

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yeliz KARATAŞ

**SELÜLOZİK ATIKLARIN PARÇALAMA YÖNTEMLERİ İLE GERİ
DÖNÜŞTÜRÜLEBİLİRLİĞİ**

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2020

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SELÜLOZİK ATIKLARIN PARÇALAMA YÖNTEMLERİ İLE GERİ
DÖNÜŞTÜRÜLEBİLİRLİĞİ**

Yeliz KARATAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 17/01/2020 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Dr. Öğr. Üyesi Turan YILMAZ
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. Sabri ULUKANLI
ÜYE

.....
Prof. Dr. Galip SEÇKİN
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç.Ü Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FYL-2019-11405

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve
fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat
Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SELÜLOZİK ATIKLARIN PARÇALAMA YÖNTEMLERİ İLE GERİ
DÖNÜŞTÜRÜLEBİLİRLİĞİ

Yeliz KARATAŞ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman :Dr.Öğretim Üyesi Turan YILMAZ
Yıl: 2020, Sayfa: 99
Jüri : Dr.Öğretim Üyesi Turan YILMAZ
: Prof. Dr. Galip SEÇKİN
: Prof. Dr. Sabri ULUKANLI

Son yıllarda hızlı nüfus artışı ve değişen çevre koşulları tüketicilerin ihtiyaçlarını artırmıştır. Buna bağlı olarak, doğal kaynakların tüketimi ve oluşan atık miktarı artmıştır. Bu durum doğal kaynakların verimli kullanılması zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Bunun sonucunda çevre dostu, sürdürülebilir, geridönüşüm ürünlerinin önemi ortaya çıkmıştır. Yürütülen bu tez çalışmasında; mevsimsel döngülerden veya çeşitli çevresel faktörlerden kaynaklı oluşan selüloz içerikli bitkisel atıkların geri dönüştürülebilirliği tespit edilmiş, atık materyalden yeni çevre dostu ürünler üretilerek atık oluşumu azaltılmıştır.

Bitkisel atıkların geri dönüştürülebilirliği işlemi için atık palmye yaprak ve sapları kullanılmıştır. Bitkisel atığa çeşitli biyolojik, fiziksel ve kimyasal yöntemler uygulanmıştır. Selülozik atık havuzlama, alkali-asidik termal parçalama, ağartma gibi kimyasal işlemlerden geçirilmiş, lignin, hemiselüloz, pektin gibi yapı taşları sistemden uzaklaştırılmış ve selüloz içeriği yüksek çeşitli materyaller elde edilmiştir. Palmye atıklarının hem yaprak hem de sap kısımları için ayrı ayrı biyolojik, fiziksel, kimyasal yöntemlerle, çeşitli dozlar uygulanarak farklı iplik formları, lif formları, pamuk formları ve kağıt formlarında ürünler üretilmiştir. Her form birbiriyle karşılaştırılmış, bu işlemler için uygun olan ve uygun olmayan kimyasallar tespit edilmiş, her işlem için optimum süre, sıcaklık gibi faktörler belirlenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda genel olarak; uygun kimyasalların tespiti, çözelti sıcaklığı, bekleme süresi, çözelti pH' ı, sisteme beslenen atık kütlesi, çözelti konsantrasyonu gibi parametrelerin etkileri üzerine odaklanılmıştır. Üretilen selüloz içeriği yüksek materyallerin karakteristik özelliklerini tespit edebilmek için bu ürünler XRD (X-Ray Diffraction), selüloz tayini, SEM (Scanning Electron Microscope), su tutma kapasitesi, % su emiciliği gibi çeşitli analizlere tabi tutulmuştur.

Deneysel çalışmaların sonucunda, üretilen farklı ürünlerin kendilerine özgü karakteristik özellikleri belirlenmiştir. Bu özellikleri doğrultusunda kullanılabileceği alanlar da tespit edilmiş ve sonuçlar kısmında listelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğal Lif, Bitkisel Atık, Geri Dönüşüm, Selüloz, Lignin, Palmye, Hemiselüloz, Nanokristalin selüloz, Sıfır Atık, Çevre Dostu, Biyokompozit, Lignoselüloz

ABSTRACT

MSc THESIS

THE RECYCLABILITY OF CELLULOSIC WASTES USING DISINTEGRATION METHODS

Yeliz KARATAŞ

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Turan YILMAZ
Year: 2020, Pages: 99
Jury : Assoc.Prof. Dr. Turan YILMAZ
: Prof. Dr. Galip SEÇKİN
: Prof. Dr. Sabri ULUKANLI

The current population growth and the changing environmental conditions have increased the needs of consumers in recent years. Accordingly, there has been a significant rise in the consumption of resources and the amount of the subsequent waste material. This situation has led to the obligation to use the natural resources efficiently. As a result, the importance of the environmentally friendly, sustainable recycled products have emerged. In this study, it was determined that the cellulosic plant waste which forms because of the seasonal cycles and various environmental factors can be recycled; and waste reduction was achieved by producing new environmentally friendly products out of some waste materials.

Within this research, the waste leaves and stems of palm trees were used for the recycling process. Various biological, physical and chemical methods were applied on the plant waste. The cellulosic waste was put through the processes of retting, alkaline acidic thermal decomposition, bleaching and so on; the main substances like lignin, hemicellulose and pectin were removed, and certain high cellulosic materials were obtained.

By using the separate biological, physical and chemical methods on both the leaves and the stems of palm waste, different products were produced in the forms of thread, fibre, cotton and paper. Each form was compared with one another, the appropriate and inappropriate chemicals were determined, and the factors such as the optimum period and temperature were identified for each process. Through the experimental studies, the effects of the parameters like the determination of the appropriate chemicals, the temperature of the solution, the standby period, the pH of the solution, the waste mass which was fed into the system, and the solution concentration were generally focused on.

With the aim of identifying the characteristics of the high cellulosic materials which were produced, they were exposed to various analyses such as SEM (Scanning Electron Microscope), XRD (X-Ray Diffraction), the determination of cellulose, the water holding capacity and the per cent water absorption capacity. At the end of the experiments, the typical characteristics of the different materials which were produced in this study were identified. By considering these characteristics, the areas which they are suitable for were determined and listed in the Results Section.

Key Words: Natural fibre, plant waste, recycling, cellulose, lignin, palm, hemicellulose, nanocrystalline cellulose, zero waste, environmentally friendly, biocomposite, lignocellulose

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Küresel ısınma, çevresel kaygılar ve yeni teknoloji gereksinimleri gibi sebepler yerel kaynaklardan üretilen, çevre bilincini arttıran, atık oluşumunu azaltan, sürdürülebilir, madde ve kaynak tüketimini azaltan, ekonomik, çevre dostu yeni malzemelerin ihtiyacını doğurmuştur. Yürütülen tez çalışmada da çevre dostu olarak adlandırılan yeni materyaller üretilmesi amacıyla, selülozik atıkların yeniden kullanımı üzerine çalışılmıştır. Literatür tarandığında atık palmiye bitkisi ile yapılmış bir çalışma bulunamadığı belirlenmiştir. Bu boşluğun doldurulması gerekliliği sebebiyle, genel olarak meyvesi için üretilen, yaprakları içerisindeki lifler bitkisel atık kategorisinde olan, dünya üzerinde ki tropik bölgelerde geniş bir üretim alanına sahip, gübreleme, ilaçlama ve ya sulamaya gerek kalmadan her geçen yıl tonlarca lif üretilebilecek olan palmiye bitkisinin atık yaprak ve sapları ile çalışılmıştır. Bu çalışmalarda palmiye bitkisinin yaprak ve sapları hasat edilmiş, doğal ortamda mikroorganizmalar yardımı ile lignoselülozik yapıyı oluşturan lignin, pektin gibi selülozu bağlayan maddelerin giderilmesiyle, selüloz içeriği yüksek lif elde edilmiş ve bu yöntem doğal retting(havuzlama, çürütme) olarak isimlendirilmiştir. Diğer bir yöntem olarak çeşitli bazik ve asidik kimyasallar ve çeşitli dozları kullanılarak havuzlama işlemlerine tabi tutulmuş, lignoselülozik yapıyı oluşturan lignin, pektin gibi selülozu bağlayan maddelerin mikroorganizmalar yerine çeşitli kimyasal ve çeşitli dozları ile giderilmesi sağlanarak selüloz içeriği yüksek lif elde edilmiştir. Bu yöntem de asidik-alkali retting(çürütme) olarak isimlendirilmiştir. Diğer bir yöntem ise mekanik yöntemdir. Bu yöntemde de lif demetlerinin palmiye yaprağından ayrılması özel imal edilen mekanik parçalayıcı ve yöresel mekanik yöntemler ile sağlanmıştır. Bu işlemlerin tümü yapraklar ve saplar için ayrı ayrı uygulanmıştır. Bu çalışmaların dışında atık materyalden kağıt ve su emiciliği yüksek pamuk üretimi yapılmıştır. Her bir işlemde optimum süreler belirlenmiş, çeşitli amaçlar için kullanılabilmesi amacıyla her işlemde ayrı ayrı

çeşitli kimyasallar denenmiş ve kullanılan kimyasalların liflere etkileri belirtilmiş, uygulanan işlemlerin avantajları ve dezavantajları vurgulanmış, her işlem için doğru kimyasallar tespit edilmiş, optimum sürelerin ve optimum kimyasal dozlarının her aşama için ayrı ayrı belirlenmesi sağlanmış, *Tablo 4.2.2.* de gösterilmiştir.

Üretilen ürünlere SEM, XRD, selüloz tayini, su tutma kapasitesi, % su emiciliği gibi çeşitli analizleri uygulanmıştır. SEM analizi sonucunda üretilen pamuğun selüloz yapısının ‘Nanokristalin Selüloz’ olduğu belirlenmiştir. XRD analizi ile üretilmiş pamuğun kristal yapısı (Şekil 4.1.8.b.) belirlenmiş, literatür de bulunan selüloz kristal yapısıyla (Şekil 4.1.7.c.) karşılaştırılmış ve fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu bulguda; tez çalışmasında üretilen, selüloz tipinin “Nanokristalin selüloz” olduğu belirlenen pamuğun, selüloz içeriğinin safılaştırılarak üretildiğinin kanıtı niteliğindedir ve atık materyalden üretilen pamuk formunun, nanokristalin selülozun kullanıldığı bazı alanlarda alternatif oluşturabileceği düşünülmektedir. Nanokristalin selülozun kullanıldığı ve dolayısıyla üretilmiş pamuk formunun geliştirilerek kullanılabileceği bazı alanlar; beton, polymer ve inşaat malzemelerinin güçlendirilmesi, elektronik ve tıbbi cihazlar, tekstil ve otomotiv, iletken kağıttan esnek piller, sivil ve havacılık endüstrileri için yapısal bileşenler, elektronik cihazlar için şeffaf esnek ekranlar, sensörler, yara pansuman ürünleri ve bilgisayar bellekleri, yenilenebilir organik plastik torbalar, vücut zırhı uygulamaları, özel filtreler v.b.

Üretilmiş çeşitli formların karakteristik özellikleri sayesinde kullanılabilecekleri alanlar detaylı olarak da sonuçlar kısmında belirtilmiştir. Yürütülen bu tez çalışmasının en önemli kazanımı ise, doğal kaynak tüketmeden, atık kabul edilen madde kullanılarak çok çeşitli kullanım alanları olabilecek materyallerin üretilmesi ve dünyaya kazandırılmasıdır. Hammadde rolünde olması gerekirken atık olarak bertaraf edilen bu materyali üretime kazandırmak, insanları bilinçlendirmek, sıfır atık projesine destek olmak amacıyla bu proje çalışılmıştır.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam sırasında yanımda olan, bilgilerini benden esirgemeyen çok değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğretim Üyesi Turan YILMAZ'a,

Lisansüstü eğitimim boyunca zengin bakış açısıyla beni aydınlatan, mesleki gelişimime katkı sağlayan ve yüksek lisans tez çalışmamda bana gösterdiği emeklerinden dolayı çok değerli hocam Sayın Dr. Öğretim Üyesi Turan YILMAZ'a,

Yüksek lisans tez çalışmamın her anında yanımda olan ve desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen Sayın Prof. Dr. Galip SEÇKİN'e, Sayın Arş. Gör Yiğit SEÇKİN'e ve Sayın Arş. Gör Hasan Kıvanç YEŞİLTAS'a,

Hayatımın her döneminde maddi ve manevi her konuda beni destekleyen, her zaman yanımda olan, tez dönemimde her an destekçilerim olmuş eşim Yunus Emre KARATAŞ, annem Çiler GENÇ KARATAŞ, babam Yavuz KARATAŞ ve son olarak kardeşim Erdeniz KARATAŞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
ÇİZELGELER	X
ŞEKİLLER.....	XII
1. GİRİŞ	1
1.1. Küresel Boyutlarda Kullanılan Lifler	4
1.1.1. Pamuk	6
1.1.2. Viskon.....	7
1.1.3. Modal.....	8
1.2. Takviye Malzemeleri Olarak Sürdürülebilir Hammaddelerin Özellikleri	8
1.3. Doğal Hammaddelerden Üretilen Alternatif Lifler.....	11
1.3.1. Lyocell Lifi	12
1.3.2. Soyafasülyesi Lifi.....	13
1.3.3. Isırgan Otu Lifi	14
1.3.4. Bambu Lifi.....	14
1.4. Doğal Liflerin Dünyadaki Pazar Payı	15
1.5. Doğal Liflerin Avantajları ve Dezavantajları.....	17
1.6. Palmiye Bitkisi.....	19
1.6.1. Palmiye Ağacının Yetiştirildiği Bölgeler ve Yetiştirilmesi İçin Gerekli İklim Yapısı.....	21
1.6.2. Palmiye Ağacı Türleri ve Yaşam Süreleri.....	22
1.6.3. Palmiye Ağacının Ekonomi Olarak Kullanım Alanları.....	22
1.6.4. Palmiye Lifleri.....	25

1.7. Lignoselülozik Bileşikler	25
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	29
2.1 Selülozik Materyallerle İlgili Yapılmış Çalışmalar	29
3. MATERYAL VE METOT	41
3.1. Materyal.....	41
3.2. Metot.....	41
3.2.1. Hasat ve Durulama.....	41
3.2.2. Selüloz Tayini	42
3.2.3. Atık Palmiye Yaprğından İplik(lif kümeleri) Üretimi.....	43
3.2.3.1. Biyolojik Yöntemle İplik (lif kümeleri) Üretimi	43
3.2.3.2. Kimyasal Yöntemle İplik (lif kümeleri) Üretimi	44
3.2.3.3. Mekanik Yöntemle İplik (lif kümeleri) Üretimi	44
3.2.4. Atık Palmiye Yaprğından Hidrofil Pamuk Üretimi.....	45
3.2.4.1. Lignoselülozik Yapının Bozulması	45
3.2.4.2. Zamb Giderimi ve Termal Parçalama.....	46
3.2.4.3. Polisakkarit Giderimi Ve Ağartma	46
3.2.5. Atık Palmiye Yaprak Liflerinden Kağıt Üretimi.....	46
3.2.6. Atık Palmiye Kınından (sapından) İplik ve Pamuk Üretimi	47
3.2.6.1. Doğal ve Mekanik Yöntemlerle İplik ve Pamuk Üretimi.....	47
3.2.6.2. Alkali Retting (Havuzlama) ve Mekanik Yöntemlerle İplik Üretimi.....	48
3.2.7. SEM Analizi.....	48
3.2.8. XRD (X- Işını Kırınımı) Analizi.....	49
3.2.9. Su Tutma Kapasitesi ve Su Emicilik Yüzdesi.....	49
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	51
4.1. Bulgular	51
4.1.1. Selüloz Tayini	51
4.1.2. Atık Palmiye Yaprğından İplik(lif kümeleri) Üretimi.....	52

4.1.2.1. Biyolojik Yöntemle İplik (lif kümeleri) Üretimi.....	52
4.1.2.2. Kimyasal Yöntemle İplik (lif kümeleri) Üretimi	53
4.1.2.3. Mekanik Yöntemle İplik (lif kümeleri) Üretimi.....	55
4.1.3. Atık Palmiye Yaprığından Hidrofil Pamuk Üretimi.....	57
4.1.3.1. Lignoselülozik Yapının Bozulması.....	57
4.1.3.2. Zamk Giderimi ve Termal Parçalama	58
4.1.3.3. Polisakkarit Giderimi Ve Ağartma.....	59
4.1.4. Atık Palmiye Yaprak Liflerinden Kağıt Üretimi.....	60
4.1.5. Atık Palmiye Kınından (sapından) İplik ve Pamuk Üretimi	61
4.1.5.1. Doğal ve Mekanik Yöntemlerle İplik ve Pamuk Üretimi	61
4.1.5.2. Alkali Retting (Havuzlama) ve Mekanik Yöntemlerle İplik Üretimi.....	64
4.1.6. Su Tutma Kapasitesi ve Su Emicilik Yüzdesi.....	66
4.1.7. SEM Analizi	67
4.1.7.1. Üretilen Pamuk Formunun SEM Analizi	67
4.1.7.2. Kimyasal Yöntemle (Alkali Retting) Üretilmiş İplik Formunun SEM Analizi.....	70
4.1.7.3. Mekanik Yöntemle Üretilmiş İplik Formunun SEM Analizi.....	72
4.1.8. XRD (X-Işını Kırınımı) Analizi	74
4.2. Tartışma	75
4.2.1. Selüloz Tayini.....	75
4.2.2. Atık Palmiye Yaprığından İplik (lif kümeleri) Üretimi	75
4.2.3. Atık Palmiye Kınından (sapından) İplik ve Pamuk Üretimi.....	78
4.2.4. Kimyasal İşlemler ve Doğal Liflere Etkileri.....	78
4.2.5. Su Tutma Kapasitesi ve Su Emicilik Yüzdesi	79
4.2.6. SEM Analizi	80
4.2.7. XRD Analizi (X-Işını Kırınımı)	81
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	83

KAYNAKÇA.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	99



ÇİZELGELER

SAYFA

Çizelge 1.1. Önemli kök (bast) liflerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri	9
Çizelge 1.2. Dünyada kişi başına tüketilen toplam elyaf miktarının yıllara göre dağılımı.....	11
Çizelge 1.3. Doğal lif kompozitlerin yıllara göre potansiyel pazar payı (2005-2016 dönemi-milyon dolar).....	15
Çizelge 1.4. Çeşitli Sektörlerde Doğal Liflerin Potansiyel Uygulamaları	16
Çizelge 1.5. Doğal liflerin avantajları ve dezavantajları.....	19
Çizelge 1.6. Önemli bitkisel yağların dünyada ki üretim değerleri	24
Çizelge 4.1. Çeşitli bitkisel içerikli maddelerin % selüloz içerikleri	52
Çizelge 4.2. Su tutma kapasitesi için ölçülen değerler.....	66
Çizelge 4.3. Nanoselüloz ailesi (Vatansever, 2015)	69
Çizelge 4.4. Retting(Havuzlama) ve mekanik yöntemlerin karşılaştırılması.....	77
Çizelge 4.5. Proseslerde uygulanan kimyasalların bitkisel atıklara etkileri.....	79



ŞEKİLLER

SAYFA

Şekil 1.1. Creative Aurvana Live!2.....	16
Şekil 1.2. Doğal liflerden yapılan sandalye)	17
Şekil 1.3. Lignoselülozik maddelerin yapısı (Ratanakhanokchai ve ark., 2003) .	26
Şekil 2.1. İnce, işlenmemiş ve tekstilde kullanılan doğal bambu lifleri.....	29
Şekil 2.2. (a) Elle çıkartılan ananas yaprağı liflerinin ve (b) dekorikatör kullanılarak üretilen ananas yaprağı liflerinin SEM görüntüleri.....	37
Şekil 2.3. Sodyumhidroksit ile kaynatılmış ısırgan otu lif görüntüsü	38
Şekil 2.4. Isırgan lifinden elde edilen iplik	39
Şekil 3.1. Palmiye yapraklarının hasadı ve kurutulması	42
Şekil 4. 1. Palmiye unu	51
Şekil 4.2. Hasat edilmiş palmiye yapraklarının doğal retting işlemi	53
Şekil 4.3. Biyolojik yöntem ile üretilmiş iplik formu	53
Şekil 4.4. Hasat edilmiş palmiye yapraklarının asidik retting işlemi	54
Şekil 4.5. Hasat edilmiş palmiye yapraklarının alkali retting işlemi ve üretilen iplik formu	55
Şekil 4.6. Hasat edilmiş palmiye yapraklarının mekanik yöntemlerle taranma işlemi.....	56
Şekil 4.7. Kör bıçak ve porselen tabak ile sıyırma işlemi	57
Şekil 4.8. Palmiye yaprağından mekanik yöntemlerle üretilmiş iplik formu.....	57
Şekil 4.9. a.) Lignoselülozik yapının bozulması b.) Zamk giderimi ve termal parçalama c.) Polisakkarit giderimi ve ağartma d.) Palmiye bitki atığından üretilmiş pamuk formu	60
Şekil 4.10. Atık palmiye yapraklarından üretilmiş kağıt	61
Şekil 4.11. Akdeniz palmiye türünün kınlarının mekanik parçalayıcılar vasıtası ile budanmış ve ayrılmış formu	62

Şekil 4.12. Budanma sonrası ön işlem görmemiş palmiye sapı ve retting işlemi için dikenleri alınmış, sıyrılmış palmiye sapı	62
Şekil 4.13. Retting(Havuzlama) işleminin ardından palmiye kın görüntüsü	63
Şekil 4.14. Retting işleminden çıkarılan palmiye kınlarının sert bir cisimle baskılanması ve taranması sonucu elde edilen iplik formu.....	63
Şekil 4.15. Atık palmiye kınından (sapından) pamuk üretim aşaması.....	64
Şekil 4.16. Palmiye saplarının alkali ve ağartma işlemleri sonucunda üretilen hidrofil pamuk.....	64
Şekil 4.17. Dikenleri alınmış ve sıyrılmış palmiye kını	65
Şekil 4.18. Reaktöre alınmadan ve reaktörden çıkarıldıktan sonraki kınlar	65
Şekil 4.19. a.b.c.d Üretilen pamuğun 100x, 1000x, 4000x, 10000x boyutlarında yaklaşımlarla görüntülenmiş lif demetlerinin SEM görüntüsü	67
Şekil 4.20. e. Üretilen pamuğun 4000x ölçeklerinde büyütülmesi ile görüntülenmiş lif kalınlığının SEM görüntüsü	68
Şekil 4. 21. a.b.c.d.e.f. Kimyasal yöntemle işlenmiş iplik formunun 100x, 1000x, 4000x, 10000x ölçeklerinde büyütülmesi ile görüntülenmiş lif demetlerinin SEM görüntüsü	70
Şekil 4.22. g. Kimyasal yöntemlerle (alkali retting) üretilmiş iplik formunun 10000x ölçeklerinde büyütülmesi ile görüntülenmiş lif gözenek çapı sem görüntüsü	71
Şekil 4.23. a.b.c.d. Mekanik yöntemle işlenmiş iplik formunun 100x, 500x, 1000x, 4000x, ölçeklerinde büyütülmesi ile görüntülenmiş lif demetlerinin SEM görüntüsü	72
Şekil 4.24. e.f. Fiziksel yöntemlerle üretilmiş iplik formunun 4000x, 500x ölçeklerinde büyütülmesi ile görüntülenmiş lif gözenek çapı ve lif kalınlığının SEM görüntüsü.....	73
Şekil 4.25. Palmiye bitki atığından üretilen pamuğun XRD analizi ile belirlenmiş kristal yapısı	74

Şekil 4.26. Selüloz XRD analizi ile belirlenmiş kristal yapısı..... 81





SİMGELER VE KISALTMALAR

CNF	: Selüloz Nano Fiberler
TEM	: Transmisyon Elektron Mikroskobu
SK	: Selüloz Kazanımı
KKS	: Katıda Kalan Selüloz Miktarı
BSM	: Başlangıçtaki Katıda Bulunan Selüloz Mitarı
SEM	: Scanning Electron Microscope (Elektron Mikroskobu)
XRD	: X-Ray Diffraction
MFS	: Mikrofibril Selüloz
NKS	: Nanokristalin Selüloz
BNS	: Bakteriyel Nanoselüloz



1. GİRİŞ

Son dönemlerde nüfusun artışı ve buna bağlı olarak artan çevre kirlilikleri, gün geçtikçe yaşam standardının yükselmesi, tüketicilerin geçen zaman içerisinde farklı ihtiyaçlarının oluşması, kaynakların giderek azalması v.b sebepler araştırmacıları yeni hammadde ve üretim yöntemleri bulmaya yöneltmiştir.

Gelecek nesillerin devamlılığını tehlikeye uğratmadan, elimizde kalan kaynaklar ile üretkenliğin ve yaşam kalitesinin devamlılığının sağlanması amacı ile yeniden kullanılabilir atık materyallerin değerlendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu doğrultuda birçok endüstri alanı üretim yöntemlerinde, hammadde seçiminde sürdürülebilirliği destekleyen çözüm bulmaya çalışmaktadır. Örnek olarak; tekstil endüstrisinde atık suların arıtılması ve yeniden kullanılması çözümlerden bazılarıdır. Şimdilerde birçok araştırmacının hassasiyetle üzerinde durduğu çevreci yaklaşım konusunda, her geçen süre içerisinde yaratıcı ve farklı çözümler geliştirilmektedir. Bu bağlamda tekstil endüstrisinde doğal liflerin, petrol esaslı sentetik lifler yerine kullanımı alternatif yöntemlerden biridir. En yaygın bilinen doğal lifler ipek, yün, pamuktur. Fakat bu liflerin yanı sıra farklı özelliklere sahip birçok doğal lif mevcuttur. Yalnızca tekstil materyallerinde değil tekstil liflerinin kullanıldığı bütün alanlarda özellikle kompozit maddelerin üretiminde sentetik liflere alternatif olabilecek benzer özelliklerde ki doğal liflerin kullanılması mümkündür. Ek olarak her geçen süre içerisinde petrol kaynaklarının tükendiği göz önüne alındığında, sürekli kendiliğinden yenilenen bambu lifi, ısırgan otu lifi gibi doğal ürünlerin kullanımı hem ekonomik hem de çevresel anlamda daha avantajlı bir hal almaktadır.

Bu ihtiyaçlardan yola çıkılarak yapılan araştırmalarda; özellikle tropik bölgelerde yığınlarca palmye bitki atıklarının oluştuğu ve bu atıkların çeşitli bertaraf etme yöntemleri kullanılarak daha farklı kirleticilere dönüştürüldükleri farkedilmiştir. Literatür incelendiğinde de; palmye bitki atıklarıyla ilgili bir çalışma yapılmadığı

görülmüş ve bu boşluğun doldurulması amacıyla yürütülen tez çalışmasına başlanmıştır.

