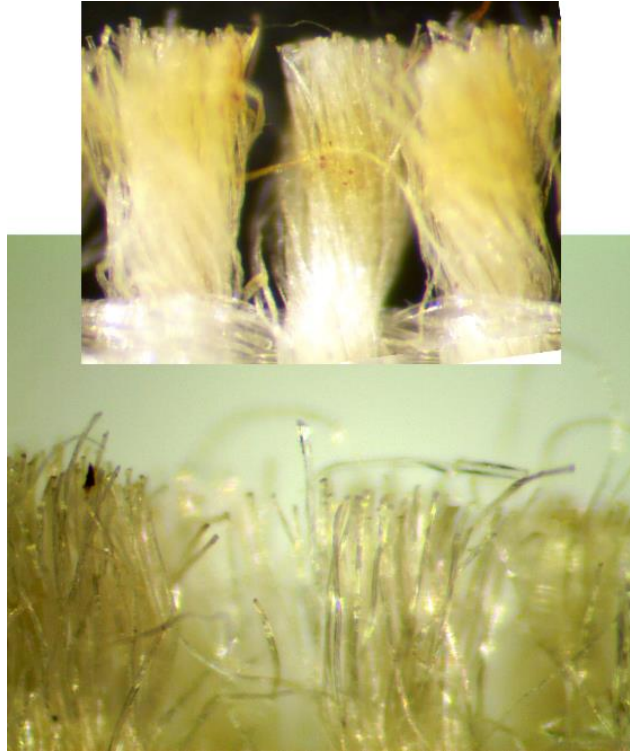
Şekil 4.16. Saten örgülü numunelerin 6 haftalık bozunma aşamaları

6.hafta sonunda PLA ve selülozik hammadde içeren tüm numunelerin sararması gözle görülür şekilde artmaktadır. PLA numunesine ait görüntü de sararmaların daha benekli, nokta gibi olduğu ve birbirine yakın kümelenmenin kahverengi gibi görülen halka görüntüsü diğer haftalara göre daha yoğunlaştığı görülmektedir.

Tencel ve viskonlu numunelerde 6. Haftada noktasal beneklerin koyu halkaları, zemin ve noktasal sararmaların daha fazla olduğu görülmektedir. Viskonlu numunenin ise; doğrusal ve noktasal sararmaların büyüdüğü, kümelenme görüntüsüne bağlı kahverengi halkaların diğer haftalara ve diğer karışımli numunelere oranla çok daha fazla olduğu görülmektedir.

6. haftada tüm numunelerde gözle görünür kahverengi noktasal, doğrusal sararma görüntülerin diğer haftalara göre zemin ve halka arasındaki renk tonunun birbirine daha yakın olduğu aradaki farkın en az seviyede olduğu görülmektedir.

Mikroskop ile yapılan incelemeler sonunda, Şekil 4.16 'de görüldüğü üzere %100 PLA harmanında karışık saten ve 8 'li çözgü sateni arasında 6 haftalık bozunmanın morfolojik görüntüleri görülmektedir. 1. Haftada kirlenme şeklinde bir hafif sararmanın her iki örgüde de olduğu görülmektedir. 2. 3. 4. Haftaya kadar noktasal görüntüler oluşumu gözlenmiş karışık saten örgüde noktasal sararmaların daha belirgin olduğu görülmüştür.



Şekil 4.17. Pla x CO. B ve PLA x VI. B numunelerin mikroskop görüntüleri (X40)

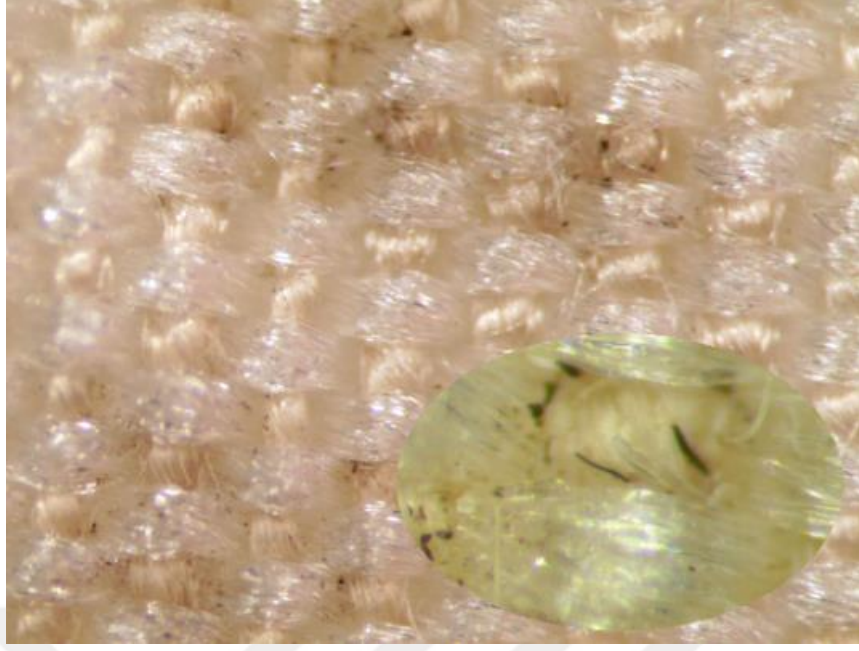


Şekil 4.18. Pla x CO. B numunenin mikroskop görüntüsü (X40)

