SEM VE FTIR YÖNTEMLERİNİ KULLANARAK ADLİ VAKALARDA LİF MUKAYESESİ İLE OLAYLARIN AYDINLATILMASINDA YAKLAŞIMLAR

BERAN ÖNER

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SEM VE FTIR YÖNTEMLERİNİ KULLANARAK ADLİ VAKALARDA LİF MUKAYESESİ İLE OLAYLARIN AYDINLATILMASINDA YAKLAŞIMLAR

BERAN ÖNER
0009-0008-0530-8393

Prof. Dr. Belgin İZGİ
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ADLİ BİLİMLER ANABİLİM DALI

BURSA – 2025

Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SEM VE FTIR YÖNTEMLERİNİ KULLANARAK
ADLİ VAKALARDA LİF MUKAYESESİ İLE OLAYLARIN
AYDINLATILMASINDA YAKLAŞIMLAR

Beran ÖNER

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Adli Bilimler Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Belgin İZGİ

İnsanlık tarihinin ilk dönemlerinden bu yana, pamuk, keten ve yün gibi doğal lifler; ısınma, korunma ve örtünme gibi temel ihtiyaçların karşılanmasında önemli rol oynamıştır. Ancak doğal liflerin üretim maliyetlerinin yüksekliği ve artan nüfusun taleplerine yanıt vermedeki yetersizliği, laboratuvar ortamında kimyasal yöntemlerle sentetik liflerin geliştirilmesini gerekli kılmıştır. Artan suç oranlarıyla birlikte, olay yeri incelemelerinde elde edilen doğal ve sentetik lif bulguları; karşılaştırmalı analizlerle önemli bilgiler sunmakta ve adli süreçlerde delil niteliği taşıyan materyaller olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada, olay yerinde tespit edilen lif türlerinden esinlenilerek (jut, polyester, pamuk, keten), farklı oranlardaki tuz çözeltileri ile sodyum bikarbonatlı ortamlarda ve çeşitli ağırlıklarda bekletilme koşulları kullanılarak deneysel senaryolar oluşturulmuştur (ası cinayeti modeli). Elde edilen lif numuneleri öncelikle optik mikroskop ile fiziksel açıdan incelenmiş, ardından Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) ile kimyasal yapıları karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Işık, sıcaklık ve neme karşı diğer lif türlerine kıyasla daha fazla duyarlılık gösteren jut lifinin kalınlık değişimleri, optik mikroskoptan ziyade daha yüksek çözünürlük sağlayan Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile daha belirgin şekilde tespit edilmiştir. SEM analizleri sonucunda, jut liflerinde kalınlık açısından artış eğilimli değişkenlik gözlemlenmiştir.

Elde edilen farklı mukayese sonuçları, olay çözümünde daha yönlendirici bilgiler sunarken; benzerlik gösteren bulgular ise şüpheliyle bağlantılı kuvvetli delillerin elde edilmesine katkı sağlamaktadır. Suçun ve suçlunun doğru şekilde tespit edilerek adaletin hızlı ve güvenilir biçimde sağlanabilmesi açısından, olay yerinde tespit edilen fiziksel bulguların bilimsel ve teknik yöntemlerle analiz edilmesi; olay yeri inceleme uzmanları ile adli tıp ve kriminal laboratuvar çalışanlarının iş birliğiyle büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Adli lif analizi, fiziksel incelemeler, Taramalı elektron mikroskobu (SEM), Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR), Adli bilimler
2025, xiv + 84 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

APPROACHES TO ENLIGHTENING THE EVENTS WITH FIBER COMPARISON IN FORENSIC CASES USING SEM AND FTIR METHODS

Beran ÖNER

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied
Sciences Department of Forensic Science

Supervisor: Prof. Dr. Belgin İZGİ

Since the early stages of human history, natural fibers such as cotton, flax, and wool have played a vital role in meeting basic needs such as heating, protection, and covering. However, the high production costs of natural fibers and their inability to meet the demands of an increasing population have necessitated the development of synthetic fibers through chemical methods in laboratory settings. With the rise in crime rates, natural and synthetic fiber traces obtained during crime scene investigations have gained importance as comparative analyses provide valuable information and are increasingly utilized as evidential materials in forensic processes.

In this study, experimental scenarios were designed by drawing inspiration from fiber types commonly found at crime scenes (jute, polyester, cotton, flax). These fibers were subjected to various conditions involving sodium bicarbonate solutions and saline environments with different concentrations and weights over varying durations (asphyxiation/hanging crime simulation). Initially, physical examinations of the fiber samples were conducted using optical microscopy. To strengthen comparative assessments, the fibers were further analyzed and identified chemically using Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. Jute fibers, which exhibited greater sensitivity to light, heat, and humidity compared to other types, showed more noticeable thickness variations under Scanning Electron Microscopy (SEM), which offers higher resolution than optical microscopy. SEM analyses revealed a general tendency for increased fiber thickness under changing conditions.

While differing comparison results provided clearer and more directive insights into crime reconstruction, similar results contributed to the establishment of strong evidence that could link the suspect to the scene. For accurate identification of the crime and perpetrator, and to ensure that justice is delivered swiftly and reliably, it is essential that physical evidence collected at the crime scene is examined using scientific and technical methods in collaboration with forensic medicine and criminal laboratories.

Key words: Fiber analysis, physical examinations, scanning electron microscope (SEM), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), forensic sciences

2025, xiv + 84 pages

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Yüksek lisans süresince tezimin hazırlanmasında akademik bilgi birikimleri, emekleri ve destekleriyle bana rehberlik eden kıymetli danışman hocam Sayın *Prof. Dr. Belgin İZGİ'ye*,

Tez çalışmamın gerçekleştirilmesinde katkı sağlayan, kurum imkânlarını ve analiz cihazlarını kullanmama izin vererek araştırmamın ilerlemesine olanak tanıyan Emniyet Kriminal Daire Başkanı Sayın *Tuncay ANKARA'ya*,

Laboratuvar süreçlerinde bilgi ve deneyimleriyle yol gösteren, desteklerini esirgemeyen Bursa Bölge Kriminal Polis Laboratuvar Müdürlerim Sayın *İsmail YALÇIN ve Sayın Soner SOYDAN'a*,

Çalışmamızın hazırlanması sürecinde verdiği destekten ötürü, yüksek lisans boyunca bana kazandırdığı bilgi ve yardımlarla hayatıma değer katan Kimyager *Elif ER'e*, Yüksek Kimya Mühendisi *Lale DURSUN'a* ve Yüksek Kimya Mühendisi *Dr. Hüseyin KARAKURT'a*,

Tüm hayatım boyunca her an ve her konuda maddi ve manevi desteklerini benden asla esirgemeyen, bugünlere gelmemi sağlayan fedakâr ve en değerlilerim olan ***anneme ve rahmetli babama,***

En derin teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Beran ÖNER

İÇİNDEKİLER

Sayfa

1. GİRİŞ 1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI VE KURAMSAL TEMELLER 2
2.1. Tekstil Liflerinin Keşfi ve Tarihi 2
2.2. Tekstil Lifinin Tanımı ve Yapısı 6
2.3. Adli Bilimlerde Bulgu Delil İlişkisi 13
2.4. Olay Yeri İncelemesi 15
2.5. Delil Olarak Tekstil Ürünleri ve Lifler 16
2.6. Liflerinin Analiz Teknikleri 19
2.6.1. Numune aranması ve alınması 19
2.6.2. Numune hazırlama 19
2.7. Optik Mikroskobu 20
2.8. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) 21
2.9. FTIR Spektroskopisi 24
3. MATERYAL ve YÖNTEM 25
3.1. Materyal 25
3.2. Yöntem 26
3.3. Karakterizasyon Yöntemleri 27
4. BULGULAR ve TARTIŞMA 28
4.1. Polyester Lifine Ait Bulgular 29
4.1.1. Polyester lifine ait optik mikroskop bulguları 29
4.1.2. Polyester lifine ait SEM bulguları 31
4.1.3. Polyester lifine ait FTIR bulguları 33
4.2. Jut Lifine Ait Bulgular 36
4.2.1. Jut lifine ait optik mikroskop bulguları 36
4.2.2. Jut lifine ait SEM bulguları 40
4.2.3. Jut lifine ait FTIR bulguları 41
4.3. Keten Lifine Ait Bulgular 45
4.3.1. Keten lifine ait optik mikroskop görüntüsü 45
4.3.2. Keten lifine ait FTIR bulguları 46
4.3.3. Keten lifine ait SEM bulguları 47
4.4. Pamuk Lifine Ait Bulgular 47
4.4.1. Pamuk lifine ait optik mikroskop bulguları 47
4.4.2. Pamuk lifine ait SEM bulguları 49
4.4.3. Pamuk lifine ait FTIR bulguları 50
5. SONUÇ 52
KAYNAKLAR 55
ÖZGEÇMİŞ 57

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	**Açıklama**
%	Yüzde

Kısaltmalar	**Açıklama**
EGM	Emniyet Genel Müdürlüğü
FTIR	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
MÖ	Milattan Önce
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. İlk çağ insan ve mağara figürü 2
Şekil 2.2. Tarkan elbisesi, dünyanın bilinen en eski kıyafet parçası 3
Şekil 2.3. Jacquard, Napolyon'a jakar makinasını açıklarken 4
Şekil 2.4. Naylon 66 ($C_{12}H_{22}N_2O_2$)n ve naylon 6'nın kimyasal formülleri 5
Şekil 2.5. Polyesterin((Poli(etilen glikol terafitalat)) kimyasal formülü 5
Şekil 2.6. Elyaf 7
Şekil 2.7. Tekstil liflerine genel bakış 7
Şekil 2.8. Pamuk lifinin fiziksel görünüşü ve kısımlar 8
Şekil 2.9. Keten ip (bu tez çalışmasına ait) 9
Şekil 2.10. Keten lifinin mikroskopta görünümü (bu tez çalışmasına ait) 9
Şekil 2.11. 1997–2007 yılları arasında şüpheli üzerindeki elbiselere dair bilgi raporlama oranları 12
Şekil 2.12. Olay yerinde tespit edilen kıyafet, cam, saç, atış artıkları swap bulguları 14
Şekil 2.13. Olay yeri inceleme alanı 15
Şekil 2.14. Elektron ve ışık mikroskoplarının büyütme oranları 20
Şekil 2.15. Pamuk lifinin boyuna ve enine kesiti 20
Şekil 2.16. Başörtüsü (karşılaştırma örneği) 22
Şekil 2.17. Olay yeri ve şüpheliden elde edilen bulguların FTIR spektrum karşılaştırması 23
Şekil 2.18. Tırnak altından çıkan liflerle mağdura ait başörtüsü lifleri arasındaki kimyasal yapı benzerliği (FTIR sonuçları) 23
Şekil 2. 19. Referans koleksiyonla karşılaştırmalı SEM görüntüleri 23

Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan Shımadzu marka FTIR cihazı 25
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan Optik Mikroskop 25
Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan SEM cihazı 26
Şekil 3.4. Lif incelemelerinde iş akış şeması 27

Şekil 4.1. a) keten, b) ince jut, c)kalın jut, d) pamuk, e) polyester lif örneklerinin beher içerisinde görünümü 28
Şekil 4.2. Deney çalışmalarında kullanılan a) ince jut, b) pamuk, c) polyester, d)kalın jut, e)keten lif örneklerinin ilk halleri 28
Şekil 4.3. Ası çalışmalarında kullanılan polyester lif örnekleri 28
Şekil 4.4. Polyester ip %1'lik tuz çözeltisi ilk hali (a), 1. Gün (b) ve 5. Gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü 29
Şekil 4.5. Polyester ip %5'lik tuz çözeltisi ilk hali (a), 1. Gün (b) ve 5. Gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü 29
Şekil 4.6. Polyester ip %1'lik sodyum bikarbonatlı su ilk hali (a), 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü 30
Şekil 4.7. Polyester ip ilk hali (a), güneş ışığında 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü 30
Şekil 4.8. Polyester beyaz dış liflerdeki ilk hali (a) ve %5'lik tuzlu çözeltisi 5. gün (b) bekletmedeki SEM görüntüleri 31
Şekil 4.9. Polyester kahverengi dış liflerdeki ilk hali (a) ve %5'lik tuzlu çözeltisi 5.

gün (b) bekletmedeki SEM görüntüleri 31
Şekil 4.10 Polyester beyaz dış liflerin ilk hali (a) ve 40 kg ağırlığındaki ası halinde 2 gün bekleme sonrası (b) SEM görüntüleri 32
Şekil 4.11. Polyester beyaz dış liflerin ilk hali (a) ve 60 kg ağırlığındaki ası halinde 2 gün bekleme sonrası (b) SEM görüntüleri 32
Şekil 4.12. Polyester beyaz dış liflerin ilk hali (a) ve 80 kg ağırlığındaki ası halinde 2 gün bekleme sonrası (b) SEM görüntüleri 33
Şekil 4.13. Polyester siyah dış lifler güneş ışığında 1. ve 5. gün bekletmelerdeki FTIR spektrumu 33
Şekil 4.14. Polyester kahverengi dış lifler %1'lik tuzlu çözeltisi 1. ve 5. gün bekletmelerdeki FTIR spekturumu 34
Şekil 4.15. Polyester beyaz dış lifinin ve %1'lik sodyum bikarbonatlı sulu çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları 34
Şekil 4.16. Polyester beyaz dış lifinin %1'lik tuz çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları 34
Şekil 4.17. Polyester beyaz dış lifinin %5'lik tuz çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları 35
Şekil 4.18. Jut ince lif ilk hali (a), % 1'lik tuzlu çözeltisi 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü 36
Şekil 4.19. Jut kalın lif ilk hali (a), % 1'lik tuz çözeltisi 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü 36
Şekil 4.20. İnce jut lif ilk hali (a), %5'lik tuz çözeltisi 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü 37
Şekil 4.21. Kalın jut lif ilk hali (a) %5'lik tuz çözeltisi 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü 37
Şekil 4.22. İnce jut lif ilk hali (a), %1'lik sodyum bikarbonatlı su 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü 38
Şekil 4.23. Kalın jut liflerin ilk hali (a), %1'lik sodyum bikarbonatlı su 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü 39
Şekil 4.24. İnce jut lif ilk hali (a), güneş ışığında 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü 39
Şekil 4.25. İnce jut liflerindeki ilk hali (a) ve %5'lik tuzlu çözeltisi 5. gün (b) bekletmedeki SEM görüntüleri 40
Şekil 4.26. Kalın jut liflerindeki ilk hali (a) ve güneş ışığında 5. gün (b) bekletmedeki SEM görüntüleri 41
Şekil 4.27. İnce jut lifinin %1'lik tuz çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları 41
Şekil 4.28. İnce jut lifinin %5'lik tuz çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları 42
Şekil 4.29. İnce jut lifinin güneş ışığında 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları 42
Şekil 4.30. İnce jut lifinin %1'lik Sodyum bikarbonatlı sulu çözeltisi 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları 43
Şekil 4.31. Kalın jut lifinin %1'lik tuz çözeltisinde 1 ve 5 gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları 43
Şekil 4.32. Kalın jut lifinin %5'lik tuz çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları 44

Şekil 4.33. Kalın Jut lifinin %1'lik sodyum bikarbonatlı sulu çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları 44
Şekil 4.34. Keten lif ilk hali (a), %5'lik tuz çözeltisi 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü 45
Şekil 4.35. Keten lifinin %1'lik tuz çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları 46
Şekil 4.36. Keten lifin %5'lik tuz çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları 46
Şekil 4.37. Keten lifin SEM görüntüsü 47
Şekil 4.38. Pamuk lif ilk hali (a), %1'lik tuz çözeltisi 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü 47
Şekil 4.39. Pamuk lif ilk hal (a), %5'lik tuz çözeltisi 1. gün(b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü 48
Şekil 4.40. Pamuk lif ilk hali (a), doğal güneş ışığında güneşte 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü 48
Şekil 4.41. Pamuk liflerinin SEM görüntüsü 49
Şekil 4.42. Pamuk lifinin %1'lik tuz çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları 50
Şekil 4.43. Pamuk lifinin %5'lik tuz çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları 50
Şekil 4.44. Pamuk lifinin güneş ışığında 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları 51
Şekil 4.45. Pamuk lifinin % 1'lik sodyum bikarbonatlı sulu çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları 51

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Liflerin sınıflandırılması ve açıklamaları 6
Çizelge 2.2. Tekstil Liflerinin Dönemsel Gelişimi..... 12
Çizelge 2.3. Son 5 yılda intihar sayıları..... 18

1. GİRİŞ

Adaletin tecellisi ve devlete olan güvenin sarsılmaması için adli bilimler multidisiplini devletin farklı kamu kurum ve kuruluşları tarafından yüksek oranda doğruluk ile kullanılmakta ve adli olguların aydınlatılmasında bilimin ışığını kullanarak adaleti sağlamaktadır.

Gündelik yaşantımızda bizim için fazla bir şey ifade etmeyen materyallere olay yerinde, fail, şüpheli ya da maktul ilişkisi içerisinde rastlanılabilmekte ve elde edilen bulgu/delil üzerinden adli bilimler adı altında vakaların çözülmesinde anahtar rol oynayabilmektedir. Lifler ve kumaşlar adli bilimler içerisinde lif incelemeleri başlığı altında değerlendirilmektedir. İnsanoğlunun var oluşundan bu yana süregelen ve sağlık açısından önem arz eden pamuk, keten, koyun yünü gibi doğal liflerden çeşitli basit veya karmaşık yöntemler ile giyecekler elde edilerek ısınma, korunma, örtünme gibi ihtiyaçlar karşılanmıştır. Nüfusun artışı, doğal liflerin üretiminin maliyetli olması ve arzı karşılayamaması gibi büyük problemler içerisinde çözüm odaklı beyin fırtınaları yapılmıştır. Gelişen kimya sanayi ile bilimin birlikte hareket etmesiyle, kimyasal yollarla sentetik lifler üretilerek, çeşitli doku ve boyalar ile pantolon, tişört, kazak ve mont vb. üretilmiştir. Artan suç olaylarının aydınlatılmasında en kullanışlı deliller arasında yer alan lif bulguları ve bu bulguların karşılaştırmalarının kayda değer sonuçlar vermesi, adli mercilerce kullanılabilir olmaları açısından önemli bir bakış açısı sağlamaktadır.

Bu çalışmada; adli vakalarda elde edilen bulgulardaki lif yapılarının mukayesesi yoluyla olayların incelenmesi amaçlanmaktadır. Bunun için; fiziksel yapıdaki benzerlikleri daha ekonomik ve hızlı çözmedeki avantajlarından dolayı Optik Mikroskop kullanılmıştır. Çeşitli kimyasal ve fiziksel yapıdaki liflerin morfolojileri Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılarak tespit edilmiştir. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) kullanılarak kimyasal bağ yapıları aydınlatılmıştır. Söz konusu yöntemler ile elde edilen sonuçlardan incelenen liflerin fiziksel ve kimyasal açıdan kıyaslanması planlanmıştır. Böylece Optik Mikroskop, SEM ve FTIR tekniklerinin lif mukayesesi konusunda kullanılabilirliği açısından da bilgi birikimi sağlanmış olacaktır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI VE KURAMSAL TEMELLER

2.1. Tekstil Liflerinin Keşfi ve Tarihi

İnsanoğlu çevrenin etkilerinden korunmak için barınma ve giyinmeye, hayat mücadelesi verirken de beslenmeye önem vererek bu temel ihtiyaçları ile yaşamanı sürdürmektedir. Bu temel ihtiyaçları sağlamaya çalışırken etrafında var olan hayvan, güneş, mevsim, bitki, su, toprak ve hava gibi unsurları fark etmesiyle doğada insanın bir başına olmadığını anlamıştır. Böylece bilimin olmazsa olmazı 'merak duygusu' ile doğadaki hemen hemen her canlıdan kendi yaşamsal ihtiyaçlarını karşıladığının belki de ilk keşfini yapmıştır.



Şekil 2.1. İlk çağ insan ve mağara figürü

(https://turktarihim.com/%C4%B0nsanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1n_Varolu%C5%9Fu_ve_%C4%B0lk_%C4%B0nsanlar.html Erişim: 11.06.2010)

İlk insanların yaşamlarını avcılık ve toplayıcılığa dayalı olarak sürdürdükleri, özellikle yaşadıkları mağara duvarlarına çevrelerinde gözlemledikleri hayvan figürlerini temsili olarak çizmelerinden anlaşılmaktadır. Bu durumu yansıtan örneklerden biri Şekil 2.1'de görülmektedir.

Liflerin doğal halinde değerlendirildiği ilk zamanların ardından dönem insanının, doğada bulunan bitkilerin, hayvanların ve minerallerin bünyelerinde renk pigmentleri (kömür, demir ve manganez gibi) barındırdıklarını gözlemleri sonucu keşfetmeleri ve bunlardan deneme yanılma yöntemiyle renk üreterek, tekstil üretiminde kullanılacak elyaflara uygulamaya başlaması, tekstil tarihi açısından önemli bir dönüm noktası

olmuştur. Elde edilen bulguların reçetelendirilmesi ile bilgiler nesilden nesle aktarılmış ve tarih boyunca kullanılması sağlanmıştır (Taş, 2019).

Tekstil sözcüğü ise, elyaf adı verilen bu hammaddenin elde edilmesinden tüketicinin istediği özelliklere sahip bir materyal haline getirilinceye kadar geçirdiği aşamalarla ilgili bir terimdir. Tekstil hammaddesi olan elyaf terimi de, lif kelimesinin çoğulu olup, gerebilme ve kopma mukavemeti ile bükülebilme ve birbiri üzerinde yapışma yeteneği olan ve boyu enine göre çok uzun, renkli veya renksiz materyeller için kullanılır (Başer, 1992).

Zamanla artan nüfus ile birlikte giyim ihtiyacı ve barınma alanlarının düzenlenmesi doğrultusunda, teknoloji geliştikçe farklı tekstil türleri ve görünümleri ortaya çıkmıştır. Bu ilerleme sürecinde boyama işlemlerinin tekstil elyafına uygulanması, dokuma üretimiyle birlikte M.Ö. 5000'lere kadar uzanmaktadır (Melo, 2009). Bu gelişmelere paralel olarak, günümüzde bilinen en eski giyim örneklerinden biri olan ve M.Ö. 2800 yılına tarihlenen 'Tarkan elbisesi' (Kahire) bu sürecin somut kanıtlarından biri olarak kabul edilmektedir (Şekil 2.2.).