Akdeniz Bölgesinde bulunan Adana şehrinde bile, milyarlarca palmiye yaprağının atık olarak bertaraf edildiği gözlemlenmiştir. Doğal hammedelere olan ihtiyaç bu denli çok iken, mevsimsel döngüler ve çevresel duyarsızlık sebebiyle, hammadde yapımında kullanılabilecek bitkisel atık olarak kategorilendirilmesi zaten yanlışken bide kullanılan bertaraf yöntemleri çevre için daha zararlı bir hal oluşturmaktadır.. Çünkü bu bertaraf etme yöntemlerinden en bilinen yöntem yakmadır. Yakma işleminde katı atıkların hacmi küçültülmekte, fakat partüküler madde formuna geçip hava kirliliğine sebep olmaktadır. Diğer bir bertaraf etme yöntemi düzenli depolamadır. Düzenli depolama ile de birçok alan işgal edilmektedir. Yenilenebilir bitkisel atık olan milyonlarca palmiye bitki yaprak ve saplarının; hammadde yapımında kullanmak yerine, çeşitli yöntemlerle daha farklı kirletici formlarına dönüştürülmesine engel olmak amaçlanmıştır. Ve her atık bir hammaddedir prensibinden de yola çıkılarak, bu tez çalışmasında uygulanan yöntemlerle atık palmiye yaprak ve saplarından çeşitli formlarda ve çeşitli özelliklerde geridönüşüm ürünleri üretilmiştir. Bu ürünler; hidrofil pamuk, kağıt, elyaf ve farklı özelliklerdeki iplik formlarıdır. Ayrıca kompozit madde yapımı içinde çok ideal bir hammadde oluşturulmuştur.

Ülkemizde de, geçmişten günümüze kadar önemini koruyan, doğal lif grubun da bulunan hidrofil pamuk, son dönemlerde kentleşme, iklim değişikliği gibi sebeplerle yeterli miktar ve kalitede üretilmemektedir. Artış sağlamak amacı ile GAP projesi ile Güneydoğu Anadolu’da da pamuk üretimi teşvik edilmiş, üretimler yapılmıştır fakat hala dünya çapında aranan bir hammadedir. Bu ihtiyaçlarda göz önüne alındığında milyarlarca atılıp yakılan palmiye yapraklarından ve saplarından dünya çapında aranan bir hammadde olan pamuk ürününe bir alternatif oluşturacağı vurgulanmıştır.

Ayrıca doğal liflerin üretildiği bitkiler, uygulamalarına bağlı olarak birincil ve ikincil olarak tanımlanabilir. Jüt, kenevir vb. birincil bitkiler sadece lifleri için yetiştirilirken, muz, ananas, vb. ikincil bitkiler meyveleri için yetiştirilir ve lifler bu bitkilerden yan ürünler olarak üretilirler. Palmiye bitkisinde ikincil bitkiler kategorisine girmektedir. Son yıllarda yağmur ormanları kesilip yerine meyvelerini çeşitli ürünlerde kullanmak amacıyla milyonlarca palmiye bitkisi dikilmiştir. Bu amaçla dikilen milyonlarca ağacın sadece meyveleri alınmakta yaprakları atılmaktadır. Bu tez çalışmasında bu bölgelerde oluşan milyarlarca palmiye bitki yaprak ve sap atıkları içinde çözüm olabileceği düşünülmüştür.

Her doğal lif gibi palmiye yaprak ve sapları üç ana yapısal bileşenden oluşur. Bunlar selüloz, hemiselüloz ve lignini kapsayan mikro yapı organizasyonunun genel bir konfigürasyonudur. Lif yapısı selüloz kısmından çıkarılacağı için hemiselüloz, lignin ve diğer yabancı maddelerin bu formdan ayrılması şarttır. Bu amaçla palmiye bitkisi çeşitli yöntemlere tabi tutulmuş ve selüloz kısmı ayrılarak farklı özellikte ki iplik formları üretilmiştir.

Bu çalışmanın temel amacı ise; literatür incelendiğinde palmiye atıkları ile ilgili bir çalışma olmadığına fark edilmesi ve bu boşluğun doldurulmaya çalışılmasıdır. Bu doğrultuda yüksek miktarda selüloz ve doğal lif barındıran, yeni ürünler üretilebilecek iken çeşitli yöntemlerle uzaklaştırılmaya çalışılan palmiye bitki atıklarının, farklı bir alan için hammadde olması, çeşitli işlemler için gereken materyallerin yerine kullanılması ve bu sayede dünyada sınırlı olan doğal kaynaklarımızın kullanımının azaltılması, oluşan atık miktarının minimize edilmesidir. Bu amaçla, belli mevsimlerde budanan, hacimce geniş yer kaplayan, biyo-bozunabilir atık palmiye yaprakları ve kını; çeşitli biyolojik, fiziksel ve kimyasal işlemlerden geçirilmiştir. Bu yöntemlerle hem çeşitli endüstrilerde hem de kompozit yapılar içerisinde yaygın bir kullanım potansiyeline sahip geri dönüşüm ürünleri üretilmiştir. Bu liflere uygulanan işlemler, üretim yöntemleri, yöntemlerin karşılaştırılmaları, kullanılan kimyasalların liflere etkileri, üretilen ürünlerin

özellikleri gibi faktörler incelenmiş, kullanılabilecekleri alanlar listelenmiş, uygun konu başlıkları altında görsel, çizim ve tablolarla desteklenerek açıklanmıştır.

1.1. Küresel Boyutlarda Kullanılan Lifler

Şimdiye kadar üretilmiş ve geniş kullanım alanlarına sahip lifler ev tekstil ürünleri ve ya giyim tekstil ürünleri gibi geleneksel kullanımların yanı sıra, havacılık, yapı malzemelerinin, endüstriyel bantların, filtrelerin, otomobil lastiklerinin, tıbbi malzemelerin üretiminde de kullanılmaktadır.

Lifler yüksek performans özellikleri sebebi ile ileri teknoloji ürünü kompozit malzemelerin yapımında da kullanılmaktadır. Temelde lifler;

1. Doğal lifler
2. Kimyasal lifler

olarak 2 ana grupta toplanmaktadır.

Doğal lifler köken kaynağına göre de üç gruba ayrılmaktadır:

1. Bitkisel lifler
2. Hayvansal lifler
3. Mineral lifler

Bitkisel lifler, sklerenkimatik (keten, sisal) veya epidermik (pamuk) hücre karakterindedir. Bulunduğu bitki organına koruyuculuk ve desteklik sağlarlar. (Mangut ve Karahan, 2008). Bu bitki veya bitkisel lifler ayrıca, tedariklerine uygun olarak alt gruplara ayrılır (Mwaikambo ve Ansell, 2002; Bledzki ve Gassan, 1999). Lifler bitkilerde bulundukları organlara ve bu organlarla olan ilişkilerine göre alt gruplarına şu şekilde sınıflandırılırlar:

- Tohum Lifleri (pamuk)

- Yaprak Lifleri (sisal, abaca)
- Sak Lifleri (keten, kenevir, jüt)
- Meyve Lifleri (hindistan cevizi lifi, lif kabağı) (Harmancıoğlu ve Yazıcıoğlu, 1979).

Bitkinin gövdesinden elde edilen liflere çok hücreli elyaf (bast elyafı) denilmektedir. Bu lifler birçok hücrenin bir araya gelmesi ile oluşmuş lif demeti şeklindedir. Jüt, kenevir, rami ve keten gibi lifler bu sınıftandırılar. Ve bu liflerden dünyada en fazla üretileni olan ise jüttür (Mangut ve Karahan, 2008). Bitkisel lifler selüloz esaslı pamuk, kapok gibi tohum lifleri, kenaf, kenevir, jüt ve keten gibi sak/gövde lifleri, abaka, palmiye, sisal, hindistancevizi, ananas lifi ve meyve lifleri gibi yaprak liflerini kapsarlar. Tamamen farklı bitki bileşenlerinden doğal lifler elde edilir ve bu hammaddeler yeşil bileşiklerin yapımında yaygın olarak kullanılırlar (Robson, 1993).

Hayvansal lifler; koyun postundan (yün) elde edilmesi gibi protein esaslı lifleri, salgı liflerini (ipek), deve, alpaka, lama, kasmir, moher gibi hayvanların tüylerinden elde edilen lifleri kapsamaktadır.

Mineral lifler mineral yünü, asbest ve bazalt gibi maden esaslı lifleri kapsamaktadır.

Kimyasal lifler ise hammaddesi doğal kaynaklardan elde edilenler olabilmesine rağmen genellikle doğada bulunmayan lifleri simgeler. Endüstriyel olarak üretilen tekstil lifleri (Wulfhorst ve ark., 2003):

- Doğal polimerlerden
- Sentetik polimerlerden
- Anorganik maddelerden elde edilmekte olan kimyasal liflerdir.

Doğal polimerler hayvansal, bitkisel kaynaklı olabilirler. Doğal polimerlerden elde edilen kimyasal lifler; kauçuk ve ağaç gibi doğada yer alan

maddelerden üretilmektedirler. Hammaddesi odun hamuru olan selüloz polimeridir. Polimer eriği extrüder adlı cihazla filament ve liflere dönüştürülerek elde edilirler (Özçagatay ve ark., 1999). Sentetik polimerlerden elde edilen kimyasal lifler petrokimyasal türevlerin monomerlerinden elde edilmektedir. Anorganik maddelerden elde edilen bazı kimyasal lifler ise karbon, metal ve cam lifleridir.

Tekstil liflerinin mekanik, fiziksel ve kimyasal özellikleri üretilen kumaşın, ipliğin özelliklerini değiştiren önemli faktörlerdendir. Bir tekstil lifinin ticari değerinin olması için belirli seviyede temel özelliklere sahip olması gerekmektedir. Temel özellikler (Özcan ve ark., 1978):

- Ekonomik olma açısından
- Erişilebilirlik açısından
- Eğrilebilirlik, dayanıklılık, uzunluk, incelik gibi fiziksel özellikler açısından
- Esneklik, yumuşaklık açısından
- Su tutma açısından
- Molekül yapısı açısından değerlendirilmektedir.

1.1.1. Pamuk

Pamuk, genel formülü $(C_6H_{10}O_5)_n$ olan doğal selülozik bir lif grubu içeren polisakkarittir. (Wulforth ve ark., 2003). Pamuklu tekstil ürünlerinin avantajları ise (Özçagatay ve ark., 1999):

- Yaş mukavemetleri kuru mukavemetine kıyasla yaklaşık %20-30 kat yüksektir.
- Bilinen alerjik etkileri yoktur.
- Merserize edilebilmesi sayesinde mukavemeti, stabilitesi ve parlaklığı yükselir.

Pamuk lifleri genellikle giysi gibi ev tekstil ürünlerinde kullanılır. Pamuğun teknik tekstil uygulaması yalnızca %10'luk bir dilimdedir (Wulfhorst ve ark., 2003). Pamuk lifi, tekstil ürünlerinin üretiminde diğer liflerle karışım halde ya da tek başına kullanılabilir.

1.1.2. Viskon

Viskon, selülozik yapılıdır ve kâğıt hamurundan elde edilmektedir. Rayon olarak da bilinen viskon lifi, renk yelpazesinin ve kullanım alanlarının genişliği sayesinde hazır giyimde ve ev tekstilinde önem kazanmıştır. Rayondan elde edilen tekstil ürünlerinin rengi iyi korunmakta ve kuru temizlemeye gerek duymamaktadır (Turhan ve ark., 2005). Viskon lifi selüloz, pamuk ve odun liflerinden kimyasal işlemlerle elde edilir. Pamuğa kıyasla rayon daha parlak ve ipek görünümündedir. Pamuk ve polyester ile harmanlanabileceği gibi tek başına da üretim yapılabilir. Fakat ıslak mukavemeti çok düşüktür. Çok geç kurur. Yüksek sıcaklıklarda ayrışır ve sıkıştırılınca kolay kırışır. Aşınma dayanımı zayıftır. Çabuk yanar ve kimyevilere karşı hassastır. (Turhan ve ark., 2005).

Canlı renklere boyanabilmesi ve emici özelliği sayesinde moda olan kumaşlar için aranan liftir. Güneş ışığına karşı dayanıklıdır. Tüyenme problemi yoktur. Yıkanması ve ütü işlemleri kolaydır. Yıkanma işleminden sonra çekme yapabilir. Kullanım alanları elbise, ceket, bluz, spor kıyafet, kravat, takım elbise, iş elbiseleri, astar, pantolon, iç çamaşır gibi hazır giyim ürünleri, endüstriyel/tıbbi tekstil ürünleri, oto lastikleri, döşemelikler, yatak çarşafı, perde ve battaniye gibi ev tekstil ürünleri, nonwoven ve ayrıca hijyenik pedler olarak sıralanabilir. Rayon/yün karışımları ateşe dayanıklılık özellikleri sayesinde uçak koltuklarında da kullanılmaktadır (Turhan ve ark., 2005).

1.1.3. Modal

Modal lifinin son yıllarda kullanımı giderek artmaktadır. Bunun sebepleri ise; %100 selüloz içerikli bir lif olması, ipeksi görünüm, dayanıklılık, giyim sırasında konforlu olması, yüksek nem tutma, atma özelliği ve bakım kolaylığı gibi avantajlı özellikleridir. Avusturyalı Lenzing firması tarafından geliştirilen modal, terlemeyi önlemektedir bu sebeple genelde tene yakın giysilerde, ev tekstilinde, denimde kullanılır. Modal lifi pamuğa nazaran %50 daha yüksek nem tutabildiği için teri de iyi tutmaktadır. Modal lifi yıkama sonrasında ki kireç yığılmaları gibi problemlere neden olmaz çünkü düzgün yüzeye sahiptir ve birikebileceği bir taban bulunmaz. Ayrıca pamuk/modal karışımları kumaşın yıkamadan sonra sertleşmesini ve sararmasını önlemektedir (Turhan ve ark., 2005). Terbiye işlemleri esnasındaki karakteristiği pamuğa benzemektedir. Doğal bir beyaz renge sahiptir, ağartmaya gerek yoktur. Pantolon, etek, bluz, iç çamasırı, gömlek gibi her tür hazır giyim ürünlerinde kullanılmaktadır (Turhan ve ark., 2005).

Günümüzde tüketiciler daha fazla çevre bilinci göstermekte ve çevre dostu ürünler aramaktadır. Aynı zamanda kullanılmayan elyaf kaynaklarının tekstildeki potansiyel uygulamaları için daha fazla araştırılması gerektiğini düşünmektedir. Pirinç kabukları, mısır gibi yenilenebilir lignoselülozik tarımsal yan ürünlerin kullanılması için girişimlerde bulunmaktadır. Kabukları, mısır sapları ve ananas yaprakları, doğal lifler için alternatif bir kaynak teşkil etmektedir. Dünyada yılda yaklaşık yüz milyon yığın lif tüketilmektedir. Doğal liflerin sentetik liflere göre düşük fiyat, biyobozunurluk ve bunların karbondioksit nötr yaşam döngüsü ve daha bir çok avantajları vardır (Baley, 2002).

1.2. Takviye Malzemeleri Olarak Sürdürülebilir Hammaddelerin Özellikleri

Kök (bast) lifleri normalde bitkilerin köklerinden çıkarılır. Bu lifler floeminin iletken hücreleridir ve bitkinin köküne güç sağlarlar. Piyasada bulunan önemli kök liflerinden bazıları keten, kenevir, rami, jüt, kenaf vb. Son zamanlarda,

bast liflerinin bir kısmı ısırgan, ıhlamur gibi yabani bitkilerin köklerinden de elde edilmiştir. Normalde, bast lifleri yüksek gerilme kuvvetine ve düşük esneklik özelliklerine sahiptir. İp, iplik, kağıt ve kompozit malzemelerin yapımında kullanılırlar (Kiruthika, 2017). Bir lifin kimyasal bileşimi görünüşünü, yapısını, özelliklerini ve işlenebilirliğini etkiler. Bu bağlamda belirlenmiş bast liflerinin bileşimleri ve özellikleri bildirilmiştir (Çizelge 1.1). Jüt lifinin hemiselüloz içeriği keten ve kenevir lifine göre oldukça yüksektir. Tek tek hücreleri bir arada tutan bağlayıcı olan Lignin, jüt lifi içinde (% 11.8-14.2) yüksek miktarda bulunur, ardından kenevir ve keten lifi gelmektedir. Bu muhtemelen keten ve kenevir liflerinden daha yüksek olan amorf hemiselülozun (% 40) varlığından kaynaklanıyor olabilir. Bundan dolayı daha az kristalli bölgelerin oluşması nedeniyle, jüt lifi suya, boyalara ve diğer terbiye kimyasallarına daha uyumludur. Nitekim, keten ve kenevir de % 13'lük yüksek nem geri kazanımına sahiptir, bu da jüt lifinden fazladır (Chand ve Hashmi, 1993; Das ve ark., 2015; Teli ve ark., 2018).

Çizelge 1.1. Önemli kök (bast) liflerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri (Kiruthika, 2017; Chand ve Hashmi, 1993; Das ve ark., 2015)

	Jüt	Keten	Kenevir
Selüloz İçeriği (%)	59-72	65-87	%80 in altında
Hemiselüloz İçeriği(%)	12-15	-	-
Lignin (%)	11.8-14.2	az	2-3
Kristalin yapısı	50-55	65-70	66.9
Nem Geri Kazanımı	13.8	12	13

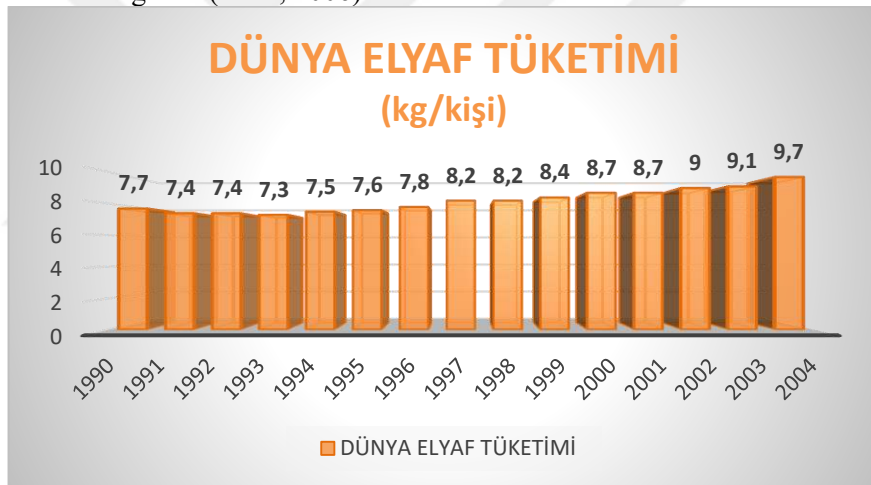
Kenevir lifi aynı zamanda keten lifi ile de benzerdir. Ancak, kenevir lifi içinde bulunan lignin miktarı, keten lifi içinde bulunan ligninin boyutundan biraz daha fazladır. Rami lifi, en güçlü bast elyaflarından birine örnektir ve pamuk lifi gibi, yaş mukavemeti yüksektir. Ancak, rami lifi esneklikten yoksundur ve çok düşük aşınma direncine sahiptir (Teli ve Pandit 2017; Basak ve ark., 2016; Ammayappan

ve ark., 2016). Keten lifi ayrıca lignin içerir fakat jüt lifi ile karşılaştırıldığında daha az miktarda lignin bulunur. Keten lifi, bast elyafının bir başka örneğidir ve daha çok kompozit endüstriler tarafından kullanılır. Normal olarak, keten lifi (renkli açık grimsi) keten bitkisinin köklerinden elde edilmiştir ve doğası gereği yumuşak, parlak, esnek ve en güçlü elyafıdır. Yapısında az miktarda lignin bulunur ve % 65-68 selüloz içermektedir. Keten lifinin mukavemet aralığı yaklaşık 6.5-8 gm / den, lifin uzunluğu 18-30 inç arasındadır. Keten lifinin özgül ağırlığı 1.54 g / cc'dir (Ammayappan ve ark., 2016; Das., 2017). Jüt lifi, başlangıç modülü 1150 g / tex olan çok hücreli bir lignoselülozik liftir ve mukavemet 27-44 g / tex arasındadır. Jüt lifi selüloz kısmı, 1,4-b-glukosidik bağlantı ile bağlanmış glikopiranoz ünitesinin doğrusal zincirinden oluşur. Doğada kristal şeklinde bulunur. (Ammayappan ve ark., 2016; Das, 2017). Öte yandan, hemiselüloz kısmı ksilan, pentosan vs. den oluşur ve doğası gereği şekilsizdir. Bununla birlikte, jüt lifinin hemiselüloz kısmı, alkali ve yüksek sıcaklık varlığında bozulma eğilimindedir. Genel olarak, doğal selülozik elyaf, sentetik elyaflara karşı takviye malzemesinin avantajına sahiptir. Takviye malzemesi dışında, doğal lifler de düşük maliyet, karşılaştırılabilir özgül güç, düşük yoğunluk, düşük kirletici emisyonları, akustik özellikler, düşük enerji gereksinimi, geniş kullanılabilirlik, yenilenebilir doğal kaynak vb. gibi avantajlara sahiptir (Ammayappan ve ark., 2016; Das, 2017; Teli ve Pandit 2017). Bast liflerinin bitki kaynağındaki iç yapısını da mikro lifler lif eksenine göre iyi hizalanır. Hidrofobik reçinelerle uygulamalar da yüksek nem emilimi, zayıf ıslanabilirlik, düşük boyutsal stabilite, orta derecede yüksek sıcaklıkta hızlı yaşlanma gibi çoklu eksiklikler yüksek teknolojiye kullanımını sınırlar. Bu problemlerin üstesinden gelmek için, literatürde tanımlandığı şekilde bazı fiziksel, kimyasal ve yüzey işlemlerine ihtiyaç vardır (Das, 2017; Das ve Bhowmick, 2015).

1.3. Doğal Hammaddelerden Üretilen Alternatif Lifler

Pamuk gibi selülozik liflerin hammaddesi olan bitkiler geçmişten günümüze kadar tercih edilmekte olan doğal malzemeleri oluşturmuşlardır. Şimdilerde dut yaprağı, hindistan cevizi lifi, bambu, soya fasulyesi, ısırgan otu, sisal, ananas yaprağı, muz ağacı gibi doğal materyallerden elde edilmekte olan lifler yenilikçi iplik ve kumaşların üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Kendilerine özgü karakteristiklerinden ve estetik özelliklerinden dolayı, doğal, alternatif, yenilenebilir lifler konusundaki çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Ve bu liflerin kullanım alanları yaygınlaşmaktadır.

Çizelge 1.2. Dünyada kişi başına tüketilen toplam elyaf miktarının yıllara göre dağılımı (Okur, 2006)



Lif üretim yöntemlerinde yeni hammaddelerin geliştirilmesi biyoteknolojik buluşlar sayesinde mümkün olmaktadır. Bu yeni liflerden oluşturulan kumaşların üretilmesi için iplik ve lif üreticileri farklı biyolojik esaslı ürünlerle çalışmaktadırlar. Bu çalışmalara ait avantajlar aşağıda belirtildiği gibi sıralanabilir (www.legsource.com/Consumers/ingeo-fiber-06-05.html - 10k);

- Ürünlerin doğal ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesi
- Doğadan gelmesi ve atık formuna geçtiğinde de biyobozunur olarak doğaya geri dönmesi
- Eskiler de yaygın olan sentetik liflerden daha fazla çevre dostu olması
- Tükennemekte olan doğaya zararlı petrol kaynaklarına bağımlı olmamasıdır.

Biyoteknoloji ve polimer bilimi alanlarındaki gelişmeler sayesinde lif takviyeli kompozit maddelerin de gelişmesi ile, doğal hammaddelerden üretilen liflere yönelik araştırmalar hızla artmıştır. Tekstil sanayinde yeni alternatif bitkisel kaynaklı liflerin gelişmesi ile tüketicilerin çevreye zarar vermeyen, doğal ürünlere olan taleplerini büyük ölçüde karşılayacağı düşünülmektedir. Farklı endüstriyel uygulamalara elverişli olan doğal selülozik lifler ilk olarak mısır bitkisinin yapraklarından üretilmiştir. Aynı zamanda mısır bitkisinin yapraklarından elde edilen lifler pamuk ve ketene benzer özellikler göstermektedir. Doğal hammaddelerden üretilen yenilikçi liflerin bazılarının özelliklerini şu şekilde özetlemek mümkündür:

1.3.1. Lyocell Lifi

Lyocell, çok yönlü kullanım alanlarına sahip rejenere selüloz liflerinin gelişmiş türlerindendir. Lyocell lifleri farklı özellikleri sayesinde teknik tekstiller, giysi, ev tekstilleri gibi geniş alanlarda kullanılmaktadır ve diğer tekstil liflerine kıyasla %100'e yakın geri dönüş oranlarına sahiptirler. Bu sebeple ekolojik olarak alternatif sunmaktadır (Canoğlu ve ark., 2001). Lyocell liflerinden üretilen ürünler ipeğimsi bir yumuşaklığa sahiptirler ve yıkamaya karşı dayanıklılıkları çok yüksektir. Bu gibi avantajları sayesinde yaygın kullanım alanına sahiptir. Lyocell liflerinden elde edilmiş çeşitli ürünler aşağıda belirtilmiştir. Bunlardan bazıları (Canoğlu ve ark., 2001);

- Manto, elbise, spor giyim ürünleri, kazak, çorap, bayan veya bay iç giyim
- ürünleri, hijyenik ürünler,
- Nevresim takımlarında örtü, yastık, paketlenme malzemesi, perde,
- Yağmur ve güneş şemsiyesi, temizlik bezleri, çadır bezi,
- Yataklarda dolgu maddesi, halı ve halı tabanı,
- Teknik kullanım alanlarında; elektrik ve kahve filtresi, otomobil sanayi,

Filtreler, transport bantları için sanayi için temizlik kâğıtları, kâğıt hamuru, iğneli keçe olarak özetlenebilmektedir.

1.3.2. Soyafasülyesi Lifi

Soyafasülyesi fonksiyonel lifi oldukça gelişmiş tekstil lifidir. Soya fasülyesinden yün benzeri liflerin geliştirilmesi teknolojik yeniliktir. Doğal protein lifleriyle aynı özelliklerde, ekonomik ve yumuşak liflerin üretilmesi, bilim adamları ve tekstil üreticileri tarafından uzun süredir hedeflenmektedir (Blackburn, 2005). Soyafasülyesi fonksiyonel lifinin başlıca özellikleri şu şekilde sıralanmaktadır (www.itkib.org.tr/hedefcurrent/200411_kasim/OZHBRSYA2.htm, 2019) :

- Gözenekli yapısı sayesinde kuru, ferah tutmaktadır.
- Akıcı, yumuşak, pürüzsüz, düz etkiye sahiptir.
- Parlak, hafif ve yumuşak bir liftir.
- Anti bakteriyel özelliği sayesinde hastalık faktörlerinin etkili bir şekilde önlenmesini sağlayan bir yapıya sahiptir.
- % 99.7'e kadar zararlı ultraviyole ışınlarını emme yüzdesi ve % 87' ye kadar kızıl ötesi ışınlarını yayma özelliği vardır. Bu sayede deri

hücrelerinin ölmesine engel olur, kılcal damarlarda kan dolaşımını düzenler ve termal etki yapar.

- Elektronik cihazlarla yayılan belirli boylardaki elektromanyetik dalgaları %77'ye varan oranlarda engellemektedir.