5. ve 6. haftada her iki örgüde de çizgisel ve noktasal kahverengi görüntülerin artmasıyla saten örgülerde daha büyük yapıda kahverengi benekli yapılar görülmektedir. 8 li satenin örgü yapısı ışığı daha iyi yansıttığı için karışık satendeki gibi benekli kahverengi halkaların görünürlüğünün daha az olduğu düşünülmektedir. Yüzeydeki gözle görülür sararmalar her iki örgüde de eşit seviyelerdedir.

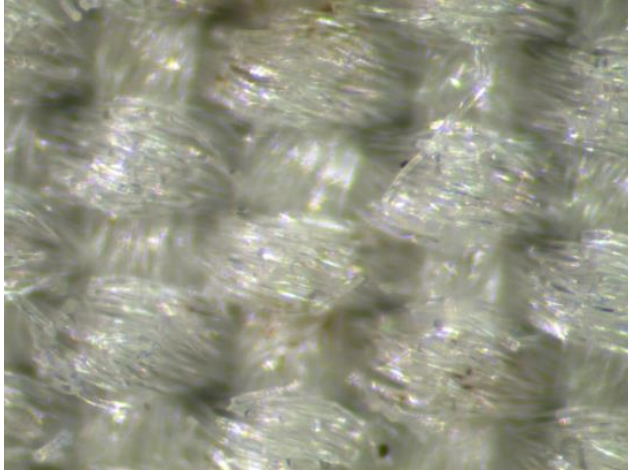
6. hafta sonunda pamuk ve viskon içeren numunelerin kenar ipliklerindeki bozunmaya bağlı yapısal bozukluklar, iplik ve lif yüzeylerinde sararmalar şekil 4.17 'de görüldüğü üzere tespit edilmiştir.

PLA, pamuk karışımı bezayağı örgüde altı hafta sonunda şekil 4.18 'de görüldüğü üzere, yapısal bozukluklar; iplik içerisindeki lif uçlarının yüzeye doğru yönelmesi örgü yapısında bozunmalara bağlı ayrışmalar görülmüştür. Pamuk ipliğinde sararmalar gözle görülür bir şekilde görülmektedir.



Şekil 4.19. PLA x VI. B numunenin mikroskop görüntüsü (X40)

Şekil 4.25 'de görülen PLA, viskon karışımı bezayağı örgü mikroskop görüntüsünde; iplik içerisindeki lif uçlarının yüzeye doğru yönelmesi örgü yapısında bozunmalara bağlı ayrılmalar, karbonlaşmış kahverengi görüntüye sahip lifler tespit edilmiştir. Viskon ipliğindeki sararmalar örgü yapısında ayırt edici şekilde görülmektedir.



Şekil 4.20. PLA x PLA. B numunenin mikroskop görüntüsü (X40)

%100 PLA Bezayağı örgü şekil 4.26 da görüldüğü üzere incelendiğinde, altı hafta sonunda örgü yüzeyine doğru lif çıkıntıları, PLA'da görülen yapısal sararmalar, kahverengi halkalar tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Biyobozunur materyal poli laktik asit (PLA) ipliklerin %100 ya da selülozik lifler ile karışımları ile geliştirilen dokuma kumaşların, endüstriyel standartları karşılama kapasitesi ve potansiyelini belirlemek üzere yapılan bu çalışmada 4 farklı lif cinsi kullanılmıştır. Doğrudan lif cinsinin etkisini görebilmek için iplik numaraları ve kumaş temel değişkenleri benzer tutulmaya çalışılmıştır. Tüm numune gruplarının çözgüsünde, 150 denye kalınlığında poli laktik asit esaslı filament iplik kullanılmıştır. Pamuk, viskon, tencel ve PLA esaslı atkı iplikleri ile 3 farklı örgüde numuneler üretilmiştir. Tamamı biyobozunur liflerden oluşan ham ve bitmiş numune grupları üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