Şekil 2.2. Tarkan elbisesi, dünyanın bilinen en eski kıyafet parçası

(http://www.arkeolojisanat.com/shop/blog Erişim: 08.02.2016)

MÖ. 1750 yılına tarihlendirilen mumyalarda, renksiz ya da Ölüler Kitabı'nda "Kırmızı Kıyafet Tanrısı" olarak adlandırılan Osiris'te koruyucu yönü sebebiyle kan taşından (bakır oksitten) elde edilen kırmızı ile renklendirilen keten kumaşların da kullanıldığı kaynaklarda belirtilmektedir (Phipps, 2010). Aynı tarihlerde Babil ve Asur

Devletleri'nde de yünün eğrilmeden önce, keteninde ip halindeyken renklendirildiği anlaşılmaktadır (Rona, 1997).

Jacquard, 1801 yılında geliştirdiği jakar makinasını Napolyon'a tanıtırken, bu mekanizmanın resme benzeyen karmaşık desenlerin dokunmasını nasıl kolaylaştırdığını açıklamıştır (Şekil 2.3.). Daha önce büyük tezgâhlar, pahalı malzemeler ve yüksek düzeyde ustalık gerektiren bu üretim süreci, Jacquard mekanizması sayesinde hem maliyet açısından avantaj sağlamış hem de üretim hızını önemli ölçüde artırmıştır.



Şekil 2.3. Jacquard, Napolyon'a jakar makinasını açıklarken

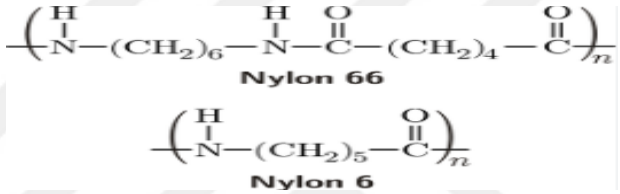
(http://www.metmuseum.org/toah/hd/txtn/hd_txtn.htm Erişim.: 15.7.2016)

1842'de İngiliz Louis Schwabe, sıcak ve akışkan formdaki sıvı camı çok küçük boyutta delikli bir süzgeçten iletilmesi ile cam filamentleri elde etmeyi başarması sonucunda sentetik tekstil teknolojilerinin öncüsü sayılmasına sebep olmuştur (Kara, 2011). 1855 yılında George Audemers; nitroselülozu akışkan formda iken uzatmak için çekmesi ve hava koşullarında sertleştirme çalışması ile filament elde etmiştir. Böylece selülozik rejenere lif endüstrisinde ilk adımlar atılmıştır. 1884'de Fransız Count Chardonnet selülozu çözerek asırlardır süren suni ipek rüyasını gerçekleştirmiştir. Prof. Hermann Staudinger 1925 yılında doğal liflerin uzun moleküler zincirlerden oluştuğunu kanıtlayarak modern kimyasal lif biliminin temelini atmıştır.

W.H. Carothers 1931'de hekzametilen glikol adipatın 80 °C'de erimesiyle çeşitli lineer polyester liflerin oluşumunu açıklamış; ancak elde ettiği sonuçlar beklentileri karşılamayınca araştırmalarını polyamidlere kaydırmıştır. Şubat 1935'te yaptığı bir

deneyde eriyik polimeri iğne ucundaki küçük bir delikten püskürtüp havada soğuyarak filament haline geldiğini gözlemleyen Carothers, ilk polyamid olan naylon 6.6'yı keşfetmiştir.

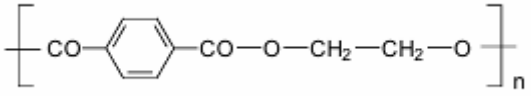
1938'de Amerika'da Carothen yönetiminde bir grup Amerikalı bilim adamının eğrilebilir polyamidi sentetik olarak üretebilmeleri naylon 66'nın (perlon) varlığına olanak kılmıştır (Şekil 2.4.). Naylon 66'nın üstün gerilme mukavemeti, mükemmel direnç gibi özellikleri ile değişken sıcaklık dayanıklılığı gerektiren ortamlar için vazgeçilmez kılar. Naylon 66 yaygın olarak giysi (özellikle spor kıyafetleri ve iç çamaşırları), endüstriyel parçalar (dişliler ve rulmanlar gibi), elektrik yalıtım malzemeleri ve lastik üretiminde hayati öneme sahiptir.(Kara, 2011).



Şekil 2.4. Naylon 66 ($C_{12}H_{22}N_2O_2$)n ve naylon 6'nın kimyasal formülleri

(https://www.martanplastik.com/pa-66-muhendislik-plastikleri/ Erişim: 03.07.2024)

1939'da Alman araştırmacı P. Schlack Naylon 6, yani altı karbon atomu ve altı hidrojen atomundan türetilen kristal bir yapıya sahip olan bu doğal yapıyı bulmuştur (Şekil 2.5.). İngiliz araştırmacılar Whinfield ve Dickson 1941'de Manchester'da tereftalik asit ve glikolden ilk defa polyester liflerinin (terylene, dacron, diolen, terlenka, trevira) üretimini gerçekleştirmiştir. Naylon 6, aşınma direnci ve boyama kabiliyetleri ile öne çıkmakta, bu da onu tekstil ve otomotiv sektörlerinde temel bir ürün haline getirmektedir.



Şekil 2.5. Polyesterin((Poli(etilen glikol terafitalat)) kimyasal formülü

(ICS 01.040.59; 59.060.20 TÜRK STANDARDI TS 1188 ISO 2076/Mart 2002)

Alman araştırmacı H. Rein 1942 yılında poliakril lifleri (dralon, orlon) üreterek bugüne kadar ki sentetik lif ve ipliklerin en önemlilerinin buluşları tamamlanmıştır. Bu gelişmelerin sonucunda kimyasal lifler ortaya çıkmıştır (Kara, 2011).

2.2. Tekstil Lifinin Tanımı ve Yapısı

Tekstil; elyafın üretiminden, istenilen niteliklere sahip son ürün haline gelene kadar geçen süreci kapsayan bir kavramdır. Tekstil lifleri, belirli bir uzunluk ve incelik oranına sahip, yeterli mukavemet gösteren; sarılmaya, bükülmeye ve eğrilmeye elverişli, esnek yapıdaki doğal ya da sentetik kaynaklı hammaddelerdir. Lifler, doğal ve kimyasal (yapay) olmak üzere iki gruba ayrılır (Çizelge 2.1.). Doğal lifler genellikle daha iyi konfor sağlar. Yapay lifler ise sıcak tutma, hacim ve ısıl izolasyon gibi özellikleriyle dikkat çeker (MEB Tekstil Teknolojisi, 2014).

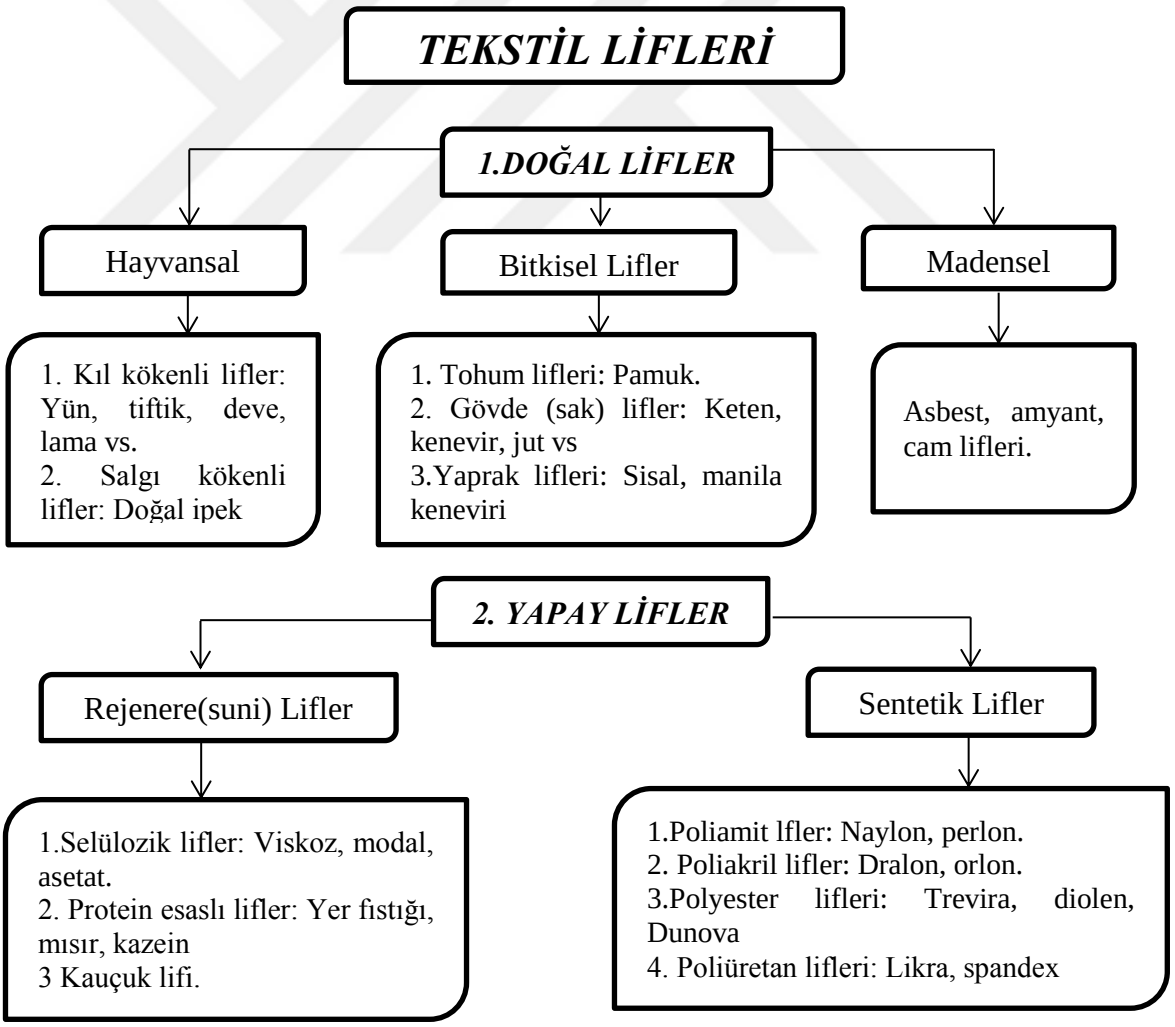
Çizelge 2.1. Liflerin sınıflandırılması ve açıklamaları

Ana Kategori	**Alt Kategori**	**Açıklama**	**Örnekler**
Doğal Lifler	Hayvansal (Protein)	Hayvanlardan elde edilen, protein yapısına sahip lifler.	Yün, ipek
	Bitkisel (Selüloz)	Bitkisel kaynaklı, selüloz içeren doğal lifler.	Pamuk, keten, kenevir
	Mineral	Doğada bulunan inorganik kaynaklı lifler.	Asbest, cam
Yapay Lifler	Sentetik Lifler	Kimyasal olarak sentezlenen polimerlerden üretilen lifler.	Polyester, naylon, akrilik
	Rejeneratif Lifler	Doğal polimerlerin kimyasal işlemle çözülüp tekrar lif hâline getirilmesi ile elde edilen lifler.	Viskon, asetat



Şekil 2.6. Elyaf
(https://www.fibray.com Erişim: 01.01.2024)

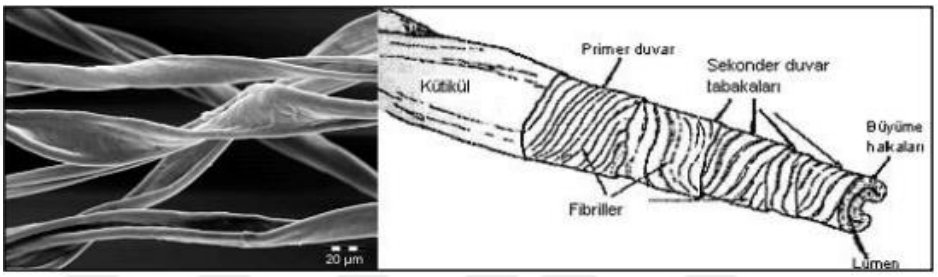
Elyaf, hem tekstil ürün ham maddesi hem de lif teriminin de çoğuludur (Şekil 2.6.). Ayrıca uzunluğu, enine göre daha fazla olup, gerilebilme ve kopma mukavemeti ile bükülebilme yeteneğine sahip, renkli veya renksiz lif topluluğuna denir. Ayrıca, bu lifler birbirine yapışabilme özelliğine de sahiptir (Megep, 2006). Tekstil liflerin genel olarak sınıflandırılması Şekil 2.7' de verilmiştir.



Şekil 2.7. Tekstil liflerine genel bakış

Dünyada kullanılan liflerin %61'i bitkisel, %5'i hayvansal, %34'ü kimyasal kökenlidir. Bitkisel liflerin üretimi içinde salt çoğunluğu oranı %54' ü bulan pamuk, tekstil sanayiisinde bu bağlamda en önemli bir konumda olduğu göz ardı edilemez. İnsan sağlığı açısından doğal liflerin olumlu özellikler taşıması, yapay liflere kıyasla bu liflere olan talebi artırmaktadır. Bu artış; doğal liflerin nem emiciliği, ısı yalıtımı, yumuşaklık ve parlaklık gibi üstün fiziksel özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Megep, 2006).

Bitkisel lifler, sağlık ve bakım şartlarının kolay olması nedeniyle kullanım alanları en geniş doğal liflerdir. Pamuk, keten, jut, kenevir, hindistan cevizi kabuğu en önemli bitkisel liflerdendir.



Şekil 2.8. Pamuk lifinin fiziksel görünüşü ve kısımlar

(https://tekstilbilgi.net Erişim: 15.05.2017)

Pamuk, sıcak iklimlere sahip olan nemli topraklarda yetişen, yıllık bir bitkidir ve 1-2 metreye kadar uzayabilmektedir (Şekil 2.8.). Pamuk lifleri %85 nem çeker ve bu nedenle de çok buruşmaktadır**.** Uzun lifli (26-36 mm) yapısı ile dayanaklı ve yüksek sürtünme sağlamlığı gibi avantajlarına sahiptir. Mikroskobik incelemelerde, lifte ekseni boyunca helikal (sarmal) bir yapı sergileyerek kıvrıldığı tespit edilmiştir. (Megep, 2006).

Pamuğun; sıcak tutma özelliğinin zayıf olması, küf ve mantarlardan kolayca etkilenmesi ve güneş ışınlarına maruz kaldığında dayanıklılığının azalması gibi dezavantajları vardır. Pamuk lifinden Amerikan bezi, patiska, basma, pike, tülbent, gazlı bez ve müslin gibi kumaşlar üretilir. Pamuk Üretiminde en önemli olan ülkeler ise Türkiye, Brezilya, Meksika, ABD, Pakistan, Çin ve Mısır'dır (Megep, 2006).



Şekil 2.9. Keten ip (bu tez çalışmasına ait)

Keten, keten bitkisinin saplarından elde edilen bir liftir. Keten sapları uzun, dalları az, lif sayıları çok ve bir yıllık ömrü olan hafif parlak yapıdaki lifleri olan bir bitki türüdür (Şekil 2.9.). Gövde kabuğunda bir arada bulunan lifler, olgunlaştıktan sonra makinelerle kökünden çıkarılır ve tohumlarından ayrılır.



Şekil 2.10. Keten lifinin mikroskopta görünümü (bu tez çalışmasına ait)

Lif demeti 30-90 cm uzunluğunda, pamuk liflerinin aksine düz, kıvrımsız, gri ve mat sarı renktedir (Şekil 2.10). Yaş kopma dayanıklılığının, kuru kopma dayanıklılığına göre %10 fazladır ve serin tutmaktadır. Keten üreten başlıca ülkeler ise Mısır, Polonya, Belçika, Romanya, Çin Hollanda'dır (Megep, 2006).

Jut, lif hücreleri gövdede ve demetler halinde bulunup, üretimi ise çürütme işlemi ile yapılmaktadır. Gövdeden elle soyulma sonucunda lif demetleri ayrılıp, ortalama boyları 18-25 cm'dir. İlk elde edildiğinde açık sarı olan lifler zaman geçtikçe açık kahverengiye döner. Dayanıklılığı keten ve kenevirden daha düşük olmasıyla birlikte esnekliği azdır.

Dayanıklı ve neme karşı hassas olmakla birlikte ambalaj ve kaplama bezi olarak kullanılır (Gürcüm, 2013).

Ağırlıklı olarak kullanılan hayvansal lifler kıl (deri ürünü) lifleri ve ipektir. En çok ise yün (İspanya merinosları) kullanılmaktadır.

- Koyun türüne ait hayvanlardan elde edilenler: Koyun yünü, merinos yünü lifleri,
- Keçi türüne ait hayvanlardan elde edilenler: Tiftik, kaşmir, vb.
- Deve türüne ait hayvanlardan elde edilenler: Deve, alpaka, vb.
- İpek,

Yün üreten önemli ülkeler Türkiye, Bangladeş, Güney Afrika, ABD, Hindistan, Çin, Arjantin ve Avustralya'dır (Megep, 2011).

Madensel lifler, organik olmayan maddelerden elde edilen liflerdir. İnce tel haline gelebilecek madensel maddelere, çeşitli kimyasal işlemler uygulayarak elde edilir.

En önemlileri:

- Kaya lifleri (Asbest)
- Metalik lifler
- Cam lifler

Yapay lifler olarak, tekstil ticaretleri için gelişen teknolojilerle üretiminin az maliyetle daha yüksek karla satışı için yapılan sentetik liflerin en gözde ürünleri poliamit, polyesterler, poliakriller, poliolefinler ve poliüretanlardır. Hammaddeleri doğal olan kaynaklardan çeşitli fiziksel ve kimyasal işlemlerle lif formuna dönüştürülmesiyle elde edilen lifler, "rejenere lifler" olarak adlandırılmaktadır.

Selüloz üretiminde genellikle selüloz içeriği yüksek olan odun türleri tercih edilmekte olup, özellikle ladin ve kayın ağaçları yaygın olarak kullanılmaktadır. Odun kökenli selülozun yanı sıra eğrilmeye uygun olmayan pamuk lifleri de kullanılmakta; bu lifler temizlenip ağartıldıktan sonra saf selüloz elde edilmektedir (Megep, 2011).

Viskoz/Modal lifleri, selüloz hammaddesinden saflaştırma işlemi sonrası elde edilir. Viskoz, flament formunda üretilir ve floş ipliğine dönüştürülür. Viskon, viskozun

kesikli lif halidir; ipek benzeri kumaşlar ile yünlü kumaşlarda efekt ipliği olarak kullanılır (Gürcüm, 2013).

Sentetik lifler, doğada bulunmayan polimerlerin kimyasal yöntemlerle lif hâline getirilmesiyle üretilir. Başlangıçta doğal liflere alternatif olarak geliştirilen bu lifler, zamanla farklı tüketici ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde çeşitli özellikler kazandırılarak üretilmiştir. Genellikle benzer yapısal ve fiziksel özellikler gösterirler (Harmancıoğlu, 1981).

Polyester liflerinin üretimi, 1941 yılında İngiliz bilim insanları Dickson ve Whinfield tarafından polietilen tereftalat (PET) polimerinden lif çekilmesi yoluyla ilk kez gerçekleştirilmiştir. Söz konusu lifler, II. Dünya Savaşı sonrasında ticari olarak önem kazanmış ve bu dönemin ardından İngiltere ile Amerika Birleşik Devletleri'nde üretim teknikleri geliştirilmiştir. Günümüzde ise polyester lifleri, küresel ölçekte en yüksek üretim hacmine sahip sentetik lifler arasında yer almaktadır (Kara, 2011).

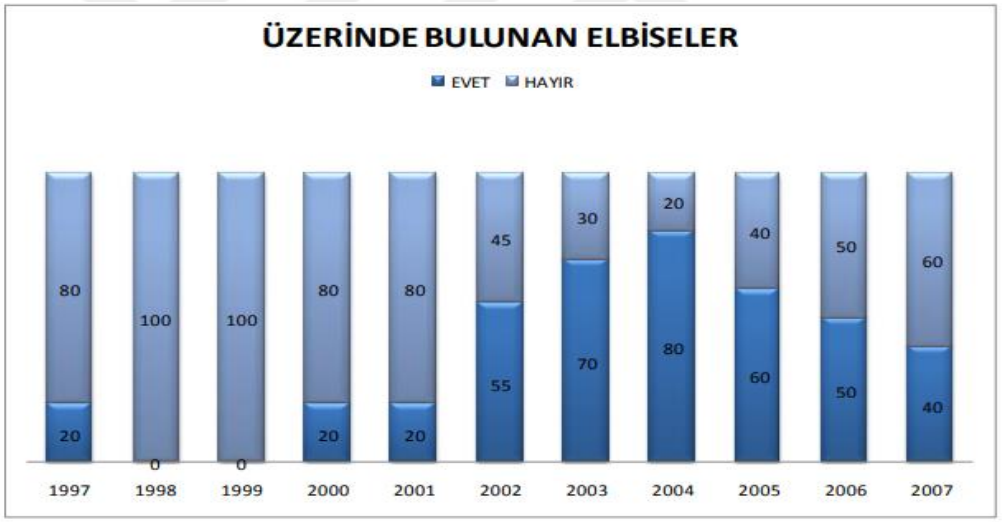
Tüm sentetik lifler arasında en az nem çektiği için çabuk kurur, buruşmaz, kopma ve aşınma dayanıklılığı fazla, mor ötesi ışınlara, ışığa karşı dayanıklı ve hava şartlarına duyarlı olmayan bir liftir.

Karaca ve Özçelik (2007), farklı enine kesit şekillerine sahip polyester liflerin fiziksel ve yapısal özelliklerini incelemiştir. Dairesel, delikli dairesel, trilobal ve delikli trilobal lifler aynı koşullarda FDY (Full drawn yarn, tam çekimli iplik) olarak üretilmiş (167 dtex inceliğinde ve 48 adet filament içerir); yalnızca kesit şekli değişken olarak ele alınmıştır. Bu çalışmada, elektron mikroskobuyla kesitler incelenmiş, kristalinite, entalpi, uzama, düzgünsüzlük gibi özellikler karşılaştırılmıştır. Tüm liflerin erime sıcaklığı aynı iken, delikli lifler daha rijit yapı ve daha yüksek modül sergilemiştir. Enine kesit geometrisinin iplik düzgünsüzlüğü üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, düzgünsüzlük oranının yalnızca delikli dairesel kesite sahip liflerde %1'in üzerinde seyrettiği; diğer kesit tiplerinde ise bu oranın istatistiksel olarak benzer ve düşük düzeylerde gerçekleştiği belirlenmiştir (Kara, 2011).