1.3.3. Isırgan Otu Lifi

Isırgan Otu Lifi, I. ve II. dünya savaşı dönemlerinde pamuk lifine alternatif olarak kullanılmıştır. Anadolu'da *Urtica urens*, *Urtica pilulifera* ve *Urtica dioica* türleri bulunur ve üç türde tekstil lif kaynağı olarak kullanılabilir. 1990 yıllarından sonra ısırgan otu lifinin tekstilde kullanımı yeniden ortaya çıkmıştır. Lif üretme yöntemleri kenevir ve keten liflerine benzemektedir. Isırgan otu lifi kenevir, pamuk ve keten gibi doğal liflerin alternatifi olarak düşünülmektedir (www.ienica.net/crops/nettle.htm, 2019). Isırgan otu lifleri, bitkinin gövdesi boyuca uzamaktadır. Bu lifler pektin olarak isimlendirilen bir maddeyle birbirlerine yapışmıştır. Liflerin ayrılabilmesi için pektin uzaklaştırılmalıdır. Isırgan otundan lif üretilmesi uzun süreli ve zor bir süreçtir. Fakat bilim insanları bu süreci kolaylaştırmak ve hızlandırmak için proses koşulları üzerinde çalışmalar yapmaktadır (www.noisenet.ws/articles/index.php, 2019). Isırgan otu lifinin uzunluğu mısır pamuğu gibi 0,75 - 2,5 inç aralığındadır. Ağartma ve boyama işlemleri pamukla benzer şekilde gerçekleşmektedir (www.botanical.com/botanical/mgmh/n/nettle03.htm, 2019).

1.3.4. Bambu Lifi

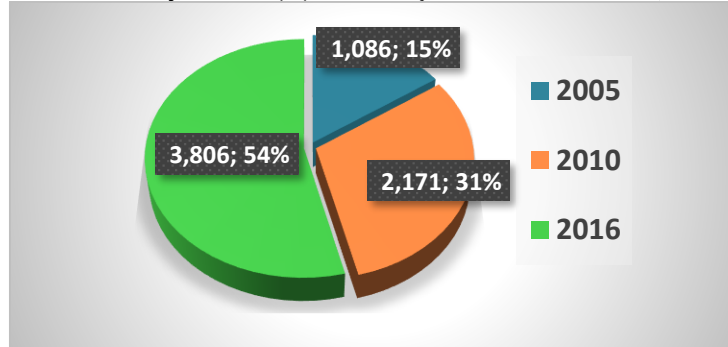
Tekstil sektöründe kullanılan bambu lifi, üretim ve gelişim süresince Asya kökenli olup, Moso bamboo (*Phyllostachys heterocycla pubescens*) olarak isimlendirilen bambu türünden üretilmektedir. Bambu lifi doğal yapısı ile biyolojik olarak ayrışabilme, anti bakteriyel özelliği, yumuşaklık ve parlaklık, UV ışınlarını

kırma, yüksek oranda nem tutma kapasitesi gibi özellikleri sayesinde tekstilde yaygın kullanım alanı oluşmakta ve diğer selülozik liflere alternatif sunmaktadır.

1.4. Doğal Liflerin Dünyadaki Pazar Payı

Dünya da doğal lif kompozitleri pazarlama sektörü 2010' da 2,1 milyar dolardır ve geçen 5 yılda %15 lik bir artış görülmektedir. Doğal lif kompozit uygulamaları en çok otomotiv ve yapı sektöründe bulunmaktadır. Yapı ve inşaat sektöründe odun plastik kompozitleri kullanılır. Fakat kenevir, hint keneviri, keten gibi iç kabuk lifleri otomotiv sektöründe tercih edilmektedir. 2016 yıllarına kadar doğal lif kompozit sektörünün 3.8 milyar dolara yükseleceği düşünülmektedir. Çevre bilincinin artması, petrol kaynaklarının giderek tükenmesi ve petrol esaslı ürünlerin fiyatlarının yükselmesi ile ülkeler çevre dostu doğal lif ve bunlardan oluşmuş kompozit ürünlerini desteklemektedir. Doğal lif kompozitlerinin yıllara göre potansiyel pazarı Çizelge 1.3' de verilmektedir.

Çizelge 1.3. Doğal lif kompozitlerin yıllara göre potansiyel pazar payı (2005-2016 dönemi-milyon dolar) (Dönmez Çavdar ve ark., 2016).



Doğal lif kompozit sektörü; odun lifi ve odun dışı lifleri olarak iki ayrı sektör olarak incelenmiştir. Odun lifleri daha çok yapı sektöründe kullanılır. Odun dışı lifleri ise en çok otomotiv sektöründe kullanılmaktadır. Otomotiv uygulamalarında en büyük bölge Avrupadır. Yapı ve inşaat uygulamalarında Kuzey Amerika başı çekmektedir (Lucintel, 2011).

Çizelge 1.4. Çeşitli Sektörlerde Doğal Liflerin Potansiyel Uygulamaları

Sektör	Uygulama
Uzay	Kuyrukları, kanatları, pervaneleri, helikopter fan kanatları
Otomotiv	Kapı çerçeveleri, kapı kepenkleri, pencere çerçevesi, ayna muhafazası
Deniz	Tekne gövdeleri, oltalar
Yapı ve İnşaat	Çatı levhaları, tuğlaları, mobilya panelleri, depolama tankları, boru hatları
Spor ve hobi ürünleri	Buz pateni panoları, bisiklet çerçeveleri, beyzbol sopaları, tenis raketi, çatal, kask, posta kutuları
Elektronik Aletler	Dizüstü bilgisayar ve mobil çantalar, talaş panoları, projektör ve voltaj sabitleyici kapak
Diğerleri	Kömür tozu taşıyan borular, silah yapımı, tekstil, endüstriyel fanlar, kağıt ve ambalaj

Örneklerle göstermek istersek;

Reddot yarışmasında 2014 yılında *Şekil 1.1*.da görülen Creative Aurvana Live!2 adlı kulaklık bio-selüloz kullanılarak üretilmiştir ve yüksek performans sergilemiştir.



Şekil 1.1. Creative Aurvana Live!2 (URL-1, 2014)

Material Vision, teknik tekstiller fuarında doğal liflerden yapılan monoblok bir sandalye sergilemiştir. *Şekil 1.2*. de görülen kenaf ve kenevirden yapılmış olan bu sandalye hafif ve mukavemetlidir.



Şekil 1.2. Doğal liflerden yapılan sandalye (URL-5, 2014)

Libeco firması keten kullanarak; rüzgar, sörf bordu, kano, tenis raketleri, kayak malzemeleri, olta takımları ve golf sopalarını üretmiştir. Ve bu ürünler kevlar ve cam elyafından yapılan alternatiflerine göre üstün 37 titreşim absorblama özelliklerine sahiplerdir. Düşük özgül ağırlıklara sahip olmaları da, karbon lifinden yapılan alternatiflerine göre avantaj sağlamaktadır. BASF aynı zamanda poliüretan kullanarak Elastolit markasıyla bisiklet, kayak, futbol, skuter tekerlekleri ve golf malzemeleri üretmektedir. Permaskin markası ile de balon kaplama gibi bitim işlemleri uygulamaktadır. Emisyonların düşürüldüğü, kaynakların verimli kullanıldığı, daha az enerji, daha az kaynak tüketen, su ihtiyacı ve çevreye etkisi daha az olan bu tür ürünlerin geliştirilmesi sürdürülebilir bir gelecek için büyük bir adımdır (Pala, 2015).

1.5. Doğal Liflerin Avantajları ve Dezavantajları

Doğal lifler; ekonomiklik, yüksek elastikiyet modülü ve özgül dayanıklılık, düşük yoğunluk, lif yüzey modifikasyonunun kolaylığı, çevre dostu ve prosesi kolaylığına sahip olması, aşınmaya dayanıklı, yenilenebilirlik ve biyobozunabilir özelliği, kullanım ömrü bitiminde biyokütle olarak yakma suretiyle enerjinin geri dönüşümü, üretim sırasında daha az enerji gereksinimine sahip olması, daha az sağlık ve güvenlik riski taşıması, kolay şekil verilebilir olması, glass fiber esaslı

kompozitlerle yarışabilecek düzeyde spesifik mekanik özelliklerine sahip olması, CO₂ dengesi, iyi akustik ve termal yalıtım özelliklerinin olması ve geri kazanılabilir olması gibi birçok mükemmel karakteristik özelliklere sahiptir. Günümüzde polimer matrisi içinde güçlendirici-dolgu maddesi olarak da kullanılmaktadırlar (Puglia ve Kenny, 2009; Joshi ve ark. 2004; Njuguna ve ark. 2011). Aynı zamanda doğal lifler çok yüksek oranda polimer matrisine ilave edilebilmektedirler (Clemons, 2002; Kylosov, 2007). Doğal lifler biyolojik olarak çözünebilirler ve geri dönüşümlü bir materyaldir. Ek olarak yanma sırasında kalıntı bırakmaksızın daha az kirliliğe neden olurlar ve ortaya çıkan termal enerjiye kolayca dönüşebilmektedirler (Santos ve ark. 2008). Doğal liflerin liflendirilebilmesi sentetik liflere kıyasla daha kolaydır ve çok daha az çevresel kirliliğe neden olurlar. Fosil yakıta bağlı olan sentetik liflerin üretimi doğal liflere kıyasla yaklaşık 10 kat daha çok enerji gerektirmektedir (Corbiere ve ark. 2001; Patel ve ark. 2002). Doğal lifler genel özellikleri nedeniyle tekstil endüstrisi, kağıt üreten sanayi ve biyoenerji alanları ve daha bir çok alanda uygulanırlar.

Doğal liflerin üretim sırasında kümelenmeye yatkın olması, düşük çalışma sıcaklığı ihtiyacı (<200°) ve nemden etkilenmesi, polimer takviyesi olarak doğal liflerin kullanılmasını kısıtlamaktadır (Bismarck ve ark. 2006). Doğal liflerin rutubet içermesi proses sırasında bazı problemlere sebep olabilmektedir (Clemons, 2002). Fakat kümelenmeyi önleyici ajanlar gibi katkı maddelerinin kullanımı ve doğal liflerin üretim öncesinde kurutulması gibi ön işlemler ile bu oluşabilecek problemler azaltılıp engellenebilir.

Doğal lif olan lignoselülozik içerikli tarımsal atıktırın ekonomik değeri çok düşüktür. Buna rağmen hacimsel olarak çok yer kapladıkları için depolanmalarında problemler olabilmektedir. Bu dezavantajlara rağmen son 10 yılda doğal liflerin termoplastiklere ilave edilmesi ile oluşan doğal polimerlerle ilgili çalışmalar artmıştır ve artmaya devam etmektedir (Santos ve ark. 2008; Donmez Cavdar ve ark.

2011; Donmez Cavdar ve ark. 2015; Boran, 2016). Doğal liflerin avantaj ve dezavantajlarını bir tablo ile özetlemek olursak;

Çizelge 1.5. Doğal liflerin avantajları ve dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
Düşük özgül ağırlık, camdan daha yüksek özgül güç ve sertlik sağlar	Düşük güç, özellikle darbe dayanımı
Yenilenebilir kaynaklardan az enerji ile üretim	Değişken kalite, hava koşullarına göre etki
Düşük maliyetle, düşük yatırımla üretim	Düşük nem direnci, liflerin şişmesine neden olur
Kolay işlenebilme, alet aşınması ve cilt tahrişinin olmaması	Sınırlı maksimum işlem sıcaklığı
Yüksek elektrik dayanımı	Düşük dayanıklılık
İyi ısı ve ses yalıtımı özellikleri	Zayıf yangına dayanıklılık
Geri dönüşümlü	Zayıf lif / matris yapışması
Termal geri dönüşüm mümkündür	Hasat sonuçlarına veya tarım politikalarına göre fiyat dalgalanması

1.6. Palmiye Bitkisi

Palmiye bitkisinin bilimsel Sınıflandırması:

- Âlem: Plantae
- Bölüm: Magnoliophyta(Kapalıtohumlular)
- Sınıf: Liliopsida
- Takım: Arecales
- Familya: Arecaceae
- Cins: Arecale spp Palmiye (Lat. Palma),

Palmyegiller familyasından çeşitli ağaçlara genel olarak verilen isimdir. Neredeyse tüm kıtaların tropikal bölgelerinde yetişebilirler. Diğer ağaç türleri gibi gövdeleri dallarla kaplı değildir. Hindistancevizi ve hurma gibi çeşitli türlere sahiptir. Palmiye ağacı, ağaç türleri içerisinde en çok kullanım alanı olan ve en değerli ağaçlardandır. Bakımı ve yetiştirilmesi zor olmasına rağmen, iklimsel nedenlerden dolayı dar alanlarda yetiştirilen bir ağaç türü olmasına rağmen palmiye ağaçları çok ender ve çok değerli ağaçlardır. Palmiye ağaçlarının yaklaşık 220 çeşit ağaç türleri vardır. Tür çeşitliliğinin zenginliğinden dolayı palmiye ağaçların bir o kadar da kullanım alanı vardır. Yapılan bu tez çalışmasında Akdeniz Palmiye türü kullanılmıştır. Palmiye ağaçlarını diğer ağaç türlerinden ayıran bir diğer husus ise ağacın yapısal olarak diğer ağaç türlerine benzememesidir. Palmiye ağaçları gövde ve yapraklardan oluşmaktadır. Hiçbir bölümünde dal bulunmaz. Gövde üzerinde yapraklarla örtülü bir ağaçtır. Bu özelliğinden kaynaklı çoğu ülkelerde süs ağacı olarak yetiştirilmektedir. Ve dolayısıyla ekonomiye olan katkısı yüksektir, yetiştirilen ülkelerde önemli bir ekonomik paya sahiptir. Palmiye ağaçları, boy olarak 30 metreye kadar yükselmektedir. Uzunca bir gövde etrafı yapraklarla çevrili bir ağaçtır. Palmiye ağaçlarının dünya genelinde ki öneminin bir diğer örneği ise Haiti ve Guam ülkelerinin bayraklarında simge olarak yer edinmiş ve Güney Karolina ve Florida gibi Amerika eyaletlerinde de bayrakların ana simgesi olmuştur. Bunların yanında tarihsel değerinin ölçütü olarakta Mısır'daki pramitlerde palmiye başlıklı sütunlar bulunmaktadır (<http://www.nkfu.com/palmiye-agaci-ozellikleri/>, 2019).

Palmyegiller ailesinden olan palmiye ağaçları ülkemizde sıkça görülmekte olan ve büyük şehirlerde sokaklarda, caddelerde yaygın olarak çevre düzenlemesi için kullanılan ağaçlardandır. Palmiye ağacının özelliklerini genel olarak sıralar isek;

- Nemli ve sıcak ortamları sevmektedir.
- Bol sulu ortam ister fakat sulanmasa bile varlığını sürdürebilir.

- Palmiye ağaçlarında yukarı yölu uzama çok küçük dönemlerde başlar. Uzakıkça aşağıda bulunan dallar kurumaktadır.
- Düzenli olarak palmiye ağaçları budanmaya ihtiyaç duyar.
- Budama işlemi profesyonel bilgi gerektirmektedir.
- Ağacın tohumları ve sürgün bölgesi zarar görmemelidir. Bu durum ağacı öldürebilir.

1.6.1. Palmiye Ağacının Yetiştirildiği Bölgeler ve Yetiştirilmesi İçin Gerekli İklim Yapısı

Tropik bir ağaç türü olan palmiye ağacı ülkemizde Ege, Akdeniz bölgesine büyük uyum göstermektedir. Genel olarak sıcak şehirlerde yetişen palmiye ağacı İstanbul’ da ve Marmara bölgesinde soğuk mevsimlere direnmekte fakat Van, Ağrı, Erzurum gibi eksi hava sıcaklığının uzun süre devam ettiği şehirlerde hayatta kalamamaktadır. Bu nedenle Akdeniz, Ege, Marmara bölgelerinde yaygınlaşmamıştır. Palmiye ağaçlarının en büyük özelliği suya olan düşkünlükleridir. Fakat bu su ihtiyacı aşırıya kaçarsa ise palmiye ağacının dibinde su havzası oluşur ve bu durum hem köklerin sağlam tutunmasını engelleyecek hem de çürümeye başlatacaktır. Palmiye ağaçları, genel olarak akdeniz iklimi ve tropikal bölgelerde yetiştirilmektedir. Palmiye ağaçlarının yetiştirildiği ülke ve bölgeleri kısaca sıralayacak olursak; yaygın olarak Asya Kıtası’nda; Çin’de ve az da olsa Türkiye’de, Afrika Bölgesi ve özellikle Kuzey Afrika ülkeleri olan; Mısır, Fas, Cezayir gibi ülkelerde geçim kaynağı olarak hurma familyesi yetiştirilmektedir. Ve son olarakta Büyük Okyanus Adaları olan Tahiti, Fiji ve Guam adalarında yaygın olarak yetiştirilmektedir (<http://monopalmiye.blogspot.com/2009/05/palmiye-nedir.html>). Doç. Dr. Ragıp Esener, ülkemizin Ege bölgesinde bulunan Köyceğiz bölgesinde ki 60 dönümlük bataklık araziye palmiye ve binin üzerinde türde tropik ve subtropik bitki üretmeye başladı. İngiltere, Avustralya, Kanada, ABD ve Afrika’daki palmiye derneklerinin de yardımıyla kurulan bu bölge Palmiye Merkezi

olarak adlandırıldı. Şu anda Palmiye Merkezi'nde 150 palmiye çeşidi bulunmaktadır.

1.6.2. Palmiye Ağacı Türleri ve Yaşam Süreleri

Ülkemizde palmiye ağaçlarının %100 ü dekor amacıyla kullanılmaktadır. Ürün vermeyen palmiye ağaçları ülkemizde bu sebeple tercih edilmektedir. Oldukça uzun yaşayan bu ağaçlar bu nedenle kesim ya da kullanım için uygun değildir. Gençlik yaşlılık dönemleri arasında 30 yıl olabilmektedir. Ağaç bu dönemlerinde ihtiyaç duyduğu ortamı yakalayabilirse yaşam süresi uzamaktadır. Palmiye ağaçlarının birçok farklı türü vardır. Bu türlerden Rhaps palmiyesi serin ortamları seven bir tür olarak öne çıkmaktayken, Areka palmiyesi 20 derece sıcaklığın altına düşmeyen ve daha çok evde bakımı tercih edilen bir palmiye türüdür. Lisistonya palmiyeler arasında en dayanıklı olan türdür çünkü 5 dereceye kadar düşen sıcaklıklarda bile ayakta kalmayı başarır. Likuala palmiyesi gösterişli görünüşü ve büyük yapraklarıyla öne çıkmaktadır. Bu nedenle bakımının daha sık yapılması gerekmektedir. Cüce palmiye daha çok ev içinde tercih edilen ve yapraklarının sahip olduğu altın sarısı rengi ile büyük bir ihtişam sunan palmiye çeşididir. Eski Mısır da kraliyet simgelerinden biri de Cüce palmiye ağaçlarıdır. Ketinya ise ülkemizde en yaygın olan palmiye türüdür. Son derece yavaş büyür bu nedenle sadece süs olarak kullanılır. Palmiye ağacı ülkemizin %75'inde yetişebilmektedir. Hindistan cevizi olarak bilinen ağaç da bir palmiye türüdür. Çok uzun bir ömre sahip değildir ve meyve vermektedir (<http://www.bitkicenter.com/palmiye-agaci-meyvesi/>, 2019).

1.6.3. Palmiye Ağacının Ekonomi Olarak Kullanım Alanları

Palmiye ağaçlarının kullanım alanları oldukça yaygındır. Her bölgede farklı bir amaç doğrultusunda yetiştirilmektedir. Fakat ekonomi amacıyla yetiştirilen en yaygın çeşidi hindistan cevizidir. Hindistan cevizi, ağaç yapısı olarak uzundur ve en tepesinde toplu olarak küre şeklinde sert bir kabuğa sahip meyvedir. Hindistan

cevizleri tüketilen gıdaların dışında ilaç sektöründe de kullanılmaktadır. Bir diğer kullanım alanı ise hurma ağaçları olan çeşididir. Cezayir, Fas gibi bölgelerde yetiştirilen palmiye hurma ağacının kullanım alanı oldukça yaygındır. Bir o kadarda ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır. Bunların dışında palmiye ağaçları; nişasta, yağ gibi besinler olarak kullanılmaktadır. Palmiye ağaçlarından bir diğer ekonomi amaçlı kullanım ise; palmiye ağaçlarının ortasından delikler açılmaktadır ve bu deliklerden akan sıvılar içki sanayisinde kullanılmaktadır. Yapılan bu tez çalışması ile de görülmüştür ki; palmiye ağaçlarından elde edilen lifler oldukça mukavemetli ve hidrofil bir yapıya sahiptir. Bu sebeple erezyon önleme gibi sistemlerde de kullanımı yüksektir. Hidrofillik özelliğinin yüksek olması sebebi ile çocuk bezleri, kadın hijyenik pedlerin yapısında kullanılabilmektedir. Bir çok özelliği sayesinde kompozit madde yapımında kullanılarak otomotiv sektöründe büyük öneme sahiptir. Görüldüğü üzere palmiye ağaçlarının zengin çeşitleri ile birlikte kullanım alanlarında oldukça zengin ve çok değerli ağaç türleridir (<https://www.agac.gen.tr/palmiye-agaci.html>, 2019). Palmiye ağacının en büyük özelliği oldukça sağlam gövdesi ve içerdiği yağ oranı ile inanılmaz yanıcı bir ağaç olmasıdır. Palmiye bitki meyvesi yağ içeriği bakımından çok zengindir. Ve bu palmiye bitkisinin tercih sebeplerindendir. Yüksek tohum üretebilme özelliğine sahip palmiye ağaçları yaklaşık 250000 civarında tohum oluşturabilirler. Ve bu tohumların boyları türden türe değişmektedir. 2 mm lik boylarda olabileceği gibi portakal meyvesi boyutlarında da olabilmektedir. Bu tohumlar oldukça yağlıdır. Enerji üretmek, biyogaz olarak ve yakma işlemlerinde çok kullanım alanına sahiptirler.

Çizelge 1.6. Önemli bitkisel yağların dünyada ki üretim değerleri

Bitkiler	Üretim Değerleri (Milyon ton)			
	2000	2001	2002	2003
Soya Fasülyesi	25.1	27.4	30.1	31.1
Kolza	13.5	12.5	12.4	11.9
Pamuk Tohumu	3.8	3.9	3.8	3.8
Yer Fıstığı	5.0	5.3	5.1	5.8
Ayçiçeği	10.0	8.4	8.1	8.5
Hindistan Cevizi	3.4	3.7	3.2	3.4
Palmiye Çekirdeği	2.8	3.1	3.2	3.4
TOPLAM	94.9	97.7	100.3	105.5

Çizelge 1.6 da görüldüğü gibi; dünyada 2000 yılında toplam bitkisel yağ üretimi 94.9 milyon ton iken, 2003 yılında 105.5 milyon tona yükselmiştir. Palmiye bitkisinin çekirdeğinde görüldüğü gibi 2003 yılında 3.4 milyon ton olarak bitkisel yağ üretiminde kullanılmıştır.

Palmiye ağaçları besin, ilaç sektörü, alkol yapımı, bitkisel yağ yapımı gibi alanlarda kullanılmasının yanında gövdesinde ve yapraklarında ki lif içeriğinin yüksek olması bakımından hertürlü tekstil uygulamalarında kullanılabilmelidir. Fakat bunla ilgili daha önce detaylı bir çalışma yapılmamıştır. Bu tez çalışmasında palmiye bitkisinin içeriğindeki lifler çeşitli fiziksel ve kimyasal metodlarla ayrıştırılıp elde edilmiştir. Ve yapılan testler sonunda ulaşılan sonuçlar palmiye lifinin her türlü tekstil alanında ve doğal lif kompozit yapımında kullanılabileceği kanıtlanmıştır. Ayrıca hidrofilik özelliğinin ve mukavemetinin çok yüksek olması sebebi ile erozyon önleyici olarak erozyon bölgelerine serilerek de kullanılabileceği belirlenmiştir.

Bitkisel materyallerin liflerini çıkarabilmede en önemli etken bitkisel içeriğin lignoselülozik yapısıdır. Ligno selülozik yapı içerisindeki selüloz miktarı ne

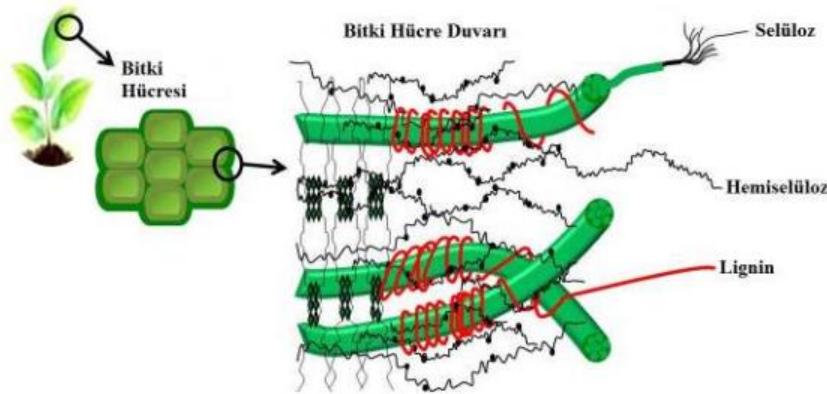
kadar çok ise lif oluşumu okadar verimlidir. Bu sebeple ligno selülozik yapı detaylı bir şekilde bilinmelidir.

1.6.4. Palmiye Lifleri

Palmiye yaprak ve kın liflerinin hücreleri palmiye yaprağı içerisinde elyaf demetleri halinde bulunmaktadır. Palmiye lifleri, hasat işleminden sonra yaprakların üst yüzeylerinde bulunan epidermis tabakasına çeşitli biyolojik, mekanik ve kimyasal işlemler uygulanarak uzaklaştırılıp lif demetlerinin ortaya çıkartılmasıyla üretilmektedir. Çeşitli kimyasal bileşenin bir araya gelmesiyle oluşan palmiye lifleri, yüksek oranda lignin ve polisakkarit içeren, aynı zamanda az miktarlarda da olsa vaks, yağ, üronik asit, pentosan, renkli pigmet, anhidrid, pektin ve inorganik maddeler içeren çok hücreli lignoselülozik liflerdir. Palmiye lifleri, küçük ve ince lif hücrelerinin bir araya gelerek oluşturduğu ipliksi bir görünüme sahiptir. Lif enine kesitinde, lif hücreleri kompakt bir yapı oluşturmaktadır. Silindirik lif hücrelerinin, hücre çeperlerindeki lignin oranları yüksek ve uç kısımları kavislidir. Dar bir lümene sahip palmiye yaprağı liflerinin selüloz oranı %30-45 arasında tespit edilmiştir.

1.7. Lignoselülozik Bileşikler

Selülozik maddeler doğal morfolojisinde selüloz, lignin ve hemiselüloz ile birlikte bulunurlar.



Şekil 1.3. Lignoselülozik maddelerin yapısı (Ratanakhanokchai ve ark., 2003)

Görüldüğü gibi bitki lifleri selüloz, hemiselüloz ve lignin birbirlerine bağlı yapılardır. Selüloz ve hemiselüloz, karbonhidratlardandır ve polisakkaritler veya şeker polimerleri grubundadırlar. Pektinler ve balmumu maddeleri gibi yüzey safsızlıkları da içermektedirler. Bitkisel liflerin en önemli bileşeni selülozdur. Selüloz, organik yapısı içinde hidrojen bağları oluşturan üç hidroksil grubu içerir, üçüncü ise moleküller arası hidrojen bağları oluşturur. Bitkisel liflerin çıkarılabilmesi için selülozun hemiselüloz ve ligninden arındırması gerekmektedir.