Deney planı kapsamındaki numunelere, kopma ve yırtılma mukavemetleri, boncuklanma (pilling), dikiş açma dayanımı, boyutsal değişimleri (buhar ve yıkama), yıkama haslıkları, sürtme haslıkları, su haslığı, ter haslığı, kuru temizleme haslığı ve ayrıca ham kumaşların yıkama işlemi sonrasında; kıvrım oranı, kumaş kalınlığı, hava geçirgenliği, buruşmazlık, kılcal ıslanma testleri uygulanmıştır. Ayrıca 6 numuneye de toprak altında gömme testi uygulanarak biyobozunma süreçleri kıyaslanmaya çalışılmıştır. Lif cinsi ve kumaş yapısal özelliklerinin ölçülen bu değerler üzerine etkisi araştırılmıştır. Çizelge 5.1 'de %100 PLA biyobozunur giysilik kumaş ve PLA selülozik harmanlı(pamuk, viskon, tencel) üretilen numunelerin tez kapsamındaki üretim değerleri, test sonuçları eşik değerler ile kıyaslanarak sonuçlandırılmıştır.

Numunelere ait geridönüşüm ve karbon ayakizi ile ilgili bilgiler "Tayland şeker kamından üretilen polilaktik asitin (pla) yaşam döngüsü etki değerlendirmesi" adlı Ana Morão & François de Bie adlı araştırmacıların 2019 yılında yayımlanan makaleden referans alınarak değerlendirme sonuç tablosu olarak gösterilen Çizelge 5. 1 'de yer verilmiştir.

Kıvrım değerlerinde örgülerin ve sıklığın farkı görülmüş ancak lif cinslerinin belirgin bir etkisi gözlenememiştir. Kumaş kalınlığında da örgü en belirleyici faktör olmuştur. Buruşmazlık açılarının artan sıklıkla yükseldiği görülmüştür. Uzun atlamalı örgülerde, serbest kalan ipliklerin çabuk toparlanma etkisiyle buruşma dayanımının arttığı görülmüştür.

Çizelge 5.1. Biyobozunur ve biyobozunur kumaşların perfromans karşılaştırması

Kalite ve Uygunluk Kriteri	%100 Biyobozunur PLA Giysilik Kumaş	PLA + Pamuk/Viskon /Tencel Karışımı Giysilik Kumaş
Dokunabilirlik	Standart değerlere yakın dokuma Randiman yeterli, hız sınırlı	Standart değerlerde dokunabilir (Pamukta randiman düşük)
İşlenebilirlik Aralığı	Sınırlı aralıkta işlemler uygulanabilir	Geniş aralıkta işlemler uygulanabilir
Yapısal bütünlük	Orta düzey	Orta ve üstü
Mekanik Performans	Eşik üstü	Eşik üstü
Buruşmazlık	Eşik üstü (görece daha yüksek)	Eşik üstü
Hava Geçirgenliği	Eşik üstü (görece daha yüksek)	Eşik üstü
Sıvı Emilimi	Eşik üstü (görece yüksek)	Eşik üstü
Yıkama ve Su Haslığı	Eşik üstü	Eşik üstü (Çok İyi)
Ter Haslığı	Eşik üstü	Eşik üstü (Çok İyi)
Kuru Temizleme Haslığı	Eşik üstü (Çok İyi)	Eşik üstü (Çok İyi)
Sürtme Haslığı	Eşik üstü (Çok İyi)	Eşik üstü (Çok İyi)
Yıkama Çekmesi	Eşik üstü	Eşik üstü
Buhar Çekmesi	Eşik üstü (Çok İyi)	Eşik üstü (Çok İyi)
Kuru Temizleme Çekmesi	Eşik üstü (Çok İyi)	Eşik üstü (Çok İyi)
Pilling	Çok İyi (Saten örgüde düşme var)	Eşik üstü (Çok İyi)
Dikiş Açması	Eşik üstü (Çok İyi)	Eşik üstü (Çok İyi)
Dikiş Kopması	Eşik üstü	Eşik üstü (Çok İyi)
Biyobozunurluk	Bozunuyor	Bozunuyor
Geridönüşüm	Mekanik ve kimyasal geridönüşüm	Sınırlı mekanik geridönüşüm
Karbon Ayak İzi	Düşük	Orta ve Yüksek

Hava geçirgenliği değerleri, %100 PLA numunelerinde PLA lifinin filament olmasının etkisiyle, yüksek sonuçlar vermiştir. Diğer lif cinsleri arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Örgünün etkisi beklenildiği gibi belirgin bir şekilde görülmüş, uzun atlamalı örgülerde yüksek değerler alınmıştır. Atkı sıklığındaki artışın da geçirgenlik üzerinde negatif bir etkisi gözlemlenmiştir. Tüm örgülerde örtme faktörünün, hava geçirgenliğiyle ters orantılı olduğunu tespit edilmiştir.