Çizelge 2.2. Tekstil Liflerinin Dönemsel Gelişimi

Zaman	Doğal Lifler	Sentetik Lifler	Özel Lifler
1980'ler	Pamuk, ipek, yün	Naylon, Polyester	Karbon Fiber
1990'lar	Pamuk, ipek, yün, keten	Naylon, Polyester, Akrilik	Mikrofiber(Spor ve moda sektöründe)
2000'ler	Pamuk, keten, yün	Spandex, Polyester	Kevlar, Aramid Lifler (Askeri ve polis)
2010'lar	Pamuk, ipek, yün	Geri dönüştürülmüş Polyester, Mikrofiber	Biyopolimer Lifler
2020'ler	Pamuk, ipek, bambu	Bio-Polyester, Geri dönüştürülmüş Naylon	Graphene Lifler (teknolojik giysiler)

Çizelge 2.2.'de yıllara göre üretilen ve kullanılan yaygın liflerin bir tablosu verilmiştir. Bu tablo ayrıca yıllar içinde adli bilimlerde karşılaşılabilecek lif türlerinin kullanım oranlarını ve yaygınlığını göstermektedir.



Şekil 2.11. 1997–2007 yılları arasında şüpheli üzerindeki elbiselere dair bilgi raporlama oranları

Şekil 2.11.'de 1997 yılındaki olay yeri inceleme raporlarının sadece %20'sinde şüphelinin üzerindeki elbiselere ilişkin bilgiye yer verilirken, 1998 ve 1999 yıllarında ise hiçbirinde elbiselere dair bilgiye rastlanmamıştır. 1997 yılına ait durumun aynısı 2000 ve 2001 yıllarında da görülmüştür. 2002 yılındaki raporların %45'inde elbise bilgisi var iken 2003 yılında bu oran %70, 2004 yılında ise %80 olmuştur. 2005 yılında

bu oran %60'a gerilerken, 2006 yılında oranlar eşit, 2007 yılında ise oran %40'a düşerek farklılıklar gözlemlenmiştir (Durmuş, 2010).

2.3. Adli Bilimlerde Bulgu Delil İlişkisi

Emniyet Genel Müdürlüğü (EGM) Olay Yeri inceleme ve Kimlik Tespit Birimleri Yönetmeliği 4. Maddesinde 'Olay; kanunlarda açıkça suç olduğu belirtilen fiil ve hareketlerin belirli bir zaman ve mekânda gerçekleşmesidir' tasviriyle olayın tanımına yer vermektedir. Olay yerinde yapılan inceleme sırasında olay yeri-fail-mağdur ilişkisini ortaya koymak amacıyla elde edilen ve henüz hukuki nitelik kazanmamış her türlü maddi (fiziksel) unsurlar bulgu olarak bilinmektedir. Bulgunun tanımını yine EGM Olay Yeri İnceleme ve Kimlik Tespit Birimleri Yönetmeliği 4. Maddesinde 'Delil niteliği taşıyabilecek her türlü nesne, iz, eşya emare, belirti, eser, materyal veya belgeyi ifade etmektedir' şeklinde adli mercilerde ve olay çözümündeki adımlarda kolaylık sağlamaktadır.

Sıkça bulgu ile karıştırılan delilin tanımı ise olay bir hukuksal sorunu çözmek, meydana gelen bir olayın/suçun aydınlatılması, suç fiilinin ispatına ve suçlu sanıkların tespitinden kullanılan, hukuka uygun olarak elde edilmiş her tür bulgunun kullanılması olarak belirtilmektedir. Adli bilimler bağlamında sıkça vurgulanan "Her delil bir bulgudur, ancak her bulgu bir delil değildir" ifadesi; olay yerinde elde edilen her bulgunun hukuki süreçte delil niteliği taşımayabileceğini, yalnızca belirli kriterleri karşılayan bulguların delile dönüşebileceğini ortaya koymaktadır (Kocabey ve Ark., 2013).

Elde edilen deliller;

- Aksi ispat edilene dek geçerliliklerini korumaktadır.
- Suçlunun tespit edilip yakalanmasını, mağdur ve masumların aklanmasını ve böylece suçluların ceza almasını sağlamak için önemlidir.
- Suçun kimler tarafından, nerede, ne zaman, ne amaçla, nasıl ve kime karşı işlendiği sorularına karşılık doğru cevaplarının bulunmasında yardımcı olur.
- Sonuç ve zararlarının ne olduğunu açıkça gösterip, mantıksal ilişki kurup fail-mağdur-mekân bağlantısını ortaya koymaya yarar.

Delillerin toplandığı olay yerinde şu sorulara cevap alınır:

- Sanıklar/şüpheliler/failler/mağdurlar olay yerine nereden veya nasıl girdiler?
- Olay anındaki hedef kimdir veya olay yeri neresidir?
- Belirlenen asıl yer ile saldırı esnasındaki hedefi arasında izlenen yol nedir?
- Asıl saldırı hedefi ile çıkış yeri arasında izlenen yol nedir?

Olay yeri incelemelerinde, olay örgülerinin çözümlenmesinde yardımcı olan ne, nerede, ne zaman, nasıl, neden ve kim gibi soruların hızlı ve en doğru ifadeyle cevaplandırılması önem arz verilerek çalışılmaktadır.



Şekil 2.12. Olay yerinde tespit edilen kıyafet, cam, saç, atış artıkları swap bulguları

Gelişen ve değişen dünyadaki nüfus artışı ile ekonomik, sosyal, dini, hukuki ve ahlaki gibi temel değerlerle bireylerin kendi iç mekanizmalarında oluşturdukları farklı düşünme türleri bir süre sonrasında hayatta kalma mücadelesi sırasında suç ve suça sürüklenmelerin arttığı gözlemlenmiştir.

Hukuki kanalların hem kısa sürede hem de daha net adil kararlar verilmesi açısından adli bilimlerin yoğun çalışmaları olan toksikoloji, narkotik madde, boya, lif, atış artıkları tespitleri, saç ve DNA vb. analizlerinin de gelişen teknolojilerle iş birliği halindeki uygun cihazların (Optik Mikroskop, Foruier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi, Taramalı Elektron Mikroskopu, Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi, Gaz Kromatografisi Kütle Spektrometresi gibi) yardımıyla çözümlere dahil etmesi atılan adımların doğru dönütler olduğunun bir göstergesidir. Olay yerlerinde karşılaşılan izlerin veya Şekil 2.12' deki gibi tespit edilen bulgu türlerin,

incelenmesiyle olayın gerçekleşme senaryosu, şekli, cinsi veya suçluların yaptıkları eylemleri ve niteliği hakkında çeşitli bilgi vermektedir. Genellikle ev, fabrika ve dükkân gibi işyeri hırsızlıkları, çalıntı araba ve motosiklet, zorla girilmiş veya açılmış kapalı alanlar ile diğer suçların işlendiği yere giriş-çıkış ve olay yerlerinde birçok iz bulmak mümkündür. Adli iz incelemelerinin ilk başlangıcı ve en meşhuru parmak izidir (Kocabey ve Ark., 2013).

Bir adli soruşturma sırasında kişiler, olay yerleri ve nesneler arasında aktarılabilen mikro düzeydeki kanıtlara genellikle iz kanıtı denir. Locard ilkesine göre iz delil kullanmanın amacı; şüpheliler, kurbanlar ve olay mahalli arasındaki bağlantıyı bulmaktır. Olay yerinde, mağdurun veya maktulün bedeninde, giysilerinde, giysi aksesuarlarında veya lif parçalarında; şüphelilerin üzerinde, giysilerinde veya kullandıkları araç, ev ve iş yerlerinde yapılan incelemeler sonucunda maddi deliller elde edilebilir. Tespit edilen delillerin adli mercilere iletimesi olay yeri-mağdur-fail bağlantı kurulmasında hem ilk hem de en önemli adımıdır. Tekstil lifleri, suç mahallinde kolayca bulunabilen en önemli delillerden biridir (Aljannahi ve ark., 2022).

2.4. Olay Yeri İncelemesi

İşlenecek suçun düşünceden davranışa dönüştüğü yerde başlayıp, failin şaşkınlık veya planlı bir şekilde hareketle kaçış yönüyle devam eden, olayın işleniş tarzını, şüpheli/mağdur ve fail/sanıkları ile ilişkisinin saptanabileceği ve maddî bulgu/delillerin tespit edilebileceği yere olay yeri tanımına uymaktadır (Karakuş, 2009).



Şekil 2.13. Olay yeri inceleme alanı

(https://ilkha.com/guncel/248-faili-mechul-aydinlatildi Erişim: 18.04.2021)

Adli vakaların aydınlatılmasında en etkili ve doğru yöntemin temeli ise delillerin ilk haliyle korunması ve delillendirmenin de uygun yöntemlerle yapılmasıdır. Bu aşamada delillendirmenin önemi olayın nerede/nerelerde, nasıl ve ne zaman gerçekleştiği sorularıyla birlikte asıl aranan failin, mağdurla irtibatının çözümlenmesindeki bağın ispatlarla daha net cevapların ortaya çıkmasını sağlayacaktır (Karakuş, 2009).

EGM Olay Yeri İnceleme ve Kimlik Tespit Birimleri Yönetmeliğinin Madde 23'ün f bendinde 'Olay yerinin ve maddî suç delillerinin bilimsel ve teknik yöntemlerle tespitini yapmak' ifadesi yer almaktadır (Şekil 2.13.). Madde 31'de ise 'Elde edilen bulgu ve deliller, olay yeri inceleme tutanağı ile birlikte soruşturma birimine teslim edilir. Delillerin teslimi için hazırlanan protokolde, soruşturma birimine teslim edilen bulgu ve delillere hangi laboratuar incelemesi yapılacağı ve delillerin nereye gönderilmesi gerekeceği belirtilir.' ifadeleri ile en doğru ve güvenilir şekilde adli bilimin ilerleyişindeki adımları smutlaştırmıştır.

Bulgu/delil niteliği taşıyan nesneler yaşanan olay esnasında sanıkça, panik veya şaşkınlık gibi reflekslerden ötürü bir kısmı delil olan eşyaları unutulabilir veya kaybedebilir. Olay yerinde kalan bu eşyalar kolluk birimleri (polis, jandarma) ve hukuki merciler için kayda değerdir. Öyle ki sanık-cinayet arasındaki bağlantıların da bulunmasına katkı sağlamaktadır.

2.5. Delil Olarak Tekstil Ürünleri ve Lifler

Olay yerinde arbede, kavga ve yaralama gibi olayların yaşanması ile birlikte kan, saç, tırnak ve kıyafetler vb. bulguların tespit edilmesi sonucunda şüpheli, sanık veya failin bulunmasında önemli etkenlerdir. Şüphelinin tespitinde bize en kolay yardımcı olan unsur ise kıyafet, kıyafet parçaları ve aksesuarlarıdır. Kıyafetin bedeni şüphelinin boy ve kilo gibi fiziksel özellikleriyle ilgili bilgiler verirken, gömlek kol kenarı, yaka kenarı, düğme veya mendil gibi kişisel kıyafetlerde baş harfler, hatta isimler bulunur ki bunlar da delil niteliği açısından çok önemlidir. Kıyafetlerdeki kan lekesi, ceplerdeki olay yeri veya maktule ait eşyaların saklanmasında, sanığın yırtık giysi parçaları, evinde, iş yerinde veya arabasında delil olarak nitelendirilen parçaya uyan bir giysiye rastlanması işte o kişi/kişilerle olay arasında bağlantı kurulması büyük ölçüde yarar sağlamaktadır (Polat, 2004).

Liflerin bulunabileceği yerler:

1. Şüpheli/Fail Üzerinde veya bağlantılı olduğu yerlerden: Şüpheli, suç mahallinden veya mağdurdan üzerine bulaşan lif örneklerini hem farkına varmadan üstünde taşır hem de bulunacağı yerlere bulaştırır. Olay sonrasında bulunduğunda kıyafetlerinde, tırnak arasında, aracında, ikametinde, kullanmış olduğu nesneler üzerinde vb. bulunabilir.

2. Olay Yerinde: Şüpheli veya failin üzerinde bulunan lifler, olay yerinde ikincil transfer yoluyla kalıntı bırakabilir. Bu lifler, doğrudan failin kıyafetlerinden kaynaklanabileceği gibi, daha önce failin yaşam alanı (ev, araç, kişisel eşyalar vb.) gibi ortamlardan giysilerine geçmiş ve olay yerine taşınmış olabilir.

3.Mağdurun Üzerinde: Failin üzerinde bulunan lifler, olay yeri, bindiği araç ve uğradığı diğer mekânlardan transfer yoluyla bulaşmış olabilir. Bu liflerin kaynağının belirlenmesi, delil bütünlüğünün ve olayın aydınlatılmasının sağlanmasında kritik öneme sahiptir.

Olay yerinde yapılan aramalarda göz ardı edilmeyecek titzlikle ve bulaşı riski olmaması açısından laboratuvar eldivenleriyle cesedin giysilerle kaplanmamş elleri, pantolon/pijama veya ceket cepleri, tırnak araları, saçları, vb. yerleri araştırılmalıdır (Gılbert, 2000). Örneğin, sakin ve sessiz bir ortamda bir kişiyi pusuya düşürüp öldüren fail, olay yerinde herhangi bir delil bırakmadan kaçabilir. Lakin olay anının vermiş olduğu panikle failin atkısı, eldiven çiftinin teki, montunun düğmesi, beresi, kol saati veya bilekliği gibi kişisel giyim ve aksesuarları olay yerinde kalabilir. Mağdurun yakınları tarafından kendisine ait olmadığı belirtilse bile bu berede, eldiven tekinde, atkıda bulunabilecek kıl, kepek, saç ve doku örneklerinden DNA analizi ile failin kimliği tespit edilebilir. Ayrıca olay esnasındaki darp, boğuşma, itişme gibi durumları baz alırsak maktülün ve failin tırnak aralarında insan et/deri dokusu veya kumaş liflerinin de bulunması göz ardı edilmeyecek kadar önem arz etmektedir. Öyle ki fail-mağdur(maktül)- mekan ilişkisini ve kurgusunu ispatlamayı sağlayabilir.

Diyarbakır'da meydana gelen bir olayda, uygulama sırasında bir polis memuru bir tırın çarpması sonucu hayatını kaybetmiştir. Aynı marka, model ve renkte olan üç tır üzerinde yapılan inceleme sonucunda, yalnızca birinin alt kısmında 23 mm uzunluğunda bir kumaş lifi tespit edilmiştir. Bu lif, olay yerinde görevli polis memurunun resmi montundan alınan örnekle taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak karşılaştırılmış ve liflerin aynı kaynağa ait olduğu belirlenmiştir. Böylece, kumaş lifi üzerinden yapılan analiz ile olayın aydınlatılmasına önemli katkı sağlanmıştır (İşbilen ve Dinler, 2004).

Çizelge 2.3. Son 5 yılda intihar sayıları

YIL	TOPLAM İNTİHAR SAYISI	ASI İLE İNTİHAR SAYISI
2022	97	12
2023	78	16
2024	103	40
30.04.2025	22	11

Çizelge 2.3.'de Bursa Emniyet Müdürlüğü Olay Yeri İnceleme Şube Müdürlüğü'nde görevli ekiplerince alınan ihbar ve şikayetlerce incelenen vaka sayılarında değişkenlik gösterirken, ası ile intihar sayısının arttığı tespit edilmiştir (EGM kayıtları).

Adam öldürme gibi şahsa yönelik cinayet suçlarında, fail ve mağdur arasında genellikle bir fiziksel temas meydana gelebilir. Bu temas sonucunda, mağdur üzerinde failden kalan izler (örneğin saç, lif, kepek, kan gibi) veya fail üstünden mağdura ait deliller bulunabilir. Olay yerindeki tekstil/giysi yüzeylerinden (ip, halı ve koltuk veya masa örtüsü gibi kumaşlar) elde edilen lif ve benzeri materyaller, failin/şüphelinin veya mağdurun olay bağlantısını kanıtlayabilir. 1979-1981 yıllarında ABD'nin Atlanta kentindeki seri cinayetlerde, kurbanların üzerinde tespit edilen lifler, şüpheli W.W.'nun aracındaki halı lifleriyle eşleşmiş ve bu delil, sanığın cezasında mahkumiyet gibi ağır bir şekilde belirleyici rol oynamıştır. Bu durum fiziksel delillerin suç soruşturmalarındaki kritik önemini göstermektedir (Zonderman, 2001).

2.6. Liflerinin Analiz Teknikleri

Adli bilimlerde tekstil lifleri/lif numuneleri, suç mahallerinde bulunabilecek en değerli kanıt izlerinden biridir.

2.6.1. Numune aranması ve alınması

Adli merciler tarafından Adli Tıp veya Kriminal Polis Laboratuvar'larınca incelenmek üzere tekstil lifleri/kumaş numuneleri/lif numuneleri doğrudan elde edilmiş olabileceği gibi, giysilere, tırnak arasına, ayakkabılara, çeşitli malzemelere vb. bulaşmış, bu cisimlerde bulunabilecek oyuklara, yarıklara gizlenmiş olarak da gönderilmiş olabilir. Numune alınması işlemi esnasında suç konusu bulgu/bulgularla mukayese için kâğıt bir pakette gönderilmiş bulgu/bulgular arasında ve başka bulgu/bulgulardan karşılıklı kontaminasyon olmamasına dikkat edilmelidir (Polat, 2004).

Olay yerinde tespit edilen bulguları, mukayese bulguları arasında bulaşmayı önleyecek şekilde ayrı ayrı temiz ve bulgunun ebatına göre beyaz kâğıt serilecek bir tezgâh üzerinde incelenir. Bulgu olarak gönderilen cisim, büyüteç yardımıyla dikkatlice incelenerek yarıklara veya oyuklara sıkışmış lif parçaları cımbız ile alınır ve aynı petri kabına konulabilir. Numuneler yalın halde tekstil lif/kumaş parçacıklarından oluşuyorsa, kâğıt üzerinden doğrudan petri kabına aktarılabilir.

Lif numuneleri, görsel olarak ve optik mikroskop altında farklı büyütmelerde incelenir. Lif parçaları, kalınlık, renk, desen, dokuma şekli, boyuna ve enine kesit gibi fiziksel özelliklerine göre gruplandırılarak ayrılır (Wąs-Gubała, 2009)

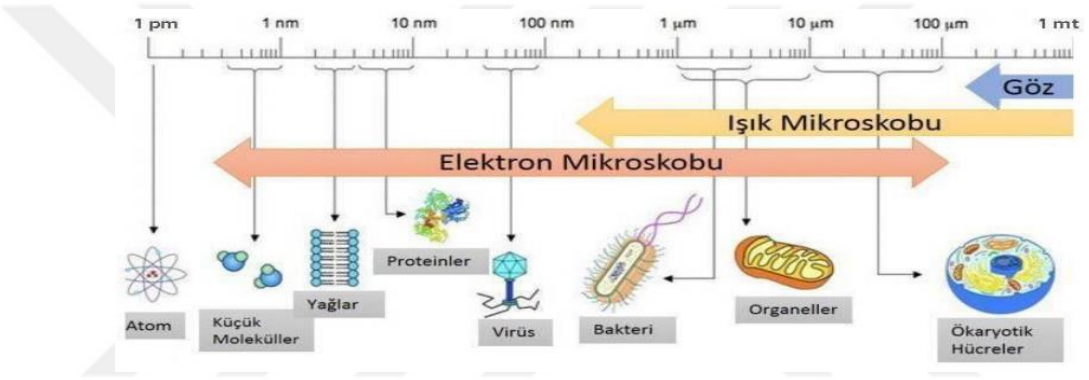
2.6.2. Numune hazırlama

Lif numuneleri iki şekilde alınabilir. Lif numunesi, homojen halde ise uygun boyutta bir miktarını, bisturi yardımıyla kesilerek veya bir nesne üstündeyse, cımbız vb. kullanılarak alınır.

Farklı kumaş parçaları arasındaki ilişkileri belirlemek için numunelerin incelenmesinde çeşitli analiz teknikler (optik mikroskop, taramalı elektron mikroskobu, fourier dönüşümlü kızıl ötesi spektroskopisi) kullanılır.

2.7. Optik Mikroskobu

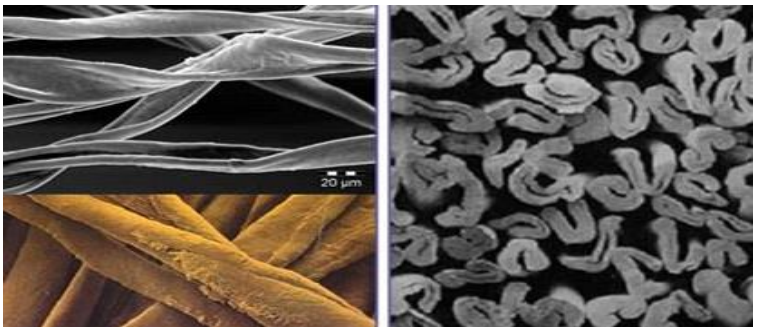
Mikroskop, çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük yapıların mercek sistemleri aracılığıyla büyütülerek detaylı biçimde incelenmesini sağlayan bir optik cihazdır. Tekstil liflerinin mikroskop altında incelenmesi; liflerin düz ya da karışık yapıda olup olmadığının, içerdikleri yabancı maddelerin tespitinin ve lif türünün belirlenmesinin mümkün hale gelmesini sağlar. İplik, dokuma, örgü ve diğer tekstil yüzeylerinde kullanılan lif türlerinin belirlenmesi, mikroskop altında yapılan morfolojik incelemelerle mümkündür (Şekil 2.14.). Bu sayede, kimyasal analizlere ihtiyaç duyulmadan lifin yapısı hakkında bilgi edinilebilir (Megep, 2006).



Şekil 2.14. Elektron ve ışık mikroskoplarının büyütme oranları

(https://oneegineer.blogspot.com/2019/06/mikroskoplar-tum-mikroorganizmlar-ve.html Erişim.: 27.09.2019)

Çeşitli liflerin boyuna görünüşlerinin ve enine kesit şekillerinin ön incelenmesi optik mikroskopla yapıldıktan sonra taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak inceleme yapılmıştır (Şekil 2.15.).