Hemiselüloz, esas olarak ksilan, polyuronid ve heksosandan oluşur. Doğal liflerin kimyasal bileşimi, liflerin türüne, kaynağına, yaşına ve ekstraksiyon metodolojisi sırasında uygulanan işlemlere dayanmaktadır. Bitki kaynaklarından elde edilen doğal lifler çoğunlukla tropik bölgelerde ve karasal ormanlarda bulunurlar. Günümüzde, bu bitki lifleri biyolojik olarak parçalanabilirliğe ve yenilenebilir özelliklere sahip olduklarından çevre dostu olarak kabul edilmektedir (Das ve Chakraborty, 2008; John ve Anandjiwala, 2008).

Lignin, lifleri demetlere tutturmak için geliştirilmiş, üç boyutlu bir kimyasal bileşiktir ve lignin içeriği lif yapısını sert yapar. Lignin büyük polimer moleküllerinden oluşmaktadır ama selüloz ve hemiselülozdan farklı olarak alifatik ve aromatik gruplar da içermektedir. Lignin temelde, benzen halkasına yandan üç karbon atom zinciri ile bağlanmış olan fenil, propandan türevlenmektedir. Bu yapı, aralarında çok çeşitli şekillerde karbon, karbon veya karbon-oksijen-karbon (eter) bağları ihtiva ederek lignine üç boyutlu ve komplike bir strüktür(yapı) kazandırır. Lignin atomik halkalarına (H_3CO-) formülündeki metoksil grupları bağlanmıştır. Bu metoksil gruplarından bazıları kraft selülozu üretiminde kükürt ile parçalanarak kötü kokuya sebep olan merkaptanları oluştururlar.

Selüloz liflerini elde edebilmek için bağlayıcı olan lignin ve hemiselülozun selülozdan ayrılması gerekmektedir. Lignin, hemiselüloz gibi bağlayıcıları ayrılmış selüloz lifleri serbest kalmaktadır ve bu lifler dünyamızda tekstil, otomotiv,

jeotekstil, inşaat, ambalaj, sağlık, tarım, hijyen, endüstriyel ve askeri gibi bir çok sektörde farklı amaçlarda kullanılmaktadır. Bu amaçla; kağıt imalatçıları lignini ayırmak için iki yöntem kullanmaktadır. Bunlardan birisi sülfite metodu olup, odun, H_2SO_3 asidinin tuzları ile pişirilerek lignin izole edilmekte, diğeri de kraft metodu olup, odun sodyum hidroksit ve sodyum sülfür çözeltilerinde pişirmek suretiyle lignin ayrıtılmaktadır (Huş, 1971).



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1 Selülozik Materyallerle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Seventekin ve ark. (2006), doğal bambu lifleri hakkında çalışmışlardır. Bambu bitkisinden bambu liflerinin elde edilme yöntemleri şu şekilde sıralanabilir;

- 1) Bambu bitkisi belli basınç altında kaba bir şekilde ezilmektedir.
- 2) Ezilen bambu öğütücüde işlenerek liflere ayrılmaktadır.
- 3) Bambu lifleriyle karışmış ince kabuklar ve atıklar ayrışmaktadır.

Bu işlem suda batırma-daldırma veya mekanik yolla yapılabilmektedir. İkinci adımından sonra üretilen bambu lifleri taşıyıcıdan konveyör banda oradanda çift besleme silindirine aktarılırlar. Silindirlerden geçen lifler dönen tamburun üzerinde bulunan üçgen dişler vasıtasıyla dağınık bir halde konveyör banda taşınmaktadır. Kısa lifler ve ince kabuklar bu konveyör banda taşınmamaktadır ve bıçaklar sayesinde döküntü-telef haznesinde biriktirilerek ayrılmaktadır. Suda (daldırma-batırma) ayırma işleminde ise ikinci aşamanın ardından üretilen bambu lifleri suya bırakılır. Bambu lifleri ile karışık olan artıklar su yüzeyinde yüzmektedir, bu ayırma işleminden sonra kabuklar ve lifler ayrılmaktadır. Daha sonra çeşitli eğirme yöntemleri ile elde edilen bambu lifleri karakterizasyonlarını belirlemek amacıyla çeşitli işlemlere tabi tutulmuştur ve yaklaşık olarak %50'sinin selüloz, % 30'unun ligninden oluştuğu gözlenmiştir. Düşük ve orta kalınlıktaki iplik üretimi için uygunluğuda tespit edilmiştir.



Şekil 2.1. İnce, işlenmemiş ve tekstilde kullanılan doğal bambu lifleri

Duran ve Namlıgöz, (2006), rami lifleri ile çalışma gerçekleştirmişlerdir. Rami liflerinin kimyasal yapısında selüloz içeriğinin % 68,6, hemiselüloz içeriğinin % 13,1, lignin içeriğinin %0,6 olduğu bildirilmiştir. Rami, yalnızca giysilik amacıyla değil endüstriyel alanlarda kompozit maddesi olarak da kullanılan bir lif türüdür. Selüloz dışı maddelerden dolayı rami kumaşlar zayıf elastikliğe ve kaba, sert bir tutuma sahiptir. Bu gibi mekanik özelliklerinin geliştirilmesi de bu yüzden oldukça önemlidir. Rami esaslı dokuma kumaşlar, ilk olarak haşıl sökme, sonra enzimlerle ön terbiye işlemine tabi tutulmaktadır. Farklı ticari enzim karışımlarıyla yapılan çalışmalarda amaç, pektinin ramiden uzaklaştırılması ve enzimlerin lifde ki elastikiyet etkilerinin araştırılmasıdır. Bu amaçla üç çeşit ticari enzimin karışımıyla çalışılmaktadır. 1. Ultrazyme 40 L: Pektintranseliminaz, pektinestraz, hemiselülaz ve poligalakturonaz karışımı, 2. Viscozyme L: Xyranaz, Arabanaz, β -glukanaz, hemiselülaz ve selülaz karışımı, 3. Cellusoft L: Trichodermadan elde edilen selülaz.

Çizelge 2.1. Enzimlerin etkisi ile numunelerin pektin miktarlarındaki değişim

İşlem	Relatif Pektin Miktarı (%)	Pektin İçeriği (%)
İşlem görmemiş	100	0,405
Alkaliyle işlem görmüş	62,1	0,411
Ultrazyme (Enzimatik muamele)	67,6	0,0327
Viscozyme (Enzimatik muamele)	60,5	0,431
Cellusoft (Enzimatik muamele)	42,5	0,433

Deney numuneleri üzerinde kalan pektin maddesi, % 0,5 amonyum oksalat ile 90°C’de 1 saat ekstrakte edilmekte ve karbazol-sülfirik asit reaksiyonuyla açığa çıkan garakturonik asit miktarı ölçülmektedir. Buradan mevcut pektin miktarı, garakturonik asitin 1,37 katı olarak hesaplanmaktadır. Genel bir değerlendirme

yaparsak; enzimlerle işlem sonucu rami liflerinin elastikiyetteki değişim şu şekildedir: Ultrazyme > Cellusoft > Viscozyme.

Baharin ve ark., (2016), muz sapı lifleri ile çalışmışlardır. Muz sapı lifli tabakalar ile lamine levhalar üretilmiştir. Kullanılan yaprak bant katmanlarının sayıları değiştirilerek çeşitli lamine paneller oluşturulmuştur. Çekme mukavemeti, eğilme katsayısı, kopma uzaması ve lamine panellerin darbe dayanımlarının yaprak bantların katmanlarının sayısının artmasıyla arttığı gözlemlenmiştir. Elyafın bantlardaki oryantasyonunun darbe dayanımı üzerinde etkisinin az olduğu ancak çalışılan diğer özellikler, lif boyunca ölçülen özelliklerin dik doğrultudakinden daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Naveen ve ark., (2019), doğal lifler bolca bulundukaları, ucuz oldukları ve üstün mekanik özelliklere sahip oldukları için bir doğal lif olan sisal lifiyle çalışmışlardır. Yüksek çekme dayanım ve darbe dayanımına sahip olduğu tespit edilmiş ve bu nedenle polimer kompozitler için takviye malzeme olması test edilmiştir. Sisal elyaf bazlı termoset ve termoplastik kompozitlerdeki gelişmeleri ve çeşitli modifikasyonları ile yüzey modifikasyonlarının etkilerini ele almaktadır. Sisal elyaf bazlı polimer kompozitlerin, özellikle otomobil, denizcilik ve uçak yapılarında kullanılması için potansiyel yapısal uygulamaların bulunmasına ilgi çekmektedir.

Rajesh ve ark., (2016), muz / Sisal doğal elyaflarıyla güçlendirilmiş hibrit polimer kompozitlerle çalışmışlardır. Cam, karbon elyafı gibi insan yapımı elyaflara göre daha fazla avantaja sahip doğal elyaflarla çalışılmıştır. Ancak doğal lifin hidrofilik doğası nedeniyle, lif-matris arasında zayıf yapışma gerçekleşmiştir. Bu, polimer kompozitin özelliklerini azaltacaktır. Bu çalışmada, yüzey ön işleminin sodyum hidroksit ile etkisi ve doğal elyafın hibridizasyon etkisi, eğilme testi ve serbest titreşim davranışı incelenmiştir. Sisal ve muz doğal elyafları sıkıştırma, kalıplama yöntemi kullanılarak polimer kompozitlerin hazırlanmasında kısa ve

rasgele oryantasyonlar da kullanılmıştır. Yapılan kimyasal işlem sonucunda lif ve matris arasındaki arayüzey bağının arttırılmasından dolayı polimer kompozitlerin mekanik ve serbest titreşim özelliklerini geliştirdiği bulunmuştur.

Shahinur ve Hasan, (2019), jüt / hindistancevizi / muz elyafı ile güçlendirilmiş biyo-kompozitlerin tasarımı, üretimi, özellikleri ve uygulamaları hakkında eleştirel incelemeler sunmuşlardır. Sentetik elyaf kompozitlerine kıyasla doğal elyaf bazlı biyo-kompozitlerin sürdürülebilirliği, gelecek nesil yeşil küreselleşmeye büyük önem verdiği için bu konuda çalışmışlardır. Kompozit üretiminin tasarımı, elyaf ve matris kriterlerine, üretim yöntemine, kriterlerin farklılıklarına ve istenen nihai ürün özelliklerine bağlıdır. Bu çalışmada enjeksiyon kalıplama ve sıcak pres, teknikleri kullanılmıştır. Genel olarak, biyo-bazlı kompozitlerin özellikleri, matris içine daha yüksek oranda takviye malzemesi eklenmesi ile geliştirilmiştir. Bu kompozitler, ev uygulamaları ve inşaat endüstrileri dahil olmak üzere mühendislik uygulamaları, donatı gibi yapısal beton elemanlar, çatı elemanları gibi geniş uygulama alanına sahiptir.

Rao ve ark., (2010), Vakka, sisal, bambu ve muz doğal elyaf kompozitlerinin üretimi ve test edilmesi üzerine çalışmışlardır. Sisal ve muz liflerinin çıkarılmasında kullanılan retting ve mekanik ekstraksiyon prosedürü kullanılarak laboratuarda vakka ve bambu liflerini çıkartmışlardır. Bu çalışmada, elyafın en yüksek hacimli vakka elyaf kompozitinin, ortalama çekme dayanımı, sisal, muz ve bambu kompozitinkine kıyasla çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda, vakka fiber kompozitin ortalama gerilme özelliğinin, muz ve sisal fiber kompozitlerden daha yüksek olduğu ve fiberin en yüksek hacimli bambu kompoziti ile karşılaştırılabileceği sonucuna varılmıştır. Kompozitlerde lifin hacimi arttıkça sisal ve muz kompozitlerine kıyasla vakka lif kompozitinin özgül gerilme dayanımının daha çok arttığı tespit edilmiştir.

Temiz ve Olgar, (2017), ayçiçek, ekin, mısır sapları, strafor ile palmye yaprağı ve tekstil atığından paneller üretmişlerdir. Üretilen bu panellerin ses ve ısı

yalıtım özellikleri test edilmiştir. Test sonuçları, üretilen malzemelerin ısı ve ses yalıtım özellikleri bakımından değerlendirilebileceğini göstermiştir. Sıcaklık absorpsiyon ölçüm cihazı ile sıcaklıklar test edilmiştir. Test edilen ısı iletim katsayısı değerlerine göre; ekin sapı dolgulu panellerin ısı iletim katsayısının, diğer malzemelerle yapılan panellere göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ekin sapına en yakın değerler palmye yaprağı dolgulu panelde elde edilmiştir. Mısır sapı, ayçiçek sapı, tekstil atığı, strafor atığı dolgulu paneller ısı yalıtımları bakımından, duvar yapımında kullanılan birçok malzemeden daha iyi sonuçlar vermektedir. Kapalı mekânların ses geçirme özelliklerinin tayini için ise üretilen panellerden aynı özellikte olanlar kullanılarak küçük mekânlar oluşturulmuştur. Mekânların içerisine, boşlukta ortalama 116 db şiddetinde ses çıkarabilen korna yerleştirilip malzeme, kenarlarından boşluk kalmayacak şekilde sıvanmıştır. Malzeme içerisinde korna çalarken dışarıya çıkan sesin şiddeti ölçülmüştür. En yüksek ses absorbe eden numunenin tekstil atığı dolgulu olduğu ve en düşük ise mısır sapı dolgulu panel olduğu gözlemlenmiştir. Uluslararası geçerli standartlara göre bir malzemenin yalıtım malzemesi kabul edilmesi için ısı iletim katsayısının 0,065 W/mK küçük olması gerekir. Ekin sapı kullanılarak üretilen panellerin ısı iletim katsayısı bu koşula yaklaştığı belirtilmiştir.

Karabulut ve Aktaş, (2014), retting gibi lif çıkarma yöntemleri ile üretilen jüt liflerinden oluşturulan dokuma polyester/jüt kompozit malzemelerin sodyum hidroksit (NaOH) ile yüzey modifikasyonu sonrası mekanik özellikleri gözlemlenmiştir. Bu işlem için jüt kumaşlar, %2 oranındaki NaOH çözeltisinde 20 saat bekletilmiş daha sonra 3 gün süresince oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Kurutulmuş kumaşlar %5, %10 ve %15 oranında NaOH çözeltisinde 4 saat bekletildikten sonra etüvde 70°C'de 30 dakika bekletilerek kumaşların nemi tamamen alınmıştır. Dokuma polyester/jüt tabakalı kompozitler, zaman ve ısı kontrollü el yatırma yöntemi ile 105°C ve 8MPa basınç altında hidrolik preste elde

edilmişlerdir. Deney numuneleri mekanik özellikleri 50kN kapasiteli UTEST çekme-basma cihazında 1mm/dak. hız da belirlenmiştir. NaOH miktarının jüt/polyester tabakalı kompozitlerin mekanik özelliklerine etkisini tespit etmek için için NaOH oranı %0 , %5, %10 ve %15 oranlarında seçilmiştir. Deney sonuçları; NaOH miktarı arttıkça dokuma jüt kumaşların yapışma kabiliyetinin arttığını ve dokuma tipi jüt/polyester tabakalı kompozitlerin mekanik özelliklerinin iyileştiğini göstermiştir.

Solikhin ve ark., (2019), Bu çalışmada, selüloz nano fiberler (CNF), selüloz elyafı çıkarma ve mekanik parçalanma (ultrasonlaştırma) işlemleri ile birleştirilerek ayrılmıştır. Selüloz çıkarımından önce, reçine, balmumu, yağ kalıntısı ve düşük moleküler ağırlıklı karbonhidratları uzaklaştırmak için farklı çözücüler kullanılmıştır. CNF'lerin izolasyonu sırasında ekstraktların çıkarılması için ön muamele olarak kullanılan çözücüler sıcak su, etanol, etanol/ benzendir. Sıcak su ekstraksiyonu sırasında pektin, hemiselüloz ve tanen uzaklaştırılmış, etanol ve etanol / benzen ekstraksiyonundan sonra yağ asitleri ve mumlar ayrılmıştır. Ekstraksiyon, tek adımlı ekstraksiyon işlemleriyle gerçekleştirilmiş ve elde edilen CNF'ler, dış yüzeylerin, nanoyapıların, kimyasal fonksiyonel grupların, kimyasal maddelerin ve CNF'lerin termal stabilitelerinin değişimlerini araştırmak için elektron mikroskobu (SEM), transmisyon elektron mikroskobu (TEM) ile analiz edilmiştir. Elde edilen CNF'lerin, nano-boyutlu lifleri ve termal stabilitesi nedeniyle nanokompozit için bir takviye edici madde olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

Özdemir, (2011), tez çalışmasında, palmiye kabuğundan çeşitli yöntemlerle elde edilmiş aktif karbon ve ticari aktif karbon adsorbent olarak kullanılarak zeytin endüstrisi atıksularından toksik etki gösteren fenol adsorpsiyonu araştırılmıştır. Çalışmalar temas süresini belirlemek için yapılan çalışmalar sonucunda, palmiye kabuğu aktif karbon için maksimum adsorbent kapasitesine 75 dakikada ulaşıldığı ve ticari aktif karbon için maksimum adsorbent kapasitesine 180 dakikada ulaşıldığı belirlenmiştir. Denge zamanında maksimum adsorpsiyon kapasitesi, palmiye

kabuğu kökenli aktif karbon için 107mg/g iken, ticari aktif karbon için 110,3mg/g olmaktadır. Deneysel çalışmalarda palmye kabuğu kökenli aktif karbonun, ticari aktif karbona benzer özellikler gösterdiği görülmüştür. Her iki adsorbanında yüzey alanlarının genişliği ve adsorplama kapasitelerinin yakın olması nedeni ile alternatif bir adsorban olabileceği ve doğal lifler içinde yeni bir kullanım alanı olabileceği kanısına varılmıştır.

Krishna ve ark. (2018), bu çalışmada, betonun özelliklerini iyileştirmek için hindistan cevizi ve sisal lifleri gibi doğal lifler seçmişlerdir. Düz beton özellikleri, bu doğal elyaf takviyeli betonun etkinliğini değerlendirmek için referans olarak kullanılmıştır. Bu projenin amacı, betonun sünek özelliklerinin ve betonun mukavemet özelliklerinin artırılmasında sisal elyafının rolünün belirlenmesidir. Yapılan çalışmalarda optimum lif elyaf içeriğinin belirlendiği takdirde etkin bir gelişme sağlandığı bildirilmiştir.

Adekomaya ve ark., (2017), doğal liflerin kompozit malzemelerle kullanımı hakkında derleme çalışması yapmışlardır. Doğal elyaf takviyeli kompozitlerin, birçok mühendislik uygulamasında son zamanlarda, geri dönüştürülebilirlik ve sürdürülebilirlik açısından karşılaştırmalı üstünlükleri nedeniyle geniş bir şekilde araştırılmıştır. Genel olarak doğal elyafın uygulanması, otomobil endüstrilerinde küresel doğal elyaf tüketimine ve bunun çevre ve biyolojik çeşitlilik üzerindeki katılımcı etkisine odaklanarak tartışılmıştır. Sonuç olarak doğal elyaf takviyeli kompozitlerin çekme dayanımı, mukavemeti, sürdürülebilirliği gibi etkilerinin baskınlığı vurgulanmıştır.

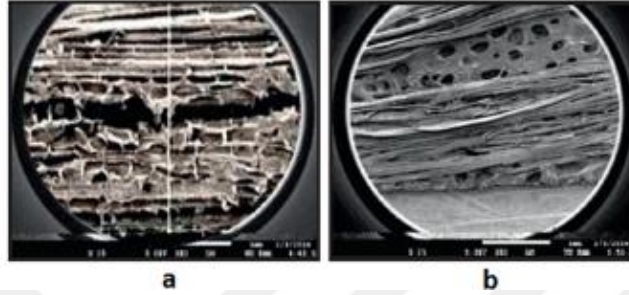
Steffens ve ark., (2017), bu makalede doğal liflerin mimari üretiminin hem estetik hem de teknolojik açıdan, bölgenin yerel kültürü, ekonomisi, doğal çeşitliliği ve coğrafi tekillikleri ile uyumlaştırmasındaki rolünü tartışmaktadır. Bu, çağdaş ve geleneksel tekniklerin birleştirilmesini gerektiren, mimarların yaratıcılıklarını ve tekstil mühendisliği desteğini gerektiren bir süreç olduğu belirtilmiştir. Biyoçeşitliliğin korunmasına, inşaat tekniklerinin canlanmasına, ekonomik

kalkınmaya katkıda bulunmasına ve daha sürdürülebilir bir mimariye yönlendirmek için yapılması gerekenler tartışılmıştır.

Bordoloi ve ark., (2017), doğal lifler kullanılarak rastgele dağıtılmış lif takviyeli toprakların mekanik özelliklerine göre kapsamlı bir şekilde incelemişlerdir. Bununla birlikte, bu toprak-elyaf kompozitleri, erozyon koruması ve dolgu stabilizasyonu için kullanıldığında tarladaki yağış döngülerine maruz bırakılmaktadır. Toprak lifli bir kompozitin sızma hızı, jeoteknik altyapıları (yol dolguları, kırsal alanlar gibi) tasarlamak için önemli bir parametre haline gelmiştir. Toprak-elyaf kompozitlerine sızma işlemi kontrollü bir laboratuvar çalışmasıyla araştırılmıştır. Bu çalışma, sıkıştırılmış doğal elyaf takviyeli toprak kompozitlerinde sızma oranını incelemektedir. Üç doğal elyaf ile güçlendirilmiş toprak lifi kompozitindeki infiltrasyon oranını karşılaştırmak için mini disk infiltrometre kullanılarak laboratuvar araştırması yapılmıştır. Jüt, hindistan cevizi ve su sümbülü lifleri aynı boy oranına sahip, değişen yoğunluklarda üç farklı elyaf yüzdesinde toprağı güçlendirmek için kullanılmıştır. Çıplak toprak ile karşılaştırıldığında, tüm toprak lifli kompozitlerde sızma oranının arttığı gözlenmektedir. Bileşik yoğunluğun ve elyaf tipinin, sızma hızındaki değişime etkisi tartışılmıştır. Yüzey morfolojisinin ve filament düzeninin tipinin bu tür kompozitlerde infiltrasyonu etkilediği gözlenmiştir.

Kalaycı ve ark. (2016), meyvesi için üretilen, kalan kısmı tarımsal atık kategorisinde bulunan ananas bitkisinin yaprakları içerisinde bulunan liflerin kullanılabilir hale getirilmesi konusunda çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çeşitli biyolojik, mekanik ve kimyasal yöntemlerle çalışılmıştır. Ananas liflerinin kiyasal bileşiminde %80-81 selüloz bulumudur. Biyolojik yöntemde; bekletme işlemi 15-30°C arasında ki sıcaklıklarda 24 saatten 10 güne kadar değişen sürelerde ananas yapraklarının çiğde ıslatılarak, yumuşatılması ve mikroorganizmalar yardımı ile lif demetlerinin ayrılması işlemi olarak tanımlanan havuzlama işlemi uygulanmıştır.

Mekanik yöntemde ise lif demetleri ananas yaprağından makine yardımı yada elle gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.2. (a) Elle çıkartılan ananas yaprağı liflerinin ve (b) dekorikatör kullanılarak üretilen ananas yaprağı liflerinin SEM görüntüleri

Kimyasal yöntemde; ananas lifi %4-12 oranında değişen NaOH konsantrasyonlarında, 30-90°C’de, 4-8 saat süre ile zambak giderme işlemine tabi tutulmuştur. Sonuç olarak alternatif doğal lif olan ananas bitkisinin yaprak lifleri verimli bir şekilde çıkarılmıştır. Daha sonra eğrilerek 100 tex inceliğinde, 10,91 cN/tex mukavemetinde, %3,2 uzama özelliğine sahip iplik oluşturulmuştur.

Akpınarlı ve ark. (2018), rami, kenaf ve jüt gibi bir sak lifi olan ısırgan otu liflerinin kullanılabilir hale getirilmesi konusunda çalışma gerçekleştirmişlerdir. Araştırmada tarama ve deneme yöntemleri kullanılmıştır. Isırgan bitkisinin hasat, çürütme, kırma, lif elde etme ve eğirme aşamaları direkt araştırmacılar tarafından gerçekleştirilmiştir. Hasat işleminde ısırgan bitkisi 10 kg toplanmıştır ve lif elde edilmek üzere çürütme işlemine tabi tutulmuştur. Bitkinin gövdesinde bulunan ve demetler şeklinde yer alan liflerin, kırma ve tarama sırasında hem odunsu bölgelerden hem de birbirlerinden kolayca ayrılmasını sağlayan hazırlık işlemi olan çürütme işlemi uygulanmıştır. Hem çiğde hem gölde bir ay çürütme işlemi uygulanmış, çiğde çürütmenin daha verimli olduğu belirtilmiştir. Bu yöntem için 500gr ısırgan bitkisi ayrılmış ve tüm aşamaları gözlemlenmiştir. Tekli ve çoklu

ezerek kırma olarak iki farklı şekilde kırma işlemi gerçekleştirilerek lifler çıkartılmıştır. Kırma işleminden sonra ütilen lif demeti tartıldığında 500gr. ısırgan bitkisinden 54,80gr. ısırgan lifi elde edildiği gözlenmiştir. Zamp çıkarma işlemi için ise; elde edilen lifler taranmış ve 1 litre suda 5g/L sabun eritilerek alkali eriyik hazırlanmıştır. Tarama işleminden geçen lif demetlerinin bir kısmı bu eriyik içerisinde 1,5 saat kontrollü olarak kaynatılmıştır. Diğer işlemde ise; 1 litre suda sodyumhidroksit eritilerek alkali eriyik hazırlanmış, tarama işleminden geçen lif demetlerinin kalan kısmı bu eriyik içerisinde pH derecesi 11'e yükseltilerek 1,5 saat kontrollü olarak kaynatılmış ve zamp çıkarma işlemi uygulanmıştır.



Şekil 2.3. Sodyumhidroksit ile kaynatılmış ısırgan otu lif görüntüsü

Daha sonra eğrilerek iplik formuna getirilmiştir.



Şekil 2.4. ısırgan lifinden elde edilen iplik

5-8 cm uzunluğunda, 1-1.5 mm inceliğinde, ortalama numarası 4120dtex olan ısırgan liflerinin, kopma anındaki yük değeri ortalama 698,8cN, kopma anındaki uzama değeri %2,86 ve bu verilere bağlı olarak hesaplanan ortalama gerilme değeri 0,170 cN/dtex olarak elde edilmiştir. Bu bildiride, ısırgan lifinin iplik oluşumuna kadar geçirdiği tüm aşamalar, laboratuvar ve test sonuçları uygun konu başlıkları altında görsel, çizim ve tablolarla desteklenerek açıklanmıştır.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmada Çukurova Üniversitesi Çevre Mühendisliği laboratuvarının bahçesinde bulunan Palmyegiller familyasından olan Akdeniz palmye türü kullanılmıştır. Bu türe ait 180-220 gr arasında değişen ağırlıkta ki palmye ağacının yaprakları ve yaprakları gövdeye bağlayan kınları kullanılmıştır.