PLA polimeri, amorf bir polimer olması sebebiyle PLA' nın ıslanması sıvı emilimi, beklendiği üzere tüm selülozik numunelerle üretilen örgü yapılarından daha yüksek olmuştur.

Ham numunelerin çözgü mukavemetleri maksimum seviye iken; apre sonrasında azalma görülmüştür. Numunelere uygulanan apre işleminin sonucunda, kumaş mukavemetinde azalmaya yol açtığı tespit edilmiştir. PLA materyali en düşük kuru kopma dayanımına sahip olması sebebiyle atkı yönünde yırtılma mukavemeti diğer selülozik numunelere göre yırtılma

mukavemeti düşük tespit edilmiştir. % 100 PLA karışimli numunelerin PLA elyafının esneklik özelliği kumaş esneme özelliğini etkilediği için kopma uzama değerlerini diğer selülozik karışimli numunelere göre yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir.

Yıkama ve buhar çekmesi testinde performansın çok iyi değerlerde ölçülmüş olması (beklenen değer +2 ve -2 değer aralıkları) numune performansının beklendiği üzere kötü bir değerde olmadığını çekme değerlerinin konfeksiyon işlemlerinden sonra numunede sorun yaşanmayacağı ön görülmektedir. Apre sonrası dikiş açması bulgusuna da rastlanmamıştır. Üretilen numunelerin konfeksiyon işlemlerinde dikiş açma sorunu yaşanması beklenmemektedir.

PLA ve selülozik karışimli tüm örgü yapılarında, örgü ve materyallerin boncuk (pilling) oluşumu üzerinde olumsuz bir etki göstermediği sonucuna varılmıştır.

Biyobozunurluk testinde toprak altından numunelerin çıkarılması esnasında veya yıkama ve kurutma işlemlerinde lif kayıplarının etkisi ağırlık kaybını bir miktar etkilediği varsayımı ile numuneler arasında ağırlık kayıpları küçük toleranslarla birbirine genel olarak yakın değerlerde ölçülmüştür. Orijinal numuneye göre kopma mukavemetlerinde 2.haftadan itibaren azalma görülmesi biyobozunurluğun 2.haftadan itibaren belli bir miktarda başladığı sonucuna varılmaktadır. Biyobozunmanın etkisiyle; 6. hafta sonunda kumaş yüzeyinde yırtılma, ipliklerin örgü içerisinden ayrıldığı görülmüştür. Selülozik liflerin yapısında nem tutma oranının biyobozunurluğu arttırdığı tespit edilmiştir. Yüzey görüntülerindeki sararmalar, örgü yapısından dışarı çıkan iplikler ve lifler, lif yüzeylerinde kısmi soyulmalar ve karbonlaşmış lif uçları, noktasal veya doğrusal görünen kahverengi bölgeler biyobozunmanın başladığını göstermektedir.

Dünya nüfusundaki artışa bağlı olarak doğal kaynakları daha kontrollü ve kısıtlı kullanma yönelimi hızla artmaktadır. Artan çevreyi koruma duyarlılığı, yenilenebilir kaynaklardan üretilen tekstil malzemelerinin önemini de artırmıştır. Tekstil malzemelerinin üretim süreçleri kadar, atıklarının bertaraf edilme süreci de göz önüne alınması gereken kritik bir ölçüttür. Tekstil lif pazarını hakimiyeti altına alan polyesterin, hem petrol türevlerinden üretiliyor olması hem de kullanım sonrası bozunmayarak yüzyıllar boyunca doğaya zarar vermesi nedeniyle, alternatif malzemeler yani yeni polimer arayışı sürmektedir. Bu polimerler arasında PLA polimeri polyester ailesinden olması ve polyestere en yakın özelliklerde

olmasının yanı sıra yenilenebilir kaynaklardan üretilip biyo bozunur/biyo gübrelenebilir olması özellikleri sayesinde diğer polimerler arasında en öne çıkmaktadır.

Polilaktik asit (PLA), polistiren, polipropilen veya polietilen benzer özelliklere sahip en yaygın olarak kullanılan ticari biyo-bazlı plastiktir. PLA, geleneksel polimerler üzerinde geliştirilmiş ürün işlevlerini gösteren, örneğin 3D baskı filamentlerinin baskı sıcaklığını azaltmak ve PLA filminde paketlenmiş taze sebzeler için raf ömrünü uzatmak gibi büyüyen bir uygulama yelpazesine sahiptir. Buna ek olarak, PLA çok çeşitli yaşam sonu seçenekleri sunar: mekanik veya kimyasal geri dönüşüm ve (yenilenebilir) enerji geri kazanımının yanı sıra, doğal biyolojik olarak parçalanabilirliği ile ilgili birden fazla yaşam sonu seçeneği sunar; PLA endüstriyel kompostlanabilir (Morão ve François de Bie, 2019).