Şekil 2.15. Pamuk lifinin boyuna ve enine kesiti

Adli mercilerce gönderilmiş ve mukayesesi istenilen olay yeri bulguları ile karşılaştırma bulguları karşılıklı kontaminasyonu ve karışması önlenecek şekilde uygun olarak işaretlenip, ayrı ayrı veyahut gerekirse birlikte; boyuna ve enine kesitleri, renkleri, dokuma şekilleri, kalınlıkları vb. fiziksel özellikleri açısından optik mikroskop ile incelenip karşılaştırılır. Bu aşamada mukayese numunelerinin fiziksel özellikleri açısından bariz ve önemli farklılıkların olması sonucunda incelemelere son verilir (Çakır ve ark., 2008).

2.8. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), katı haldeki numunelerin karakteristik mikro yapılarını incelemek ve analiz etmek amacıyla kullanılan çok yönlü bir cihazdır. SEM'in en önemli avantajlarından biri, büyük hacimli örneklerin incelenmesi sırasında yüksek çözünürlük sağlamasıdır. Ayrıca, geniş alan derinliği sayesinde elde edilen görüntüler, numunenin üç boyutlu yapısının belirlenmesine olanak tanımaktadır (Çakır, 2003).

Taramalı elektron mikroskopta, numune yüzeyi odaklanmış bir elektron demetiyle taranır. Elektron demetinin numuneye çarpması sonucunda, elektronların bazıları madde tarafından geriye saçılır (geri saçılma elektronları), bir kısım elektronlar maddeden sökülür (ikincil elektronlar), bir kısım elektronların enerji seviyelerindeki meydana gelen değişiklikten dolayı maddenin foton salması şeklinde tepkiler oluşur. Elektron demeti, çeşitli ışımaların yanı sıra numuneden X- ışınları yayılımına da sebep olur. X-ışınlarının dalga boyu ve enerjisi, örnekteki elementlerin tanımlanmasında; şiddeti ise elementlerin miktarının belirlenmesinde kullanılır.

Adli bilim laboratuarlarında taramalı elektron mikroskopla birlikte en yaygın kullanılan sistem enerji dağılımlı x-ışını spektroskopisidir (EDX). EDX, **elementel analiz** yapmak için kullanılan bir yöntemdir. Genellikle **SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu)** ile birlikte çalışır. EDX, oluşan maddeye özgü ve zemin X-ışımalarını enerjilerine göre sınıflandırır. EDX, hızlı ve eşzamanlı veri toplanmasını sağlar.

SEM, örnek yüzeyine gönderilen elektronların saçılması sonucu elde edilen sinyallerin dedektörler aracılığıyla toplanarak bilgisayar yardımıyla da görüntüye dönüştürülmesi prensibine dayanır. Organik ve inorganik örneklerde elektron birikimi ya da düşük yansıma nedeniyle görüntü kayıpları oluşabilir. Bu durum, analiz öncesinde uygulanan iletken kaplama işlemiyle önlenir. Altın, palladyum, karbon, gümüş ve alüminyum gibi malzemeler kaplama olarak kullanılır. Ayrıca, özellikle hassas örneklerin yüksek büyütmelerde zarar görmemesi için kaplama işlemi büyük önem taşır (Büken ve ark., 2001).

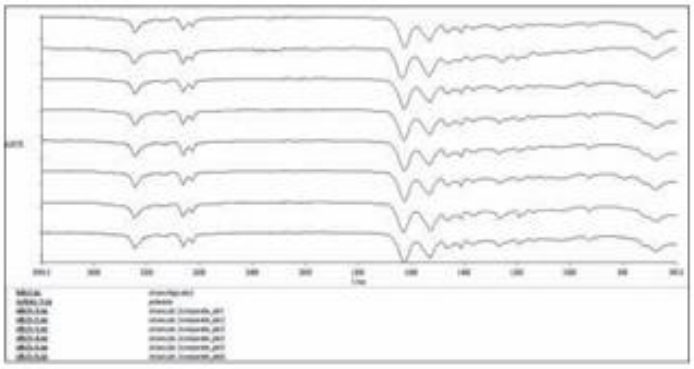
SEM ve elementel analiz, lif, iplik, kumaş gibi delillerin incelenmesinde adli açıdan önemli sonuçlar sağlayabilir. Benzer kimyasal yapıya sahip materyaller, morfolojik olarak farklılık göstererek ayırt edici olabilir (Büken ve ark., 2001).

Adli bilimler açısından, tekstil örneklerinin (lif, iplik, dokuma, örme ürünler) analizi suçların aydınlatılmasında kritik rol oynamaktadır. Olay yerinden elde edilen mikro düzeydeki tekstil kalıntıları, şüpheliyle bağlantı kurulmasına olanak sağlar. Özellikle cinayet, tecavüz gibi ciddi vakalarda, lif transferi fiziksel temasın doğrudan kanıtıdır (Ene ve Savu, 2013).

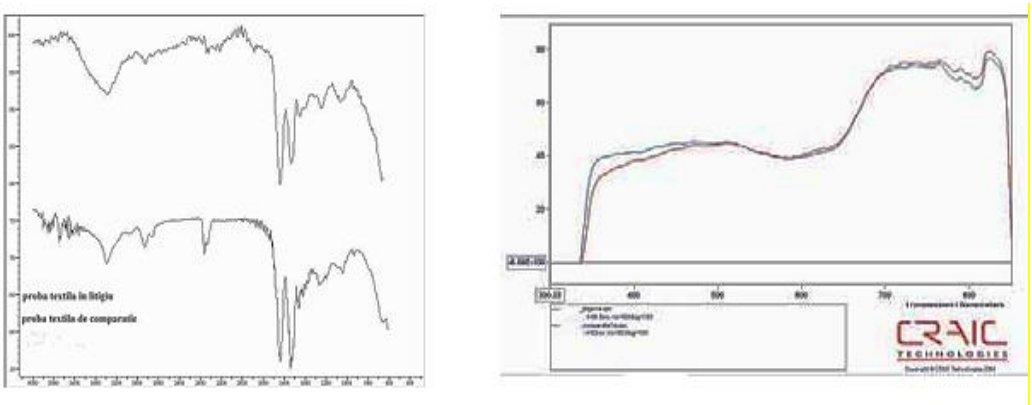
Ene ve Savu (2013), olay yerinden elde edilen kurbanın başından ele geçirilen, bej ve kahverengi-kırmızı yan çizgili ve altın iplikli koyu kahverengi bir başörtüsünü, şüphelinin evinden bulunan parçalarla karşılaştırmıştır. Liflerin büküm şekli, rengi, polimer türü (beyaz poliamid) aynı bulunmuştur.



Şekil 2.16. Başörtüsü (karşılaştırma örneği)

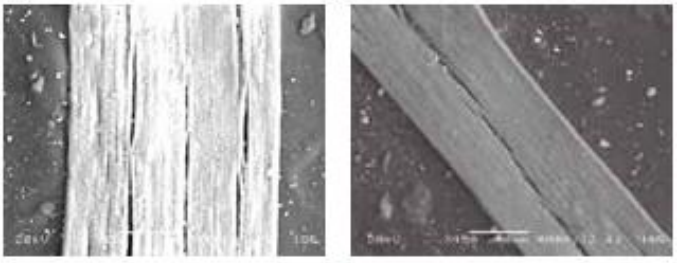


Şekil 2.17. Olay yeri ve şüpheliden elde edilen bulguların FTIR spektrum karşılaştırması



Şekil 2.18. Tırnak altından çıkan liflerle mağdura ait başörtüsü lifleri arasındaki kimyasal yapı benzerliği (FTIR sonuçları)

Şekil 2.18'de verilen FTIR ve optik mikroskobun görüntüleri uyumlu sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 2. 19. Referans koleksiyonla karşılaştırmalı SEM görüntüleri

Şüphelinin tırnaklarının altından alınan, maktulün başörtüsünün imalatında kullanılan kahverengi tekstil elyafları (yün) ile aynı morfolojik ve kimyasal-fiziksel özellikleri

(morfolojik yön, renk yapısı ve elyafların kimyasal bileşimi) sunmaktadır (Şekil 2.19). Bu tür analizler, olayların nasıl gerçekleştiğini bilimsel verilerle açıklamada oldukça etkilidir. Liflerin transferi, temasın zamanlaması ve yönü hakkında adli delil sağlamaya yardımcı olmaktadır.

2.9. FTIR Spektroskopisi

Akademik alanda ve endüstri laboratuvarlarında çok geniş uygulama alanına sahip olan Kızılötesi Spektroskopisi (IR) bir molekül veya bileşik yapısında bulunan bağlar hakkında tanımlayıcı bilgiler verir. Kızılötesi Spektroskopisi temel olarak kızılötesi ışığın incelenen madde tarafından soğurulmasına dayanır.

Kızılötesi (IR) spektroskopisi, organik ve inorganik bileşiklerin yapısal analizinde kullanılan bir yöntemdir. IR spektrumları, moleküler bağların titreşimlerine bağlı olarak oluşan özgün absorpsiyon pikleriyle her maddeye ait karakteristik bir "parmak izi" sunar. Özellikle 2000 cm^{-1} den sonraki bölge, ayrıntılı bilgi sağlayan parmak izi bölgesi olarak adlandırılır. Bu alandaki pikler, farklı moleküler bağlara karşılık gelen titreşim frekanslarını yansıtır (Büyüksırıt ve Kuleaşan, 2014).

Günümüzde yüksek enerji geçişi, dalga boyu doğruluğu, analiz hızı gibi çeşitli üstünlükleri sebebiyle FTIR cihazları yaygın olarak kullanılmaktadır. Hassasiyeti düşük bir tekniktir. Genel olarak lifin moleküler yapısını yansıtır, elementel bileşimi vermez.

Kızılötesi spektroskopisi tekniğinde, genel olarak, incelenecek madde uygun örnekleme tekniğine göre hazırlandıktan sonra, 4000 cm^{-1} – 400 cm^{-1} dalga sayısı aralığındaki orta kızılötesi ışınlarına tabi tutulur. IR ışınları, maddelerin kimyasal yapısına bağlı olarak çeşitli dalga boylarında madde tarafından absorblanarak maddenin titreşim enerjisinde değişikliklere yol açar. Analiz sonucunda IR ışınları dalga sayısına karşı ışın absorpsiyonunu gösteren IR spektrumları elde edilir. IR spektrumu, analiz edilen maddenin kimyasal yapısını yansıtan bir veri olup, yapısal tanımlama, referans madde spektrumlarıyla karşılaştırma yoluyla doğrudan tanımlama ve karşılaştırma amaçlarıyla kullanılabilir (EGM kayıtları).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Kullanılan malzemeler:

-Cetvel

- Beher

-Hassas Terazi

-Tuz

-Sodyum bikarbonat

Lif örneklerinin kimyasal bağ yapıları ve tanımlanması FTIR cihazı ile tespit edilmiştir (Şekil 3.1.). Liflerin morfolojileri ise optik mikroskop ve SEM cihazı (Phenom Thermo) ile gözlenmiştir (Şekil 3.2. ve Şekil 3.32).



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan Shımadzu marka FTIR cihazı



Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan Optik Mikroskop



Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan SEM cihazı

3.2. Yöntem

Günlük yaşam içerisinde görülen, duyulan ve haber bültenlerine konu olan, kişinin kendini ip yardımıyla bulunduğu ev, iş yeri gibi kapalı ortamda veya ağaç dalında asması gibi ya da başkası (şüpheli şahıs) tarafından önce öldürülüp sonrasında bulunduğu ev, iş yeri gibi kapalı ortamda veya ağaç dalında asılması, denize veya göle atılma gibi intihar süsü verilmiş gibi vaka çalışmaları temel alınıp üç farklı grupta incelenmiştir. Bu tez çalışması kapsamında sentetik lif çeşidi olarak polyester, bitkisel lif çeşidi olarak pamuk, keten ve jut (ince ve kalın) olmak üzere toplamda beş çeşit lif kullanılmıştır. Belirtilen beş adet lif çeşidi olay yerinde bulgu/delil olarak daha sık rastlanabilecek olmasından dolayı seçilmiştir. Bu lifler yerel bir marketten temin edilmiştir.

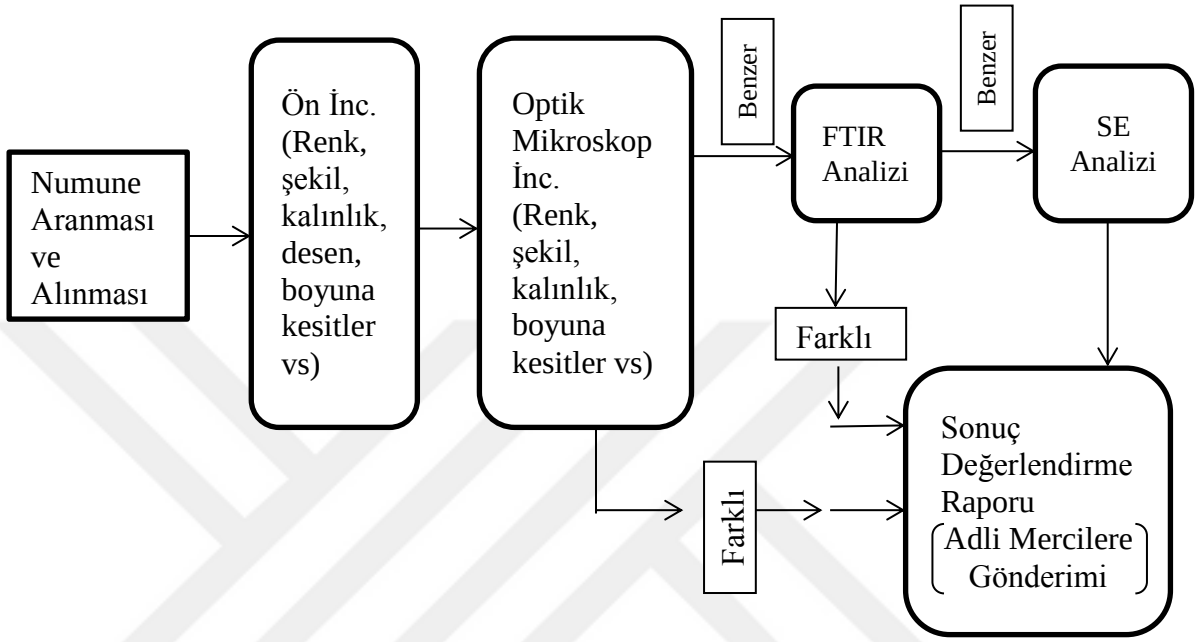
Birinci gurup lif örnekleri 1 ve 5 günlük süre boyunca öncelikle farklı sıvı ortamlarında (farklı oranlarda tuz ve sodyum bikarbonat içeren suda) bekletilerek incelenmiştir.

İkinci gurubun mukayese unsuru 1 ve 5 günlük süre boyunca farklı sıcaklık düzeyleri üzerinedir. Gün içerisinde doğal güneş ışığı altında farklı sıcaklık derecelerine maruz bırakılan lif örnekleri zamana bağlı incelenmiştir.

Üçüncü gurup incelemelerde ise lifler ortalama 2 gün boyunca farklı ağırlıklara maruz bırakılmıştır. Burada kullanılan ağırlıklar ası olayında çocuk, kadın ve erkek temsili için sırasıyla 40 kg, 60 kg ve 80 kg olarak seçilmiştir. Lif yapılarındaki değişimlere ait elde edilen veriler ışığında analizler gerçekleştirilmiştir.

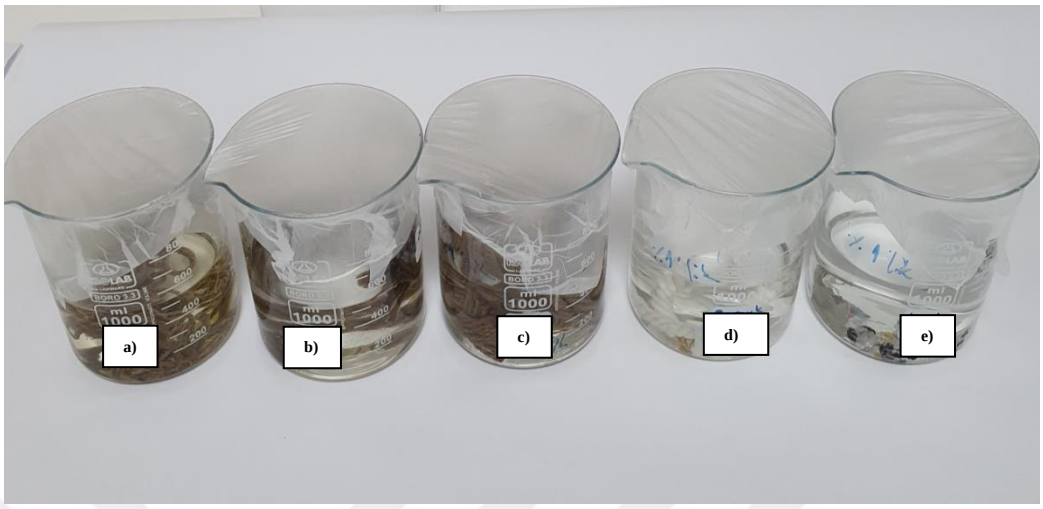
3.3. Karakterizasyon Yöntemleri

Lif türlerinin yapılacak olan mukayese adımları Şekil 3.4'de verilirken, olay yeri-mağdur-fail bağlantı kurulmasında büyük bir etken rol oynayacaktır.

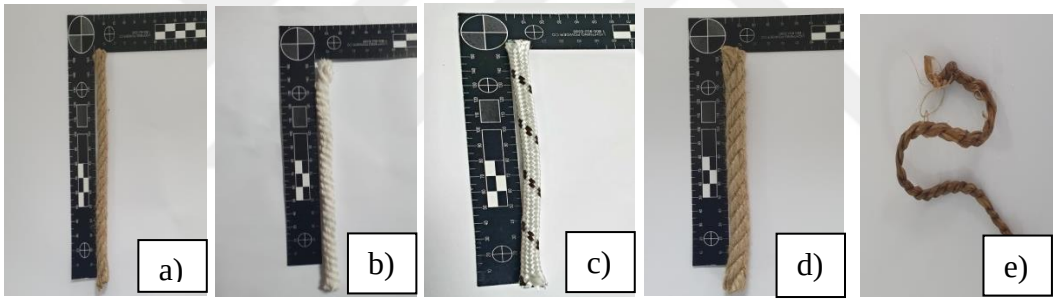


Şekil 3.4. Lif incelemelerinde iş akış şeması

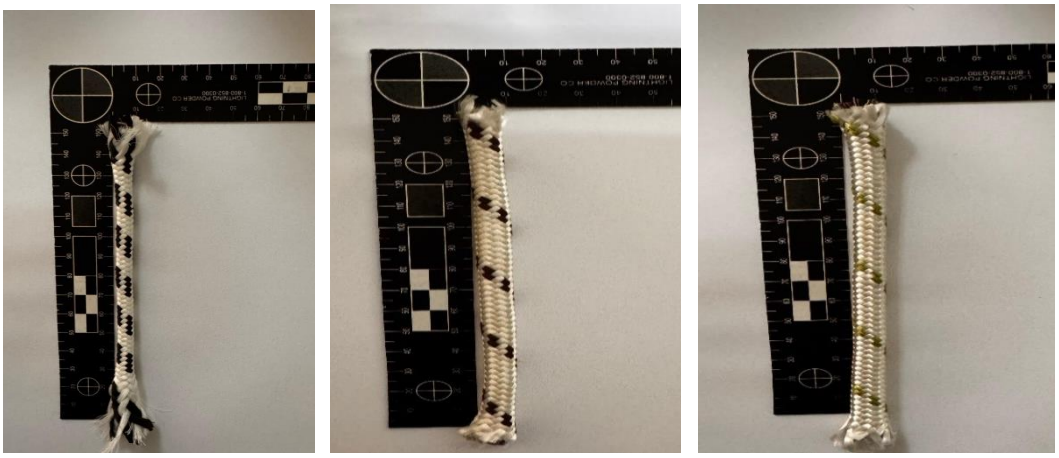
4. BULGULAR ve TARTIŞMA



Şekil 4.1. a) keten, b) ince jut, c)kalın jut, d) pamuk, e) polyester lif örneklerinin beher içerisinde görünümü



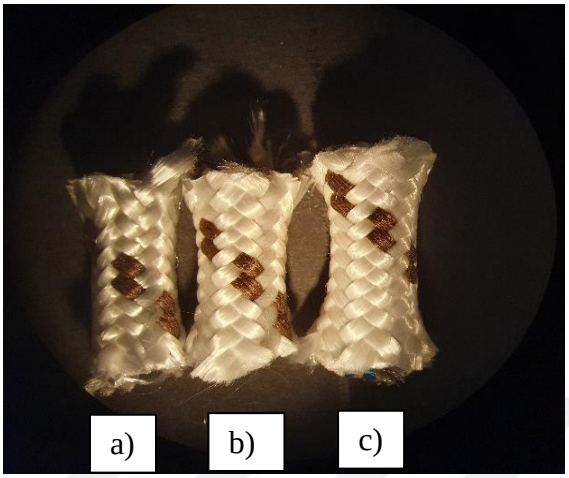
Şekil 4.2. Deney çalışmalarında kullanılan a) ince jut, b) pamuk, c) polyester, d)kalın jut, e)keten lif örneklerinin ilk halleri



Şekil 4.3. Ası çalışmalarında kullanılan polyester lif örnekleri

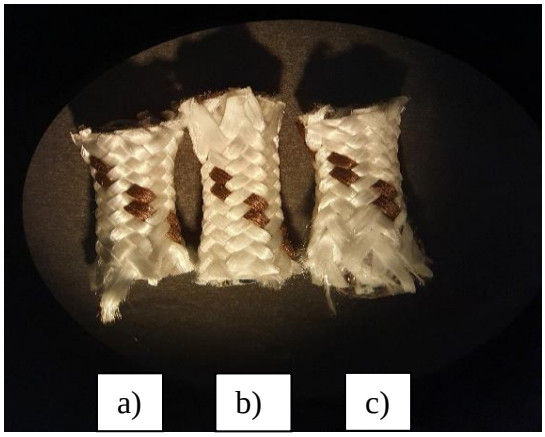
4.1. Polyester Lifine Ait Bulgular

4.1.1. Polyester lifine ait optik mikroskop bulguları



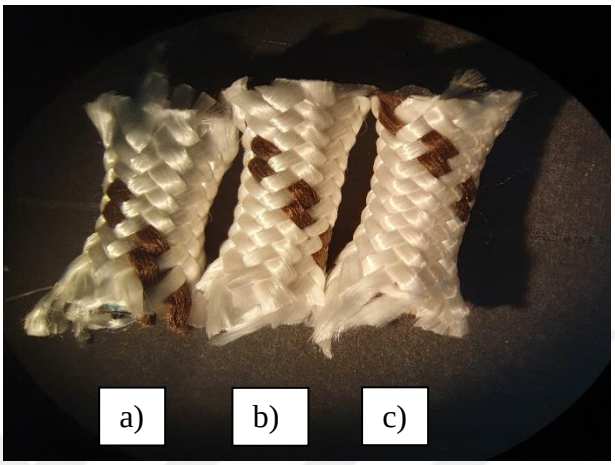
Şekil 4.4. Polyester ip %1'lik tuz çözeltisi ilk hali (a), 1. Gün (b) ve 5. Gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü

Şekil 4.4.'de polyester olarak tanımladığımız liflerin ilk hali ile %1 lik tuz çözeltisi içerisinde farklı zamanlarda beklemiş halleri arasında renk ve kalınlık yönünden farklılıklar optik mikroskop altında gözlemlenmemiştir.