Palmye bitkisinin atıklarından çeşitli yöntemler ile lif, pamuk, kağıt üretimi üzerinde yapılan deneysel çalışmalarda laboratuvar ortamında VELP SCİENTİFİCA ARE marka manyetik ısıtıcı-karıştırıcı cihazı, WTW PH 315İ marka pH metre, fumigatör, özel olarak yaptırılmış çivili lif ayırıcı, porselen tokmaklı havan, porselen sıyırıcılar gibi çeşitli mekanik ayırıcı aletler kullanılmıştır.

Suda çürütme olarak adlandırılan retting, doğal-alkali-asidik rettingler için plastik reaktörler kullanılmıştır.

Yapılan deneysel çalışmalarda kimyasal işlemler için distile su, NaOH (Sodyum Hidroksit), %35'lik H_2O_2 (Hidrojen Peroksit), %95-98' lik H_2SO_4 (Sülfürik Asit), %37' lik HCl (Hidroklorik Asit), %65' lik HNO_3 (Nitrik Asit), %96' lik CH_3CH_2OH (Etil Alkol) gibi kimyasallar kullanılmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Hasat ve Durulama

Çukurova Üniv. Çevre Müh. Lab. Bahçesinde ki Akdeniz Palmye türünün yaprak ve kınları ayrı mekanik parçalayıcılar vasıtası ile budanmış ve ayrılmıştır. Palmye bitki hasadı dipten orakla biçme usulü ile yapılmıştır. Bu işlemde 10 kg palmye 1 saatte toplanmıştır. Hasat edilen palmye yaprak ve sapları yabancı maddelerden arındırılmak üzere durulanmıştır.



Şekil 3.1. Palmiye yapraklarının hasadı ve kurutulması

3.2.2. Selüloz Tayini

Hasat edilip yıkanıp kurutulan palmiye yaprakları kırma, sıyırma gibi yöntemlerle küçültüldü. 105° etüvde kurutulup havan yardımıyla un formuna getirilmiş ve hasas tartım cihazı ile 2 gr tartıldı.

Palmiye unundan 2gr alınarak selüloz tayini için kullanıldı. Bir beher içine 10 ml 40° Be'lik HNO_3 ile 40 ml 96°'lik Etil Alkol kondu. Elde edilen bu karışım palmiye sapı ununun bulunduğu balon içine döküldü ve geri soğutucu altında yavaş yavaş kaynamaya bırakıldı. HNO_3 'in etkisiyle yağlı maddeler çözünmekte, hemiselülozlar hidroliz olmakta ve lignin nitrofenolik bileşiklere dönüşmektedir. Burada alkol,

selülozu HNO_3 'den korumaktadır. Bir saatlik kaynamadan sonra 2 nolu kroze yardımı ile balondaki sıvı süzüldü ve 10 ml HNO_3 ile 40 ml Etil Alkolden oluşan yeni bir karışım ile kroze üzerinde kalan numune yıkanıp balona alındı. Tekrar bir saat süreyle kaynatmaya devam edildi ve aynı işlem üç defa tekrarlandı. Bu tekrarlardan sonra krozeden süzme yapıldı, sıcak su ile kroze üzerinde kalan numune yıkandı ve $105\pm 3^\circ\text{C}$ 'de kurutulup bir desikatörde soğutulduktan sonra sabit tartıma getirildi.

3.2.3. Atık Palmiye Yaprığından İplik(lif kümeleri) Üretimi

Palmiye bitkisi yaprakları içinde bulunan liflerin bitki dokularından ayrılması çeşitli biyolojik, mekanik ya da kimyasal yöntemler ile gerçekleştirilmiştir. Havuzlama (retting, çürütme), kırma (dekortikasyon), tarama, zambak giderme gibi biyolojik, mekanik ve kimyasal yöntemler palmiye liflerinin elde edilmesinde kullanılan yöntemlerdir. Bu yöntemler ile palmiye yaprak ağırlığının %45-60 oranında iplik üretilmektedir.

3.2.3.1. Biyolojik Yöntemle İplik (lif kümeleri) Üretimi

Retting (Havuzlama ve Çürütme), palmiye yapraklarının suda ısıtılarak, yumuşatılması ile lignoselülozik yapının şişip patlayarak bozulması ve mikroorganizmalar yardımı ile lif demetlerinin korteksten ayrılması işlemidir. Bitkinin gövdesinde yer alan ve demetler halinde bulunan liflerin hem odunsu bölgelerden hem de birbirlerinden kolayca ayrılmasını sağlamıştır.

Doğal Retting: Bu aşamada 10 adet palmiye yaprağı ve 20 litre su reaktör içerisine alınmıştır. Su içinde bekletme işlemi pH nötr olarak ayarlanmış ve her aşamada kontrol edilmiştir. Sıcaklık ise $20-30^\circ\text{C}$ arasında değişen sıcaklıklarda 5 haftalık peryotta sürdürülmüştür. Her hafta ikişer palmiye yaprağı reaktörden alınarak verimli lif alımını belirlenmiştir.

3.2.3.2. Kimyasal Yöntemle İplik (lif kümeleri) Üretimi

Alkali ve asidik retting işleminde yapılan çalışmalar da palmiye liflerinin üretiminde kimyasal ve mekanik yöntemler kombine bir şekilde kullanılmıştır.

Asidik Retting: Bu aşamada 4 ayrı 12L lik plastik reaktör, %98' lik H_2SO_4 (Sülfürik Asit), %37'lik HCl (hidroklorik asit) ve her bir reaktör için 200gr palmiye yaprağı kullanılmıştır. Reaktörlere aşağıda belirtilen dozlarda kimyasallar eklenerek kimyasal retting uygulanmıştır.

1. Reaktöre 9,5L su, 1M H_2SO_4 (Sülfürik Asit)
2. Reaktöre 9L su, 2M H_2SO_4 (Sülfürik Asit)
3. Reaktöre 9,2L su, 1M HCl (Hidroklorik Asit)
4. Reaktöre 8,4L su, 1M HCl (Hidroklorik Asit)

Retting işlemi 7 gün sürdürülmüştür. Her gün reaktörde bulunan palmiye yaprağının 15gr ı tartıldı, yıkandı, durulandı, sıyırma ile lif çıkarma işlemi uygulandı. Ve hangi asit türevinin, hangi dozunun lif çıkarma prosesin de hangi sürede etkin kullanılabilirliği tespit edildi.

Alkali Retting: Bu aşamada 200 gr ağırlığında ki iki adet palmiye yaprağı cam reaktöre alındı. 5M Sodyum Hidroksit (NaOH) ve 10L distile su reaktöre eklendi. Alkali retting işlemi 20-30°C arasında ki sıcaklıklarda uygulandı. Pektin, lignin, hemiselüloz ve vaks gibi safsızlıkların çözünerek suya geçmesi için beklendi. Retting işlemi 20 gün sürdürülmüştür. Her gün reaktörde bulunan palmiye yaprağının 15gr ı tartıldı, yıkandı, durulandı, sıyırma ile lif çıkarma işlemi uygulandı ve her gün lif çıkışı gözlemlendi.

3.2.3.3. Mekanik Yöntemle İplik (lif kümeleri) Üretimi

Palmiye lif demetlerinin palmiye yaprağından ayrılması için 200 gr ağırlığında yıkanmış palmiye yaprakları kırma, ezme, tarama, sıyırma gibi mekanik

işlemlere tabi tutulmuştur. Çoklu ve tekli ezerek kırma olarak iki farklı şekilde kırma yöntemi gerçekleştirilmiştir. Palmiye bitkisine sert cisimle baskı uygulanmış, bitki ezilmiş ve dış kabuğundan ayrılması kolaylaştırılmıştır. Elde edilen palmiye liflerinden odunsu parçaların ayrılması için tarama işlemi uygulanmıştır. Piyasada palmiye lifini tarayabilmek için uygun bir tarak olmadığından; yöresel ve ilkel imkanlar ile ahşap plaka ve çiviler ile basit bir tarak hazırlanmıştır. 22 cm genişliğinde ahşap plakalar üzerine 0,7 cm aralıklarla açılan oluklardan parçalamayı kolaylaştırmak için uçları özellikle sivrileştirilmiş 17 adet çivi geçirilmiş ve bu işlem her sırada birbirlerinin boşluklarına gelip, sıkıştırabilecek şekilde 2 sıra tekrarlanmıştır. Tarama işleminde lif demetleri uçlardan yapraklara doğru tekrarlanmalı tarama işlemi ile gerçekleştirilmiştir. Sabitleme noktasından uca doğru taranarak liflerin odunsu bölgelerden (lignin) ayrılması sağlanmıştır. Daha sonra yeniden taranarak bir kez daha temizlenmiş ve homojen şekilde birbirine paralel hale gelmesi sağlanarak eğrilmeye hazır hale getirilmiştir.

Sıyırma yönteminde ise 210 gr ağırlığında ki yaprakların dış yüzeyleri kör bir bıçak ya da porselen bir tabak yardımı ile yaprağın bir ucundan diğer ucuna doğru kazınarak palmiye lif demetlerinin yüzeye çıkması sağlanmaktadır. Bu işlem liflerin zarar görmemesi için oldukça önemli ve sabır gerektiren bir işlemdir. Daha sonra elde edilen lifler temiz bir suda iyice yıkanarak, kurutulmaktadır. Güneşte kurutmak liflerin kırılğan özellik göstermelerine sebep olacağından dolayı, kurutma işlemin gölge alanlarda gerçekleştirilmiştir. Palmiye lifleri kurutma işlemi tamamlandıktan sonra tarama işlemine tabii tutulmuştur.

3.2.4. Atık Palmiye Yaprağından Hidrofil Pamuk Üretimi

3.2.4.1. Lignoselülozik Yapının Bozulması

20 gr palmiye bitkisinin atıkları 1L lik beherde su eklenerek laboratuvar ortamında manyetik ısıtıcı-karıştırıcı cihazı kullanılarak 300°C da yaklaşık 3 saat

kaynatılmıştır. Bu sayede termal parçalama ve doğal retting yöntemi birleştirilerek uygulanmıştır.

3.2.4.2. Zamk Giderimi ve Termal Parçalama

Ön işlem den geçirilmiş 4 adet 20 gr'lık palmye bitkisinin atıkları ayrı ayrı 600ml lik beherlere alınmıştır. 10 M olarak hazırlanmış NaOH çözeltisinden sırayla 4 ml, 7 ml, 10 ml, 13 ml alınarak beherlere eklenmiş ve beherin 450 ml çizgisine kadar saf su ile tamamlanmıştır. Labaratuvar ortamında VELD SCİENTİFİCA ARE marka manyetik ısıtıcı-karıştırıcı cihazı kullanılarak 300-370°C da 2 saat ısıl işlem eşliğinde termal parçalanma ve zamk çıkarma işlemleri uygulanmış, optimum doz belirlenmiştir.

3.2.4.3. Polisakkarit Giderimi Ve Ağartma

Zamk giderimi, termal parçalama gibi ön arıtımı gerçekleştirilmiş palmye lifleri son giderim ve ağartma amacıyla %35' lik Hidrojen Peroksit ile muamele edilmiştir. Ön giderimi yapılan lifler 1L lik 5 ayrı behere alınmış, her birine 7ml 10 M lik NaOH eklenmiş ve ağartıcının dozunun belirlenmesi amacıyla sırasıyla 4ml, 8ml, 10ml, 12ml, 14ml %35' lik H₂O₂ (Hidrojen Peroksit) eklenmiştir. Labaratuvar ortamında VELD SCİENTİFİCA ARE marka manyetik ısıtıcı-karıştırıcı cihazı kullanılarak 300°C da 40 dakika süresince ısıl işlem eşliğinde ağartma işlemi gerçekleştirilmiştir.

3.2.5. Atık Palmye Yaprak Liflerinden Kağıt Üretimi

Palmye yaprağı kesilmiş, hassas tartım cihazında tartılmıştır. 29 gr palmye yaprağı 1L safsu içinde, 320°C sıcaklık altında, 3 saat Wist marka manyetik ısıtıcı ile kaynatılarak lignin, hemiselüloz gibi istenmeyen yapı taşlarının ön giderimi gerçekleştirilmiştir. Ön giderimi gerçekleştirilen palmye yaprağı 5.7gr NaOH, 1L distile su içerisinde labaratuvar ortamında VELD SCİENTİFİCA ARE marka

manyetik ısıtıcı-karıştırıcı cihazı kullanılarak 200-250°C 3 saat kaynatılarak zambak giderme işlemi gerçekleştirilmiştir. Zambak giderme işleminin ardından palmye yaprakları yıkanmış ve durulanmıştır. Bu işlemlerin ardından mekanik parçalama yöntemi ile ön ağartma, fiziksel parçalama ile lif eldesi işlemine tabi tutulmuştur. Lif boylarının küçülmesi, kağıt yapımına uygun forma gelmesi ve doğal ağartma sağlayarak ağartıcı kimyasal dozunu düşürmek amacıyla mekanik parçalayıcılar ile dövülmüş, taranmıştır. Bu işlem ağartıcı kimyasal dozunu belirlemek amacı ile 4 ayrı palmye yaprağı kullanılarak tekrarlanmıştır. Ağartma işleminde hipoklorit uygulanmıştır. Fakat Hipokloritin her dozunun lifi zarar verdiği ve yetersiz ağartma gerçekleştiği belirlenmiş ve ağartma için Hidrojen Peroksit (H_2O_2) kullanılmıştır. Optimum ağartıcı dozunun belirlenmesi için yukardaki işlemlerden geçen 29gr lık palmye yaprakları 1L lik beherlere alınmış ve 7gr Sodyum Hidroksit (NaOH), 300 ml distile su ile sırasıyla 7ml, 11ml, 14ml, 17ml %35lik Hidrojen Peroksit (H_2O_2) ile 30 dakikalık bekletme süresince, 300-330°C sıcaklık altında kaynatma işlemine tabi tutulmuştur. Termal parçalamanın ardından lifler yıkanıp durulandı ve kimyasaldan arındırıldı. Bu lifler su çıkışını sağlamak için tasarlanmış, tabandan delikleri olan özel kalıp içerisine alınarak preslenmiş, üst yüzeyü pürüzsüzleştirilmiş ve 1gün kurumaya bırakılmıştır.

3.2.6. Atık Palmye Kınından (sapından) İplik ve Pamuk Üretimi

3.2.6.1. Doğal ve Mekanik Yöntemlerle İplik ve Pamuk Üretimi

Çukurova Üniv. Çevre Müh. Lab. Bahçesinde ki Akdeniz Palmye türünün kınları mekanik parçalayıcılar vasıtası ile budanmış ve ayrılmıştır. Palmye bitki hasadı dipten orakla biçme usulü ile yapılmıştır. Budanmış palmye saplarının retting işleminin veriminin artması amacıyla dikenleri mekanik parçalayıcılarla sökülmüş ve emiciliğini arttırmak amacıyla sap sıyrılmıştır. Hasadın ve bu ön işlemlerin ardından kınlar (saplar) 3 haftalık doğal retting işlemine tabi tutularak mikroorganizmalar yardımıyla parçalanması ve selülozu bağlayan lignin,

hemiselüloz gibi istenmeyen maddelerin palmiye kınlarından giderimi işlemi gerçekleştirilmiştir. Havuzlamadan çıkarılan palmiye kınlarına sert cisimle baskı uygulanarak bitki ezilmiş, dış kabuğundan ayrılması kolaylaştırılmıştır. Elde edilen palmiye liflerinden odunsu parçaların ayrılması için tarama işlemi uygulanmıştır. Sabitleme noktasından uca doğru taranarak liflerin odunsu bölgelerden (lignin) ayrılması sağlanmıştır. Bu mekanik işlemlerin ardından iplikler elde edilmiştir. Bu işlem sırasında kırılan kopan küçük palmiye parçaları pamuk yapımı için ayrılmıştır. Pamuk yapımı için ayrılan palmiye kınları ise 5ml NaOH, 10ml Hidrojen Peroksit H_2O_2 ile 3 saat kaynatma işlemine tabi tutularak zatk giderme, ağartma işlemleri gerçekleştirilmiş ve pamuk üretilmiştir.

3.2.6.2. Alkali Retting (Havuzlama) ve Mekanik Yöntemlerle İplik Üretimi

Alkali retting işleminde 12L lik plastik kolon reaktörü kullanılmıştır. Bu reaktöre 1000gr NaOH, 10L su ve dikenleri mekanik parçalayıcılar ile koparılıp temizlenmiş 11 adet palmiye kını eklenmiştir. Alkali retting prosesinde amaç süreç prosesinin kısılması, lignin gibi bağlayıcı maddelerin NaOH gibi kimyasallar yardımıyla parçalanarak kından ayrılması ve verimli lif elde edilmesidir. Bu amaçla 4 günde bir palmiye kını reaktörden alınmış ezme, sıyırma, tarama gibi mekanik yöntemlerle lif çıkarımı gerçekleştirilmiş ve alkali retting işlemi için optimum süre belirlenmeye çalışılmıştır. Alkali retting işlemi 3 haftalık peryotta gerçekleştirilmiştir.

3.2.7. SEM Analizi

Atık palmiye bitkisinden üretilen pamuk, kimyasal yöntemle(Alkali Retting) üretilen iplik ve fiziksel yöntemle üretilen iplik formu vakum ortamında Quanta Feg 450 (Made in Holland) Quorum marka kaplama cihazı ile parlamanın önlenmesi amacıyla altın tozu kaplanarak SEM analizine tabi tutulmuştur. SEM analizi için

2000 V - 4000 V arası güç ve (BSED dedektör Z Cont. yüksek vakum ile) 5-7 kV arası bir ayar düzeni uygulanarak görüntü alınmıştır.

3.2.8. XRD (X- Işını Kırınımı) Analizi

Atık palmiye bitkisinden üretilen pamuğun kristal yapısının belirlenmesi amacıyla XRD analizi uygulanmıştır. XRD Analizi, Rigaku Smartlab (Made in Japan) cihazı kullanılarak yapılmıştır. D/tex Dedektör, X – Işını tüpünün bakır hedefi vardır (2 kW, $k\alpha$: 1,54 Å) ve tüp voltajı 40 kV, 30 mA'dır. Tarama hızı 10°/dak ve tarama aralığı 5° - 50° arasında belirlenmiştir. Cihaz, kırınım açısı $2\theta = 2-40^\circ$ arasında ve tarama hızı 0.02°/s olacak şekilde ayarlanmıştır. Kristalinite değerinin belirlenmesi için Segal tarafından kullanılan pik yüksekliği (Peak height) metodundan ve Curve Fitting metodundan yararlanılmıştır.

3.2.9. Su Tutma Kapasitesi ve Su Emicilik Yüzdesi

Sabit tartım proseslerinden geçirilen cam kroze hassas terazide tartıldı ve darası alındı. Darası alınan kroze elyaf eklenip tekrar tartıldı. Daha sonra su eklenerek elyaf tarafından emilimi sağlandı. Su emdirilmiş elyaf 1 saat sonra tekrar tartıldı. Atık palmiye bitkisinden üretilen pamuğun su tutma kapasitesi belirlendir. Emilen su kütlesi ve orijinal kütle belirlenerek su emiciliği yüzdesi hesaplandı.

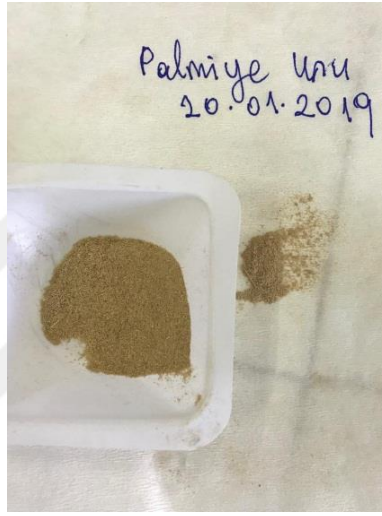


4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bulgular

4.1.1. Selüloz Tayini

Çeşitli parçalayıcılar yardımıyla un formuna getirilen palmiye yapraklarından 2gr tartılmış ve selüloz tayini yapılmıştır.



Şekil 4. 1. Palmiye unu

$$SK(\%) = \frac{KKS}{BSM} \times 100$$

(Hoşgün ve Bozan, 2016)

SK(%) = Selüloz Kazanımı (%)

KKS = Katıda kalan selüloz miktarı

BSM = Başlangıçtaki katıda bulunan selüloz miktarı

Yapılan çalışmada Katıda kalan selüloz miktarının 0,6049 gr, Başlangıçtaki katıda bulunan selüloz miktarının 2gr olduğu belirlenmiştir.

$$\%Selüloz\ Kazanımı = \frac{0,6049\ gr}{2\ gr} \times 100 = \%30,25$$

Bu analiz sonucunda palmiye yaprağında ki selüloz içeriği %30,25 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Çeşitli bitkisel içerikli maddelerin % selüloz içerikleri

Materyal	Selüloz (%)	Kaynak
Pamuk Sapı Unu	35,9	Şener Ü., 2006
Çay Atığı	30,2	Uskan B., 2009.
Palmiye Kabuğu	29,7	Özdemir Z.Z., 2011
Buğday Sapı	28,8	Uskan B. 2009.
Zeytin Kabuğu	24	Uskan B. 2009.
Hindistan Cevizi Kabuğu	19,8	Özdemir Z.Z., 2011
Fındık Kabuğu	16,7	Hoşgün ve Bozan, 2016.

4.1.2. Atık Palmiye Yaprından İplik(lif kümeleri) Üretimi

4.1.2.1. Biyolojik Yöntemle İplik (lif kümeleri) Üretimi

Doğal Retting: 1. ve 2. haftada reaktörden alınan palmiye yapraklarının lignoselülozik yapısı tam bozulmadığı için selülozlar tam olarak ayrılmamıştır, bu sebepten lif çıkarımı yeterli değildir. 3. haftanın ise lif veriminde en yüksek peryot olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra ki peryotlarda lif verimi, lif çıkışı kolaylığı artmamış stabil devam etmiştir. Hatta lifte kopuşlara sebep olduğu için optimum peryodun 3 haftalık retting olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.2. Hasat edilmiş palmiye yapraklarının doğal retting işlemi



Şekil 4.3. Biyolojik yöntem ile üretilmiş iplik formu

4.1.2.2. Kimyasal Yöntemle İplik (lif kümeleri) Üretimi

Asidik Retting: 1. Günde dört reaktörden de alınan palmiye yapraklarının hiç birinden verimli lif çıkışı gözlemlenmemiştir. 2. Günden itibaren ise 1M ve 2M'lık HCl asit reaktöründen bulunan palmiye yaprak liflerinin koptuğu tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak HCl' nin lif çıkarma prosesi için uygun bir asit olmadığı belirlenmiştir. 1M'lık H₂SO₄ asit reaktöründe bulunan palmiye yaprağından ise 7. Günde bile verimli lif elde edilemedi ve konsantrasyonun yetersiz kaldığı belirlendi.

Daha yüksek konsantrasyon olan 2M'lık H_2SO_4 asit reaktöründe bulunan palmye yaprak liflerinin ise 3. Günden itibaren verimli lif elde edilmeye başlandı. En iyi lif 6. Günde elde edildi ve optimum sürenin 6. Gün olduğu belirlendi. 7. Günde liflerin kopmaya başladığı gözlemlendi ve bu sebepten %98'lik 2M H_2SO_4 ile gerçekleştirilen asit retting işleminin 6 günü geçmemesi gerektiği saptandı.



Şekil 4.4. Hasat edilmiş palmye yapraklarının asidik retting işlemi

Alkali Retting: 7. Günün ardından lif eldesi başladı fakat yeterli değildi. 15. Gün verimli lifler elde edildi. 15. Günden sonraki günlerde lif çıkışı stabil devam ettiği için optimum sürenin 15. Gün olduğu belirlendi.

Kimyasal bileşenleri lignin ve selüloz olarak sınıflandırılan doğal liflerde ligninin görevi selüloz liflerinin bir birine bağlanmasını sağlamaktır. Elyafı oluşturacak selülozun serbest kalması için de bu ligninin etkili bir şekilde giderilmesi gerekmektedir. Literatürde; Alkali işlemin liften ayrılan hemiselülozun ve lignin miktarını direk olarak etkilediği belirtildiği için bu tez çalışmasında alkali retting prosesi gerçekleştirilmiş.

Ligninin uzaklaştırılması kağıt endüstrisinde klasik olarak alkali işlemlerle gerçekleştirilmektedir. Lignin, sodyum hidroksit ($NaOH$) içinde çözünmekte ve

selülozik lifler daha kolay bir şekilde ayrılmaktadır. Ligninin NaOH içinde çözünmesi sonucu sodyum tuzları ortamda çözünebilen küçük segmentler oluşmaktadır. Bu sebeple lif içerisinde ki lignin, hemiselüloz gibi selülozu bağlamış maddelerin giderimini sağlayan alkali işlemde sodyum hidroksit (NaOH) in etkinliği vurgulandığı için baz olarak da NaOH tercih edilmiştir. Sodyum Hidroksitin (NaOH) alkali termal parçalama aşamasında olduğu gibi 100 ve üzeri sıcaklıklarda, 3 saatte, liflerde bulunan pektin, lignin ve vaks gibi safsızlıklar alkali işlem ile selüloz liflerinin yüzeyinden giderilmekte ve lif yüzeyinde selülozlar serbest kalmakta iken, 20-30°C arasında ki sıcaklıklarda bu giderim 15 günü bulmaktadır. Bu sebep ile Sodyum Hidroksit(NaOH) kimyasalının yüksek sıcaklıkta uygulanması gerekliliği tez çalışmasının bu aşamasında tespit edilmiş ve vurgulanmıştır.

Delignifikasyon (lignin uzaklaştırılması), alkali retting işlemi ile gerçekleştirilmiş ve ardından mekanik ayırma işlemine tabi tutulmuştur.



Şekil 4.5. Hasat edilmiş palmye yapraklarının alkali retting işlemi ve üretilen iplik formu

4.1.2.3. Mekanik Yöntemle İplik (lif kümeleri) Üretimi

Mekanik yöntemle iplik üretiminde liflerin ilk çıkarılması işleminde çoklu ezerek kırma ve sıyırma yöntemleri uygulanmıştır. Çoklu ezerek kırma daha kısa

sürede sonuca ulaştırmakla birlikte her iki yöntemde de aynı sonuca ulaşılmıştır. Sıyırma işleminden 210gr palmiye yaprağından 93,70gr palmiye lifi elde edilmiştir. Kırma işleminden sonra ise elde edilen lif demeti tartıldığında 200gr palmiye bitkisinden 89,90gr palmiye lifi elde edildiği gözlenmiştir. Oran olarak yaklaşık olarak lif elde edilimi yakındır. Bu sebepten daha kısa sürede sonuç veren çoklu ezerek kırma yöntemi daha uygun bulunmuştur.