PLA, küresel ısınma potansiyeli (GWP), su tükenmesi (WS), deniz ve karasal ötrofikasyon potansiyeli (EP), asitleşme potansiyeli (AP) ve partikül madde (PM) normalleştirilmiş ve ağırlıklı sonuçların göreceli katkılarına göre kümülatif çevresel etkilerin % 80'den fazla katkıda bulunur. PLA, şeker bazlı hammaddeler en verimli ve sürdürülebilir ürünler; şeker kamışı tropikal ve subtropikal bölgelerin en verimli biyo enerji mahsulü olarak kabul edilmektedir. Araştırmacılar, tarımsal atıklar ve diğer gıda dışı hammaddelerden yapılan biyokimyasallar ve biyobazlı plastikler için yeni üretim süreçleri üzerinde çalışmaya devam etmektedir. PLA kullanımı, GWP, ötrofikasyon ve su tüketimi ile ilgili etkileri potansiyel olarak azaltabilir. Uzun vadede, laktik asit üretimi doğrudan CO₂ (örneğin, yosun veya elektrokimyasal dönüşüm) potansiyel olarak tarım yemlerine olan mevcut bağımlılığa alternatifler sunabilir ve böylece arazi kullanımı da dahil olmak üzere ilgili çevresel etkileri azaltabilir (Morão ve François de Bie, 2019).

Bugüne kadar birçok tekstil firmasında ve ülkemizde PLA ipliği kullanılarak ticari ürün geliştirilme çalışması yapılmamıştır. Sürdürülebilir üretimin rekabet yarışında öne geçmenin en önemli unsuru haline geldiği günümüzde, sektöründe öncü olmak ve bunu korumak, rakiplere karşı koyabilmek için bulunduğumuz sürdürülebilir yaklaşım ve stratejiler ön plana çıkmaktadır.

Bu çalışmanın bulguları; PLA lifinin tek başına ya da diğer selülozik liflerle harmanlanarak öncü markaların beklenti ve kalite standartlarına uygun ürünler yapılabileceğini göstermiştir. PLA lifinin kullanımının teknik ya da estetik açıdan kumaş yapısı ve performansında kayda değer bir olumsuz etkisi olmadığı ortaya konulmuştur. Araştırmanın

çevresel faydalarına bakıldığında, poli laktik asit içeren tekstil atıkları kısa sürede bozunmaya uğrayıp toprağa karışacağı için çevresel etkisi sınırlı olacaktır. Doğada bozunamayan mikro plastik parçacıkların okyansular dahil tüm dünyaya yayılıp, ciddi bir kirlilik ve ekolojik tehdit oluşturduğu bu aşamada, doğal liflerin yanısıra insan yapımı biyopolimer esaslı tekstil liflerinin geliştirilip yaygınlaştırılması önemli bir adımdan öte gereklilik olmuştur. Bu nitelikteki liflerin, moda sektörünün öngördüğü endüstriyel standartları karşılayabilecek kapasiteye fazlasıyla sahip olduğu bu çalışmayla bir kez daha kanıtlanmıştır. Bu bilgi ve deneyimler ışığında biyobozunur liflerin kullanımının hızlı bir şekilde yaygınlaşması tezin arzu edilen yaygın etkisi ve beklentisidir. PLA, lifinin tekstil üretiminde teknik standartları karşılamasının yanında çevreci özellikleri, biyobozunur ve sürdürülebilir olmasıyla da moda sektöründe farkındalık yaratması çok önemli etki yapacaktır.

Bir sonraki çalışmalarda; PLA kesik elyafları kullanılarak ve farklı biyobozunur materyallerle birlikte farklı karışım kumaşlarla projelere yön verilmesi önerilmektedir.