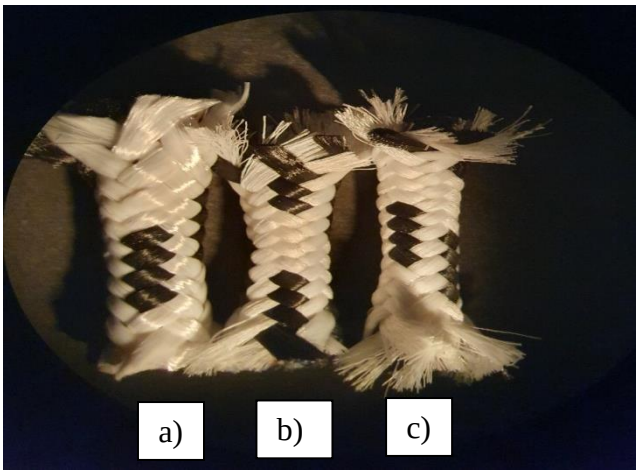
Şekil 4.5. Polyester ip %5'lik tuz çözeltisi ilk hali (a), 1. Gün (b) ve 5. Gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü

Şekil 4.5.'de polyester olarak tanımladığımız liflerin ilk hali ile %5 lik tuz çözeltisi içerisinde farklı zamanlarda beklemiş halleri arasında renk ve kalınlık yönünden farklılıklar optik mikroskop altında gözlemlenmemiştir.



Şekil 4.6. Polyester ip %1'lik sodyum bikarbonatlı su ilk hali (a), 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü

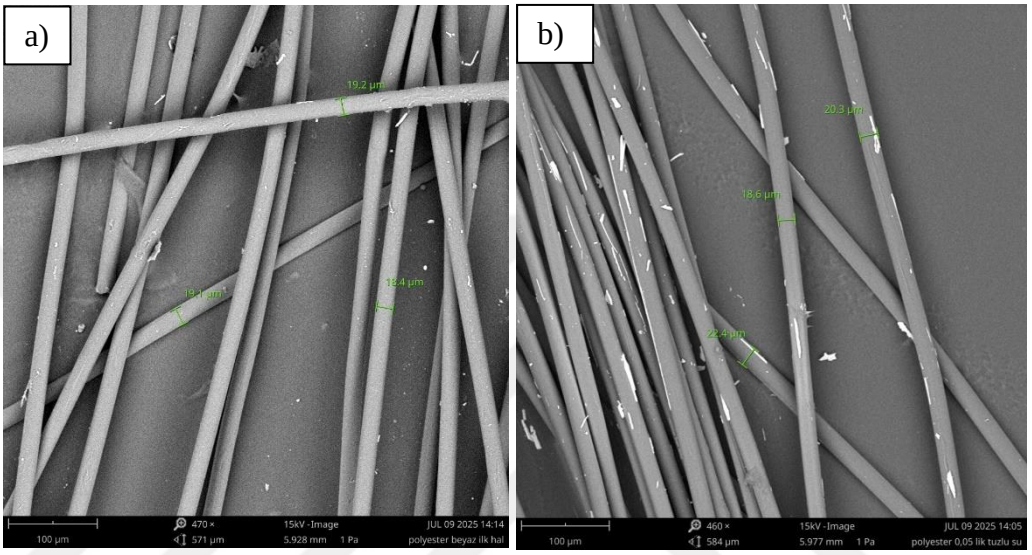
Şekil 4.6.'da polyester olarak tanımladığımız liflerin ilk hali ile %1'lik Sodyum bikarbonatlı su içerisinde farklı zamanlarda beklemiş halleri arasında renk ve kalınlık yönünden farklılıklar optik mikroskop altında gözlemlenmemiştir.



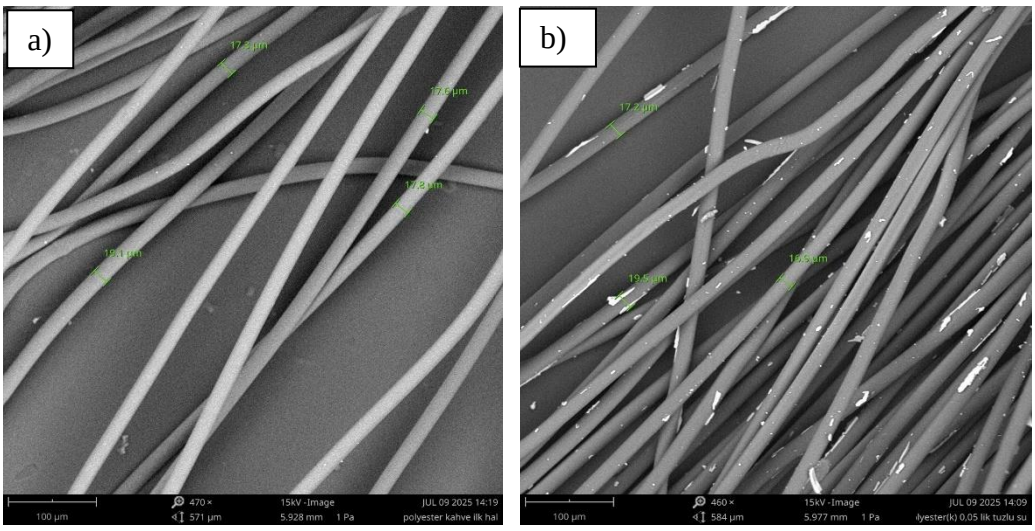
Şekil 4.7. Polyester ip ilk hali (a), güneş ışığında 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü

Şekil 4.7.'de polyester olarak tanımladığımız liflerin ilk hali (a) ile güneş ışığında 1 ve 5 günlük süreler boyunca farklı sıcaklık derecelerinde bekletildikten sonra çekilen optik mikroskop görüntüleri arasında renk ve kalınlık yönünden farklılıklar optik mikroskop altında gözlemlenmemiştir.

4.1.2. Polyester lifine ait SEM bulguları

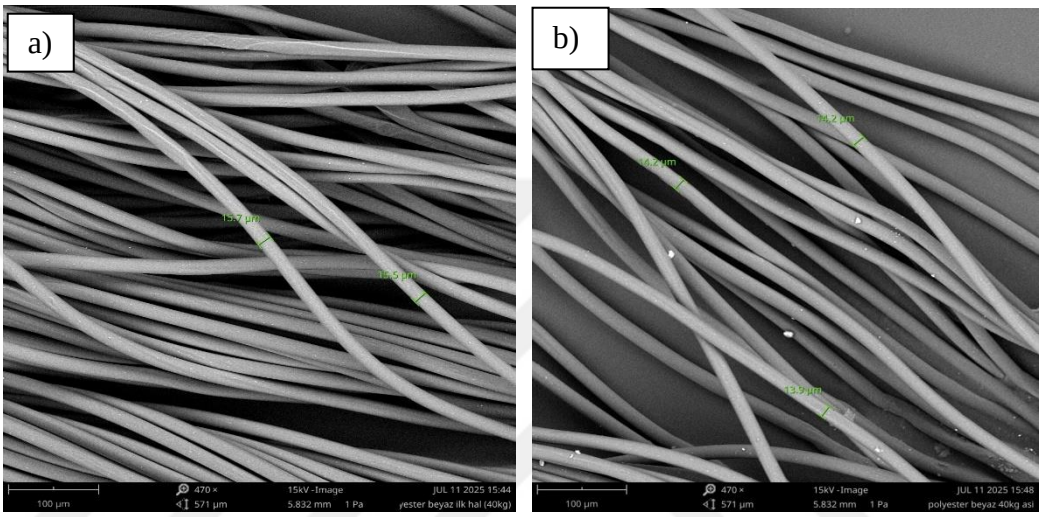


Şekil 4.8. Polyester beyaz dış liflerdeki ilk hali (a) ve %5'lik tuzlu çözeltisi 5. gün (b) bekletmedeki SEM görüntüleri

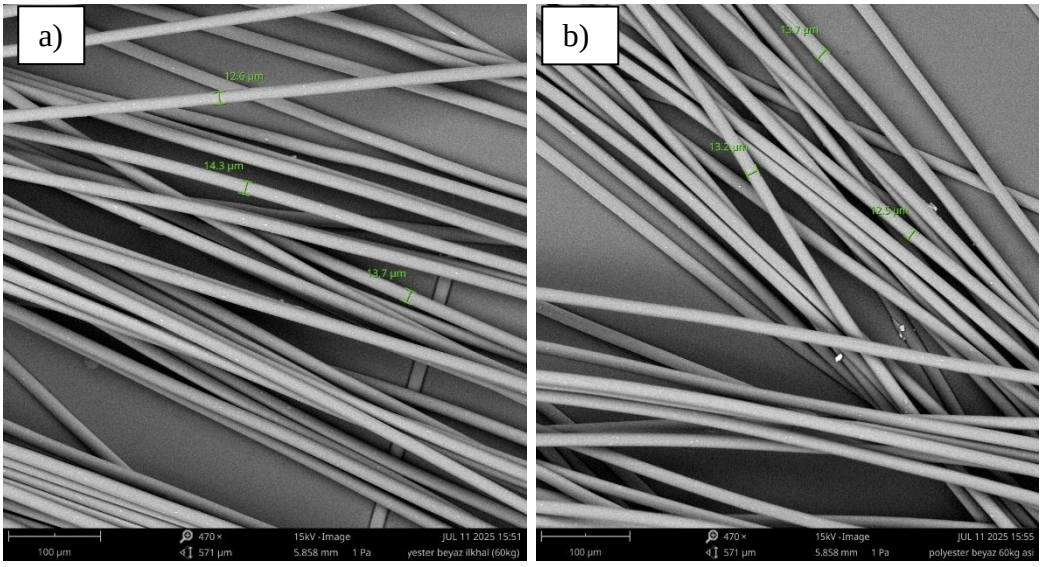


Şekil 4.9. Polyester kahverengi dış liflerdeki ilk hali (a) ve %5'lik tuzlu çözeltisi 5. gün (b) bekletmedeki SEM görüntüleri

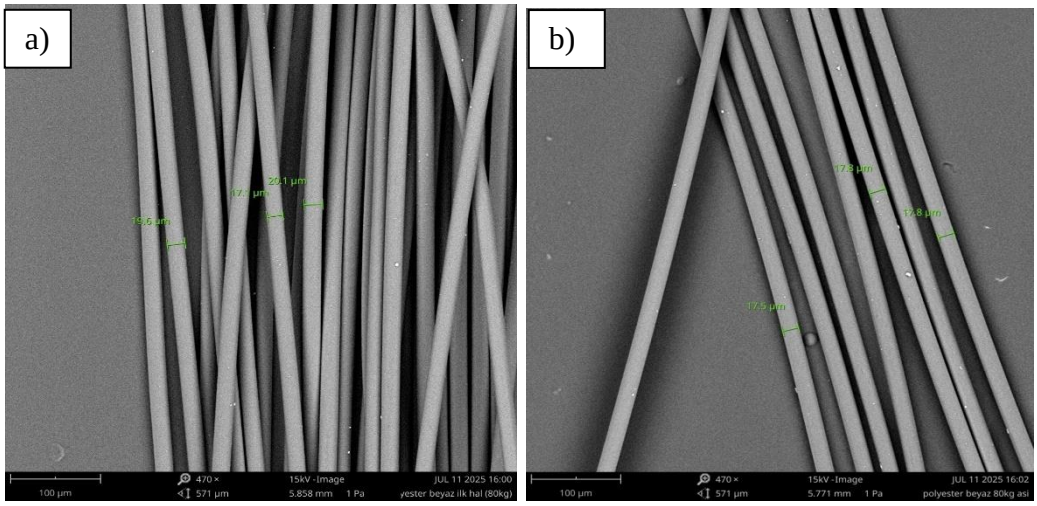
Şekil 4.8.'de polyester beyaz dış lifleri, Şekil 4.9.'da polyester kahverengi dış lifleri ile liflerin ilk hallerinin kendi içerisinde kalınlık yönünden yer yer farklılıklar göstermektedir. Bu durum göz önünde bulundurularak yapılan değerlendirmelerde; ilk halleri (a) ile %5 lik tuz çözeltisi içerisinde 5 gün beklemiş halleri arasında nem hassasiyetinin diğer lif türlerine göre daha az olması sebebiyle kalınlık yönünden farklılıklar gözlemlenmemiştir.



Şekil 4.10. Polyester beyaz dış liflerin ilk hali (a) ve 40 kg ağırlığındaki ası halinde 2 gün bekleme sonrası (b) SEM görüntüleri



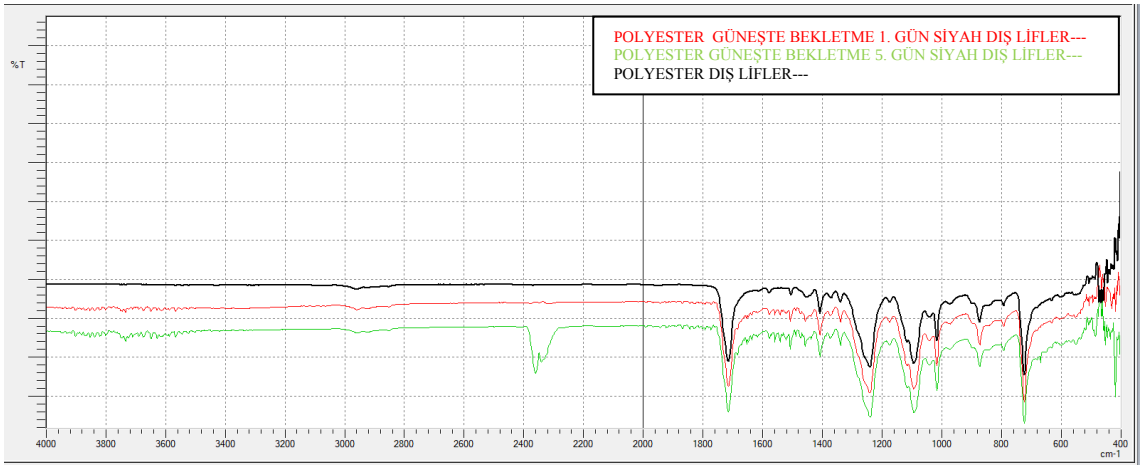
Şekil 4.11. Polyester beyaz dış liflerin ilk hali (a) ve 60 kg ağırlığındaki ası halinde 2 gün bekleme sonrası (b) SEM görüntüleri



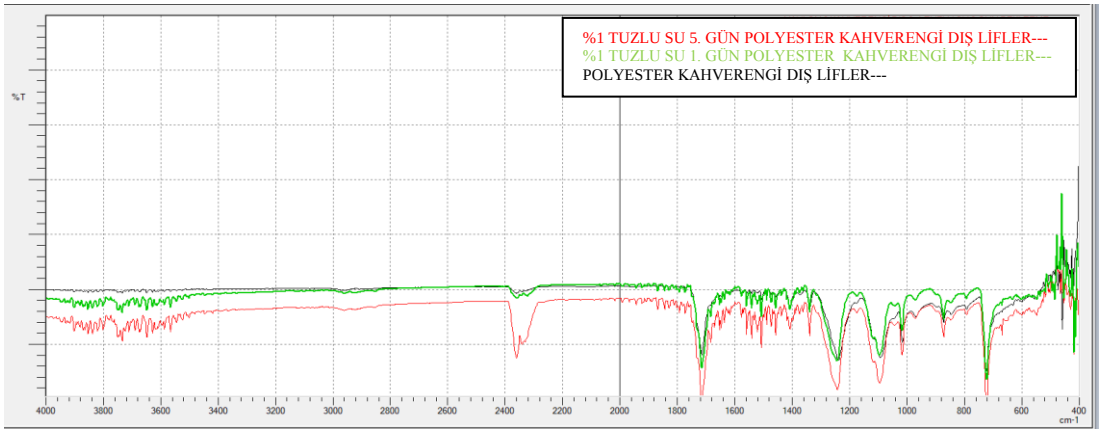
Şekil 4.12. Polyester beyaz dış liflerin ilk hali (a) ve 80 kg ağırlığındaki ası halinde 2 gün bekleme sonrası (b) SEM görüntüleri

Şekil 4.10, Şekil 4.11. ve Şekil 4.12.'de polyester dış lifleri olarak tanımladığımız liflerin, ilk halleri ile farklı ağırlıklarda 2 gün asıda beklemesinin ardından boy uzamasına bağlı olarak direnç kaybı tespit edilmiş olup deformasyona uğradığı gözlemlenmiştir. Asıda farklı ağırlıklarda bekleyen her bir lifin kalınlıklarında, farklı oranlarda azalma eğilimi ya da sabit kalma eğilimi tespit edilmiştir.

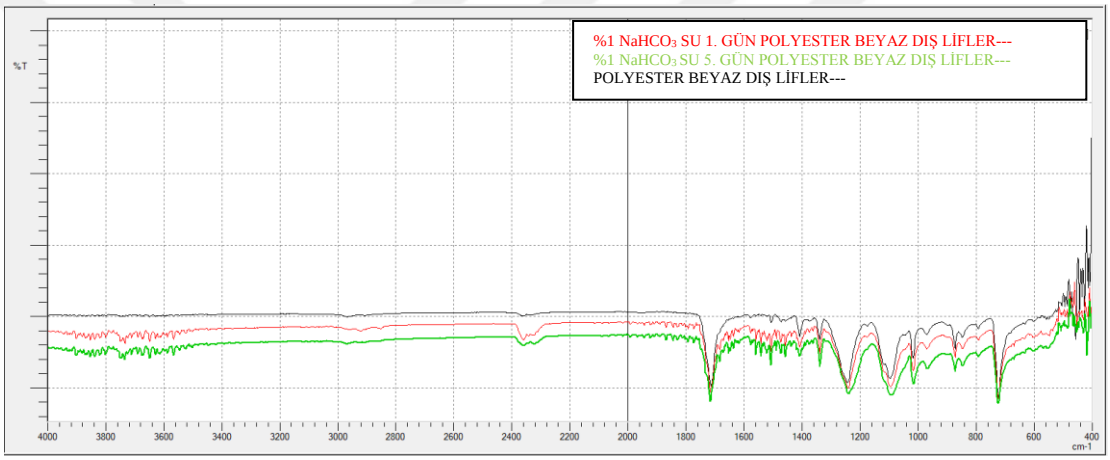
4.1.3. Polyester lifine ait FTIR bulguları



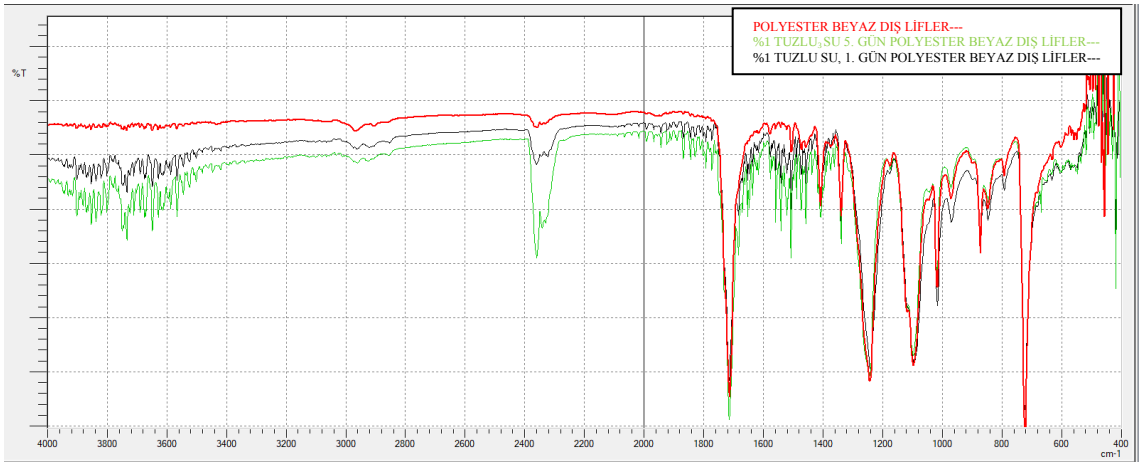
Şekil 4.13. Polyester siyah dış lifler güneş ışığında 1. ve 5. gün bekletmelerdeki FTIR spektrumu



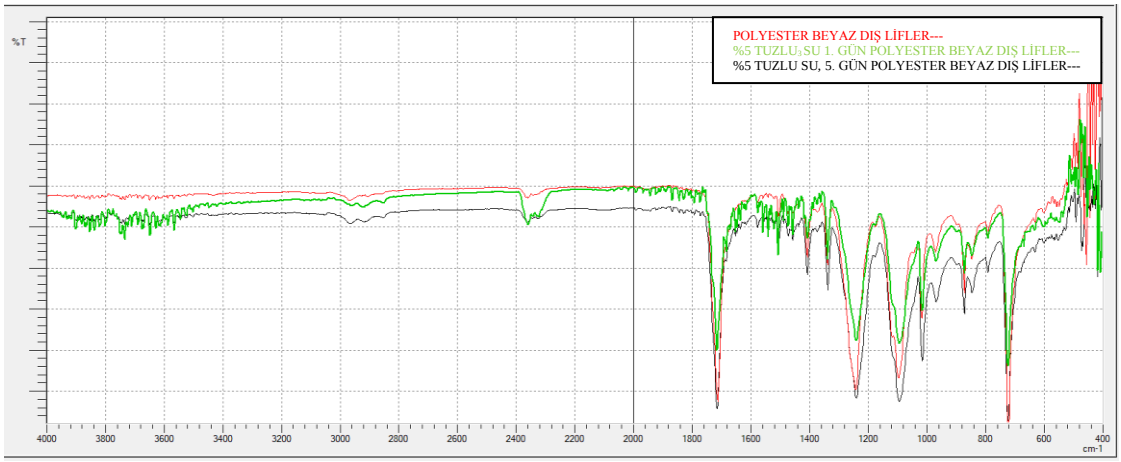
Şekil 4.14. Polyester kahverengi dış lifler %1'lik tuzlu çözeltisi 1. ve 5. gün bekletmelerdeki FTIR spekturumu



Şekil 4.15. Polyester beyaz dış lifinin ve %1'lik sodyum bikarbonatlı sulu çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları



Şekil 4.16. Polyester beyaz dış lifinin %1'lik tuz çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları



Şekil 4.17. Polyester beyaz dış lifinin %5'lik tuz çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları

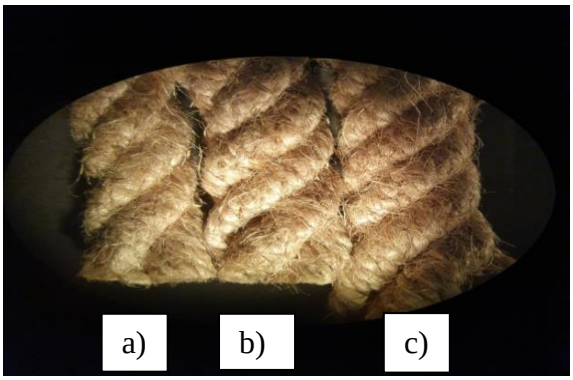
Şekil 4.13.'de polyester siyah dış lifler olarak tanımladığımız iplerin ilk halleri ile güneş ışığında 1 ve 5 günlük süreler boyunca farklı sıcaklık derecelerinde bekletildikten sonra çekilen FTIR spektrumları üst üste çakıştırılmak sureti ile karşılaştırılmış ve özellikle 400-2000 cm^{-1} aralığında bulunan parmak izi bölgeleri incelenip spektrumların benzerliği gözlenmiştir. Bunun sonucunda kimyasal yapılarında değişim olmadığı tespit edilmiştir.

Şekil 4.14.'de polyester kahverengi dış liflerin ilk hali ile % 1-5'lik 5'lik tuz çözeltisinde farklı zamanlarda beklemiş halleri üst üste çakıştırılmak sureti ile karşılaştırılmış ve özellikle 400-2000 cm^{-1} aralığında bulunan parmak izi bölgeleri incelenip spektrumların benzerliği gözlenmiştir. Bunun sonucunda kimyasal yapılarında değişim olmadığı tespit edilmiştir.

Şekil 4.15, Şekil 4.16. ve Şekil 4.17'de polyester beyaz dış liflerin ilk hali ile % 1-5'lik sodyum bikarbonatlı sulu çözeltisi ve % 1-5'lik 5'lik tuz çözeltisinde farklı zamanlarda beklemiş halleri üst üste çakıştırılmak sureti ile karşılaştırılmış ve özellikle 400-2000 cm^{-1} aralığında bulunan parmak izi bölgeleri incelenip spektrumların benzerliği gözlenmiştir. Bunun sonucunda kimyasal yapılarında değişim olmadığı tespit edilmiştir.

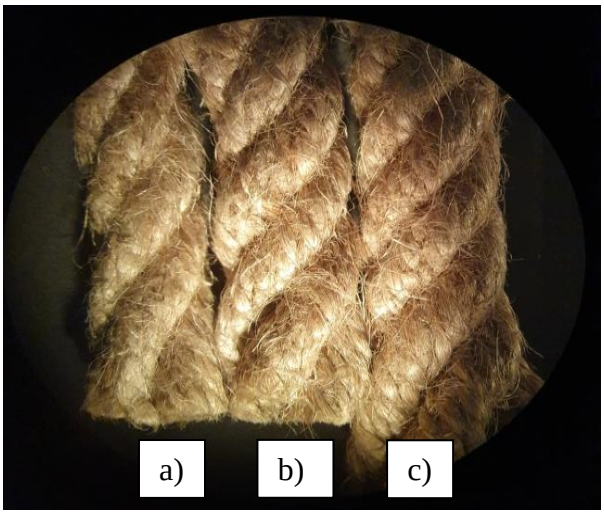
4.2. Jut Lifine Ait Bulgular

4.2.1. Jut lifine ait optik mikroskop bulguları



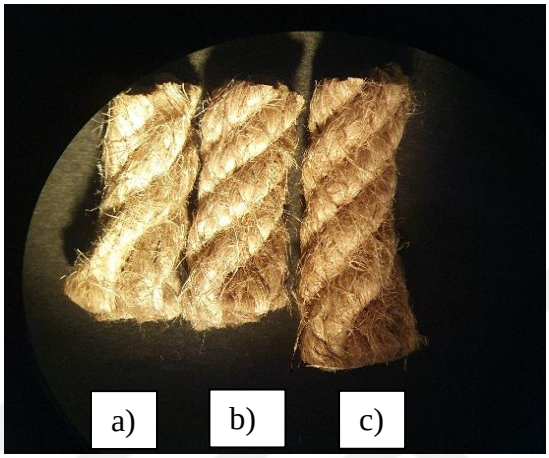
Şekil 4.18. Jut ince lif ilk hali (a), % 1'lik tuzlu çözeltisi 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü

Şekil 4.18'de ince jut olarak tanımladığımız liflerin ilk hali ile %1 lik tuzlu çözeltisi içerisinde farklı zamanlarda beklemiş halleri arasında renk ve kalınlık yönünden farklılıklar tespit edilmiş olup tuzlu su içerisinde bekleyen iplerin daha sararmış ve nem hassasiyetinden dolayı lif sarım kalınlıklarının artmış olduğu optik mikroskop altında gözlemlenmiştir.



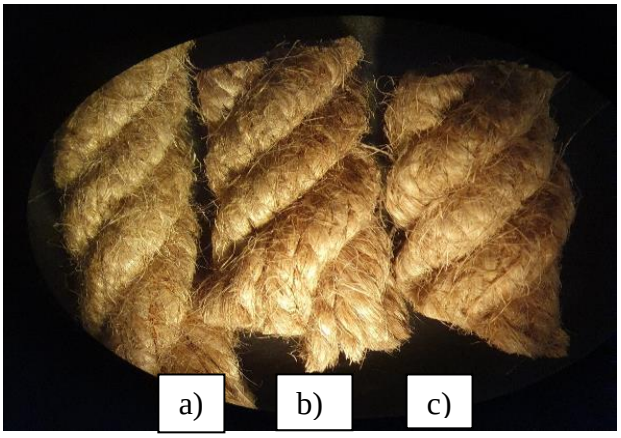
Şekil 4.19. Jut kalın lif ilk hali (a), % 1'lik tuz çözeltisi 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü

Şekil 4.19’da kalın Jut olarak tanımladığımız liflerin ilk hali ile %1 lik tuz çözeltisi içerisinde farklı zamanlarda beklemiş halleri arasında renk ve kalınlık yönünden farklılıklar tespit edilmiş olup tuzlu su içerisinde bekleyen iplerin daha sararmış ve nem hassasiyetinden dolayı lif sarım kalınlıkları artmış olduğu optik mikroskop altında gözlemlenmiştir.



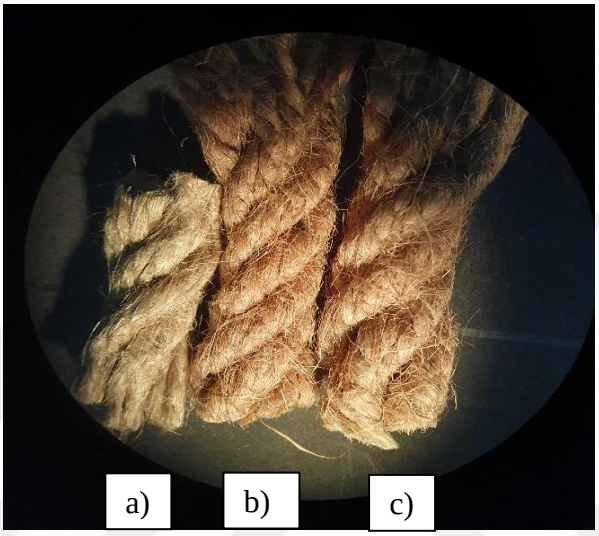
Şekil 4.20. İnce jut lif ilk hali (a), %5’lik tuz çözeltisi 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü

Şekil 4.20’de ince jut olarak tanımladığımız liflerin ilk hali ile %5 lik tuz çözeltisi içerisinde farklı zamanlarda beklemiş halleri arasında renk ve kalınlık yönünden farklılıklar tespit edilmiş olup tuzlu su içerisinde bekleyen iplerin daha sararmış ve nem hassasiyetinden dolayı lif sarım kalınlıkları artmış olduğu optik mikroskop altında gözlemlenmiştir.



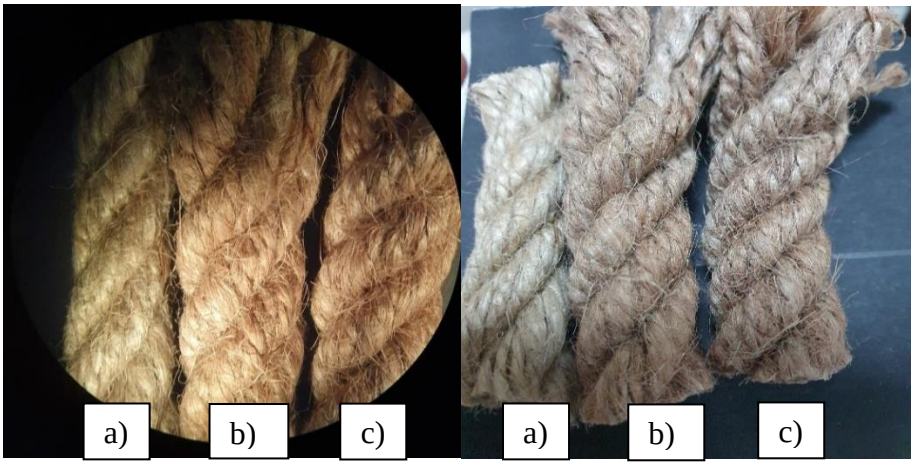
Şekil 4.21. Kalın jut lif ilk hali (a) %5’lik tuz çözeltisi 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü

Şekil 4.21’de kalın jut olarak tanımladığımız liflerin ilk hali ile %5 lik tuz çözeltisi içerisinde farklı zamanlarda beklemiş halleri arasında renk ve kalınlık yönünden farklılıklar tespit edilmiş olup tuzlu su içerisinde bekleyen iplerin daha sararmış ve nem hassasiyetinden dolayı lif sarım kalınlıkları artmış olduğu optik mikroskop altında gözlemlenmiştir.



Şekil 4.22. İnce jut lif ilk hali (a), %1’lik sodyum bikarbonatlı su 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü

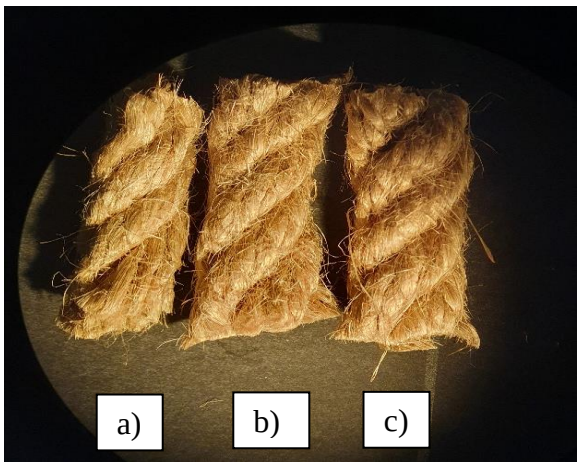
Şekil 4.22’da ince jut olarak tanımladığımız liflerin ilk hali ile %1’lik Sodyum bikarbonatlı su içerisinde farklı zamanlarda beklemiş halleri arasında renk ve kalınlık yönünden farklılıklar tespit edilmiş olup tuzlu su içerisinde bekleyen iplerin daha sararmış ve nem hassasiyetinden dolayı lif sarım kalınlıkları artmış olduğu optik mikroskop altında gözlemlenmiştir.



Şekil 4.23. Kalın jut liflerin ilk hali (a), %1'lik sodyum bikarbonatlı su 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü

Şekil 4.23'de kalın Jut olarak tanımladığımız liflerin ilk hali ile % 1'lik Sodyum bikarbonatlı su içerisinde farklı zamanlarda beklemiş halleri arasında renk ve kalınlık yönünden farklılıklar tespit edilmiş olup tuzlu su içerisinde bekleyen iplerin daha sararmış ve nem hassasiyetinden dolayı lif sarım kalınlıkları artmış olduğu optik mikroskop altında gözlemlenmiştir.

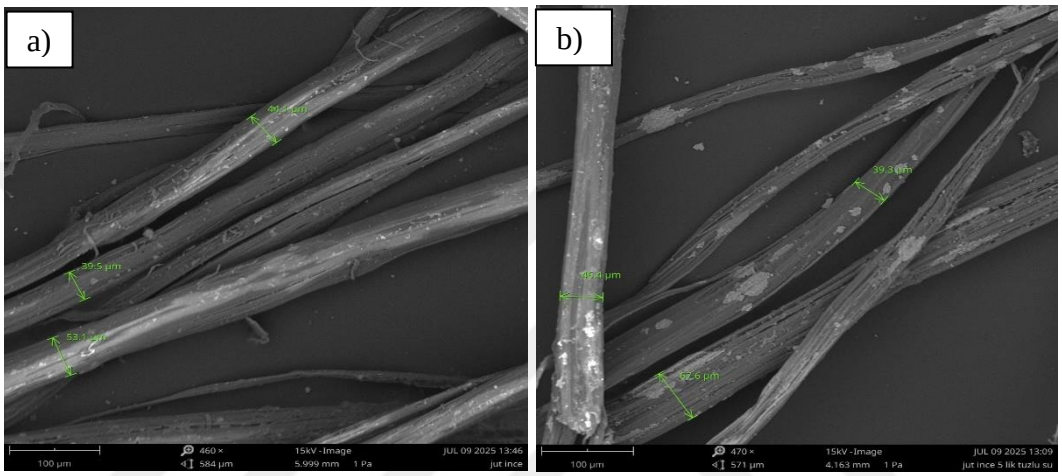
İkinci grup lif örneklerinin 1 ve 5 günlük süreler boyunca güneş ışığı altında farklı sıcaklık derecelerinde bekletildikten sonra çekilen optik mikroskop görüntüleri ve varsa meydana gelen fiziksel değişimler ile ilgili yorumlar bulunmaktadır.



Şekil 4.24. İnce jut lif ilk hali (a), güneş ışığında 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü

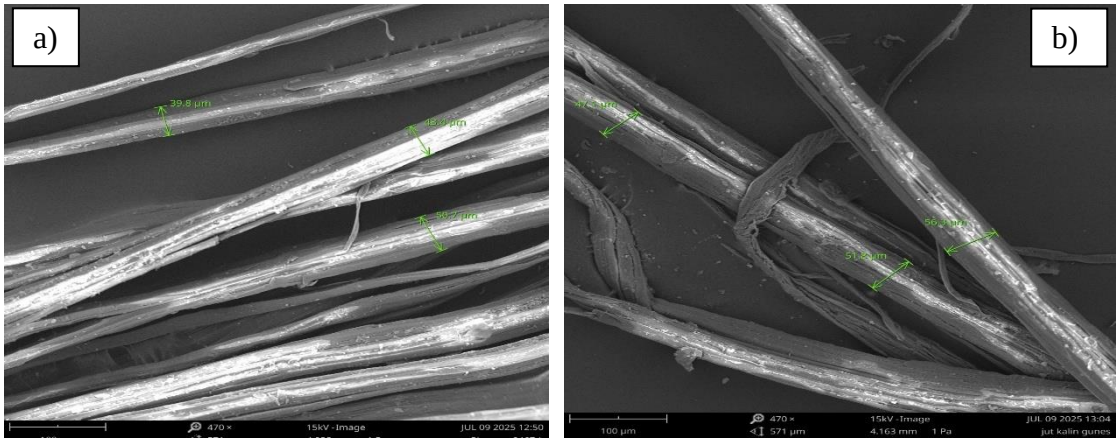
Şekilde 4.24’de ince Jut olarak tanımladığımız liflerin ilk hali ile doğal güneş ışığında 1 ve 5 günlük süreler boyunca farklı sıcaklık derecelerinde bekletildikten sonra çekilen optik mikroskop görüntüleri arasında renk yönünden farklılıklar tespit edilmiş olup güneş ışığı altında bekleyen iplerin daha sararmış olduğu optik mikroskop altında gözlemlenmiştir.

4.2.2. Jut lifine ait SEM bulguları



Şekil 4.25. İnce jut liflerindeki ilk hali (a) ve %5’lik tuzlu çözeltisi 5. gün (b) bekletmedeki SEM görüntüleri

Şekil 4.25’de ince jut olarak tanımladığımız liflerin ilk hallerinin kendi içerisinde kalınlık yönünden yer yer farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durum göz önünde bulundurularak yapılan değerlendirmelerde; ilk hali ile %5 lik tuz çözeltisi içerisinde 5 gün beklemiş halleri arasında nem hassasiyetinden dolayı kalınlık yönünden kısmen farklılıklar tespit edilmekle birlikte kalınlıkların artma eğiliminde değişkenlik gösterdiği gözlemlenmiştir.

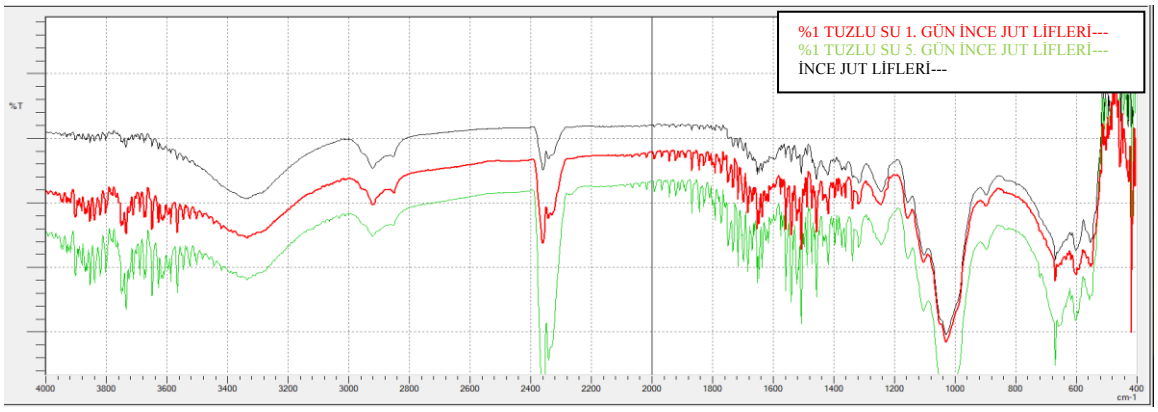


Şekil 4.26. Kalın jut liflerindeki ilk hali (a) ve güneş ışığında 5. gün (b) bekletmedeki SEM görüntüleri

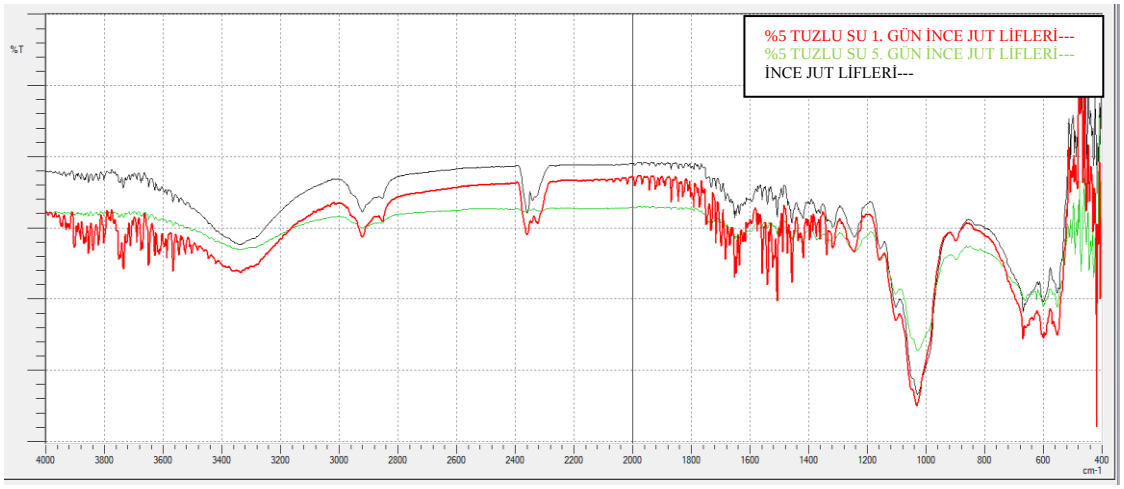
Şekil 4.26'da kalın jut olarak tanımladığımız liflerin ilk hallerinin kendi içerisinde kalınlık yönünden yer yer farklılıklar göstermektedir. Bu durum göz önünde bulundurularak yapılan değerlendirmelerde; ilk hali ile güneş ışığında 5 gün beklemiş halleri arasında nem hassasiyetinden dolayı kalınlık yönünden kısmen farklılıklar tespit edilmekle birlikte kalınlıkların artma eğiliminde değişkenlik gözlemlenmiştir.

4.2.3. Jut lifine ait FTIR bulguları

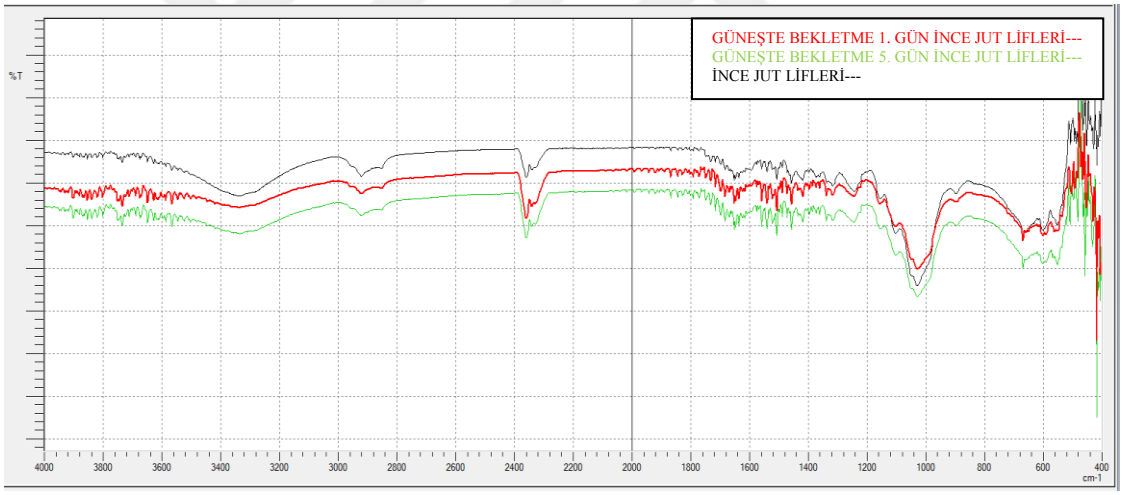
Aşağıda görülen Şekil 4.27'de ince jut liflerinin 1 ve 5 günlük süreler boyunca farklı sıvı ortamlarında (sodyum bikarbonatlı sulu çözeltisi ve farklı oranlarda tuz çözeltileri) ve doğal güneş ışığı altında bekletildikten sonra çekilen FTIR spektumları bulunmaktadır.



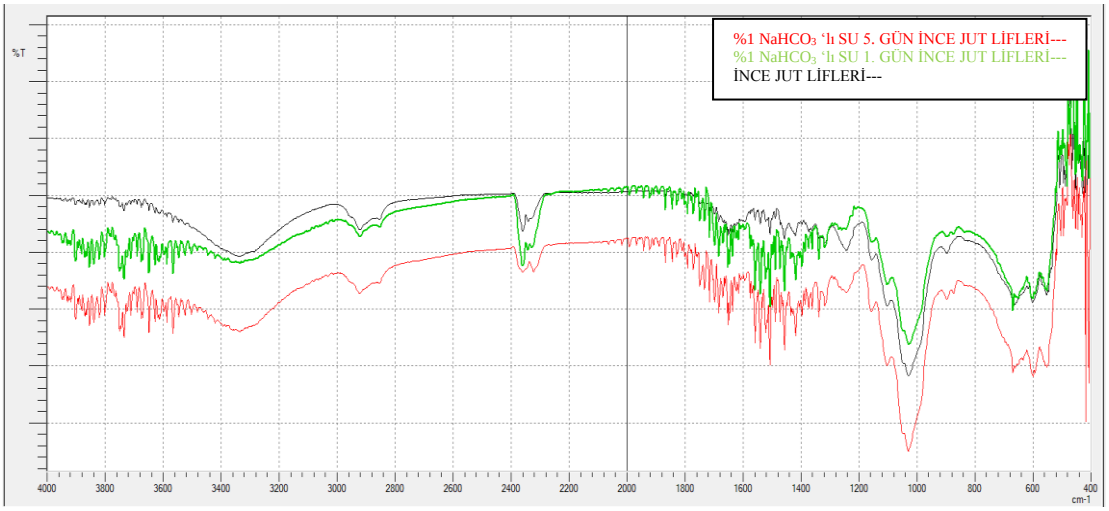
Şekil 4.27. İnce jut lifinin %1'lik tuz çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları



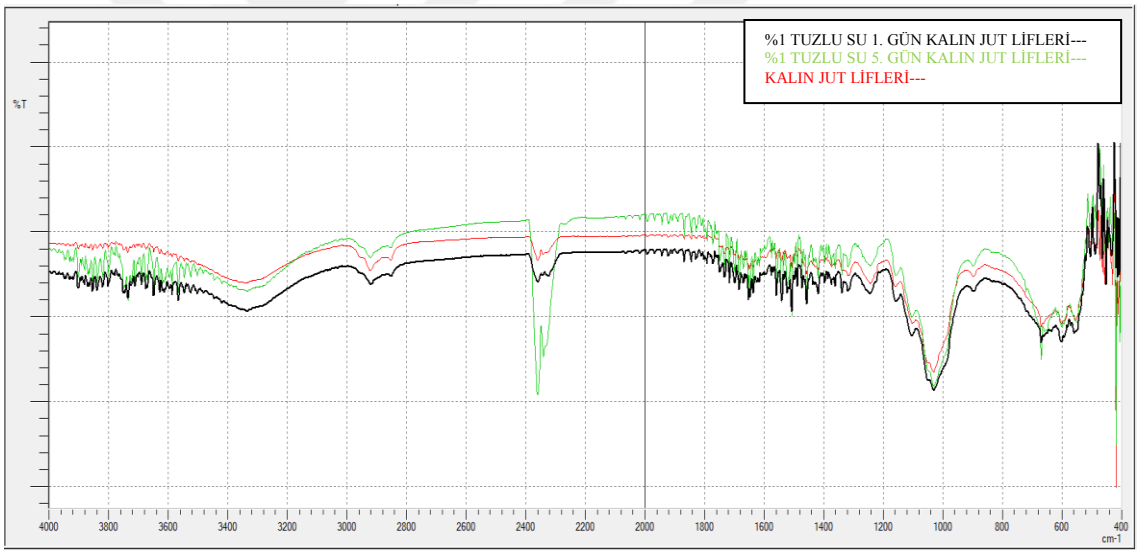
Şekil 4.28. İnce jut lifinin %5'lik tuz çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları



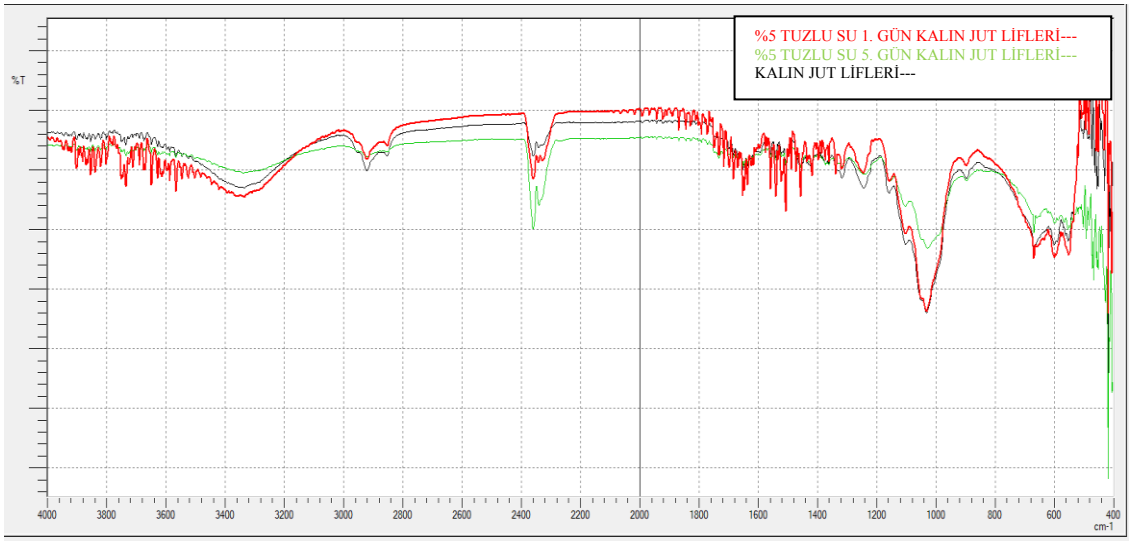
Şekil 4.29. İnce jut lifinin güneş ışığında 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları



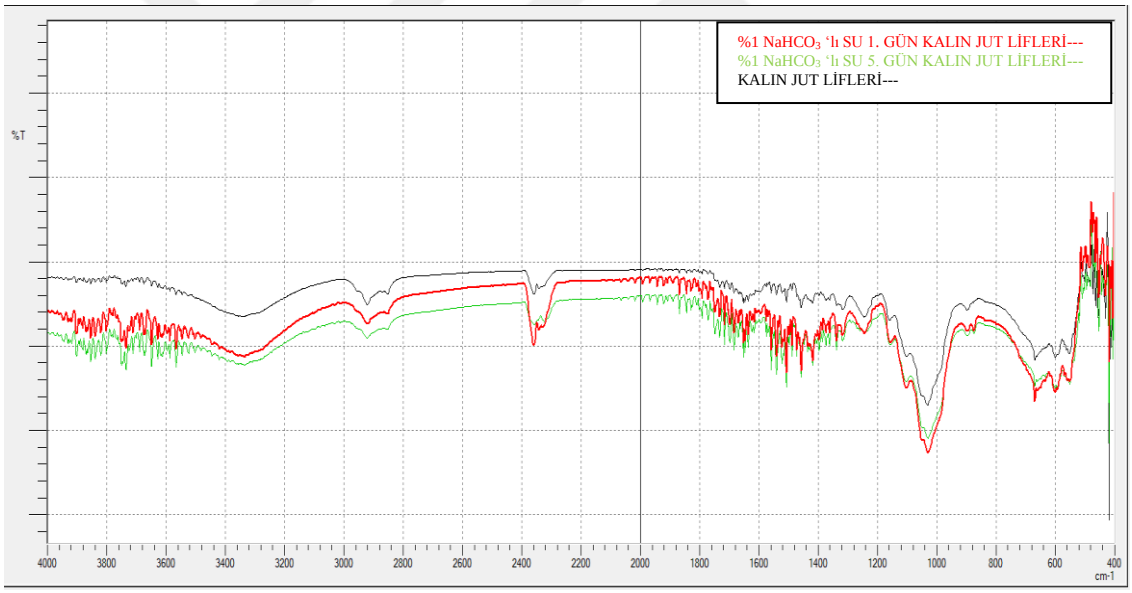
Şekil 4.30. İnce jut lifinin %1'lik Sodyum bikarbonatlı sulu çözeltisi 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları



Şekil 4.31. Kalın jut lifinin %1'lik tuz çözeltisinde 1 ve 5 gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları



Şekil 4.32. Kalın jut lifinin %5'lik tuz çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları



Şekil 4.33. Kalın Jut lifinin %1'lik sodyum bikarbonatlı sulu çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları

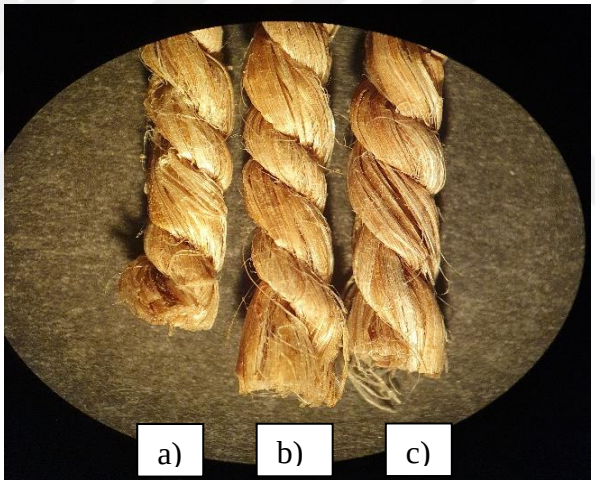
Şekil 4.29' da ince jut lifleri olarak tanımladığımız iplerin ilk halleri ile güneş ışığında 1 ve 5 günlük süreler boyunca farklı sıcaklık derecelerinde bekletildikten sonra çekilen FTIR spektrumları üst üste çakıştırılmak sureti ile karşılaştırılmış ve özellikle 400-2000

cm^{-1} aralığında bulunan parmak izi bölgeleri incelenip spektrumların benzerliği gözlenmiştir. Bu durumda kimyasal yapılarında değişim olmadığı gözlenmiştir.

Şekil 4.27, Şekil 4.29, Şekil 4.30, Şekil 4.31, Şekil 4.32 ve Şekil 4.33' da ince jut ve kalın jut ip liflerinin ilk halleri ile % 1-5'lik Sodyum bikarbonatlı sulu çözeltisi ve % 1-5'lik 5'lik tuz çözeltilerinde farklı zamanlarda beklemiş halleri üst üste çakıştırılmak sureti ile karşılaştırılmış ve özellikle 400-2000 cm^{-1} aralığında bulunan parmak izi bölgeleri incelenip spektrumların benzerliği gözlenmiştir. Bu durumlarda ise kimyasal yapılarında değişim olmadığı gözlenmiştir.

4.3. Keten Lifine Ait Bulgular

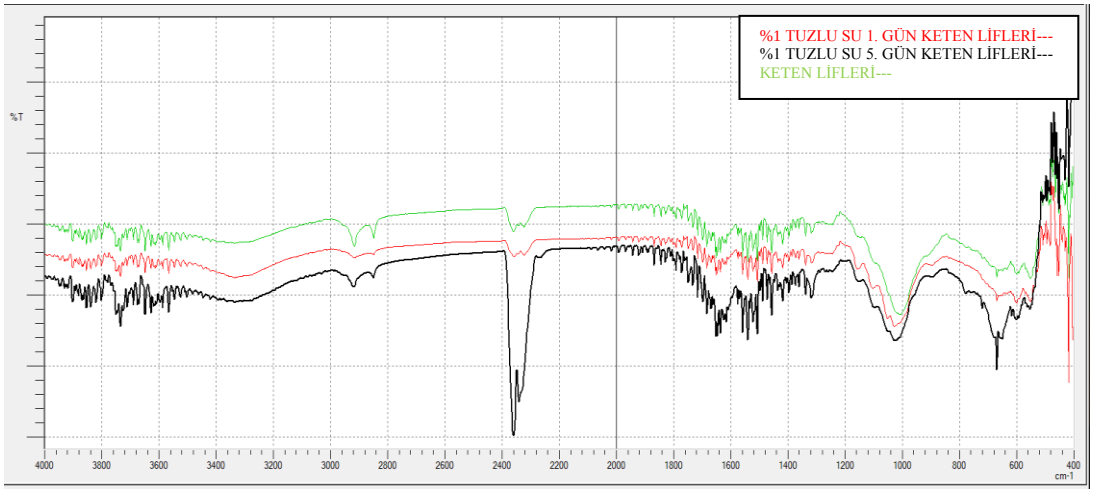
4.3.1. Keten lifine ait optik mikroskop görüntüsü



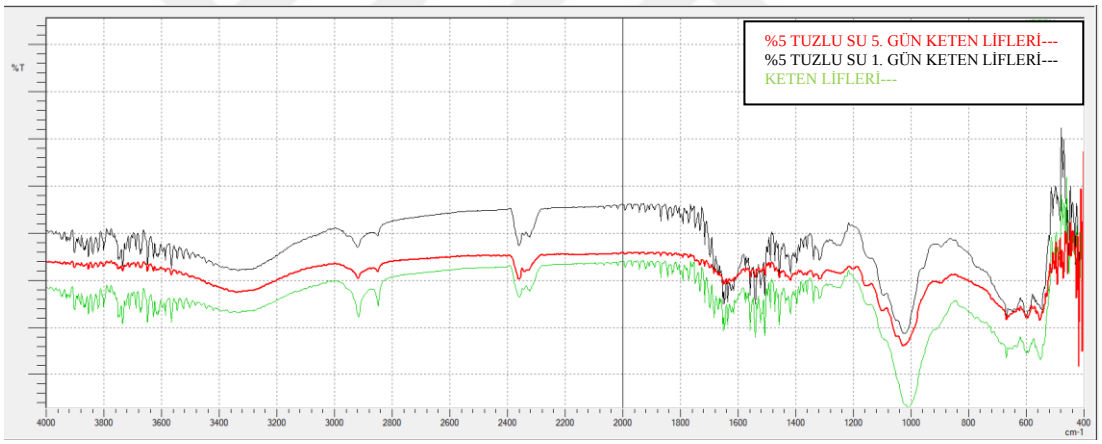
Şekil 4.34. Keten lif ilk hali (a), %5'lik tuz çözeltisi 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü

Şekil 4.34'de keten olarak tanımladığımız liflerin ilk hali ile %5 lik tuz çözeltisi içerisinde farklı zamanlarda beklemiş halleri arasında renk ve kalınlık yönünden farklılıklar optik mikroskop altında gözlemlenmemiştir.

4.3.2. Keten lifine ait FTIR bulguları



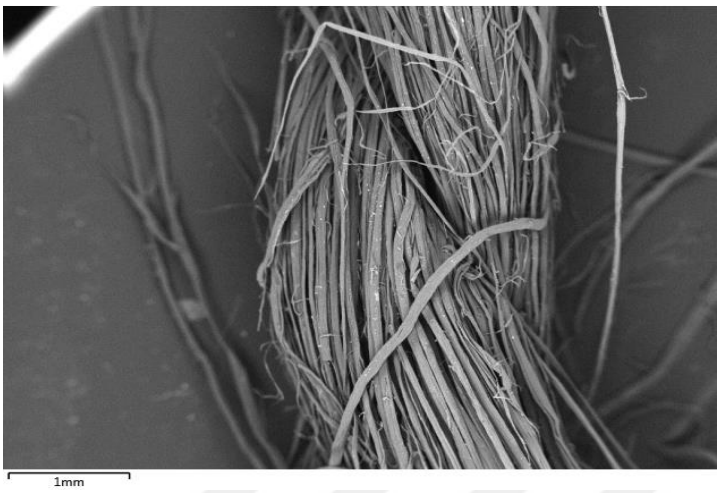
Şekil 4.35. Keten lifinin %1'lik tuz çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları



Şekil 4.36. Keten lifin %5'lik tuz çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları

Şekil 4.35 ve Şekil 4.36'da keten lif olarak tanımladığımız iplerin ilk halleri ile % 1-5'lik 5'lik tuz çözeltilerinde farklı zamanlarda beklemiş halleri üst üste çakıştırılmak sureti ile karşılaştırılmış ve özellikle 400-2000 cm^{-1} aralığında bulunan parmak izi bölgeleri incelenip spektrumların benzerliği gözlenmiştir. Bu durumlarda kimyasal yapılarında değişim olmadığı gözlenmiştir.

4.3.3. Keten lifine ait SEM bulguları

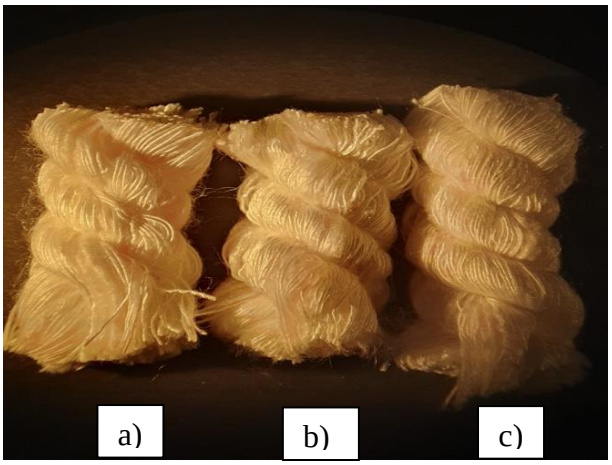


Şekil 4.37. Keten lifin SEM görüntüsü

Keten lif türünün kıvrımsız ve düz yapısı, SEM görüntüsü ile daha net görülmektedir (Şekil 4.37.).

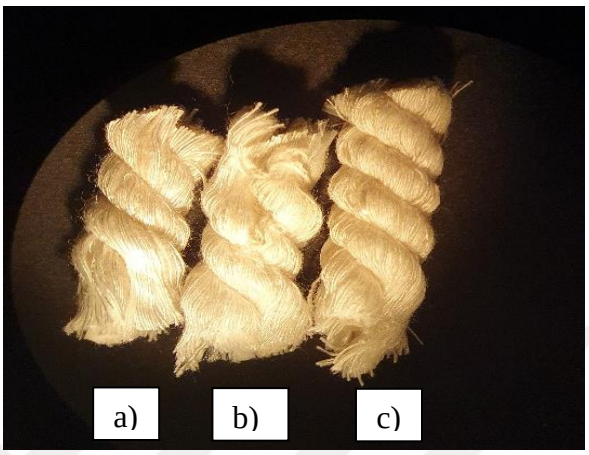
4.4. Pamuk Lifine Ait Bulgular

4.4.1. Pamuk lifine ait optik mikroskop bulguları



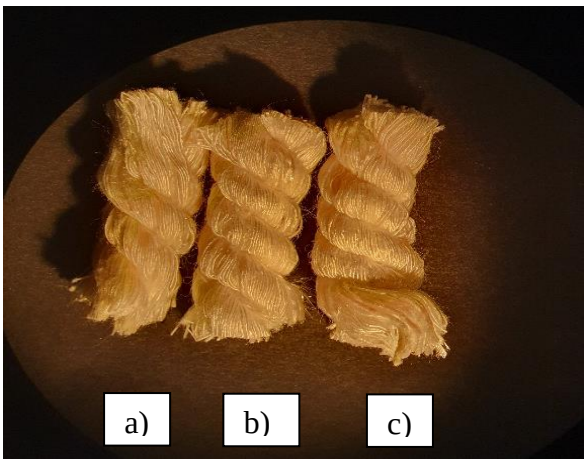
Şekil 4.38. Pamuk lif ilk hali (a), %1'lik tuz çözeltisi 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü

Şekil 4.38’de pamuk olarak tanımladığımız liflerin ilk hali ile %1 lik tuz çözeltisi içerisinde farklı zamanlarda beklemiş halleri arasında renk ve kalınlık yönünden farklılıklar optik mikroskop altında gözlemlenmemiştir.



Şekil 4.39. Pamuk lif ilk hal (a), %5’lik tuz çözeltisi 1. gün(b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü

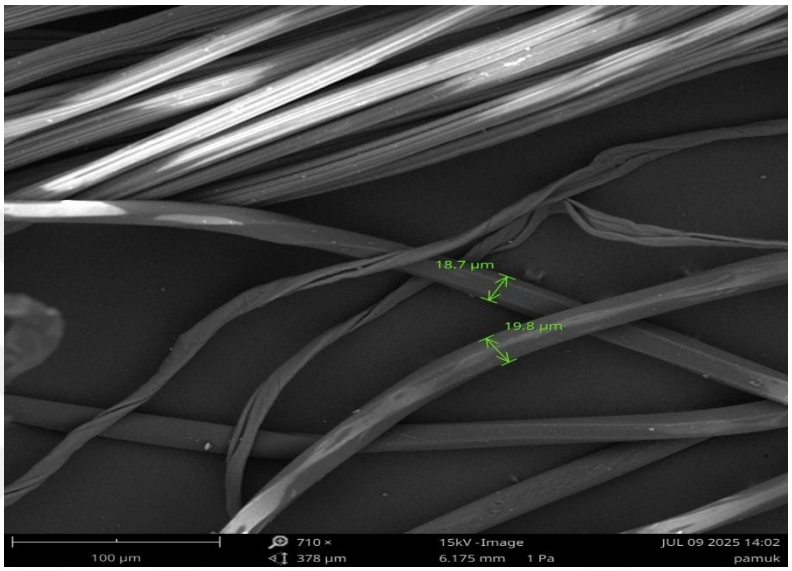
Şekil 4.39’da pamuk olarak tanımladığımız liflerin ilk hali ile %5 lik tuz çözeltisi içerisinde farklı zamanlarda beklemiş halleri arasında renk ve kalınlık yönünden farklılıklar optik mikroskop altında gözlemlenmemiştir.



Şekil 4.40. Pamuk lif ilk hali (a), doğal güneş ışığında güneşte 1. gün (b) ve 5. gün (c) bekletmelerdeki optik mikroskop görüntüsü

Şekilde 4.40’da pamuk olarak tanımladığımız liflerin ilk hali ile doğal güneş ışığında 1 ve 5 günlük süreler boyunca farklı sıcaklık derecelerinde bekletildikten sonra çekilen optik mikroskop görüntüleri arasında renk ve kalınlık yönünden farklılıklar optik mikroskop altında gözlemlenmemiştir.

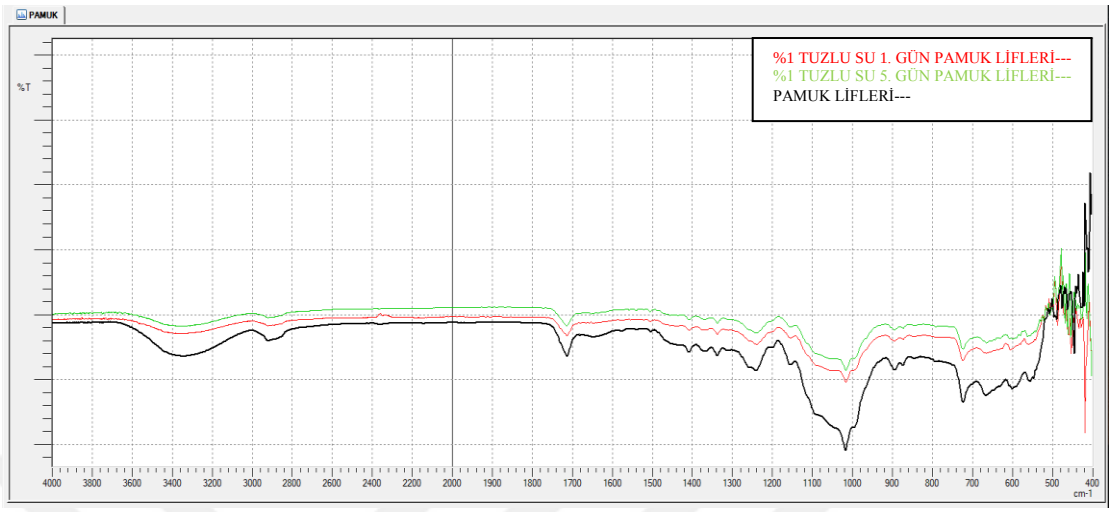
4.4.2. Pamuk lifine ait SEM bulguları



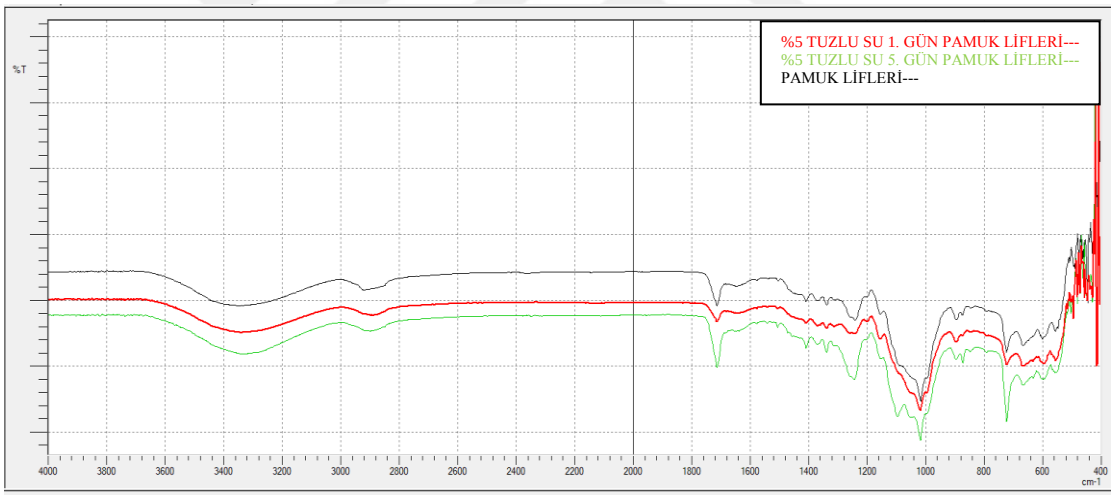
Şekil 4.41. Pamuk liflerinin SEM görüntüsü

Pamuk lif türünün sarmal bir yapı sergileyerek kıvrıldığı, SEM görüntüsü ile yer yer görülmektedir (Şekil 4.41.).

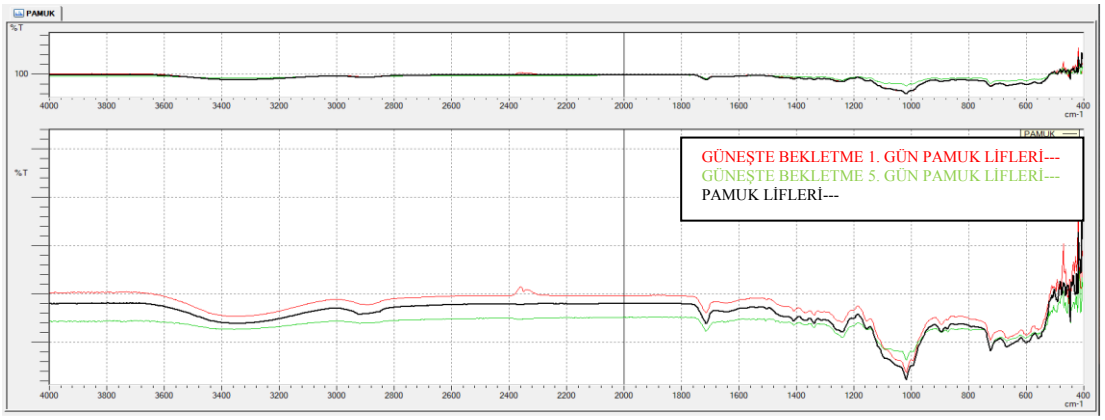
4.4.3. Pamuk lifine ait FTIR bulguları



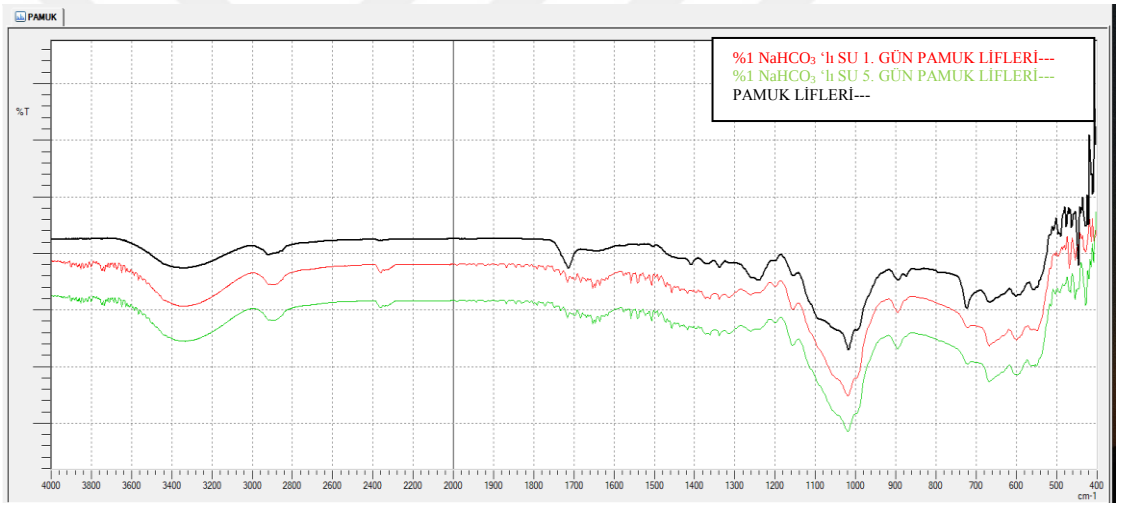
Şekil 4.42. Pamuk lifinin %1'lik tuz çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları



Şekil 4.43. Pamuk lifinin %5'lik tuz çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları



Şekil 4.44. Pamuk lifinin güneş ışığında 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları



Şekil 4.45. Pamuk lifinin % 1'lik sodyum bikarbonatlı sulu çözeltisinde 1. ve 5. gün bekletme sonrası elde edilen FTIR spektrumları

Şekil 4.42, Şekil 4.43, Şekil 4.44 ve Şekil 4.45'de pamuk lifi olarak tanımladığımız iplerin ilk hali ile güneş ışığında 1 ve 5 günlük süreler boyunca farklı sıcaklık derecelerinde bekletildikten sonra çekilen FTIR spektrumları ve yine aynı iplerin ilk hali ile % 1-5'lik Sodyum bikarbonatlı sulu çözeltisi ve % 1-5'lik 5'lik tuz çözeltilerinde farklı zamanlarda beklemiş halleri üst üste çakıştırılmak sureti ile karşılaştırılmış ve özellikle 400-2000 cm^{-1} aralığında bulunan parmak izi bölgeleri incelenip spektrumların benzerliği gözlenmiştir. Bu durumlarda kimyasal yapılarında değişim olmadığı gözlenmiştir.

5. SONUÇ

Ön incelemede, fiziksel yönden (renk, şekil, kalınlık, desen vs) aynı olan ve polyester olarak tanımlanan iplerin ilk halleri ile %1'lik ve %5'lik tuz çözeltisi içerisinde, % 1'lik sodyum bikarbonatlı su içinde ve doğal güneş ışığı altında farklı zamanlarda bekletilmiş hallerinde renk ve kalınlık yönünden optik mikroskop incelemelerinde farklılık gözlemlenmemiştir. FTIR cihazı kullanılarak, polyester lif numunelerinin kimyasal yapıları incelenmiş; numunelerin ilk halleri ile farklı zamanlarda çeşitli çözücüler içerisinde bekletilen örneklerin karşılaştırmalı FTIR spektrumları analiz edilmiştir. Ayrıca, numunelerin başlangıç durumları ile doğal güneş ışığı altında farklı sürelerde bekletilmiş halleri arasındaki FTIR spektrumları karşılaştırılmıştır. Yapılan bu karşılaştırmalar sonucunda, polyester liflerin kimyasal yapılarında belirgin bir değişim gözlenmemiştir. %5 lik tuz çözeltisi içerisinde 5 gün beklemiş halleri arasında nem hassasiyetinin diğer lif türlerine göre daha az olması sebebiyle kalınlık yönünden farklılıklar gözlemlenmemiştir. Maruz kalınan koşullara rağmen liflerin kimyasal yapısında anlamlı bir değişim olmadığını ortaya koymuştur.

Mukayeselerdeki bu durum, adli vakalarda suçlu tespiti açısından 1 ve 5 gün içerisinde farklı çözücülerde veya güneş ışığı altında bekleyen polyester yapılı iplerin fiziksel ve kimyasal yönden ilk halleri ile değişim göstermediği yorumuna ulaşmamızı sağlamaktadır.

Ön incelemeleri fiziksel açıdan (renk, şekil, kalınlık, desen vs) aynı olan ve ince jut ve kalın jut olarak tanımlanmıştır. Bu iplerin ilk halleri, %1'lik ve %5'lik tuz çözeltisi içinde, % 1'lik sodyum bikarbonatlı su içinde ve doğal güneş ışığı altında zamana bağlı değişimleri optik mikroskop altında incelendiğinde; farklı zamanlarda beklemiş halleri arasında renk ve kalınlık yönünden farklılıklar tespit edilmiştir. Ancak bu iplerin çalışmadaki çözeltilere ve güneş ışığına maruz kalması durumunda liflerde sararma ve lif sarımlarının kalınlığında büyük bir değişim gözlemlenmemiştir. FTIR cihazı kullanılarak ince ve kalın jut lif numunelerinin kimyasal yapıları incelenmiş ve ilk halleri ile farklı zamanlarda farklı çözücüler içerisinde elde edilen karşılaştırmalı FTIR spektrumları ve yine ilk halleri ile doğal güneş ışığı altında farklı zamanlarda beklemiş hallerinin FTIR spektrumları karşılaştırılmış ve kimyasal yapılarında değişim olmadığı gözlenmiştir. İnce jutta %5 lik tuz çözeltisi içerisinde 5 gün beklemiş hali, nem

hassasiyetinden dolayı kalınlık yönünden kısmen farklılıklar tespit edilmekle birlikte kalınlıkların artma eğiliminde değişkenlik gösterdiği gözlemlenmiştir. Kalın jut ise güneş ışığında 5 gün beklemiş hali, nem hassasiyetinden dolayı kalınlık yönünden kısmen farklılıklar tespit edilmekle birlikte kalınlıkların artma eğiliminde değişkenlik gözlemlenmiştir.

Mukayeselerdeki bu durum, adli vakalarda suçlu tespiti açısından 1 ve 5 gün içerisinde farklı çözücülerde veya doğal güneş ışığı altında bekleyen Jut yapılı iplerin fiziksel yönden ilk halleri ile değişim gösterdiği fakat kimyasal yönden ilk halleri ile değişim göstermediği yorumuna ulaşmamızı sağlamaktadır.

Ön inceleme ile fiziksel özellikleri (renk, şekil, kalınlık, desen vs) aynı olan ve pamuklu iplerin ilk halleri ile %1'lik ve %5'lik tuz çözeltisi içerisinde, % 1'lik Sodyum bikarbonatlı su içerisinde ve doğal güneş ışığı altında farklı zamanlarda beklemiş halleri arasında renk ve kalınlık yönünden farklılıklar optik mikroskop altında gözlemlenmemiştir. FTIR cihazı kullanılarak pamuk lif numunelerinin kimyasal yapıları incelenmiş ve ilk halleri ile farklı zamanlarda farklı çözücüler içerisinde elde edilen karşılaştırmalı FTIR spektrumları ve yine ilk halleri ile doğal güneş ışığı altında farklı zamanlarda beklemiş hallerinin FTIR spektrumları karşılaştırılmış ve kimyasal yapılarında değişim olmadığı gözlenmiştir.

Mukayeselerdeki bu durum, adli vakalarda suçlu tespiti açısından 1 ve 5 gün içerisinde farklı çözücülerde veya doğal güneş ışığı altında bekleyen pamuk yapılı iplerin fiziksel ve kimyasal yönden ilk halleri ile değişim göstermediği yorumuna ulaşmamızı sağlamaktadır.

Ön İncelemeleri yapılarak fiziksel yönden (renk, şekil, kalınlık, desen vs) aynı olan ve Keten olarak tanımlanan iplerin ilk halleri ile %5'lik tuz çözeltisi içerisinde, farklı zamanlarda beklemiş halleri arasında renk ve kalınlık yönünden farklılıklar optik mikroskop altında gözlemlenmemiştir. FTIR cihazı kullanılarak keten lif numunelerinin kimyasal yapıları incelenmiş ve ilk halleri ile farklı zamanlarda %5'lik tuz çözeltisi içerisinde elde edilen karşılaştırmalı FTIR spektrumları karşılaştırılmış ve kimyasal yapılarında değişim olmadığı gözlenmiştir.

Mukayeselerdeki bu durum, adli vakalarda suçlu tespiti açısından 1 ve 5 gün içerisinde %5'lik tuz çözeltisi içerisinde bekleyen keten yapılı iplerin fiziksel ve kimyasal yönden ilk halleri ile değişim göstermediği yorumuna ulaşmamızı sağlamaktadır.

Yapılan karşılaştırmalarda, bazı örneklerin benzer kimyasal bileşenler taşımasına rağmen fiziksel yapılarında belirgin farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Bu tür farklılıklar, olay yeri ile şüpheli arasında doğrudan temasın varlığını ya da yokluğunu değerlendirme açısından kritik öneme sahiptir. Günümüzde tekstil mikro izlerinin gelişmiş laboratuvar teknikleriyle değerlendirilmesi, olay yeri verileri ile vaka gerçekliği arasında yüksek düzeyde tutarlılık kurulmasına katkı sunmaktadır.

Özellikle farklı sonuçların elde edilmesi, olayın çözümüne yönelik daha net ve yönlendirici bilgiler sunarken; benzer sonuçların elde edilmesi, şüpheli üzerinde baskı oluşturabilecek kuvvetli delillerin ortaya konulmasına olanak tanımaktadır. Optik mikroskop, SEM ve FTIR tekniklerinin birlikte kullanılması, lif mukayeselerinde daha yüksek güvenilirlik ve doğruluk sağlayarak adli soruşturmalarda etkinliğin artırılmasına, suçların tespitinde katkı sunmaktadır. Gelecek çalışmalarda, bu yöntemlerin veri tabanlarıyla deskteklenmesi ve istatiksel analizlerle güçlendirilmesi, Adli bilimlerin en önemli araştırma birimlerinden olan Adli Tıp ve Kriminal alanlarındaki uygulamaları daha da ileriye taşıyacaktır.

KAYNAKLAR

Aljannahi, A., Alblooshi, R. A., Alremeithi, R. H., Karamitsos, I., Ahli, N. A.,

Askar, A. M., ... & Modak, S. (2022). Forensic analysis of textile synthetic fibers using a FT-IR spectroscopy approach. Molecules, 27(13), 4281.

Anadolu Ajansı Haber Metni erişim tarihi 19.02.2025 https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/iz-pesinde-gecen-hayatlar/1446415

Büken B, Üner B, Çetinkaya Ü, Çağdır A S, Kırangil ŞB. Adli tıp'da taramalı elektron mikroskobu (sem) uygulamaları. Adli Tıp Bülteni 2001;6(1): 23-31.

Büyüksırıt, T., & Kuleaşan, H. (2014). Fourier dönüşümlü kizilötesi (FTIR) spektroskopisi ve gıda analizlerinde kullanımı. Gıda, 39(4), 235-241.

CAKIR, I. and UNER, B., 2008. Forensic analysis of silk fibers. Microscopy and Microanalysis, 14: 1462-1463.

Çakır İsmail, Enerji Dağılımlı X-Işıını Analizörlü Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM-EDS) ile Sıkça Karşılaşılan Katı Adi Delillerin İncelenmesi, İstanbul, 2003

Durmuş K., 2010 //Olay Yeri İnceleme Uygulamalarında Dokümantasyon Standartlarının Oluşturulması Doktora Tezi Kürşat Durmuş İstanbul 2010

EGM KPL Dairesi Başkanlığı kayıtları.

Gürcüm, H.B. (2013). Tekstil Malzeme Bilgisi. Kerasus Yayınları, 1. Basım.

HARMANCIOĞLU, Prof. Dr. Mustafa, Rejenere ve Sentetik Lifler, Ege Üni. Matbaası, İzmir 1981.

İŞBİLEN A. ve DİNLER V., 2004. Adli olayların çözümünde tekstil yüzey ve aksesuarları, 3. Anadolu Adli Bilimler Kongresi, Eskisehir Osmangazi Üniversitesi.

KARA Şükran, Üretilen Kimyasal Liflerin Yapısal Davranışları Ve Kullanım Özelliklerinin İncelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ocak, 2011 İZMİR

KARAKUŞ Oğuz, Kriminalistik, Ankara (2009).

Kaya F. ve Ergenekon C., (1989), Mekikli El Dokumacılığı, GÜMEF Yay.No: 25, Ankara.

Kocabey, H. Ve Ark,(2013) Belge İncelemeleri Temel Eğitim Kitabı Emniyet Genel Müdürlüğü KPL Dairesi Başkanlığı. Sf 43

Kriminal Soruşturma, GILBERT James, Nebraska Üniversitesi, 4.Baskı, 2000.

M.E.B Megep, Tekstil Teknolojileri,Bitkisel Lifler,Ankara, 2006

Megep. (2011). Giyim Üretim Teknolojisi. Tekstil Lİfleri Modülü. Ankara.

Melo, M. J. (2009). "History of Naturel Dyes in the Ancient Mediterranea

Phıpps, E. (2010). Cochineal Red The Art History of a Colour, New York: Yale University Press.

POLAT, Prof. Dr. Oğuz, Kriminolji ve Kriminalistik Üzerine Notlar, 2004)

Rona, Z. (1997). "Boya", Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi, Cilt 1, İstanbul:Yem Yayınları, s. 280.

TAŞ E. (2019).'Tekstil Hammaddelerinin Boyanmasının Tarihsel Gelişimi Ve Boyarmaddeler' Sakarya Üniversitesi

WĄS-GUBAŁA J., 2009. Selected Aspects of the Forensic Examination of Textile Traces. Fibres and Textiles in Eastern Europe, 17: 26-9.

World", Handbook of Natural Colorants, , United Kingdom: Wiley Publish, pp. 3-20

Zonderman J., (2001), Suç İzlerinin Ötesinde (çev: Bilge Tanrıseven), Phoenix Yayınları, Ankara.

https://turktarihim.com/%C4%B0nsanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1n_Varolu%C5%9Fu_ve_%C4%B0lk_%C4%B0nsanlar.html Erişim: 11.06.2010

https://oneegineer.blogspot.com/2019/06/mikroskoplar-tum-mikroorganizmlar-ve.html Erişim.: 27.09.2019

https://ilkha.com/guncel/248-faili-mechul-aydinlatildi Erişim: 18.04.2021

https://tekstilbilgi.net Erişim: 15.05.2017

https://www.fibray.com Erişim: 01.01.2024

ICS 01.040.59; 59.060.20 TÜRK STANDARDI TS 1188 ISO 2076/Mart 2002

https://www.martanplastik.com/pa-66-muhendislik-plastikleri/ Erişim:03.07.2024

http://www.metmuseum.org/toah/hd/txtn/hd_txtn.htm Erişim.: 15.7.2016

http://www.arkeolojisanat.com/shop/blog Erişim: 08.02.2016

https://turktarihim.com/%C4%B0nsanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1n_Varolu%C5%9Fu_ve_%C4%B0lk_%C4%B0nsanlar.html Erişim: 11.06.2010