Palmiye yaprağı liflerinin elle çıkartılması işleminde hasattan sonra yaprak kurumadan gerçekleştirilen lifler daha mukavemetli elde edilmiştir. Kurumaya başlayan veya kurumuş liflerin yaprak içerisinden zarar görmeden çıkartılması çok zor bir hal aldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.6. Hasat edilmiş palmiye yapraklarının mekanik yöntemlerle taranma işlemi



Şekil 4.7. Kör bıçak ve porselen tabak ile sıyırma işlemi



Şekil 4.8. Palmiye yaprağından mekanik yöntemlerle üretilmiş iplik formu

4.1.3. Atık Palmiye Yaprağından Hidrofil Pamuk Üretimi

4.1.3.1. Lignoselülozik Yapının Bozulması

Palmiye lifleri, hasat sonrasında palmiye yapraklarının üst yüzeylerinde bulunan epidermis tabakasının çeşitli biyolojik, mekanik ve kimyasal işlemler yardımı ile uzaklaştırılıp lif demetlerinin ortaya çıkartılması işlemi ile elde edilmektedir. Birçok kimyasal bileşenin bir araya gelmesi ile oluşan palmiye lifleri, yüksek oranda polisakkarit ve lignin içeren aynı zamanda az miktarlarda da olsa yağ, vaks, pektin, üronik asit, anhidrid, pentosan, renkli pigmet ve inorganik maddeler içeren çok hücreli lignoselülozik liflerdir. Şekil 1.7 'de lignoselülozik maddelerin

yapısı gösterilmiştir. Görüldüğü gibi bitki lifleri selüloz, hemiselüloz ve lignin birbirlerine bağlı yapılardır. Selüloz ve hemiselüloz, karbonhidratlardır ve polisakkaritler veya şeker polimerleri grubundadırlar. Pektinler ve balmumu maddeleri gibi yüzey safsızlıkları da içermektedirler. Bitkisel liflerin en önemli bileşeni selülozdur. Selüloz, organik yapısı içinde hidrojen bağları oluşturan üç hidroksil grubu içerir, üçüncü ise moleküller arası hidrojen bağları oluşturur. Bitkisel liflerin çıkarılabilmesi için selülozun hemiselüloz ve ligninden arındırması gerekmektedir.

Atık palmye yaprağından hidrofil pamuk üretimi işlemi için saf su içerisinde termal parçalama uygulanarak su moleküllerinin lif yapısına girmesi sağlanmakta, lignoselülozik yapıyı şişirmekte ve bağları zayıflatmaktadır. Termal parçalama ile lignin gibi istenmeyen bağlayıcıların bir kısmı çözünerek su fazına geçmekte, lif eldesi kolaylaşmaktadır. Bu sayede sıkı bir formda olan yapı gevşetilmiş, zambak giderme işleminden alınacak verim artırılmış, kullanılacak kimyasal maddelerin dozunun düşmesini sağlayarak sarfiyatı azaltılmış, elyaf oluşumunda istenmeyen yabancı maddelerin giderimi etkin bir şekilde sağlanmıştır. Bu işlem sayesinde termal parçalama ve doğal retting yöntemi birleştirilmiş ve 3 haftalık peryot süresi 3 saate düşürülmüştür. Ligno selülozik yapının bozulması için olan ön işlemdir.

4.1.3.2. Zambak Giderimi ve Termal Parçalama

Lignoselülozik yapının bozulmasının ardından zambak giderme işlemi uygulanmıştır. Bu işlemde termal parçalanma için gerekli ısı 300-370°C olarak belirlenmiştir. Ön işlemde gevşetilmiş yapı NaOH kimyasalı ile; lignin ve polisakkarit içeren aynı zamanda az miktarlarda da olsa vaks, yağ, üronik asit, pektin, pentosan, anhidrid, renkli pigment ve inorganik maddeler içeren çok hücreli lignoselülozik yapı ikinci kez çözünerek ayrılmaya tabii tutulmuştur. Uygun

kimyasal dozunun belirlenmesi amacıyla çeşitli dozlar uygulanmış ve zamk giderme işlenme için 10M 10 ml NaOH dozun optimum doz olduğu belirlenmiştir.

4.1.3.3. Polisakkarit Giderimi Ve Ağartma

Zamk giderme işlemi de gerçekleştirilmiş liflerin; pamuk formuna getirilmesi, son parçalamanın gerçekleşmesi ve ağartma aşaması için optimum dozun belirlenmesi amacıyla çeşitli dozlarda ağartıcı kimyasal olan Hidrojen Peroksit (H_2O_2) eklenmiştir. Optimum doz 10 ml belirlenmiştir. Daha yüksek dozlarda lifler parçalanmış, daha düşük dozlarda ise verimli ağartma gerçekleşmemiştir. Ağartıcı amacıyla kağıt yapımında hipoklorit kullanıldığında lifler parçalanmış, ağartma gerçekleşmemiştir. Bu sebeple pamuk yapımında ağartıcı olarak Hidrojen Peroksit (H_2O_2) kullanımı uygun bulunmuştur.



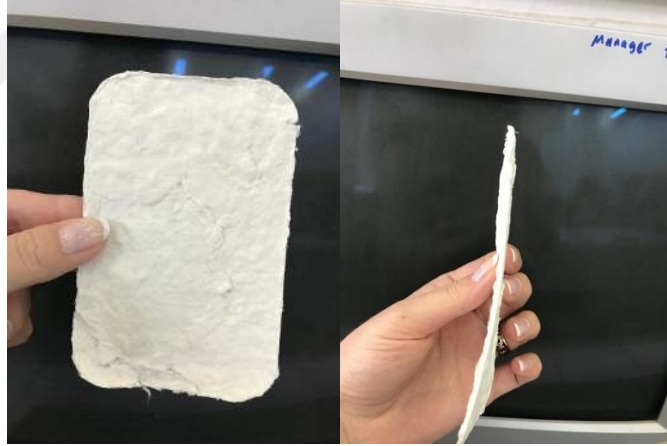
Şekil 4.9. a.) Lignoselülozik yapının bozulması b.) Zambak giderimi ve termal parçalama c.) Polisakkarit giderimi ve ağartma d.) Palmiye bitki atığından üretilmiş pamuk formu

4.1.4. Atık Palmiye Yaprak Liflerinden Kağıt Üretimi

Kağıt yapımı prosesinde palmiye yaprakları alkali işlemlerle lif formuna getirilmiştir. Kağıt üretimi aşamasında; ağartıcı dozunun fazla olması durumunda lifler parçalanmaktadır. Bu sebeple kağıt üretiminde önemli olan optimum ağartıcı dozunun belirlenmesidir. Alkali işlemin ardından çeşitli ağartıcı dozları uygulanmış

ve ağartma verimleri kontrol edilmiştir. Yeterli ağartmanın 14ml lik Hidrojen Peroksit ile sağlandığı belirlenmiştir. 17 ml lik dozun lifleri parçalamaya başladığı, ekstra bir ağartma sağlamadığı tespit edilmiş, ekstra bir kimyasal kullanımına gerek kalınmaması için 14ml lik Hidrojen Peroksit (H_2O_2) dozunun geçilmemesi vurgulanmıştır.

Optimum dozun 14ml %35lik Hidrojen Peroksit (H_2O_2) olduğu belirlenen, 7gr Sodyum Hidroksit (NaOH), 300 ml distile su ile reaksiyona sokulan palmye yapraklarından; polisakkaritler giderilmiş, kimyasal ağartma işlemi uygulanmış ve kağıt yapımı için uygun elyaf formları üretilmiştir. Yıkama ile kimyasaldan arındırılan lifler, kağıt formunun kazandırılması için özel tasarlanmış, fazla suyun çıkışı için tabandan delirleri olan kalıp içerisine alınarak preslenmiş, üst yüzeyü pürüzsüzleştirilmiş ve 1gün kurumaya bırakılarak kağıt üretimi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.10. Atık palmye yapraklarından üretilmiş kağıt

4.1.5. Atık Palmye Kınından (sapından) İplik ve Pamuk Üretimi

4.1.5.1. Doğal ve Mekanik Yöntemlerle İplik ve Pamuk Üretimi

3 haftalık doğal retting işlemine tabi tutularak mikroorganizmalar yardımıyla parçalanması ve selülozu bağlayan lignin, hemiselüloz gibi istenmeyen maddelerin palmye kınlarından giderimi işleminin ardından mekanik aletler ile

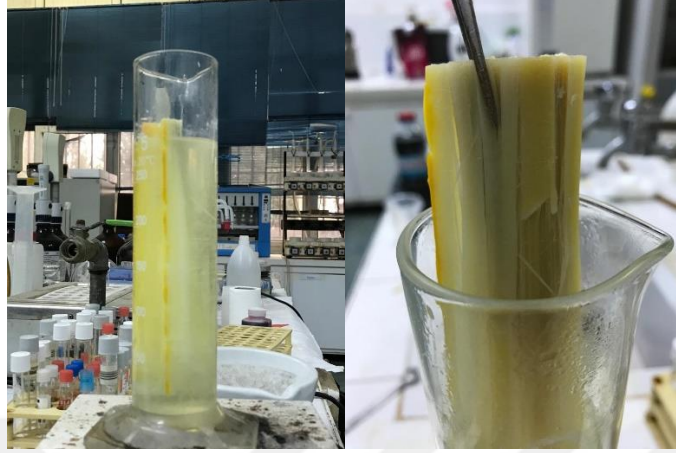
başıç uygulanmış ve homojen, kaliteli iplik formları elde edilmiştir. Bu işlem sırasında kırılan kopan küçük palmiye parçaları pamuk yapımı için ayrıldı. Metotlarda belirtilen alkali ve ağartma işlemleri sonucunda hidrofil pamuk üretildi.



Şekil 4.11. Akdeniz palmiye türünün kınlarının mekanik parçalayıcılar vasıtası ile budanmış ve ayrılmış formu



Şekil 4.12. Budanma sonrası ön işlem görmemiş palmiye sapı ve retting işlemi için dikenleri alınmış, sıyrılmış palmiye sapı



Şekil 4.13. Retting(Havuzlama) işleminin ardından palmiye kın görüntüsü



Şekil 4.14. Retting işleminden çıkarılan palmiye kınlarının sert bir cisimle baskılanması ve taranması sonucu elde edilen iplik formu



Şekil 4.15. Atık palmiye kınından (sapından) pamuk üretim aşaması



Şekil 4.16. Palmiye saplarının alkali ve ağartma işlemleri sonucunda üretilen hidrofil pamuk

4.1.5.2. Alkali Retting (Havuzlama) ve Mekanik Yöntemlerle İplik Üretimi

Bu yöntemin lif çıkarma prosesi için verimli bir işlem olmadığı sonucuna varılmıştır. Çünkü kimyasal kullanmadan yapılan doğal retting işlemi 3 haftalık (21gün) peryotta verimli lif elde edilebilmekte iken kimyasal kullanılarak yapılan alkali retting işleminde de 3haftalık peryotta verimli lif elde edilmiştir. Bu çalışmada bize kimyal kullanımının işlem peryodunu kısaltmadığı, lif verimini arttırmadığı için

ekstra bir kimyasal maliyetine gerek olmadığını ve bu işlem için alkali retting prosesinin kullanılmaması gerektiği tespit edilmiş ve vurgulanıştır.



Şekil 4.17. Dikenleri alınmış ve sıyrılmış palmiye kını



Şekil 4.18. Reaktöre alınmadan ve reaktörden çıkarıldıktan sonraki kınlar

4.1.6. Su Tutma Kapasitesi ve Su Emicilik Yüzdesi

Atık palmiye bitkisinden üretilen pamuğun su tutma kapasitesini belirlemek için yapılan bu çalışmada ölçülen değerler *Çizelge 4.2* de sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Su tutma kapasitesi için ölçülen değerler

Cam Kroze Darası (gr)	Pamuk Ağırlığı (gr)	Pamukla Beraber Tartım (gr)	Su Emdirildikten Sonraki Pamuk Ağırlığı (gr)	Pamuğun Tuttuğu Su Miktarı (gr)
46,5452	1,5842	48,1294	18,0448	16,4606

Bu bulgulara da görüldüğü gibi 1,5842gr üretilmiş palmiye pamuğu 16,4606gr su tutmaktadır. Özetle kendi ağırlığının 10-11 katı su tutma kapasitesine sahiptir.

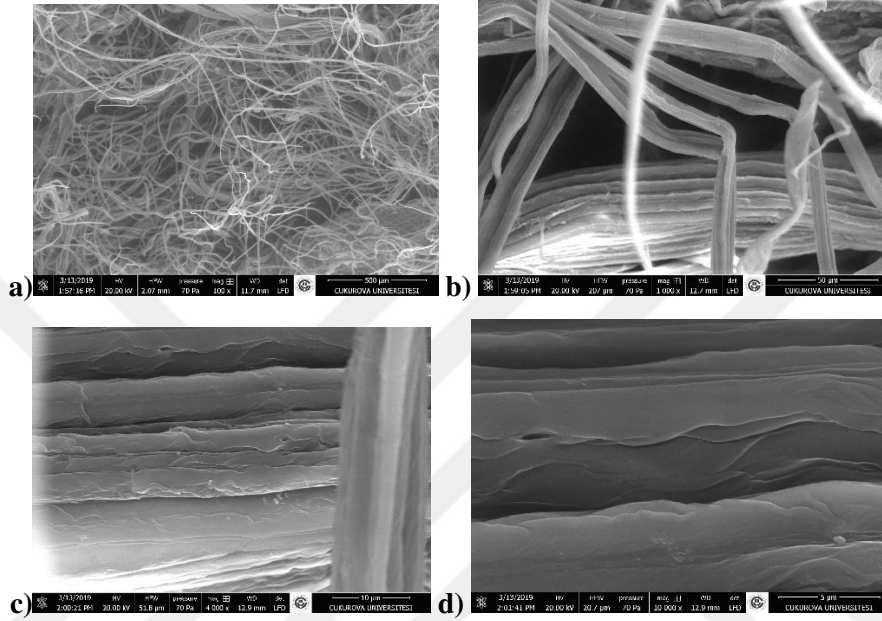
$$\% Su Emiş = \frac{Emilen Su Kütlesi}{Orjinal Kütle} \times 100 \quad (\text{Dündar, 2008})$$

$$\% Su Emiş = \frac{16,4606}{1,5842} \times 100 = \%1039,0481$$

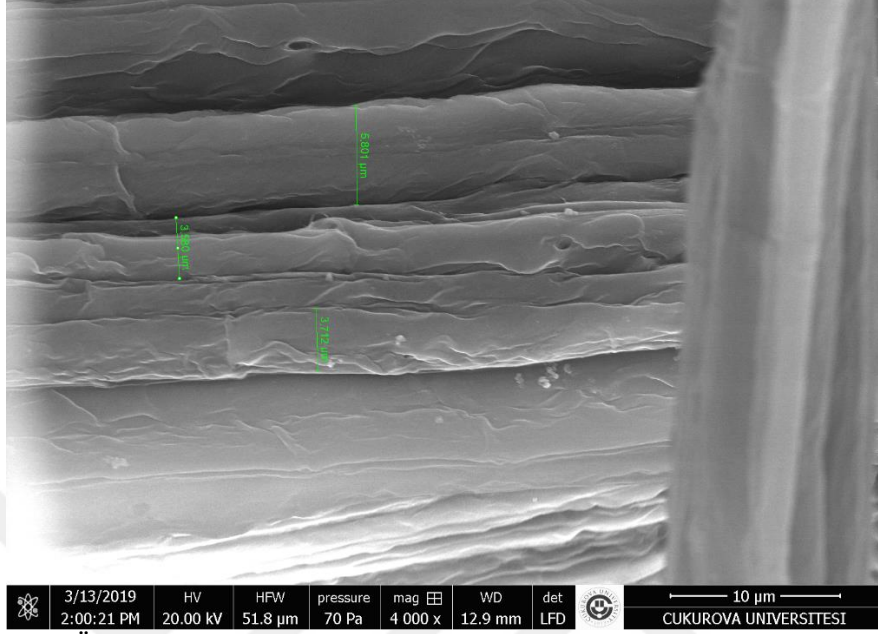
Su emişinin % 1039,0481 olduğu ve bunun çok yüksek bir oran olup çeşitli uygulamalarda kullanılabileceği tespit edilmiştir.

4.1.7. SEM Analizi

4.1.7.1. Üretilen Pamuk Formunun SEM Analizi



Şekil 4.19. a.b.c.d Üretilen pamuğun 100x, 1000x, 4000x, 10000x boyutlarında yaklaşımlarla görüntülenmiş lif demetlerinin SEM görüntüsü



e) Şekil 4.20. e. Üretilen pamuğun 4000x ölçeklerinde büyütülmesi ile görüntülenmiş lif kalınlığının SEM görüntüsü

Palmiye bitkisinin morfolojisinde lif demetleri bir çok fibrilden oluşmaktadır Şekil 4.19. ve Şekil 4.20. palmiye lif demeti görülmektedir. Üretilen pamuğun SEM analiz görüntülerinde görüldüğü gibi palmiye lif demetlerinin pürüzlülük miktarı azdır ve düzgün yapıli lif formları oluşmaktadır. 4000x büyütme oranıyla incelenen palmiye pamuk lifinin kalınlığının 3,6μm olduğu, ana lifi oluşturan lif kümelerinin kalınlığının ise yaklaşık 5,801μm olduğu belirlenmiştir.

Palmiye lifinin yapısında çok miktarda mikro boşluk ve çukurlar bulunmaktadır. Lifi bu yapısından, nem iletkenliğinin ve su absorpsiyonu yüksek olduğu sonucu çıkarılmaktadır. Ayrıca deney sonuçları, palmiye lifinin uzunluğu boyunca dağılmış olan node (boğumlar) ve yatay çizgiler bulunduğunu göstermektedir. Bu sayede palmiye, yüksek miktarda nem tutma ve hava geçirgenliğine sahiptir. Palmiye lifinin mikro boşlukları Çizelge 4.3'de görülmektedir.

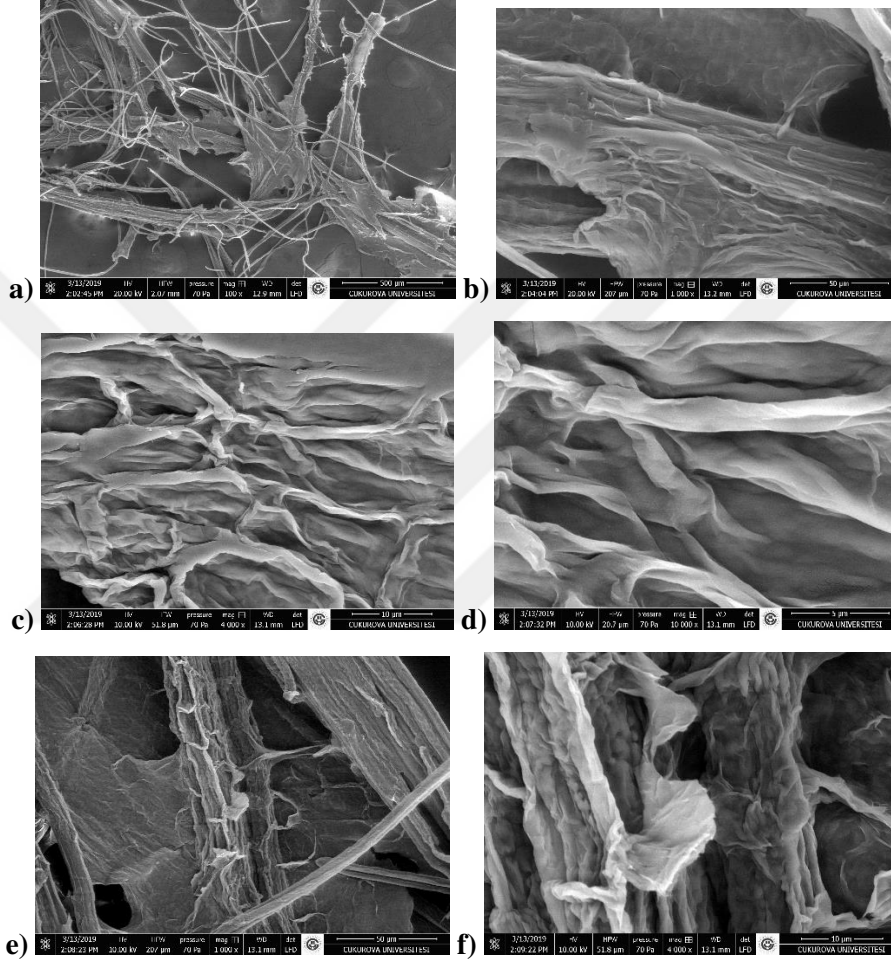
Çizelge 4.3. Nanoselüloz ailesi (Vatansever, 2015)

Nanoselüloz Çeşitleri	Eş Anlamları	Selüloz Kaynakları	Boyutlar
Mikrofibril selüloz (MFS)	Nanofibril, mikrofibril, nanofibril selüloz	Odun, şeker pancarı, patates yumrusu, kenevir, keten.	Çap: 5-60 nm Uzunluk: > 1000 nm
Nanokristalin selüloz (NKS)	Selüloz nanokristal, nanoselüloz iğnecikleri, selüloz mikro kristal	Odun, buğday samanı, pamuk, hayvansal selüloz, rami	Çap: 5-60 nm Uzunluk: 100 -1000 nm
Bakteriyel nanoselüloz (BNS)	Bakteriyel selüloz, mikrobiyel selüloz, biyoselüloz	Şeker, selüloz	Çap: 20-100 nm Uzunluk: Nanofiber ağı

SEM analiz sonucunda ana lifi oluşturan lif kümelerinin kalınlığının ise yaklaşık 5,801nm olduğu belirlenmiştir. Pamuk liflerinin kısa olması dolayısı ile lif uzunluğu 100-250nm aralığındadır. Bu bilgi doğrultusunda pamuğu oluşturan nanoselüloz tipinin “Nanokristalin selüloz” olduğu belirlenmiştir.

Nanokristalin selüloz; beton, polymer ve inşaat malzemelerinin güçlendirilmesi, elektronik ve tıbbi cihazlar, tekstil ve otomotiv, iletken kağıttan esnek piller, sivil ve havacılık endüstrileri için yapısal bileşenler, elektronik cihazlar için şeffaf esnek ekranlar, sensörler, yara pansuman ürünleri ve bilgisayar bellekleri, yenilenebilir organik plastik torbalar, vücut zırhı uygulamaları, özel filtreler gibi çok geniş çalışmalarda ilerleme sağlamaktadır (<https://www.nanokar.com/incele/NANO-SELULOZ-462.html>, 2019). Bu da üretilen pamuğun belirtilen alanlar ve daha bir çok farklı alanlarda hammadde olarak kullanılabilirliğinin kanıtıdır.

4.1.7.2. Kimyasal Yöntemle (Alkali Retting) Üretilmiş İplik Formunun SEM Analizi



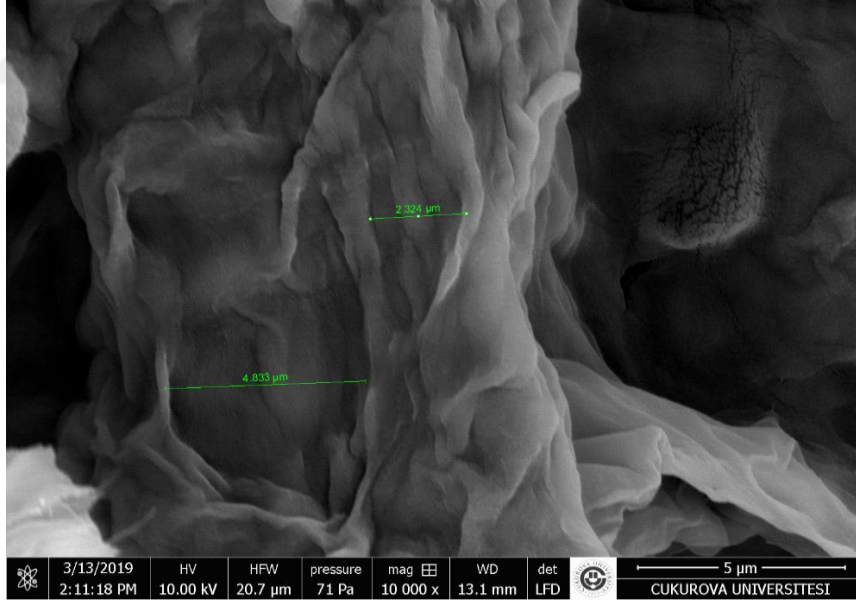
Şekil 4.21. a.b.c.d.e.f. Kimyasal yöntemle işlenmiş iplik formunun 100x, 1000x, 4000x, 10000x ölçeklerinde büyütülmesi ile görüntülenmiş lif demetlerinin SEM görüntüsü

SEM analizinde alkali retting işlemi görmüş, ağartılmış lifin uygulanmasının sebebi asidik retting işlemi görmüş lif formunun kopuş miktarının fazla olması ve

alkali rettingle üretilen lif veriminin daha yüksek olmasıdır. Bu sebeple alkali retting işlemi görmüş numune analize uygun bulunmuştur.

Kimyasal yöntemlerle üretilmiş (Alkali Retting) iplik formunun farklı ölçeklerde büyütülmesi ile oluşan lif demetlerinin Şekil 4.21 görüntülerinde görüldüğü gibi pamuk formu ile kıyaslandığında düzgünlüğünün daha fazla olduğu görülmektedir. Bu pürüzlülük boyar maddenin lif tarafından emilimini arttıracak ve boyarmaddenin lif içinde hapsoluşunu arttıracaktır. Bu sebepten boyama gerektiren işlemlerde pamuk yerine kimyasal işlem görmüş iplik formunun uygulanmasının daha uygun olabileceği belirlenmiştir.

Palmiyenin kimyasal yöntemlerle üretilen iplik formunun kesitinde pamuğa kıyasla daha fazla miktarda mikro boşluk ve çukurlar bulunmaktadır. Bu sayede pamuğa kıyasla daha yüksek miktarda nem tutma ve hava geçirgenliğine sahiptir. Palmiye lifinin mikro boşlukları Şekil 4.21'de görülmektedir.

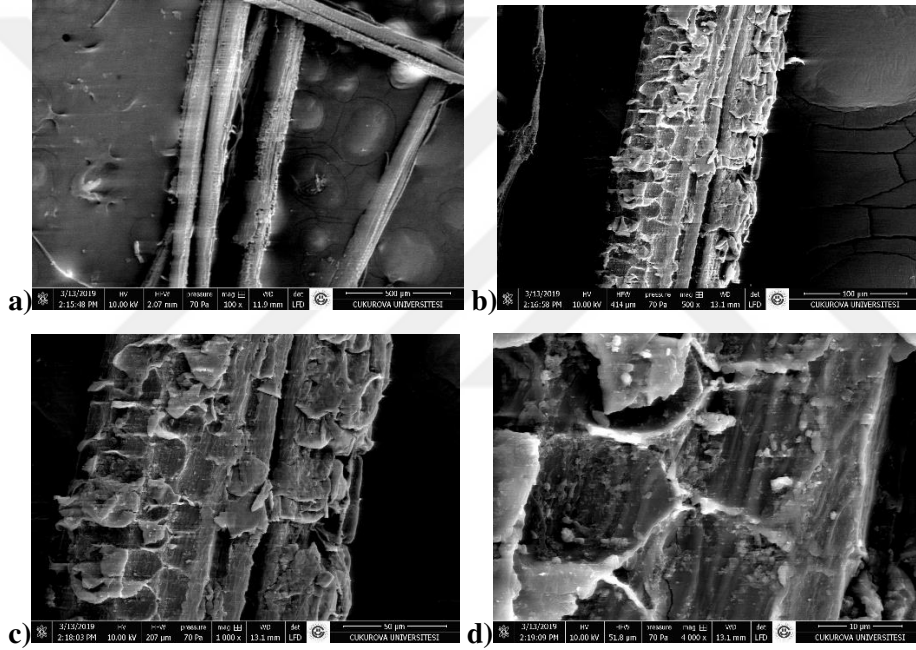


Şekil 4.22. g. Kimyasal yöntemlerle (alkali retting) üretilmiş iplik formunun 10000x ölçeklerinde büyütülmesi ile görüntülenmiş lif gözenek çapı sem görüntüsü

10000x büyütme oranıyla incelenen kimyasal yöntemlerle üretilmiş palmye iplik formunun lif gözenek çapının 2,32–4,83µm olduğu belirlenmiştir.