PLA ve selülozik esaslı karışım kumaşları tek işlem ile boyanabilmesini sağlayacak çalışmaların araştırılması önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Alay E., Duran K., Körlü A., Yurdakul B., (2014). Biyobozunur Liflerin Antibakteriyel Özellikleri. XIII. Uluslararası İzmir Tekstil ve Hazır Giyim Sempozyumu, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü. Türkiye.
- Alhalabi K.(2007). Suriye Ve Türkiye’de Üretilen Pamuk Liflerinin Özelliklerinin Ve Eğrilme Yeteneklerinin Karşılaştırılmalı İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- A.Morão, F. de Bie, 2019. Life Cycle Impact Assessment of Polylactic Acid (PLA) Produced from Sugarcane in Thailand, Journal of Polymers and the Environment.
- Anonim(2020) Lyocell Elyaf Nedir.<https://tekstil-tr.blogspot.com/2018/12/lyocell-elyaf-nedir.html> (erişim tarihi,22.03.2020).
- Anonim(2020) Tencel.<https://www.muun.com.tr/tencel> (erişim tarihi, 22.03.2020)
- Anonim(2020) Viskon. <https://www.fibersource.net> (erişim tarihi, 10.03.2020)
- Anonim(2019) 2018 Yılı Pamuk Raporu. <https://esnaf.gtb.gov.tr> (erişim tarihi, 22.04.2020)
- Anonim(2018) 2018 Yılı Pamuk Raporu. <http://www.tarispamuk.com.tr> (erişim tarihi, 22.04.2020)
- Anonim(2013) International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. <https://www.ijetae.com> (erişim tarihi, 15.04.1992)
- Anonim(2018) Mısır, Bezelye ve Bitkisel Yağdan Plastik Üretimi: PLA Nedir?. <https://www.copunesahipcik.org/misir-bezelyeden-bitkisel-yagdan-plastik-uretimi-pla-nedir/> (erişim tarihi,20.02.2020)
- Anonim,(2019) Tekstil Testleri. <https://www.laboratuvar.net> (erişim tarihi, 04.05.2020)
- Anonim (2019)Tekstilde Renk Haslığı Standartları ve Testleri. <https://aygenteks.com/blog/tekstilde-renk-hasligi-standartlari-ve-testleri/> (erişim tarihi, 04.05.2020)
- Anonim (2017) Haslık Testleri. <http://www.ekoteks.com/tr/hizmetler/test-hizmetleri/haslik-testleri>. (erişim tarihi, 12.05.2020)

- Anonim (2020) Mamül Kumaşa Uygulanan Fiziksel Testler. <http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFF679A66406202CCB0486EA72958D2E8F3>. (erişim tarihi, 02.04.2020)
- Anonim (2019) Kuru Temizlemeye Karşı Renk Haslığının Ölçülmesi. <https://www.derstekstil.name.tr/component/k2/item/280-kuru-temizlemeye-karsi-renk-hasliginin-olculmesi.html> (erişim tarihi, 05.05.202)
- Anonim (2017) Ter Haslığı Testi. <https://tekstilbilgi.net/ter-hasligi-testi.html> (erişim tarihi 12.05.2020)
- Anonim (2019) Biobazlı, Biyobozunur PLA Bazlı Elyafardan Doğa Dostu Ev Tekstili Ürünlerinin Geliştirilmesi. <http://www.tekstilteknik.com.tr/biobazli-biyobozunur-pla-bazli-elyaflardan-doga-dostu-ev-tekstiliurunlerinin-gelistirilmesi/> (erişim tarihi:28.12.2019)
- Anonim (2019) Kumaş Kalınlığı Testi. <https://www.gozetim.com/tekstil/fiziksel-testler/kumas-kalinligi/> (erişim tarihi, 10.09.2020)
- Anonim (2002), Tekstil Selüloz İçeren Tekstillerin Mikroorganizmalara Karşı Dayanıklılığının Tayini. <https://intweb.tse.org.tr/> (erişim tarihi, 19.09.2010)
- Avinc, O., Khoddami, A., (2009) Overview of Poly (Lactic Acid) (PLA) Fibre- Part Production, Properties, Performance, Environmental Impact, and End-use Applications of Poly (Lactic acid) Fibres. Fibre Chemistry, Vol 4, 68-78
- Avinc, O., Wilding, M.; Bone, J.; Phillips, D.; Farrington, D.(2010). Evaluation of colour fastness and thermal migration in softened polylactic acid fabrics dyed with disperse dyes of differing hydrophobicity. Color. Technol. Vol 126, 353–364.
- Avinc, O., Owens, H., Bone, J., Wilding, M., Phillips, D., Farrington, D. A (2011) Colorimetric Quantification of Softened Polylactic Acid and Polyester Filament Knitted Fabrics to ‘Waterspotting’. Fibers Polym. Vol 10, 893–903.
- Avinc O, Khoddami A,(2010) Overview of Poly(lactic acid)(PLA)Fibre.Fibre Chemistry, 42, No.1
- Aydın H. (2019). Farklı Yapısal Özelliklere Sahip Dokuma Kumaşlarda Kıvrım Oranlarına Etki Eden Faktörlerin Araştırılması. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Denizli.
- Başer G (2004) Dokuma Tekniği ve Sanati Kitabı. Cilt 1:256-257s İzmir.

- Baykuş O, Doğan Ş,D, Davulcu A, Doğan M, (2016) Poli(laktik asit) (PLA) Lifinin Boyanabilirliğinin Oktaaminofenil POSS Nano parçacıkları Kullanarak İyileştirilmesi. IV Ulusal Polimer Bilim ve Teknolojisi Kongresi,170, Ankara.
- Beşergil B, (2019).Biyopolimerler (http://bilsenbesergil.blogspot.com/p/blog-page_88.html) (erişim tarihi 02.02.2020).
- Bilir T.B. Şardağ S. (2017). Tencel Ve Pamuk Karışimli İpliklerin Performans Özelliklerinin İncelenmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, No.1, 13-27s. Bursa.
- Coşkun M.T.(2010). (Pes/Vıs/Ea (Polyester/Viskon/Elastan) İçerikli Kumaşlarda Atkıda Kullanılan Viskon Filamentinin Kumaş Performans Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Çelen O, (2019). Poli laktik Asit Polimerinden Filament İplik Türlerinin Geliştirilmesi. Ulusal Çukurova Tekstil Kongresi UÇTEK, 274-278, Adana.
- Çelen O, Koçer H B,Tok O,(2018). Poli Lactic Acid Filament (Pla) Yarn And Woven Fabric Characterization. 7th International Technical Textiles Congress,24-29, Izmir.
- Çelik İ.T. (2019). Poli (Laktik Asit) (Pla) Lifinin Doğal Boyarmaddeler İle Boyanabilirliğinin Polihedraloligomeriksilseskuioksan (Poss) Nano Parçacıkları Kullanılarak İyileştirilmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi, Kayseri
- Çoban M Aytaç A (2017). Alev Geciktiricilik Özelliği Geliştirilmiş Ve Plastikleştirilmiş Poli(Laktik Asit)'In Özelliklerine Farklı Nano Katkıların Etkisinin İncelenmesi. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi No.32 1109-1119s, Ankara.
- Dugan, Jeffrey S. President V.(2004).Novel Properties of PLA Fibers Fiber Innovation Technology,Inc, <https://www.fitfibers.com/files/PLA%20Fibers.doc> (erişim tarihi, 02.02.2020)
- Dündar E. (2008). Çeşitli Selülozik Elyafardan Üretilen Örme Kumaşların Performanslarının Karşılaştırılması. İTÜ,Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Geysoğlu M.(2015). Su Jet (Spunlace) Teknolojisiyle Üretilmiş Farklı Özelliklerdeki Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Hamamci B, Çiftci M, Aktaş T. (2018). Yeşil Kompozitlerde Biyopolimerlerin Kullanımının Önemi. Kafkas Üniversitesi, Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi No.8: 12-24s.Trabzon.

- Huang X.X, Tao X.M, Zhang, Z.H, Chen, P. (2017). Properties and performances of fabrics made from bio-based and degradable polylactide acid/poly (hydroxybutyrate- co-hydroxyvalerate) (PLA/PHBV) filament yarns. Textile Research Journal, Vol.2, 2464–2474p. China
- ISO 6330@40°C, PROGRAM:4G ASARAK KURUTMA (2012). Tekstil deneyleri için- Ev tipi çamaşır makinesi ile yıkama ve kurutma işlemleri. (44s.).
- ISO 3005-BS 4323 (1979). Serbest buhar ile indüklenen kumaşların boyutsal değişiminin belirlenmesi.(10s.).
- ISO 3175-1 (2013). Kumaş ve giyeceklerin ticari bakımı, kuru ve yaş temizlemesi - Bölüm 1: Temizleme ve bitim işlemlerinden sonra performansın değerlendirilmesi.(18s.).
- ISO12945-2@2000 devir(2002). Kumaşlarda yüzey tüylenmesi ve boncuklanma yatkınlığının tayini .Bölüm 2: Geliştirilmiş martindale metodu. (14s.).
- ISO 13934-2(2002). Kumaşların gerilme özellikleri - Bölüm 2: En büyük kuvvetin tayini - Kavrama metodu. (11s.).
- ISO 13936-1(2006). Dokunmuş tekstil mamullerindeki ipliklerin kaymaya karşı mukavemetinin tayini-Dikiş metodu - Bölüm 1. (20s.).
- ISO 13937-1(2002). Kumaşların yırtılma özellikleri- Bölüm 1: Balistik sarkaç metodu ile yırtılma kuvvetinin tayini. (11s.).
- ISO 105 C06(2001). Renk haslığı deneyleri- Bölüm c06: Evsel yıkamaya ve ticari müesseselerde yıkamaya karşı renk haslığı.(11s.).
- ISO 105 E01(2012). Renk haslığı deneyleri - Bölüm e01: Suya karşı renk haslığı.(5s.).
- ISO 105 E04(2006). Renk haslığı deneyleri - Bölüm e04: terlemeye karşı renk haslığı tayini.(8s.).
- ISO 105 D01(2011). Renk haslığı deneyleri - Bölüm d01: Perkloretillen çözücü kullanılarak yapılan kuru temizlemeye karşı renk haslığı.(5s.).
- ISO 105 X12(2006). Renk haslığı deneyleri - Bölüm x12: sürtmeye karşı renk haslığı tayini.(8s.).
- Jamshidian M, Tehrany E A, Imran M, Jacquot M, Desobry S,(2010). Poly-Lactic Acid: Production, Applications, Nanocomposites, and Release Studies. Comprehensive Reviewsin Food Science and Food Safety. Vol.9, 552-571sp. Vandoeuvre, France.

- Karacan İ (2011) Doğal Ve Sentetik Tekstil Malzemelerine Kimyasal Yöntemler İle Alev, Isı Ve Yanma Direnç Özelliklerinin Kazandırılması Ve Yapısal Özelliklerinin İncelenmesi. Normal Araştırma Projesi, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi.
- Odabaşoğlu C Çopur O (2017). Çırçır İşletmelerinin Pamuk Lif Kalitesine Bakış Açıları. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi No. 21: 53-61s Şanlıurfa.
- Okur N. (2006). Bambu Lifi ve İplik Özelliklerinin Diğer Lif ve İplikleri Performans Özellikleri ile Karşılaştırılmalı olarak İncelenmesi. İ.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Okur A Turan R B (2015). Kumaşlarda Hava Geçirgenliği. Tekstil ve Mühendis Dergisi No.72:17-25s İzmir.
- Özbağcı Ö.(2008) Pamuk Ve Bazı Rejenere Selüloz Esaslı Süprem Örgü Kumaşların Ö Ve Boyutsal Özellikleri. D.E.U, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Park, H.C., Kang, K.Y., Im, S.S., 2004. Biodegradability of Cellulose Fabrics. Journal of Applied Polymer Science, Vol. 94, s.248–253.
- Plastics R. Laxmana Reddy V. Sanjeevani Reddy G. Anusha G. (2013). Study of Bio-plastics As Green & Sustainable Alternative. Department of Chemical Engineering, India.
- Pulan S. (2015).Doğal İçerikli Dokusuz Yüzey Islak Mendillerin Performans Özelliklerinin Karşılaştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Reddy, M. M., Vivekanandhan, S., Misra, M., Bhatia, S. K., Mohanty, A. K. (2013). Biobased plastics and bionanocomposites: Current status and future opportunities, Progress in Polymer Science Vol.38,1653–1689sp. Canada.
- Şekerden, F. (2009) Pes/Vis/Lycra® İçerikli Atkı Elastan Dokumalarda Çeşitli Dokuma Faktörlerinin Kumaşın Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.
- Tümer H.T. (2010). Çırçırılama Yöntemlerinin Pamuk Kalitesi Üzerine Etkileri. .Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

- Türksoy H G Akkaya T Üstütağ S (2017). Hava Jetli İpliklerin Dokuma Kumaş Performanslarının Değerlendirilmesi. Tekstil ve Mühendis Dergisi.No.107:139-145s Kayseri.
- Üçgül İ. Küçükçapraz D. Elibüyük U. (2015). Selüloz Esaslı Tekstil Maddelerinin Biyobozunurluğu Ve Toprağa Gömme Testi. S.D.U Teknik Bilimler Dergisi. No.2:60-67s. Isparta.
- Üner İ. Koçak E D. (2012). Poli (Laktik Asit)'in Kullanım Alanları ve Nano Lif Üretimdeki Uygulamaları. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. No.11: 79-88s.İstanbul.
- V. Jašo, 2019, PLA in Mechanical and Chemical Recycling, Circular and Biobased Performance Materials Symposium 19 June 2019, Wageningen, The Netherlands
- Yang T. Zhou W. Ma P.(2019). Manufacture and Property of Warp-Knitted Fabrics with Polylactic Acid Multifilament, Polymers, No.11,65s, China.
- Yoruç A. B. H. Uğraşkan.(2017). Yeşil Polimerler Ve Uygulamaları, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, No.17,318-337s Afyon.
- Younes B. (2017) Classification, Characterization, And The Production Processes of Biopolymers Used In The Textiles Industry, The Journal of The Textile Institute, Vol.108:5, 674-682sp, Damascus, Syria.
- Zupin Z, Dimitrovski K, (2010). Mechanical Properties of Fabrics from Cotton and Biodegradable Yarns Bamboo, SPF, PLA in Weft. University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering, Department of Textiles. Slovenia

EK :

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Çisem ERGİN

Ana Adı: Necmiye :

Baba Adı: Cengiz

Doğum Yeri ve Tarihi: Tekirdağ-15.04.1992

Lisans Eğitimi ve Mezuniyet Tarihi: Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik

Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Aralık, 2016

Çalıştığı Yer: Can Tekstil Entegre Sanayi ve Ticaret A.Ş. / Ergene/TEKİRDAĞ

Bildiği Yabancı dil(ler), aldığı belgeler: İngilizce