Kimyasal yöntemlerle üretilmiş iplik formunun lif kalınlığının ölçülmemesinin sebebi uygulanan her işlemle lif kalınlığı değişmesidir. Uygulanan farklı işlemlerle istenilen kalınlıkta lif üretilebilecektir.

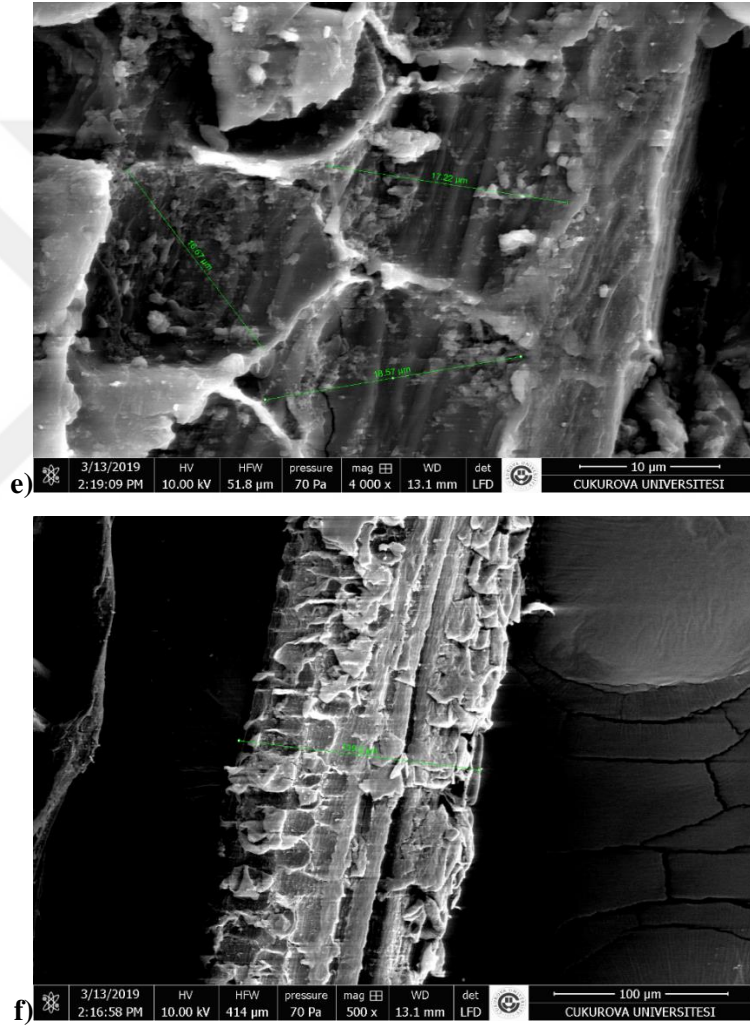
4.1.7.3. Mekanik Yöntemle Üretilmiş İplik Formunun SEM Analizi



Şekil 4.23. a.b.c.d. Mekanik yöntemle işlenmiş iplik formunun 100x, 500x, 1000x, 4000x, ölçeklerinde büyütülmesi ile görüntülenmiş lif demetlerinin SEM görüntüsü

Mekanik yöntemlerle üretilmiş iplik formunun farklı ölçeklerde büyütülmesi ile oluşan lif demetlerinin Şekil 4.23. görüntülerinde görüldüğü gibi pamuk formu ve kimyasal yöntemlerle(Alkali Retting) üretilmi iplik formu ile kıyaslandığında düzgünsüzlüğünün daha fazla olduğu görünmektedir. Çeşitli bitim işlemleri

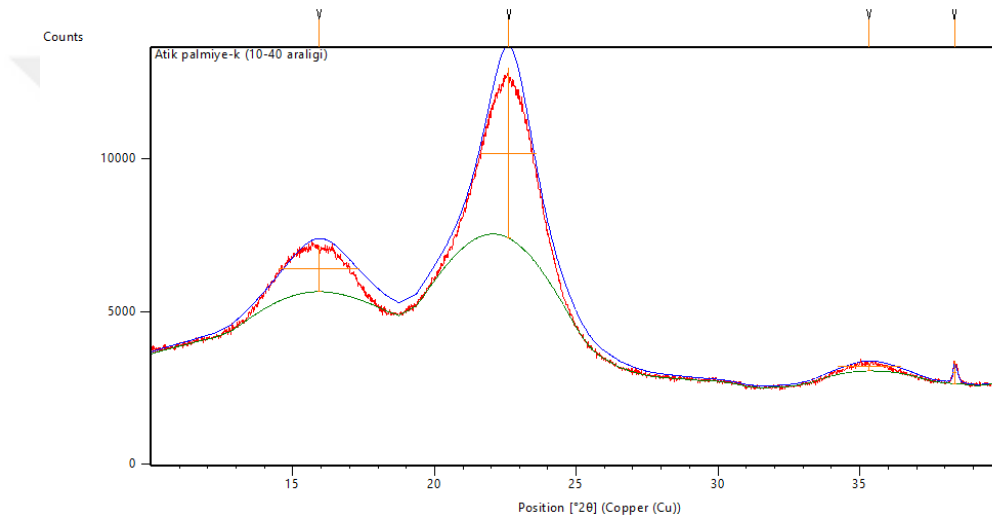
uygulandığında bu pürüzsüzlük statik elektrik oluşturarak boyar maddenin lif içine girişini hızlandıracak ve boyarmaddenin lif içinde hapsoluşunu arttıracaktır. Bu sebepten boyama işlemi görecekle işlemlerde pamuk yerine kimyasal işlem görmüş iplik formunun ve fiziksel yöntemlerle üretilmiş iplik formunun uygulanması daha uygun olacaktır.



Şekil 4.24. e.f. Fiziksel yöntemlerle üretilmiş iplik formunun 4000x, 500x ölçeklerinde büyütülmesi ile görüntülenmiş lif gözenek çapı ve lif kalınlığının SEM görüntüsü

4000x büyütme oranıyla incelenen fiziksel yöntemlerle üretilmiş palmye iplik formunun lif gözenek çapının 16,67-17,22-18,57 μm olduğu, 500x büyütme oranıyla incelenen fiziksel yöntemlerle üretilmiş iplik formunun lif kalınlığının ise 139,2 μm olduğu belirlenmiştir.

4.1.8. XRD (X-Işını Kırınımı) Analizi



Şekil 4.25. Palmye bitki atığından üretilen pamuğun XRD analizi ile belirlenmiş kristal yapısı

Selüloz yapısının ispatlanması amacıyla başvurulmuş XRD analizinde elde edilen kırınım diyagramları *Şekil 4.25*'de sunulmuştur. Analiz sonucunda ana pik değeri belirlenmiştir. Bu pik değeri sırasıyla; 15.9331°, 22.6255°, ve 35.3215°, 38.3439° olarak bulunmuştur.

Pamuk numunesinde bulunan selüloza ait kırınım desendeki $2\theta=22.6255^\circ$ civarında gözlemlenen geniş pik, bu numunelerin amorf yapıda olduklarını; her iki numunede de $2\theta=35.3215^\circ$ civarında gözlemlenen ve şiddeti son derece düşük olan kristal piki ise, numunenin içerisinde eser miktarda da olsa kristal

fraksiyonu bulunduğunu göstermektedir. Kırınım desenlerindeki önemli bir diğer bulgu da, $2\theta=15.9331^\circ$ civarında gözlemlenen kristal pikidir.

4.2. Tartışma

4.2.1. Selüloz Tayini

Selüloz, bitki hücre duvarının temel bileşenidir ve oranı bitkiye bağlı olarak değişmektedir. Çeşitli bitkisel içerikli maddelerin % selüloz içerikleri araştırılmış ve *Çizelge 4.1.* da sunulmuştur. Bu tabloya göre çay atığının selüloz içeriği %30,2, palmiye kabuğunun selüloz içeriği %29,7, buğday sapının selüloz içeriği %28,8, zeytin kabuğunun selüloz içeriği %24, hindistan cevizi kabuğunun selüloz içeriği %19,8, fındık kabuğunun selüloz içeriği %16.7'dir. Yapılan bu tez çalışmasında ise palmiye yaprağının selüloz içeriği %30,25 olarak tespit edilmiştir. *Çizelge 4.1.* dan da anlaşılabileceği gibi çoğu bitkisel içerikli maddeye göre palmiye yaprağının % selüloz içeriği yüksektir. Bu oranda çok önemli olmasına rağmen daha önce literatürde bununla ilgili bir çalışma yapılmamıştır. Lif yapımının temel maddesi olan selülözün palmiye yaprağında yüksek olduğu bu tez çalışmasında

belirlenmiştir. Palmiye yaprağının bu önemi bilinmediği için bu materyal atık olarak kullanılmaktadır. Selüloz içeriği yüksek bu materyalin atık olarak kalmaması ve hammadde yapımında kullanılabilmesi için yapılan bu çalışmanın önemini ispatlamıştır. Bu sonuç neticesinde atık olan bu materyalin lif içeriği yüksek maddelerde kullanılabileceği tespit edilmiş ve çeşitli ürünlerin oluşturulması için farklı yöntemlerle çalışılmıştır.

4.2.2. Atık Palmiye Yaprağından İplik (lif kümeleri) Üretimi

Palmiye bitkisinin atık yapraklarından biyolojik, kimyasal ve mekanik yöntemlerle iplik (lif kümeleri) üretilmiştir. Bu yöntemler ile ilgili detaylı karşılaştırma *Çizelge 4.2.2.* 'da belirtilmiştir. Genel olarak havuzlama (Retting) işlemleri ile palmiye yaprağının yapısı gevşemiş ve pentosanlar, yağ, lignin,

balmumu (vaks), pektin gibi kimyasal maddelerin uzaklaştırılması sağlanmıştır. Doğal retting yönteminde ortamda oluşan mikroorganizmalar ile bu işlem gerçekleşirken kimyasal retting yönteminde çeşitli kimyasallar ile gerçekleşmiştir.

Liteatür incelendiğinde bu işlemlerin karşılaştırılmasına yer verilmediği gözlemlenmiştir. Örneğin; Akpınarlı ve ark., 2018, yılında yaptığı çalışmalarda ısırgan otu lifi üretimi ile çalışmış hasat, çürütme, kırma, tarama, zamk çıkarma ve eğirme işlemleri uygulayarak ısırgan otu lifi üretmiştir fakat bu işlemleri birbiri ile ilişkilendirmemiştir. Karabulut ve Aktaş, 2014, yılında yaptığı çalışmada jüt lifi ile çalışmış fakat sadece alkali yöntemi kullanmıştır. Bu çalışmada ise uygulanabilecek tüm prosesler uygulanmış ve literatüre ek olarak her bir işlem kendi içerisinde sınıflandırılarak birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

Palmiye bitkisinin atık yapraklarından iplik üretim aşamasında biyolojik ve kimyasal yöntemler karşılaştırıldıklarında asidik ve alkali retting proseslerinin tüm aşamalarda oluşan liflerin mukavemetinin, doğal retting sonucunda oluşan liflere göre zayıf olduğu ve kopuşların daha fazla olduğu belirlenmiş ve süre problemi yoksa retting prosesinde en verimli lifin doğal retting sonucu oluşan lif olduğu kanaatine varılmıştır. Ve retting işlemlerine göre lif verimlilik sırası oluşturulmak istenirse;

Doğal Retting > Alkali retting > Asidik retting

olduğu belirtilmiştir. Ayrıca doğal retting yönteminin çeşitli kimyasal kullanımı gerektirmemesi sebebi ile en ekonomik yöntem olduğu saptanmıştır. Fakat zaman gereksinimi yüksek olması sebebi ile sürenin kısa olması beklenen proseslerde kullanımı uygun olmayabilir.

Çizelge 4.4. Retting(Havuzlama) ve mekanik yöntemlerin karşılaştırılması

Yöntem	Doğal Retting	Asidik Retting	Alkali Retting	Mekanik Yöntem
Açıklama	Palmiye yapraklarının suda ıslatılarak, yumuşatılması ile lignoselülozik yapının şişip patlayarak bozulması ve mikroorganizmalar yardımı ile lif demetlerinin korteksten ayrılması	Palmiye yapraklarının farklı konsantrasyonlar da ki HCl, H ₂ SO ₄ kimyasallarıyla hemiselüloz, lignin gibi maddelerin çözünerek uzaklaştırılması ile selüloz içeriği yüksek lif demetlerinin korteksten ayrılması	Palmiye yapraklarının farklı konsantrasyonlar da ki NaOH kimyasalı ile delignifikasyon yani lignin gibi maddelerin çözünerek uzaklaştırılması ile selüloz içeriği yüksek lif demetlerinin korteksten ayrılması	Elyafı çoklu ezme, kırma, sıyırma gibi yöntemlerle korteksten ayırmak
Optimum Süre	İklim şartlarına bağlı olarak 3 hafta	6 gün	15 gün	1-2 gün
Avantaj	Kimyasal kullanımına gerek yoktur. En ekonomik yöntemdir. Üretilen lifler homojendir ve bütün yöntemlerden daha kalitelidir	Doğal ve alkali rettinge kıyasla kısa sürede lif eldesi	Doğal rettinge kıyasla kısa sürede lif eldesi	En kısa sürede lif eldesi, kimyasal kullanımı gerektirmemesi
Dezavantaj	Uzan süre gerektirmesi. Ancak alkali-asidik retting işlemiyle elde edilen elyaflardan çok daha kaliteli elyaflar üretilir.	Kimyasal maliyet gerektirir, heterojen lifler üretilir ve liflerin mukavemeti düşüktür.	Kimyasal maliyet gerektirir, düşük kaliteli elyaflar üretilir	Lif kopuşları çok olur bu sebeple üretilen miktar azalır ve kısa lifler elde edilir.

4.2.3. Atık Palmiye Kınından (sapından) İplik ve Pamuk Üretimi

Atık palmiye kını (sapı) doğal ve alkali retting yöntemleri ile çalışılmıştır. doğal retting işleminde 3 haftalık peryotta mikroorganizmalar yardımıyla selülozu bağlayan lignin, hemiselüloz gibi istenmeyen maddelerin palmiye kınlarından giderimi gerçekleştirilmiş ve bu işlem sırasında kırılan kopan küçük palmiye parçalarından da pamuk üretilmiştir.

Alkali retting işleminde de kimyasallar kullanılarak selüloz lignin, hemiselüloz gibi istenmeyen maddelerden ayrılmıştır. Bu işlemin de optimum periyodu 3 hafta olarak belirlenmiştir. Kimyasal kullanılmadan doğal yöntemlerle uygulanan doğal retting işleminde; atık materyalin atığından ekstra pamuk üretilmesi, kimyasal kullanılmamasına rağmen periyodun 3 hafta sürmesi ve ekonomik olması sebebi ile doğal retting yönteminin daha verimli bir proses olduğu saptanmıştır.

4.2.4. Kimyasal İşlemler ve Doğal Liflere Etkileri

Palmiye bitkisinin atık yapraklarından pamuk ve ipik üretimi için çeşitli prosesler uygulanmıştır. Her proseste farklı kimyasallarla çalışılmıştır. Hangi kimyasal maddenin palmiye selülozik atığına etkileri ve verimlilikleri *Çizelge 4.5.* 'da belirtilmiştir.

Çizelge 4.5. Proseslerde uygulanan kimyasalların bitkisel atıklara etkileri

Kimyasal İşlem	İşlem Sonucu
Sodyum Hidroksit (NaOH) ile İşlemi	Oda sıcaklığında yeterli etkinliği gösterememekte fakat 100 ve üzeri sıcaklıklarda çok etkin bir pektin, lignin, hemiselüloz gibi istenmeyen madde giderimi yapmakta ve bunu yaparken selüloza en az zarar veren madde olarak belirlenmektedir.
Hidroklorik asit (HCl) ile İşlemi	1M gibi düşük dozunun bile lignin ve hemiselüloz gibi istenmeyen maddelerin yanında selülozuda parçalaması nedeni ile lif çıkarma prosesine uygun bir asit olmadığı belirlenmiştir.
H₂SO₄ ile İşlemi	Düşük dozlarda etkin olamamakta, 2M lık bir dozda lif yapısında bulunan istenmeyen maddeleri etkin bir şekilde giderebilmektedir. Fakat bu giderim sırasında selüloza az da olsa zarar vermektedir.
Hidrojen Peroksit (H₂O₂) ile Ağartma İşlemi	Balmumu ve diğer malzemelerinin giderimini sağlamakta ile fizikokimyasal özellikleri artırmaktadır. Doğal stabilite ve / veya doğal liflerin gerilme özelliklerini daha iyi kontrol etmeyi sağlamaktadır.
Hipoklorit tedavisi ile Ağartma İşlemi	Yeterli ağartma verimi gösterememiş ve lifleri parçalayarak mukavemeti düşürmüştür bu sebeple lif eldesi ve ağartılması için uygun bir kimyasal olmadığı belirlenmiştir.

4.2.5. Su Tutma Kapasitesi ve Su Emicilik Yüzdesi

Dündar 2008 yılında yaptığı tez çalışmasında bambu lifinin enine kesitindeki mikro boşlukların çok olduğunu bu sayede hava geçirgenliğinin ve su emiciliğinin yüksek olduğunu, bambu lifinin kendi ağırlığının 3 katına kadar su emiciliği sağladığını ve bu oranın çok yüksek olduğunu belirtmiştir. Bizim yaptığımız bu tez çalışmasında ise palmye bitkisinin atık materyallerinden üretilmiş pamuğun kendi ağırlığının yaklaşık 10-11 katı kadar su emiciliği olduğu tespit edilmiştir. Bambu bitkisinden de 3 kat fazla su emiciliğine sahip olduğu tespit edilmiştir ve bu çok yüksek bir orandır. Bu denli değerli özelliği bulunan bu materyalin atık olarak bertaraf edilmemesi gerekmektedir. Bu materyalden üretilen tekstil ürünlerinin enine kesitinde bulunan çok sayıda ki mikro boşluk sayesinde; çok

yüksek hava geçirgenliğine sahip olacağı, çok iyi ısı transferi sağlayarak serinlik hissi vereceği ve buna bağlı olarak konfor sağlayacağı, sıcak havalarda vücuda yapışmayacağı, vücuttaki teri çok iyi bir şekilde dışarı atacağı belirlenmiştir. Bu sayede vücutla temas eden tekstil ürünlerinde tercih edilebileceği vurgulanmaktadır.

Palmiye bitkisinin düzenli budanması sonucu oluşan atık materyallerinden üretilen pamuğun su emişinin ise % 1039,0481 olduğu ve bunun çok yüksek bir oran olup biyoremediasyon gibi çeşitli uygulamalarda kullanılabileceği tespit edilmiştir.

4.2.6. SEM Analizi

Fiziksel yöntemlerle üretilmiş iplik formunun kimyasal yöntemlerle(Alkali Retting) üretilmiş iplik formuna kıyasla, gözenek çapının yaklaşık 5 kat olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum palmiyenin fiziksel yöntemlerle üretilen iplik formunun, kimyasal yöntemlerle üretilen iplik formuna kıyasla yaklaşık 5 kat yüksek miktarda nem tutma ve hava geçirgenliğine sahip olduğunu göstermektedir. Palmiye lifinin mikro boşlukları *Şekil 24.e.f* de görülmektedir.

500x büyütme oranıyla incelenen fiziksel yöntemlerle üretilmiş iplik formunun lif kalınlığının 139,2µm olduğu belirlenmiştir. Üretilen pamuğun lif kalınlığına kıyasla fiziksel yöntemlerle üretilmiş iplik formunun lif kalınlığının yaklaşık 22 kat olduğu gözlemlenmiştir.

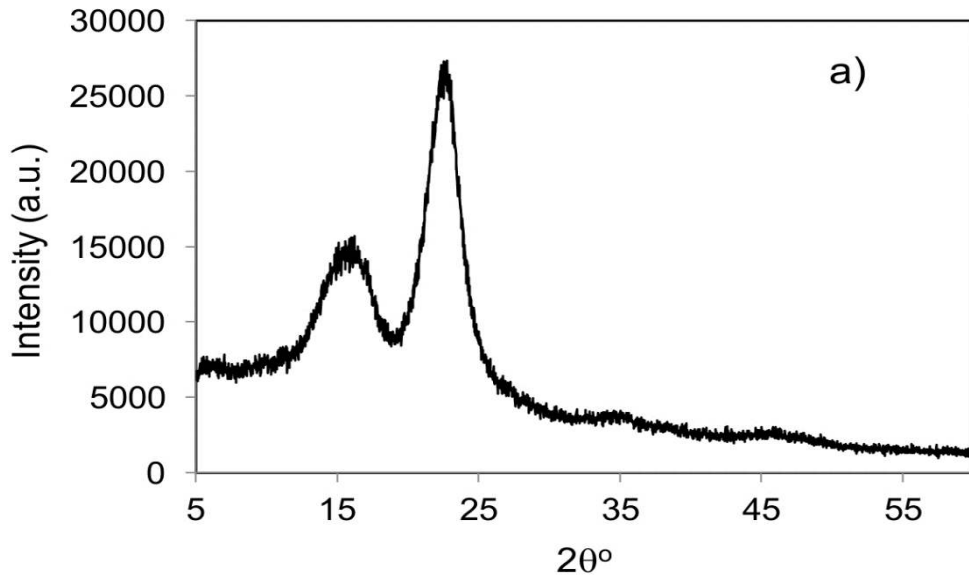
Üretilen pamuğu oluşturan nanoselüloz tipinin “Nanokristalin selüloz” olduğu belirlenmiştir. Nanokristalin selüloz; inşaat malzemelerinin, polymer ve beton gibi malzemelerin güçlendirilmesi, tekstil, otomotiv, sivil ve havacılık endüstrileri için yapısal bileşenler, elektronik ve tıbbi cihazlar, iletken kağıttan esnek piller, elektronik cihazlar için şeffaf esnek ekranlar, su arıtma için özel filtreler, yenilenebilir organik plastik torbalar, sensörler, yara pansuman ürünleri ve bilgisayar bellekleri gibi çok geniş çalışmalarda ilerleme sağlamaktadır (<https://www.nanokar.com/incele/NANO-SELULOZ-462.html>, 2019). Bu da

üretileen pamuğun belirtilen alanlar ve daha bir çok farklı alanlarda hammadde olarak kullanılabilirliğinin kanıtıdır.

Bu analiz üretileen her formun farklı özelliklere sahip olduğunu göstermiştir. Uygulanacak prosese göre palmiye bitkisinden üretileen liflerin hangi metotla üretilemesi gerektiği belirlenip, seçilebilecektir.

Palmiye bitkisinin atık materyallerinden üretileen her formda enine kesitteki mikro gözenek sayısının çok olduğu buna bağlı olarak bu materyalden üretileen ürünlerde yüksek derecede hava geçirgenliğine sahip olacağı ve bu sayede serinlik hissi ve konfor sağlayacağı tespit edilmiştir. Bu mikro boşluklar sayesinde vücuttaki teri çok kolay dışarı atacak ve sıcak havalarda serinlik hissi verecek ve vücuda yapışmayacaktır.

4.2.7. XRD Analizi (X-Işını Kırınımı)



Şekil 4.26. Selüloz XRD analizi ile belirlenmiş kristal yapısı
(<https://www.google.com/search?>)

Şekil 4.25' de palmiye bitki atığından üretilen pamuğun xrd analizi ile belirlenmiş kristal yapısı belirtilmiştir. Referans suşlar tarafından sentezlenen selüloz numunelerinin kırınım desenleri incelendiğinde *Şekil 4.26* kristal piklerinin benzer şekilde düşük şiddetli olduğu, ancak, pik konumlarının “Selüloz I kristal” yapısına uygunluk gösterdiği saptanmıştır.

XRD sonuçları, lignin gibi istenmeyen içeriklerin giderilerek yapılan safsızlaştırma işleminin gerçekleştiğinin bir başka kanıtıdır.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında yapılan işlemler, varılan sonuçlar ve üretilen materyallerin kullanılabileceği alanların bazıları aşağıda listelenmiştir.

Bu çalışmada;

1. Palmiye bitkisi atıkları un formuna getirilerek selüloz analizi uygulanmış ve selüloz içeriğinin (%30,25), lif üretmek amacıyla kullanılan çoğu doğal liften yüksek olduğu tespit edilmiştir.
2. Palmiye bitkisi yaprak atıklarından biyolojik (doğal havuzlama), kimyasal (alkali ve asidik havuzlama), mekanik (tarama, sıyırma vb.) yöntemler kullanılarak lif ve iplik formları üretilmiştir. Her bir işlemde optimum süreler belirlenmiş, çeşitli amaçlar için kullanılabilmesi amacıyla her işlemde ayrı ayrı çeşitli kimyasallar denenmiş ve kullanılan kimyasalların liflere etkileri belirtilmiş, uygulanan işlemlerin avantajları ve dezavantajları vurgulanmış, her işlem için doğru kimyasallar tespit edilmiş, optimum sürelerin ve optimum kimyasal dozlarının her aşama için ayrı ayrı belirlenmesi sağlanmıştır. Sayısal verilerin açıklamaları *Çizelge 4.4.* de gösterilmiştir.
3. Palmiye kınından (sapından) “doğal havuzlama-mekanik yöntemler” kullanılarak iplik ve pamuk, “alkali havuzlama-mekanik yöntemler” kullanılarak iplik (lif kümeleri) üretilmiştir. “Alkali havuzlama” yönteminin palmiye sap kısmından lif çıkarma prosesi için, verimli bir yöntem olmadığı, “doğal havuzlama” yönteminin kullanılması gerektiği tespit edilmiştir.
4. Palmiye bitkisi yaprak atıklarından lignoselülozik yapının bozulması, zamburak giderme, polisakkarit giderimi ve ağartma gibi işlemler uygulanarak hidrofil pamuk üretilmiştir. “Lignoselülozik yapının bozulması” işleminde; optimum sıcaklık 300°C, optimum süre 3 saat,

“Zamk giderme” işleminde; uygun kimyasal NaOH, uygun doz 10M 10 ml, optimum sıcaklık 300-370°C, gerekli süre 2 saat, “Polisakkarit giderimi ve ağartma” işleminde; uygun ağartıcı %35’ lik H₂O₂, optimum doz 10 ml, optimum sıcaklık 300°C ve optimum süre 40 dakika olarak tespit edilmiştir. Ayrıca polisakkarit giderimi işlemi için Hipokloritin uygun bir kimyasal olmadığı belirlenmiştir.

5. Palmiye bitkisi yaprak atıklarından kağıt üretilmiştir. Kağıt üretimi proseslerinde; “Ön giderim” işlemleri için; optimum sıcaklık 320 °C, optimum süre 3 saat, “İstenmeyen bağlayıcıların giderimi” işlemi için; uygun kimyasal NaOH, gerekli miktar 5.7gr, optimum sıcaklık 200-250°C, optimum süre 3 saat, "Termal parçalama ve ağartma" işlemi için; 300 ml distile su, uygun kimyasallar NaOH ve %35lik H₂O₂, sırasıyla gerekli miktar ve dozlar 7gr ve 14ml, optimum sıcaklık aralığı 300-330°C ve optimum süre 30 dakika olarak tespit edilmiştir.
6. Alkali-asidik kimyasal, biyojik ve mekanik yöntemler ile üretilmiş farklı lif formları ve pamuk formu SEM analizine tabi tutulmuştur. SEM analizi ile görülmüştür ki; üretilen her form farklı özelliklere sahiptir. Bu nedenle uygulanacak prosese göre palmiye bitkisinden üretilen liflerin hangi metotla üretilmesi gerektiği belirlenip, bu tez çalışmasında yapılmış çeşitli yöntemler incelenerek uygun yöntem seçilebilecektir. Genel olarak üretilen her formda enine kesitteki mikro gözenek sayısının çok olduğu buna bağlı olarak bu materyalden üretilen ürünlerin; yüksek derecede hava geçirgenliği, su tutuculuğu, nem iletkenliği gibi özellikleri sağlayacağı sonucu çıkarılmaktadır.
7. SEM analizinin sonuçlarından ulaşılan su absorpsiyonu gibi özelliklerin net tespiti amacıyla su tutma kapasitesi ve su emiş yüzdesi hesaplanmıştır. Analiz sonuçlarından görülmüştür ki; 1,5842gr üretilmiş palmiye pamuğu 16,4606gr su tutmaktadır. Bambu lifinin

kendi ağırlığının 3 katına kadar su emiciliği sağladığı ve bu oranın çok yüksek olduğu belirtilmişken (Dündar, 2008), “palmye bitkisinden üretilmiş pamuğun”, kendi ağırlığının yaklaşık 10-11 katı su tutma kapasitesine sahip olduğu ve su emişinin % 1039,0481 olduğu tespit edilmiştir.

8. SEM analizi sonucunda, üretilmiş pamuğu oluşturan nanoselüloz tipinin, “Nanokristalin selüloz” olduğu belirlenmiştir. Nanokristalin selüloz vücut zırhı uygulamaları, özel filtreler, esnek piller gibi çok önemli alanlarda kullanılmaktadır. Tez çalışmasında üretilmiş bu ürünün bu alanlarda alternatif olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.
9. SEM analizi ile nanoselüloz tipi belirlenmiş ürün lignin, hemiselüloz gibi bağlayıcılarından ayrılarak üretilmiştir. Yeterli arındırma işleminin gerçekleştirilip gerçekleştirilemediğini gözlemlemek amacıyla pamuk formunda ki ürün XRD (X-Işını Kırınımı) analizine tabi tutulmuştur. Üretilmiş pamuğun XRD analizi ile belirlenmiş kristal yapısı (Şekil 4.25), literatürde bulunan selüloz kristal yapısıyla (Şekil 4.26) karşılaştırılmış ve fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu bulguda; tez çalışmasında üretilen, selüloz tipinin “Nanokristalin selüloz” olduğu belirlenen pamuğun, selüloz içeriğinin safsızlaştırılarak üretildiğinin kanıtı niteliğindedir.

Üretilen ürünlerin geliştirilerek kullanılabilecekleri önerilen alanlar:

- Tez çalışmasında üretilmiş pamuk formu; gün geçtikçe üretimi azalan ve üretimi arttırmak için ülkemizin teşvik verdiği pamuk üretimine alternatif oluşturabilir.

- Atık maddeden üretilmiş pamuk materyali kullanılarak, başka atık formlarının ortamdaki giderilmesini sağlayan çeşitli filtreler yapılabilir.
- Üretilmiş pamuk formu; yüksek su emiciliği (% 1039,0481), yüksek su tutma kapasitesi (kendi ağırlığının 10-11 katı su tutma kapasitesi), doğal yapısı gereği yüksek karbon içeriği sayesinde topraksız tarım uygulamalarında kullanılabilir ve bu sayede çöl, uzay yolculukları gibi zor şartlarda etkin çözüm sunar.
- Üretilmiş iplik formları; yüksek mukavemetli yapısı sayesinde üretilmiş ürünlerin farklı formları erozyon bölgelerinde toprağa serilerek erozyon oluşumu engeller. Doğal bir materyal olması sebebiyle o alanda bulunması durumunda toprağa zarar vermez. Uzun süreli kullanımda tekrar sökülmesi gibi bir işlem ve maliyete gerek kalmadığı gibi toprakta çözünüp herhangi bir kirlilik yaratmadan ortadan kaybolur. Bu aşamada da toprağı besler ve gübre görevi görür.
- Üretilmiş pamuk formu; kurak bölgelerde ağaç köklerine serilerek yüksek su emiciliği ve su tutma kapasitesi sayesinde, ilk aşamada suyu tutar sonra yavaş yavaş ağacı sulayarak damlatmalı sulama görevi görür. Bu özelliği sayesinde, kurak bölgelerde de ağaçlandırma fırsatı sunar.
- Üretilmiş pamuk formu “yüksek hidrofil yapısı sayesinde”; yetişkin bezleri, tuvalet kağıdı, havlu peçete, ıslak mendil, tek kullanımlık havlu gibi ürünlerin yapımında, “yüksek selüloz içerikli yapısı ve lif içeriği sayesinde”; kağıt, ayakkabı, terlik, maske, cerrahi önlük, bone, sedye örtüsü, cerrahi örtü ve buna benzer ürünlerin üretiminde alternatif hammadde olarak kullanılabilir. Bu sayede ağaç kesilmelerini, ekolojik yapının zarar görmesini ve buna bağlı oluşan zincirleme çevre problemlerinin azalmasına yardımcı olunabilecektir.

- Üretilmiş pamuk formu: yüksek hidrofil yapısı, su tutma kapasitesi, organik madde oluşu, karbon içeriğinin yüksek oluşu sayesinde, biyoredimentasyon arıtımı için gerekli şartları sağlar ve bu sayede petrol gibi maddelerin dağılmasını engelleme, arıtma çalışmalarında (biyoredimentasyon) çok etkili sonuç vermektedir.
- Her doğal lif gibi ses ve ısı izolasyonlarında kullanılabilecek bir alternatif oluşturur.
- Palmiye atıklarından üretilmiş ürünler yüksek lif içeriği ve karakteristik özellikleri sayesinde tekstil endüstrisine kazandırılabilir. Bu sayede sentetik hammaddeden üretildikleri için doğaya dönüşümü mümkün olmayan tekstil ürünlerine alternatif oluşturulabilir. Bu sayede her yıl büyük oranda artan sentetik tekstil atıklarının miktarı azaltılırken, bu atıkların tükettikleri kaynak, enerji ve depolama gibi ek maliyetlerde de azalmalar gerçekleşir. Ayrıca dokusuz yüzey formunda üretilerek ve geliştirilerek teknik tekstil malzemelerinde de kullanılabilecektir.
- Keten, kenevir, rami, jüt, kenaf, pamuk gibi doğal liflerden üretilen, biyolojik olarak parçalanabilir, sürdürülebilir, çevre dostu, düşük maliyetli, karbondioksit Emilimi yapabilen ve geri dönüşüme uygun, çevre kirliliğini azaltan, iyi bir ses ve ısı yalıtımı sağlayan ve bu sayede özellikle Avrupada otomotiv sektöründe kullanım alanı yüksek olan biyokompozitlere alternatif oluşturabilir. Bu sayede keten, kenevir gibi yukarıda belirtilen bitkiler bu işlemler için tahrip edilmez ve dolayısıyla doğal kaynaklar tüketilmez. Tohumu alındıktan sonra veya budandıktan sonra oluşan palmiye yaprak ve sap atıkları biyokompozit yapımı için değerlendirilir.
- Pala 2015 yılında yaptığı çalışmada; Creative Aurvana Live!2 adlı kulaklığın bio-selüloz kullanılarak üretildiğini, BASF firmasının kenaf ve kenevir kullanarak monoblok bir sandalye ürettiğini, Libeco

fiemasının rüzgar, kano, kayak malzemeleri, sörf bordu, golf sopaları, tenis racketleri ve olta takımlarını keten kullanarak ürettiğini, Elastolit markasının kayak, bisiklet, golf, futbol malzemeleri ve skuter tekerleklerini bitkisel lifler kullanarak üretildiğini belirtmiştir. Bu ve bunun gibi çok çeşitlendirilebilecek ürünler bu tez çalışmasında üretilmiş ürünlerle de üretilenlerdir.

- SEM analizi sonucunda üretilen pamuğun selüloz yapısının ‘Nanokristalin Selüloz’ olduğu belirlenmiştir. XRD analizi ile de selülozun safsızlaştırılarak elde edildiği ispatlanmıştır. Bu da selüloz yapısı nanokristalin selüloz olan ve saf halde elde edilen pamuk formunun, aşağıda belirtilen alanlarında kullanılabileceğini ve bu alanlara alternatif oluşturabileceğini göstermektedir.

Nanokristalin selülozun kullanıldığı ve dolayısıyla bu tez çalışmasında üretilen pamuk formunun da kullanılabileceği bazı alanlar;

- a) İnşaat malzemelerinin, polymer-beton gibi malzemelerin güçlendirilmesi,
- b) Elektronik ve tıbbi cihazlar,
- c) Eczacılık, kozmetik, gıda, tekstil, otomotiv, sivil ve havacılık endüstrileri için yapısal bileşenler,
- d) İletken kağıttan esnek piller,
- e) Elektronik cihazlar için şeffaf esnek ekranlar,
- f) Su arıtma için özel filtreler,
- g) Sensörler,
- h) Yenilenebilir organik plastik torbalar,
- i) Bilgisayar bellekleri
- j) Yara pansuman ürünleri

- k) Vücut zırhı uygulamaları,
- l) Reoloji düzenleyici (petrol sondajı, boyalar gibi uygulamalarda reoloji modifiye ediciler olarak)

gibi daha birçok kullanım alanına sahiptir ve farklı sektörlerde kullanılmaktadır (Yıldırım, 2018; Doğan A.E., 2017; Siro ve Plackett, 2010; <https://www.nanokar.com/incele/NANO-SELULOZ-462.html>, 2019; <http://nanografi.com.tr/kristalin-nano-seluloz-nanokristalin-seluloz-cnc/>, 2019;) .

Yürütülen bu tez çalışmasının en önemli kazanımı, bütün bu faydaları doğal kaynak tüketmeden, atık kabul edilen madde kullanılarak üretilmesi ve dünyaya kazandırılmasıdır. Hammadde rolünde olması gerekirken atık olarak bertaraf edilen bu materyali üretime kazandırmak, insanları bilinçlendirmek, sıfır atık projesine destek olmak amacıyla bu proje çalışılmıştır.



KAYNAKÇA

- Adekomaya O., Jamiru T., Sadiku R., Huan Z. 2017. Negative Impact From The Application Of Natural Fibers. *Journal of Cleaner Production*, Volume 143, 1 February 2017, Pages 843-846.
- Akpınarlı H. F., Başaran F. N., Bekiroğlu E. 2018. Isırgan Bitkisinden Lif Elde Etme Yöntemleri. *Multidisciplinary Studies-4 (Natural Sciences)*, symposium.
- Ammayappan L, Das S, Guruprasad R, Ray DP, Ganguly PK., 2016, Effect of lac treatment on mechanical properties of jute fabric/polyester resin based biocomposite.
- Baharin A., Abdul Fattah N., Abu Bakar A., Ariff Z.M. 2016. Production of Laminated Natural Fibre Board from Banana Tree Wastes. *Procedia Chemistry*, Volume 19, Pages 999-1006.
- Baley C., 2002. Analysis of the flax fibres tensile behaviour and analysis of the tensile stiffness increase. *Compos Part A Appl Sci Manuf* 33:939–948.
- Basak S, Samanta KK, Chattopadhyay SK, Pandit P, Maiti S., 2016, Green fire retardant finishing and combined dyeing of proteinous wool fabric. *Color Technol* 132:135–143.
- Bismarck, A., Baltazar, A., Jimenez, Y., Sarikakis, K. 2006. Green composites as panacea? socio-economic aspects of green materials. *Environment Development and Sustainability*, 8,445-463.
- Blackburn R.S. 2005, *Biodegradable and Sustainable Fibres*, CRC Press, UK.
- Bledzki AK, Gassan J., 1999, Composites reinforced with cellulose based fibres. *Prog Polym Sci* 24:221–274.
- Boran, S. 2016. Mechanical, morphological, and thermal properties of nutshell and microcrystalline cellulose filled high-density polyethylene composites. *BioResources*, 11(1), 1741-1752.

- Bordoloi S., Hussain R., Garg A., Sreedeeep S., Zhou W. H. 2017. Infiltration Characteristics Of Natural Fiber Reinforced Soil. Transportation Geotechnics, Volume 12, September 2017, Pages 37-44.
- Canoglu, S., Yukseloğlu, S. M., 2001, Lyocell Lifleri, www.bilesim.com.tr/tr/yayincilik/kimyateknolojileri, Erişim Tarihi: 28.01.2019
- Chand N, Hashmi SAR., 1993, Mechanical properties of sisal fibre at elevated temperatures. J Mater Sci 28: 6724–6728.
- Clemons, C. 2002. Wood-plastic composites in The United States: The interfacing of two industries. Forest Products Journal, 2, 10-18.
- Corbiere, N.T., Laban, B.G., Lundquist, L., Leterrier, Y., Manson, J.A.E., Jolliet, O. 2001. Lifecycle assessment of biofibers replacing glass fibers as reinforcement in plastics, resources. Resources, Conservation and Recycling, 33, 267-287.
- Das M, Chakraborty D., 2008, Evaluation of improvement of physical and mechanical properties of bamboo fibers due to alkali treatment. J Appl Polym Sci 107:522–527.
- Das P., Nag D., Debnath S., Nayak L. 2010. "Machinery for Extraction and Traditional Spinning of Plant Fibres", Indian Journal of Traditional Knowledge, cilt 9, no. 2, pp. 386-393.
- Das S, Bhowmick M, Chattopadhyay SK, Basak S., 2015, Application of biomimicry in textiles. Curr Sci 109:893–901.
- Das S., 2017, Mechanical properties of waste paper/jute fabric reinforced polyester resin matrix hybrid composites. Carbohydr Polym 172:60–67.
- Dey S. ve Satapathy K. 2013. "A Combined Technology Package for Extraction of Pineapple Leaf Fibre-an Agrowaste, Utilization of Biomass and for Application in Textiles", National Institute of Research on Jute and Allied Fibre Technology Indian Council of Agricultural Research, Kolkata.

- Doğan A. E. 2017. “Nanoselüloz”. Yıldız Teknik Üniversitesi İnovatif Kimya Dergisi, 2017, Dergi Sayı 47 – Sayfa 27.
- Donmez Cavdar, A., Kalaycıoğlu, H., Mengeloğlu, F. 2015. Technological properties of thermoplastic composites filled with fire retardant and tea mill waste fiber. Journal of Composite Materials, 50 (12), 1627-1634.
- Dönmez Çavdar, A., Boran, S. 2016. Doğal Liflerin Otomotiv Sanayinde Kullanımı, Kastamonu Üni., Orman Fakültesi Dergisi, 2016, 16 (1): 253-263.
- Dönmez Çavdar, A., Kalaycıoğlu, H., Mengeloğlu, F. 2011. Tea mill waste fibers filled thermoplastic composites: The effects of plastic type and fiber loading. Journal Reinforced Plastics and Composites, 30, 833–844.
- Dündar, E., 2008. Çeşitli Selülozik İpliklerden Üretilen Örme Kumaşların Performanslarının Karşılaştırılması. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tekstil Mühendisliği Ana Bilimdalı Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- Harmancıoğlu, M., Yazıcıoğlu, G. 1979. *Bitkisel Lifler*. İzmir: Ege Üniversitesi Matbaası.
- Hoşgün E. Z., Bozan B. 2016. Düşük Sıcaklık Düşük Zaman Alkali Ön İşlemlerinin Fındık Kabuğunun Bileşimi Ve Enzimatik Hidrolizi Üzerine Etkisinin İncelenmesi. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 32:2 (2017) 517-529.
- <http://monopalmiye.blogspot.com/2009/05/palmiye-nedir.html>, Erişim Tarihi: 28.01.2019
- <http://nanografi.com.tr/kristalin-nano-seluloz-nanokristalin-seluloz-cnc/>, Erişim Tarihi: 14.11.2019
- <http://www.bitkicenter.com/palmiye-agaci-meyvesi/>, Erişim Tarihi: 28.01.2019
- <http://www.nkfu.com/palmiye-agaci-ozellikleri/>, Erişim Tarihi: 28.01.2019
- <https://www.agac.gen.tr/palmiye-agaci.html>, Erişim Tarihi: 28.01.2019

https://www.google.com/search?biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=qionXevLC5ioIfAPk9SlwAw&q=sel%C3%BCloz+xrd+g%C3%B6r%C3%BCnt%C3%BCs%C3%BC&oq=sel%C3%BCloz+xrd&gs_l=img.3.0.35i39i2.17455.19348..22726...0.0..0.214.644.0j3j1.....0....1..gws-wiz-img.....0i67j0.tKmoUGJxbTY, Erişim Tarihi: 11.07.2019

<https://www.nanokar.com/incele/NANO-SELULOZ-462.html>, Erişim Tarihi: 14.11.2019

John MJ, Anandjiwala RD., 2008, Recent developments in chemical modification and characterization of natural fiber-reinforced composites. Polym Compos 29:187–207.

Joshi, S.V., Drzal, L.T., Mohanty, A.K., Arora, S. 2004. Are natural fiber composites environmentally superior to glass fiber reinforced composites. Composite Part A: Applied Science and Manufacturing, 35(3), 371-376.

Kalaycı, E., Avinc O. O., Bozkurt A., Yavaş A. 2016. Tarımsal Atıklardan Elde Edilen Sürdürülebilir Tekstil Lifleri: Ananas Yaprağı Lifleri. SAÜ Fen Bil Der 20. Cilt, 2. Sayı, s. 203-221.

Karabulut, N., Aktaş. M. 2014. “Jüt Lifi Takviyeli Kompozitlerin Mekanik Özelliklerinin Yüzey Modifikasyon İşlemiyle İyileştirilmesi,” Mühendis ve Makina, cilt 55, sayı 649, s. 43-49.

Kiruthika AV., 2017, A review on physico-mechanical properties of bast fibre reinforced polymer composites. J Build Eng 9:91–99.

Krishna N. K., Prasanth M., Gowtham R., Karthic S., Mini K. M. 2018. Enhancement Of Properties Of Concrete Using Natural Fibers. Materials Today: Proceedings, Volume 5, Issue 11, Part 3, 2018, Pages 23816-23823.

Kylosov, A.A. 2007. Wood plastic composites. John Wiley&Sons, Inc.,NJ, USA.

L. U. Devi, S. Bhagawan ve S. Thomas, 1997. "Mechanical Properties of Pineapple Leaf Fiber- Reinforced Polyester Composites", Journal of Applied Polymer Science, cilt 64, no. 9, pp. 1739- 48.

- Lucintel 2011. Opportunities in Natural Fiber Composites, Las Colinas, USA, <http://www.lucintel.com/lucintelbrief/potentialofnaturalfibercomposites-final.pdf>
- M. Biswal, S. Mohanty ve S. K. Nayak, 2009. "Influence of Organically Modified Nanoclay on the Performance of Pineapple Leaf Fiber- Reinforced Polypropylene Nanocomposites", Journal of Applied Polymer Science, cilt 114, no. 6, pp. 4091-4103.
- Mangut, M., Karahan, N., 2008. *Tekstil Lifleri*. (3. Baskı). Türkiye: Ekin Basım Yayın Dağıtım.
- Mwaikambo LY, Ansell MP., 2002, Chemical modification of hemp, sisal, jute, and kapok fibers by alkalization. J Appl Polym Sci 84:2222–2234.
- Namlıgöz E. S., Duran K. 2006. Rami Liflerinin Enzimatik Terbiye İşlemleri. Tekstil ve Konfeksiyon Der 3.
- Naveen J., Jawaid M., Amuthakkannan P., Chandrasekar M. 2019. Mechanical and physical properties of sisal and hybrid sisal fiber-reinforced polymer composites. Woodhead Publishing Series in Composites Science and Engineering, Pages 427-440.
- Njuguna, J., Wambua, P., Pielichowski, K., Kayvantash, K. 2011. Natural fibre-reinforced polymer composites and nanocomposites for automotive applications. S. Kalia et al. (eds), Cellulose Fibers: Bio-and Nano-Polymer Composites, Springer, New York, p. 661-700.
- OKUR, N., 2006. Bambu Lifi Ve İplik Özelliklerinin Diğer Lif Ve İpliklerin Performans Özellikleri İle Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.
- Özcan, Y., Ulusoy, E., 1978. Tekstil Elyaf ve Boyama Tekniği, İstanbul.
- Özçagatay, U., Yaşar, S.F., Kayar, M., 1999. Tekstilde Kimyasal Testler, TÜBİTAK-MAM Tekstil Enstitüsü SAGEM Müdürlüğü, Bursa.

- Özdemir Z. Z. 2011. Palmiye Kabuğu Kökenli Aktif Karbon İle Zeytin Atıksularında Kirlilik Parametrelerine Bakış. T.C.Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi Isparta- 2011
- Pala İ. 2015. Tekstil Lifleri İle Takviyelendirilmiş Kompozit Malzemelerin Ürün Tasarımında Kullanılması. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Ürünleri Tasarımı Ana Bilim Dalı Endüstri Ürünleri Tasarımı Programı Yüksek Lisans Tezi.
- Patel, M., Bastioili, C., Marini, L., Wurdinger, E. 2002. Environmental assessment of bio-based polymers and natural fiber, Netherlands, Utrecht University.
- Puglia, D., Kenny, J.M. 2009. Applications of natural fibre composites. In: S. T. Pothan, Natural Fibre Reinforced Polymer Composites: From Macro to Nanoscale, Old City Publishing, Inc, Philadelphia, p. 523-536.
- Rajesh M., Pitchaimani Jeyaraj, Rajini N. 2016. Free Vibration Characteristics of Banana/Sisal Natural Fibers Reinforced Hybrid Polymer Composite Beam. Procedia Engineering, Volume 144, Pages 1055-1059.
- Rao K.M.M., Rao K.M., Prasad A.V.R. 2010. Fabrication And Testing Of Natural Fibre Composites: Vakka, Sisal, Bamboo And Banana. Materials & Design Volume 31, Issue 1, January, Pages 508-513.
- Ratanakhanokchai K., Waeonukul R., Pason P., Tachaapaikoon C., Kyu K. L., Sakka K., Kosugi A., Mori Y. 2003, "Paenibacillus curdlanolyticus Strain B-6 Multienzyme Complex: A Novel System for Biomass Utilization", Miodrag Darko Matovic (eds.), Biomass Now - Cultivation and Utilization.
- Robson D., 1993, Survey of natural materials for use in structural composites as reinforcement and matrices. Biocomposites Centre, University of Wales.
- Santos, P.A., Giorioli, J.C., Amarasekera, J., Moraes, G. 2008. Natural fibers plastic composites in automotive applications. SPE Automotive Composites Conference & Exhibition Troy, MI, USA, p. 1-9.

- Savni HUŞ. 1971, “Lignin Ve Kullanış Yerleri”, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Vol 11, p. 17-19
- Seventekin N., Öktem T., Karahan A. 2006. Doğal Bambu Lifleri. Tekstil Ve Konfeksiyon Der 4.
- Shahinur S., Hasan M. 2019. Jute/Coir/Banana Fiber Reinforced Bio-Composites: Critical Review of Design, Fabrication, Properties and Applications. Reference Module in Materials Science and Materials Engineering.
- Siro, I. and Plackett, D. 2010. Microfibrillated cellulose and new nanocomposite materials: a review. Cellulose 17, 459.
- Solikhin A., Hadi YS, Massijaya MY., Nikmatin S. 2019. Nanostructural, Chemical, and Thermal Changes of Oil Palm Empty Fruit Bunch Cellulose Nanofibers Pretreated with Different Solvent Extractions. Waste and Biomass Valorization, April 2019, Volume 10, Issue 4, pp 953–965.
- Steffens F., Steffens H., Oliveira F. R. 2017. Applications Of Natural Fibers On Architecture. Procedia Engineering, Volume 200, 2017, Pages 317-324.
- Şener Ü., 2006. Pamuk Bitkisi Saplarının Enerji Hammaddesi Olarak Değerlendirilmesi. Tc Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orta Öğretim Fen Ve Matematik Alanları Eğitimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Teli MD, Pandit P, Basak S., 2018, Coconut shell extract imparting multifunction properties to ligno-cellulosic material. J Ind Text 47(6): 1261–1290.
- Teli MD, Pandit P., 2017, Novel method of ecofriendly single bath dyeing and functional finishing of wool protein with coconut shell extract biomolecules. ACS Sustain Chem Eng. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b02078>.
- Temiz H., Olgar K. 2017. Doğal ve Yapay Liflerden Üretilen Panellerin Yalıtım Özelliklerinin Araştırılması. Karaelmas Fen ve Müh. Derg. 7(2): 608-618.

- Turhan, Ö., Karaaslan, U., Ocak 2005, Yapay Lifler ve Özellikleri, Kimya Teknolojileri, Sayı: 49, www.bilesim.com.tr/tr/yayincilik/kimyateknolojileri
- Uskan B. 2009. Odun Talaşının Hidrotermal Dönüşümünden Elde Edilen Kimyasalların Karakterizasyonu. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilimdalı Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Vatansever A. 2015. Poli(Bütıl Akrilat-Metil Metakrilat) Nanokompozitlerin Film Özelliklerinin İncelenmesi Ve Boya Bağlayıcısı Olarak Kullanımı. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı Kimya Mühendisliği Programı Doktora Tezi.
- Wulfhorst, B., / Demir A., Torun A.H. (tercüme), 2003. Tekstil Üretim Yöntemleri, İstanbul.
- www.botanical.com/botanical/mgmh/n/nettle03.htm, Erişim Tarihi: 28.01.2019
- www.ienica.net/crops/nettle.htm, Erişim Tarihi: 28.01.2019
- www.itkib.org.tr/hedefcurrent/200411_kasim/OZHBR SOYA2.htm, Erişim Tarihi: 28.01.2019
- www.legsource.com/Consumers/ingeo-fiber-06-05.html - 10k, Erişim Tarihi: 28.01.2019
- www.noisenet.ws/articles/index.php, Erişim Tarihi: 28.01.2019
- Yıldırım N. 2018. Nanoteknoloji Ve Geleceğin Çevreci Polimeri Nanoselüloz. Ormancılık Araştırma Dergisi Turkish Journal of Forestry Research 2018, 5:2, 185-195.

ÖZGEÇMİŞ

1 Ocak 1993 yılında Eskişehir’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Ankara’da tamamladı. 2011 yılında başladığı Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü’nden 2014 yılında Çevre Mühendisliği bölümüne yatay geçiş yaptı. 2014 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü’nden 2017 yılında birincilik ile 3.28 ortalama puanı ile mezun oldu. 2017 yılında Çukurova Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı.