

**T.C.  
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ALFRED HEILBRONN BOTANİK BAHÇESİNDE KÜLTÜRE  
ALINMIŞ LİF BİTKİLERİ ÜZERİNDE KRİMİNAL BOTANİK  
ARAŞTIRMALAR**

**Özlem TEPEBAŞ**

**Biyoloji Anabilim Dalı**

**Botanik Programı**

**DANIŞMAN  
Prof. Dr. Gül CEVAHİR ÖZ**

**II. DANIŞMAN  
Dr. Öğr. Üyesi Gönül FİLOĞLU TÜFEK**

**Nisan, 2019**

**İSTANBUL**

Bu çalışma, Tarih girmek için burayı tıklatın. tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı, Botanik Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

### Tez Jürisi

  
Prof. Dr. Gül CEVAHİR ÖZ (Danışman)  
İstanbul Üniversitesi  
Fen Fakültesi

  
Prof. Dr. Osman CELBİŞ  
İnönü Üniversite  
Tıp Fakültesi

  
Dr. Öğr. Üyesi Erdal ÜZEN  
İstanbul Üniversite  
Fen Fakültesi



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 8901 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

## ÖNSÖZ

‘Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi’nde Kültüre Alınmış Lif Bitkileri Üzerinde Kriminal Botanik Araştırmalar’ adlı bu çalışma İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Botanik Programı’nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bana yeni ufuklar açarak beni cesaretlendiren, tez konusunun belirlenmesinde ve hazırlanma sürecinin her aşamasında değerli bilgilerini ve zamanını benden esirgemeyerek her fırsatta çalışmamla yakından ilgilenen, göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı değerli hocam Prof. Dr. Orhan KÜÇÜKER’e en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Tez çalışmasının tamamlanmasında büyük katkısı olan danışman hocam Prof. Dr. Gül CEVAHİR ÖZ hanımefendiye sonsuz şükranlarımı sunarım.

İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü Fen Bilimleri Anabilim Dalı Başkanlığı, Adli Moleküler Genetik Öğrenci Laboratuvarı olanaklarından faydalanmamı sağlayan, özveri ve hoşgörüsünü esirgemeyerek bana yol gösterici olan, yardımcı danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Gönül FİLOĞLU TÜFEK’e yardım ve katkılarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Bitkilerin teşhis ve tayinlerinde bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, içten tutum ve davranışları ile destek olan Dr. Öğr. Üyesi Erdal ÜZEN’e ve laboratuvar teknikleri ile ilgili değerli tecrübelerini benimle paylaşarak deneyimlerini cömertçe sunan araştırmacı Gülten RAYİMOĞLU’na teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemi sağlayan ve bu zorlu süreçte beni hiç yalnız bırakmayan aileme göstermiş oldukları bütün fedakârlıklar için sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Nisan 2019

Özlem TEPEBAŞ

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

|                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ÖNSÖZ .....                                                                                                | iv  |
| İÇİNDEKİLER .....                                                                                          | v   |
| ŞEKİL LİSTESİ .....                                                                                        | vii |
| TABLO LİSTESİ .....                                                                                        | ix  |
| SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ .....                                                                            | x   |
| ÖZET .....                                                                                                 | xii |
| SUMMARY .....                                                                                              | xiv |
| 1. GİRİŞ .....                                                                                             | 1   |
| 2. GENEL KISIMLAR .....                                                                                    | 19  |
| 2.1. BOTANİK BAHÇESİ .....                                                                                 | 19  |
| 2.1.1. İstanbul Üniversitesi Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi (AHHB) .....                                 | 20  |
| 2.1.1.1. İstanbul Üniversitesi Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi'nde Kültüre<br>Alınmış Lif Bitkileri ..... | 22  |
| 2.2. KRİMİNAL (ADLİ) BOTANİK .....                                                                         | 54  |
| 2.2.1. Kriminal İncelemelerde Biyolojik ve Bitkisel Bulguların Kullanımı .....                             | 58  |
| 2.2.2. Bitkisel Bulguların Kaynakları .....                                                                | 61  |
| 2.2.3. Biyolojik ve Bitkisel Bulguların Bir Yerden Başka Bir Yere Taşınması .....                          | 64  |
| 2.2.3.1. Doğrudan Taşınan Bulgular .....                                                                   | 65  |
| 2.2.3.2. İkincil Taşınma .....                                                                             | 65  |
| 2.2.4. Biyolojik ve Bitkisel Bulguların Toplanması, Saklanması ve Tanımlanması .....                       | 65  |
| 2.2.5. Biyolojik ve Bitkisel Bulguların Belgelendirilmesi .....                                            | 67  |
| 2.3. OLAY YERİ İNCELEME UZMANI TARAFINDAN YAPILMASI GEREKEN<br>İŞLEMLER DİZİSİ .....                       | 69  |
| 2.3.1. Olay Yeri İnceleme Uzmanının Olay Yerindeki Görevleri .....                                         | 69  |
| 2.3.2. Olay Yeri İnceleme Uzmanının Kriminal Laboratuvarı'ndaki Görevleri .....                            | 70  |
| 2.3.3. Olay Yeri İnceleme Uzmanının Mahkemedeki Görevleri .....                                            | 71  |
| 2.4. LİF BİTKİLERİ .....                                                                                   | 73  |
| 2.4.1. Bitki Anatomisi Açısından Lifler ve Özellikleri .....                                               | 76  |
| 2.4.2. Liflerin Sınıflandırılması .....                                                                    | 82  |
| 2.4.3. Liflerin Elde Edilme Yöntemleri .....                                                               | 86  |

|                                                                                                                                                                                                           |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.5. MOLEKÜLER BELİRTEÇLER (MARKIR) VE KULLANIM ALANLARI.....                                                                                                                                             | 88         |
| 2.6. KLOROPLAST DNA'SI, <i>rbcL</i> GENİ VE RESTRİKSİYON ENZİMLERİ İLE KESİM ANALİZİ .....                                                                                                                | 90         |
| 2.7. BİTKİLERDE DNA BARKOTLARI.....                                                                                                                                                                       | 94         |
| <b>3. MALZEME VE YÖNTEM.....</b>                                                                                                                                                                          | <b>96</b>  |
| 3.1. LİF BİTKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILACAĞI MATERYALLER.....                                                                                                                                                 | 97         |
| 3.2. DNA İZOLASYONU İÇİN HAZIRLIK AŞAMASI .....                                                                                                                                                           | 99         |
| 3.3. DENEYLERDE KULLANILAN CİHAZLAR .....                                                                                                                                                                 | 101        |
| 3.4. DENEYLERDE KULLANILAN KİMYASALLAR VE TİCARİ KİTLER .....                                                                                                                                             | 101        |
| 3.5. DNeasy PLANT MİNİ KİT (QIAGEN) İLE DNA İZOLASYONU.....                                                                                                                                               | 102        |
| 3.6. CTAB (DOYLE&DOYLE) YÖNTEMİ İLE DNA İZOLASYONU VE YÖNTEMİN MODİFİKASYONU.....                                                                                                                         | 103        |
| 3.7. İZOLE EDİLEN DNA ÖRNEKLERİNİN KOLONDAN GEÇİRİLEREK SAFLAŞTIRILMASI (FİLTRELEME).....                                                                                                                 | 108        |
| 3.8. DNA MİKTARLARININ ÖLÇÜLMESİ.....                                                                                                                                                                     | 108        |
| 3.8.1. Washing Solusyonunun Hazırlanışı .....                                                                                                                                                             | 109        |
| 3.9. PCR (POLİMERAZ ZİNCİR REAKSİYONU) .....                                                                                                                                                              | 110        |
| 3.9.1. PCR Primerlerinin Seçimi .....                                                                                                                                                                     | 110        |
| 3.9.2. PCR Karışımının Hazırlanması ve Optimizasyonu.....                                                                                                                                                 | 111        |
| 3.10. ENZİMLERLE KESME İŞLEMİ.....                                                                                                                                                                        | 113        |
| 3.11. AGARoz JEL ELEKTROFOREZİ .....                                                                                                                                                                      | 114        |
| <b>4. BULGULAR .....</b>                                                                                                                                                                                  | <b>116</b> |
| 4.1. PCR ÜRÜNLERİNİN RESTRİKSİYON ENZİMLERİ İLE KESİMDEN SONRA AGARoz JEL ELEKTROFOREZİ'NDEKİ GÖRÜNTÜLERİ .....                                                                                           | 118        |
| 4.1.1. Sisal ( <i>Agave sisalana</i> Perrine).....                                                                                                                                                        | 118        |
| 4.1.2. Kapok ( <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.).....                                                                                                                                                  | 119        |
| 4.1.3. Jüt ( <i>Corchorus olitorius</i> L.).....                                                                                                                                                          | 119        |
| 4.1.4. Bambu ( <i>Phyllostachys bisetii</i> McClure ve <i>Phyllostachys nigra</i> Munro).....                                                                                                             | 120        |
| 4.1.5. Muz ( <i>Musa paradisiaca</i> L., <i>Musa acuminata</i> Colla, <i>Musa ventricosa</i> Welw., <i>Musa uranoscopus</i> Colla, <i>Musa acuminata x zebrina</i> ve <i>Musa ensete</i> J.F.Gmel.) ..... | 122        |
| <b>5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>                                                                                                                                                                         | <b>124</b> |
| 5.1. AGARoz JEL ELEKTROFOREZİ GÖRÜNTÜLERİNİN YORUMLANMASI VE KARŞILAŞTIRILMASI .....                                                                                                                      | 129        |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>                                                                                                                                                                                     | <b>134</b> |
| <b>EKLER .....</b>                                                                                                                                                                                        | <b>146</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>                                                                                                                                                                                     | <b>147</b> |

## ŞEKİL LİSTESİ

|                                                                                                            | Sayfa No |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Şekil 1.1: Bir iplik bükümü (S-büküm ve Z-büküm).....                                                      | 15       |
| Şekil 2.1: <i>Agave sisalana</i> Perrine... ..                                                             | 25       |
| Şekil 2.2: <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn. ....                                                        | 30       |
| Şekil 2.3: <i>Corchorus olitorius</i> L.. ....                                                             | 34       |
| Şekil 2.4: <i>Phyllostachys bissetii</i> McClure.....                                                      | 44       |
| Şekil 2.5: <i>Phyllostachys nigra</i> (Lodd. ex Lindl.) Munro. ....                                        | 45       |
| Şekil 2.6: <i>Musa ensete</i> J.F.Gmel. ( <i>Ensete ventricosum</i> (Welw.) Cheesman) .....                | 49       |
| Şekil 2.7: <i>Musa ventricosa</i> Welw. ( <i>Ensete ventricosum</i> (Welw.) Cheesman).....                 | 50       |
| Şekil 2.8: <i>Musa sapientum</i> ( <i>Musa x paradisiaca</i> L.).. ..                                      | 51       |
| Şekil 2.9: <i>Musa sapientum</i> ( <i>Musa x paradisiaca</i> L.). ....                                     | 51       |
| Şekil 2.9 (devam): <i>Musa sapientum</i> ( <i>Musa x paradisiaca</i> L.). ....                             | 52       |
| Şekil 2.10: <i>Musa zebrina</i> Van Houtte ex Planch ( <i>Musa acuminata</i> x <i>zebrina</i> ).....       | 53       |
| Şekil 2.11: <i>Musa uranoscopus</i> Colla ( <i>Musa troglodytarum</i> L.) .. ..                            | 53       |
| Şekil 2.12: Kloroplast DNA'nın sirküler (halkasal) dublex yapısı ve bölgeleri. ....                        | 95       |
| Şekil 3.1: Sisal olarak satılan halat ve banyo lifleri.. ..                                                | 97       |
| Şekil 3.2: Jüt olarak satılan halat, çuval ve iplikler. ....                                               | 97       |
| Şekil 3.2 (devam): Jüt olarak satılan halat, çuval ve iplikler.....                                        | 98       |
| Şekil 3.3: Kapok olduğu söylenen bitki meyvesi, lifleri ve tohumları.....                                  | 98       |
| Şekil 3.4: Bambudan üretildiği düşünülen elyaf (natürel ve rejenere), rüzgar çanı ve flüt.<br>.....        | 98       |
| Şekil 3.4 (devam): Bambudan üretildiği düşünülen elyaf (natürel ve rejenere), rüzgar<br>çanı ve flüt. .... | 99       |
| Şekil 3.5: Muz bitkilerinden yapıldığı söylenen paspas, Amerikan servisi ve nihale.....                    | 99       |

|                                                                                                                                                                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil 3.6:</b> Sıvı azot ile toz haline getirilen siyah bambu ve çuval örnekleri. ....                                                                                                                                                                  | 100 |
| <b>Şekil 3.7:</b> 1kb DNA Ladder (Promega, L1). ....                                                                                                                                                                                                       | 115 |
| <b>Şekil 3.8:</b> 100bp DNA Ladder (HibriGen, L2).. ....                                                                                                                                                                                                   | 115 |
| <b>Şekil 4.1:</b> Sisal bitkisinin ve karşılaştırma örneklerinin Agaroz Jel'deki görüntüsü. ....                                                                                                                                                           | 118 |
| <b>Şekil 4.2:</b> Kapok bitkisinin ve karşılaştırma örneğinin Agaroz Jel'deki görüntüsü. ....                                                                                                                                                              | 119 |
| <b>Şekil 4.3:</b> Jüt bitkisinin ve karşılaştırma materyallerinin Agaroz Jel'deki görüntüsü. ....                                                                                                                                                          | 119 |
| <b>Şekil 4.4:</b> Bambu bitkilerinin ( <i>Phyllostachys bissetii</i> McClure ve <i>Phyllostachys nigra</i> Munro) Agaroz Jel'deki görüntüsü. ....                                                                                                          | 120 |
| <b>Şekil 4.5:</b> Bambu bitkilerinden üretildiği düşünülen materyallerin (karşılaştırma örneklerinin) Agaroz Jel'deki görüntüsü.....                                                                                                                       | 121 |
| <b>Şekil 4.6:</b> Muz bitkilerinin ( <i>Musa paradisiaca</i> L., <i>Musa acuminata</i> Colla, <i>Musa ventricosa</i> Welw., <i>Musa uranoscopus</i> Colla, <i>Musa acuminata x zebrina</i> ve <i>Musa ensete</i> J.F.Gmel.) Agaroz Jel'deki görüntüsü..... | 123 |
| <b>Şekil 4.7:</b> Muz bitkilerinden üretildiği düşünülen materyallerin (karşılaştırma örneklerinin) Agaroz Jel'deki görüntüsü.....                                                                                                                         | 123 |

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa No

|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tablo 2.1:</b> Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi'nden toplanan kültüre alınmış lif bitkileri .....          | 23  |
| <b>Tablo 2.2:</b> AHBB'den toplanan lif bitkilerinin karşılaştırılacağı materyaller.....                      | 24  |
| <b>Tablo 2.3:</b> Beyaz ve kırmızı jüt türleri arasındaki farklılıklar (Mert, 2009).....                      | 38  |
| <b>Tablo 2.4:</b> Fiziksel delil çeşitleri (Coyle, 2005).. ..                                                 | 59  |
| <b>Tablo 2.5:</b> Biyolojik delillerin kaynakları (Coyle, 2005). .....                                        | 61  |
| <b>Tablo 2.6:</b> Dünya Florası'nda yayılım gösteren lif bitkileri ve ülkesel/ticari adları (Mert, 2017)..... | 75  |
| <b>Tablo 2.7:</b> Tekstil liflerinin sınıflandırılması (Yeşilbağ, 2011).....                                  | 83  |
| <b>Tablo 2.8:</b> Bulgu olabilecek başlıca tekstil lifleri (Robertson and Grieve, 1999)....                   | 86  |
| <b>Tablo 3.1:</b> PCR Primer dizileri (Dunbar ve Murphy, 2009).....                                           | 110 |
| <b>Tablo 3.2:</b> Dunbar ve Murphy (2009)'nin PCR döngü parametreleri. ....                                   | 112 |
| <b>Tablo 3.3:</b> PCR karışımının hazırlanması ve optimizasyonu. ....                                         | 112 |
| <b>Tablo 4.1:</b> Bitkilerin DNA miktarları (ng/μl) ve uygulanan yöntemler... ..                              | 116 |
| <b>Tablo 4.2:</b> Karşılaştırma materyallerinin DNA miktarları (ng/μl) ve uygulanan yöntemler.....            | 117 |

## SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

| Simgeler          | Açıklama                       |
|-------------------|--------------------------------|
| %                 | : Yüzde İşareti                |
| °C                | : Derece Santigrat             |
| ∞                 | : Sonsuzluk                    |
| dH <sub>2</sub> O | : Distile su                   |
| Dk                | : Dakika                       |
| EtBr              | : Etidyum Bromür               |
| G                 | : Gram                         |
| L                 | : Litre                        |
| M                 | : Molar Konsantrasyon          |
| Mg                | : Magnezyum                    |
| MgCl <sub>2</sub> | : Magnezyum Klorür             |
| ml                | : Mililitre                    |
| mM                | : Milimolar                    |
| ng                | : Nanogram                     |
| Ph                | : Asitlik veya Bazlık Derecesi |
| Rpm               | : Dakikada Döngü Sayısı        |
| µl                | : Mikrolitre                   |

| Kısaltmalar | Açıklama                                       |
|-------------|------------------------------------------------|
| A           | : Adenin                                       |
| AHBB        | : Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi             |
| AIDS        | : Edinilmiş Bağışıklık Eksikliği Sendromu      |
| Bç          | : Baz Çifti                                    |
| BGCI        | : Uluslararası Botanik Bahçeleri Koruma Örgütü |
| C           | : Sitozin                                      |
| CpDNA       | : Kloroplast DNA'sı                            |
| CSI         | : Crime Scene Investigation                    |
| CTAB        | : Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide             |
| D&D         | : Doyle ve Doyle                               |

|              |                                                            |
|--------------|------------------------------------------------------------|
| <b>DNA</b>   | : Deoksiribo N kleik Asit                                  |
| <b>Dntp</b>  | : Deoxynucleotide                                          |
| <b>F</b>     | : Foward (İleri)                                           |
| <b>G</b>     | : Guanin                                                   |
| <b>HS</b>    | : High Sensivity                                           |
| <b>K</b>     | : G/T                                                      |
| <b>L.</b>    | : Linne                                                    |
| <b>M</b>     | : A/C                                                      |
| <b>mp</b>    | : Erime noktası (melting point)                            |
| <b>MST</b>   | : Meristematik Doku K lt r                                 |
| <b>MtDNA</b> | : Mitokondriyal DNA                                        |
| <b>OYİ</b>   | : Olay Yeri İnceleme                                       |
| <b>PAGE</b>  | : Poliakrilamid Jel Elektroforezi                          |
| <b>PCR</b>   | : Polymerase Chain Reaction                                |
| <b>PZR</b>   | : Polimeraz Zincir Reaksiyonu                              |
| <b>R</b>     | : Reverse (Geri)                                           |
| <b>rbcL</b>  | : ribulose biphosphate carboxylase/oxygenase large subunit |
| <b>RE</b>    | : Restriksiyon Enzimi                                      |
| <b>RNase</b> | : Ribon kleaz                                              |
| <b>S</b>     | : Standart                                                 |
| <b>SEM</b>   | : Taramalı Elektron Mikroskobu                             |
| <b>Sn</b>    | : Saniye                                                   |
| <b>T</b>     | : Timin                                                    |
| <b>Taq</b>   | : <i>Thermus aquaticus</i>                                 |
| <b>TEM</b>   | : Ge irimli Elektron Mikroskobu                            |
| <b>U</b>     | : Uncut                                                    |
| <b>UV</b>    | : Ultraviyole (Mor tesi)                                   |

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### ALFRED HEILBRONN BOTANİK BAHÇESİ'NDE KÜLTÜRE ALINMIŞ LİF BİTKİLERİ ÜZERİNDE KRİMİNAL BOTANİK ARAŞTIRMALAR

Özlem TEPEBAŞ

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Gül CEVAHİR ÖZ

II. Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Gönül FİLOĞLU TÜFEK

Adli Bilimlerin bir dalı olan ‘Kriminal Botanik’ alanda, gelişmiş biyokimyasal ve moleküler biyolojik yöntemler kullanılarak, olay yerlerinden toplanan bulguların barındırdığı birçok bilgi elde edilebilmektedir. Kriminal olaylarda çeşitli bitkisel materyallerin incelenerek kanıt olarak değerlendirilmesi oldukça yaygın bir uygulamadır. Suçların aydınlatılmasında sıklıkla eser miktardaki biyolojik materyalin DNA düzeyinde incelenmesi gerekir. Son zamanlarda çeşitli DNA profillemeye metodlarının bitkilerin cins, tür ve bireyler arası bağlantısını belirlemede çok yardımcı olduğu saptanmıştır.

Bu tezin amacı, olay yerlerinden toplanan bitki kökenli materyallerin ayırt edilmesinde kullanılacak tekniklerin geliştirilmesi ve bitkisel liflerden yapılan endüstriyel ürünlerdeki liflerin menşei tayininde, kriminal laboratuvarlarında, DNA analiz yöntemlerini kullanarak bitkisel suç kanıtlarının tespitini sağlamaktır. Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi’nden (AHBB) elde edilen kültüre alınmış lif bitkileri (*Agave sisalana* Perrine, *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., *Corchorus olitorius* L., *Phyllostachys bissetii* McClure, *Phyllostachys nigra* Munro, *Musa acuminata* Colla (*Musa zebrina* Van Houtte ex Planch.), *Musa ensete* J.F.Gmel. (*Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman), *Musa sapientum* (*Musa x paradisiaca* L.), *Musa acuminata x zebrina* (*Musa zebrina* Van Houtte ex Planch.), *Musa uranoscopus* Colla (*Musa troglodytarum* L.) ve *Musa ventricosa* Welw. (*Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman) ile bu bitkilerden üretildiği düşünülen endüstriyel malzemeler çeşitli nalbur, hediyelik eşya dükkânı

ve üretici firmalardan satın alınarak DNA izolasyonları yapıldı. DNA örneklerinden bitkiler için spesifik olan ve kloroplasttan elde edilen *rbcL* (RuBisCO large subunit) geni, PZR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu) ile çoğaltıldı. PZR ürünleri enzimlerle kesilerek % 2'lik agaroz jelde yürütüldü. Sonuç olarak bitkisel liflerden üretildiği düşünülen materyallerle lifli bitkiler karşılaştırılarak aynı kaynaktan olup olmadıkları tespit edilmeye ve ileride yapılabilecek deneysel çalışmalara yön verecek yöntemler geliştirilmeye çalışılmıştır.

Nisan 2019, 163 sayfa.

**Anahtar kelimeler:** Kriminal Botanik, *rbcL* (RuBisCO large subunit) Geni, PZR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu), Bitkisel Lifler.



## SUMMARY

### M.Sc. THESIS

#### FORENSIC BOTANICAL RESEARCHES ON CULTIVATED FIBER PLANTS IN ALFRED HEILBRONN BOTANICAL GARDEN

Özlem TEPEBAŞ

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Science and Engineering

Department of Biology

Supervisor : Prof. Dr. Gül ÖZ

Co-Supervisor : Dr. Gönül FİLOĞLU TÜFEK

At the field of ‘Forensic Botany’ as a branch of forensic sciences, a great deal of information can be learned about experimental evidence obtained from crime scene investigations by using advanced biochemical and molecular biological methods. The examination of various plant materials as evidence for judicial cases is a common practice. In the revelation of the criminal cases, it is often necessary to examine the biological material at the DNA level. Recently, several DNA profiling methods have been found to be very helpful in determining plant genus, species and individual linkages.

The aim of this thesis is to develop techniques to differentiate plant-derived materials from the crime scenes and to determine the criminal botanic evidences by using DNA analysis methods in criminal laboratories for the detection of fibers in industrial products made up from plant fibers. DNA izolations were made up with the cultivated fiber plants (*Agave sisalana* Perrine, *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., *Corchorus olitorius* L., *Phyllostachys bissetii* McClure, *Phyllostachys nigra* Munro, *Musa acuminata* Colla (*Musa zebrina* Van Houtte ex Planch.), *Musa ensete* J.F.Gmel. (*Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman), *Musa sapientum* (*Musa x paradisiaca* L.), *Musa acuminata x zebrina* (*Musa zebrina* Van Houtte ex Planch.), *Musa uranoscopus* Colla (*Musa troglodytarum* L.) ve *Musa ventricosa* Welw.

(*Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman) obtained from Alfred Heilbronn Botanical Garden (AHBB) and industrial materials that is considered to be made up of these plants purchased from different hardware stores, souvenir shops or manufacturing firms. The *rbcL* (RuBisCO large subunit) gene, which is specific for plants from DNA samples and obtained from chloroplast, was amplified by PCR (Polymerase Chain Reaction). The PCR products were subjected to enzyme digestion and run on a 2% agarose gel. As a result, it is tried to determine whether the materials produced from the plant fibers and fiber plants are compared from the same source and to develop methods to guide the future experimental studies.

April 2019, 163 pages.

**Keywords:** Forensic Botany, *rbcL* (ribulose biphosphate carboxylase/oxygenase large subunit) Gene, PCR (Polymerase Chain Reaction), Plant Fibers.



## 1. GİRİŞ

Yeryüzünün en büyük tür çeşitliliğine sahip canlı gruplarından biri olan bitkilerin sınıflandırılması şimdiye kadar morfolojik olarak yapılmıştır. Günümüzde ise morfolojik teşhisin yanında daha modern ve daha kesin sonuçlar verebilen moleküler sistematik gelişmiş ve bilim insanlarına sınıflandırmada ciddi kolaylıklar sağlamıştır (Topdemir, 2017). Bitki filogenisi özellikle son 20 yıldır ciddi bir ivme kazanmıştır (Deniz, 2007). Bu gelişmeler özellikle bitki türleri ve populasyonları arasında akrabalık, taksonomik sınıflandırma ve genetik çeşitliliklerin belirlenmesinde önemli bir rol oynamıştır (Topdemir, 2017). Bitki moleküler sistematığının hızla gelişmesiyle birlikte yeni ve rafine yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. DNA dizilerinin karşılaştırılması, moleküler sistematik içinde yer alan ve en büyük ilerlemenin yapıldığı alandır (Olmstead ve Palmer, 1994).

Bitki sistematikçilerinin büyük ve sürekli artan bir oranı moleküler yaklaşımları kullanmaktadırlar. Moleküler çalışmalar, özellikle düşük taksonomik seviyelerde, birçok bitki grubu içindeki ilişkileri aydınlatmıştır. Aynı zamanda, özellikle de moleküler verilerin daha yüksek seviyeli sorulara uygulanmasındaki zorluklar hala devam etmektedir. Daha fazla taksonun örneklenmesi, yeni moleküler veri kaynaklarının geliştirilmesi ve büyük veri kümelerinin ele alınabilmesi için bilgisayarların kapasitelerinin gelişmesiyle birlikte, yakın gelecekte bazı zorlukların üstesinden gelinmesi muhtemeldir (Olmstead ve Palmer, 1994).

Adli vakalarda çok çeşitli bitkisel materyalin kanıt olarak değerlendirilmesi oldukça yaygın bir uygulamadır (Coyle, 2005). Bitki türlerinde morfolojik, kimyasal ve biyokimyasal metotlar ile değişik laboratuvar ortamlarında çok sayıda araştırma yapılmıştır. Gelişmiş biyokimyasal ve moleküler biyolojik yöntemler kullanılarak suç kanıtlarının barındırdığı birçok bilgi elde edilebilmektedir. Adli olguların aydınlatılmasında sıklıkla eser miktarda biyolojik materyalin DNA düzeyinde incelenmesi gerekir. Bitkinin morfolojik olarak incelenmesi, incelenen örneğin orijininin belirlenmesinde yeterli değildir (Dunbar ve Murphy, 2009). Fenotipik bakımdan birbirine yakın olan bitki taksonları genotipik olarak birbirinden çok uzak olabilmektedir. Ortaya çıkan bu karmaşayı ve bu tür sıkıntıları ortadan kaldırmak maksadıyla geliştirilen moleküler belirteçler; bitkilerdeki genetik farklılığın ortaya çıkarılmasında, bitki taksonları

arasındaki morfolojik ve genetik sınıflandırma açısından ilişkilerin daha doğru bir şekilde ortaya konulmasında başarıyla kullanılmaktadır (Topdemir, 2017). Moleküler sistematik analizlerinde taksonlar arasındaki evrimsel ilişkiyi ve süreci ortaya koymada en uygun yöntem elde edilen dataların çeşitli akış şemaları ve biyoistatistiksel analizler yoluyla soyağaçlarına dönüştürülmesidir (Saitou ve Imanishi 1989; Keskin, 2007).

1960'lı yıllara kadar sistematik çalışmalar morfolojik ve anatomik verilere dayanarak elde edilmiştir. Bu zamandan sonra makromoleküllerin sistematik çalışmalarda kullanılması önemli bir rol almıştır. Moleküler veriler yardımı ile filogenetik analizler daha güvenilir ve kolay şekilde yapılmaktadır. Çünkü moleküler çalışmalarda DNA molekülü kullanılmaktadır. Bu da bize hızlı ve kesin sonuçlar vermektedir (Topdemir, 2017). Son yıllarda büyük bir gelişme gösteren ve kesinlik arz eden adli moleküller genetik inceleme tüm dünya ve ülkemizde yoğun olarak adli olayların aydınlatılmasında kullanılmaktadır (Tokdemir, 2016).

Adli bilim insanları, ceza soruşturmaları sırasında birçok farklı türdeki malzemeye sıkça karşılaşmaktadırlar (Petraco ve Kubic, 2004). Olay yerlerinde halat, çuval, paspas gibi ev-iş yeri malzemeleri ile tekstil ürünleri ve hediyelik eşya gibi liflerden elde edilen materyaller bulunabilir. Tekstiller her yerde bulunabildiğinden, birçok şekilde suçlara karışabilir ve olağanüstü çok sayıda ve çeşitte kanıt olarak karşımıza çıkabilirler. Bu da adli lif uzmanlarının tekstil dünyasının tamamından etkileneceği anlamına gelmektedir.

Tekstilin son ürünleri makroskopik kanıtlardır. Muayeneleri temel olarak tekstil mühendisliği bilgisi gerektirir. Tekstil üzerindeki izler ve desenler, adli bilime özgü özel bir alandır (Robertson ve Grieve, 1999). Sentetik ve doğal lifler, odun parçaları, boya parçacıkları, mineraller, tüyler, kıllar, polen taneleri vb. gibi çok çeşitli malzemelerin az miktarlarının tespiti ve karşılaştırılması olayın yeniden yapılandırılmasında (kurgulanmasında) çok önemli unsurlar olabilir (Petraco ve Kubic, 2004). Çok çeşitli malzemelerin hızlı ve doğru bir şekilde tanımlanması ve karakterize edilmesi adli tıp, kimya, sanat tarihi, mimari ve arkeoloji disiplinlerinde uzun zamandan beri arzu edilen bir amaç olmuştur. Bu disiplinlerin uygulayıcıları, genellikle geçmişte ve modern zamanda, günlük yaşamda kullanılan çeşitli materyalleri tanımlamalıdır. Genellikle bu materyallerin karakterize edilmesi ve incelemesi lifin mikroskobik özellikleri doğrultusunda belirlenmeye çalışılır. Ancak, bazı lif çeşitlerine

özgü karakteristik özellikler lifleri şüpheye yer bırakmayacak şekilde birini diğerinden ayırt etmeye yetecek özellikte olmayabilir. Eğer lif materyalleri bitki kaynaklı ise DNA analizlerini kullanarak kimliklendirme yapmak mümkündür (Dunbar ve Murphy, 2009).

Adli lif uzmanları, tekstilde en çok kullanılan üç ana kategoride bulunan lif tipine yoğunlaşmalıdırlar. Bunlar; % 60 giyim; % 25 ev ve evde kullanılan malzemeler; %15 teknolojidir. Global elyaf üretimi rakamları her yıl tekstil dergilerinde yayınlanmaktadır. Küresel elyaf üretimi sadece akademik açıdan önemlidir. Adli uygulama için gerekli değildir. Belirli bir ülke veya bölgedeki durum hakkında özel bilgiler çok daha fazla faydalıdır. Uygulamada, adli lif uzmanları, ihtiyaç duydukları verileri denemek ve elde etmek için tekstil pazarını kendi bağlamlarında araştırmaktan bireysel olarak sorumludurlar. Bunu yapmanın bir yolu, gerekli verileri daha uzun bir süre boyunca toplamak için bilgisayarlı veritabanları oluşturmaktır. Örneğin, posta siparişi veren giysilerin veri tabanları, onları kurmak ve sürdürmek için gereken çalışmalar bakımından nispeten uygundur ve yüksek düzeyde bilgi sağlarlar. Başka bir yol endüstriyel sorgulamalar kullanmaktır. Deneyimler, bu tür taleplerin hızlı bir şekilde yüksek düzeyde bilgiye yol açtığını, ancak kısa bir zaman dilimi içinde yoğun bir çaba gerektirdiğini göstermektedir. Bu araştırmalar lif uzmanlarının kendileri tarafından yapılmalıdır. Çünkü sadece onlar doğru soruları formüle edebilirler (Robertson ve Grieve, 1999).

Adli Bilimlerin bir dalı olan kriminal botanik, bitkilerin vegetatif (kök, gövde ve yaprak) ve generatif (çiçek, meyve, tohum) organlarının adli vakalarda gerek kurban gerekse şüpheli veya suçlu hakkında güvenilir bilgiler ortaya koyabilmesi nedeniyle özellikle son yıllarda Türkiye’de öne çıkmaya başlamıştır. Günümüzde olay yerinde bulunan bir materyalin sahip olduğu karakteristik özellikler nedeniyle lif çeşidinin tespit edilmesi mümkün olmakla beraber, eğer materyal bitki kaynaklı hücreler taşıyorsa, yapılacak DNA analizleri bu materyalin yapıldığı bitkinin cinsini ortaya çıkarmada kullanılabilecek iyi bir yol olacaktır (Dunbar ve Murphy, 2009). Çünkü DNA analizi mikroskoptan daha doğru ve net bilgiler verir. Mikroskop ile çalışma personelin tecrübesine ve hatta yorumuna bağlı olarak farklı sonuçlar verebilmektedir. Mikroskopta, içerisinde işlenmiş endüstriyel ürünler olan bitki, iç morfolojisini oluşturan kristaller, çukurlar, çekirdek, renk maddeleri, hücre duvarı, geçit noktaları vasıtası ile tanımlanır. Bitkisel liflerin mikroskop yardımı ile tanımlanabilmesi için yeterli miktarda deney

ve beceri gereklidir (Wiggins, 1999). Güncel mikroskobik deney yöntemleri bütün doğal lifleri açık bir biçimde karakterize etmeye yeterli olmayabilir. DNA analizi ise yapılacak olan tanımlamayı kuvvetlendirir (Dunbar ve Murphy, 2009).

Son yıllarda DNA polimorfizm verileri populasyon içi ve populasyon dışı karşılaştırmalarda, birey tanımlanmasında genetik markır (işaretleyici) olarak kullanılmaktadır. Çünkü bu polimorfizimler dölden döle klasik Mendel kalıtımı ile aktarılabilir. Özellikle de bir populasyon içerisinde polimorfik lokustaki DNA dizisinin iki kromozomda farklı olma olasılığı ne kadar yüksekse o lokus genetik çalışmalar için o kadar değerlidir (Tokdemir, 2016).

DNA profillemesi 1984'te Britanyalı genetikçi Sir Alec Jeffreys tarafından geliştirilmiş ve adli bilimlerde ilk defa 1988'de Enderby cinayetleri için Colin Pitchfork'un suçlu bulunmasında kullanılmıştır. Colin Pitchfork, DNA parmakizi deliliyle cinayetten hüküm giyen ve toplu DNA taraması ile yakalanan ilk katil olmuştur. Bazı ülkelerde suç işlemiş kişiler bir veritabanında depolanmak amacıyla kendi DNA'larından bir örnek vermeye mecbur tutulabilirler. Bu sayede suç mahallinde bulunmuş DNA örneğinden başka elde hiçbir delil bulunmayan bazı eski vakalar çözülebilmektedir. DNA profillemesi katliam kurbanlarının kimliklerinin belirlenmesinde de kullanılmıştır. Ancak ülkemizde DNA veri tabanı oluşturmak için yasal bir mevzuat henüz çıkartılamamıştır (Tokdemir, 2016).

DNA analizi, farklı alanlarda da kullanılabilir. Örneğin arkeolojik kazılarda kazı alanında bulunan iplerin kaynağını, yerel mi yoksa başka bir yerden mi getirilmiş olduğunu belirleyebilmek için kullanılabilir (Dunbar ve Murphy, 2009). İnsana ait iskelet, gömülmüş veya tanınmayan çürümüş bir ceset ile ilgili delillerin ortaya çıkarılması, toplanması, belgelenmesi ve arkeolojik kazı yöntemleri kullanılarak sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi gibi adli vakaların çözümünde sıklıkla arkeoloji bilimine ihtiyaç duyulmaktadır. Adli arkeolojide standart arkeolojik bilgiler ve iskeletin ya da gömülü cesedin bulunduğu yerde olay yeri araştırma teknikleri kullanılmaktadır. Kazı alanından toplanan bulgular, ölüm nedeni, ölüm zamanı ve olayın failleri hakkında önemli bilgiler içermektedir. Genelde bir itiraf/şikâyet veya rastlantı sonucu gömülü ceset veya kemikler bulunmaktadır. Önce olay yerinin tespiti için gerekli araştırma yapıldıktan sonra olay yeri keşif incelemeleri yapılır. Çevre incelemesinin ardından kazı işlemleri yapılır ve elde edilen delillerin laboratuvarlara gönderilmesi ile işlemler

tamamlanır. Eğer gömünün olduğu yer tam olarak bilinmiyorsa kriminal mezar keşif çalışma yöntemleri ile bir araştırma yapılmalıdır (Demirkıran ve Arslan, 2016).

İklim özelliklerinde görülen çeşitlilikler, toprak yapısındaki farklılıklar ve bunun gibi çok sayıda çevresel faktörün değişkenlikleri; mevcut bitki taksonlarının yayılışlarının farklılaşmasına, yeni bitki taksonlarının evrimleşmesine ve floranın tür kompozisyonu açısından zenginleşmesine olanak sağlamaktadır. Türkiye florasını oluşturan taksonların yaklaşık üçte birinin (% 31.82'nin) endemik olması, Türkiye'yi bitki genetik kaynakları açısından çok değerli yapmaktadır (Delipoyraz, 2018).

Sistematik açıdan bitkilerin tanımlanmasında anatomik ve morfolojik özellikler kullanılmakla birlikte; bu özellikler çevresel koşullara, mevsimlere ve bitkinin yaşına göre değiştiğinden her zaman kesin sonuç vermemekte ve bazı yanılgılara sebep olabilmektedir (Delipoyraz, 2018). Bu nedenle, yalnızca anatomik ve morfolojik özelliklerle yapılan tanımlamalar, başka karakterlerle desteklenmediği sürece güvenilir olmayabilir (Draper ve Cooke, 1983). Morfolojik özelliklerin en belirgin avantajı kolay analiz edilebilir olmalarıdır (Yıldırım ve Kandemir, 2001). Sonuçta anatomik ve morfolojik belirteçlerin sayılarının az olması, çevresel faktörlerden etkilenmesi ve birçoğunun mutasyonlar sonucu oluşması gibi olumsuz yanlarının olması sebebiyle bu özelliklerin kullanımları sınırlı olmaktadır (Bretting ve Widrlechner, 1995; Sancar, 2017). Biyokimyasal özellikler, biyokimya alanında son çeyrek yüzyılda meydana gelen gelişmelerle birlikte ortaya çıkmış olup sistematik karakterler konusunda da yeni bir bilimsel alan ve dönem açmıştır. Öncelikle birbirinden ayrılabilir biyokimyasal formları olan enzimlerin veya depo proteinlerinin sistematik karakter olarak kullanılabileceği ortaya konmuştur. Depo proteinleri ve enzimler bir matriks üzerinde hareket ettirilip boyandığında; farklı genotiplerde ortaya çıkan ve farklı kemotiplerin göstergesi niteliğinde olan bant farklılıkları, sistematik alanında kullanılabilecek biyokimyasal karakterler olarak değerlendirilebilirler. Bu belirteçlerin en büyük avantajları analizlerinin güvenilir, hızlı ve tekrarlanabilir olmasıdır. En büyük dezavantajı ise sistematik alanında kullanılabilecek kimyasal karakter (özellik) sayısının çok az olmasıdır (Draper ve Cooke, 1983).

Sistematikte kullanılan DNA özellikleri, farklı genotiplere ait DNA sekans (dizi) farklılıkları yani baz polimorfizmidir. Son yıllarda DNA'daki dizi farklılıklarının doğrudan sistematik karakter olarak kullanılabileceği fikrinin ortaya çıkmasıyla birlikte, taksonomik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu genetik özellikler çeşitli avantajlara sahiptirler. Örneğin; çevresel faktörlerden etkilenmezler, çekirdek genomları ve maternal kalıtım şekline sahip kloroplast ve mitokondri gibi organel genomları ayrı ayrı çalışılabilir. Her bir ebeveynden gelen farklı karakterler tespit edilebildiği için bitkilerin filogenetik kökeni ve akrabalık ilişkileri de tespit edilebilir (Gülşen ve Mutlu, 2005).

Taksonların farklılaşmasından ve bir taksonun popülasyonları arasındaki farklılıklardan genetik çeşitlilikler sorumludur. DNA baz polimorfizmi, gen fonksiyonunda değişime neden olmaksızın gerçekleşen aynı genin DNA dizisindeki değişikliklerdir. DNA sekansında meydana gelen doğal polimorfizmler, sistematik çalışmalarda popülasyonların ve taksonların filogenetik ve akrabalık ilişkilerinin aydınlatılmasında kullanılmaktadır (Sancar, 2017). DNA sekansında meydana gelen doğal polimorfizmler, türlerin bulundukları ortama adaptasyonlarını kolaylaştırarak, evrimsel süreçte ayakta kalabilmelerine olanak verir. Ayrıca, doğal yollardan meydana gelen bu polimorfizmler eşeyli üreme ile bireyden bireye aktararak popülasyonlarda kalıcı hale gelirse zaman içerisinde türleşme mekanizmasına da katkıda bulunabilir (Delipoyraz, 2018).

Adli (kriminal) botanik, birçok disiplinin birleşimi olan ve nihayetinde bunların hukuka uygulanması sonucunda ortaya çıkan bir disiplindir. Adli botanik, bitki türlerinin geleneksel sınıflandırmasını veya ileri biyokimyasal ve moleküler yöntemleri kullanarak cezai soruşturmalar için önemli destekleyici kanıtlar sağlayabilir (Coyle ve diğ., 2005). Adli araştırmalarda, gerçeğin yargı makamlarına sunulmak üzere açığa çıkarılması amaçlanır. Bu amaç doğrultusunda şüpheli, olay yeri ile ilişkilendirilerek, eğer varsa adli olayda oynadığı rol belirlenebilir. Bağlantı, şüpheli ya da mağdur üzerinde bulunan bir tekstil lifinin veya lif bitkilerinden üretilmiş halat, ip, çuval, paspas gibi ev-iş yeri malzemelerinin ya da hediyelik eşya gibi liflerden elde edilen materyallerin bulunması ile sağlanabilir. Bitkisel ve hayvansal lifler muhtemelen binlerce yıldır halat yapımında kullanılmıştır. Gerçekten de, Ford'un (1974) belirttiği gibi, MÖ 18 000 tarihli mağara resimleri, tırmanma için kullanılan bükülmüş bir ip yapısını göstermektedir. Yaygın kullanılabilirliklerinden dolayı, iki veya daha fazla parçanın

aynı kaynaktan gelip gelmediğini söylemek için farklı uzunlukları karşılaştırma göreviyle karşı karşıya kalan adli bilim insanı tarafından sıkça halatlarla karşılaşılır. İp üretiminde kullanılan geleneksel bitkisel lifler, çürümeye karşı yüksek direncinden dolayı pamuk ve kenevirdir. Deniz kullanımı için manila keneviri, karasal kullanım için ise sisal tercih edilir. Son zamanlarda insan yapımı elyaf halatlar daha yaygın hale gelmiştir ve polipropilen, polietilen, polyester ve poliamid ile karşılaşılmaktadır (Robertson ve Grieve, 1999). Halat çeşitlerinin tanımlanmasında yardımcı olması için kesik halat uçlarının eşleştirilmesi (Laux, 1984) ve hücresel kompozisyonların analizinde genellikle mikroskopla inceleme yapılırken halat çeşidinin belirlenmesinde DNA analizleri diğer bir yöntem olabilir (Dunbar ve Murphy, 2009). Doğal lif materyalleri, olgunlaştıklarında ölü ve artık bir nukleusu ya da DNA içeren sitoplazmik orgalleri olmayan lif hücrelerinden oluşurlar. Yine de, nukleus ya da sitoplazmik organelleri olan ve liflere yapışık kalan parankimal, kollankimal ve epidermal hücrelerden DNA elde edilebilir. DNA içerebilecek bu hücreler, halat bileşenlerinin analizine izin verebilir. DNA analizleri, DNA'nın çekilmesini (çekitlenmesini), Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR) ile belirli bir genin kopyalanmasını, çoğaltılan DNA parçacıklarının tanımlanmasını, bir de restriksiyon (kesim) ya da baz dizilim analizlerini içerir.

Halat, kısıtlayıcı bir unsur ya da silah olarak, şiddet suçlarının önemli bir bölümünde rol oynar (Salfati ve Bateman, 2005). Halat örneğinin bilimsel analizleri, ipuçlarının şüphelinin suç ile bağlantısını sağlayabilir. Örneğin, bir olay yerinde sisal halatı bulunursa ve bir şüphelinin konutunda sisal halatı varsa şüpheli ve suç arasında bir bağlantı olabilir. Geleneksel olarak halat yapımında işlenen (üretilen) doğal lifler şunlardır; *Gossypium* spp. (pamuk), *Cannabis sativa* L. (kenevir), *Agave sisalana* Perrine (sisal) ve *Musa textilis* Née (Manila keneviri ya da abaka) (Catling ve Grayson, 1982). Polipropilen, polyester, polietilen ve poliamid gibi sentetik liflerden yapılan halatlar daha yaygın olsa da doğal lif halatı hala Amerika Birleşik Devletleri'nden diğer ülkelere ithal edilmektedir (Catling ve Grayson, 1982; McKenna ve diğ., 2004). Adli bilimlerde bitkilerle ilgili çok sayıda çalışma varken (Coyle ve diğ., 2005), bitki materyalini içine alan halatın tanımlanmasında DNA analizinin kullanılması ile ilgili daha önce hiç çalışma yapılmamıştır (Dunbar ve Murphy, 2009).

Arkeolojik kazıların çoğu, insanların Taş Devri'nin sonundan beri doğal lifleri kullandıklarını göstermektedir. Neolitik kentlerin ve yerleşim yerlerinin temel arkeolojik bölgelerinde, tekstil ürünleri, halatlar, ipler ve doğal liflerden yapılmış diğer eşyalar üretilmiştir (Petraco ve Kubic, 2004). Halılar, çadırlar, yelkenler, ipler ve kordonlar 3000 yıldan uzun bir süredir vardır (Robertson ve Grieve, 1999). Buna ek olarak, hayvan ve insan kılı, yün, bitkisel lifler, odun lifleri ve ipek; sanat eserlerinde, yazı, çizim ve boyamada kullanılan kâğıtlarda, törensel eşyalarda, kıyafetlerde, aletlerde ve silahlarda, mobilya ve süs eşyalarında, yalıtım ve dekorasyonda kullanılan halılarda, harç ve sıva için ve diğer birçok farklı fonksiyon için takviye olarak liflerle sıkça karşılaşmaktadır (Petraco ve Kubic, 2004). Adli olaylarda delil olarak karşımıza çıkan lifler çeşitli iç ve dış giysiler, ev ve işyeri mobilyalarında kullanılan örtü, kumaş, halı, kilim, battaniye gibi günlük hayatta sıkça kullanılan tekstil materyalleridir (Üresin, 2014). Giysiler, mobilyalar, kilimler, perdeler ve araç iç bölümleriyle sık temas geçme ihtiyacı, her gün çok sayıda sentetik ve doğal lifle temas etmemizi sağlar (Petraco ve Kubic, 2004). Ünlü adli bilimci Dr. Edmond Locard'a göre 'Suç faili olay yerine mutlaka kendinden bir şeyler bırakır ve olay yerinden de kendi üzerine bir şeyler alır'. Aynı zamanda 'Her temas bir iz bırakır' diyerek de Locard Kuramı'nı ortaya sürmüştür. Daha sonradan gelen Paul Leland Kirk (1902-1970) gibi birçok adli bilim insanı da bu kuramın savunucusu ve geliştiricisi olmuşlardır (Tokdemir, 2016).

Çağlar boyunca insanlar, oluşturdukları lif ve tekstil ürünleriyle sürekli temas halinde olmuşlardır. Adli bilim insanları sıklıkla insanları, yerleri ve olaylara karışan kişileri ilişkilendirmek ve olayları yeniden yapılandırmak için tekstili ve elyafı kullanırlar (Petraco ve Kubic, 2004). Suç mahalleri ve arkeolojik alanlarda karşılaşılan eşyalardan; giysiler, dekoratif/sanatsal ürünler, bez kalıntıları, ip/iplik parçaları, tekstil ürünleri, bütün veya kırık düğmeler, bez ve bant parçaları sadece birkaçıdır. Giysiler, tekstillerle günlük temasımızı sağlar ve çoğumuzun en sevdiği kazak, ceket veya paltonun lif bileşimi hakkında fikir verirler. Bu, lif tipinin bir giysinin hissi veya tutuşuyla ilgili olarak 'ipeksi', 'sert' veya 'gevşek' olarak kabul edilip edilmediği ile sınırlı olabilir. Bununla birlikte, giyim, yalnızca bir tekstil alanıdır ve kumaşlar, giyimden çok daha fazla uygulamada kullanılırlar. Evde; döşemeler, perdeler, yataklar ve havlular bazı örneklerdir. Taşıma araçlarında ise koltuklar, kayışlar, halılar, yalıtım malzemeleri ve lastikler tekstil liflerinden üretilirler. Dış mekânda jeotekstiller, toprağı erozyona karşı korur ve açıkta veya çorak alanlarda ağaçların ve bitki örtüsünün büyümesine

izin verirler. Endüstride tekstiller taşıyıcı bantlarda, filtre bezlerinde, torbalama ve ses emici malzemelerde kullanılır. Giysiler bile tahmin edilenden daha çeşitlidir ve iç çamaşırlarını, çorapları, gömlekleri, trikoları, dış giyimleri, üniformaları, ayakkabıları ve koruyucu giysileri içerebilirler. Tıbbi ve kişisel hijyen tekstilleri bunların dışında diğer örneklerdir.

Lifler, tüm tekstil malzemelerinin yapıldığı temel ünitelerdir (Greaves ve Saville, 2009). Fiziksel temasa dayalı bir suç işlendiğinde şüpheli ile mağdur arasında meydana gelen fiziksel temas sonrasında giysilerden ya da eşyalardan, olay yeri, mağdur veya şüpheli arasında mutlaka bir lif transferi olacağından, tekstil materyallerinin en küçük ünitesi olan lifler bu tür kriminal olaylarda delil olarak karşımıza çıkabilmektedir. Kumaş ve lifleri birbirinden ayırmak oldukça güçtür. Adli bilim insanları, sanat tarihçileri ve koruyucuları, tekstil işiyle uğraşanlar, mimarlar, arkeologlar ve antropologların hepsi tekstil liflerini hızlı ve doğru bir şekilde tanımlamaları için basit yöntemlere ihtiyaç duyarlar. Polarize Işık Mikroskobu (PLM) böyle bir yöntemdir. Doğal lifler normalde öncelikle mikroskopik anatomileri temelinde tanımlanır ve sınıflandırılır. Hücre yapısının özellikleri, hücre şekli, hücre boyutu, çapraz işaretler, kristal şekilleri, lümen büyüklüğü, uzunluk ve genişlik ve diğer faktörler gibi özellikler incelenerek sınıflandırma yapılmaya çalışılır. Kristallerin, damar elemanlarının, spiral kalınlaşmaların ve benzerlerinin varlığı gibi diğer özellikler de belirleyici olabilir (Petraco ve Kubic, 2004). Lif analizi için uygulanan başlıca ana metotlar: Kızılötesi (Infrared) Spektroskopisi (IR), Mikro Spektrofotometri (MS), İnce Tabaka Kromatografisi (İTK) ve Taramalı Elektron Mikroskop Cihazı (SEM)'dir (Üresin, 2014). PLM, liflerin tanımlanması için gereken verilerin çoğunun elde edilmesinin ucuz ve çok etkili bir yolu olmasına rağmen, çeşitli poliolefinler veya alt tip poliamidleri ayırt edemez. Bu bilgiye ulaşmanın bir yolu kızılötesi spektroskopi kullanmaktır. Poliolefin filmde 'stres izleri' veya 'balık gözleri' zaman zaman görülebilir. Bunların, çözünmeyen polimer, pigment granülleri veya diğer inorganik bileşiklerin, film çekilirken polimer akışına yakalandıklarında meydana geldiği düşünülmektedir. Karşılaştırmalı amaçlar için yararlı olabilirler. Poliolefin lifleri, diğer liflerden derhal ayırt edilebilirler. Çünkü yoğunluğu 1.0'den daha azdır ve suda yüzerler. Bu teknikle, yüksek (mp 133 °C) ve düşük yoğunluklu (mp 108-113 °C) polietilenler arasında ayırım yapmak için erime noktası kullanılabilir. Poliolefin dışındaki elyaf türlerinden üretilen ipler genellikle boyanacaktır. Bir boya, pigment veya başka bir renklendirici mevcut olsa da, mikro spektrofotometri karşılaştırmalı amaçlar için her zaman absorbans (veya geçirgenlik) spektrumları üretmek için

kullanılabilir. Eğer boya sınıflandırmasından sonra bir boya bulunursa, mevcut renkli bileşenleri analiz etmek için ince tabaka kromatografisi kullanılabilir (Robertson ve Grieve, 1999).

Kimyasal ve fiziksel testler, mikroskopta doğal ve insan yapımı elyaflar arasında ayırım yapma ve belirli rejenere ve sentetik elyaf türlerini tanımlarına izin verirken, farklı doğal elyafların tanımlanmasında çok yardımcı olmayacaktır. Bunun nedeni, doğal liflerin sadece iki temel kimyasal forma sahip olmalarıdır. Bitkisel lifler için selüloz ve hayvansal lifler için protein keratindir. Bu nedenle kimyasal ve fiziksel testler yerine, doğal lifler, mikroskop altında görülen ve genellikle alan aydınlatmasıyla, yüzey ve iç özellikleri ile ayırt edilebilmektedir. Polarize ışık mikroskobunun ana avantajı, ışık mikroskobu altında aynı görünüme sahip olan sentetik elyafların tanımlanmasına izin vermesidir. Bu nedenle, uzmanın numuneleri incelemek için ışık mikroskobu yerine polarize ışık kullanılması tavsiye edilir. Bunun adli muayeneler için değerini bilen ilk kişilerden birisi Culliford (1963) dur (Robertson ve Grieve, 1999). Polarize ışık mikroskobunun lifleri tanımlayabilmesinin nedeni, bir lifi oluşturan uzun zincirli moleküllerin oryantasyonu hakkında bilgi vermesidir. Bu bilgiler, elyafları tanımlamak için yarı kantitatif bir şekilde yorumlanabilir veya bilinen tipte bir elyaftaki yönelim derecesini ölçmek için kantitatif olarak yorumlanabilir. Karşılaştırma mikroskobu, morfoloji, çap ve renk gibi lif özelliklerinin doğrudan karşılaştırılmasına izin verir. Herhangi bir elektron mikroskobunun temel avantajı, ışık mikroskobu ile elde edilebilecek olana kıyasla sağlayabildiği ölçüde yüksek çözünürlükte olmasıdır. Artırılmış çözünürlük, yüksek bir vakumda çalışma ihtiyacı dâhil olmak üzere daha fazla maliyet ve işlem karmaşıklığı pahasına elde edilir. SEM'in gerçekten iyi bir alan derinliği avantajı vardır ve gerektiğinde stereo ışık mikroskobu veya yansıtılan ışık mikroskobu ile karşılaştırılmalıdır. Bu, TEM için numune hazırlama zorluğu ile karşılaştırılacak olan vakaların çoğunda hızlı ve kolay numune hazırlama ile tamamlanır. SEM, yalnızca yüzey görünümüne bakmak için bir araçtır. TEM'in SEM ile paylaştığı en büyük avantaj, ışık mikroskobu ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek çözünürlükte olmasıdır. İncelenen numunenin türüne bağlı olarak TEM, atomik mesafelerle aynı boyutta olan yapıları çözebilir. TEM'in SEM üzerinde sahip olduğu ekstra avantaj, tekstil liflerinin içyapısını inceleme yeteneğidir. En büyük avantajı, ışık mikroskobu ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek çözünürlüğüdür. Ayrıca TEM ve SEM, ışık mikroskopları ile karşılaştırıldıklarında daha yüksek maliyet ve karmaşıklığın dezavantajlarını ve numuneyle

yüksek vakumda çalışma ihtiyacını paylaşırlar. Bununla birlikte TEM'in en büyük dezavantajı, elektron ışının içinden geçebilmesi için çok ince, tercihen 100 nm kalınlığından daha küçük bir numuneye olan ihtiyaçtır. Bu gereklilik, TEM için numune hazırlamanın zor ve zaman alıcı olduğu anlamına gelir. Bu da lif numunelerinin rutin muayenesinde transmisyon elektron mikroskopisinin kullanılmasını engeller. Bu nedenle TEM'in temel kullanım amacı bir araştırma aracı olmasıdır (Greaves ve Saville, 2009).

Tekstil lifleri; kişiler ve objeler arasında transfer olabilirler. Transfer olan bu lifler tanımlanarak, kendilerine özgü belirli bir kaynakla eşleştirildiklerinde (kurban, şüpheli ve/veya olay yerinden elde edilen bir ip parçası, ası urganı, kumaş gibi...) adli olaylarda bulgu niteliğinde bir değer ifade eder ki bu değer; lifin cinsi, elde edildiği lif bitkisi, ülke florasındaki lif bitkilerinden mi yoksa ithal olarak dış ülkelere ham veya mamul madde olarak mı getirildiği ortaya konulmak istenir (Yeşilbağ, 2011).

Giysiler ve diğer tekstiller, günlük yaşamın bir parçasıdır. Bu nedenle bir suç işlendiğinde tekstillerin doğal olarak ortamda mevcut olması ve genellikle doğrudan olaya dâhil edilmesi şaşırtıcı değildir. Kıyafetlere verilen zarara, cinayet ve tecavüz gibi ciddi şiddet suçlarında sıkça rastlanılmaktadır. Kıyafetlere ve diğer tekstillere verilen zarar, özel bir tekstil delil kategorisidir ve hasara neden olan alet hakkında değerli bilgiler sağlayabilir. Hasar analizi, belirli bir suç senaryosunu destekleyebilir veya çürütebilir. Bu, şüpheli sahte tecavüz ve saldırı raporlarında özellikle önemli olabilir (Robertson ve Grieve, 1999).

DNA teknolojisinin hızlı gelişimi; DNA'nın her geçen gün daha hızlı ve daha kolay elde edilmesini, daha küçük materyallerle çalışılabilmesini, gittikçe daha doğru ve güvenilir sonuçlar elde edilebilir hale gelmesini ve otomatik işleme olanaklarının gelişmesini, tek kullanımlık kitlerin ortaya çıkması ile birlikte teknolojinin ucuzlamasını, elde edilen DNA delillerinin adli bilim alanlarında da kullanımının olağanüstü bir hızla yaygınlaşmasını ve kullanım amaçlarının çeşitlenmesini sağlamıştır. Öte yandan adli amaçlı DNA veri bankalarının oluşturulması, kriminal amaçlı araştırmalarda ve soruşturmalarda sonuca varılması olasılığını çok arttırmıştır. Veri tabanlarının suçların azaltılmasında önemli bir işlevi vardır. Pek çok ülkede DNA veri bankaları çözümlenemeyen suçların çözülmesi için kullanılmaktadır (Büken, 2009).

DNA veri tabanı, adli bir olayla ilgili olarak elde edilen ve kaynağı belirlenememiş olan örneklerin kime ait olduğunu saptamayı amaçlayan bir bilgisayar deposudur. Ulusal DNA veri tabanı polis için hayati bir bilgi kaynağıdır. Suçlunun daha hızlı tespit edilmesini ve daha erken bulunmasını sağlar. Bu bilgi kaynağı kesinlik barındırır ve geçerliliği sarsılmazdır. Özellikle failleri tarafından sürekli yinelenen ve adeta meslek haline getirilmiş evden hırsızlık, ya da ikamet harici soygun, araç hırsızlığı gibi olayların sonuca bağlanmasında DNA çok etkilidir. Tecavüz, öldürme gibi ağır suç failleri ve şiddet içeren diğer suçların failleri, çoğu kez daha sonraki zamanlarda daha hafif suçlardan yakalanmaları ve DNA örneklerinin alınması sayesinde, bu şiddet içeren suçların failleri olarak tespit edilirler ve yakalanırlar (Çümen, 2007).

Ceza soruşturmalarına yardımcı olmak için adli botanik, moleküler biyolojik yöntemleri kullanma eğilimine girmiş, adli botanikçiler de bu nedenle DNA teknolojisinden yararlanma yoluna gitmişlerdir. Moleküler yöntemler ile bir bitki taksonunu dakikalar içerisinde tanımlamak mümkün olmaktadır. Olay yerinden toplanan bitkilerde yapraklar, meyve ve tohumlar kullanılmaktadır. Bitki örneklerinin olay yerinde tanımlanmasında morfolojik ve/veya anatomik özelliklerinin belirlenmesinde klasik yöntemler uygulanarak işe başlanmaktadır. Son yıllarda klasik yöntemlerin yanı sıra moleküler biyolojideki gelişmeler özellikle yeni ve hızlı yöntemlerin uygulanmasıyla bitkisel kanıtların mahkemelerde kullanılma güvenilirliği arttırılmıştır. Bir bitki taksonunun tanımlanması için DNA bazlı tekniklerin kullanılması kuvvetle önerilmektedir. Örneğin; Polimeraz Zincir Reaksiyonu ilk çalışmalardan birisidir. PCR, ABD'deki Cetus Corporation çalışanlarından Henry A. Erlich, Kary Mullis ve Randall K. Saiki tarafından geliştirilmiş olup basit bir şekilde ifade etmek gerekirse tüpte nükleik asitlerin uygun koşullar altında çoğaltılmasını ifade eder. PCR, tıp ve bilim dünyasının en önemli buluşlarından birisi olup bu buluştan ötürü de K.Mullis 1993 yılında kimya dalında Nobel Ödülü'nü kazanmıştır (Tuncer, 2016).

Günümüzde bitki sistematigi alanında nuklear genom, mitokondrial genom ve kloroplast genomu üzerine kapsamlı araştırmalar yapılmaktadır. Kloroplast genomunun bitkilerin taksonomik sorunlarının çözümünde tür, cins ve familya seviyelerinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Delipoyraz, 2018). Sistematikçiler, bu çalışmalar sırasında öncelikle taksonomik problemleri olan ve farklı seviyelerdeki taksonomik kategorilere giren temel canlı gruplarını tespit ederler. Daha sonrasında da bu gruplar arasındaki evrimsel ilişkileri tespit

etmek amacıyla DNA sekans çalışmalarına yönelirler. Bitkilerin DNA temelli doğal genetik çeşitliliği, taksonomik çalışmalar, akrabalığın tespiti, kültür ve yabani formların belirlenmesi, evrimsel sorunlar, ebeveyn tayini, bireysel genetik varyasyonların belirlenmesi, genom haritalarının oluşturulması, tür içindeki türaltı grupların (ırkların) belirlenmesi, bitki taksonlarının monofletik veya polifletik olduğunun belirlenmesi, doğal taksonların ortaya çıkarılması, taksonlar arası filogenetik ilişkilerin belirlenmesi, filogenetik ağaç ve kladogram hazırlanması, polimorfizmlerin belirlenmesi, populasyon genetiği, bitki ıslahı, revizyon çalışmaları gibi birçok bilimsel çalışma alanında kullanılmaktadır (Delipoyraz, 2018).

Bu konu üzerinde çalışan bitki taksonomistleri ve moleküler biyologların işbirliği sonucunda, özellikle evrimsel ve taksonomik çalışmalarda birkaç gen lokusu, rutin tanımlama için kullanılmaktadır. Birkaç nuklear gen (18S, ITS1, ITS2) ile kloroplast (*rbcL*, *atpB*, *ndhF*) DNA'sından yararlanılması yaygınlaşmıştır (Coyle, 2005). Bu tez çalışmasında da bu öneriye uygun olarak kloroplast DNA'sı üzerinde deneyler yapılmıştır.

Yapılan kaynak taramaları sonucunda Türkiye'de kriminal botanik konusunda gerçekleştirilmiş araştırma (makale, bildiri, tez vb.) sayısının son derece az olduğu tespit edilmiştir. İstanbul Üniversitesi, Adli Tıp Enstitüsü, Fen Bilimleri Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilen üç Yüksek Lisans tezinden birincisi olan '*Cannabis sativa* L.'de Menşei Tayini Amacı ile DNA İzolasyonu' (Sağ, 2003) başlıklı çalışmada Türkiye'nin çeşitli illerindeki kontrollü ekim yapılan arazilerden getirtilen tohumlardan iklim odalarında *Cannabis sativa* (kenevir) bitkileri yetiştirilerek yaprak örnekleri üzerinde, uygun yöntemler kullanılarak DNA izolasyonu yapılmıştır. Elde edilen izolatlarda UV spektrofotometresi ile DNA konsantrasyonu ölçümleri ile elektroforez kullanılarak DNA bantları elde edilmiştir. Araştırmanın sonunda kenevir bitkisinin ekim yerlerinin tespitinde DNA çalışmalarının diğer yöntemlere göre daha kesin sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Sağ, 2003).

'Giysiler ve Ayakkabılardan Elde Edilen Polenlere Göre Kişilerin Belli Bir Ortamda Bulunup Bulunmadıklarının Saptanması' başlıklı ikinci çalışmada (Zorlu, 2007) deneysel olarak seçilen olay yerlerinde bulunan bireylerin üzerinden toplanan polen örneklerinin doğal olarak bulunan polen örnekleri ile karşılaştırılması sonucunda elde edilecek verilerin adli palinolojik deliller olarak kullanılabilir olduğunu göstermesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada, 5 örnekleme alanından

giysi ve ayakkabılar kullanılarak örnekler alınmış, bunlar üzerine bulaşan topraklardan ve kontrol örneklerinden polen elde edilmesi amacıyla kimyasal madde uygulamaları yapılmış, elde edilen polenlerin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile görüntüleri alınmıştır. Çalışma sonucunda, giysi ve ayakkabılar ile kontrol örneklerinden izole edilen polenlerin birbiri ile uyduğu tespit edilmiştir. Araştırma kapsamında elde edilen palinolojik bulguların, kişiler ve olay yerleri arasında ilişki kurmada kullanılabilecek değerli veriler sunduğu ve hukuki süreçlere katkı sağlayabileceği gösterilmiştir (Zorlu, 2007).

Adli Tıp Enstitüsü, Fen Bilimleri Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilen üçüncü tezin başlığı 'Tekstil Liflerinin Polarize Işık Mikroskobu ile Analizi'dir (Yeşilbağ, 2011). Bu çalışmada adli olayların aydınlatılmasında delil niteliği taşıyan tekstil liflerinden bazılarını, polarize ışık mikroskopunda verdikleri görüntülerden yararlanarak tanımlayabilmek, bu liflerin birbirlerine benzer ve birbirlerinden farklı renk, biçim özelliklerini belirlemek amaçlanmıştır. Materyal olarak pamuk, kapok, bambu, rejenere bambu, keten, hint keneviri, rejenere hint keneviri, ipek, tiftik, yün, kaşmir, alpaka, angora, viskon, soya, tencel, polyester, poliakrilnitril, poliamid, polietilen, polipropilen lif örnekleri kullanılmıştır. Lifler anatomik olarak incelenerek birbirlerine benzer ve birbirlerinden farklı renk, biçim özellikleri belirlenmiştir. Araştırmanın sonuç bölümünde hangi liflerin sadece mikroskopik görüntülerinden faydalanılarak doğrudan tanımlanabileceği, hangileri için bunun mümkün olmadığı, liflerin birbirleriyle karşılaştırılmalarında aynı kökenli olup olmadıkları sağlanmaya çalışılmıştır (Yeşilbağ, 2011).

Adli bilimcilerin kanıt elde etmekte yararlandığı bir konu da hammaddesi bitkisel, hayvansal ve sentetik lifler olan Adli Tekstil'dir. Adli tekstilin inceleme alanına, ev ya da işyerine zorla girmeler ile trafik kazalarında vurup kaçma olaylarında sıkça delil olarak ele geçen lifler, adli tabiplerin otopsi de elde ettikleri giysiler ve üzerlerindeki her türlü iz ve emareler, toplu mezarlarda ele geçen elbise, aksesuar ve takılar girmektedir. Adli tekstil fail veya mağdura ait giysi ve aksesuarların, olay yeri, fail ve mağdur arasındaki irtibatın kurulması ve olayların aydınlatılmasında kullanılmasını ifade etmektedir (Karakuş ve diğ., 2008).

Olay yerinde bulunan kumaş ve aksesuarlar, mağdur veya failden elde edilenle şüpheliden elde edilenler arasında bağlantılar kurmaya, mağdur veya faili belirlemeye, mağdur üzerinde faile ait veya fail üzerinde mağdura ait kumaşlardan kanıtların elde edilmesiyle de mağdur-fail ilişkilendirmesine fayda sağlamaktadır. Adli bilimlerin son zamanlarda bu isimle adlandırılan ve adli giysi incelemeleri olarak da bilinen bu alanı, kumaş/lif incelemeleri, otopsi sırasında kıyafetlerin incelenmesi, toplu ölümlerde kıyafet incelemesi şeklinde bölümlere ayırmak mümkündür. Lif incelemeleriyle lifin hangi maddeden imal edildiği, bitkisel (pamuk), hayvansal (yün), mineral (cam) ya da sentetik kökenli olduğu belirlenebilir. Olay yerinden elde edilen liflerle (mağdur ve şüphelinin giysilerinden, zemin kaplamasından ve diğer tekstil ürünlerinden alınan lifler) şüphelilere ait unsurlardan alınan lifler karşılaştırılabilir. Araştırılan bir kumaş parçası fiziksel olarak karşılaştırma materyali olarak piyasadan sağlanan bir kumaş parçasıyla ilişkilendirilebilir. Dokuma biçimi, yapısı, deseni, rengi ve içeriği karşılaştırılabilir ve dokuma üzerindeki izler incelenebilir (Karakuş ve diğ., 2008).

Temel yapının yanı sıra bir ipliği, büküm yönünü ve büküm seviyesini tanımlayan diğer iki özellik vardır. İpliklerin adli incelemesinde, bu iplik parçalarının veya kumaşların karşılaştırılması gerektiğinde bu özellikler rol oynar. Büküm, bu harflerden hangisinin merkezini, verilen ipliğin yüzey lifleriyle aynı yönde eğimli olduğuna göre S veya Z olarak tanımlanır (Şekil 1.1).



**Şekil 1.1:** Bir iplik bükümü (S-büküm ve Z-büküm).

İplik dikey olarak görülmelidir. Büküm seviyesi, bir ipliğin birim uzunluğu başına büküm miktarını veya sayısını belirtir. Büküm yönü ve büküm seviyesi hem hızlı hem de kolay bir şekilde belirlenebilir. Bir kumaştaki ipliklerin temel yapısının bilinmesi, inceleme yapılan bir kumaştan temsili bir karşılaştırma lif numunesinin alındığından emin olmak için de gereklidir.

Çok sargılı bir iplik, katlanmış bir iplik veya demet içindeki tekli iplikler farklı elyaf tiplerinden işlenebilir. Bu nedenle, bu tür ipliklerin her bir bileşeninden lif örnekleri alınmalıdır. Kıvrımın morfolojisi adli lif muayenesi için ilgi çekicidir. ‘Sıkma’ terimi, lifin dalgalanması anlamına gelir. Sıkma frekansı, sayısal olarak ifade edilebilir. Dokuma kumaşların adli muayenesinde yalnız dokuma tipine odaklanılmamalıdır. Çoğunlukla kumaş yapısı, çözgü uçlarının sayısı ve santimetre başına doldurma tüyleri ile temsil edilen daha değerli bilgiler sağlar. Bu sayıların her ikisi de bir stereomikroskop altında sayılarak veya bir iplik sayacının desteği ile hızlıca belirlenebilir. Dokuma kumaştan bir parçanın kenar kısmı varsa, bu değerli bilgiler verebilir. Kenarlar genellikle 20 mm genişliğe kadardır. Yapıdaki veya dokumadaki kumaşın gövdesinden veya her ikisinden de farklı olabilirler. Kumaşın gövdesiyle tamamen aynı yapıya sahip olabilirler ve ondan farklı renkteki ipliklerle ayrılabilirler. Farklı kenar çeşitlerinin örnekleri, leno kenarı, kapalı kenar, büküm kenarı ve mekiksiz dokuma makinesi kenarlarıdır (Robertson ve Grieve, 1999).

Adli bilim insanlarının uğraştığı en yaygın tekstil ürünleri giysidir. Uygulamada, giysilerin kendisi de adli birer kanıt sağlamak için kullanılabilir. Birisinin belirli bir eşyayı giyip giymediği (büyüklüğün belirlenmesi) veya güvenlik kamerasının bir banka baskını sırasında fotoğraf çekmesi halinde fotoğrafta gösterilen giysi ile aynı olup olmadığı sıkça sorulan sorular arasındadır. Diğer durumlarda, bilim insanının belirli bir giysi türünden kaynaklandığını öne sürmesini sağlayacak dikişleri, düğmeleri, fermuarları veya başka bir özelliği olan eksik malzeme parçaları (hasar görmüş veya yanmış) muayene için sunulabilir. Kıyafet öğelerinin kökeninin belirlenmesi, adli lif uzmanının rutin görevlerinin bir parçasıdır. Bu nedenle adli bilim insanı, en azından kıyafet yapımının temel özellikleri hakkında temel bilgilere sahip olmalıdır. Sadece farklı ülkelerdeki tekstillerin etiketlenmesi için geçerli olan standartlar hakkında bilgi sahibi olmak değil, aynı zamanda erkekler ve kadınlar için elbise bedenlerine aşina olmak ve bunların nasıl ortaya çıktığını bilmek gereklidir. Buradan, boyut tablolarının indeks ölçümlerine dayandığı anlaşılmalıdır. Ayrıca ikincil ölçümler vardır. Avrupa’da yükseklik, göğüs ve bel ölçümlerini kaydetmek gelenekseldir. Ancak diğer ülkelerin de farklı gelenekleri vardır. Alman bedenleri genellikle göğüs bedenine göre (örneğin, erkeklerin boyu 48, göğüs çevresinin yarısı 96 cm’dir) yapılır. Ancak erkek çocuklarının kıyafetleri boyuna bağlıdır. Örneğin; ikincil ölçümler, kalça, sırt genişliği, bel, kol uzunluğu, bel çevresi, bacak uzunluğu ve iç bacak kalınlığı olabilir. Giysilerde fonksiyonel öneme sahip olan düğmeler, fermuarlar ve tutturucular gibi aksesuarlar, kendi özel terminolojisine ve teknolojisine sahip

çok farklı türde ürünlerdir. Adli bilimlerde edinilen tecrübe, genellikle tek tip ve görünüşte anlamsız gibi görünen öğelerin incelenmesinin bir vakanın çözümüne katkıda bulunabilecek hayati bilgiler sağlayabileceğini göstermiştir. Herkes halıları ya da tekstilden imal edilmiş yer döşemelerini günlük hayatta sıkça kullanır. Ancak adli bilimlerde çok az dikkat çeken bir tekstil türüdür ve gerçekten neredeyse unutulurlar. Bununla birlikte, tekstil kullanımı açısından, kıyafetlerden sonra ikinci sırada yer almaktadırlar (Robertson ve Grieve, 1999).

Bir diğer konu intihar ve cinayet olgusudur. İntihar, çeşitli araç gereç kullanılarak yerine getirilir. Kendini asmak suretiyle intihar en yaygın eylemlerden birisi olarak görülür. Ası, bağ niteliğindeki herhangi bir cisim ile boyunun sıkıştırılması ve bağın diğer ucunun genellikle daha yüksek bir seviyede bulunan sabit bir noktaya bağlanmasıyla oluşan sıklıkla intihar orijinli bir asfiktik ölümdür (Yağmur, 2016). Ası olgularında kullanılan materyal genel olarak ip ya da bağ olarak adlandırılmakta olup sicim, urgan, elektrik kablosu, kemer, kadın çorabı veya cezaevlerinde daha çok kullanılan çarşaf gibi materyaller olabilmektedir. Bir kişinin boyun bölgesine ip, bağ, el, kol veya herhangi bir sert cismin (örneğin sopa, cop, silah kabzası gibi) dıştan aktif bir kuvvet ile uygulanması sonucu, hava yolları ve/veya damarların tam veya kısmen kapatılması ile oluşturulan eyleme boğma denir. Boğma çeşitleri arasında bağla boğma, esas olarak bir cinayet yöntemidir. Nadiren kaza ya da intihar olgularına da rastlanabilir. Failin amacını gerçekleştirebileceği kemer, kayış, atkı, kravat, elektrik ya da telefon kablosu, çorap, atkı, tel gibi her türlü bağ ya da ip kullanılabilir. Bağla boğmanın özel bir şekli de domuz bağıdır. Bu yöntemde, cinayet amacıyla kişinin boynuna geçirilen ip, vücudun arka tarafından ellere ve ayaklara bağlanır (Demirci ve Doğan, 2009).

Adli Bilimlerde, biyolojik (DNA) bulguların olmadığı ve lif transferinin çok önemli olduğu durumlar her zaman olacaktır. Örneğin; silahlı soygun veya terörizm vakalarında ceplerdeki ve saçlardaki lifler, kullanılan eldiven ve maskelerle bağlantılar sağlayabilir. Lifler ayrıca çeşitli silahlardan (mermi uçlarından) da elde edilebilir. Bir vücuttaki (çıplak veya giyinik) liflerin son temas noktalarından geldiği cinayet vakalarında; hiçbir vücut sıvısının akmadığı veya kondomun giyildiği tecavüz veya cinsel saldırı vakalarında; araçları içeren davalarda kaza anında aracı kimin kullandığını tespit etmenin gerekli olduğu durumlarda; lifler ayrıca paha biçilmez temas kanıtı sağlayabilir (Robertson ve Grieve, 1999).

Bu tez çalışmasının amacı; olay yerinde intihar veya cinayette kullanılan ip, urgan, halat gibi materyallerin bitkisel kökenlerinin moleküler biyolojide kullanılan yöntemlerin yardımı ile (DNA analizleri gibi) bulunması, izinin sürülmesi ile olgunun çözümüne katkı sağlamaktır. Bu tezin bir diğer amacı da olay yerinden toplanan bitki kökenli materyallerin ayırt edilmesinde kullanılacak tekniklerin geliştirilmesi ve bitkisel liflerden yapılan endüstriyel ürünlerdeki bitkisel köken tespitinin DNA analizleri ile ön çalışma yapmak ve Türkiye’de adli botaniğin moleküler alanda çalışılmasına katkı sağlamaktır.

Bu amaçla botanik bahçesinden toplanan örnekler ile bitkisel liflerden üretildiği düşünülen çeşitli endüstriyel ürünlerin moleküler genetik çalışmaları İstanbul Üniversitesi, Adli Tıp Enstitüsü, Fen Bilimleri Anabilim Dalı Başkanlığı, Adli Moleküler Genetik Öğrenci Laboratuvarı’nda çalışıldı. Botanik bahçesinde kültüre alınmış lif bitkilerinden ve ürün haline getirilmiş eşyalardan elde edilen DNA örneklerinde analiz için Dunbar ve Murphy’nin (2009) protokolü temel alınarak bitkilerde spesifik olan ve kloroplasttan elde edilen *rbcL* (ribulose biphosphate carboxylase/oxygenase large subunit) geni büyük alt ünitesi Polimeraz Zincir Reaksiyonu ile çoğaltıldı ve *AccI*, *BamHI*, *ClaI*, *DraI*, *SacII* ve *PstI* restriksiyon enzimleri ile kesime maruz bırakıldı. Daha sonra % 2’lik agaroz jel elektroforezinde yürütüldü. Hem bitki hem de karşılaştırma örneklerinden elde edilen DNA bant aralıkları birbirleriyle mukayese edilerek ortak bir kaynaktan gelip gelmedikleri araştırıldı.

Türkiye’de olay yerinde maktül veya mağdur ile ilişkili bitkisel liflerden oluşturulmuş ip, urgan, halat, tekstil ürünleri gibi materyaller üzerinde gerçekleştirilmiş moleküler genetik alanında, kriminal botanik yönde, bir araştırma bulunmamaktadır. Bu nedenle bu tez çalışmasında yapılan DNA analizlerinin, alanındaki gelişmelere ve başlangıçtaki sınırlı sayıdaki türe ilişkin olarak gerçekleştirilen analizlere zaman içinde yapılacak çeşitli katkı ve eklemelere paralel olarak, bitkisel kaynaklı suç kanıtlarının kökenlerinin daha hızlı bir biçimde tespit edilebilmesine fayda sağlayacağı umulmaktadır.

## 2. GENEL KISIMLAR

İstanbul Üniversitesi Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi'nde Kültüre Alınmış Lif Bitkileri üzerinde kriminal botanik alanda daha önce yapılmış bir araştırma bulunmamaktadır. Aynı şekilde yapılan literatür çalışmalarında da bitkilerle ilgili oldukça fazla çalışma olmasına rağmen ülkemizde bitkisel kökenli işlenmiş ürünlerin (endüstriyel malzemelerin) DNA analizlerini içeren bir kriminal çalışmaya rastlanmamıştır. Kriminal Polis Laboratuvarları'nda lif incelemeleri mikroskobik düzeyde olup liflerin DNA analizlerini içeren bir vaka (olgu) henüz rapor edilmemiştir.

### 2.1. BOTANİK BAHÇESİ

Botanik bahçeleri bir bölgede biyolojik tür çeşitliliğinin ve genetik çeşitliliğin ex-situ (doğal habitatının dışında) korunması ve tanıtılması bakımından önemli bir araç olarak uzun yıllardan beri kullanılmaktadır (Demircan ve Yılmaz, 2004).

Dünyada tür ve ekosistemlerin korunması ile ilgili olarak in-situ (doğal habitatı içinde) ve ex-situ yaklaşımları benimsenmektedir. Botanik bahçeleri ex-situ koruma statüsü içerisinde değerlendirilmektedir. Uluslararası Botanik Bahçeleri Koruma Örgütü (BGCI) botanik bahçelerini; araştırma, koruma, sergileme ve eğitim amacıyla canlı bitki koleksiyonlarının yer aldığı kuruluşlar olarak tanımlamaktadır (Önder ve Konaklı, 2011).

Uzun (1978), Ekim (1991), Şen (1993) ve Perçin (1997)'e göre botanik bahçeleri genel olarak aşağıdaki amaçlar çerçevesinde iş görmektedir. Bunlar; 1) Modern taksonomi ve alt dalları için bir laboratuvar görevi üstlenmesi. 2) Dünyanın belirli bölgelerinde yetişen ve ekonomik öneme sahip olan bazı bitki türleri için (çay, kahve, kakao, vanilya, kauçuk gibi) adaptasyon istasyonu görevini yerine getirmesi. 3) Botanik bahçelerinin hortikültürel yönden çalışmalar yapması. 4) Botanik bahçeleri çağın değişen şartları, hızla artan nüfus ve teknolojik gelişmeler nedeniyle doğada meydana gelen bozulmalar da göz önüne alınarak günümüze kadar süregelen ancak çevre baskısına maruz kalan endemik ve yok olma tehlikesi altında bulunan bitkilerin korunması ile doğa koruma alanlarının sürekliliğinin sağlanmasında görevlidir. 5) Sosyal ve kültürel anlamda en önemli amacı da topluma bitkileri sevdirmek ve tanıtmak olmalıdır.

Botanik bahçeleri bilim müzesi niteliği taşımasının yanı sıra gelen ziyaretçilerin iyi vakit geçirmelerini sağlayacak kısmen rekreasyonel niteliklere de sahiptir. Bu nedenle, botanik bahçelerinin bilimsel işlevlerinin yanında, bütüncül olarak bir kentin açık ve yeşil alan sistemi içinde topluma hizmet veren çok yönlü katkıları olduğu gerçeği her zaman bir planlama unsuru olarak düşünülmelidir. Botanik bahçeleri; yürüme yolları, oturma ve seyir alanları, bitki koleksiyonları, kafeterya ve restoranları, su yüzeyleri, hayvanat ve çocuk bahçeleri gibi farklı nitelikli birimleriyle çok yönlü pasif rekreasyon merkezleri olarak kabul edilmektedir (Demircan ve Yılmaz, 2004).

### **2.1.1. İstanbul Üniversitesi Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi (AHHB)**

1933 Üniversite Reformu, Cumhuriyet dönemi Türk Yüksek Öğretimi'nde bir dönüm noktasıdır. Bu reformla Darülfünun kaldırılmış ve İstanbul Üniversitesi kurulmuştur. Reform gerçekleşmeden önce Darülfünun'da yapılacak reform hakkında rapor hazırlamak üzere 1931 yılında Cenevre Üniversitesi öğretim üyelerinden Prof. Dr. Albert Malche hükümet tarafından Türkiye'ye davet edilmiştir. Malche 1932 yılında İstanbul'a gelmiş ve üniversite ile ilgili araştırmalarına başlamıştır. İstanbul Darülfünun'u hakkındaki raporunu bitirerek 1 Haziran 1932'de Ankara'ya gelmiş ve Milli Eğitim Bakanlığı'na raporunu sunmuştur. Malche raporunda Darülfünun'a çeşitli eleştiriler getirmiş ve önemli bazı önerilerde bulunmuştur. Darülfünun, 31 Temmuz 1933'ten itibaren kaldırılmış ve 1 Ağustos 1933 tarihinden itibaren İstanbul Üniversitesi kurulmuştur (Sorlu, 2010).

1933 yılında Almanya'da, Adolf Hitler iktidarının özellikle Musevileri toplumun her alanından soyutlamaya yönelik baskıları arttırması üzerine Almanya'dan kaçış süreci başlamıştır. Özellikle akademik sığınmacıların ilk durağı Zürih'te kurulan yurtdışındaki 'Alman Bilim İnsanlarına Yardım Cemiyeti' olur. Bu cemiyet, Prof. Dr. Philipp Schwartz'ın öncülüğünde, Zürih'de faaliyete geçirilmiştir. Türk kurumları tarafından sergilenen açık yüreklilik sayesinde, göçmen Almanların 'kitlesel akını' gündeme gelmiştir. Bu akın İstanbul Üniversitesi'ni 'En Büyük ve En İyi Alman Üniversitesi' haline getirmiştir. Dil sorunu açısından bu deneyim, pratik olarak öğretimi mümkün kılan öğrenci, asistan, gönüllü çevirmenler gibi birçok yardımcı elemanın devreye sokulması ile başarılı olabilmektedir. Aynı yılın ağustos ayında Türkiye'de Üniversite Reformu gerçekleşince Cumhurbaşkanı Mustafa Kemal ATATÜRK'ün daveti üzerine İsviçre'ye sığınmış olan Alman kökenli ve her biri uzmanlık alanlarında isim yapmış

bu değerli bilim insanları ekim ayında İstanbul'a gelirler ve İstanbul Üniversitesi'nin çeşitli fakültelerine dağılırlar. O zamanki adıyla Biyoloji Enstitüleri'nin, Süleymaniye semtinde yeni yapılan Biyoloji Binası'nda yer alan Farmakobotanik ve Genetik Enstitüsü'nde Ord. Prof. Dr. Alfred HEILBRONN ders verirken aynı zamanda da Cumhuriyet'in ilanından sonra Türkiye'nin en modern Botanik Bahçesi'ni meslektaş ve kader arkadaşı Ord. Prof. Dr. Leo BRAUNER ile birlikte oluşturmaya da başlar (Sorlu, 2010).

İstanbul Üniversitesi Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi, Türkiye'de resmi konumda çalışmalar yapan botanik bahçelerinin en eskisi (kuruluş 1935) ve bitki varlığı açısından en zenginidir. Biyoloji Enstitüleri'nin temeli 3 Mart 1935 tarihinde atılmış, iki yıl sonra inşaat bitirilerek bina 4 Haziran 1937 tarihinde hizmete açılmıştır. Bu arada enstitü bahçesinin yapımına daha önce başlanmıştır. 1934 yılındaki ilk düzenlemeleri takiben bahçe 1935 yılının ilkbaharında 'İstanbul Üniversitesi Botanik Bahçesi' adı ile hizmete girmiştir. Bahçeye adını veren Ord. Prof. Dr. Alfred Heilbronn, kendisine büyük destek olan Ord. Prof. Dr. Leo BRAUNER ve Alman bahçe uzmanı Walter STEPHAN ile birlikte botanik bahçesinin kuruluş ve düzenleme çalışmalarını başlatmıştır. AHBB; tıbbi bitkiler, Türkiye bitkileri, deney parselleri, bataklık bitkileri, taş bahçe ve arboretum olmak üzere 6 birime ayrılır. Botanik bahçelerinde ziyaretçilerin bahçeyi dolaşmalarını sağlayan ve teknik personelin işlerini kolaylaştıran yol sirkülasyonlarına da dikkat edilir. Ayrıca yine bir botanik bahçesinde olması gereken yönetim ofisi, kütüphane, saksı depoları, tohum odası, santral, dinlenme odaları, görevliler için lojman ve herbaryum gibi mekânlar da bu plan içerisinde yaşama geçirilir. Bahçe içerisinde Cycas serası, büyük sera, kaktüs serası, havuzlu sera, üretim serası, yağmur ormanı serası, limonluk-eğrelti serası gibi tropik, subtropik yerleşim alanları yaklaşık 1300 m<sup>2</sup> kapalı alanlı, bazıları birbirine geçişli 7 adet sera bulunmaktadır (Küçüker, 2005). Türkiye florasının yanı sıra dünya florasından da AHBB'nde; *Acca sellowiana* (Amerika), *Callistemon citrinus* (Avusturya), *Camelia sinensis* (Çin), *Casuarina equisetifolia* (Malezya), *Cedrus deodora* (Himalaya dağları), *Cedrus libani* (Toros dağları, Lübnan, Suriye), *Cinnamomum camphora* (Japonya), *Cycas circinalis* ve *Cycas revoluta* (Japonya ve Tropikal Asya), *Ginkgo biloba* (Japonya, Çin), *Gymnocladus dioica* (Merkezi Amerika), *Liriodendron tulipifera* (Kuzey Amerika), *Manihot esculenta* (Brezilya), *Paulownia elongata* (Çin), *Persea gratissima* (Meksika), *Phellodendron amurense* (Mançurya), *Schinus molle* (Güney Amerika), *Sequoiadendron giganteum* (Kuzey Amerika), *Sequoia sempervirens* (Kaliforniya) bulunmaktadır (Yılmaz, 2017).

İstanbul Üniversitesi Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi, yurtdışından 400'e yakın botanik bahçesi ile tohum alışverişi yapmaktadır. Bununla birlikte Türkiye'nin en eski ve çeşitlilik açısından en zengin botanik bahçesi olması ünvanıyla yurtiçinde ve yurtdışında tanınan bir konuma sahiptir. Bahçe ve seralar her yıl 1000'den fazla biyoloji lisans öğrencisinin eğitim ve öğretimine katkıda bulunurken, belirli günlerde de ilk ve orta öğretimdeki öğrenciler ile İstanbul ve yakın çevresinde yaşayanlara, ayrıca yabancı konuklara bitki dünyasından ilginç örnekler sunmaktadır (Bakacak, 2010). Bahçe, Türkiye'de lif bitkileri taksonlarından örnekler barındıran en zengin bahçelerin ilk sırasında yer almaktadır. Bu araştırmada kullanılan taksonlar bahçedeki seralarda ve dış ortam koşullarında kültüre alınmıştır. AHBB Seraları; Mavi Sera (araştırma ve üretim), Tropikal Sera I (yağmur ormanı ülkelerinden gelen bitki örnekleri), Tropikal Sera II (tropikal meyve ağaçları örnekleri), Orkide Serası (tropikal orkidelere ait örnekleri ve familyaları üretim ve sergileme), Eğrelti Serası (Türkiye ve dünya florasından eğrelti otu örnekleri), Yaşayan Fosil Bitkiler serası (Cycas (Sago palmiyesi) üretimi ve sergileme), Arktik veya Soğuk Sera (Arktik bölge bitkilerini üretim ve sergileme)'dır (Sorlu, 2010).

#### ***2.1.1.1. İstanbul Üniversitesi Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi'nde Kültüre Alınmış Lif Bitkileri***

Çalışmada kullanılacak bitkiler, Sayın Prof. Dr. Orhan KÜÇÜKER ile birlikte yapılan literatür çalışmalarının ışığında, bahçe sorumlusu olan ve aynı zamanda İstanbul Üniversitesi Dr. öğretim üyesi Erdal ÜZEN ile birlikte belirlendi. Bitki örneklerinin gruplandırılmasında 'Tohumlu Bitkiler Sistematigi' (Seçmen ve diğ., 2008)'nde yer alan sistematik kategori ve taksonların yerleştirilmesinden yararlanıldı. Daha sonra tür isimleri belirlenen taksonlara ait bitki fotoğrafları çekildi. Bitki örnekleri toplandıktan hemen sonra hiçbir işleme tabi tutulmadan, DNA izolasyonu için kâğıt torbalara sarılarak Latince isimleri üzerlerine yazıldı ve buz kapları ile İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü Moleküler Genetik Öğrenci Laboratuvarı'na taşındı. Örnekler burada çalışmanın yapılacağı güne kadar -80 °C'de saklandı. Karşılaştırma örnekleri; çeşitli aktar, nalbur, hediyeelik eşya satan dükkânlar ve tekstil üzerine imalat ve satış yapan yerlerden araştırıldıktan sonra satın alındı. Satın alındıkları yerlerden şifai olarak edinilen bilgiler not edilerek Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi'nden toplanan lif bitkilerinin (kontrol grubu) kodlarına uygun olarak çalışılan her örneğe (karşılaştırma grubu) ayrı bir kod verilerek fotoğrafları çekildi.

Çalışma materyali iki ana gruptan oluşmaktadır. Birincisi; araştırmada kontrol grubu olan Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi'nde kültüre alınmış lif bitkileridir (Tablo 2.1).

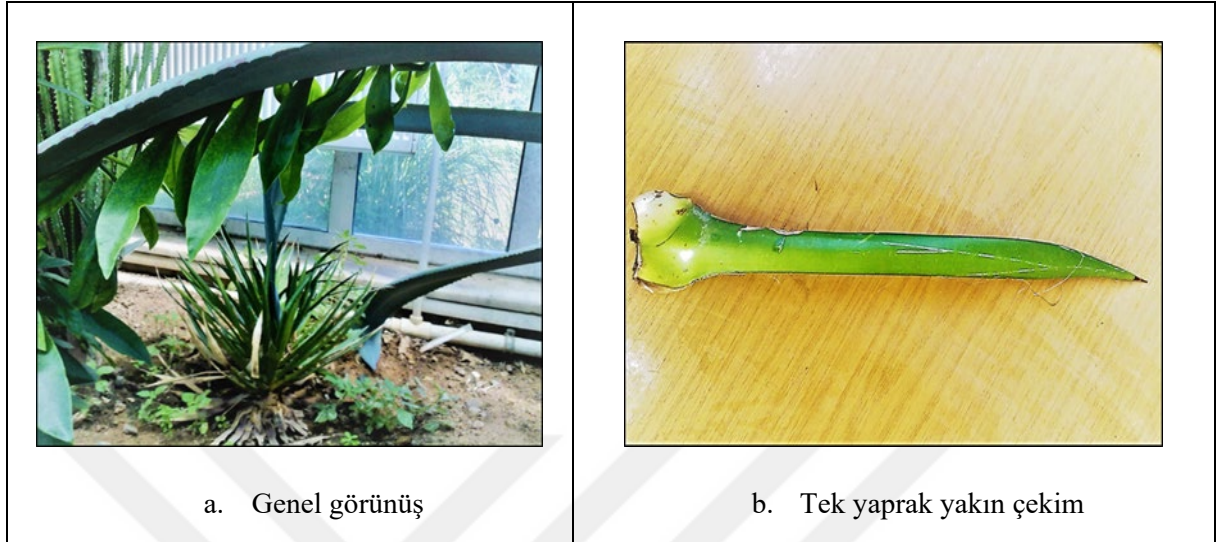
**Tablo 2.1:** Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi'nden toplanan kültüre alınmış lif bitkileri.

| KOD | Bitki İsimleri                                                                | Toplanan Kısım |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 1   | <i>Agave sisalana</i> Perrine                                                 | Yaprak         |
| 2   | <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.                                           | Yaprak         |
| 3   | <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.                                           | Gövde          |
| 4   | <i>Corchorus olitorius</i> L.                                                 | Gövde          |
| 5   | <i>Phyllostachys bissetii</i> McClure                                         | Yaprak         |
| 6   | <i>Phyllostachys bissetii</i> McClure                                         | Gövde          |
| 7   | <i>Phyllostachys nigra</i> Munro                                              | Yaprak         |
| 8   | <i>Phyllostachys nigra</i> Munro                                              | Gövde          |
| 9   | <i>Musa acuminata</i> Colla ( <i>Musa zebrina</i> Van Houtte ex Planch.)      | Yaprak         |
| 10  | <i>Musa ensete</i> J.F.Gmel. ( <i>Ensete ventricosum</i> (Welw.) Cheesman)    | Yaprak         |
| 11  | <i>Musa sapientum</i> ( <i>Musa x paradisiaca</i> L.)                         | Yaprak         |
| 12  | <i>Musa zebrina</i> Van Houtte ex Planch. ( <i>Musa acuminata x zebrina</i> ) | Yaprak         |
| 13  | <i>Musa uranoscopus</i> Colla ( <i>Musa troglodytarum</i> L.)                 | Yaprak         |
| 14  | <i>Musa ventricosa</i> Welw. ( <i>Ensete ventricosum</i> (Welw.) Cheesman)    | Yaprak         |

Çalışmanın ikinci ana grubu olan materyaller; bitkisel liflerden üretildiği düşünülen/söylenen tekstil ürünleri, işlenmiş ürünler ve üretici firmalardan alınan diğer bitki örneklerinden oluşmaktadır (Tablo 2.2).

**Tablo 2.2:** AHBB’den toplanan lif bitkilerinin karşılaştırılacağı materyaller.

| KOD | Karşılaştırma Materyalleri     | Satın Alındıkları Yerler | Kontrol Grupları |
|-----|--------------------------------|--------------------------|------------------|
| 1S  | Banyo Lifi                     | Aktar                    | Sisal            |
| 2S  | Halat                          | Nalbur                   | Sisal            |
| 3S  | Banyo Lifi                     | Aktar                    | Sisal            |
| 1J  | Halat                          | Nalbur                   | Jüt              |
| 2J  | İplik                          | Nalbur                   | Jüt              |
| 3J  | Çuval                          | Nalbur                   | Jüt              |
| 4J  | İplik                          | Nalbur                   | Jüt              |
| 1K  | Meyve Lifi                     | Üretici Firma            | Kapok            |
| 1B  | Naturel Elyaf                  | Üretici Firma            | Bambu            |
| 2B  | Rejenere Elyaf                 | Üretici Firma            | Bambu            |
| 3B  | Rüzgâr Çanı                    | Hediyelik Eşya Dükkânı   | Bambu            |
| 4B  | Flüt                           | Hediyelik Eşya Dükkânı   | Bambu            |
| 1M  | Paspas                         | Hediyelik Eşya Dükkânı   | Muz              |
| 2M  | Nihale Kenarı                  | Hediyelik Eşya Dükkânı   | Muz              |
| 3M  | Nihale (Karışık)               | Hediyelik Eşya Dükkânı   | Muz              |
| 4M  | Amerikan Servisi Kenarı        | Hediyelik Eşya Dükkânı   | Muz              |
| 5M  | Amerikan Servisi (Karışık)     | Hediyelik Eşya Dükkânı   | Muz              |
| 6M  | Amerikan Servisi (Sarı Kısım)  | Hediyelik Eşya Dükkânı   | Muz              |
| 7M  | Amerikan Servisi (Siyah Kısım) | Hediyelik Eşya Dükkânı   | Muz              |

*Agave sisalana* Perrine.Şekil 2.1: *Agave sisalana* Perrine.

Bahçede bulunduğu yer : Tropikal Sera (Şekil 2.1).  
 Familya :Asparagaceae  
 Cins : Agave L.  
 Tür : *Agave sisalana* Perrine

Bilinen Adları ve Türkçe Adı: Sisal keneviri ve Sisal'dir. Familya, 9 cins (*Agave*, *Beschorneria*, *Furcraea*, *Hesperaloe*, *Hesperoyucca*, *Manfreda*, *Polianthes*, *Prochnyanthes* ve *Yucca*) ve 300 dolayında tür içermektedir (Rocha ve diğ., 2006). Sisal olarak bilinen *Agave sisalana* türü (Şekil 2.1), *Agave angustifolia* Haw. (syn. *Agave vivipara*) ve *Agave kewensis* Jacobi türlerinin bir melezidir (Dahal ve diğ., 2003). *Agave sisalana* Perrine'in sinonimleri; *Agave amaniensis* Trel. & Nowell, *Agave rigida* var. *sisalana* (Perrine) Engelm., *Agave segurae* D.Guillot & P.Van der Meer, *Agave sisalana* var. *armata* Trel., *Agave sisalana* f. *armata* (Trel.) Trel.'dir.

Genel Botanik Özellikleri ve Faydalanma: Botanik adı *Agave sisalana* olan sisal, Güney Meksika'ya özgü bir agave türü olup diğer birçok ülkede yaygın olarak yetiştirilir ve doğallaştırılır. Çeşitli ürünlerin yapımında kullanılan sert bir lif verir. Sisal terimi, içeriğe bağlı olarak ya bitkinin genel adını ya da lifini ifade edebilir. Yüzyıllar boyunca kenevir, lif için

önemli bir kaynak olduğu ve diğer lif kaynaklarına da bu ad verildiği için bazen ‘sisal keneviri’ olarak adlandırılır. Agave cinsinin birçok farklı türü lif üretimi için kullanılmıştır. Ancak şimdiye kadar en önemli ticari tür, sisalin üretildiği *Agave sisalana*’dır. Sisal ismi, Yucatan’da ilk olarak sisal elyaflarının ihraç edildiği limanın adından gelmektedir (Robertson ve Grieve, 1999).

Yaprak lifleri veya sert lifler, belirli tropik ve subtropikal bitkilerin yapraklarından elde edilen tekstil lifleridir. Bu gruptaki ana ticari lifler; sisal, heneken (sabırotu), abaka ve Yeni Zelanda keneviridir (Robertson ve Grieve, 1999).

Sisal (*Agave sisalana*), Agavaceae familyasından sert coğrafi koşulları seven, kenevire benzeyen, içerdiği sağlam ve dayanıklı elyaf sayesinde tekstil sanayiinde çokça kullanılan bir bitki türüdür. Sıcak ve nemli iklimlerde yetişir. Nem çekme ve esneme özelliği iyidir. Bundan dolayı gemi halatı yapımında, tarımda ve denizcilikte kullanılır.

Sisal bitkisi Amerika kıtasında, sert (verimsiz) toprakta, soğuk rüzgârda ve sıcak güneşte yetişen bir bitkidir. Yaprakları çok elyaflı olup dokumada kullanılır. *Agave* türlerinden, mekanik ve şerit (ribbon) olmak üzere iki tip lif elde edilir (Dahal ve diğ., 2003). Mekanik lifler epidermisin altındaki peripheral bölgede üç-dört sıra halinde yoğunlaşmıştır. Bunlar yapraktaki toplam liflerin % 75’ini oluştururlar. Şerit lifler ise yaprağın merkezinde olup yapraktaki liflerin % 25’ini oluştururlar (Mert, 2009).

*Agave sisalana* (Şekil 2.1), yaklaşık 1.5-2 metre (4.9-6.6 ft) uzunluğunda kılıç şeklinde yaprakların bir rozetinden oluşur. Genç yaprakların kenarları boyunca birkaç ufak dişleri olabilir. Ancak olgunlaştıkça onları kaybederler. Sisal bitkisinin ömrü 7-10 yıl arasındadır ve bitki tipik olarak 200-250 adet ticari olarak kullanılabilir yaprak üretmektedir. Her yaprak ortalama 1000 lif içerir. Lifler, bitkinin sadece ağırlıkça yaklaşık % 4’ünü oluşturur. Sisal, 25 °C ve üzerindeki sıcaklıklardan yararlandığı için tropik ve subtropik bitkilerden biri olarak kabul edilir (Mert, 2009).

Sisal, tropikal bölgelerin önemli lif bitkilerinden birisidir. Lifleri; ip, sicim ve halat yapımında kullanılır (Kim ve Seo, 2006). Sisal lifleri, deniz suyuna ve tuza karşı dayanıklı olduğu için özellikle deniz taşımacılığında balık ağı ve halat yapımında tercih edilir (Kim ve Seo, 2006). Lifleri, çuval, paspas, otomobil ve ev zemin örtüleri, dolgu malzemesi, iskemle döşemesi, mobilya üretimi gibi alanlarda da değerlendirilmektedir. Sisalden üretilen kâğıtların fazla gözenekli, yırtılmaya ve katlanmaya dayanıklı olması ve soğurma gibi olumlu özellikleri nedeniyle kahve makinesi, yağ ve hava temizleme filtreleri, poşet çay, banknot, sigara, gazete, çocuk bezi, gibi özel kâğıtların üretiminde kullanılmaktadır (Ravetta ve McLaughlin, 1993).

Sisal yapraklarının lif içeriği % 2-5'dir (Kirby, 1963). Sisalde her bir yaprak (700-)1000-1200(-1400) lif hüzmeleri veya demeti içerir. Lif hüzmeleri, birbirine sıkıca bağlı hücrelerden oluşur. Lif hücreleri (0.3-)1.5-4(-15) mm uzunluğunda, (8-)15-30(-50) µm çapında; dairesel, çok köşeli veya oval-çok köşeli şeklinde; kalın duvarlı (6 (-9) µm) ve ince özlüdür (lümen). Sisal yapraklarından elde edilen lif hüzmelerinin uzunluğu (1-1.5 m), inceliği ve kopma dayanıklılığı (3.0-48.0 g/tex) diğer bazı faktörlerin yanında yaprak yaşına göre de değişmektedir. Sisal lifleri abaka lifleri ile kıyaslandığında daha az dayanıklı, sert, kaba, suda daha hızlı ve fazla şişmektedir. Kurduğunda ise şeklini geri alması daha zor olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı sisal lifleri, abakaya göre deniz taşımacılığına daha az uygundur. Kantala (*Agave cantala*) lifleri ise sisaldan daha az dayanıklı olmasına rağmen, daha ince ve beyazdır (Mert, 2009).

Liflerin alınmasından sonra geriye kalan yaprak kısımlarından, mum ve sodyum pektat elde edilmektedir. Ayrıca, Tanzanya'da, lif artıklarından biyogaz da elde edilebilmektedir (Mshandete ve diğ., 2006). Sisal yaprakları, kortizon sentezinde değerlendirilen bir bileşik olan hekogenin içermesi nedeniyle tıbbi amaçlar için de kullanılmaktadır (Dahal ve diğ., 2003).

Agaveler, liflerinin yanı sıra değişik amaçlar için de kullanılan farklı türleri içermektedir. Hatta bazı agave türleri, içki yapımında kullanılmaktadır. Meksikalıların milli içkisi olan tekila, mavi agave (*Agave tequilana*) türünün yapraklarından elde edilir (Gobeille ve diğ., 2006).

Sisalden elde edilen liflerin kalitesi iklim koşullarına, yaprağın yaşına ve lif elde etme yöntemine göre değişir. Endonezya’da lifler; A kalite (beyaz ve 90 cm uzunluğunda), B kalite (beyaz ve 60-90 cm uzunluğunda), C kalite (beyaz ve 50-60 cm arası) ve D kalite olarak sınıflandırılmaktadır (Maiti, 1997). Lifin rengi beyaz, krem renkli veya soluk sarı olabilir (Mert, 2009).

Sisal lifleri geleneksel olarak ip ve sicim için kullanılır. Ancak kâğıt, bez, halı, ayakkabı, şapka, çanta ve dart (oklama) tahtası gibi birçok başka kullanım alanına da sahiptir. Sisal, Aztek’ler ve Maya’lar tarafından ham kumaş ve kâğıt yapmak için kullanılmıştır. Brezilya’da ilk ticari dikimler 1930’ların sonlarına doğru yapılırken ilk ihracat da 1948’de yapılmıştır. 1960’lara kadar Brezilya’da üretim hızlanmış ve pek çok iplikhanenin ilki burada kurulmuştur. Bugün Brezilya, büyük dünya sisal üreticisidir. Sisal yetiştiriciliğinin hem olumlu hem de olumsuz çevresel etkileri vardır.

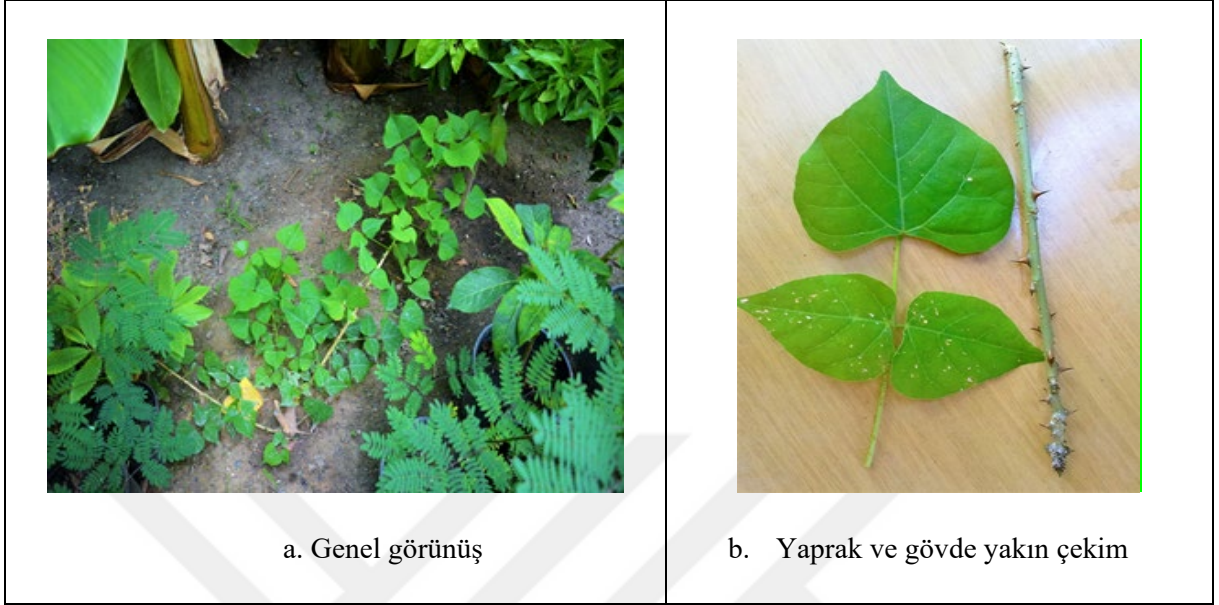
Geleneksel olarak sisal, dayanıklılığı, belli boyarmaddeler için afinitesi ve tuzlu suda bozulmaya karşı direnci nedeniyle tarımsal sicim (bağlayıcı sicim ve balya sicimi) için en önemli malzemedir. Sisal, halatlar, ipler ve kordonlar dışında, düşük maliyetli özel kâğıtlar, parlatma bezi, filtreler, jeotekstiller, halılar, minderler, el sanatları ve makrome olarak kullanılır. Sisal, otomobil endüstrisi de dâhil olmak üzere çeşitli alanlarda kompozit malzemelerde asbest ve fiberglasın yerini almak için çevre dostu bir güçlendirici ajan olarak kullanılmıştır. Düşük dereceli fiber yapısı, yüksek selüloz ve hemiselüloz içeriği nedeniyle kâğıt endüstrisi tarafından işlenir. Halat endüstrisinde balya ve bağlayıcı ip yapmak için kullanılır. Halatlar ve iplikler, denizcilik, tarım ve endüstriyel alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Arıtma sonrası yüksek dereceli elyaf, ipliklere dönüştürülür ve halı endüstrisi tarafından kullanılır. Sisal elyafından geliştirilen diğer ürünler; spa ürünleri, kilim, paspas, terlik, bezlerdir.

Sisal, uzun çiçeklenme döneminden dolayı bal arıları için değerli bir yemdir. Özellikle polen kıtlığı sırasında çok cazip hale gelmektedir. Ancak üretilen bal koyu renkli, güçlü ve hoş olmayan bir tada sahiptir.

Coğrafi Yayılışı: *Agavaceae* familyası, Amerika kökenli bir familya olup, kurak ve yarı kurak bölgelerde yayılış gösterir. Türlerinin çoğu Meksika'da bulunur (Nobel, 1988; Rocha ve diğ., 2006). Sisal, Meksika'nın Yucatan Yarımadası'nda doğal olarak bulunur. Bu yarımada sisalin kökeni olarak da kabul edilmektedir. Zaten sisal ismini de ilk olarak bu yarımada'daki bir limandan ihraç edildiği için almıştır (Kirby, 1963). Sisalin Orta Amerika'da lif kaynağı olarak 9000 yıldan beri kullanıldığı bilinmektedir (Dahal ve diğ., 2003). Sisal, buradan bazı tropik ve subtropik bölgelere yayılmıştır. Sisal, Florida'ya 1836-1843, Tanzanya'ya 1893, Brezilya'ya 19. yüzyılın sonunda ve Kenya'ya 1903-1908 yıllarında girmiştir (Dahal ve diğ., 2003). Filipinler, Hindistan, Malezya gibi Asya ülkelerine genel olarak 20. yüzyılın başlarında girmiştir. Sisalin başlıca üretiminin yapıldığı ülkeler; Brezilya, Burma, Endonezya, Hindistan, Kenya, Tanzanya ve Tayland'dır (Mert, 2009). 19. yüzyılda sisal ekimi Florida, Karayip Adaları ve Brezilya'nın (Paraiba ve Bahia) yanı sıra Afrika, özellikle Tanzanya, Kenya ve Asya ülkelerine yayılmıştır. Küba (Matanzas)'da 1880'de Fernando Heydrich tarafından ekimi yapılmıştır. Sisal, tropikal bölgelere iyi uyum sağlayabilen bir bitkidir. Birçok bitkinin yetişmediği yüksek yerlerde (deniz seviyesinden 1800 m yüksekliklere kadar) yetişmektedir (Maiti, 1997). Sisal, Havai ve Florida'da istilacı türler olarak kabul edilmektedir.

2013 yılında sisal lifinin küresel üretimi 281 bin tona ulaşmış ve bunun en büyük üretici ülkesi olan Brezilya 150.584 ton üretmiştir. Tanzanya'da yaklaşık olarak 34.875 ton, Kenya'da 28.000 ton, Madagaskar'da 18.950 ton ve Çin'de 16.500 ton üretilmiştir. Güney Afrika, Venezüella, Fas, Mozambik ve Angola'dan gelen daha küçük miktarlarda (4.826 ton) katkı yapmıştır. Sisal, dünyadaki bitkisel elyaf üretiminin % 2'sini temsil eder ve lifli bitkiler arasında 6. sırada yer almaktadır (bitki lifleri, dünya liflerinin % 65'ini oluşturmaktadır).

***Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.**



**Şekil 2.2:** *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.

Bahçede bulunduğu yer: Cycas Serası (Şekil 2.2).

Familya : Malvaceae

Cins : *Ceiba* Mill.

Tür : *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.

Bilinen Adları ve Türkçe Adı: White silk, cotton tree, kapoktree, silk cotton tree ve Kapok'tur.

*Ceiba* cinsi yaklaşık 10 tür içerir. Tropik bölgelerde yayılış gösteren *Ceiba pentandra* türü (Şekil 2.2) üç varyete altında toplanır (Sahid ve Zeven, 2003). Bunlar:

— var. *caribaea* (DC.) Bakh.

Batı Afrika ve Amerika tropik ormanlarında yabani olarak bulunan, dev cüsseli, gövdesi dikenli, 70 m'ye kadar boylanabilen, çatallanmayan, yatay olarak dallanan, yaprakları dar, dikimin 11. yılında çiçeklenen, çiçekleri gül veya krem renkli olan, meyveleri kısa, enli olan ve çatlayan, lifleri beyaz-gri olan bir varyetedir.

— var. *guineensis* (Schum. & Thonn.) H.G. Baker.

Batı Afrika'nın savanlarında (tropik yağmur ormanları ile kuru çöller arasındaki geçiş bölgesinde yer alan geniş çayırlar) yabani olarak bulunan, ağaç gövdesi dikensiz, 70 m'ye kadar boylanabilen, sıklıkla çatallanan, yaprakları geniş, çiçeklenmesi yıllık, meyveleri uzun ve dar olan, çatlayan, lifleri gri olan bir varyetedir.

— var. *pentandra* (syn. var. *indica* (DC.) Bakh.).

Var. *caribaea* ve var. *guineensis* varyetelerinin, doğal bir melezidir (Mwaikambo, 2006). Batı Afrika ve Asya'da kültürü yapılan, ağaç gövdesi dallanmayan, genellikle dikensiz, 30 m'ye kadar boylanabilen, dalları yatay ve yaprakları orta genişlikte olan, dikimin 4. yılında çiçeklenen, meyveleri kısa veya uzun, muz şekilli, genellikle çatlamayan, lifleri de genellikle beyaz renkli olan bir varyetedir. Bu varyete, kapok olarak bilinir ve kültürü yapılır.

*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.'in sinonimleri; *Ceiba pentandra* f. *albolana* Ulbr., *Ceiba pentandra* var. *caribaea* (DC.) Bakh., *Ceiba pentandra* var. *clausa* Ulbr., *Ceiba pentandra* var. *dehiscens* Ulbr., *Ceiba pentandra* f. *grisea* Ulbr. ve *Ceiba pentandra* var. *indica* Bakh.'dır.

Kapok genetik kaynaklarının korunduğu en geniş koleksiyon Malang (Endonezya)'da, Tobacco ve Fiber Crops Research Institute'de bulunmaktadır. Kapok, ağaç için en çok kullanılan ortak isimdir ve tohum çekirdeklerinden elde edilen pamuk benzeri tüylere de denir. Ağaç, özellikle güneydoğu Asya'da tohum lifleri için yetiştirilir ve aynı zamanda Java pamuk, Java kapok, ipek-pamuk, samauma veya ceiba olarak bilinir.

Genel Botanik Özellikleri ve Faydalanma: Kapok; yapraklarını döken, kültür koşullarında 18-30 m, normal koşullarda 18-70 m boylanabilen bir ağaçtır. Tohum lifleri, kapok ağacı olan *Ceiba pentandra*'nın meyvesinden elde edilir. Meyveler ağaçtan toplanır ve elle açılır. Tohum ve tohuma yapışık elyaf daha sonra güneşte kurutulur ve kuruyunca elyafı elle çıkartılır. Kapok lifleri ipliğin eğrilmesi için uygun değildir. Lifler yastı, kayış ve şilte gibi ürünlerin doldurulmasında kullanılır (Robertson ve Grieve, 1999).

Lifler, meyve iç duvarlarından meydana gelir. Meyvelerin, çenet kısımlarının çatlamasıyla lifler açığa çıkar. Kapok lifleri hafif (pamuk liflerinden 8 kez daha hafif), esnek, su geçirmez (hidrofobik) ve batmaz (mantar tıpasından 5 kez daha fazla) yapıdadır (Lim ve Huang, 2007). Kapok lifleri fazla sayıda hava kabarcığı içerdiği için su içinde kendi ağırlığının 20-30 katı ağırlığı kaldırabilmektedir (Sahid ve Zeven, 2003). Ayrıca, kapok lifleri çok iyi ses emme özelliğine ve düşük ısı iletkenliğine sahiptir. Öte yandan çabuk alevlenmesi kapok liflerinin olumsuz bir özelliğidir. Lif uzunluğu, renk, parlaklık, koku, yabancı madde ve nem içeriği kapokta lif kalitesinin önemli ölçütleri arasındadır (Yazıcıoğlu, 1999).

Ağaçlar, lignin ve selülozun bir karışımı olan kabarık, sarımtırak bir lifle çevrelenmiş tohumları içeren birkaç yüz tane 15 cm'lik (5.9 inç) kapsül üretirler. *C. Pentandra*, dünyanın en büyük ağaçları arasında yer almaktadır. 200 yıllık en eski kapok ağaçlarından birisi Miami (Florida)'da yaşamaktadır. Kapok lifleri yastık, yatak, döşek, döşeme, koruyucu elbise (cankurtaran kemeri ve ceketi), akustik ve termal yalıtım malzemesi üretiminde kullanılır (Lim ve Huang, 2007).

Meyve kabukları, potasyum ve kül bakımından zengin oldukları için gübre olarak kullanılır. Ayrıca kuru meyve kabukları yakacak olarak da kullanılır. Kapok tohumlarından elde edilen yağ, sabun üretiminde kullanıldığı gibi kandil yağı olarak da değerlendirilir. Çiçekleri bal arıları için önemli bir nektar ve polen kaynağıdır. *Ceiba pentandra*'nın kabuğu diüretik, afrodisyak, baş ağrısı ve aynı zamanda tip II diyabet tedavisi için kaynatılıp içilebilmektedir. Purochedelic (sanrıya sebep olan) bir içki olan Ayahuasca'nın bazı çeşitlerinde katkı maddesi olarak kullanılır.

Hindistan, Endonezya ve Malezya'da kapok yağı üretilmektedir. 85-100 iyot değerine sahiptir. Bu onu yağsız bir yağ yapar. Bu da havaya maruz kaldığında önemli ölçüde kurumaması anlamına gelir. Kapok yağının, biyoyakıt ve boya hazırlığında bir potansiyeli vardır.

Taze yaprak, meyve ve çiçekleri; Tayland, Filipinler, Java gibi ülkelerde insanlar tarafından tüketilmektedir. Aynı şekilde, kapok yapraklarında yüksek ham protein (% 18.4) ve kuru madde içeriği (% 34) bulunması nedeniyle özellikle keçi beslemede ek besin kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Kouch ve diğ., 2006).

Güneydoğu Asya ülkelerinde, kapok yapraklarından elde edilen preparatların öksürük, ses kısıklığı, havale ve zührevi hastalıklarda; kabuklarının idrar söktürmede, kanamayı durdurmada, nefes darlığı ve ishali tedavi etmede; köklerinin ise ateş düşürmede ve idrar söktürme kullanıldığı bildirilmektedir (Sahid ve Zeven, 2003). Odunları kâğıt üretiminde, kano, mobilya, kapı, sandık ve oyuncak yapımında kullanılır. Kapok liflerinin tekstilde kullanımı sınırlıdır. Lif hücrelerinin düz yapısı eğrilebilme özelliğini engellemektedir. Ancak, bazı özel tekniklerle kapok liflerinin eğrilebilmesi mümkün olabilmektedir.

Kapok liflerinin ortalama uzunluğu 18 mm ve çapı 20-30  $\mu$ m'dir. Kapok lifleri düşük yoğunluğa sahiptir. Lif, geniş bir lümen ve çok ince bir duvar ile enine kesitte ovaldir. Kapok lifleri ağırlıklı olarak lignin ve hemiselülozdan (% 65 selüloz) oluşur (Robertson ve Grieve, 1999). Kapokta lif hücreleri (8-)19-22(-35) mm arasında uzunluğa, (10-)19-20(-30)  $\mu$ m genişliğe sahip olup saydam, düz ve silindirik (Sahid ve Zeven, 2003). Hücre duvarlarının kalınlığı 0.5-20  $\mu$ m arasında değişmektedir (Nilsson ve Bjordal, 2008).

Kapok lifleri tipik olarak % 43 selüloz, % 32 hemiselüloz, % 13-15 lignin, % 1 kül vb. maddeleri içerir (Sahid ve Zeven, 2003). Lif yüzeyinin mumsu maddeler içermesi nedeniyle kapok lifleri su geçirmez bir özelliğe sahiptir (Lim ve Huang, 2007).

Kapok, Maya mitolojisinde kutsal bir semboldür. Burkina Faso'dan, özellikle Bobo ve Mossi halkından gelen maskelerin çoğu kapok kerestesinden oyulmuştur.

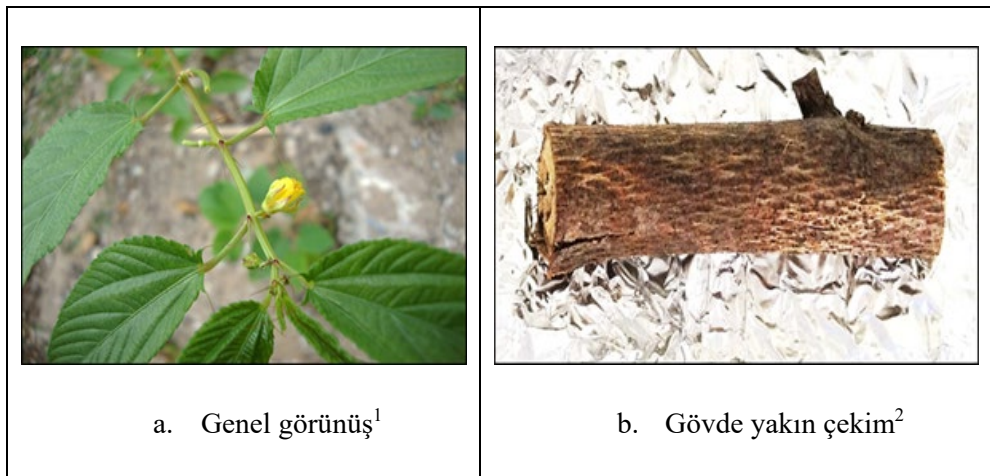
II. Dünya Savaşı'ndan önce, dünyadaki kapok üretimi yılda 40 milyon kg'ı aşmıştı. Bununla birlikte savaştan bu yana üretim, ekim alanlarının tahrip olması ve dakron (polyester) gibi alternatif elyaf dolumları nedeniyle büyük ölçüde azalmıştır (Robertson ve Grieve, 1999).

Coğrafi Yayılışı: Kapok; Doğu Afrika, Batı Afrika, Hindistan, Filipinler, Endonezya ve Seylan'ın yerel bir bitkisidir (Kirby, 1963). Bosumtwi Gölü'nde (Gana), günümüzden 13000 yıl öncesine ait *Ceiba* çiçek tozu fosil birikintilerine rastlanılmıştır (Maley ve Livingstone, 1983). Kapok, Java'da dini inançların tasvir edilmesinde kullanılmıştır. Kapoğun 10. yüzyılda, Java'ya Arap tüccarlar tarafından Batı Afrika'dan getirildiği düşünülmektedir (Mwaikambo, 2006).

Kapok, Amerika kıtasının tropik bölgeleri boyunca, Meksika'dan Orta Amerika'ya, Bolivya, Brezilya, Batı Afrika, Peru, Güneydoğu Asya ülkeleri (Endonezya ve Tayland) boyunca yayılış gösterir (Rehm ve Espig, 1991). Ticari olan ağaç, Asya'nın yağmur ormanlarında, özellikle Java'da (bu yüzden onun takma adlarından biridir), Filipinler'de, Malezya'da ve Çin'deki Hainan Adası'nda ve Güney Amerika'da en yoğun şekilde yetiştirilmektedir.

Kapoğun büyüme ve gelişme üzerine etkili olan en önemli iklim faktörü sıcaklıktır. Kapok, en iyi 20-27 °C arasındaki sıcaklıklarda yetişir (Joker ve Salazar, 2000). Çiçeklenme döneminde 17 °C'nin altındaki gece sıcaklıkları, kapok çiçek tozlarının tepelik üzerinde çimlenmesini aksatmaktadır (Sahid ve Zeven, 2003). Kapok, en iyi 20° kuzey 20° güney enlemleri arasındaki bölgelerde yetişir. Kapok, çiçeklenme ve meyvelenme döneminde kuru vejetatif gelişme döneminde ise bol yağışlı bir hava ister. Yıllık yağış miktarı 1500 mm civarında olan yerlere iyi uyum sağlar. Çiçeklenme ve meyvelenme döneminde toplam 150-300 mm'lik bir yağışa gereksinim duyar (Sahid ve Zeven, 2003). Kapok, yükseklik olarak 500 m'den düşük yerlere daha iyi adapte olabilmektedir. Drenajı iyi, geçirimli, göllenmeyen, kumlu-tınlı topraklarda iyi bir şekilde yetişir (Kirby, 1963). Ağır killi topraklar kapok tarımı için uygun değildir. Nehir kenarları kapok için en uygun alanlardır. *C. Pentandra*, Porto Riko, Guatemala ve Ekvator Ginesi'nin ulusal amblemidir. Ekvator Ginesi'nin arması ve bayrağı üzerinde görünür.

### ***Corchorus olitorius* L.**



**Şekil 2.3:** *Corchorus olitorius* L.

Bahçede bulunduğu yer: Tropikal Sera (Şekil 2.3).

|         |                                 |
|---------|---------------------------------|
| Famulya | : Malvaceae                     |
| Cins    | : <i>Corchorus</i> L.           |
| Tür     | : <i>Corchorus olitorius</i> L. |

Bilinen Adları ve Türkçe Adı: Nalta jüte ve Jüt'tür. *Corchorus* cinsi, 100 dolayında tür içerir (Abouzeid, 2002). Lif, başlıca *Corchorus capsularis* ve *Corchorus olitorius* (Şekil 2.3) türlerinden elde edilir. *C. olitorius*, kullanım alanlarına göre lif ve sebze olarak iki ana çeşit grubuna ayrılır. Ticari olarak, *C. capsularis* beyaz jüt, *C. olitorius* ise kırmızı jüt (tossa jüt) olarak isimlendirilir. Kırmızı jüt, beyaz jütten daha fazla ekonomik öneme sahiptir (Huda ve diğ., 2007).

Genel Botanik Özellikleri ve Faydalanma: Bast lifleri, dikotiledon bitkilerin gövdelerinden elde edilir. Lif, bitki sapındaki demetlere yerleştirilir, dış kabuğun altında ve sapın odunsu orta kısmı çevresinde bir iç kabuk oluşturur. Elyaflar sıkıca bir arada tutulur ve gövdenin çekirdeğine selülozik olmayan malzemeler, özellikle de pektin ile tutulur. Pamuktan farklı olarak, bast lifleri homojen değildir ve birçok farklı maddeden oluşur. Selüloz, liflerin yaklaşık % 65-75'ini oluşturan ana bileşendir. Diğer bileşenler esas olarak hemi-selüloz, pektinler, ligninler ve diğer bazı suda çözünür maddelerden oluşur. Aslında bunlar, tüm bitkisel maddelerin hücre duvarlarının temel bileşenleridir. Ticaretin başlıca lifleri; keten (keten), rami, kenevir, kenaf ve jüttür. Bununla birlikte, suni ve sentetik liflerin de geleneksel pazarlarda çok büyük bir pay aldığını belirtmek de önemlidir (Robertson ve Grieve, 1999).

Jüt, *Corchorus capsularis* ve *Corchorus olitorius* bitkilerinden elde edilen bast lifidir. Hindistan alt kıtasında, eskiden beri hem sebze (yaprak) hem de tekstil elyafı kaynağı (sap) olarak kullanılmaktadır (Robertson ve Grieve, 1999). Jüt; tropik ve subtropik bölgelere adapte olabilen, tek yıllık, otsu bir bitkidir. Yetiştirme süresi, 4-4.5 aylık bir süreyi kapsamaktadır. Kırmızı jüt, beyaz jütten daha fazla boylanabilen bir türdür. Kırmızı jütün sapları, beyaz jütten daha sıkı ve sağlamdır. Jüt saplarının, lif amaçlı üretimde daha yukarı kısımlardan sebze olarak üretiminde ise 30 cm toprak seviyesinden dallanması istenir. Beyaz jüt, kırmızı jütten daha fazla dallanma eğilimindedir (Mert, 2009).

1 <http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lb3Jlbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvRmlsZTpDb3JjaG9ydXNfb2xpdG9yaXVzXygyKSSKUEc> [Ziyaret tarihi: 27 Şubat 2019] adresinden alınan *Corchorus olitorius* L. bitkisinin genel görünüş fotoğrafı.  
2 Çalışmalarda kullanılan ve *Corchorus olitorius* L. olduğu söylenen bitkinin gövde yakın çekim fotoğrafı (AHBB).

Jüt sapının enine kesiti mikroskop altında incelendiğinde, saplarından lif elde edilen diğer bitkilerde olduğu gibi, dıştan içeriye doğru; kabuk, parankima, lif demetleri, parankima, floem, kambiyum ve ksilem katmanlarından oluştuğu gözlenir. Lif hüzmeleri, kambiyuma kadar olan bölgede (bu bölge kabuk olarak da isimlendirilir), sıra halinde (1, 2, 3 hatta 4) dizilmişlerdir. Sıra sayısı, bitkinin yetiştirme süresine bağlıdır. Dışa doğru olan kısımdaki liflere primer, ikinci sıradakilere sekonder, üçüncülere tersiyer lifler denir. Sapın odun kısmına yaklaştıkça daha az selüloz birikimi sebebiyle liflerin çeperleri inceler (Jahan ve diğ., 2008). Bu nedenle, primer liflerin hücre çeperleri ötekilerine göre daha kalındır. Ayrıca primer lifler, sapın odun kısmı çapının büyümesi sebebiyle dışa doğru itilmesinden dolayı daha gevşek yapılıdır. Lif hüzmelerinin boyu, 1.2-3 m arasında değişmektedir (Mert, 2009).

Jüt saplarının lif içeriği, hasat zamanına bağlı olarak % 4.5-7.5 arasında değişir (Rehm ve Espig, 1991). Jüt lifleri, yüksek oranda lignin içerir. Jüt liflerinin fazla lignin içermesi ince kumaş dokumalarında istenmeyen bir özelliktir (Mert, 2009).

Jüt liflerinin kalitesi (uzunluk, incelik, dayanıklılık, renk, parlaklık); tür, çeşit, yağış, toprak, hasat dönemi, kültürel işlemler, havuzlama, hastalık ve zararlılar gibi faktörlerden etkilenir (Roy ve Mandal, 1976). Jüt liflerinin rengi, türlere göre değişir. Beyaz jütün lifleri, isminden de anlaşılacağı üzere beyaz, kırmızı jütün ise sarımsı, gümüşü gri veya kırmızımtırak renklidir. Kırmızı jütün renkli lifleri, beyaz jütün beyaz liflerinden daha ince, sağlam ve yumuşaktır (Khandakar ve Van Der Vossen, 2003). Tek lif hücresi, (0.5-)2.0-2.5(-6.5) mm uzunluğunda ve (9-)15-20(-33) µm çapındadır (Khan ve diğ., 1999).

Jüt, orta derecede mukavemete sahip ve oldukça parlak bir elyafıdır. Bununla birlikte, uzatılamaz ve kırılmandır. Kaba yapısı, jüt ipliklerinin eğrilebileceği sayıyı sınırlar. Jüt, muşamba ve halılar için destek olarak, ambalajlama, ipler ve kordonların imalatında kullanılır. Ağartılmamış jüt son derece ışığa duyarlıdır ve uzun süre maruz kaldığında sarıya veya kahverengiye döner ve gerilme mukavemetinde bir kayıp olur. Işığa duyarlılık, yüksek lignin içeriğine bağlı görünmektedir (Robertson ve Grieve, 1999).

Yaprak dizilişı kırmızı jütte sola, beyaz jütte ise sağa doğrudur (Mert, 2009). Kırmızı jütün yaprakları beyaz jütün yapraklarından çok daha hoş kokuludur (Maiti, 1997). Jüt, sebze olarak da tüketilmektedir. Bu amaçla, taze jüt yaprakları toplandıktan sonra uygun koşullarda muhafaza edilmelidir. Jüt yaprakları, 8°C’de sekiz gün bozulmadan saklanabilmektedir (Tulio ve diğ., 2002).

Çiçekler, tek veya 2-3’lü gruplar halinde yaprak koltuklarında bulunur. Çiçekleri beşlidir. Kırmızı jütün taç (6-7 mm x 2 mm) ve çanak (6-8 mm x 2 mm) yaprakları, beyaz jüte göre daha iri yapılıdır (Khandakar ve Van Der Vossen, 2003). Taç yapraklar genellikle sarı renklidir. Erkek organların sayısı kırmızı jütte 30-50, beyaz jütte ise 20-25 arasındadır. Kırmızı jütün yumurtalığı 5-6 gözlü ve her gözde 36-42 tohum taslağı bulunurken, beyaz jüt yumurtalığı 10 gözlü ve her gözde 10 tohum taslağı bulunmaktadır (Khandakar ve Van Der Vossen, 2003). Tepecik, genellikle beş parçalıdır.

Jüt’ün meyvesine kapsül denir. Kapsüllerin şekli, türlere göre değişir. Beyaz jütün kapsülleri 1-1.5 cm çapında, basık küre; kırmızı jütün kapsülleri ise 5-10 cm x 3-8 mm boyutlarında, düz, silindirik şekildedir. Kırmızı jütün kapsülleri olgunlaşınca, 5-6; beyaz jütün ise 10 parça halinde çatlar ve açılır. Her çatlayan parça, plasenta zarı ile ortadan ikiye ayrılmıştır. Tohumlar, bu kısımlarda, karşılıklı olarak sıralanmıştır. Kırmızı jütün kapsülleri 130-200, beyaz jütün ise 35-50 arasında tohum içerir. Tohumlar, piramit şeklindedir. Beyaz jütün tohumları iri (2-3 mm uzunluğunda) ve koyu kahverenkli; kırmızı jütün ise küçük (1-2 mm uzunluğunda), mavimsi yeşil-siyah, koyu grimsi yeşil ve koyu grimsi sarı renklidir. 1000 tohum ağırlığı kırmızı jütte 2.0 g, beyaz jütte ise 3.3 g dolaylarındadır. Jüt tohumları, % 14-18 yağ içerir. Yağın temel yağ asitleri kompozisyonu türlere göre değişir. Linolenik, oleik ve palmitik asit içeriği, sırasıyla beyaz jütte ve kırmızı jütte, % 41-43 ve 62-66, % 29-37 ile 9-13, % 12 ve 16-24 arasındadır (Khandakar ve Van Der Vossen, 2003).

Beyaz ve kırmızı jütünün genel karakterleri benzer olmakla birlikte, bazı morfolojik özelliklerinde farklılıklar bulunmaktadır (Tablo 2.3).

**Tablo 2.3:** Beyaz ve kırmızı jüt türleri arasındaki farklılıklar (Mert, 2009).

| Özellik               | Beyaz jüt                                                                   | Kırmızı jüt                                                                     |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Yaprak                | 12 cm'ye kadar uzunlukta ve çoğunlukla acıdır.                              | 20 cm'ye kadar uzunlukta ve yenilebilir.                                        |
| Meyve şekli ve boyutu | Basık küre şeklinde ve 1-1.5 cm çapındadır.                                 | Silindirik, 5-10 cm uzunlukta ve 0.3-0.8 cm çapındadır.                         |
| Tohum                 | Kahverenkli ve 3.3 g/1000 tohumdur.                                         | Gri-siyah renkli ve 2 g/1000 tohumdur.                                          |
| Lif                   | Beyazımsı renkli, kaba ve kırmızı jütünkünden daha az kopmaya dayanıklıdır. | İnce, beyaz, parlak sarı veya kırmızımsı renkli, kopma dayanıklılığı yüksektir. |

Jüt saplarındaki lifler, havuzlama suretiyle elde edilir (Mwaikambo, 2006). Havuzlama, bir çeşit fermantasyon olduğu için, çürüme süresince pektinler, hemiselüloz, indirgen şeker, protein ve tanin gibi bazı temel maddeler ile birlikte laktik, butirik ve  $\alpha$ -ketoglutarik asit gibi bazı organik asitler de açığa çıkmaktadır (Banik ve diğ., 2003). Yani havuzlama çevre kirliliğine neden olmaktadır. Banik ve diğ. (2003) jütte geleneksel havuzlama yöntemi yerine, olgun jüt bitki saplarından mekanik olarak kabuk şeritlerinin soyulması ve sonrasında bu şeritlerin suda havuzlanmasını önermişlerdir. Bu yöntemde, şerit (ribbon) halinde havuzlama denir. Bu yöntemde havuzlama süresi 4-5 güne düştüğü gibi havuzlamada kullanılan su miktarı ve havuzlamanın yarattığı çevre kirliliği de azaltılmış olur (Banik ve diğ., 2003). Havuzlama sonrası lifler saptan ayrılır. Elde edilen lifler taranır, temiz suda yıkanır ve 3-5 gün güneşte kurutulur.

Jüt, dünyanın önemli lif bitkilerinden birisidir. Jüt lifleri, daha çok ambalaj malzemesi yapımında kullanılmaktadır. Bunun nedenleri arasında, jüt liflerinin dayanıklılığı, elastikliği, yeknesaklığı yanında jüt liflerinden yapılan çuvalların üzerine vurulan damgaların ileri geri kaymaması, hafif olması ve maliyetinin düşük olması sayılabilir (Maiti, 1997). Jüt lifleri, çuval

üretimi yanında, sicim, elektrik kablosu kaplaması, kayış, halı, perde ve kumaş üretiminde de kullanılmaktadır (Walton, 1988; Khan ve diğ., 1999). Jüt liflerinin en önemli alternatif kullanım alanlarından birisi de kâğıt üretimidir (Jahan ve diğ., 2008).

Kırmızı jütün yaprak ve tepe kısımları, yüksek vitamin (A ve C) ve mineral madde (demir ve kalsiyum) içeriği nedeniyle Güney Amerika, Filipinler, Malezya, Endonezya, Mısır, Sudan, Karayipler gibi bazı ülkelerde sebze olarak tüketilir (Tulio ve diğ., 2002). Diğer bir tür olan beyaz jütün yaprakları ise kaynatılarak Malezya ve Filipinler'de baş ağrısı, dizanteri, verem gibi hastalıkların yanı sıra yaraların tedavisi, öksürük giderici ve çocuklarda kuvvet verici (tonik) olarak kullanılmaktadır (Khandakar ve Van Der Vossen, 2003). Öte yandan jüt tohumları, içerdiği bazı glikozitler nedeniyle toksiktir (Matsufuji ve diğ., 2001). Buna rağmen Filipinler'de, tonik ve toz şekilde karın ağrısı ve ateş düşürme tedavisinde kullanıldığı bildirilmektedir (Khandakar ve Van Der Vossen, 2003).

*Hibiscus cannabinus* bitkisinden elde edilen ve birçok özelliği ile jüte benzeyen kenaf, jütün yerine kullanılır (Robertson ve Grieve, 1999).

Coğrafi Yayılışı: Kırmızı jüt birincil merkez olarak Afrika, ikincil merkez olarak ise Hindistan-Burma bölgesinden; Beyaz jüt ise Güney Çin'i de içine alan Hindistan-Burma bölgesinden köken almıştır (Basu ve diğ., 2004). Her iki türün de Güney-Doğu Asya'yı içine alan tropik bölgelerde tarımı yapılmakta ve her iki tür de doğal olarak yetişmektedir.

Jüt, Asya ve Afrika'da, uzun zamanlardan beri lif amaçlı üretilmektedir. Ancak, bitkinin lif amaçlı ne zaman kültüre alındığı kesin olarak bilinmemektedir. Bengal'de, 16. yüzyılda, jütten yapılmış kıyafetlerin ticaretinin yapıldığı bilinmektedir (Khandakar ve Van Der Vossen, 2003). Hindistan'da jüt üretimi 19. yüzyılın ilk yarısında artmıştır. Jüt, Brezilya'ya, Birinci Dünya Savaşı'nı izleyen yıllarda, Japonya'da yaşanan ekonomik durgunluk nedeniyle göç eden Japon göçmenler vasıtasıyla girmiştir (Winklerprins, 2006).

Jüt; Hindistan, Pakistan, Bangladeş, Brezilya, Çin, Burma, Nepal, Malezya ve Sri Lanka gibi ülkelerde yetiştirilmektedir. Hindistan, Bangladeş ve Pakistan temel jüt dış satıcısı ülkelerdir. Hindistan ve Burma fazla miktarda jüt üretimi yapan ülkeler olmalarına rağmen bu ülkelerde

ters iklim koşullarının yaygınlaşmasıyla son yıllarda jüt üretimi azalmıştır. Jüt dış alımı yapan ülkeler, kendi ihtiyaçlarını karşılamak ve üretici ülkelere doğrudan bağımlı kalmamak için sentetik lifler üretmeye başlamıştır.

Jüt bitkileri nemli, tropik iklimlere sahip alüvyal topraklarda yetişen yıllıklardır. Tohumlar, şubat ayında yaylalarda ve hazirana kadar yüksek yerlerde yayınlanarak ekilir. Ürün yaklaşık üç ila dört ay içinde olgunlaşır. Bu sırada bitkiler yaklaşık 3-4 m yüksekliğinde ve 1.2-1.9 cm kalınlığındadır. Yapraklar esasen bitkinin tepesine yakın olup sapı yapraktan oldukça arındırır. Sapları, çiçeklenmeden kısa bir süre sonra kesilerek hasat edilir. Hasat edilen saplar gerilir ve lifler elle ayrılır (Robertson ve Grieve, 1999).

#### ***Phyllostachys bissetii* McClure ve *Phyllostachys nigra* Munro**

Bambular, *Poaceae* veya *Gramineae* (buğdaygiller) familyası içerisinde *Bambusoideae* alt familyasının üyeleridir. Alt familya ise *Bambuseae* ve *Olyreae* olmak üzere iki oymaktan oluşur (Meredith, 2001). Odunsu çalı ve ağaç benzeri bambular, genellikle *Bambuseae* oymağına; otsu bambuların ise *Olyreae* oymağına bağlıdır (Meredith, 2001). Dünya genelinde 75 cins içerisinde tanımlanmış 1250 dolayında bambu türü olduğu tahmin edilmektedir. Dünyada ana ekonomik öneme sahip bambu türleri aşağıda verilmiştir (Scurlock ve diğ., 2000);

*Dendrocalamus strictus* (Roxb.) Nees: Hindistan kökenlidir ve en fazla ekonomik öneme sahip türdür. Sağlam saplı olan bu tür başlıca kâğıt yapımında kullanılır. *Dendrocalamus asper* Backer: Tayland kökenlidir ve bu tür yenilebilir sürgün üretimi amacıyla çoğaltılır. *Thyrsostachys siamensis* Gamble: Tayland kökenlidir ve kırsal/kent alanlarında inşaat amacıyla kullanılır. Ayrıca yenilebilir sürgün üretimi amacıyla da çoğaltılır. *Phyllostachys pubescens* Mazel ex J. Houz.: Çin kökenli olan bu tür (moso bambu ismiyle bilinen) dünya genelinde bambu kaplı alanların %30'undan fazlasını oluşturur (Kleinhenz ve Midmore, 2001). Yenilebilir sürgün ve direk üretimi amacıyla çoğaltılır. Ayrıca tekstilde kullanılan bambu liflerinin elde edildiği önemli bir türdür. *Phyllostachys bambusoides* Siebold & Zucc.: Çin kökenli olan bu tür, *Phyllostachys pubescens* türünden sonra en fazla geniş alana ve ticari öneme sahip türdür. Bu türden iyi kalitede kereste üretilir. *Phyllostachys pubescens* türüne göre soğuğa daha fazla dayanıklıdır.

Bambuların Genel Botanik Özellikleri ve Bambulardan Faydalanma: Bambular, çok değişik amaçlar için kullanılmaktadır. Bambular, her şeyden önce, hızlı büyüme özelliği, her zaman yeşil kalması, bulunduğu ortama tropikal ve egzotik bir atmosfer vermesi nedeniyle mükemmel peyzaj bitkileridir. Bambu ormanları doğal yaşamın ve toprağın korunması bakımından önemlidir. Bambudan 1500 dolayında ticari eşya yapılabildiği bildirilmektedir (Scurlock ve diğ., 2000). Genç bambu sürgünleri yenilebilmekte uygun saplar ise mobilya, el sanatları, müzik aletleri (örneğin Çin'in geleneksel enstrümanı okarina gibi), inşaat mühendisliği (köprü, bina iskelesi), çit malzemesi, direk, balık oltası, mangal kömürü, zemin döşemesi, paspas, tekne, sandal yapımında kullanılabilmektedir (Scurlock ve diğ., 2000; Malanit, 2009).

Bambu lifleri 1.5-3.2 mm uzunluğunda olması nedeniyle yüksek kaliteli kâğıt yapımına çok elverişlidir. Bambu kâğıdı ağaçtan yapılanlarla aynı kalitededir. Ancak parlaklık ve görsel kâğıt özellikleri ağaçtan yapılanlarda zamanla kötüleşirken, bambudan yapılanlarda sabit kalmaktadır (Malanit, 2009). Vietnam'da kâğıt sanayinde *Bambusa procera* A. Chev. ve *Schizostachyum pseudolima* McClure bambu türleri kullanılmaktadır (Tran, 2010).

Bambu lifleri, iplik ve kumaş üretimi için uygundur (Altınok, 2008). Bambu liflerinin selüloz oranının yüksek olmasının yanında bu liflerden elde edilen eşyaların konforlu özelliklere sahip olması son yıllarda bambu liflerinin popülaritesini artırmıştır. Bambu lifleri yüksek ter emme kapasitesi, serin tutması, yumuşaklığı, parlaklığı ve dökümlülüğü gibi özelliklerinden dolayı erkek ve kadın giyim ürünlerinde tercih edilir. Doğal anti-bakteriyel özelliği nedeniyle iç giyim ürünleri ve çorap üretimi yanında hastane giysileri, bandaj, maske, gıda ambalajları gibi pek çok sağlık ve tıbbi tekstil ürünlerinde kullanılmaktadır. Ayrıca UV ışınlarını kırma özelliği nedeniyle, özellikle yazlık giysi ve perde üretiminde; nem emişinin yüksekliği, yumuşaklık ve anti-bakteriyel özelliği nedeniyle havlu, çarşaf, battaniye gibi çeşitli ev tekstili ürünlerinin üretiminde kullanılır (Erdumlu, 2008).

Bambu sapları sert, esnek ve hafif olduğu için inşaat malzemesi (kereste) olarak kullanıma çok elverişlidir. Ayrıca bambu lifleri kompozitlerin (MDF, sunta vb.) yapısına girerek de inşaat ve yapı malzemelerinde kullanılır. Bunlara ek olarak bambu yaprakları, hayvanlar için de yem kaynağıdır (Mert, 2009).

Bambu, sanayileşmeden önce yetiştiği ülkelerin ekonomik kalkınmalarının sürdürülmesinde önemli rol oynamış bir bitkidir. Bambu, yüzyıllardan beri dünya nüfusunun yarından fazlasının hayatını tarım, sanat, kültür ve ev içi üretim olarak etkilemiştir. Arkeolojik kazılar günümüzden 5300 yıl önce Neolitik dönemde (MÖ 8000-5000) Doğu Çin’de sepet, hasır ve bazı eşyaların yapımında kullanıldığını göstermektedir (Li, 2003). Çin’de bambudan kâğıt üretiminin tarihi 2000 yıl kadar eskiye dayanmaktadır (Scurlock ve diğ., 2000). Bambu Çin tarihi ve kültüründe o kadar önemlidir ki Song Dynasty’nin bir başbakanı, Wen Tian Xiang, Moğollar tarafından öldürülmeden önce yazmış olduğu bir şiirde ‘Kim hayatta ölümsüz olabilir? Ama benim sadakatim bambu üzerinde sonsuza kadar parlayacak’ şeklinde yazmıştır. Başka bir önemli şair, Su Dongpo (1037-1101) ise ‘Yemek etsiz olabilir, ancak yaşam bambusuz olamaz’ demiştir (Li, 2003). Şairlerin bu sözleri bambunun insan yaşamını kolaylaştırıcı birçok eşyanın yapımında kullanıldığını göstermektedir.

Ağaçlardan farklı olarak bambularda ikinci büyüme görülmez. Yani sapların kalınlığı her yıl artmaz (Li, 2003). Sap dokusu, yarı yarıya parênşima ve vasküler demetlerden oluşur. En dış tabaka epidermis ve onun altında sert dokudan oluşan hipodermis tabakası bulunmaktadır. Vasküler demetler, % 40 lif ve % 10 iletim demetlerinden oluşur. Lifler, sap içerisine sıkı ve aksial bir şekilde yerleşmişlerdir (Karahan ve diğ., 2006). Sap boğumlarında lifler bükülmekte ve birbirlerine bağlanmaktadır. Bambu sapları, maksimum lif içeriğine 1 yaşında ulaşırlar (Kleinhenz ve Midmore, 2001). Sapların yaşlanmasıyla liflerin lignin içeriği artmaktadır. Bu durum liflerin birbirlerinden zor ayrışmasına ve odunlaşmasına neden olmaktadır. Bambu lifleri türe, çevre koşullarına ve bitki yaşına bağlı olarak, % 26-50 selüloz, % 21-31 lignin ve % 15-26 hemiselüloz içermektedir (Mwaikambo, 2006; Li ve diğ., 2007). Bambu lifleri ortalama 2.8 mm uzunluğunda ve 0.013 mm genişliğinde olup liflerin lümen genişliği ve hücre duvarı kalınlığı sırasıyla 0.003 mm ve 0.005 mm dolaylarındadır (Chew ve diğ., 1992).

Bambu lifleri doğal antibakteriyel özelliği, yüksek oranda nem tutma kapasitesi, biyolojik olarak ayrışabilme, yumuşaklık ve parlaklık, UV ışınlarını kırma gibi özellikleri sayesinde tekstilde geniş bir kullanım alanı bulmakta ve diğer selülozik liflere alternatif oluşturmaktadır (Erdumlu, 2008). Bambu lifleri % 99,8 oranında antibakteriyel aktivite göstermekte olup 50 yıkamadan sonra bile antibakteriyel aktivite oranı % 70’in üzerinde kalabilmektedir (Yüksek ve Özdemir, 2007).

Bambu lifleri çok miktarda mikro boşluk ve çukurlar içermesi nedeniyle yüksek seviyede nem tutma özelliğine ve hava geçirgenliğine sahiptir (Erdumlu, 2008). Bambu lifleri ağırlığının 3 katı kadar su tutma özelliğine sahip olduğu için vücuttaki nemi hızlı bir şekilde emebilmektedir (Yüksek ve Özdemir, 2007). Pamukla kıyaslandığında 3-4 kat daha fazla nem emebilme kapasitesine sahiptir (Mert, 2011).

Hasat zamanı, türe ve kullanım amacına bağlı olarak değişir. Kâğıt elde etmek için 1 yaşındaki saplar hasat edilmelidir (Kleinhenz ve Midmore, 2001). Bu yaştaki sapların lif kalitesi yaşlı olanlara göre daha yüksektir. *P. pubescens* gibi bazı türlerin kereste kalitesi hücre duvarının yoğunluğunun iyileşmesi nedeniyle 6-7 yaşına kadar artmaktadır. Kereste üretimi için 3-4 yaşından sonra hasat yapılması önerilmektedir (Kleinhenz ve Midmore, 2001). Saplar en fazla sıkıştırma basıncına, statik eğilmeye ve fiziksel özelliklere bu yaşlarda erişir (Mert, 2011).

Bambudan, bast ve rejenere selülozik lif olmak üzere iki farklı tip lif elde edilmektedir (Erdumlu, 2008). Bast lifler, olgunlaşan bitki saplarının kabuk kısımlarından elde edilir. Bast lifi olarak elde edilen bambu lifi doğal bambu lifidir. Bast liflerin elde edilmesinde mekanik yöntem kullanılabilir. Mekanik yöntemde, bambu bitkisinin odunsu kısımları parçalanır ve doğal enzimlerle yumuşak bir hale gelmesi sağlanır. Bu yöntem daha fazla işgücü gerektirmesi ve maliyetinin yüksek olması nedeniyle daha az tercih edilmektedir (Mert, 2011). Rejenere selülozik bambu lifi, ilk olarak, Çin'in Hebei kentinde (2002) Hebei Jigao Chemical Fiber Co. Ltd. isimli kimyasal lif üreticisi firma tarafından geliştirilmiştir. Rejenere selülozik lif, hidroliz-alkalizasyon ve çok fazlı ağartma prensibine dayanan bir dizi aşamalar sonucu oluşan bambu hamurundan elde edilir. Bu aşamalar; hazırlık, ıslatma, presleme, parçalama, kurutma, sülfirizasyon, ksantatlama, çözündürme, lif çekimidir (Erdumlu, 2008). Görüldüğü gibi rejenere bambu lifi, bitkide bulunan selülozun çeşitli kimyasal işlemlerden geçmesi sonucu oluşmuş suni bir elyafır (rayon). ABD Ticaret Komisyonu (FTC)'nuna göre bambu selülozundan suni elyaf (rayon) üretilmesi aşamasında kullanılan kimyasallar bambunun anti mikrobiyal ve doğal olma özelliğinin kaybolmasına yol açmaktadır (Mert, 2011).

Bambuların Coğrafi Yayılışı: Bambu türleri 40° Kuzey (Maryland), 47° Güney (Arjantin) enlemleri arasındaki tropik, yarı tropik ve ılıman bölgelerde dağılım gösterir (Mert, 2011).

Bambu, dünya geneline yayılmış ve 14 milyon hektardan fazla bir alanı kaplayan bir çim bitkisidir (Kleinhenz ve Midmore, 2001). Türlerin çoğunluğu Asya-Pasifik bölgesinde bulunmaktadır. Tür sayısı Çin’de 626, Hindistan’da 102, Japonya’da 84, Myanmar’da 75, Malezya’da ise 50’dir. Çin, dünya genelinde en fazla bambu alanına (7 milyon ha dolayı) ve endüstrisine sahip ülkedir. Bambu türleri genellikle Güney Amerika, Brezilya (134), Venezüella (68), Kolombiya (56)’da yayılış gösterir (Das ve diğ., 2008). Afrika kıtası ise 3 cins ve 3 türe sahiptir. Afrika’da yaygın bu türlerden *Arundinaria alpina* K.Schum., Kenya dağlık alanlarında; *Oreobambos buchwaldii* K.Schum., Uganda, Tanzanya, Zambiya ve Zimbabve; *Oxytenanthera abyssinica* Munro, tropik Afrika’da yayılış göstermektedir (Ohrnberger, 1999).

Otsu bambular, yaklaşık 110 tür, Brezilya, Paraguay, Arjantin, Meksika, Büyük ve Küçük Antiller’de yoğunlaşmıştır. Odunsu bambular karışık dallanma yapısı, odunsu sapı ve monokarpik çiçeklenmesi ile türüne az rastlanır bitkilerdendir (Das ve diğ., 2008). Odunsu bambu türleri, Avrupa hariç, dünya genelinde yayılış gösterir. Bunlar paleotropik, neotropik ve ılıman bölge odunsu bambuları olarak üç ana kategoride sınıflandırılır. Paleotropik bambular Afrika, Madagaskar, Hindistan, Güney Çin, Japonya, Sri Lanka ve Okyanusya; neotropik bambular Güney Meksika, Şili, Arjantin, Büyük ve Küçük Antiller; ılıman bambular Afrika, Hindistan, Madagaskar ve Sri Lanka’da yayılış gösterir (Mert, 2011).



Şekil 2.4: *Phyllostachys bissetii* McClure.

Bahçede bulunduğu yer: Taş Bahçe Altı-E Parseli (Şekil 2.4).

Familya : Poaceae

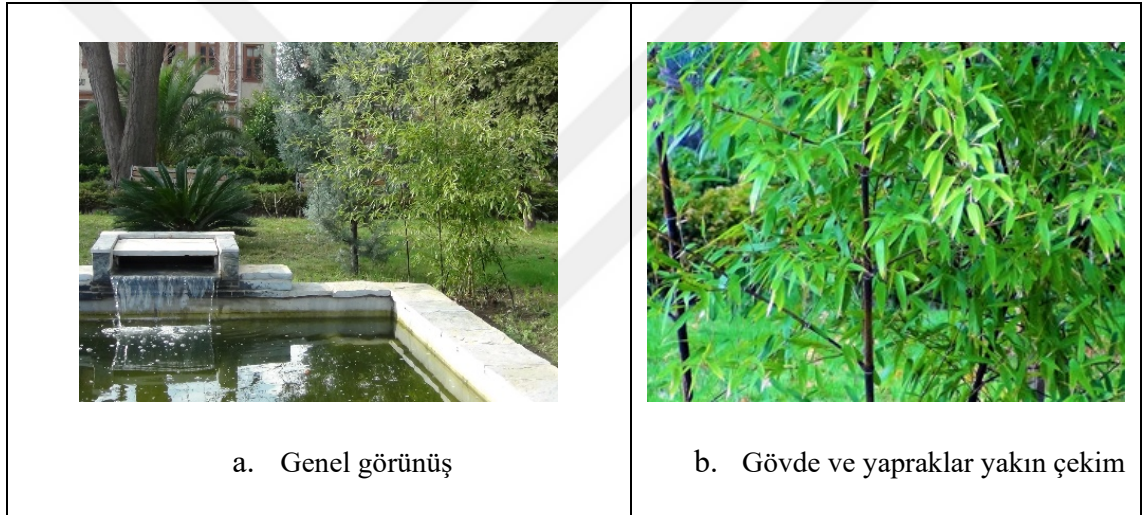
Subfamilia : Bambusoideae

Oymak : Arundinarieae

Cins : *Phyllostachys* Siebold & Zucc.

Tür : *Phyllostachys bissetii* McClure

Bilinen Adları ve Türkçe Adı: Kanada Bambusu'dur (Şekil 2.4). Coğrafi Yayılışı: Kuzey Amerika'dır.



**Şekil 2.5:** *Phyllostachys nigra* (Lodd. ex Lindl.) Munro.

Bahçede bulunduğu yer: Ön Bahçe Havuz Yanı (Şekil 2.5).

Familya : Poaceae

Subfamilia : Bambusoideae

Oymak : Arundinarieae

Cins : *Phyllostachys* Siebold & Zucc.

Tür : *Phyllostachys nigra* (Lodd. ex Lindl.) Munro

Bilinen Adları ve Türkçe Adı: Siyah Bambu'dur (Şekil 2.5). Coğrafi Yayılışı: Okyanusya, Kuzey ve Güney Amerika'dır. Kökeni: Kıtasal Amerika Birleşik Devletleri (Kıta ABD'si), Havai (Hawaii)'dir. Sinonimleri: *Phyllostachys henionis* Mitford, *Bambusa nigra* Lodd. ex Lindl., *Bambusa puberula* Miq., *Phyllostachys boryana* Mitford, *Phyllostachys henonis* Mitford, *Phyllostachys puberula* (Miq.) Munro, *Phyllostachys puberula* var. *boryana* Makino, *Phyllostachys puberula* var. *nigra* (Lodd. ex Lindl.) J. Houz., *Phyllostachys nigra* f. *boryana* (Mitford) Makino'dur.

***Musa ensete* J.F.Gmel. (*Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman), *Musa ventricosa* Welw. (*Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman), *Musa sapientum* (*Musa x paradisiaca* L.), *Musa zebrina* Van Houtte ex Planch. (*Musa acuminata* Colla), *Musa uranoscopus* Colla. (*Musa troglodytarum* L.)**

Belirli tropik ve subtropikal bitkilerin yapraklarından elde edilen tekstil liflerine yaprak veya sert lifler denir. Bu gruptaki ana ticari liflerden bir tanesi de abakadır. Abaca lifi, Filipinler'e özgü bir muz ailesinin üyesi olan *Musa textilis* bitkisinin yaprağından üretilir. Manila keneviri, bir kenevir değildir ve Filipinler'e özgü olmasına rağmen Manila yakınlarında yetişmediğinden yanlış bir isimlendirme yapılmıştır. Abaca, kaliteli halat ve kordon yapmak için geniş çapta kullanılmaktadır (Robertson ve Grieve, 1999).

*Musa* cinsi *Zingiberales* (syn. *Scitamineae*) takımına bağlı *Musaceae* familyasına dâhildir. *Musa* cinsi *Australimusa*, *Callimusa*, *Eumusa*, *Ingentimusa* ve *Rhodochlamys* olmak üzere 5 bölüme ayrılır. Bunlardan *Callimusa*, *Rhodochlamys* ve *Ingentimusa* bölümleri ornamental (süs) türleri, *Eumusa* bölümünün çoğunluğu yenilebilir muz türlerini kapsar. Yabani türler (*Musa acuminata* subsp. *banksii*, *Musa balbisiana*) hastalıklara, zararlılara ve kurağa dayanıklılık bakımından önemli genetik kaynaklardır (Kamaté ve diğ., 2001).

*Musa textilis* Née (syn. *Musa abaca* Perr.), *Australimusa* bölümüne bağlıdır. Abaka, uluslararası ticarete Manila keneviri (Manila hemp) ismiyle bilinir (Armecin ve diğ., 2005). Abaka lifleri de sisal gibi deniz suyuna ve tuzlu sulara karşı dayanıklı olduğu için halat ve sicim yapımında kullanılır (Jiménez ve diğ., 2005). Abaka lifleri yelken bezi, torba, hamak, sondaj ve sancak ipi, perde, keçe, kilim, halı, cüzdan, tavan ve yer kaplamacılığında, duvar

döşemeciliğinde, çimento ve asfalt kuvvetlendiricisi olarak kullanılır (Gonzal ve Valida, 2003; Armecin ve diğ., 2005). Ayrıca lif artıkları banknot, sigara, çay ve kahve filtresi gibi özel kâğıtlar, kablo yalıtım malzemesi, harita yapımında kullanılır (Jiménez ve diğ., 2005).

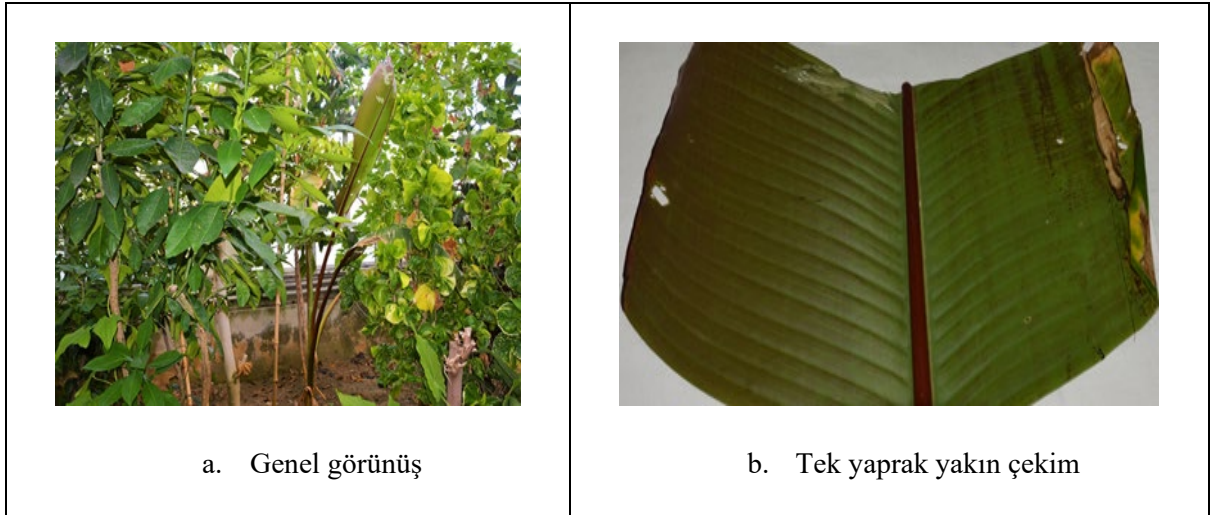
Abakanın kökeni, çoğu *Musa* türleri gibi Güney Doğu Asya'dır (Simmonds, 1966). Filipinler'de yabani abaka türlerinin yaygın olarak bulunması orijin merkezinin burası olma ihtimalini güçlendirmektedir (Gonzal ve Valida, 2003). Abaka liflerinin deniz malzemeleri ve balık ağı yapımında en iyi materyallerden biri olması nedeniyle 19. yüzyılda ihracata konu olmuştur. 1950'li yıllardan sonra sentetik liflerin artması nedeniyle önemi gittikçe azalmıştır. Ancak, 1960'lı yıllarda abaka liflerinin özellikle nitelikli kâğıt sanayisinde yeni değerlendirme imkânlarının keşfi ile tekrar önemi artmaya başlamıştır. Dünyada başlıca abaka üreticisi ülkelerin başında Filipinler gelmektedir. Bunun dışında Endonezya, Hindistan, Panama, Kosta Rica, Tayvan, Kuzey Borneo, Andaman Adaları, Sri Lanka, Burma, Java, Sumatra, Fiji ve Havai'de önemli abaka üreticisi ülkeler arasındadır. Abaka ıslahında yüksek lif verimi ve kalitesi, hastalık ve zararlılara dayanıklılık, erken olgunlaşma, farklı iklim ve toprak koşullarına uyum, kuraklığa dayanıklılık önemli seleksiyon ölçütleri arasında sayılabilir. Bu amaçlara ulaşmada türler arası melezlemelerden yararlanılabilir. Filipinlerde lif üretimi amacıyla geliştirilmiş çok sayıda abaka çeşidi bulunmaktadır. Abaka; çok yıllık, morfolojik özellikler bakımından muz ağacına benzeyen ancak ondan daha ince, yaprakları daha küçük, meyveleri yenmeyen ve tohumlu bir bitkidir (Mert, 2009).

Abaka lifleri, yaprak kınlarından elde edilir. Her bir yaprak kını; dayanıklı ve uzun birincil abaka liflerinin elde edildiği dış, zayıf ikincil lifleri içeren orta ve lif içermeyen iç katmanlardan oluşur. Ticari abaka lifleri, 1-3 m uzunluğundadır. Lif hücreleri (2-)4-8(-12) mm uzunluğunda, (6-)13-29(-53) µm çapında ve (1-)7-14(-33) µm lümen genişliğindedir (Gonzal ve Valida, 2003). Elyaf tellerinin uzunluğu 1 ila 3 m, çapı ise 0,05 ila 0,3 mm arasında değişmektedir. Nihai liflerin uzunluğu 3-12 mm, çapı ise 16-32 µm'dir. Karşılıklı görüş düzensiz biçimde yuvarlak veya oval şekilde ve lümen çok büyük ve genellikle boştur. Lif hücrelerinin ince pürüzsüz duvarları ve sivri veya keskin uçları vardır (Robertson ve Grieve, 1999).

Abaka lifleri, deniz suyuna karşı gösterdiği direnç ve olağanüstü kopma dayanıklılığı sebebiyle dayanıklı lifler arasında sınıflandırılır. Nitekim abaka lifleri pamuk, sisal, jüt, kenevir, rami, keten, kenaf liflerine göre kopmaya daha dayanıklıdır (Ochi, 2006). Ticari abaka liflerinin rengi yaprak kınındaki pozisyonuna, çeşide, temizleme ve kurutma yöntemine göre beyazdan açık ve koyu kahverengiye kadar değişir. Liflerin rengi ve görünümü, birtakım kimyasal işlemlerle iyileştirilebilir (Mert, 2009). Abaka lifleri düşük lignin, kül ve yüksek selüloz içeriği nedeniyle mükemmel bir kâğıt ham maddesi kaynağıdır. Ayrıca, abaka liflerinin yüksek pentosan içeriği nedeniyle elde edilen kâğıtların katlanma, ayrılma ve gerilmeye karşı elverişli olduğu bildirilmektedir (Peralta, 1996). Abaca, yüksek nemli ve tropik iklimde gelişen çok yıllık bir bitkidir. Yaprakları 40-50 cm genişliğinde ve 1.5-2.3 m uzunluğundadır. Çiçek ilk ortaya çıktığında hasat için hazırdır. Lifler, dış lif tabakasının içi etli tabakadan bıçaklar vasıtasıyla sıyrılmasıyla geri kazanılmaktadır. Lifler daha sonra tırtıklı bıçakların üzerinde çekilerek yapışkan malzemeden arındırılır. Hızlı kurutma, liflerin kuvvetini ve parlaklığını korumak için esastır (Robertson ve Grieve, 1999).

Abaka meyveleri muza benzer. Meyveler, 5-8 cm x 2-5 cm boyutlarındadır. Başlangıçta yeşil renkli olan meyveler olgunlaşmaya başlayınca sararır ve kıvrılır. Meyveler çok sayıda siyah ve küçük tohumlar içerir (Gonzal ve Valida, 2003). Meyve, mezokarp içerdiğinden dolayı yenmez. Meyvelerin olgunlaşmasından sonra sap, eğer lif amaçlı kesim yapılmamışsa ölür (Mert, 2009). Abaka, fazla sayıda yaprağa ve çok kısa kök sistemine sahip olduğu için tropikal bölge koşulları dışında yetiştirilemez (Kirby, 1963). Bu bölgeler, 15° kuzey 5° güney enlemleri arasında yoğunlaşır. Abaka tarımı için ortalama 27 °C sıcaklık, % 80 dolaylarında nispi nem ve 2000-3200 mm yıllık yağış uygundur. 1000 m'den fazla rakımlı yerler abaka tarımı için pek uygun değildir. Ancak Filipinler'de, 500 m'nin altındaki yağış dağılımı düzenli alanlarda abaka yetiştirilmektedir (Gonzal ve Valida, 2003). Abaka liflerinin yumuşaklığı, beyazlığı ve kopma dayanıklılığı dış kınılardan içeriye doğru azalır. Bu nedenle, hasat edilen dış, orta ve iç yaprak kınları ayrı ayrı gruplandırılır. Liflerin elde edilmesi için öncelikle yaprak kınlarının dış katmanlarının yırtılması ve soyulması gerekir. Bu işlem için yaprak kınının iç ve orta katmanlarını dış katmandan ayıran kısımlar arasına özel yapılmış bıçaklar sokularak lifli kısımlarının şeritler halinde çıkarılması sağlanır (Anonymous, 2004). Elde edilen şeritler tahta çubuk, testere, dişli bıçaklar arasına yerleştirilir, elle çekilir ve böylece liflerin epidermis ve parankimadan soyulması sağlanır.

Yaprak liflerinin elde edilmesinde en çok mekanik yöntemler kullanılmaktadır. Mekanik yöntemler yaprakları dövme, ezme ve kazıma esasına dayanır. Bu amaç için raspador, dekartikatör gibi bazı makineler kullanılır. Raspador, dekartikatörler geliştirilmeden önce kullanılmış bir makinedir. Bu makine, bazı bölgelerde hala kullanılmaktadır. Dekartikatör, raspadora göre daha hızlı ve otomatik bir makine olup günümüzde yapraklardan lif elde edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Anonymous, 2004). Dekartikatör ile yaprak kınının dış katmanlarında bulunan birincil lifler ile orta kısmında bulunan ikincil liflerin de elde edilebilme imkânı vardır. Öteki yöntemlere göre daha hızlı olan bu yöntem ticari ölçekteki işletmelerce kullanılır. Bir yapraktan elde edilen lif miktarı elde etme yöntemine göre değişir. Elle sıyırmada taze yaprağın %1.2-1.5'u, yarı mekanik aletlerle sıırmada %1.5-2.5'i ve dekartikatörle sıırmada %3.0-4.0'ü kadar lif elde edilir. Elde edilen lifler temizlendikten sonra kurutulur. Kurutma işlemi güneş altında ve gölgede yapılabilmektedir. İyi temizlenmemiş lifler özellikle yaprak kınının etli kısmı lif üzerinde yapışıp kalmış ise kahverengileşir. Lifler kurutulduktan sonra derecelendirilir ve balyalanır. Liflerin derecelendirilmesinde etkili olan faktörler; elde ediliş yöntemi, temizlik, dayanıklılık, uzunluluk ve renktir. Lifler, balyalanarak depolanır ve satışa sunulur. Bir yapraktan ortalama 400-500 g lif elde edilir (Gonzal ve Valida, 2003).



**Şekil 2.6:** *Musa ensete* J.F.Gmel. (*Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman).

Bahçede bulunduğu yer: Cycas Serası (Şekil 2.6).



**Şekil 2.7:** *Musa ventricosa* Welw. (*Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman).

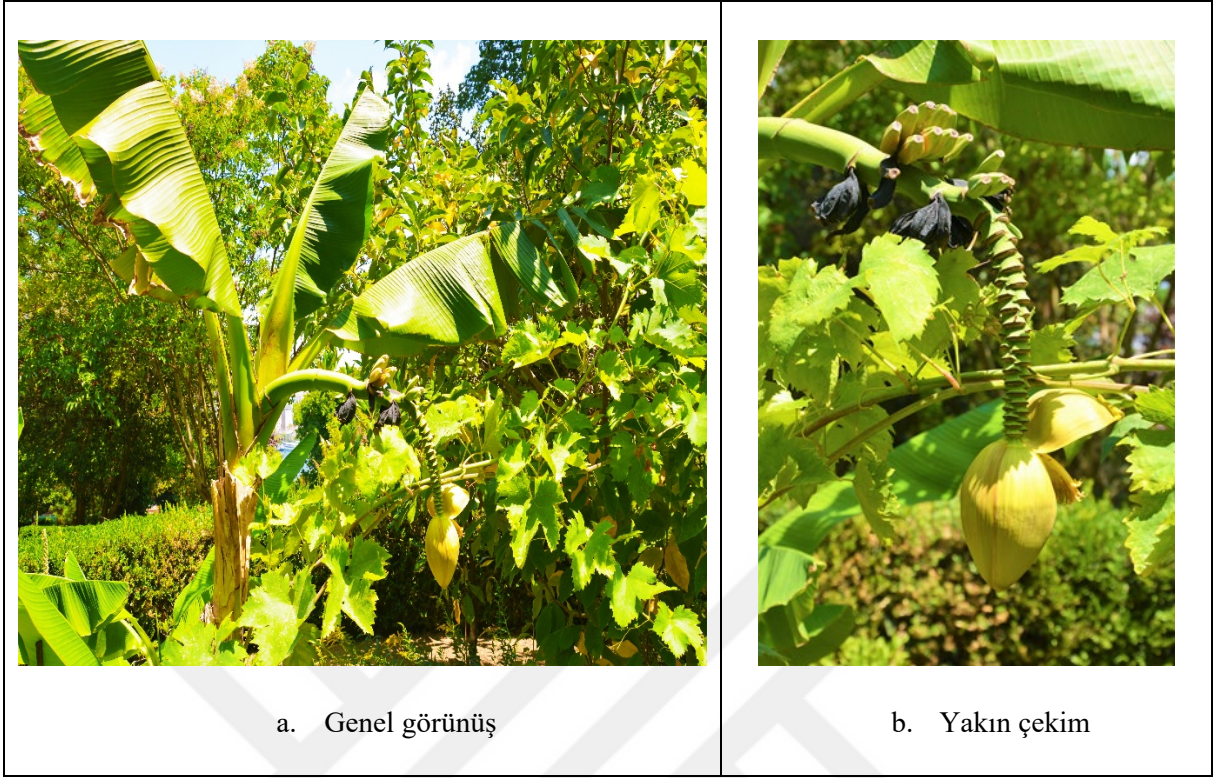
Bahçede bulunduğu yer: Tropikal Sera (Şekil 2.7).

Familya : Musaceae

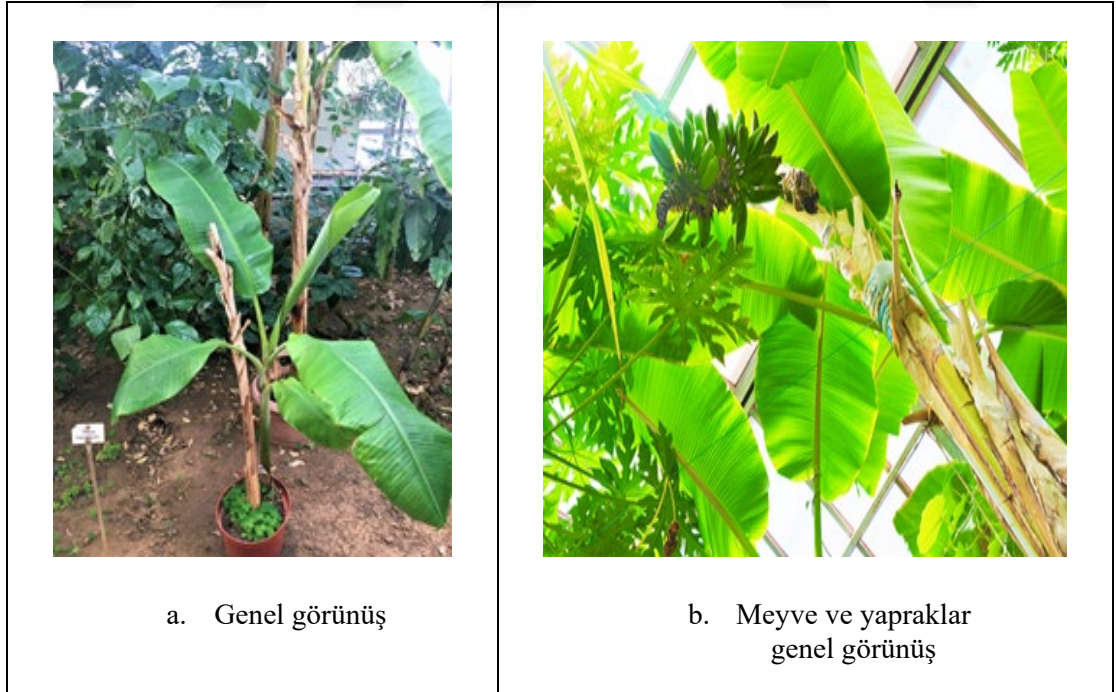
Cins : Ensete Horan.

Tür : *Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman

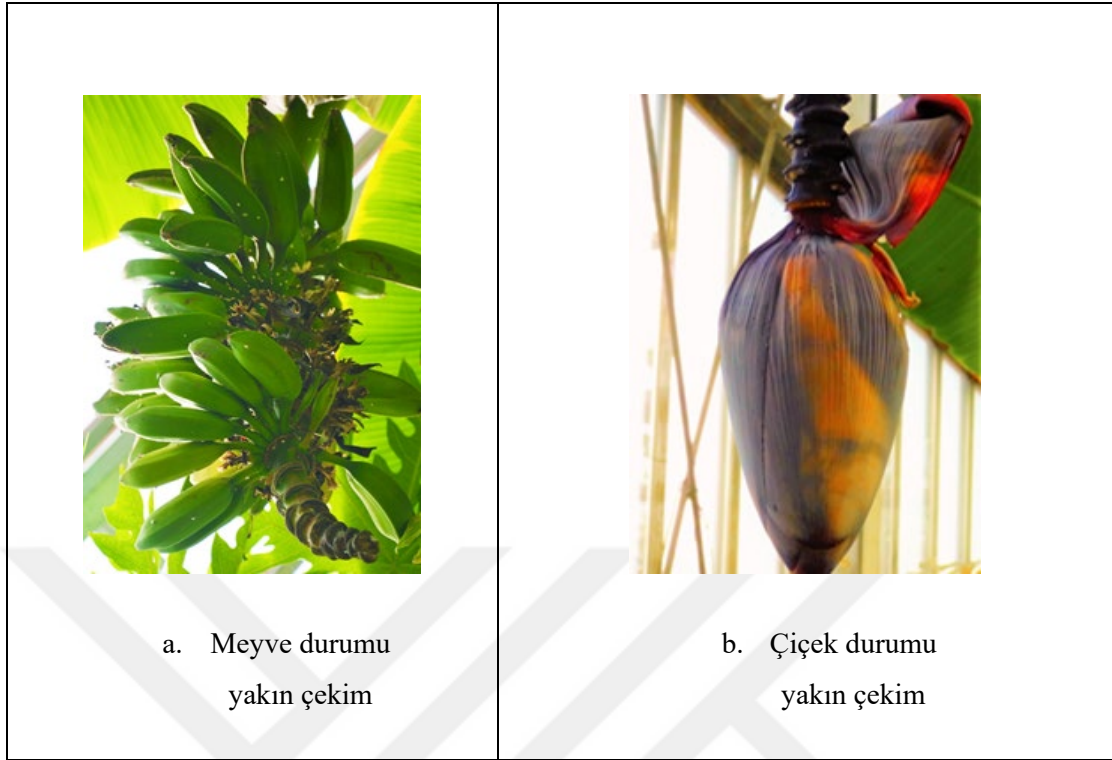
Bilinen Adları ve Türkçe Adı: Ethiopian banana, Abyssinian banana, false banana, enset ya da ensetedir. Coğrafi Yayılışı: Africa, Mozambik, Zimbabve, Malavi, Kenya, Uganda, Tanzania, Etiyopya ve Kongo'dur. *Ensete edule* Bruce ex Horan., *Musa ensete* J.F.Gmel. (Şekil 2.6) ve *Musa ventricosa* Welw. (Şekil 2.7), *Ensete ventricosum*'un sinonimleridir.



Şekil 2.8: *Musa sapientum* (*Musa x paradisiaca* L.).



Şekil 2.9: *Musa sapientum* (*Musa x paradisiaca* L.).



**Şekil 2.9 (devam):** *Musa sapientum* (*Musa x paradisiaca* L.).

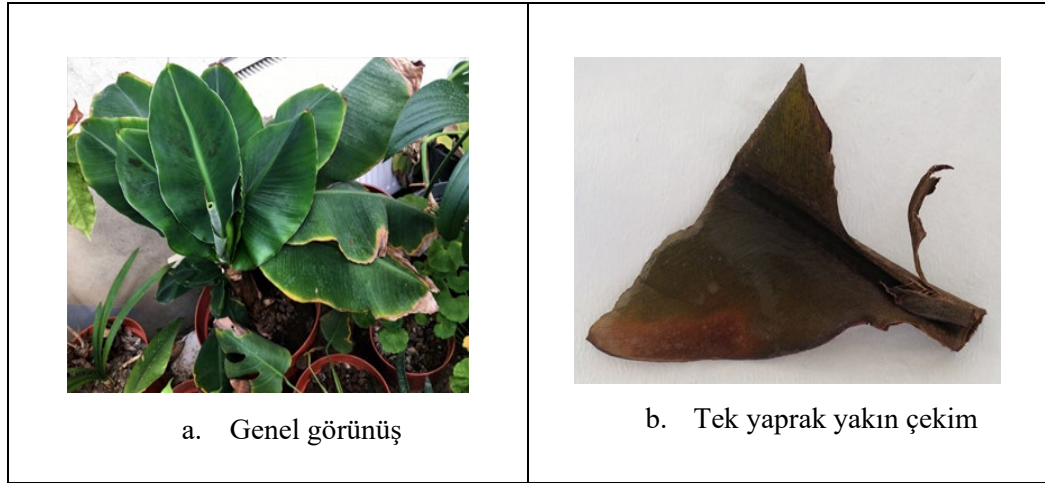
Bahçede bulunduğu yer: Orta Bahçe (Şekil 2.8) ve Tropikal Sera (Şekil 2.9).

Familiya : Musaceae

Cins : Musa L.

Tür : *Musa x paradisiaca* L. (pro sp.)

Bilinen Adları ve Türkçe Adı: Banana, plantain, French plantain'dir. Coğrafi Yayılışı: Okyanusya, Karayipler, Kuzey Amerika, Güney Asya'dır. Menşei ise Kıta ABD'si, Havai, Karayip Bölgeleri'dir. *Musa × paradisiaca*, *Musa acuminata* ve *Musa balbisiana* arasındaki melezin kabul edilen ismidir. *Musa sapientum* (Şekil 2.8 ve Şekil 2.9), *Musa × paradisiaca*'nın sinonimidir. *Musa x paradisiaca* L.'nin sinonimleri; *Musa x sapientum* L., *Musa sapientum* L., *Musa x paradisiaca* var. *paradisiaca* L., *Musa x paradisiaca* var. *sapientum* (L.) Kuntze, *Musa ornata* var. *normalis* Kuntze'dur.



**Şekil 2.10:** *Musa zebrina* Van Houtte ex Planch. (*Musa acuminata* x *zebrina*).

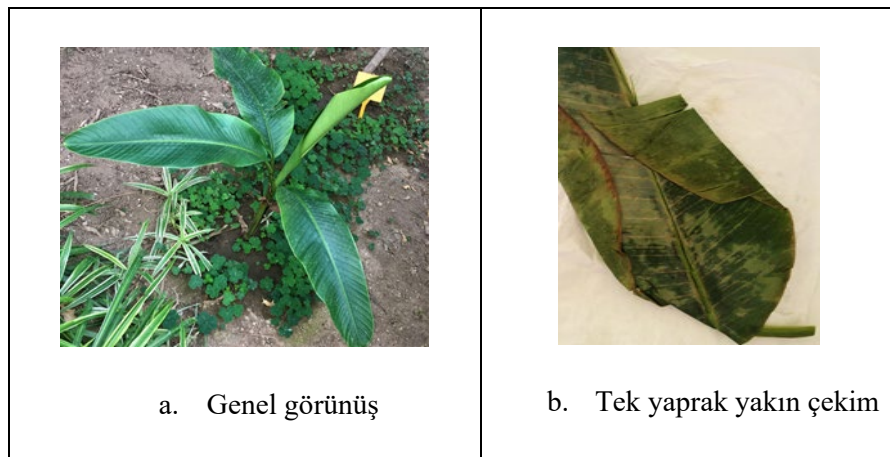
Bahçede bulunduğu yer: Cycas Serası (Şekil 2.10).

Familya : Musaceae

Cins : Musa L.

Tür : *Musa acuminata* Colla

Bilinen Adları ve Türkçe Adı: Yenilebilir muz (edible banana)'dur. Coğrafi Yayılışı: Kuzey Amerika, Africa, Güney Asya'dır. Kökeni ise Amerika Kıtası'dır. *Musa cavendishii* Lamb. ex Paxton, *Musa chinensis* Lamb. ex Paxton ve *Musa zebrina* Van Houtte ex Planch. (Şekil 2.10), *Musa acuminata* Colla'nın sinonimleridir.



**Şekil 2.11:** *Musa uranoscopus* Colla. (*Musa troglodytarum* L.).

Bahçede bulunduğu yer: Cycas Serası (Şekil 2.11).

Familiya : Musaceae

Cins : Musa L.

Tür : *Musa uranoscopus* Colla

Bilinen Adları ve Türkçe Adı: Fe'i Banana'dır. Coğrafi Yayılışı: Okyanusya, Avustralya, Güney Asya'dır. Kökeni ise Havai'dir. *Musa uranoscopus* L. A. Colla'nın (*nom. illeg.*) (Şekil 2.11) sinonimi *Musa troglodytarum* L.'dir.

## 2.2. KRİMİNAL (ADLİ) BOTANİK

Suç ve suçlularla mücadelede, bilim ve hukuk çerçevesinde, olay yerinde uzmanlarca yapılacak inceleme sonucunda elde edilen delillerin; olay yeri inceleme birimleri, adli tıp ve kriminal laboratuvarlarının yapacağı çalışmalar bir bütün olarak olayın çözümüne etki etmektedir (Çümen, 2007).

Suç haksız, kusurlu ve cezalandırılabilir olan bir davranıştır. Başka bir anlatımla suç, hukuka aykırı, kusurlu ve karşılığında yasada ceza öngörülmüş olan bir eylemdir. Suçun oluştuğundan söz edilebilmesi için, bir takım unsurların (yasallık unsuru, hukuka aykırılık, maddi unsur ve kusurluluk unsuru) bir araya gelmesi gerekir (Çümen, 2007). Suç, kişinin toplum içindeki bilinçli davranışlarından biridir. Kişinin bazı davranışları toplum içinde normal kabul edilirken bazı davranışları kınanır. Çünkü başkalarının değer yargılarına ve güdülerine uygun olmayan bir harekettir (MEB, 2018).

Kriminoloji, suç konusunu inceleyen çok disiplinli bir bilim dalıdır. Kriminoloji'nin Türkçe karşılığı 'Suç Bilimi'dir. Kriminoloji, suçu ve suçluları, bunlar arasındaki ilişkiyi, sebep sonuç ölçütleri içinde her türlü etken bakımından inceleyen ve kanunlar koymaya yönelik gözlemsel bir bilim dalıdır. Çok sayıda bilim insanı suçu sadece kendi ilgi alanları çerçevesinde incelerken, bazıları bunu nadiren de olsa değişik disiplinlerin ışığı altında incelemeye çalışmışlardır. Suçun ve suçlunun tek bir disiplin altında araştırılması ve incelenmesi sonucunda ortaya çıkan bulguların ve ileri sürülen görüşlerin uygulanabilirliğinin tartışılmasına karşılık, suçun ve suçlunun değişik açılardan ve değişik bilim alanlarında uygulanan bilimsel metodlar ile incelenmesi ile ortaya çıkan kriminoloji, diğerlerinden önemli ölçüde farklılaşmış

ve evrensel bir bilim kimliği kazanmıştır. Kriminolojiye bu ayrıcalıklı konumu sağlayan, kriminolojik çalışmada uygulanan araştırma yöntemlerindeki bilimsel objektiflik ve değişik bilim dallarının bulgularından yararlanarak gerçek hayatta karşılaşılan davranış türlerini incelenmesi gereken birer olgu olarak ele almasıdır (MEB, 2018).

Kriminoloji suçlu insanı, suça iten nedenleri, failin kişilik yapısını, psikolojik yapısını, sosyal yaşamdaki koşulları, eğitim düzeyini, genel kültürel ve ekonomik şartlar açısından inceler. Kriminoloji, psikoloji, sosyoloji, antropoloji, ekonomi ve biyoloji gibi bilimlerden ve ceza hukuku kurallarından yararlanarak, bireyi suça iten nedenleri ve bunların ortadan kaldırılması için alınması gereken önlemleri belirtir. Kriminolojik araştırmalar sonucunda suç ve suçlu kişi arasındaki ilişkide mağdurun kimliğinin de önemli olduğu tespit edilmiş ve kriminoloji ilgi alanını mağduru da kapsayacak şekilde genişletmiştir. Kriminolojinin mağdur ile ilgilenen bölümüne viktimoloji adı verilmektedir. Suçta maddi delillerin bulunması ve değerlendirilmesi anlamına gelen kriminalistik (bilimsel polislik) ise suçluların belirlenmesi için kullanılan çeşitli bilimsel verileri araştırır ve uygular (MEB, 2018).

Adli bilimcilerin görevi fail, olay yeri ve mağdur arasında bağlantı kurarak maddi gerçeğin ortaya çıkmasını sağlamaktır. Fiziksel kanıtlar, usulüne uygun olarak toplanıp analiz edilerek değerlendirildiklerinde soruştırmaya çok büyük yarar sağlayabilirler. Araştırıcının, bilim insanının ve hukuk adamlarının davadaki rolü; bütün kanıtları araştırmak, olabilecek tüm açıklamaları incelemek, analiz sonuçlarına ve kanıtlara dayalı olarak davayı bir sonuca bağlamaktır. Suçlu ya da kurban, tanıkların ifadelerinden ziyade bulunan fiziksel kanıtlarla belirlenir. Herhangi bir davada olay yeri inceleme, ilk ve en önemli adımdır. Çünkü eğer bulgular tanımlanamaz ya da iyi bir şekilde toplanamazsa mahkemede kanıt olarak kabul edilemezler. Hatasız hazırlanmış olay yeri tutanakları ve uzmanlık (ekspertiz) raporları, başarılı bir dava sonucu için anahtar faktörlerdir (Coyle, 2005).

İşlenen suçlar neticesinde olay yerinde bırakılan delilleri, günümüz bilimsel ve teknik yöntemlerin yardımıyla inceleyip değerlendirerek yürütülen adli, idari ve siyasal soruştırmalara yn verme, suç ve suçlunun kesin olarak belirlenip ispatlanması suretiyle yargı organları karşısına çıkarılmasını, adaletin doğru ve sratlı biçimde işlemesini sağlamak demokratik hukuk devletlerinin en önemli görevlerinden biridir. İşlenen suçların çözümü,

şüphesiz olay sonrası suçluların bırakmış oldukları delillerin iyi bir şekilde değerlendirilmesi sayesinde mümkündür. Delillerin tespiti, korunması, toplanması ve incelenmek üzere laboratuvara gönderilmesi aşamaları, polisin bilinçli ve profesyonel olarak çalışmasını gerektirmektedir. Nelerin delil olabileceğinin ve nasıl değerlendirileceğinin bilinmesi, suç ve suçlunun tespitinde atılacak ilk adımlardan birisidir (Çümen, 2007).

Adli bilimler, bilimin yasaya uygulanması şeklinde tanımlanabilir. Kimya, biyoloji, botanik, entomoloji (böcek bilim), fizik gibi birçok farklı disiplin bu tanım içinde yer alır. Biyolojik kanıtlar ya kurbandan ya şüpheliden ya da kurban dışındaki kişilerden kaynaklanabilir. Adli botaniğin konusunu oluşturan çeşitli bitkisel kanıtların kaynağı onların vegetatif (kök, gövde, yaprak) ve generatif (çiçek, meyve, tohum) organları olup çok çeşitli suçlarla ilişkili olabilmektedirler (Küçükler, 2017).

Adli bilimlerin genel olarak kabul edilen bazı uzmanlık alanları şunlardır; adli botanik (bitki biliminin yasal olarak uygulanması), adli eczacılık (ilaç hukuk bilimi), adli farmakoloji (ilaçların kaynaklarını, kimyasal ve fiziksel özelliklerini, vücuda alınışlarını, etki şekillerini ve hastaya verilecek hale getirilme yöntemlerini araştıran bilim dalı), adli mikrobiyoloji (mikrobiyolojinin yasal olarak uygulanması), adli odontoloji (insan kimliklerinin belirlenmesinde dişlerin bilimsel olarak incelenmesi), adli antropoloji (iskelet kalıntılarının kimliklendirilmesi), adli toksikoloji (insan doku ve organlarında zehirli maddelerin belirlenmesi), adli entomoloji (böceklerin doğal ortamlarının ve yaşam döngülerinin bilinmesi ve ölüm zamanının belirlenmesi), adli arkeoloji (mezarlıkların incelenmesi ve geçmiş olay yerlerinin rekonstrüksiyonu), adli mühendislik (trafikte meydana gelen kazalar ile uçak kazalarının incelenmesi ve mekanik kusurların ortaya çıkarılması, vs.), adli meteoroloji (hava koşullarının adli vakalara uygulanışı). Adli bilimlerin amaçları maddeler halinde aşağıda verilmektedir (Küçükler, 2017);

1. Adli davalarda çözüm için gereken bilimsel kanıtları oluşturmak,
2. İddia edilen konular üzerinde araştırma yapmak,
3. Cinayet, kaza ve şüpheli ölümlerde sebeplerin ortaya konulmasında veya ölüm zamanının tespitinde bilimsel kanıtları sağlamak,
4. Suçlunun tespiti veya suç işlenen yerin özelliklerinin ortaya konulmasında bilimsel kanıtları bulmak şeklinde özetlenebilir.

Adli Eczacılık, Adli Farmakoloji, Adli Entomoloji ve Adli Mikrobiyoloji bu tezin konusunu oluşturan Adli Botanik ile yakın işbirliği yapan dört bilim dalıdır (Küçükler, 2017). Türkiye için yeni bir konu olan ‘Adli Eczacılık’; ilaçla tedavi biliminin hukuka uygulanmasıdır. Bilinen eczacılık mesleğini icra eden kişiler bu konu gündeme geldiğinde artık adli eczacı olarak tanımlanırlar. Adli eczacılar, meslekle ilgili davalar, yasal düzenlemeler veya kriminal yargı sistemi ile ilgilidirler. Adli eczacılar mahkemelerde tanık olabilirler, yasal düzenleme çalışmalarına katılabilirler. Adli eczacıların ilgi alanları arasında reçete sahtekârlıkları (reçetede tahrifat, sahte reçeteler), farmakolojik ötenazi, ilaç bağımlılığı ve suistimali ile ilgili analizler, yanlış tedavi, ilaç etkileşimleri ve ilaçların istenmeyen yan etkileri (ilaç-ilaç ve ilaç-besin etkileşimleri), ilaca bağlı şiddet (olay anında bir ilacın etkisinde olup olmadığı), ilaç etkisindeyken araba kullanmak, analiz sonuçlarında değişiklik yapılması, hasta sırlarının açığa vurulması, hastanın ilaç kullanımıyla ilgili onayı, zehirlenmeler ve psikoaktif tedavinin denge üzerine etkileri bulunmaktadır. Adli eczacılar ayrıca kolluk kuvvetlerine ilaçlar hakkında bilgi vermek, gerektiğinde onların yanında kriminalist olarak çalışmak gibi görevler de üstlenebilmektedirler (Küçükler, 2017). Adli Farmakoloji, kimyasalların bir bireyin davranış, hastalık, yaralanma veya ölümle ilişkilendirilmesi sorunlarına cevap verir. Bu, ilaçların etkilerinin yorumu ve etki sürelerinin medikal hukuksal bir işlemi kolaylaştırmak amacıyla yorumlanması olarak tanımlanabilir. Adli farmakolog, vücut sıvılarını ve dokularını analiz eder ve bir kişinin davranışı, hastalığı, yaralanması veya ölümünde bir ilacın veya belirli bir kimyasal maddenin rolünü değerlendirirken hukuk insanlarına yardımcı olması için kimyasal verileri yorumlar. İlaç sıklıkla intihar girişiminde ve cinayet veya cinsel saldırı aracı olarak kullanılır. Bir adli tıbbî farmakolog, uyuşturucu veya zehirin silah olarak kullanılmasını, bir ilacın etkisiyle zihinsel zayıflama veya saldırganlık nedenlerini, spesifik bir ilacın kullanımının kişinin ruhsal durumunda yapacağı değişiklikleri, açıklayabilecek bilgilerle donatılmış bir uzmandır (Küçükler, 2017). Adli entomoloji, ölümden sonra geçen süreyi (post mortem interval) belirlemek amacıyla bir insan cesedi ile ilişkili böceklerin teşhis ve tayini çalışmasıdır. Araştırmacılar böceklerin gelişimini inceleyerek bunu tespit edebilirler. Böcek kanıtları, vücudun ölümünden sonra ikinci bir bölgeye taşındığını veya vücudun hayvanlar tarafından veya katilin suç mahalline dönerek bozulduğunu da gösterebilir. Adli entomoloji, bir canlının ne kadar süre içinde öldüğünü de açığa çıkarabilir. Parçalanmış bedenler üzerinde gelişme konusunda uzmanlaşmış bazı böcek türleri vardır. Bununla birlikte, günümüzde adli entomolojinin birincil amacı ölümden bu yana geçen zamanı belirlemektir (Kökdeniz, 2016).

Özellikle son yıllarda mikroorganizmaların silah olarak kullanıldığı olayların artması, mikroorganizmaları ve etkilerini bilen, aynı zamanda olaya adli yaklaşım konusunda bilgi sahibi olan adli mikrobiyoloji uzmanlarını ve adli mikrobiyolojiyi ön plana çıkarmıştır. Adli mikrobiyolojinin çalışma alanı iki ana başlık altında toplanabilir. Bunların ilki, biyolojik terör, biyolojik suç ve hata, ihmal veya kaza kaynaklı mikroorganizma-toksin salınımlarından sonra delillerin incelendiği ve değerlendirildiği çalışmalardır. Bunun yanı sıra adli mikrobiyologlar bitkisel ve hayvansal besinlerde üreyen mikroorganizmalar veya toksinlerinin alınımıyla oluşan zehirlenmelerde ve besinlerle ilgili suç sayılan uygulamaların araştırılmasında da görev almaktadırlar (Tuğ, 2009).

Mikrobiyoloji biliminin teorik ve pratik bilgilerinden biyolojik terör, besin zehirlenmeleri ve post mortem incelemelerde ölüm nedeninin tespiti ve çalışmaları yapan ekibin enfeksiyon riski için yararlanılmaktadır. Patojen organizmalar ve onların toksinleri biyolojik terör eylemlerinde, biyolojik suçlarda veya bilinçli olmayan mikroorganizma/toksin salınımı olaylarında silaha dönüşebilirler. Bu tür olaylarda delillerin tanımlanması, toplanması ve suçluların tespitine yönelik çalışmalar adli bilimlerin alt dallarından biri olan adli mikrobiyolojinin ilgi alanındadır. Adli mikrobiyoloji araştırmaları, olay yeri incelemesi, delil zinciri uygulamaları, bulgu toplama, koruma, inceleme, sonuçları yorumlama ve mahkemeye sunma gibi klasik delil çalışmalarına ek olarak etkenin etiyolojisini (hastalıkların etkenlerini inceleyen bilim dalı) ve tipini belirlemeye yönelik çalışmaları da içerir. Mikrobiyal etkenin belirlenmesi otopsi ekibinin enfeksiyondan korunması ve ölüm nedeninin tespiti açısından da önemlidir. Moleküler tiplendirme testleri ile şüphelinin mağdura AIDS virüsü bulaştırması gibi suçların araştırılması mümkün olduğu gibi genetik incelemelere ek olarak fiziksel ve kimyasal analizlerle biyolojik silahın hazırlanma, saklanma veya yayılımıyla ilgili bilgiler elde edilebilir (Tuğ, 2009).

### **2.2.1. Kriminal İncelemelerde Biyolojik ve Bitkisel Bulguların Kullanımı**

Adli bilimlerde olay yeri incelemesi için bulguların toplanması, biyolojik örnek (semen (meni), saliva (tükürük), kan), ateşli silahlar ve balistik, latent izler (parmakizi), belge inceleme, adli fotoğrafçılık, kimya (kundakçılık ve patlamalar), fiziksel izler (boya, saç ve lif analizleri), bilişim suçları ve toksikoloji konularını içerir. Bütün bu geniş konular içerisinde adli bilimlerde özelleşmelere gidilmiştir (Coyle, 2005).

Örneğin; biyoloji içerisinde bir adli bilimci DNA analizlerinde ve hatta DNA'nın belirli bölgelerinde (örneğin; mitokondrial DNA analizi) uzmanlaşabilir. Kriminal botanik de adli bilimlerin geniş bir bölümü olup fiziksel delil çeşitlerine (Tablo 2.4) bağlı olarak adli laboratuvarlarda testlerin ve adli botanik incelemelerin yapıldığı biyoloji içerisinde yer alan bir ihtisas alanı olarak tanımlanabilir (Coyle, 2005).

**Tablo 2.4:** Fiziksel delil çeşitleri (Coyle, 2005).

|                           |                                                                                                                                   |                                                                                                        |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Geçici İzler</b>       | Zaman içinde kolayca kaybolabilen ya da değişebilen deliller. Örnek; elbise ya da objeler üzerinde olan kan ya da vücut sıvıları. | Vücut sıcaklıkları, kokular, ısırma izleri, alet izleri, çürümeler.                                    |
| <b>Ortama Bağlı İzler</b> | Düzgün bir biçimde kaydedilmedikleri takdirde doğa şartları nedeniyle kaybolurlar.                                                | Morluklar, ölüm sonrası katılığı, mide muhteviyatı (hayvan ve bitki parçaları), hava durumu, böcekler. |
| <b>Numune İzler</b>       | İşaretler, damgalar, diş izleri veya olay yerinde bulunan diğer izler.                                                            | Tekerlek ve ayakkabı izleri, baskılar, yara örnekleri, cam kırıkları.                                  |
| <b>Değişebilen İzler</b>  | Bir araya gelen nesnelerin fiziksel değişime uğraması.                                                                            | Boyalar, saçlar, lifler, ipler, toprak, cam, bitki parçacıkları.                                       |
| <b>İlişkili İzler</b>     | Bir kurbanı veya şüpheliyi olay yeri veya birbiriyle ilişkilendirebilecek kanıtlar.                                               | Cüzdan, kimlik kartları, anahtar, takı, fotoğraflar, elbiseler, para.                                  |

Adli bir olgunun üç temel unsuru vardır. Bunlar; olay yeri, mağdur ve faildir (Çümen, 2007). Olay yeri incelemelerinin temeli değişim prensibine dayanır. 20. yüzyılın başlarında Fransa'da yaşamış olan adli mikroskopi uzmanı ve kriminolog Edmond Locard (1877-1966) tarafından bir kuram geliştirilmiştir. Locard'a göre 'Ne zaman iki ya da daha fazla yüzey bir araya gelirse bu iki yüzey arasında karşılıklı olarak madde alış veriş olur!' Bu temel prensipten yola çıkarak şöyle bir genelleme yapabiliriz; 'Her temas bir iz bırakır!'. Bu kavram kanıt olabilecek örneklerin bir şüpheli ve kurbanın ilişkilendirilmesinde, kurbanla olay yerinin ya da şüpheli ile olay yerinin birbirleriyle bağlantılı olabileceklerini göstermede kullanılabilecek kritik bir kavramdır (Coyle, 2005). Olay yeri, olayın türü, gerçekleşme şekli hakkında birçok iz ve delili barındırır. Bu sebeple adli bilimlerin olay yerinde başladığı kabul edilir (Çümen, 2007).

Lifler de dâhil olmak üzere, iz delillerinin adli incelemesi, büyük ölçüde Lyon Üniversitesi'nde Kriminalistik Enstitüsü Kurucusu ve Yöneticisi Edmond Locard tarafından öne sürülen ve basitçe her temasın bir iz bıraktığını belirten bu teoriye dayanmaktadır. Locard burada bir Alman kimyagerine (Liebig) atıfta bulunmuş olmasına rağmen, bu genellikle Locard değişim ilkesi olarak belirtilir. Bu prensipten yola çıkılarak sonunda bir olayın bütün adımlarını yeniden inşa edip olayı kurgulamak mümkündür. Bazı durumlarda, aktarılan malzeme miktarı o kadar küçük olabilir ki, mevcut teknoloji tarafından tespit edilemez veya tanımlanamaz. Ayrıca transferden sonraki bazı malzemelerin kayıp oranı, transferden çok kısa bir süre sonra tespit edilemeyecek kadar fazla olabilir (Robertson ve Grieve, 1999).

Olay yeri incelemesi herhangi bir adli araştırmada ilk ve en önemli basamak olarak düşünülebilir. Delil tanınmazsa ya da uygun olmayan bir biçimde toplanıp paketlenirse, mahkemede delil olma özelliğini kaybedebilir. Bütün fiziksel kanıtlar için olay yeri ile ilişkilendirilmesi gereken çok önemli üç basamak vardır. Bunlar; delilin tanınması, uygun toplama metotları ve delilin daha sonraki analizler için ve mahkemelerde kullanılmak üzere yeterli miktarlarda (şahit numune) saklanmasıdır. Olay yerinden toplanan deliller, teşhisleri yapılmak üzere laboratuvara gönderilirler. Delilin identifikasyonu yani teşhisi örneklerin bir fiziksel, biyolojik ya da kimyasal kategori içerisinde sınıflandırılması anlamına gelir (Coyle, 2005).

Adli bilimlerde öncelikle incelenecek olan bulguların fiziksel ya da kimyasal özellikleri, var olan analitik tekniklerin izin verdiği ölçüde en yakın kesinlikle belirlenir. Bu aşama identifikasyon (kimliklendirme) adını alır. Bulguları kimliklendirmek için gerekli olan analiz çeşidi ve sayısının tüm diğer maddeleri dışlamak için yeterli olması gerekir. Ayrıca her bulgu çeşidi, açık bir şekilde farklı testlere gereksinim duyar ve her farklı testin bir belirleme derecesi vardır (Çümen, 2007).

İnceleme bittikten sonra, adli bilimler uzmanı şüpheli örnek ile karşılaştırma örneğinin kaynaklarına göre bir sonuç çıkarır. Eğer karşılaştırma için seçilen özellikler uymuyorsa; uzman örneklerin aynı olmadığı, dolayısıyla aynı kaynaktan gelmiş olamayacağı sonucunu vermekte tereddüt etmemelidir. Bu durum dışlama adını alır. Diğer taraftan, tüm özellikler karşılaştırılıp, örnekler araştırmacının belirleyebileceği ölçüde ayırt edilemiyorsa; bu durum her

zaman örneklerin aynı kaynaktan geldiğini de göstermez. Ancak o örnek artık dâhil edilmiştir ve örneğin o kaynaktan geldiği değil, gelmiş olabileceği söylenir ki; bu dâhil etmede de olasılığın büyük bir önemi vardır. Adli bilimlerde, bu olasılığın hesaplanmasında da istatistiksel veriler kullanılarak matematiksel bağlantılardan yararlanılır (Çümen, 2007).

Objektif olan bilimsel kanıtlara, mahkemelerce büyük güven duyulmaktadır. Görgü tanıklarının açıklamaları yanı ya da güvenilmez olabilmektedir. Ancak DNA, parmak izi, avuç izi, vücut izleri ya da iz bırakan diğer deliller şüpheli ve kurbanın suçla ilişkilendirilmesinde, suç anında başka yerde olduğunu iddia eden (alibi) bir kişinin söylediklerinin doğru olmadığının ortaya çıkarılmasında ya da önemli incelemelerin doğru bir biçimde yönlendirilmesinde her şeyden bağımsız ve objektif bir biçimde yol gösterirler. Ayrıca fiziksel delil çeşitleri (Tablo 2.4) ve biyolojik delil kaynakları (Tablo 2.5) zamanında haksız yere suçlanmış kişilerin beraat ettirilmesinde önemli bir yere sahiptir (Coyle, 2005).

**Tablo 2.5:** Biyolojik delillerin kaynakları (Coyle, 2005).

|                                |                                                                                                                     |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Vücut Sıvıları</b>          | Kan, semen (meni), saliva (tükürük), idrar, gözyaşı, safra, ter vb.                                                 |
| <b>Dokular (Yumuşak)</b>       | Deri, organlar, saçlar, tırnaklar vb.                                                                               |
| <b>Dokular (Yapısal, Sert)</b> | Dişler, kemikler, kafatası vb.                                                                                      |
| <b>İnsan Artıkları</b>         | Dışkı, kusmuk vb.                                                                                                   |
| <b>Kullanılan Nesneler</b>     | Dudak boyaları, diş fırçaları, taraklar, traş makinesi, sigara izmaritleri, içecek bardak ve şişeler, elbiseler vb. |
| <b>İnsan Dışında</b>           | Bitkisel, hayvansal, mikrobiyal madde, lekeler vb.                                                                  |

### 2.2.2. Bitkisel Bulguların Kaynakları

Adli olaylarda, bilinen bulgu toplama ve değerlendirme yolları arasında bitkilerde değerli bilgiler elde edilir. Bunlar doğrudan veya dolaylı ‘kabul edilebilir kriminal kanıt’ olarak sayılır. Adli botanik, suçları çözmeye yardımcı olmak veya diğer yasal problemleri çözmek için bitki materyalleri kullanılmasını ifade eder. Kanıtların günümüzde karmaşıklığı ve teknolojik açıdan gelişmişliği ile birlikte, kolluk kuvvetleri ve mahkemeler, botanikten elde edilen kanıtların,

cezaî veya hukukî davalarda önemli delilleri nasıl sağlayabileceğinden daha fazla haberdar olmuşlardır. Bitki kalıntıları neredeyse her yerde bulunduğundan, makroskopik; ahşap veya kömür, tohumlar, meyveler, yapraklar, dallar, çiçekler ya da mikroskopik; hava yoluyla taşınan polen veya sporlar, çeşitli tiplerde tüy (trikomlar), mide içeriğindeki bitki hücreleri şeklinde bir olay mahallinde önemli deliller olarak ortaya çıkabilir. Morfolojik ve moleküler çeşitlilik ile ekolojik özellikler ceza davalarında araştırmacılara bitkisel materyalin tanımlanmasını, suçun meydana geldiği coğrafi konum ya da mevsim gibi yararlı bilgilerin ortaya konulmasını sağlar. Örneğin; bir cesedin taşınmış ya da gömülmüş olduğunu veya bir şüphelinin suç mahallinde bulunup bulunmadığı (alibi) gibi verileri sağlayabilir (Coyle, 2005). Önce morfoloji hakkında bilgi toplanır. Binlerce yıldır insanlık ahşap ve ahşap yan ürünlerini sayısız amaç için kullanmıştır. Sonuç olarak mobilya parçaları, heykeller, eserler, aletler, sopalar, bastonlar, talaş, odun parçaları ve kâğıt gibi ahşaptan oluşan örnekler rutin olarak kriminalistler, kimyagerler ve koruyucular (kolleksiyonerler) tarafından incelenir. On dokuzuncu yüzyılın ortalarından önce, tüm kâğıtlar öncelikle Mitsumata iç ağaç kabuğundan (dut ağacı), eski paçavralardan (çul-çaput) ya da diğer bitkisel liflerden yapılmıştır. Bugün ise tüm kâğıdın % 90'dan fazlası esas olarak odun hamurundan yapılmaktadır. İncelenen bir kâğıdın yapımında kullanılan odun hamuru (hamurları), numunede bulunan temel odun hücrelerinin tanımlanmasıyla belirlenebilir. Sert ağaçların ve yumuşak ağaçların ksilem veya odun oranı, kâğıt üretiminde kullanılan hammaddenin kaynağıdır. Bir tahta parçası, selülozik mikro-iplikçiklerden oluşan ve hemiselüloz olarak bilinen boşluk doldurucu bir matris malzemesi ile çevrili çok sayıda temel ahşap hücresinden oluşur. Bunların hepsi lignin olarak bilinen doğal yapışkan bir polimer tarafından bir arada tutulur. Odunda üç ana hücre sınıfı vardır. Bunlar; parankima, damar elemanları ve liflerdir (Petraco ve Kubic, 2004).

Bitkisel materyalin adli amaçlı analizi, bitki sistematigi ve anatomisi, palinoloji, ekoloji, moleküler biyoloji ve bitki kimyası gibi birkaç bitki bilimi alt disiplininin birinde veya birkaçında uzmanlık gerektirir. Kanıtların değerlendirilmesi sıklıkla, üniversitelerin, tarımla ilgili kurumları ve adli birimlerin kendilerinin oluşturdukları herbaryumlardan gelen kapsamlı referans koleksiyonlarına (palinolojik, anatomik veya morfolojik slayt koleksiyonları veya diğer karşılaştırmalı materyal formları) erişmeyi gerektirir. Bu sebeplerden dolayı, araştırma laboratuvarları genellikle çok spesifik soruları yanıtlamak için üniversiteler, müzeler veya botanik bahçeleri tarafından çalıştırılan botanikçilere başvurumaktadırlar. Adli tıpta bitki

DNA'sının kullanılmasına ilk kez 1990'lı yıllarda bir ceza soruşturmasında başlanmış; bu olay moleküler bitki biyolojisi konusunda lisans ve yüksek lisans diplomalı, deneyim sahibi mezunların işe alınmaları için fırsat oluşturmuştur (Coyle, 2005).

Bitkisel materyal, suçun işlendiği olay yerinden, kurban veya maktül üzerindeki giysilerden veya şüphelilerin giysilerinden toplanabileceği gibi kurban üzerinde gerçekleştirilen otopsi sırasında mide muhteviyatı içeriğinden de (doğrudan doğruya) elde edilebilir (Coyle, 2005).

Adli botanik yönde bir şüpheli veya kurban üzerinde yapılan araştırmada olay yerinin floristik niteliği önemlidir. Maktül çeşitli bitkisel habitatlarda (yaşama ortamı) bulunabilir. Örneğin; çayırılık bir alan, düz bir toprak parçası veya sulak alanlar gibi. Ayrıca maktül, doğal ve çeşitli şekillerde sonradan yerleştirilmiş olarak ağaçların üzerinde, bazen kesilmiş ağaç gövdelerinin biriktirildiği kerestelik bölgelerde bulunabilir (Coyle, 2005).

Şüphelinin giysisinden ve tekstil ortamından elde edilen lifler, mağdurun vücudunda kalabilir ve aynı şekilde, şüphelinin eşyalarına bağlı kalarak kurbanın giyim ve tekstil ortamından lifler bulunabilir. Olay yerindeki bulgular, olayların sırasının yanı sıra bir suça ilişkin ipuçları da sağlayabilir. Örneğin, mağdurun bacağındaki bir semen ya da kan içine yapışmış lifler yalnızca bir şüpheliyi suçla ilişkilendirmek için değil, aynı zamanda bu iki kanıtı da aynı zaman diliminde birbirine bağlamak için kullanılabilir. Liflerin gömülmeden önce meninin ıslak olması ve bu nedenle yakın zamanda akıtılması gerekir. Bu tür bir bağlantı özellikle mağdur ve şüphelinin, tanıdık (bilinen) olduğu durumlarda önemlidir (Robertson ve Grieve, 1999).

Ormanlık veya kırsal arazide bulunan bir ceset üzerine meyveler ve tohumlar, rüzgârla veya başka canlılar tarafından (sincaplar ve tarla fareleri gibi) taşınabilir. Maktülün elbiselerine veya çıplaksa derisi üzerine yapışabilirler. Genellikle en sık rastlanan yaprak veya gövde parçalarının ayakkabıların veya ceplerin içerisini doldurmasıdır. Burada önemli bir duruma dikkat edilmelidir. Maktülün bulunduğu bölgede kozmopolit bitkilerin kapladığı alanlar yüzey bakımından çok büyük farklılık gösterir ve gerçek olay yerinin belirlenmesini zorlaştırır. Bununla birlikte bazı bitki taksonları ancak çok özelleşmiş habitatlara sahiptir. Bazı olgularda kurbanın cinayet mahallinden bir başka yere taşınmış olduğu da yine bölgesel floristik elemanların farklılığı sayesinde ortaya konulmaktadır (Coyle, 2005).

Bir olay yerine, zanlı tarafından ahşap kapıların kırılarak girilmesi, hırsızlıkta, cinayette veya diğer suç tiplerinde ahşap (odun) kaynaklı delilleri çok değerli hale getirir. Zira kapılar, pencereler, ahşap duvar kaplamaları, tabanlar veya diğer keresteler kullanılarak yapılmış nesneler, kırılarak ya da tümüyle bir cinayetin silahı halinde kullanılabilir. Otomobil tekerleklerine gömülü halde bulunan ağaç parçaları ile kurbanın veya şüphelinin üzerine yapışmış, kumaşa veya gövdeye gömülmüş olarak odun ve kereste parçaları bulunabilir. Bu parçalardan alınan odun kesitlerinin çeşitli tiplerde mikroskop (ışık, taramalı ve geçirimli elektron) kullanılarak tayin edilmesi ile suç kanıtı ve suçlu/kurban arasındaki ilişki kurulmuş olur (Coyle, 2005).

Otomatik lif arama sistemi kurma girişimleri ilk olarak İngiltere'nin Aldermaston kentinde bulunan İçişleri Bakanlığı Adli Bilim Hizmeti'nin Merkezi Araştırma Kuruluşu (CRE) tarafından gerçekleştirilmiştir. Laing ve Isaacs (1989), iletilen ışık/aydınlık alanlı bir mikroskop üzerine monte edilmiş bir kamera kullanarak, tek liflerin rengini ~ 40x büyütmenin ve rengi MicroScale IIc Sisteminin yardımıyla karakterize etmenin mümkün olduğunu gösterdi. Otomatik olarak, lif dokularını taşıyan asetat tabakalarını aramak ve belirli renkteki lifleri bulmak mümkün olmuştur. 1980'lerin sonunda Alman şirketi Leitz (bugün Leica olarak bilinir) görüntü analiz sistemi CBA 8000 ile benzer bir yaklaşım benimsemiştir. Günümüzde, adli lif uzmanı beş elyaf arama sistemi seçeneğine sahiptir (Robertson ve Grieve, 1999). Bu sistemler: Fibre Finder ve Cox Analitik Sistemleri AB, Fx5 Forensic Fibre Finder-Foster and Freeman, Maxcan-Cox Analitik Sistemleri AB, Q550 FiFi Leica Vertrieb GmbH, Lucia Fibre Finder-Laboratuar görüntüleme sistemleridir (Yeşilbağ, 2011).

### **2.2.3. Biyolojik ve Bitkisel Bulguların Bir Yerden Başka Bir Yere Taşınması**

Biyolojik deliller insan-insan, insan-diğer fiziksel bulgular, insan-olay yeri arasında bağlantı kurulmasını sağlamak için kullanılabilir. Biyolojik bulgular genellikle doğrudan veya dolaylı olarak taşınırlar (Coyle, 2005).

### **2.2.3.1. Doğrudan Taşınan Bulgular**

Herhangi bir biyolojik bulgu (kan, semen, vücut dokuları, kemik, saç, idrar, tükürük vb.) kişilerin vücutlarına ve kıyafetlerine, nesnelere ya da olay yerine direkt olarak bulaşabilir (ilk transfer). Bir defa biyolojik sıvılar birikince yüzeye yapışırlar ve boya olurlar. Akışkan olmayan biyolojik bulgular da, doku ve saç gibi, doğrudan temas sonucu transfer olabilirler. Bitkisel bulgulardan olan tohumlar da elbiselere, özellikle katlanmış pantolon paçalarına, ceplere ve giysi kenarlarına ya da ayakkabılara (polenler) kolayca taşınabilmektedirler (Coyle, 2005).

### **2.2.3.2. İkincil Taşınma**

Lif transferinin bir diğer önemli konusu, ikincil transfer olgusuyla ilgilidir. Benzer şekilde üçüncül, dördüncül vb. transferleri tanımlayabiliriz (Robertson ve Grieve, 1999). Kan, semen, doku, saç, tükürük ya da idrar insanlara, nesnelere bir başka insan ya da nesne tarafından bulaştırılmış olabilir. İkincil transferde, biyolojik delilin orijinal kaynağı ile hedef yüzey arasında doğrudan bir temas bulunmamaktadır. İkincil transfer, şahıs ile işlenen suç arasında doğrudan bir bağ kurabilir. Bitkisel bulgularda, bu tür transfer çeşidi olayların altında yatan önemli bir faktör olabilir. Rüzgârla dağılan polenler, tohumlar, sarmaşıklar, dikenler ve tohum kabukları ikincil transfer bitkisel bulgular olabilir. Kuş gibi bazı aracı hayvanlar, bitki tohum ve kabuklarının etrafa yayılmasında önemli bir role sahiptirler (Coyle, 2005). DNA sonuçlarının yorumlanmasında ikincil transferin etkisi halen tartışılmaktadır. Buna rağmen, mitokondrial DNA dizilimi ve PCR gibi daha hassas DNA tipleme metotlarını içeren davalarda ikincil transferin öneminin giderek arttığı görülmektedir. Bir aracı tarafından bir objeden diğerine taşınan ölü epitelyum hücrelerinden oluşan ikincil transfer, telefon ahizesi veya kapı tokmağı gibi birçok insan tarafından ortak kullanılan nesnelerden DNA örnekleri toplanması üzerindeki ilgiyi arttırmıştır. Bitkisel bulguların ikincil transferi ve bitki DNA'sı tiplemesine karşı birkaç çalışma gerçekleştirilmiştir ancak temel prensiplerin de bu alana uygulanması gerekmektedir (Coyle, 2005).

### **2.2.4. Biyolojik ve Bitkisel Bulguların Toplanması, Saklanması ve Tanımlanması**

Biyolojik delillerin kişiye özel olarak ayrıştırılmasında kullanılan en temel yöntem DNA analizidir. Ancak, DNA analizlerinde karşımıza çıkan en önemli sorun, DNA örneklerinin adli laboratuvarlara bütünlükleri bozulmuş olarak ulaştırılmasıdır. Özel bir toplama yöntemi,

biyolojik bulgunun durum ve konumuna dayanmaktadır. Genellikle, adli araştırmacı DNA analizleri için yeterli miktarda madde topladığından emin olmalıdır. DNA tipleme sürecini tersi yönde etkileyecek olan makine yağı, sıvılar veya çeşitli kirliliklerin minimum düzeyde olmasına özen gösterilmelidir. Kontaminasyonu (delillerin çeşitli dış faktörlerce kirlenmesi) minimum düzeye indirmek için tek kullanımlık eldivenler, pensler, steril svaplar (taşınamayan veya laboratuvara götürülmesi mümkün olmayan biyolojik numunelerden steril olarak sürüntü şeklinde alınan numune), bistoriler ve maskeler kullanılarak her bir parça dikkatli bir biçimde ve tek tek ortamdan alınmalıdır. Kontaminasyonu en aza indirmek için delil olabilecek her bir madde ayrı bir biçimde paketlenmelidir. Eğer birçok madde bir arada paketlenirse delilin değeri tehlikeye atılabilir. Bu bağlamda, biyolojik örneklerin paketlenmesinde nemi tutan (ıslak kan lekeleri) ve bakterilerin üremesine elverişli hava geçirmez poşetler yerine, ağzı mühürlü kâğıt delil zarfları (torbaları) tercih edilmelidir. Örnekler toplanıp pakatlendikten sonra vakit kaybedilmeden laboratuvarlara gönderilmelidirler. Örneklerin bozulmasını en aza indirmek için inceleme yapılacak zamana kadar bulgu zarflarının, soğuk ve kuru ortamlarda muhafaza edilmesi gerekmektedir (Coyle, 2005).

İleriki analizlere de yön verecek bulguların olay yerinde tanınması esas basamaktır. Olay yerinin karmakarışık olması, bu ifadenin çelişmesine neden olabilir. Bunun sonucunda, sistematik olarak olay yeri incelemelerinde bulunan deneyimli bir araştırmacı paha biçilemez bir kaynak olur. Delilin, olay yerinde veya laboratuvarında, bol miktarda ve gereksiz sayıda madde içerisinde tanınabilmesi bir yetenek işidir. Tanıma işlemi, numune tanıma ve analizi gibi basit adli işleri içermektedir. Eğer hayati önem taşıyan deliller tanınmaz, toplanamaz ve saklanamazsa, değerleri kaybolur. Açık havada işlenen birçok cinayette, bitkisel deliller olay yeri inceleme ekipleri tarafından gözden kaçırılmaktadır. Bitkisel kanıtlar, bir takım kişilerle ilişkilendirilebileceği gibi olay yerinin birincil mi yoksa ikincil mi olacağı konusunda da çok önemli araştırmalara öncülük edici nitelikte olabilirler. Genellikle, suçun ilk olarak işlendiği yer birincil olay yeri; olayın cereyan ettiği diğer yerler ise ikincil olay yeri olarak adlandırılır. Bitkisel kanıtlar, çok çeşitli suçlarla ilişkili olabilmektedir. Bitkisel kanıtın, tam olarak bulunduğu yer ve çevrili olduğu maddeler yüksek oranda suçun çeşidine bağlı olacaktır. Çevrede olayla ilişkisi yokmuş gibi görünen etrafa yayılmış yapraklar, tohumlar ya da polen taneleri, olay yerinde tanınması en basit bitkisel delillerdir. Bazı bitkisel delillerin tanımlanması ise oldukça zordur. Bunlara bir bitkiden koparılıp başka bir yere götürülmüş bir yaprak parçası

ya da kırık bir dal örnek olarak verilebilir. Bu tür bilgilerin not edilmesinde fayda vardır. Ancak, şu da unutulmamalıdır ki kırık bitki dalı aslında olayla ilgili olmayadabilir. Terk edilmiş bir otomobil içerisinde bulunan bir cesetten çıkan yaprak ve tohumlar, olayın ilk olarak nerede işlendiğini ve olayın fail ya da faillerinin bulunmasına yardımcı olabilir (Coyle, 2005).

Birincil olay yeri; suçun işlendiği ve suça ait delillerin ilk olarak bulunduğu yerdir. İkincil olay yeri; suçun işlenmediği ancak suç delillerinin sonradan taşındığı yerdir. Birincil olay yerinde, bitkisel kanıtlar cesedin içinde, üzerinde ya da çevresinde olabilir. Kurbanın üzerinde yaprak örnekleri, ağzında suyosunları (mikroskopik veya makroskopik alg) ya da solunum sonucunda nazal boşluklarda (ağız ve burun boşluğunun arka bölümü) polenler bulunabilir. İkincil olay yerinden elde edilen yapraklar, dallar ve cesede yapışmış polenler birincil olay yerinin bulunmasını sağlayabilir. Cinayet sahnelerinin belirlenmesinde ve yeniden inşa edilmesinde bitkisel kanıtlar anahtar ipuçları olabilirler. Bütün olay yerleri şu öğeleri içerirler: Bir başlangıç noktası, failin takip ettiği bir yol, olayın cereyan ettiği alan ve bir bitiş noktası (Coyle, 2005).

#### **2.2.5. Biyolojik ve Bitkisel Bulguların Belgelendirilmesi**

Biyolojik bulgular toplanmaya başlanmadan önce bulgunun bulunduğu yer ve konum en ince ayrıntısına kadar belgelendirilmelidir. Olay yerinde ve adli laboratuvarlarda delillerin dikkatli bir biçimde belgelendirilmesi hayati önem taşır. Herhangi bir adli veya idari araştırmada belgelerin daha sonradan mahkemede kullanılabileceği ihtimalinden dolayı delillerin belgelendirilmesi çok büyük önem taşımaktadır. Delilin orijinal konumu ve bununla ilişkili diğer bilgiler kayıt altına alınmadan delil yerinden oynatılmamalı veya herhangi bir işleme tabi tutulmamalıdır. Birçok belgelendirme yöntemi mevcut olup, genellikle birden çok metodun kullanılması tavsiye edilmektedir. Bu doğrultuda izlenecek adımların sırası şu şekilde olmalıdır; notlar, fotoğraf, video çekimi, kroki, diyagram, taslak ve ses kaydı. Not alma, araştırmacı açısından, daha sonraki resmi kayıt ve raporlar için önemli olabilecek küçük ayrıntıları hatırlatan basit bir yöntemdir. Yazılan notların içerdikleri bilgiler şunlar olabilir; tarihler, zaman, olay yerinin konumu hakkında kısa bir tasvir, kullanılan metot, olay yerinde bulunan kişiler, görevliler, ışık, hava koşulları, kokular ve ses (Coyle, 2005).

Bitkisel kanıtlar açısından bir araştırmacı, çiçekli bitkiler ve çalıların konumunu (çiçek kokusu, muhtemel polen kaynakları), kırık odun parçalarını (gevşemiş kapı ve pencere pervazları), kırılmış ağaç, dal ve gövdelerini, üzerine basılmış bitkileri, tohum ve meyvesi olan herhangi bir bitkiyi, mutlaka not etmelidir. Buna ek olarak, olay yerinde bulunan herhangi bir yiyecek de daha sonra bir mazeretin kabul veya reddedilmesi veya ölüm zamanının belirlenmesi açısından mutlaka not alınmalıdır. Özellikle yiyecekler üzerindeki ısırik izleri dikkatli bir biçimde izlenmeli ve kayıt altına alınmalıdır. Basit gibi görünen fotoğraf, video, ses kaydı ve basit kroki çizimleri olay yerinin daha sonra tekrar canlandırılması açısından çok yararlı olabilir. Özellikle tozlaşma ve döllenme mevsimine bağlı olarak bazı bitki türlerinin geçici delil olabileceği düşünülerek, açık havadaki olay yerlerinin taslakları ve hava koşullarının not edilmesi ile hayati önem taşıyan bitkisel bağlantılar da kurulmuş olacaktır (Coyle, 2005).

Bitki parçaları, tohumlar, çiçekler ve meyvelerin hepsi elle toplanmalıdır. Fiziksel karşılaştırmaları yapabilmek amacıyla mümkünse bütün bir bitki toplanmalıdır. Bitkisel parçacıklar, otomobillerin tekerleklerinde, paspasların altlarında, pedallarda, oto sileceklerinde, hava deliklerinde, bagajda ve motor kısımlarında olabileceğinden çok dikkatli ve titiz bir çalışma yapılmalıdır. Bütün bitkisel parçacıkların elle toplanmasından sonra, mikroskobik kanıtların incelenebilmesi için gerekli olan vakumlama ve bantla toplama teknikleri uygulanmalıdır. Bitkisel bulgular, mümkün olduğunca kâğıt torbalarda saklanmalı, plastik şişeler tercih edilmemelidir. Mide içerisinde bulunan bitkisel parçacıklar ise otopside adli tıp doktoru tarafından çıkarılarak incelenabilmektedir. Dışkı örneklerinde ise bitkisel parçacıkların incelenebilmesi birçok yönden değişebilen özelliklere sahip olduğundan, çok özel toplama teknikleri içermektedir. Dışkı örneklerinde, daha sonra bitkisel tanımlamaların yapılabilmesi için, örneğin nemli tutulması gerekmektedir. Dışkı örneği yeni ise cam veya plastik bir kaptaki tutulmalıdır. Kurumuş dışkı örnekleri ve topraklı giysiler, kâğıt torbalara konulmalı ve ağızları mühürlenmelidir. Bitki hücrelerinin mikroskobik analizleri için, %10 formalin sıvısı kullanılmalıdır. DNA analizlerinin yapılabilmesi için de örnekler derin dondurucu içerisinde tutulmalıdır (Coyle, 2005).

### 2.3. OLAY YERİ İNCELEME UZMANI TARAFINDAN YAPILMASI GEREKEN İŞLEMLER DİZİSİ

Adli botanikçi olan olay yeri inceleme uzmanı tarafından yapılması gereken işlemler dizisi; olay yerindeki, kriminal laboratuvarındaki ve mahkemedeki görevleri olarak sıralanabilir.

#### 2.3.1. Olay Yeri İnceleme Uzmanının Olay Yerindeki Görevleri

Bir suç işlenmesi halinde bitkisel bulguların sağlıklı bir biçimde kullanılabilmesi için olay yerindeki bütün bitki örneklerinden birer numune alınması gerekmektedir. Örneğin; küçük bitkisel parçalar, tohumlar, çiçekli bitkilerden çiçek ve polen örneklerinin uygun yöntemlerle alınması gibi. Bu nedenle olay yeri inceleme uzmanı (adli biyolog/botanikçi), olay yerinde şu adımları izlemelidir:

1. Tüm olay yerini bazen birkaç defa olmak üzere gözden geçirerek gezmelidir. Bulgular toplanırken herhangi bir botanik bulgu göz ardı edilmiş olabilir. Özellikle küçük bitki parçaları, tohumlar, polenler ve çiçekli bitkiler not edilmelidir.
2. Maktül veya mağdurun giysilerinin tüm dikişleri, cepleri, manşetleri, ayakkabıları vb. dikkatlice gözden geçirilmelidir. Yapışkan, müsilajlı bir bitkisel sıvı olup olmadığı kontrol edilmeli ve tüm vücut açıklıklarına bakılmalıdır. Özellikle suda boğulma vakalarında suyosunu (alg) ve diyatome türlerine bakılmalıdır.
3. Bitkisel materyalin bir suç mahallinde belirgin bir değeri olması durumunda, olay yerini belirlemek ve belgelemek önemlidir. Benzer herhangi bir bitki türü, örneğin; bir funda bitkisi (çalı formunda) üç ayrı türle, o habitatta temsil edilebilir. Tek bir örnek alınması yanıltıcı olur ve çalışma eksik kalır. Daha sonraki inceleme için örneklerin her üçünden de herbaryum materyali olarak örnek alınmalı ve karşılaştırma materyali olarak kullanılmalıdır.
4. Araçlar için, yürüyen aksam, cam silecekleri, havalandırma delikleri, zemindeki paspaslar vb. tohum, yaprak ve çiçek parçaları için kontrol edilmelidir.
5. Olay yerinin iç ve dış mekân görünüşleri için şematik bir diyagram (kroki) çizilmeli ve önemli bitkiler bu diyagram üzerine bulgu numaraları verilerek yerleştirilmelidir.
6. Bazen bitki ekolojisi (bitki büyüme ve gelişmesi, coğrafik yayılış) ölüm zamanının tahmininde yararlı olabilir. Örneğin; bir bitki iskelet kalıntıları ile büyüyorsa, bitki yaşı yaklaşık olarak belirlenebilir. Bir büyüme mevsimi içerisinde o bölgeye ceset bırakılmış olabilir.

7. Polenleri karşılaştırma materyali olarak kullanılacak ve referans numuneleri olabilecek herhangi bir çiçekli bitkinin varlığı aranmalıdır.
8. Yaprak ve çiçek örnekleri düz olarak preslenmeli ve kâğıtta saklanmalıdır. Orijinal şekli korumak için zarflara alınmalıdır (Adli Herbaryum).
9. Delil tespit edilmişse, uygun bir şekilde paketlenmelidir. Herhangi olağandışı formlar (polen, dışkı vb.) varsa bunlar için hazırlanmış özel kaplara konulmalıdır. Paketleme ve saklama sıcaklığına özellikle dikkat edilmelidir. Zira bu DNA çalışmaları aşamasında kritik olabilir. Davadaki başka bulguların da varlığı sorgulanmalıdır. Çoğu zaman, botanik deliller, diğer bulguların yanında dikkate alınmayarak kanıtlayıcı olmayan nitelikte (non probatif) kabul edilebilirler (Coyle, 2005).

### **2.3.2. Olay Yeri İnceleme Uzmanının Kriminal Laboratuvarı'ndaki Görevleri**

Olay yeri inceleme uzmanı (adli biyolog/botanikçi), kriminal laboratuvarında şu adımları izlemelidir:

1. Bulguların, incelenme öncesinde ve sonrasında, muhafaza ve saklanma şartları (delil teslim zinciri) emniyet altına alınmalıdır. Özellikle de DNA analizleri için bu çok önemlidir.
2. Bitkisel bulguların görsel olarak incelenmesi bu bitkilerin teşhis ve tayini için yararlı olacaktır.
3. Teşhis anahtarı kullanarak bitkinin hangi familya, cins, tür veya tür altı gibi taksonomik kategoriye girdiği bulunmalıdır.
4. Adli bitki morfolojisi konularından yararlanılarak bitkinin yaprak morfolojisi; şekil, boyut, doku, kenarları ve rengi, yaprak damarlanma tipleri; ana damarların nerede bulunduğu ve küçük damarlara nasıl bağlandığı, yani yaprak damarlanma ağı, çiçek morfolojisi; şekil, boyut, doku, kenarlar, renk, koku, çiçek durumları; çiçeklerin bir sap üzerine veya birbirlerine göre düzenlenmesi, tohum morfolojisi ile ilgili şekil, sayı, boyut, desen veya aşındırma yüzey, renk, kökler ile ilgili doku (kaba veya ince), lif yapısı, boyut, renk ortaya konulmalıdır.
5. Adli bitki sitolojisi ve anatomisinde, adli mikroskopi yöntemleri kullanarak bitkisel delillerin mikroskobik olarak incelenmesi yapılır. Burada yaprak morfolojisinde; yüzey özelliklerine (trikomlar, stoma apereylerinin kalıplarının çıkarılması), hücre tiplerine, parankima hücreleri ile epidermis hücrelerinin varlığı veya yokluğuna, kristallerin şekillerine ve boyutlarına bakılır. Çiçek morfolojisinde de; yaprak özelliklerine, herhangi bir

özelliğın olup olmadığına, hücre tiplerinin düzenlenmesine, şekillerine, yöneltilerine ve pigment (renk maddesi) içeren hücrelerin araştırılmasına dikkat edilmelidir.

6. Tohum morfolojisi; bitki için yararlı olabilecek yüzey desenlerinin cins veya tür seviyesinde gösterdiği özelliklerdir. Bu özellikler araştırılmalı ve morfolojik yapıların hepsine dikkat edilmelidir.

Yukarıda sayılan tanımlama adımları geçildikten sonra moleküler tanımlama için DNA ekstraksiyonu gerekebilir. Bu durumda bitki örneğinde herhangi bir görünür küf (mantar) veya yapışkan madde olup olmadığına dikkat edilmelidir. Testlerde yeterli miktarda DNA elde edebilmek için bitki örneğinin de yeterli miktarda alınması gerekir. Tür tanımlama işlemi DNA kullanılarak gerçekleştirilecekse, bilinen referans örneklerinin elde mevcut olup olmadığı (herbaryum örneği veya canlı örnek) araştırılmalı; bulgu niteliğindeki bir numune ile bilinen bir numune arasında bir eşleşme yapılacaksa referans örneğinin kanıtlayıcı özelliklerini zaman içerisinde yitirip yitirmediğine bakılmalıdır. Örneğin; çok zehirli *Conium maculatum* (balıran) bitkisi üzerinde yapılacak çalışmalarda herbaryum örneklerinin bozulmamış olmasına dikkat edilmelidir. Aksi bir durumda yanlış teşhis etme sonucu ortaya çıkabilecektir (Coyle, 2005).

Her olayda olmasa da, botanikçilerden dedektiflik yapmalarının istenmesi dramatik bir hale gelmiştir. Bitkisel materyallerin teşhis ve tayini cinayetlerin çözümünde çok önemlidir. Kısmen ya da tamamen sindirilmiş besin parçalarının teşhis edilebilmesi, bitki yapısının bilinmesine, anatomik örnekleri hazırlayabilme yeteneğine ve botanik literatürü kullanabilmeye bağlıdır. Bu yeteneklerin elde edilmesi çoğunlukla okullarda ve üniversitelerde alınan bitki sistematigi ve anatomisi, bitki ekolojisi ve son yıllarda moleküler biyoloji ve genetik dersleri ile sağlanmaktadır. Bu nedenle moleküler biyoloji alanında uzmanlaşmış botanikçiler (ve biyologlar) adli soruşturmalara önemli katkılar sağlamaktadırlar (Coyle, 2005).

### 2.3.3. Olay Yeri İnceleme Uzmanının Mahkemedeki Görevleri

Son birkaç on yıldır objektif olan bilimsel kanıtlara mahkemelerce büyük güven duyulmaktadır. Görgü tanıklarının açıklamaları yanlış ya da güvenilmez olabilmektedir. Ancak DNA, parmak izi ya da diğer iz bırakan kanıtlar şüpheli ve kurbanın suçla ilişkilendirilmesinde, suç anında başka yerde olduğunu iddia eden bir kişinin söylediklerinin doğru olmadığının ortaya çıkarılmasında ya da önemli incelemelerin doğru bir biçimde yönlendirilmesinde her şeyden

bağımsız ve objektif bir biçimde bize yol gösterirler. Ayrıca fiziksel deliller zamanında haksız yere suçlanmış kişilerin beraat ettirilmesinde de önemli bir yere sahiptirler. Biyolojik kanıtlardan bitkisel materyal içerenler, birçok suç çeşidiyle yakından ilgilidirler. Özellikle adam öldürme gibi şiddet içeren suçlarda, fiziksel saldırı ve tecavüz vakalarında, motorlu araç kazalarında (çarpıp kaçma) vb. üzerinde durulan nokta yasal incelemelerin arttırılmasıdır. Delil bütünlüğünün korunması olay yerine gelen ilk araştırmacı ile başlar. Bazı ünlü cinayet vakalarındaki incelemelerde kullanılan biyolojik delillerin kullanımında standartlara uyulmamış; delilin toplanması, saklanması ve işlenmesi yanlış yapılmıştır. İncelemelerin ilk evresinde delillerin hor kullanılması bütün bir vakanın tehlikeye atılmasına neden olabilir. Aslında düzgün bir biçimde tanınmamış, belgelenememiş, toplanamamış ve saklanamamış bulgular delil olma niteliğine de sahip olamazlar. Biyolojik delillerin tanınması, toplanması, saklanması, analiz edilmesi ve bitkisel kanıtların kriminal incelemelerle ortaya çıkışı davanın seyri açısından son derece önemlidir (Coyle, 2005). Aşağıda sıralanan özellikler adalet sağlayıcı olan hâkim, savcı, avukat ve jüri sistemi olan yerlerde jüriye doğru bilgi sunmanın bir gereğidir (Coyle, 2005; Küçük, 2017).

1. Olay yerinden alınan bitkisel örnekleri inceleyen laboratuvarın akreditasyonu yapılmalıdır.
2. Teşhisler, mikroskopik ve kimyasal analizler bir akademik kurumda gerçekleştirilmiş ise yapılan işlemlere ait doğrulama kayıtlarının dosyaya konulması gerekmektedir.
3. Bitki teşhislerine ait karşılaştırma materyallerinin (herbaryum örnekleri) alındığı herbaryumlar ve onların uluslararası tanınırlığının belgelenmesi gerekmektedir.
4. Eldeki bitki örneğinin olay yerine ait popülasyonunu yeterince temsil edip etmediği, bu bitkiye ait türlerin her zaman varyasyon göstermelerinin olası olduğu göz önünde tutularak araştırılması (bu işlem genetik varyasyon seviyeleri hakkında yararlı bilgiler sağlayabilir) gerekmektedir.
5. Toplanan örneklerin nadir ve endemik olup olmadığı kesinlikle saptanmalıdır. Bu çok önemlidir. Zira bilindiği gibi endemikler yalnız bir bölgeye (geniş veya dar), bir şehre ve hatta bir ülkeye özgü bitkilerdir. Bu nedenle bazı adli davaların çözümünde anahtar konumuna ulaşabilirler.
6. Davada kullanılan bitki DNA analizlerinin çok dikkatli ve tekrarlı olarak yapılması gerekmektedir. Klonlanmış bitkiler varsa (*Cannabis sativa* L.) sonuçlar farklı olacaktır.

7. Bitkisel kanıtlar doğası gereği değişkendir. Karada ve sulak alanda bulunan çok sayıda bitki çeşidi (familya, cins ve tür düzeyinde) vardır. Bu nedenle yaşadıkları habitatlara uygun olarak standart toplama ve teşhis etme yöntemleri uygulanmalıdır.

## 2.4. LİF BİTKİLERİ

Lif bitkileri, lifleri için yetiştirilen ve toplanan bitkilerdir. Lif bitkilerinden elde edilen lifler tekstil, kâğıt, çuval, hasır, sicim, urgan, süpürge, fırça, vb. ürünlerin üretiminde kullanılır (Mert, 2009). Lifler çok eski yıllardan beri dokumacılıkta (tekstil sanayi) ip ve halat yapımında kullanılır. Böyle lif içeren bitkilere lif bitkileri denir. Jüt (*Corchorus capsularis*), Kenevir-Kendir (*Cannabis sativa*), Rami (*Boehmeria nivea*) ve Keten (*Linum usitatissimum*)'in lifleri bu bitkilerin kabuklarından elde edilir. Yaprakları ekonomik lif içeren bitkiler ise; Sisal Keneviri (*Agave sisalana*), Manila Keneviri (*Musa textilis*) ve Yeni Zelanda Keneviri'dir (*Phormium tenax*). Meyve kabuğu lif içeren bitki Kokos Palmiyesi'dir (*Cocos nucifera*). Tohumlarının epidermal tüylerinden faydalanan bitkiler de Pamuk (*Gossypium herbaceum*) ve Kapok'dur (*Bombax pentandra*) (Yentür, 2003).

Bitkisel liflerin en eski ve önemli kullanım alanı tekstildir. Latince dokuma anlamına gelen 'texere' kelimesinden türetilmiştir. Tekstil, elyaf ve ipliği kullanım eşyasına dönüştürecek süreçlerin bütününe verilen bir isimdir. Bu tanıma göre tekstil sektörü elyaf hazırlama, iplik, dokuma, örgü, boya, baskı, apre, kesim, dikim ve üretim süreçlerini kapsamaktadır. Tekstil ürünleri, kullanım alanlarına göre hazır giyim, ev tekstili ve teknik tekstiller olarak gruplandırılmaktadır. Bu kapsamda kazak, gömlek, pantolon, takım elbise, çorap gibi giyim eşyaları, hazır giyim; çuval, perde, halı, çarşaf, havlu ve diğer tekstiller yer kaplamaları vb., hazır eşyalar; taşıyıcı bantlar, kurşun geçirmez kumaşlar, tıbbi eldivenler, akustik izolasyon malzemeleri, suni çimen, otomobillerdeki hava yastıkları, tentelik kumaşlar, bandaj malzemeleri, aleve dayanıklı battaniye ve yastıklar gibi daha birçok eşya teknik tekstil ürünleri arasında yer alırlar (Mert, 2017).

Lifler, MÖ 8000 yıllarında, Çin ve Orta Doğu'da tekstil amaçlı kullanılmıştır (Mwaikambo, 2006). Hindistan'da, MÖ 3000 yıllarına ait olduğu tespit edilen gümüş vazoların içerisinde pamuklu dokuma parçaları bulunmuştur (Bakır, 2005). Anadolu'da, Çatalhöyük (Konya) kazılarında, MÖ 6000 yıllarına (neolitik dönem) ait dokuma parçaları bulunmuştur.

Aynı şekilde, Yümüktepe’de (Mersin) yapılan kazılarda da MÖ 2800 yıllarına ait tezgâh ağırlıkları ve dokuma tezgâhına ait izler bulunmuştur (Fazlıoğlu, 2001). Hititler döneminde de dokumacılık, Anadolu’da, önemli bir yere sahip olmuştur. Tekstil, dolayısıyla tekstil ham maddeleri, tarih boyunca, insanların örtünme ihtiyacını karşılamasının yanında, toplumların ticari, sosyal, siyasi, bürokratik, bilimsel, ekonomik, askeri ve tarımsal yaşantısında da önemli bir yere sahip olmuştur. Tekstil eskiden olduğu gibi günümüzde de insanoğlunun günlük yaşantısında önemli bir yere sahiptir. Tekstilin yanında liflerin diğer kullanım alanları da dikkate alındığında bitkisel kökenli liflerin ham madde kaynağı olarak önemi daha çok ortaya çıkmaktadır. Örneğin lif bitkileri, eğimli alanlarda tarımsal malçlama ve erozyon kontrolü amacıyla da üretilmektedir (Mert, 2009). Lif bitkileri tarihin çok eski dönemlerinden beri yetiştirilen ve çok farklı kullanım alanları olan bitkilerdir. Günümüzde pek çok bitkiden lif üretimi yapılmaktadır. Fakat bunların büyük çoğunluğu bir bölgenin veya yörenin ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılmaktadır. Dünyada ve ülkemizde en çok üretimi yapılan ve kullanılan lif bitkisi pamuktur. Bunu ülkemizde keten ve kenevir bitkileri izlemektedir. Bu üç bitkinin yanında dünyada yetiştiriciliği yapılan diğer lif bitkileri ise sisal keneviri, jüt, rami, manila keneviri, hibiscus (kenaf) ve lif kabağıdır (*Luffa cylindrica*). Lif bitkileri, meyve, gövde (sap), yaprak, tohum gibi bitkisel kısımlarından lif elde edilen bitkiler grubu olarak tanımlanabilir. Günümüzün en önemli sorununun beslenme olduğu bilinse de giyim ve barınmaya bağlı olarak başta tekstil ve hazır giyim olmak üzere liflere duyulan ihtiyaç beslenme ihtiyacından daha az değildir. Lif bitkileri tarihin ilk dönemlerinden beri kullanılan ve günümüzde endüstri bitkileri içerisinde özel bir yere sahip olan bitkilerdir. Lif bitkileri genellikle tekstil sektöründe kullanılan bitkisel bir hammadde kaynağı olarak bilinmektedir. Fakat lif bitkileri insan hayatının pek çok alanında kullanılmaktadır. Tekstil, sicim, halat, kâğıt, süpürge, fırça, dolgu, örme, süs eşyaları, inşaat, yağ sanayi, yapı ve ambalaj malzemeleri gibi birçok alanda kullanılmaktadırlar (MEB, 2016). Dünyada bulunan lif bitkilerinin sayısı 1000’in üzerindedir (Bellmann ve diğ., 2005; MEB, 2016). Bu lif bitkilerinin pek çoğunun ekonomik bir önemi olmasa da yöresel gereksinimleri karşılamak için lifleri hala kullanılmaktadır (Mert, 2009). Günümüzde ekonomik olarak kullanılan lifler doğal ve sentetik lifler olarak iki ana grupta incelenebilir. Bitki lifleri, toplandıkları bitkiye bağlı olarak üç gruba ayrılır. Bunlar; tohum, bast (sap) ve yaprak lifleridir. Bitkisel elyafın kaynağına bağlı olarak, kimyasal bileşenleri önemli ölçüde değişebilir. Başlıca bileşenler; selüloz, hemi-selüloz, pektinler, ligninler, suda çözünürler; yağlar ve balmumlarıdır (Robertson ve Grieve, 1999).

Ayrıca bitki lifleri ‘Yumuşak Lifler (dokumaya elverişli lifler)’ ve ‘Sert Lifler (örmeye elverişli lifler)’ olmak üzere iki alt gruba ayrılır (Mert, 2017). Dünya Florası’nda yayılış gösteren başlıca lif bitkilerinin ülkesel ve ticari adları Tablo 2.6’da verilmiştir.

**Tablo 2.6:** Dünya Florası’nda yayılış gösteren lif bitkileri ve ülkesel/ticari adları (Mert, 2017).

| Ülkesel / Ticari Adı | Takson                           | Elde Edildiği Bitki Kısım |
|----------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Akund                | <i>Calotropis gigantea</i>       | Tohum                     |
| Pamuk                | <i>Gossypium hirsutum</i>        | Tohum                     |
| Abroma               | <i>Abroma augusta</i>            | Bast lifi                 |
| Anodendron           | <i>Anodendron candleleanum</i>   | Bast lifi                 |
| Ekmek ağacı          | <i>Artocarpus elasticus</i>      | Bast şeritler             |
| Güneş keneviri       | <i>Crotalaria juncea</i>         | Bast lifi                 |
| Jüt                  | <i>Corchorus capsularis</i>      | Bast lifi                 |
| Kağıt dut ağacı      | <i>Broussonetia papyrifera</i>   | Bast                      |
| Kenaf                | <i>Hibiscus cannabinus</i>       | Bast lifi                 |
| Kenevir              | <i>Cannabis sativa</i>           | Bast lifi                 |
| Keten                | <i>Linum usitatissimum</i>       | Bast lifi                 |
| Kolona               | <i>Colona javanica</i>           | Bast şeritler             |
| Rami                 | <i>Boehmeria nivea</i>           | Bast lifi                 |
| Roselle              | <i>Hibiscus sabdariffa</i>       | Bast lifi                 |
| Urena                | <i>Urena lobata</i>              | Bast lifi                 |
| Yabani okra          | <i>Malachra capitata</i>         | Bast lifi                 |
| Fındık çimi          | <i>Cyperus malaccensis</i>       | Sap                       |
| Kargı kamışı         | <i>Arundo donax</i>              | Sap                       |
| Purun                | <i>Lepironia articulata</i>      | Sap                       |
| Su kamışı            | <i>Typha latifolia</i>           | Sap, yaprak               |
| Süpürge sazi         | <i>Phragmites vallatoria</i>     | Sap                       |
| Abaka                | <i>Musa textilis</i>             | Yaprak şeriti             |
| Gebang palmyesi      | <i>Corypha utan</i>              | Yaprak                    |
| Kantala              | <i>Agave cantala</i>             | Yaprak lifi               |
| Meksika keneviri     | <i>Agave lechuguilla</i>         | Yaprak lifi               |
| Morityus keneviri    | <i>Furcraea foetida</i>          | Yaprak lifi               |
| Palmiye çimi         | <i>Curculigo pilosa</i>          | Yaprak, Yaprak lifi       |
| Pandanus             | <i>Pandanus simplex</i>          | Yaprak                    |
| Rafya palmyesi       | <i>Raphia teadigera</i>          | Yaprak, Yaprak lifi       |
| Sisal                | <i>Agave sisalana</i>            | Yaprak lifi               |
| Yaykirişi keneviri   | <i>Sansevieria hyacinthoides</i> | Yaprak lifi               |
| Yeni Zelanda keteni  | <i>Phormium tenax</i>            | Yaprak, Yaprak lifi       |
| Yılanbalığı çimi     | <i>Enhalus acoroides</i>         | Yaprak lifi               |
| Hindistan cevizi     | <i>Cocos nucifera</i>            | Meyve                     |
| Kapok                | <i>Ceiba pentandra</i>           | Meyve                     |
| Lif kabağı           | <i>Luffa aegyptiaca</i>          | Meyve                     |
| Zakaton              | <i>Muhlenbergia macroura</i>     | Kök                       |

#### 2.4.1. Bitki Anatomisi Açısından Lifler ve Özellikleri

Lifler, değişik şekillerde tanımlanabilir. Lifler, genellikle kendi çaplarının en az yüz katı uzunluğa sahip olan dayanıklı, esnek ve bağlayıcı olarak nitelendirilen doğal ya da insan yapımı ince iplikçiklerdir (Lipton, 1995). Botanik anlamda lif ise hücre duvarının yapısal olarak kalınlaşmasıyla oluşan bir bitki hücresi tipidir (Allaby, 1992). Lif anlamında kullanılan elyaf kelimesi de Arapçada lif kelimesinin çoğul hali olup ‘lifler’ anlamına gelmektedir (Mert, 2009).

Liflerin, bitki fizyolojisi yönünden bitki dokularını güçlendirmesi, bitkiye veya organa esneklik, gerilme gücü ve elastiklik vermesi gibi önemli fonksiyonları vardır (Lipton, 1995). Bitkilerde sürekli dokular arasında yer alan ve bitkiye diklik ve sertlik kazandıran destek doku, bilindiği gibi kollenkima ve sklerenkima adı verilen farklı çeper özelliklerine sahip hücrelerden oluşmaktadır. Sklerenkima oldukça kalın, hem primer hem de sekonder hücre çeperlerine sahip olan, fazla lignin içeren bir dokudur. Sklerenkima hücrelerinden oluşan bu doku aynı boyut ve şekle sahip bir yapıdır. Kelime olarak ‘skleros; sert’ ve ‘enchyma; dökülmüş’ sözcüklerinden türevlenmiştir ve çeperin sertliğini belirtir. Bu dokunun hücreleri büyüme yeteneğini kaybetmiştir. Bu nedenle sklerenkima dokusu daha çok olgun organlarda yer alır. Sklerenkima bitkilere mekaniksel direnç sağlayan çok kalın sekonder çeperlere sahiptir ve genellikle ölü hücrelerden oluşur. Kıvrılma, eğilme, ağırlık ve basınca karşı ince çeperli hücreleri zarar görmekten korur. Sklerenkima hücreleri şekil, yapı, köken ve gelişme bakımından çok değişiklik gösterir. Çeşitli hücre şekilleri arasında birçok geçit tipleri vardır. Bu nedenle sklerenkimayı sınıflandırmak oldukça güçtür. En genel olarak sklerenkima ‘lifler’ ve ‘sklereidler’ olmak üzere başlıca iki gruba ayrılır. Lifler uzun, sklereidler ise kısa olan hücrelerdir. Fakat bu ayırım yeterli değildir. Çünkü çok uzun sklereidler olduğu gibi kısa lifler de bulunabilir. Son yıllarda sklerenkima dokusu iletilici sklerenkima (ksilemin trakeid ve lif-trakeidleri) ve iletilici olmayan sklerenkima (lifler ve sklereidler) olarak ikiye ayrılmıştır. Lifler uzun, sivri uçlu ve ligninleşmiş sekonder çeperlidir. Çeşitli meristemlerden, örneğin prokambiyum, kambiyum, temel meristem ve protodermden gelişirler. Kalınlaşmış çeperler arasındaki geçitler küçük ve az sayıdadır. Hücreler ölü olduğundan etkin değildir. Lumenler küçük ve lifin merkezinde uzanan kanallar halindedir.

Bitki yapısındaki durumlarına göre ksilem ya da odun lifleri ve ksilem dışındaki çeşitli doku sistemlerinin lifleri olan ekstraksilar lifler olmak üzere iki büyük gruba ayrılabilir. Ksilem lifleri indirgenmiş trakeidler olarak kabul edilir. Ksilem ve floem lifleri, prokambiyum ve kambiyumdan oluşur. Diğer ksilem elementleri gibi aynı meristematik dokulardan gelişir. Bu lifler ortak bir kökene sahip olmalarına karşın morfolojik olarak ayrımlı şekiller gösterirler. Liflerin ikinci büyük grubunu oluşturan ekstraksilar lifler temel meristemden meydana gelirler. Bu liflerin hücre çeperleri çok kalındır. Geçitler basit ya da hafif kenarlıdır. Kenevir, keten, ve rami lifleri çok az lignin içerir ya da hiç içermezler. Sekonder çeperleri % 75-90 selülozdan oluşmuştur. Bazı ekstraksilar lifler, özellikle monokotillerde çok ligninleşmiştir. Ekstraksilar liflerde konsentrik selülozik tabakalanma gözlenir. Bazen bu tabakalanma selülozik ve selülozik olmayan tabakalardan meydana gelir. Bu lifleri bitkide ksilemden başka yerlerde de görmek olasıdır. Ekstraksilar lifler de alt gruplara ayrılır. Bunlardan floem lifleri, primer ve sekonder floemde oluşur ve birçok gövdede yaygındır. Örneğin; keten bitkisi primer floem lifleri gibi. Korteks lifleri ise daha çok bitkilerin gövde korteksinde bulunur. Bu tip lifler sklerenkima demetleri oluşturarak epidermisin altında, kortekste kümeler şeklinde yer alırlar. Perivaskular lifler, iletim demetlerinin çevresinde yer alır ve birçok dikotil gövdeleri için karakteristiktir. Ekstraksilar lifler bazen gruplar halinde de bulunurlar ve bast lifleri olarak adlandırılırlar (Yentür, 2003).

Liflerin bitki fizyolojisi yönünden öneminin yanı sıra farklı kullanım şekilleriyle de toplumların sosyal, siyasi ve ekonomik olarak ilerlemesine önemli katkıları olmuştur. Bitkilerden elde edilen lifler, tekstil, sicim-halat, örme, kâğıt, süpürge-fırça, dolgu malzemesi olmak üzere değişik şekillerde kullanılmaktadır (Kirby, 1963; Brink ve Escobin, 2003). Lifler, çeşitli kullanım alanlarıyla günlük yaşantımızın vazgeçilemez ve önemli ihtiyaç maddeleri arasında yer alırlar.

Lif denildiğinde insanların aklına en yaygın kullanım alanı olması nedeniyle tekstil gelmektedir. Tekstilin yanı sıra kâğıt, hasır, suni lif, süpürge, fırça vb. ürünlerin üretiminde de liflerden yararlanılmaktadır. Dünyada bu amaçlar için lif gereksinimi yapay ve doğal liflerden karşılanmaktadır (Mert, 2011).

Bitkisel liflerin en önemli kullanım alanı tekstildir. Tekstil alanında kullanılan liflerin, belirli özelliklerinin olması gereklidir. Bu özelliklerin başında dayanıklılık, eğrilebilme ve esneklik gelir. Tekstil elyafı, kopmaya ve gerilmeye dayanıklı, eğrilme özelliği olan, birbiri üzerine yapışma yeteneğine sahip, ince ve uzun iplik veya lifçiklerden oluşur (Dölen, 1992). Tekstil sanayinde kullanılan lifler sert ve yumuşak olmak üzere iki gruba ayrılır. Sert lifler monokotil bitkilerin yapraklarında görülür ve vaskular demetlerle ilgili liflerdir. Daha çok yaprak lifleri olarak bilinirler. Hücre çeperleri fazla lignin biriktirmiştir. Yumuşak liflere genellikle dikotil bitkilerde rastlanmaktadır. Hücre çeperleri ya hiç ligninleşme göstermez ya da çok az lignin biriktirir. Yumuşaktır ve eğilme yeteneğindedir. İp ve halat yapımında, kumaş dokumasında, mobilyacılıkta minder ve yastık doldurulmasında (örneğin; kapok lifleri) kullanılır (Yentür, 2003).

Lifler, önce eğrilerek ipe dönüştürülür ve daha sonra fabrikalarda dokunarak kumaşlar örülür. Kumaşlar, elbise ve iç giyim amaçlı kullanıldığı gibi kaba olanlarından çuval bezi yapılır. En önemli tekstil lifleri arasında pamuk, keten, kenevir ve ramiyi sayabiliriz. Jüt lifleri, çuval bezi dokumasında en önemli lifler arasında yer alır. Sicim ve halat üretimi için lifler örülmekte sadece bir arada bükülmektedir. En önemli sicim-halat lifleri arasında abakayı, sisali ve keneviri sayabiliriz. Abroma (*Abroma augusta*), anodendron (*Anodendron* spp.), Hint burğu ağacı (*Helicteres isora*), yabancı okra (*Malachra capitata*), yay kırışi keneviri (*Sansevieria* spp.), marakapas (*Thespesia lampas*) ve kolona (*Colona* spp.) ise diğer bitki türleridir. *Bauhinia* ve *Gnetum* spp. gibi bitki türlerinin ise sap ve dalları fazla bir işleme tabi tutulmaksızın bağlama amaçlı kullanılabilmektedir. Bitkisel liflerin önemli kullanım alanlarından birisi de süpürge ve fırça üretimidir. *Attalea funifera* Mart., *Raphia hookeri*, *R. palma-pinus* (Garertn Hutch), *Leopoldinia piassaba* Wallace fırça ve süpürge üretiminde kullanılan önemli türlerdir. Lifler yastık, şilte, minder vb. eşyaların üretilmesinde dolgu maddesi olarak da kullanılır. En fazla dolgu maddesi olarak kullanılan lifler arasında Kapok (*Ceiba pentandra*) lifleri bulunur. Örne; bükülebilir, düz, esnek liflerin birbirlerinin içinden geçirilerek hasır, sepet, şapka, sandalet, paspas vb. eşyaları yapma işlemidir. Hasır, bu eşyalar arasında en yaygın olarak kullanılanıdır. Hasır lifleri özellikle *Cyperaceae*, *Palmae* ve *Pandanaceae* familyası türlerinden elde edilir (Mert, 2009). Lifler, otomotiv sektöründe ve iç döşemecilikte de kullanılır (Satyanarayana ve diğ., 2007). Jüt ve benzeri lifler döşeme (halı) arkılığı ve keçe üretiminde kullanılır (Mert, 2009).

Bitkisel selülozun kimyasal, mekanik vb. yöntemlerle liflendirilmesi (keçeleşme) sonucu elde edilen hamurun üzerine baskı yapmaya elverişli tabaka haline gelmiş haline kâğıt denir. ABD, Hindistan, Çin gibi ülkelerde alternatif ham kâğıt materyal kaynağı olarak özel lif bitkisi yetiştiriciliği yapılmaktadır. Son yıllarda lif bitkilerinin, odunsu orman ağaçları dışında kâğıt üretiminde alternatif ham madde kaynağı olarak ön plana çıkmasının bazı avantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Ververis ve diğ., 2004):

- a. Kısa yetiştirme süresi,
- b. Daha az su ve gübre isteği,
- c. Düşük lignin içeriği nedeni ile kâğıt hamuru üretimi sürecinde daha az kimyasal ve enerji kullanımıdır.

Kullanım alanları içerisinde sadece tekstil, sicim, halat ve bağlamada kullanılan bitkilerin lifleri eğirmeye elverişlidir. Örmeye kullanılan lifler, normal olarak eğirmeye pek elverişli değildir. Ancak, Hindistan cevizi (*Cocos nucifera* L.) lifleri eğilerek hasır üretiminde kullanılabilmektedir (Walton, 1988).

Bitkisel lifler, türlere bağlı olarak, başlıca selüloz, hemiselüloz, lignin ve pektin içerir. Bitkisel lifler, ayrıca kütikula, mumsu, yağlı, zamlı, reçineli ve mineralli maddelerden oluşur (Yazıcıoğlu, 1999).

Selüloz karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan ( $C_6H_{10}O_5$ )n doğal bir polimerdir. Selüloz lifin hücre duvarının iskeletini, hemiselüloz ise çimento maddesini oluşturur. Lignin, selüloz yapısının miselleri arasına yerleşmiştir. Selüloz, hemiselüloz ve pektin life esneklik ve eğilme kabiliyeti verir. Lignin ise liflere kırılabilirlik kazandıran bir maddedir (Kirby, 1963). Bitkisel lifler genellikle daha fazla oranda selüloz ve lignin içermeleri nedeniyle lignoselüloziktir. Bitkisel liflerin selülozik yapısının aksine kıl, yün, ipek gibi hayvansal lifler proteinden oluşmaktadır (John ve Thomas, 2008). Kimyasal bileşimindeki bu farklılık, bitkisel ve hayvansal liflerin sıcak suda yıkanma dayanıklılığı ve boya kabul etme özelliklerini önemli derecede etkiler. Genelde, bitkisel lifler hayvansal liflere göre daha az elastik olmalarına karşın daha fazla su emme özelliğine sahiptirler. Bitkisel liflere gerçek kimliğini kazandıran, kimyasal yapısını oluşturan ve fiziksel özelliklerinin oluşmasında belirleyici rol oynayan bazı

parametreler vardır. Bu parametreler; fibriller ile amorf ve kristalin bölgelerdir. Fibriller, lifin içinde bulunan ve inceliği mikron olarak değerlendirilen lifçiklerdir. Çok sayıda selüloz molekülünün birleşmesiyle selüloz elementer fibril denilen yapı, selüloz elementer fibrillerin birleşmesiyle mikrofibriller oluşur. Mikrofibriller 10-30 nm çapında olup, 30-200 selüloz molekülünden oluşur. Mikrofibriller birleşerek makrofibrilleri, makrofibriller ise birleşerek fibrilleri oluşturmaktadır. Fibrillerin birleşmesiyle, hücre duvarının selüloz tabakaları meydana gelir (Mert, 2009).

Bitkisel liflerin hücre duvarları, birincil (primer) ve ikincil (sekonder) selüloz tabakalarından oluşmuştur. Bu tabakalar ince ve birbirine sıkıca birleşmiş olduğundan gözle ayırt edilemezler. Ancak kimyasal işlemler sonucu ayırt edilebilirler. Bu tabakalara primer ve sekonder hücre duvarı da denir. Sekonder hücre çeperi S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> ve S<sub>3</sub> olarak isimlendirilen üç alt kattan oluşur. Pamuk liflerinde primer çeperin ortalama % 50'si, sekonder çeperin ise tamamı selüloz moleküllerinden oluşmaktadır (Madsen, 2004). Sekonder çeperin geniş ve lümenin dar oluşu lifin olgunluğuyla ilgilidir. Olgun pamuk lifleri bükümlü, yarı olgun lifleri az bükümlü, ölü lifler (sadece primer çeperi bulunan lifler) ise bükümsüzdür. Lif hücreleri birbirlerine orta lamelle bağlanırlar (Yazıcıoğlu, 1996).

Fibrillerin, yerleşim düzenine göre liflerin içerisinde kristalin ve amorf bölgeler vardır. Selüloz lifteki kristalin bölgeleri, hemiselüloz ise amorf bölgeleri oluşturmaya eğilimlidir. Bu nedenle, kristalin bölge, lifte fibrillerin düzenli ve sıralı olarak yerleştiği ve sıkıca bir araya geldiği bölgedir. Amorf bölge ise fibrillerin gelişigüzel ve gevşek olarak bir araya geldiği bölgedir (Yakartepe ve Yakartepe, 1995). Yani kristalin bölge düzenli ve sıkı, amorf bölge ise düzensiz ve gevşek yapılıdır. Bu bölgelerin oranı liflerin hava geçirgenliği, boyanabilirlik gibi özelliklerini etkiler. Tamamen amorf olan bir lif suyu bünyesine çabuk aldığından boyanabilirlik özelliği ve elastikiyeti iyidir. Ancak lif kopma dayanıklılığı düşüktür. Öte yandan tamamen kristalin olan bir lifin ise kopma dayanıklılığı çok iyidir. Ancak su absorpsiyon ve elastikiyet özelliği kötüdür (Mert, 2009).

Liflerin fiziksel özellikleri arasında lif hücrelerinin uzunluğu, inceliği (genişlik), hücre duvarı kalınlığı, lümen çapı (hücre boşluğu), kopma dayanıklılığı, esneklik, bükülme, kıvrımlılık, renk ve parlaklık sayılabilir (Yakartepe ve Yakartepe, 1995). Lif uzunluğu, lifin iki ucu arasındaki mesafedir. Lif uzunluğu ‘mm’ olarak ifade edilir. Lif inceliği, liflerin enlemesine boyutunu gösteren veya liflerin hava akımına karşı göstermiş olduğu direnci ifade eden bir terimdir. Lif inceliği, aynı zamanda ikincil duvar gelişiminin derecesi ve liflerin olgunluğu ile ilgilidir (Bos ve diğ., 2006). Lif inceliği; mikron, mikroner indeks, denye, militex gibi birimlerle ifade edilir. Mikron, milimetrenin binde biridir ( $1/1000000$  m). Mikroner indeks 1 inç (2.54 cm) uzunluğundaki 1000 adet lifin miligram olarak ağırlığıdır. Denye, 9000 m uzunluğundaki lifin gram olarak ağırlığıdır. 1000 m uzunluğundaki elyafın gram olarak ağırlığına tex denir. Tex’in binde biri ise militex olarak ifade edilir. Lif inceliği, lif hücrelerinin eni (genişlik), lümen çapı ve hücre duvarı kalınlığı gibi morfolojik özelliklerden etkilenir. Lif ne kadar ince olursa o denli ince, sağlam ve düzgün iplik elde edilir. Bitkisel liflerde uzunluk arttıkça incelik artarken, hayvansal liflerde kalınlık artmaktadır. Lifin kopma dayanıklılığı; life bir kuvvet veya yük uygulandığında, o kuvvete karşı lifin göstermiş olduğu dirençtir. Dayanıklılık ise tex başına isabet eden kopma dayanıklılığı (g/tex) ya da denye başına isabet eden kopma dayanıklılığı (g/denye) şeklinde ifade edilir. Esneklik; bir life kuvvet uygulandığında boyutunun değişmesi, kuvvet kalktığında ise eski boyutuna kısmen veya tamamen geri dönmesi özelliğidir. Bükülme veya katlanabilirlik, lifin kırılmaksızın kolayca bükülüp katlanabilmesidir. Bükülebilirlik özelliği liflerin birbirini tutma kabiliyeti anlamına gelmektedir. Lif rengi, karışımlarda ve sınıflandırmada önemlidir. Parlaklık ise, lif yüzeyinden yansıyan ışığın miktarıdır. Fiziksel özelliklerden genişlik, uzunluk, hücre duvarı kalınlığı ve lümen çapı liflerin morfolojik yapıları ile ilgilidir. Morfolojik bu özellikler veya bunların birbirlerine oranlanması ile elde edilen parametreler liflerin tekstil, kâğıt, sicim, halat, süpürge, fırça gibi farklı kullanım amaçlarına uygunluğunu belirlemede kullanılan önemli ölçütlerdir (Mert, 2009).

Tekstil amaçlı üretimlerde lifin uzunluk/genişlik oranının 1000’in üzerinde olması istenir (McDougall ve diğ.,1993). Lif uzunluk/genişlik oranı 1000’in altında olan sadece kaba dokumalar için kullanılabilir. Pamuk, keten ve ramide uzunluk/genişlik oranı 1000 veya daha fazladır. Jüt, sisal, kenevir, abaka, kenaf ve rosellede bu oran 1000’in altındadır. Kapok liflerinin uzunluk/genişlik oranı ise 1000’dir. Ancak, kapokta lif hücreleri tekstil ürünlerine eğrilemeyecek kadar düz bir yüzeye sahiptir. Bu nedenle, tekstil amaçlı kullanılamamaktadır.

Çuval bezi üretiminde jütün tekdüze liflere sahip olması sebebiyle kenaftan daha üstün niteliklere sahiptir (Brink ve Escobin, 2003). Sicim ve halat üretiminde, tekdüze ve uzunluk/genişlik oranı orta düzeyde liflere sahip olan sisal ve abaka gibi bitkilerin lifleri kullanılır. Fırça üretiminde hücre duvarları kalın, uzunluk/ genişlik oranı düşük, lif hücreleri hüzme içerisinde kompakt bir şekilde dizilmiş lifler kullanılır. Kâğıt üretiminde, liflerin kimyasal özelliklerinin (selüloz içeriği) yanı sıra liflerin morfolojik özellikleri ve bu özelliklere dayanılarak hesaplanan elastiklik katsayısı, keçeleşme oranı, rijidite katsayısı, runkel oranı, mühlstep oranı, F faktörü gibi parametreler son derece önemlidir. Örneğin bu parametrelerden runkel oranı ( $2 \times \text{Lif Çeper Kalınlığı (W)} / \text{Lümen Genişliği (d)}$ ) 1'den büyükse böyle lifler kâğıt yapımına pek uygun olmayan, 1'e eşitse kâğıt yapımına uygun, 1'in altındaysa kâğıt yapımına en uygun lifler olarak değerlendirilir (Bozkurt, 1971).

#### 2.4.2. Liflerin Sınıflandırılması

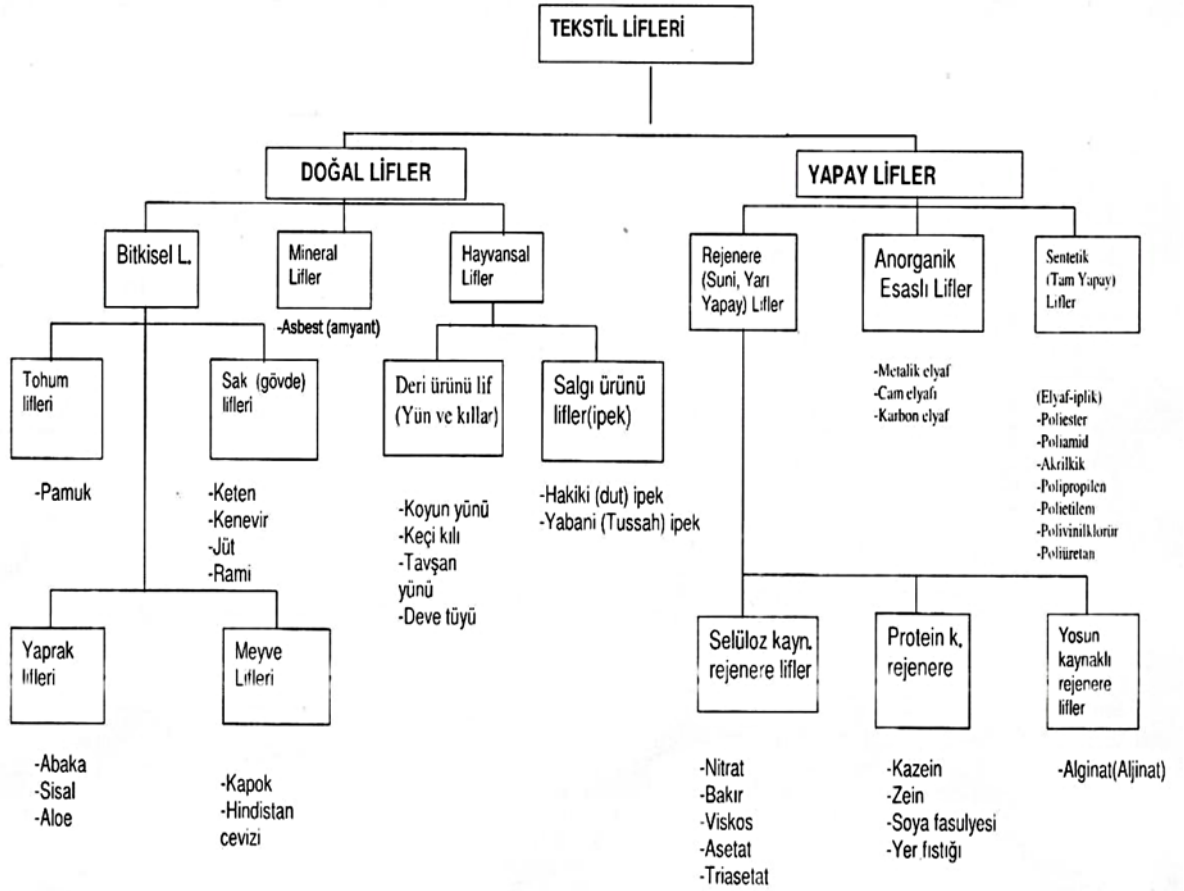
Lifler, kökenlerine göre doğal ve yapay olarak iki ana grup altında toplanmaktadır. Yapay lifler rejenere (selüloz asetat esteri, selülozik, protein, elastomer aljinat) ve sentetik (poliolefin, poliester, polivinil, poliamid, poliüretan, poliizopren); doğal lifler ise bitkisel, hayvansal ve madensel olmak üzere üç grup altında incelenir (Koç, 1999).

Bitkisel lifler, kullanım alanlarına göre tekstil, kâğıt, örme, dolguluk, süpürge ve fırça lifleri olarak sınıflandırılabilir (Maiti, 1997). Bu sınıflandırma şekline göre lifleri kullanım alanlarına göre kesin olarak gruplandırmak mümkün değildir. Çünkü aynı bitki liflerinden farklı kullanım alanlarında faydalanılabilir. Örneğin; sisal lifleri ip, halat, sicim yanında balık ağı, çuval, kâğıt, dolgu malzemesi yapımında da kullanılabilir. Bu nedenle liflerin elde edildiği bitki kısımlarına göre sınıflandırılması çok daha fazla kolaylık sağlamaktadır. Bu biçimde sınıflandırılan liflerin ortak özellikleri daha fazladır. Örneğin; bast lifleri yumuşak, yaprak lifler ise serttir (Mwaikambo, 2006). Bast veya sak lifler, çift çenekli bitki sapları kabuğundan veya floem kısmından elde edilen liflerdir. Bitkisel liflerin elde edildiği bitki kısımlarına göre sınıflandırmasında tam bir birlik görülmemiş lif bitkileri farklı araştırmacılar tarafından değişik şekillerde sınıflandırılmıştır.

Lif bitkileri Maiti (1997)'in bildirdiğine göre Matthew (1954) tarafından yaprak, meyve, kabuk ve köklerinden lif elde edilenler olmak üzere 4; Kirby (1963) yaprak, tohum, bast, odun ve muhtelif olmak üzere 5; Şenel (1970) ve İncekara (1979) yaprak, sap, meyve ve tohumlarından lif elde edilenler olmak üzere 4; Harmancıoğlu ve diğ. (1973) yaprak, tohum, bast ve meyvelerinden lif elde edilenler olmak üzere 4; Maiti (1997) yaprak, sap, meyve, kök ve tohumlarından lif elde edilenler olmak üzere 5; Han (1998) odunsu ve odunsu olmayanlar olmak üzere 2; Brink ve Escobin (2003) yaprak, sap, tohum ve meyvelerinden lif elde edilenler olmak üzere 4; Spârninâ (2006) yaprak, bast, tohum, odun ve çim saplarından lif elde edilenler olmak üzere 5 grupta toplanmıştır.

Pek çok farklı tipte tekstil elyafı vardır ve kolaylık olması açısından genellikle doğal ya da yapay (insan kaynaklı) olarak sınıflandırılırlar (Tablo 2.7).

**Tablo 2.7:** Tekstil liflerinin sınıflandırılması (Yeşilbağ, 2011).



Bu sınıflar ayrıca doğal lifler için hayvansal veya bitkisel olarak alt gruplara ayrılır ve insan yapımı olanlar için yeniden üretilir (rejenere) veya sentetik hale getirilir. Hayvansal lifler, hayvan postlarından veya ipekböceği kozasını oluşturan ekstrüzyondan elde edilen filamentlerden ipek durumunda elde edilir. Hayvan liflerinin örnekleri arasında yün, tiftik, kaşmir, alpaka, tavşan kürkü, deve kılı, vizon ve yabani ya da kültürü yapılan (işlenmiş) ipek sayılabilir. Bitkisel lifler tohum kılırları, sak lifleri, yaprak ve meyve lifleri olarak ayrılır. Bunlardan en yaygın olanı pamuktur. Dünyadaki tüm elyaf üretiminin neredeyse yarısını oluşturan bir tohum kılıdır. 1989 yılında üretilen toplam tekstil elyafı miktarı (yaklaşık 12 000 milyon kilogram poliolefin hariç) 37 939 milyon kilogramdı. Bu miktar farklı elyaf tipleri arasında eşit olarak bölünmedi ve iki özel elyaf sınıfı, pamuk ve insan yapımı sentetik lifler, arasında egemen oldu. Diğer bitkisel liflerden bazıları; kapok, keten, jüt, kenevir, sisal, rami ve hindistancevizidir. Orijinal materyali modifiye etmek ve yeniden oluşturmak suretiyle doğal olarak oluşan polimerlerden oluşan liflere rejenere denir. Rejenere lifler bir zamanlar proteinlerden (süt, yer fıstığı, soya) yapılmıştır. Ancak şimdi bu tipteki neredeyse bütün lifler selüloza dayanmaktadır. En yaygın viskon rayon, odun hamurundan yapılır. Cupramonyum rayon, selüloz diasetat ve selüloz triasetat da selüloza dayalı rejenere liflerdir. Kimyasal sentez ile üretilen polimerlerden yapılan lifler, yani lif oluşturu malzemenin özel olarak tasarlandığı durumlarda sentetik veya kimyasal lifler olarak adlandırılır. Bunların hammaddesi yağdır ve çok çeşitli elyaf türleri mevcuttur. Naylonlar, polyesterler, akrilikler, klorofiberler, poliolefinler ve aramidler sentetik liflerin diğer örnekleridir (Greaves ve Saville, 2009). Tekstil liflerine olan talebin hızla artması, lifler için daha zorlu uygulamaların yanı sıra, hiç durmayan insan yapımı liflerin bulunuşuna ve üretimine yol açmıştır. Şu an için, dünya çapında toplam insan yapımı elyaf üretimi, doğal elyaf üretimi ile aynı seviyededir (Robertson ve Grieve, 1999).

Brink ve Escobin (2003) sap liflerini (1) bast lifler; (2) kolona (*Colona* spp.), ekmek ağacı (*Artocarpus elasticus*), kâğıt dut ağacı (*Broussonetia papyrifera*) gibi bitki saplarının kabuk kısmından ayrılmayan, tamamen veya şeritler halinde kullanılan bast şeritleri; (3) yumuşak ve sert odunlu ağaçların odun lifleri; (4) tek çenekli (*Phragmites* spp. gibi) bitki saplarından elde edilen lifler; (5) örme (*Cyperaceae* familyası) ve bağlama (*Bauhinia* spp. ve *Nepenthes* spp.) amaçlı kullanılan tam ve bölünmüş saplar; (6) *Tetrapanax papyriferus* ve *Cyperus papyrus* gibi kâğıt yapımında kullanılan bitki saplarının öz kısımlarından elde edilen öz lifler olmak üzere 6 sınıfa ayırmışlardır. Aynı araştırmacılar yaprak liflerini ise lif içermeyen yaprak dokularından

ayrılarak elde edilen yaprak lifleri ile tüm yaprak veya yaprak şeritleri olmak üzere 2 sınıfa ayırmışlardır. Farklı araştırmacılar tarafından yapılan bu sınıflandırmaların ışığı altında, lifleri için yetiştirilen veya toplanan lif bitkilerini, liflerin elde edildiği bitki kısımlarına göre 5 grupta sınıflandırabilir. Bu gruplardan sap liflerini 6, yaprak liflerini de 2 alt gruba ayırabiliriz.

Lif bitkilerinin sınıflandırılması;

A. Tohumlarından lif elde edilen bitkiler

B. Saplarından lif elde edilen bitkiler

- Çift çenekli bitki saplarından elde edilen bast lifler
- Bast şeritleri
- Odun lifleri
- Tek çenekli bitki saplarından elde edilen lifler
- Tam ve bölünmüş saplar
- Öz lifler

C. Yapraklarından lif elde edilen bitkiler

- Yaprak lifleri
- Tam yapraklar ve yaprak şeritleri

D. Meyvelerinden lif elde edilen bitkiler

E. Köklerinden lif elde edilen bitkiler

Dünyada bulunan lif bitkilerinin sayısının 1000'in üzerindedir. FAO'nun dünyadaki ana lif bitkileri ile ilgili sınıflandırmasında ekonomik öneme sahip bitkileri pamuk, keten, kenevir, kapok, jüt, jüt benzeri (güneş keneviri, urena, kenaf, roselle, abroma), rami, sisal, agaveler (kantala, heneken, Meksika keneviri vb.), abaka, diğer lif bitkileri (Morityus keneviri, Yeni Zelanda keteni vb.) şeklinde sıralanabilir.

Olay yerlerinde bulgu olarak karşımıza çıkabilecek ve daha sonrasında delil niteliği kazanabilecek başlıca tekstil lifleri Tablo 2.8’de gösterilmiştir.

**Tablo 2.8:** Bulgu olabilecek başlıca tekstil lifleri (Robertson and Grieve, 1999).

| KÜÇÜK TEKSTİL<br>LİFLERİ | TEKSTİL<br>SON ÜRÜNLERİ                   | TEKSTİL<br>DESEN İZLERİ |
|--------------------------|-------------------------------------------|-------------------------|
| Tek lifler               | İplikler                                  | Hasar çeşitleri         |
| Lif parçacıkları         | Kordonlar, Halatlar                       | Fiziksel uygunluk       |
| Tüycükler                | Giyim eşyaları                            | Damgalar                |
| Küçük lif tomarları      | Evde kullanılan eşyalar ve ev<br>tekstili | Düğümmler               |
|                          | Teknik tekstiller                         |                         |

#### 2.4.3. Liflerin Elde Edilme Yöntemleri

Bitkisel liflerin oluşumları elde edildikleri bitki kısımlarına göre farklılık gösterir. Saplarından lif elde edilen bitkilerin lifleri, sapın kabuk kısmının sekonder aktivitesi; yapraklarından lif elde edilenlerinki yaprak tabanındaki parankima dokusunun sürekli bölünmesi; tohumlarından lif elde edileninkileri de tohum kabuğu üzerindeki epidermis hücrelerinin dışa doğru uzamalarıyla oluşur (Maiti, 1997). Lifler, tohum ve meyve lifleri hariç, lif içermeyen dokular arasında hüzmeler veya demetler halinde bulunur (Van Sumere, 1992).

Lifler, etrafındaki dokularından çeşitli yöntemler kullanılarak ayrılabilir. Bu yöntemler; havuzlama (çürütme), enzim, kırma, kimyasal, soyma (dekortikasyon) ve çırpılamadır (Brink ve Escobin, 2003). Bu yöntemlerden; havuzlama ve enzimle çürütme, bazı mikroorganizmaların etkisiyle gerçekleştirildiği için biyolojik yöntemlerdir. Kırma, soyma ve çırpılama ise mekanik yöntemlerdir. Liflerin elde edilme yöntemlerini biyolojik, mekanik ve kimyasal yöntemler olarak üç grupta toplamak mümkündür.

Bitki saplarının dış yüzeyi, kütikula ve epidermisten oluşur. Kütikula mumsu madde, epidermis kalın duvarlı hücrelerden oluştuğu için, bu iki yapı bitkide terlemeyi önler. Dış yüzey bitki türlerine bağlı olarak her  $\text{mm}^2$ 'de 25-50 arasında stoma içerir (Walton, 1988). Saplardan lif demetlerinin elde edilmesinde stomaların önemli bir yeri vardır. Şöyle ki normal olarak havada bulunan bakteriler stomalardan sapa giriş yapar ve iletim demetleri arasındaki pektin maddeleri ile beslenir. Bunun sonucunda sapın kabuk kısmındaki lif hüzmeleri açığa çıkar. Bu olaya havuzlama veya çürüme denir. Havuzlama işlemine Ege Bölgesi'nde limanlama, bazı yerlerde de çaylama denir (Mert, 2009).

Havuzlama, genellikle bast liflerin elde edilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, suda ve çığde olmak üzere iki şekilde yapılabilir (Foulk ve diğ., 2002). Suda havuzlama; jüt, keten, kenevir gibi bast lifi elde edilen bitki saplarının durgun veya akarsuya batırılarak, anaerobik bakterilerin sap üzerindeki kolonizasyonu sonucu pektin ve diğer matriks bileşiklerin çürümelerini ve sonuçta liflerin öz dokulardan ayrışmalarını sağlayan bir yöntemdir (Van Sumere, 1992). Suda havuzlama durgun sularda, akarsularda, sıcak suda ve buhar uygulaması olmak üzere dört şekilde uygulanır (Van Sumere, 1992; Yazıcıoğlu, 1999).

Kırma yöntemi, havuzlama yönteminin bir devamı gibi düşünülebilir. Havuzlanmış bitki saplarındaki liflerin, sapın diğer kısımlarından ayrılması gerekir. Bu nedenle, kurutulmuş bitki saplarının kırma işlemine tabi tutularak, odun kısmının ufalanması sağlanır. Kırma işlemi, basit (mengenez) ve daha donanımlı makinelerle yapılabilir. Kırma işleminden sonra lifler tarama ve fırçalama işlemlerinden geçirilir (Mert, 2009).

Kabuk soyma, öncelikle sisal, kantala ve heneken gibi sert yaprak liflerinin elde edilmesi için uygulanan bir yöntemdir. Bu işlem, yaprakların ezilmesi ve liflerin lif içermeyen dokulardan kazınması aşamalarını içerir. Öncelikle yapraklardaki dikenler temizlenir ve daha sonra bu yapraklar silindirler arasında ezilerek kabuk soyma makinelerinden geçirilir. Liflerin kazınması aşamasında, liflere yapışık artık maddeler su ile yıkanarak temizlenir. Lifler kurutulduktan sonra toz ve diğer maddelerden arındırılır ve parlaklık vermesi amacıyla taranır. Soyma, sap liflerinin elde edilmesinde de kullanılan bir yöntemdir (Mwaikambo, 2006). Çırçırılama, pamuk tohumlarını kaplayan uzun liflerin, daha çok makinelerle çekilmesi işlemidir. Kimyasal yöntem, lif hüzmeleri yerine lif hücreleri elde etmek veya havuzlama yöntemi ile elde edilmiş

liflerdeki yabancı maddeleri uzaklaştırmak için yapılır (Mert, 2009). Lif hüzmeleri yerine lif hücreleri elde etme işlemine kotonizasyon denir. Bu yöntemde, genellikle % 3'lük HCl banyosu kullanılır (Yazıcıoğlu, 1999).

## 2.5. MOLEKÜLER BELİRTEÇLER (MARKIR) VE KULLANIM ALANLARI

Moleküler markır teknikleri, bireyler arasındaki DNA dizilerinin farklarını ortaya çıkarmakta kullanılan ve son yirmi yılda biyolojik bilimlerde devrim etkisi yapmış uygulamalardır. Başka bir ifadeyle moleküler markır, genom içinde bir DNA parçasının farklılıklarını temsil eder ve bu farklılıklar eklenmeler, silinmeler, duplikasyonlar, yer değiştirmeler gibi olaylardan meydana gelebilir. DNA temelli moleküler markırlar genetik mühendisliği, taksonomi, fizyoloji, embriyoloji vb. alanlarda kullanılan çok yönlü araçlardır. PCR'ın bulunmasından sonra DNA markırları kullanılarak gen etiketleme, genetik haritalama, tarımsal açıdan önemli genlerin belirlenmesi, genetik çeşitlilik çalışmaları ve filogenetik analiz çalışmaları kolaylaşmıştır. DNA, bitki popülasyonundaki çeşitlilik veya popülasyon içindeki bitki genotipleri arasındaki ilişkilerin tespitinde %100'e yakın güvenilirdir (Delipoyraz, 2018). Bugün moleküler markırlar gen kaynaklarının değerlendirilmesinde, bitki sistematğinde ve ıslahında etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

Moleküler sistematistler, çalışmalarında fenotipik karakterler yerine, moleküler teknikleri kullanırlar. İki ayrı türe ait homolog (aynı kökene sahip) bir makro molekülün amino asit veya nukleotid dizileri arasındaki fark bu türler arasındaki evrimsel mesafeyi de gösterir. Çünkü iki farklı tür ortak atadan ayrılarak evrimleşmeye başladıktan sonra DNA'larında birçok mutasyon oluşmaktadır. Bunların makro molekülün birincil yapısında neden olduğu dizi farklılıklarının sayısı, evrim bilimcilerce bir ölçü olarak kullanılmaktadır (Delipoyraz, 2018).

Dizi farkının fazla olması, bireylerin hem ata hücrenden hem de birbirlerinden uzun zaman önce ayrılarak evrimleştiklerini işaret eder. Az olması ise bu canlıların yakın akraba olduklarını hatta aynı türe dâhil olabileceklerini gösterir (Küçük, 2017). Evrim esnasında DNA dizileri birbirinden uzaklaşıp değiştiği için diziler arasındaki farklılıklar aralarındaki evrimsel uzaklığı hesaplamada kullanılabilir. Genetik kıyaslamalar genellikle, türler arasındaki evrimsel akrabalığı nitelemede en doğru yöntem olarak kabul edilir (Delipoyraz, 2018).

Bu yöntem, fenotipik kıyaslamalarla edinilmiş bazı yanıltıcı tespitleri onarabilmektedir. Türler arasındaki evrimsel uzaklıklar ‘evrim ağacı’ ya da ‘filogenetik ağaç’ şemaları ile gösterilirler. Bu şemalar kardeş taksonların ortak bir atadan değişimini ve zaman içinde taksonların birbirinden uzaklaşmalarını gösterir. İdeal bir moleküler markırın sahip olması gereken bir takım özellikler vardır. Bunlardan birincisi, türleri ayırabilecek yeterliliğe sahip olmasıdır. İkincisi, çok farklı bitki taksonları için kullanılabilecek standart bir DNA bölgesi olması gerekmektedir. Üçüncüsü, hedef DNA bölgesi türlerin ait olduğu taksonomik grupları (cins, aile vb.) kolaylıkla ayırt edebilecek filogenetik bilgiyi taşımalıdır. Dördüncüsü, markır bölgesi çok güvenilir ve korunaklı olmalıdır. Ayrıca DNA çoğaltımı ve dizilenmesi açısından da uygun olmalıdır. Son olarak, hedef DNA bölgesi, degrade DNA çoğaltımına izin verebilecek uzunlukta olmalıdır. Moleküler markır teknikleri DNA molekülündeki korunmuş bölgelerdeki farklılığın saptanması amacıyla çeşitli tipteki primerlerin, PCR tekniği kullanılarak çoğaltılması esasına dayanır (Delipoyraz, 2018).

Bitki örneklerinin DNA analizi için, insan kimliklendirme testindeki birçok benzer yöntemden yararlanılabilir. Dört faktörün (miktar, özellik, saflık ve karışım oranları) hepsi belirleyici bir rol oynayabilir. Profilleme için yeterli miktardaki bitki DNA’sını elde etmede iki faktöre dikkat edilmesi gereklidir. Bunlar, bitki parçalarının büyüklüğüne ve yeterli nuklear DNA içeriğini kazanacak şekilde bitki hücre çeperlerinin parçalanma yeteneğine bağlıdır. Bitkisel örneklerin mevsimlere göre de elde edilmesi zorlaşacağından başlangıçta olay yerinden olabildiğince çok örnek toplanmalıdır. Geleneksel olarak, bitki hücreleri havanda el ile mekanik basınç uygulanarak parçalanırlar ve sıvı azot ile hücre duvarının kırılabilirliği artar. Bitki hücre duvarlarının bozulmasında bazı mekanik dövücüler olabildiği gibi metal boncukların yüksek hızda örneklerle salınımı da kullanılabilir. Bunlara ek olarak, santrifüj adımlarını azaltan ve DNA ürünlerini artıran ticari kitler de üretilmektedir. Moleküler belirteçler, kaynağını kendilerinin üretildiği bitkilerin hücrelerinde bulunan DNA’lardan alır. Moleküler belirteçler, canlı popülasyondaki çeşitlilik veya o popülasyon içindeki canlı genotipleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde %100’e yakın güvenilirlikle ayırt ederler. Moleküler belirteçlerin çevre faktörlerinden etkilenmemesi birer avantaj olup genetik değişiklikleri daha fazla yansıtır. Bugün moleküler belirteçler bitki sistematğinde, ıslahında ve gen kaynaklarının değerlendirilmesinde etkin olarak kullanılmaktadır (Coyle, 2005).

Moleküler belirteçler, biyokimyasal ve DNA belirteçleri olarak iki kategoride sınıflandırılabilir. Biyokimyasal belirteçlerin en yaygın olanı izoenzimlerdir. Enzimler, genlerin kontrolunda sentezlendikleri için izoenzimler biyokimyasal belirteçler sınıfındadır. En büyük avantajı, kolay, hızlı, tekrarlanabilir ve özellikle güvenilir bir yöntem olmasıdır. Tohum örtüsü, (testa) proteinleri, yapraklarda bulunan bileşikler, sekonder metabolitler, izoenzimler bu gruba girerler. Ancak en yaygın kullanılan bileşenler izoenzimler ve tohum proteinleridir. İzoenzimler, türler arası veya nispeten uzak taksonlar arasındaki varyasyonları çalışmak için yararlıdır. DNA belirteçler kullanılarak bireyler arasında DNA düzeyinde moleküler farklılık ortaya çıkarılmaktadır.

Daha çok morfolojik karakterlere dayalı olarak yapılan klasik teşhis ve tayin çalışmaları bitki gruplarının sistematik kategorilerini tanımlamak için yeterli değildir. Bu durum son yıllarda taksonomi çalışmalarında daha çok moleküler yöntemlere ağırlık verilmesiyle sonuçlanmıştır. Moleküler sistematik araştırmacılar, çalışmalarında fenotipik karakterler yerine molekülleri kullanırlar. İki ayrı türe ait homolog (aynı kökene sahip) bir makromolekülün aminoasit veya nukleotid dizileri arasındaki fark bu türler arasındaki evrimsel mesafeyi de gösterir. Çünkü iki farklı tür ortak atadan ayrılarak evrimleşmeye başladıktan sonra DNA'larında kendiliğinden meydana gelen çok sayıda mutasyonlar oluşmaktadır.

## **2.6. KLOROPLAST DNA'SI, *RBCL* GENİ VE RESTRIKSİYON ENZİMLERİ İLE KESİM ANALİZİ**

Son yıllarda moleküler biyoloji, bitki genetiği ve filogeni çalışmalarında yaygın olarak kullanılan diğer bir genom kaynağı da kloroplast DNA'sıdır. Kloroplastlar da tıpkı mitokondriler gibi kendi genetik sistemlerine sahip olan organellerdir. Yapısal olarak prokaryot organizmaların genomuna benzer ve kendilerine ait ribozomları vardır. Organelde DNA replikasyonu yapıldıktan sonra kopyalanan DNA yeni oluşan oğul organelle aktarılır (Delipoyraz, 2018).

'Genom' denildiğinde, çekirdek DNA'sı (nr DNA), mitokondri DNA'sı (mtDNA) ve kloroplast DNA'sı (cpDNA) anlaşılmaktadır. Mitokondri ve kloroplast DNA'larının çekirdek DNA'sından yapı ve işlev bakımından hiçbir farkı bulunmamaktadır. Yalnızca mitokondri ve kloroplast DNA'sı, çekirdek DNA'sı gibi doğrusal değil, halkasal yapıdadır. DNA'nın

kromozom şeklinde organizasyonunda gerekli olan histon proteinleri bulunmaz. Bu nedenle de DNA'da nukleozom şeklindeki paketlenme yoktur ve nasıl paketlenildiği henüz tam olarak bilinmemektedir. Her yeni nesilde crossing-over (homolog rekombinasyon)'dan ötürü en az % 50 oranında değişen (yeniden düzenlenen) çekirdek DNA'sının yanında, mitokondri ve kloroplast DNA'sında crossing-over (homolog rekombinasyon) meydana gelmemesinden dolayı değişiklikler görülmez. Ancak, kopyalama hatalarını kontrol etmeye yarayan bir sistem olmamasından dolayı mitokondri ve kloroplast DNA'larında, çekirdek DNA'sına kıyasla daha hızlı varyasyonlar (genetik çeşitlilikler) oluşur. Karşılaştırmalı restriksiyon bölge haritalama ve DNA sekanslama metodlarında, elde edilen verilerin analizi, filogenetik ilişkilerde mümkün olan en iyi hesaplamayı elde etmek için, yeterli takson ve karakter örnekleme gerektirir (Delipoyraz, 2018).

Kloroplast DNA'sı 1960'lı yıllarda çekirdek DNA'sından farklı özelliklere sahip bir molekül olarak ortaya çıkarılmıştır. Kloroplastlar halkasal bir DNA molekülüne sahip olup, 120-160 kb uzunluğunda yaklaşık 120 gen içermektedir. Bir kloroplast yaklaşık 4000 protein içerir ve bunlardan 100'ü kloroplast genomu tarafından, geri kalanı ise çekirdek genomu tarafından kodlanır. Aynı organizmanın nuklear DNA'sı ile kloroplast DNA'sı karşılaştırıldığında birbirlerinden farklı baz kompozisyonuna, yoğunluğa ve uzunluğa sahip oldukları görülmektedir. Kloroplast DNA'sı, nuklear DNA'ya göre çok daha düşük mutasyon oranına sahiptir. Kalıtım biçimi maternal kalıttır. Yani tek ebeveynden (anneden) gelen kalıtım şekli olmasından dolayı genetik çeşitlilik ve evrim çalışmalarında kullanılmaya oldukça uygundur. Kloroplast DNA'sının gen dizilimi ve genom boyutu çok iyi bir şekilde korunmuştur. Bu organel genomunun korunmuş olması pek çok bitkide kodlanmayan bölgeleri çoğaltmak için kullanılan evrensel primer çiftlerinin tasarlanmasına olanak sağlamıştır. Kloroplast DNA'sının boyutu mitokondri DNA'sınıkinden daha büyüktür. Bu boyut farklılığı; kloroplastlarda mitokondrilere göre taşınan gen sayısının fazlalığı, genler arasında ve içinde oldukça uzun kodlama yapmayan nukleotid dizilerini taşıması ve DNA dizisinde duplikasyonlu bölgeleri içermesi ile açıklanabilir. Bitkiler arasında bu kodlama yapmayan dizilerin miktarlarında da farklılık bulunmaktadır. Bu da endosimbiyotik kuramı destekleyen ve ilkel ökaryotik hücrenin başlangıçta fotosentez mekanizmasına sahip bir siyanobakter tarafından istila edilmesini takiben zamanla organel olma yolunda geçirdiği değişimin bir kanıtıdır. Kloroplast DNA'sının kodladığı sayısız gen ürünü organel içindeki protein sentezi sürecinde işlev yapar.

Düşük organizasyonlu Bryophyta (karayosunları) üyelerinden, yüksek organizasyonlu çiçekli bitkilere kadar çeşitli organizmaların kloroplast DNA'sı birbirinden çok farklı sayıda gen ürünlerini kodlayabilmektedir. Genelleme yapacak olursak, kloroplast DNA'sı üzerinde bulunan genler transkripsiyonda görevli olan RNA polimeraz enziminin alt ünitelerinin, translasyonda görevli olan tRNA'ların tümünün, kloroplast ribozomlarına özgün birçok ribozomal proteinin ve 4.5S, 5S, 16S ve 23S rRNA'ların (iki set halinde) şifrelenmesinden sorumludurlar. Diğer kloroplast genleri fotosentetik işleve özgüdür. Bunlardan bazıları fotosentezin aydınlık evre reaksiyonlarını oluşturan protein kökenli hücresel bileşenleri kodlar. Söz konusu genlerdeki mutasyonlar fotosentezi inaktive edebilirler. Kloroplast DNA'nın intronları ve genler arası kesim bölgeleri gibi kodlanmayan kısımları, kodlanan kısımlarına göre değişime daha yatkındır. Bu nedenle, bu kodlanmayan bölgelerin bilgi karakter potansiyelinin kodlanan bölgelere göre daha fazla olduğu ortaya konmuştur. Bu nedendir ki onlar taksonlar arası filogenetik çalışmalarda daha popüler bir yer alırlar (Delipoyraz, 2018).

Kloroplast genomunun restriksiyon bölgelerinin haritalanması yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak uygulanabilirliği taksonomik seviyelerle sınırlıdır. DNA dizilerinin karşılaştırılması, moleküler sistematik içinde yer alan ve en büyük ilerlemenin yapıldığı alandır. Teorik olarak, herhangi bir farklılık derecesi karşılaştırmalı sekanslama çalışmalarına cevap verebilir. Uygulamada, bitki sistematistleri, yavaş yavaş gelişen (evrilen) iki diziye (*rbcL* ve rRNA genleri) odaklanmıştır. Hızla değişen kloroplast genleri, kloroplast intronları, intergenik aralıklar ve nuklear ribozomal RNA tekrarının kodlanmayan kısımları da dâhil olmak üzere karşılaştırma yapmak amacıyla araştırılan DNA sekansları (dizileri) çok daha hızlı evrilmektedir. Filogenetik amaçlar için kullanılan iki temel moleküler varyasyon kaynağı, kloroplast genomu ve nuklear ribozomal DNA tekrar bölgesi olmuştur. Bitkilerde mitokondriyal genom, mitokondriyal genomun merkezi bir rol oynadığı hayvan sistematığının aksine, filogenetik çalışmalarda daha az kullanılmıştır. Anjiyospermelerde filogenetik rekonstrüksiyon için çoğunlukla kloroplast DNA verilerinin sağlanması iki yaklaşım ile sağlanır. Bunlar; tüm kloroplast genomunun restriksiyon bölgesi haritalaması ve *rbcL* geninin sekanslanmasıdır. Kloroplast genomu, anjiyospermeler arasında yapı, boyut ve gen içeriği bakımından çok az değişiklik gösterir. Anjiyospermelerdeki tipik kloroplast genomu, 135 ila 160 kb arasında değişmektedir. Genomun kalanını bir büyük ve bir küçük tek kopyalı bölgeye bölen 25 kilobaz (kb), tersine çevrilmiş tekrar tarafından karakterize edilir.

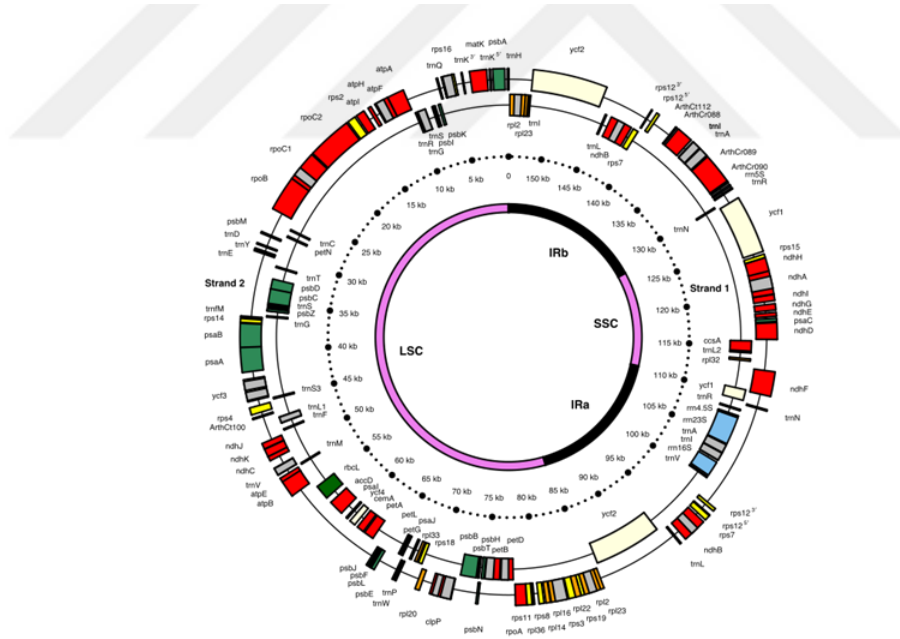
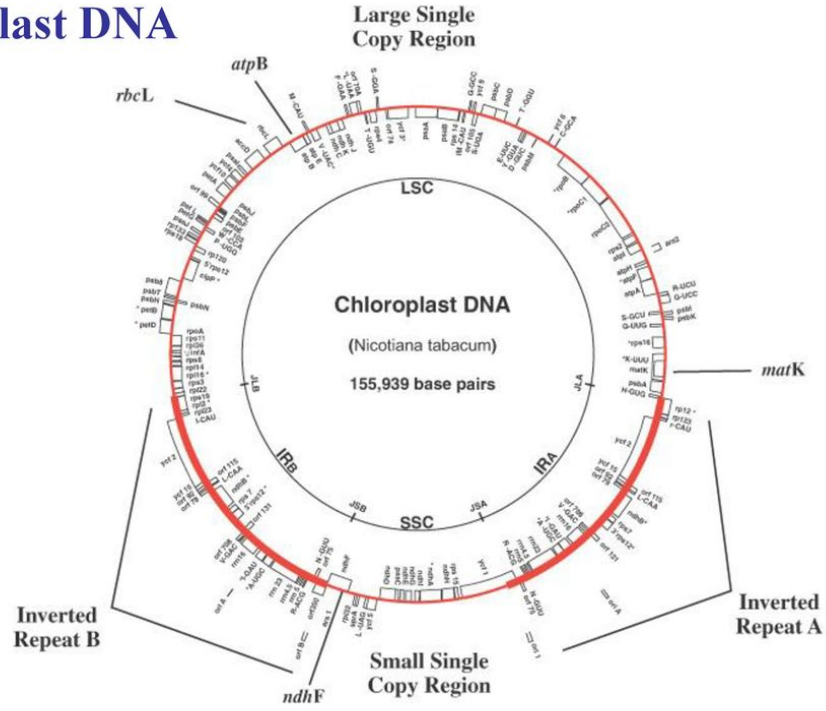
Kloroplast genomundaki gen düzenindeki ve içeriğindeki değişiklikler nadirdir ve tipik olarak genomun bir kısmının ters çevrilmesiyle veya bir genin kaybıyla ortaya çıkar. Bitkilerin mitokondriyal genomları, kloroplastınkilerle keskin bir zıtlık oluşturur. Mitokondriyal genomlarda daha az bilgi mevcuttur. Angiosperm mitokondriyal genomları, yapı, büyüklük ve gen düzeninde geniş çapta değişmektedir. Bu da bütün bir genomun restriksiyon alan çalışmalarını zorlaştırmaktadır. Bitkilerin nispeten az bilinen mitokondriyal genomunun aksine, hayvan mitokondriyal genomu, herhangi bir organizma grubunun en iyi bilinen genomudur. Bitkilerde kloroplast genomu ve hayvanlardaki mitokondriyal genomu, kendi gruplarının filogenetik çalışmasında doğal olarak bulunanlardır. Kloroplast genomu araştırılan türlerin hepsinde değil ancak bazılarında intraspesifik varyasyonlar sağlamıştır. Karşılaştırıldığında, kloroplast genomunun üç özelliği, tür düzeyinde ve üzerinde filogenetik çalışmalar için farklı avantajlar sunmaktadır. İlk olarak, kloroplast genomunun büyüklüğünün yaklaşık olarak on kat daha büyük olması ve altı kat daha fazla sayıda protein geninin olması restriksiyon bölgeleri çalışmaları için çok daha büyük bir veri tabanı sağlar ve dizi karşılaştırmaları için daha fazla seçenek sunar. İkincisi, cpDNA'da düşük yer değiştirme oranının hayvan mtDNA'ya kıyasla on kat daha fazla, daha yüksek seviyeli filogenetik çalışmalar için nukleotid sekanslarının, cpDNA'sının hayvan mtDNA'sına kıyasla daha uygun hale getirilmesini sağlar. Üçüncü olarak, yapısal yeniden düzenlemeler, hem cpDNA'sı hem de hayvan mtDNA'sında seyrek olmakla birlikte, cpDNA'da, anjiyospermelerde karakterize edilen birçok inversiyon ve gen veya intron delesyonu ile biraz daha yaygındır. Restriksiyon parça varyasyon analizi, cpDNA'nın filogenetik amaçlar için analiz edilmesinde birincil yöntem olmuştur. Restriksiyon haritalamanın çeşitli avantajları vardır ve filogenetik çalışmalar için kullanılması önerilmektedir. *rbcL* amplikon çiftlerini ayırt eden restriksiyon enzimleri Tablo Ek 1'de verilmiştir. 1) Moleküler biyolojide birçok yönteme göre teknolojik olarak basittir ve araştırmacıların aynı anda birçok taksonu karşılaştırmasını sağlar. 2) Kloroplast genomu, enzim başına birçok alanın örneklenebileceği kadar geniştir. Genom başına 100 kez kesilen enzimler kolaylıkla haritalanabilir. 3) cpDNA'nın bir soydan diğer soya geçerken melezleşme ya da geçişim olması halinde küçük bir soygrubu ile kalıtılan kloroplast genomunun restriksiyon enzimleriyle yapılan kesim sonucunda sahip olunan farklılık tür düzeyinde bir farklılığı yansıtmayabilir. 4) Filogenetik olarak bilgilendirici varyasyonların çoğu, kodlanmayan bölgelerin kesim yerlerinde meydana gelir.

5) Homoplazi, ortak bir atadan dolayı olmayan özellikteki benzerliktir. Çoğu zaman, homoplazi morfolojik özelliklerde benzerlik olarak görülür. Bununla birlikte, homoplazi, genetik sekanstaki benzerlik, yaşam döngüsü tipleri ve hatta davranışsal özellikler gibi başka özellik türlerinde de ortaya çıkabilir. Restriksiyon kesim haritalamalarından elde edilen bilgilere göre, aynı ya da yakın türler arasında dikkate değer şekilde düşük derece homoplazi görülür. Son çalışmalar, çoğu anjiyosperm cpDNA'larının toplam genom karmaşıklığının yaklaşık % 20'sini oluşturan cpDNA'nın ters çevrilmiş bölgesinin, anjiyospermilerin alt sınıfları için bile güvenilir şekilde eşleştirilebileceğini göstermiştir. Restriksiyon enzimleri kullanılarak yapılan birçok çalışmada yakın ilişkili türlerin aynı sonucu verdiği görülmüştür. Kloroplast genomunda, yeterince büyük (> 1 kb) ve genel olarak karşılaştırmalı dizileme çalışmalarında genellikle yararlı olan 20 gen (16S rRNA, 23S rRNA, *psbA*, *psbD*, *psaB*, *psbB*, *psbC*, *psaA*, *rbcL*, *atpB*, *ndhA*, *atpA*, *ndhD*, *rpoB*, *rpoCl<sup>h</sup>* (h: tek bir büyük intron içerir), *ndhA<sup>h</sup>*, *rpoA*, *ndhF*, *rpoC2*, *matK* (orfK)) vardır. CpDNA içinde, karşılaştırmalı gen çalışmaları, ribuloz-1,5-bifosfat-karboksilazın (*rbcL*) büyük alt birimi üzerinde odaklanmıştır. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda yaklaşık 610 tane dergide yayınlanan makalede analiz edilen farklı tohumlu bitki türlerinden 1000'in üzerinde *rbcL* dizisi analiz edilmiştir (Olmstead ve Palmer, 1994).

## 2.7. BİTKİLERDE DNA BARKOTLARI

DNA barkot (DNA barcode), DNA dizisi temelli bir sistem olup bir veya birkaç lokus kullanılarak türlerin tanımlanmasını sağlar. Yani türlerin tanımlanmasında DNA'daki standart bir bölgenin dizilenmesini gerektirmektedir (Delipoyraz, 2018). İdeal bir barkot bölgesinin, tek bir evrensel primer çiftiyle elde edilebilen, çift yönlü olarak dizilenebilen ve maksimum seviyede tür ayırımı gücüne sahip olması beklenmektedir. Bitki DNA barkot araştırmaları günümüzde çok hızlı bir şekilde devam etmekte olup hala herhangi bir uzlaşma olmamıştır. Barkot çalışmaları günümüzde iki ana kategoride devam etmektedir ki bunlardan birincisi tür temelli taksonomik belirlemelerde çok iyi aydınlatılamamış türlerin taksonomi bilgilerine destek sağlamak, ikincisi ise tanımlanmayan türlerin aydınlatılmasına yardımcı olmaktır. Ayrıca, DNA barkotları tohumlu bitkilerde türlerin daha iyi anlaşılması ve bazı kriptik türlerin keşfine yönelik faydalar sağlamaktadır. DNA barkot uygulamaları, filogenetikten ekolojik genomik kadar çok geniş bir alanda DNA araştırmaları için insanlara yeni fırsatlar sunmaktadır. Bitki barkot çalışmalarında, özellikle kloroplast DNA bölgeleri (Şekil 2.12) (kodlama yapan veya yapmayan) çok uygun gözükmektedir.

## Kloroplast DNA



Şekil 2.12: Kloroplast DNA'nın sirküler (halkasal) dublex yapısı ve bölgeleri<sup>1</sup>.

<sup>1</sup><http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvQ2hsb3JvcGxhc3RfRE5B>, [Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2019].

### 3. MALZEME VE YÖNTEM

Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi'nden toplanan kültüre alınmış lif bitkileri (Tablo 2.1) ile bu bitkisel liflerden üretildiği düşünülen endüstriyel malzemeler (Tablo 2.2) çeşitli aktar, nalbur, hediyelik eşya dükkanı ve üretici firmalardan araştırılarak temin edildi. Kontrol bitki örneklerinin tamamı, botanik bahçesinden toplandıktan sonra üzerlerine Latince isimleri yazıldı ve kâğıt torbalara sarılarak çalışılacakları güne kadar hiçbir işleme maruz bırakılmadan ilk alındıkları halleriyle -80°C'de derin dondurucuda saklandı. Bitkilerde DNA izolasyonundan önce, temin edilen dokunun korunması oldukça önemlidir. Bitkisel dokuların dikkatli bir şekilde korunması izolasyon sonrası elde edilen DNA'nın kalitesini etkilemektedir (Şimşek ve diğ., 2008).

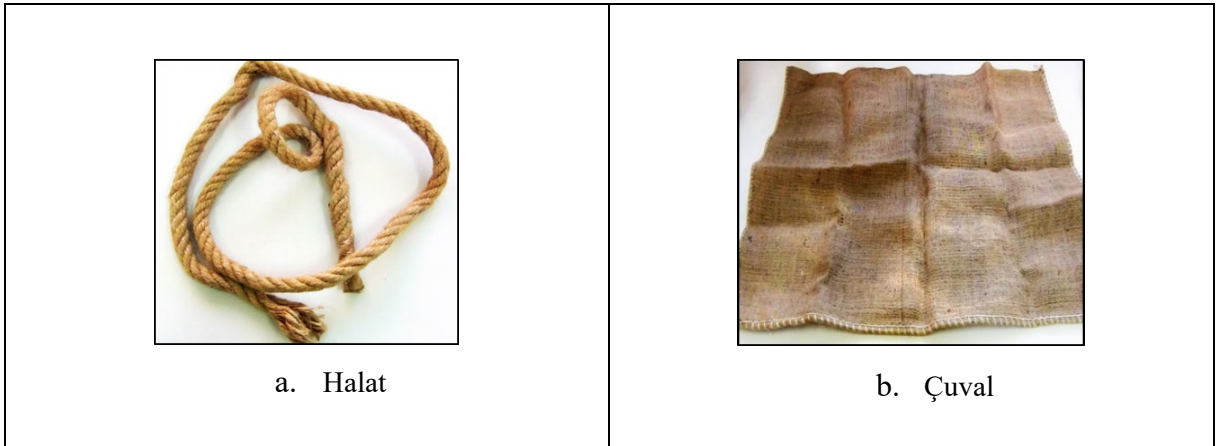
Yöntem; suç aleti olabilecek ve olay yerlerinde sıklıkla karşımıza çıkan lifli bitkisel materyallerden; sisal, kapok, jüt, bambu ve muz gibi bitki türlerinde bulunan ve sadece bitkilere özgü olan *rbcL* (large subunit of ribulose biphosphate carboxylase/oxygenase) kullanılarak bitki kaynaklı liflerin ayrımı yapıldı. Bunun için Dunbar ve Murphy (2009)'nin önerdiği protokolle yapılan PCR'da yaklaşık olarak 771 baz çifti (bp) uzunluğunda elde edilen PCR ürünü restriksiyon enzim sindirimi sonucunda bitki lif türlerine özgü elde edilen DNA parçacıklarının ayırımına dayalı tiplendirme yöntemi uygulandı. DNA izolasyonundan önce temizlenip kurutulan örnekler daha sonra sıvı azot (-196.6 °C) ile havanda toz haline getirildi. İzolasyonun bu basamağı temiz ve saf DNA elde etmek için çok önemlidir (Bozarı, 2012). İzolasyon için hazır hale getirilen örneklerin DNA izolasyonları DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen) ve CTAB Protokolü ile yapıldı. DNA miktarları Quant-iT dsDNA Assay Kit (Thermo Fisher Scientific) ile belirlendi. *rbcL* geni, bir çift oligonukleotid primer set (İleri:5'-(1) TGTTTACTTCCATTGTGGGTAATG3';Geri:5'CTGGTAGAGAGACCCAATCTTGA(749)-3') kullanılarak standart PCR ile çoğaltıldı ve çeşitli restriksiyon enzimleri ile kesildi. Restriksiyon enzimleri olarak; *AccI* (A): (GT' MKAC) (M = A/C, K = G/T) (ya da *ClaI* (C): (AT'CGAT) enzimi), *BamHI* (B): (G'GATCC), *DraI* (D): (TTT'AAA), *PstI* (P): (CTGCA'G), *SacII* (S): (CCGC'GG) kullanıldı. Enzim kesimi için 8 µl PCR ürünü, 1 µl restriksiyon enzimi ve 1 µl 10X Restriksiyon Buffer eklenerek 1,5 saat 37 °C'de inkübe edildi ve 65 °C'de 15 dakika restriksiyon enzimleri inaktifleştirildi. Daa sonra % 2'lik agaroz jelde 1 Kb DNA Ladder ya da 100bp DNA Ladder ile yürütülerek fotoğrafları çekildi.

### 3.1. LİF BİTKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILACAĞI MATERYALLER

Karşılaştırma örnekleri; çeşitli aktar, nalbur, hediyelik eşya satan dükkanlar ve tekstil üzerine imalat ve satış yapan yerlerden araştırıldıktan sonra satın alındı (Tablo 2.1). Satın alındıkları yerlerden şifai olarak edinilen bilgiler not edilerek Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi'nden toplanan lif bitkilerinin (kontrol grubu) kodlarına uygun olarak çalışılan her örneğe (karşılaştırma grubu) ayrı bir kod verildi. Karşılaştırma örneklerinin tamamı (Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4 ve Şekil 3.5) satın alındıktan sonra çalışılacakları güne kadar hiçbir işleme maruz bırakılmadan ilk alındıkları halleriyle oda sıcaklığında (25°C) saklandı.



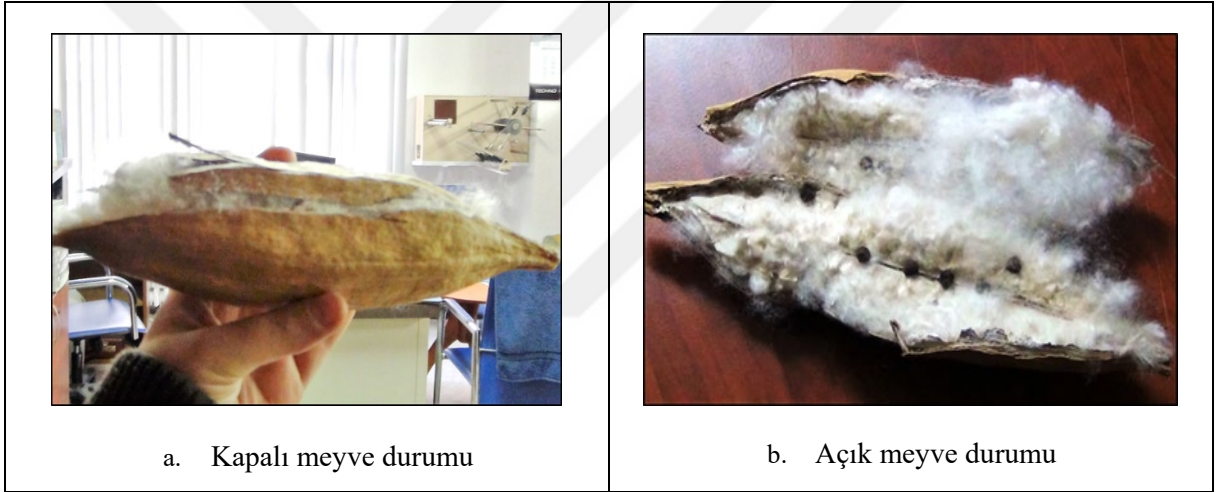
**Şekil 3.1:** Sisal olarak satılan halat ve banyo lifleri.



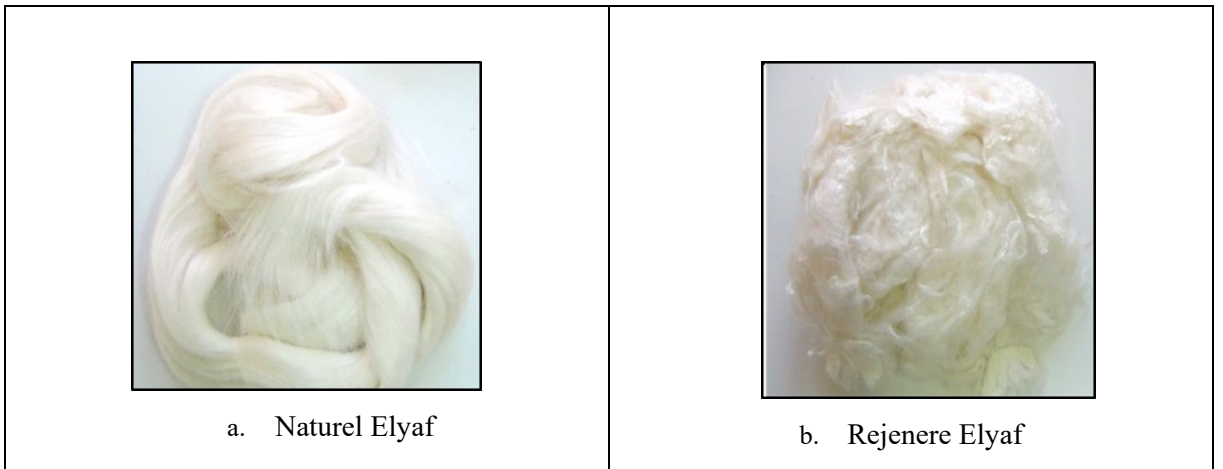
**Şekil 3.2:** Jüt olarak satılan halat, çuval ve iplikler.



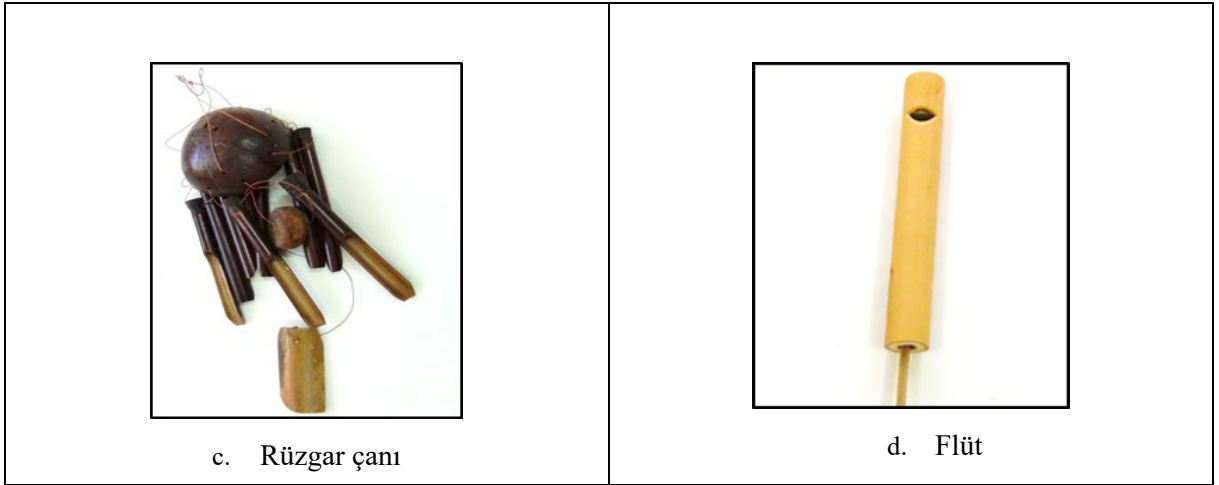
**Şekil 3.2 (devam):** Jüt olarak satılan halat, çuval ve iplikler.



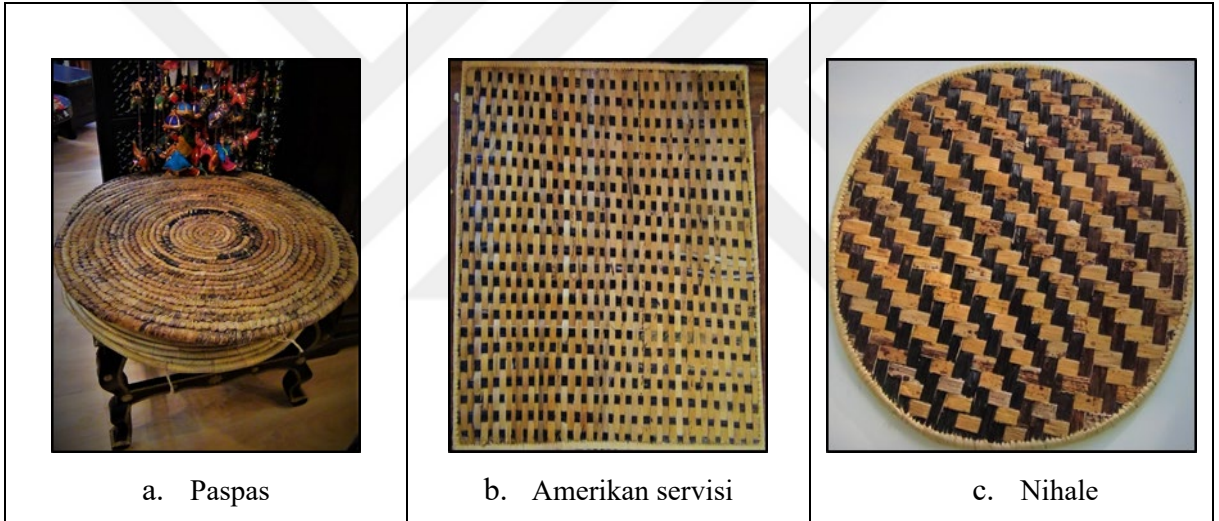
**Şekil 3.3:** Kapok olduğu söylenen bitki meyvesi, lifleri ve tohumları.



**Şekil 3.4:** Bambudan üretildiği düşünülen elyaflar (natürel ve rejenere), rüzgar çanı ve flüt.



**Şekil 3.4 (devam):** Bambudan üretildiği düşünülen elyaflar (natürel ve rejenere), rüzgar çanı ve flüt.



**Şekil 3.5:** Muz bitkilerinden yapıldığı söylenen paspas, Amerikan servisi ve nihale.

### 3.2. DNA İZOLASYONU İÇİN HAZIRLIK AŞAMASI

Bitkilerde moleküler biyoloji çalışmaları yüksek kalitede DNA gerektirmektedir. Kaliteli DNA isteyen bu çalışmalar arasında; bitki tür ve çeşitlerinin DNA parmak izlerinin belirlenmesi ile yapılan taksonomik çalışmalar, genetik haritalama çalışmaları, moleküler işaretleyiciler yardımıyla yapılan erken seleksiyon çalışmaları, Genetiği Değiştirilmiş Organizmaların (GDO) tanımlanması ve bunun gibi pek çok çalışma sayılabilir. Yüksek kalitede DNA gerektiren bu çalışmalar için öncelikli olarak çalışmalarda kullanılacak olan DNA'nın kısa sürede ve saf olarak eldesi son derece önemlidir. Bu amaçla bitkilerden DNA elde edilmesi için birçok

izolasyon yöntemi geliştirilmiştir (Dellaporta ve diğ., 1985; Doyle ve Doyle, 1991; Thomas ve diğ., 1993; Lodhi ve diğ., 1994; Lefort ve diğ., 1998). DNA izolasyonunda başarı; DNA'nın miktarı, DNA'nın kalitesi ve DNA'nın kullanışlılığı ile ölçülmektedir (Aka Kaçar, 2003). Sadece miligram miktarında yaprak dokusu gerektiren DNA ekstraksiyon prosedürleri restriksiyon enzim analizi için PCR temelli yöntemler ile kullanılabilir (Olmstead ve Palmer, 1994).

Biz de çalışmamızda örneklerin öğütülmesi için sıvı azot/havan ve tokmak tekniğini tercih ettik. Örneklerle yıkama-kurutma işlemleri uygulanarak temizlendikten sonra hepsi toz haline getirildi.



**Şekil 3.6:** Sıvı azot ile toz haline getirilen siyah bambu ve çuval örnekleri.

### 3.3. DENEYLERDE KULLANILAN CİHAZLAR

- Etüv (Nüve EN 500)
- Vorteks (çalkalayıcı) (Mixer uzusio vtx-3000L) ve (Nüve NM 110)
- Florimetri Cihazı (Fluorometer Qubit)
- Mikro santrifüj (ALC PK 121)
- Otomatik pipet seti (Eppendorf)
- Agaroze Jel Elektroforez Sistemi (BIO RAD POWER PAC 3000 ve BiometraStandart Power Pack P25)
- Elektronik hassas terazi (SCALTEC)
- Isıtıcı blok (WEALTEC CORP.)
- DNA Görüntüleme Cihazı (Biometra Bio Doc Analyze)
- Sıvı Azot Tankı (Cryolab)
- Su Banyosu (Nüve)
- Derin dondurucu (Uğur)
- Buzdolabı (Sharp SJ-PT69R)

### 3.4. DENEYLERDE KULLANILAN KİMYASALLAR VE TİCARİ KİTLER

DNA izolasyonu; ticari bir kit olan DNeasy Plant Mini Kit 50 (QIAGEN) ve CTAB (Doyle&Doyle) yöntemi modifiye edilerek yapıldı. Safılaştırma için örnekler kolondan geçirildi (filtrelendi). Çalışılan bütün örneklerin, Qubit® Florometre (Invitrogen) cihazında Quant-iT™ dsDNA HS (High Sensetive) kit ile sayısal olarak DNA miktarları ölçüldü ve not edildi. DNA görüntüleme tekniklerinden biri olan agoroze jel elektroforez tekniği, PCR sonrasında çoğaltılan DNA'nın restriksiyon enzimleriyle kesildikten sonra oluşan DNA bantlarını görüntülemek için kullanıldı.

### 3.5. DNeasy PLANT MİNİ KİT (QIAGEN) İLE DNA İZOLASYONU

DNeasy Plant Mini Kit 50 (QIAGEN) ile yapılan DNA izolasyonu işlem sırası aşağıda verilmiştir.

1. Çalışılacak alan zefirol ile kâğıt havlu kullanılarak temizlendi. Kullanılacak pipet uçları ve mikrosantrifüj tüpleri otoklavlandı. Böylece sterilizasyon sağlandı.
2. İzolasyon işlemine başlamadan önce ısıtıcı blok 65°C'ye ayarlandı.
3. Toz haline getirilen bitkisel materyaller (0,02-0,09 g) 1,5 ml'lik santrifüj tüplerine alınarak üzerine 400 µl Buffer AP1 ve 4 µl RNase A (100 mg/ml) eklenerek karıştırıldı (vortekslendi).
4. Vorteks yapıldıktan sonra 65 °C'de 10 dakika boyunca inkübe edildi.
5. İnkübasyon süresince tüpler 2-3 defa ters düz edilerek çalkalandı.
6. 130 µl Buffer AP2 eklendi ve 5 dakika buz üzerinde bekletildi.
7. 20,000 x g (14,000 rpm)'de 5 dakika santrifüj edildi.
8. 300 µl üst faz pipet yardımıyla alınarak QIAshredder Mini spin kolona (2 ml kollektör tüp) eklenerek 2 dakika boyunca 20,000 x g (14,000 rpm)'de santrifüj edildi.
9. Sıvı faz (oluşan topakçıkları almadan) yeni bir tüpe alınarak üzerine 3/2 oranında Buffer AP3/E (450 µl) eklendi ve pipetaj yapılarak karışım sağlandı.
10. Oluşan karışım (650 µl) DNeasy Mini spin kolona (2 ml kollektör tüp) alındı ve  $\geq 6000 \times g$  ( $\geq 8000 \text{ rpm}$ )'de 1 dakika boyunca santrifüj edildi.
11. Sıvı kısım atılarak spin kolona yeni bir kollektör tüp (2 ml) konuldu.
12. 500 µl Buffer AW eklenerek  $\geq 6000 \times g$  ( $\geq 8000 \text{ rpm}$ )'de 1 dakika boyunca santrifüj edildi.
13. Tekrar sıvı kısım atılarak 500 µl Buffer AW eklendi ve 20,000 x g (14,000 rpm)'de 2 dakika santrifüj edildi.
14. Spin kolon kollektüpten dikkatli bir biçimde çıkartılarak kolonun sıvı faza değmemesi sağlandı.
15. Spin kolon yeni bir mikrosantrifüj tüpe (1.5 ya da 2 ml) alınarak üzerine 100 µl Buffer AE eklendi ve 5 dakika boyunca oda sıcaklığında (15°C -25°C) inkübe edildi. Daha sonra  $\geq 6000 \times g$  ( $\geq 8000 \text{ rpm}$ )'de 1 dakika boyunca santrifüj edildi. Son basamakta yapılan işlemler tekrarlandı.

### 3.6. CTAB (DOYLE&DOYLE) YÖNTEMİ İLE DNA İZOLASYONU VE YÖNTEMİN MODİFİKASYONU

Bu prosedür 1984 yılında, nukleusların izole edilmesini gerektiren ve ellerindeki soya yapraklarından yalnızca bozulmuş DNA üretebilen uzun, pahalı ve düşük verimli sezyum klorür-etidyum bromür ultrasantrifüj işlemine bir alternatif olarak geliştirilmiştir. Az miktarda doku kullanan bir yöntem ararken Saghai-Maroofo ve diğ. (1984), güçlü bir deterjan olan CTAB'ı kullanan ve Arnold J. Bendich'in (Washington Üniversitesi) Laboratuvarı'nda geliştirilen bir prosedürü değiştirdiler. Bununla birlikte, Saghai-Maroofo ve diğ. (1984) prosedürlerinde liyofilize doku kullandı. Doyle ve Dickson (1987), St. Louis'deki Washington Üniversitesi'ndeki Roger Beachy Laboratuvarı'nda çalıştıklarında liyofilizatör yoktu. Bu nedenle, taze dokuların daha fazla su içeriğini dengelemek için Saghai-Maroofo ve arkadaşlarının ekstraksiyon tamponunun bileşenlerinin konsantrasyonunu iki katına çıkararak prosedürü değiştirdiler. Yapılan bu basit değişiklik çok güzel çalıştı. Mevcut prosedürlerde yapılan bu değişiklikler çok basit olduğu için prosedürü yayınlamadılar ancak birçok meslektaşlarına gönderdiler. O zamanlar, DNA varyasyonunun bitki sistematigi çalışmaları için bir karakter kaynağı olarak kullanılmaya başlandığı ve ilginin yüksek olduğu bir dönemdi. Fitokimyasal Bülten, Amerika Botanik Derneği Fitokimyasal Bölümü'nün yayınıydı ve 1987'de daktilo ile yazıldığı için de herhangi bir kütüphanede bulmak mümkün değildi. 1987 yılında Doyle ve Dickson, herbaryum örnekleri ve korunmuş dokular üzerinde prosedürü test etti ve sonuçları bitki sistematigi dergisi olan Taxon'da yayınladı. Ancak bu makale aynı prosedürü vermesine rağmen nadiren alıntılındı. Orijinal protokole erişilememesi ve bitki DNA minipreplerine gittikçe artan ihtiyaç nedeniyle 1990 yılında Focus editöründen protokolü yayınlamaları istendi ve onlarda bunu yaptı. Ne yazık ki, Focus aynı zamanda 'gerçek' bir bilimsel dergi değildi. Bu yüzden kütüphanelerde de bulunamıyordu. İronik olarak, Doyle ve Dickson'ın (1990) Texas A&M Üniversitesi'ne yaptıkları bir seminer gezisinde, o üniversitenin Dr. Brian Taylor'ın 1982'de Focus'la özdeş bir prosedür yayınladığını keşfettiler (Taylor & Powell, Focus 4: 4-6) ki onlar bundan tamamen habersizdi. Taylor ve Powell (1982) prosedürlerini, Washington Üniversitesi'ndeyken öğrenmiş oldukları Bendich prosedüründen geliştirmişlerdi. Doyle ve Doyle 1990'da, İngiltere'de (Norwich) düzenlenen 'moleküler taksonomi' konulu bir NATO çalıştayında bu tekniği geniş bir gruba uyguladılar. İşlemler yayınlandı, böylece prosedür dört kez farklı biçimde ortaya çıkmış oldu (Doyle ve Dickson, 1987; Doyle ve Doyle, 1987; Doyle ve Doyle, 1990; Doyle, 1991).

Doyle ve Doyle (1987) CTAB Prosedürü ana hatları ile aşağıda verilmiştir.

- 1) 5-7.5 ml CTAB izolasyon tamponuna (% 2 heksadeciltrimetilamonyum bromür [CTAB: Sigma H-5882], 1.4 M NaCl,% 0.2 2-merkaptotanol, 20 mM EDTA, 100 mM Tris-HCl, pH 8.0), 30 ml cam santrifüj tüpünün içerisinde, su banyosunda 60°C'ye kadar ısıtma işlemi yapın.
- 2) Önceden ısıtılmış bir havan içinde, 60°C CTAB izolasyon tamponunda, 0.5-1.0 g taze yaprak dokusu öğütün.
- 3) İsteğe bağlı olarak ara sıra numuneyi çalkalayarak, 60 °C'de 30 dakika (15-60 dk.) numune inkübe edin.
- 4) Bir kez kloroform-izoamil alkol (24:1) ile yavaşça ama iyice karıştırın. Bu işlem iki faz üretir. Oluşan üst faz, DNA içeren sulu bir fazdır. Bazı bozulmuş (degrade) proteinler, lipidler ve ikincil bileşik içeren bir de alt kloroform faz içerir. Bu iki faz arasındaki ara yüz, hücre döküntüleri ve birçok bozulmuş protein vb. içerir.
- 5) Fazları konsantre etmek için oda sıcaklığında klinik santrifüjde döndürün ( IEC klinik santrifüjde 7 ayarında (yaklaşık 6.000xg) 10 dakika santrifüj yapın). Bu işlem (santrifüj) esasen sulu fazda asılı kalan çöplükten kurtulmak içindir. Genel olarak sulu fazın santrifüjlenmesinin ardından, sıklıkla renkli bir görünümde olsa da açık renkli olacaktır. Ancak bu her zaman böyle değildir.
- 6) Geniş delikli bir pipetle sulu fazı çıkarıp temiz bir cam santrifüj tüpüne aktarın. Üzerine 2/3 hacminde soğuk izopropanol ekleyin ve nükleik asitleri çöktürmek için hafifçe karıştırın. Geniş delikli bir pipet kullanılmasının sebebi, çözelti içindeki DNA'nın dar bir açıklıktan geçerken kolayca kırılabilen uzun ve ince bir molekül olmasından kaynaklanmaktadır. Nazik davranmak DNA uzunluğunu (kalitesini) artırır. Bazı durumlarda bu aşama, sonraki hazırlıklar için cam kanca ile biriktirilebilen geniş nükleik asit iplikleri verir. Bununla birlikte çoğu durumda, durum böyle değildir. Örnek bulutlu görünümlü (top top) ya da bazen açık renklidir. Eğer bu aşamada hiçbir çökeltme görülmezse, numune oda sıcaklığında birkaç saat veya gece boyunca bırakılabilir. Burası aslında pek çok numunenin hazırlanacağı uygun bir bekleme yeridir. Neredeyse tüm durumlarda numunenin bu şekilde bekletilmesinden sonra çökelti oluşur.

- 7) Mümkünse nükleik asitleri bir cam kanca ile biriktirin ve 10-20 ml yıkama tamponuna (76% EtOH, 10 mM amonyum asetat) aktarın. A) Tercih edilen (alternatif) seçenek: Klinik santrifüjde (rneğin, IEC’de 3) 1-2 dk. boyunca döndürün. keltiyi kaybetmeden (difuze olan ve gevşek topakıklar) mümkün olduğu kadar üstte kalan sıvıyı yavaşça boşaltın. Topakıklar hafif, dağınık ve çok gevşek olduğu için çökeltiyi kaybetmeden, mümkün olduğunca çok miktarda üstte kalan sıvıyı (süpernatant) boşaltın. Yıkama tamponunu doğrudan topakıklara ekleyin ve nükleik asitleri yeniden süspanse etmek için hafifçe döndürün. B) Son are: Eğer hiç çökelti görülmezse daha yüksek hızlarda daha uzun süre döndürmek (spin) kaçınılmaz olabilir. Bu genelde iyi yıkanmayan ve daha fazla kirlilik içerebilecek sert bir topakta ya da tüpün alt kısmında ince bir tabaka halinde bulunan az miktarlarda iyi bir sonuç verecektir. Bu tür topakların yıkanması zordur ve bazı durumlarda ince dilimler halinde görünen noktalarda yıkamayı yapmak için cam çubukla karıştırın. Nükleik asitler yıkandıklarında genellikle çok beyaz hale gelirler. Ancak yine de bir miktar renk kalabilir.
- 8) Minimum 20 dakikalık bir yıkama işleminden sonra (IEC 7’de 10 dk.) nükleik asitleri döndürün (spin) ya da biriktirin. Yıkama aşaması başka bir uygun durma (bekleme) noktasıdır. Numuneler gözle görülür problemler olmadıkça asgari olarak 2 gün boyunca oda sıcaklığında yıkama solüsyonunda (buffer) bırakılabilir.
- 9) st fazı (süpernatant) dikkatlice dkn. Uzun bir döndürmeden (spin) sonra bile bazı topakıklar hala gevşek olabilir. Oda sıcaklığında kısa bir süre kurumaya bırakın.
- 10) 1 ml TE (10 mM Tris-HCl, 1 mM EDTA, pH 7.4) içinde nükleik asit topağını tekrar süspanse edin. Genel olarak ilave saflaştırma adımlarıyla devam edilmesine rağmen bu noktada elde edilen DNA genellikle restriksiyon sindirimi ve amplifikasyon için uygundur. Bu nedenle bu noktada durulur. Eğer DNA bu aşamada kullanılacaksa, topakıklar yukarıda belirtilenden daha iyi kurutulmalıdır. Bu aşamada nükleik asitlerin jel elektroforezi, sıklıkla yüksek ağırlıklı DNA’nın yanı sıra görünür RNA bantlarının varlığını ortaya koymaktadır.
- 11) 10 ug/ml’lik bir nihai konsantrasyona RNAase A eklenir ve 37°C’de 30 dk. inkübe edin.

- 12) Numune 2 hacim damıtılmış su veya TE ile seyreltilir. 2.5 M nihai konsantrasyona amonyum asetat (7.5 M stock, pH 7.7) ilave edin ve karıştırın. Bu aşamada DNA genellikle önceki çökeltiden daha temiz görünür. Suyla veya TE ile seyreltme buna yardımcı olur. Çünkü çökeltinin 1 ml toplam hacmin döndürülmesinin kurutulması zor olan jelatinimsi bir çökelti ürettiği bulundu.
- 13) DNA'yı yüksek hızda (soğutulmuş santrifüjde 10 dk. boyunca 10.000xg veya klinik santrifüjde 7'de 10 dk.) döndürün.
- 14) Havada numuneyi kurutun ve TE ile tekrar süspansiyon haline getirin.

Filogenetik çalışmalara uygulanan deneysel yöntemler genellikle moleküler biyolojide araştırmacılar tarafından kullanılanlarla aynıdır. Ancak bitki türlerinin karşılaştırmalı çalışmalarında çoğu zaman modifikasyonlar gereklidir (Olmstead ve Palmer, 1994). Mevcut çalışmaların çoğu DNA ekstraksiyonunda, Saghai-Marroof'un (1984) CTAB yöntemini ya da bunun modifikasyonlarını (Doyle ve Doyle, 1987) kullanmaktadır (Olmstead ve Palmer, 1994).

Bitkilerden DNA izolasyonu genel olarak aşağıda belirtilen prensiplere göre yapılmaktadır. Bitkisel hücreleri hayvansal hücrelerden ayıran en önemli özelliklerden biri bitki hücrelerinin selülozdan yapılmış bir hücre duvarı içermesidir. Bitkilerdeki hücre duvarı, bitkisel dokunun sıvı azot ya da kuru buz içerisinde öğütülmesi ile parçalanır ve böylece DNA hücre içerisinde serbest kalır. Hücre duvarı kırıldıktan sonra, CTAB (Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide), SDS (Sodium Dodecyl Sulfate) ve PVP (Polyvinylpyrrolidone) gibi deterjanlar kullanılarak hücre zarı parçalanır. Homojen hale getirilen bitki hücresi içerisindeki DNA'ya bağlı proteinler kloroform ya da fenol karışımı eklenerek uzaklaştırılır. RNA'yı yıkan RNaz enzimi kullanılarak çözelti içerisindeki RNA'lar uzaklaştırılır. DNA'nın saf bir şekilde elde edilmesi için etil alkol ile bir ya da birkaç defa yıkama yapılır (Şimşek ve diğ., 2008).

DNA izolasyonu sırasında DNA'yı parçalayan enzimler için en uygun olan pH'dan kaçınılmalıdır. DNA'yı parçalayan enzimler olan DNazlar pH 7.0 civarında çalışırlar (Dunham ve Bryant, 1983). Bu durumda bitki ekstraksiyon tamponu pH 8.0 hatta pH 9.0 civarında olmalıdır.

Çalışmamızda yaptığımız, Doyle ve Doyle (1987)'nin bildirmiş olduğu yöntemle göre, DNA izolasyonunda takip edilen modifiye edilmiş yol genel hatları ile aşağıda verilmiştir.

1. Laboratuvara getirilen örnekler, sıvı azot yardımıyla öğütüldükten sonra 2ml'lik eppendorf tüplere alındı (50-100-200 mg) ve üzerine 750 µl CTAB (Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide) DNA izolasyon çözeltisi eklendi.
2. Daha sonra örnekler 55 °C'de 15 dakika su banyosunda bekletildi.
3. Su banyosundan çıkarılan örnekler 14,000 rpm'de 5 dakika santrifüj edildi.
4. Oluşan üst faz dikkatli bir biçimde temiz bir tüpe alındı.
5. 250 µl kloroform:isoamil alkol karışımı (24:1) eklenerek 30 saniye kadar elde nazıkçe çalkalandı.
6. Daha sonra tüpler 1 dakika süreyle 14,000 rpm'de santrifüj yapıldı.
7. Santrifüj yapılan tüplerin üst fazları alınarak 1.5 ml'lik yeni eppendorf tüplere aktarıldı.
8. Her tüpe 50 µl 7.5 M Amonyum Asetat ve 500 µl % 99,5'luk etil alkol (-20 °C'de bekletilerek soğutulmuş) eklendi.
9. Tüpler -20 °C'de 1 saat bekletildikten sonra (DNA'nın çökmesi için) 8000 rpm'de 5 dakika santrifüj yapıldı.
10. Topakçık gözlenmeyen örneklerle 14,000 rpm'de 5 dakika tekrar santrifüj yapıldı.
11. 500 µl %70'lik soğutulmuş etil alkol eklenerek 14,000 rpm'de 5 dakika santrifüj yapıldı.
12. DNA dipte kalacak şekilde tüm sıvı döküldü ve DNA örneği 1000 µl %70'lik soğutulmuş etil alkol eklenerek ikinci defa yıkanarak vortekslendi.
13. Daha sonra 2 dakika boyunca 14,000 rpm'de santrifüj yapıldı.
14. Üstfaz uzaklaştırıldıktan sonra örnekler 30°C'de 15 dakika boyunca kurumaya bırakıldı.
15. 100 µl ddH<sub>2</sub>O ve 10 µl RNAase A eklendi.
16. DNA inkübasyonu için 65 °C'de 20 dakika etüvde bekletildi.
17. DNA örnekleri -20 °C'de saklandı.

### 3.7. İZOLE EDİLEN DNA ÖRNEKLERİNİN KOLONDA GEÇİRİLEREK SAFLAŞTIRILMASI (FİLTRELEME)

DNeasy Plant Mini Kit (QIAGEN) ve Doyle&Doyle (CTAB) Prosedürünün modifiye edilmesiyle elde edilen izolatların DNA miktarları ölçüldükten sonra örnekler kolondan (filtreden) geçirildi ve Quant-iT™ dsDNA HS (High Sensetive) Kit ile tekrar DNA miktar tayinleri yapıldı.

DNeasy Plant Mini Kit (QIAGEN) kolonları kullanılarak yapılan filtreleme işlem sırası aşağıda verilmiştir.

1. İzolat QIAshredder Mini spin kolona (2 ml kollektör tüp) eklenerek 2 dakika boyunca 20,000 x g (14,000 rpm)'de santrifüj edildi.
2. Sıvı faz (oluşan topakçıkları almadan) yeni bir tüpe alınarak üzerine 3/2 oranında Buffer AP3/E eklendi ve pipetaj yapılarak karışım sağlandı.
3. Oluşan karışım DNeasy Mini spin kolona (2 ml toplama tüp) alındı ve  $\geq 6000 \times g$  ( $\geq 8000$  rpm)'de 1 dakika boyunca santrifüj edildi.
4. Sıvı kısım atılarak spin kolona yeni bir toplama tüp (2 ml) konuldu.
5. 500  $\mu$ l Buffer AW eklenerek  $\geq 6000 \times g$  ( $\geq 8000$  rpm)'de 1 dakika boyunca santrifüj edildi.
6. Tekrar sıvı kısım atılarak 500  $\mu$ l Buffer AW eklendi ve 20,000 x g (14,000 rpm)'de 2 dakika santrifüj edildi.
7. Spin kolon toplama tüpünden dikkatli bir biçimde çıkartılarak kolonun sıvı faza değmemesi sağlandı.
8. Spin kolon yeni bir mikrosantrifüj tüpe (1.5 ya da 2 ml) alınarak üzerine 100  $\mu$ l Buffer AE eklendi ve 5 dakika boyunca oda sıcaklığında (15-25°C) inkübe edildi. Daha sonra  $\geq 6000 \times g$  ( $\geq 8000$  rpm)'de 1 dakika boyunca santrifüj edildi.
9. Son basamakta yapılan işlemler tekrarlandı.

### 3.8. DNA MİKTARLARININ ÖLÇÜLMESİ

İzolasyonu yapılan DNA örneklerinin saflıkları ve miktarlarının belirlenmesinde spektrofotometrik yöntemler kullanılır ya da DNA agaroz jelde yürütülerek standart DNA'larla karşılaştırma yapılır (Şimşek ve diğ., 2008). Çalışmamızda, Qubit® Fluorometer (Invitrogen) cihazıyla Quant-iT™ dsDNA HS (High Sensetive) Kit kullanılarak belirlenen DNA miktar (konsantrasyon) tayininin işlem sırası aşağıda verilmiştir;

1. Çalışılacak örneklerin sayısı ve cihazın her çalışmada yapılan kalibrasyonu için gerekli 2 adet standart (S1 – S2) ile toplam sayıya göre 0.5 ml’lik steril tüpler ayarlandı. Örneklerin adları tüplerin kapak kısmına yazılarak S1 ve S2 örneklerle karışmasın diye ayrı bir yere konuldu. Her bir standart için buffer-reagent (200 µl) karışımdan cihaza özgü tüpe 190 µl alındı, üzerine 10 µl standart eklendi.
2. Quant-iT™ dsDNA HS Assay Kitinin içinde bulunan Quant-iT dsDNA HS reaktifi, ölçüm yapılacak her örnek için 200:1 oranında Quant-iT çalışma solusyonu ile seyreltilerek, tüplere 200µl’lik karışımlar hazırlandı.
3. Örnekler için buffer-reagent (200 µl) karışımdan cihaza özgü tüpe 199 µl alındı, üzerine 1µl standart eklendi.
4. Her bir örnek için 199 µl Quant-iT™ dsDNA HS Buffer ve 1 µl Quant-iT™ dsDNA HS Reagent karışımı hazırlandı.

### 3.8.1. Washing Solusyonunun Hazırlanışı

1. Quant-iT Buffer 199 x n (µl) + Quant-iT Reagent x n (µl)
2. Hazırlanan karışımdan, standartların çalışılacağı tüplere 190 µl, örneklerin çalışılacağı tüplere de 199 µl konuldu.
3. Standartların hazırlanmasında; S1 ve S2 için olan özel standartlardan 10 µl alınarak 190 µl’lik karışım olan tüplere eklendi.
4. Ölçülecek her bir örneğe ait izolatlardan 1 µl alarak 199 µl’lik karışım olan tüplere eklendi.
5. Hazırlanan karışımlar vortekslendi ve hava kabarcığı olmamasına dikkat edildi.
6. 5 dakika oda sıcaklığında inkübe edildi.
7. İlk önce cihazın kalibrasyonunun yapılması için hazırlanan standartlar; Qubit® Fluorometer cihazında ölçülerek DNA konsantrasyonları belirlendi. Daha sonra ölçüm için hazırlanan örnekler sırasıyla okutuldu. DNA miktarları cihazda otomatik olarak hesaplandı ve dikkatli bir şekilde not alındı (Tablo 4.1).
8. Örneklerden elde edilen izolatlar, PCR reaksiyonları için 0.1-0.2 ng/µl DNA miktar aralığı olacak şekilde seyreltilerek kullanıldı.

### 3.9. PCR (POLİMERAZ ZİNCİR REAKSİYONU)

Teknik ilk bulunduğu 1985 yılından itibaren hızlı bir gelişme göstermiş ve günümüzde bitki biyoteknolojisinin her alanında yaygın şekilde kullanılmaktadır. Polimeraz zincir reaksiyonu, in vitro koşullarda DNA dizilerinin çoğaltılması esasına dayanmaktadır. PCR tekniği, temelde üç aşamadan oluşmaktadır. 1. DNA Zincirinin Açılması (Denaturation): Kalıp DNA (template DNA), 92-95°C’de 1-2 dakika tutularak çift sarmal yapıdaki DNA iplikçikleri birbirlerinden ayrılmaktadır. DNA zincirini ayırmak için, bazı durumlarda 5-10 dakika ön ısıtma yapmak gerekebilir (Watson ve diğ., 1992; Hadidi ve diğ., 1995). 2. Primerlerin Açılan DNA Zincirlerine Yapışması (Annealing): Reaksiyon sıcaklığının, 37-65 °C’ye düşürülerek oligonukleotid primerlerinin açılan DNA zincirlerinin kendi baz dizilerine karşılık gelen bölgeye yapışması işlemidir. Bu işlem, üretilcek baz uzunluğuna bağlı olarak 30-60 saniyede gerçekleşmektedir (Innis ve Gelfand, 1990). 3. Primer Uzaması (Primer Extension): DNA zincirleri üzerine yapışan primerlerin DNA polimeraz enzimi (Taq DNA polymerase) vasıtasıyla uzatılmasıdır. Taq DNA polymerase 72 °C sıcaklıkta daha iyi çalıştığı için genel olarak tüm çoğaltma işlemleri bu sıcaklıkta yapılmaktadır (Erlich ve diğ., 1991). PCR sonucunda elde edilen ürün, çoğaltılması istenen DNA parçası ile iki primerin toplam uzunluğu kadardır (Hadidi ve diğ., 1995). Üç basamaktan (denaturation, annealing, primer extension) oluşan işlem, bir PCR devrini temsil eder. Bu işlem, genel olarak 25 ile 40 defa tekrar edilerek başlangıçtaki DNA dizisinden milyonlarca yeni DNA parçacığı çoğaltılır. PCR sonunda elde edilen DNA parçacıkları elektroforezde yürütülerek değerlendirilir (Hadidi ve diğ., 1995).

#### 3.9.1. PCR Primerlerinin Seçimi

Çalışmamızda Dunbar ve Murphy (2009)’nin önerdiği protokole uygun olarak *rbcL* (large subunit of ribulose biphosphate carboxylase/oxygenase) genine özgü primerler kullanıldı (Tablo 3.1).

**Tablo 3.1:** PCR Primer dizileri (Dunbar ve Murphy, 2009).

| Genin Adı   | Primer Dizini (5' – 3')                                                                 |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>rbcL</i> | İleri: 5'–(1) TGTTTACTTCCATTGTGGGTAATG–3' ;<br>Geri: 5'-CTGGTAGAGAGACCCAATCTTGA(749)–3' |

### 3.9.2. PCR Karışımının Hazırlanması ve Optimizasyonu

PCR teknolojisinin gelişmesiyle çok farklı PCR uygulamaları da ortaya çıkmıştır. Yeni PCR uygulamasının optimum bir şekilde çalışması için optimize edilmesi gerekmektedir (Hadidi ve diğ., 1995). Eğer PCR koşulları yeni PCR uygulaması için uygun bir şekilde yeniden ayarlanmazsa bazı problemlerle karşılaşılabilir (Innis ve Gelfand 1990; Erlich ve diğ., 1991; Hadidi ve diğ., 1995). Bu problemler; 1. PCR'dan beklenen ürün ya az alınır ya da hiç alınmaz. 2. Primerlerin yanlış bağlanmasından dolayı spesifik olmayan bantlar oluşabilir. 3. Primerler yanlış şekilde uzayabilir. 4. Primer-dimer oluşumu ortaya çıkabilir ve bu oluşumlar çoğaltma işlemini yavaşlatır.

Çalışmamızda çoğaltılacak örnekler (kontrol ve karşılaştırma) için PCR karışımı Dunbar ve Murphy (2009)'ye protokolüne uygun olarak şu şekilde yapılmıştır.

1. Gerekli sayıdaki 0.2 mL'lik kapaklı PCR tüpleri, tüp tutucuya yerleştirildi ve tüplerin isimlendirilmesi yapıldı.
2. Taq DNA polimeraz, Oligonukleotid Primer Set, 5X Colorless GoTaq® Flexi Buffer ve 5X Green GoTaq® Flexi Buffer, dNTP ve Mg, 5 saniye vortekslendi. Kapakta herhangi bir sıvı kalmaması diye tüpler kısa bir süre santrifüj yapıldı.
3. 0.2 mL'lik steril PCR tüp içine ~50 µL PCR karışımı aşağıdaki miktarda hazırlandı:
  - Örnek Sayısı x 10 µL 5X Green GoTaq® Flexi Buffer veya 5X Colorless GoTaq® Flexi Buffer
  - Örnek Sayısı x 4 µL (2,5 mM) dNTP
  - Örnek Sayısı x 1.5 µL (20 µM) Primer (İleri)
  - Örnek Sayısı x 1.5 µL (20 µM) Primer (Geri)
  - Örnek Sayısı x 0.625 µL TAQ (Go Taq) DNA Polimeraz (5U/µl)
  - Örnek Sayısı x DNA (2.5-3 µL) (0.1-0.2 ng/µl)
  - Örnek Sayısı x 29.8 µL ddH<sub>2</sub>O
  - Örnek Sayısı x 1 µL BSA
  - Örnek Sayısı x 5 µL MgCl<sub>2</sub>

4. Karışım orta hızda 5 saniye vortekslendi ve kapakta sıvı kalmasını engellemek için karışıma kısa bir süre mikrosantrifüj yapıldı.
5. Hazırlanan PCR tüpleri GeneAmp PCR Systems 9700 cihazına yerleştirildi ve program başlatıldı.
6. PCR sonunda program, +4 °C'ye bağlanarak, örneklerin oda sıcaklığında kalıp bozulması engellendi. Ayrıca PCR ürünleri uzun süre saklanacağından -20°C'de muhafaza edildi.

Çalışmamızda PCR döngüsünü ve süresini optimize etmek amacı ile Dunbar ve Murphy'nin (2009) önerdiği protokolü (Tablo 3.2) baz alarak aşağıdaki döngü parametrelerini kullandık (Tablo 3.3).

**Tablo 3.2:** Dunbar ve Murphy (2009)'nin PCR döngü parametreleri.

| Aşama    | Başlangıç İnkübasyonu | 35 döngü     |          |        | Son uzama aşaması | Saklama sıcaklığı |
|----------|-----------------------|--------------|----------|--------|-------------------|-------------------|
|          |                       | Denatürasyon | Bağlanma | Uzama  |                   |                   |
| Sıcaklık | 96 °C                 | 94 °C        | 55 °C    | 72 °C  | 72 °C             | 4 °C              |
| Süre     | 1 dk                  | 45 sn        | 45 sn    | 2,5 dk | 5 dk              | ∞                 |

**Tablo 3.3:** PCR karışımının hazırlanması ve optimizasyonu.

| Reaksiyon parametreleri          | 50 µl Reaksiyon Ortamında Bulunan Miktar | PCR Döngü Parametreleri                                                                                 |
|----------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Genomik DNA                      | 2.5-3 µL (0.1-0.2 ng/µl)                 | 95 °C - 2 dk<br>95 °C - 1 dk<br>55 °C - 45 sn<br>72 °C - 1 dk<br>72 °C - 5 dk<br>4 °C bekleme sıcaklığı |
| 5X Green/Colorless Go Taq Buffer | 10 µl                                    |                                                                                                         |
| MgCl <sub>2</sub>                | 5 µl                                     |                                                                                                         |
| dNTP                             | 4 µl (2.5 mM)                            |                                                                                                         |
| Primer                           | 1.5 µl (20 µM)                           |                                                                                                         |
| Primer                           | 1.5 µl (20 µM)                           |                                                                                                         |
| Taq DNA Polimeraz                | 0.625 µl (5U/µl)                         |                                                                                                         |
| ddH <sub>2</sub> O               | 23.875 µl                                |                                                                                                         |
| BSA                              | 1 µl                                     |                                                                                                         |

### 3.10. ENZİMLERLE KESME İŞLEMİ

Restriksiyon enzimleri, çift sarmal yapıya sahip olan DNA molekülünü belirli dizilerden tanıyarak kesen enzimlerdir. DNA üzerindeki bu spesifik diziler genellikle 4-6 baz çift uzunluğundadır. Kesme işlemi şeker-fosfat omurgasındaki bazıları etkilemeksizin her iki iplikçikte gerçekleşir. Hedef olarak sadece yabancı DNA molekülünde kesim yapmaları ve hedef DNA'nın enfektif özelliğini engellemeleri sebebiyle restriksiyon kelimesi ile tanımlanmakta olup bu işlemin bakterilerde virüslere karşı geliştirilmiş bir savunma mekanizmasından evrimlendiği ileri sürülmektedir. Bakterilerdeki bu savunma mekanizması, kendi genomlarını restriksiyon enzimlerinden metilleyerek korumaları esasına dayanır. Nükleik asitleri dizinin iç kısımlarından kesmekte olan nükleazlar 'endonükleaz', uçlardan kesen nükleazlar ise 'ekzonükleaz' olarak adlandırılmaktadır. İlk restriksiyon enzimleri John Hopkins Üniversitesi'nde çalışan Smith, Wilcox ve Kelly tarafından 1968 yılında *Haemophilus influenza*'dan elde edilmiş olup günümüz dünyasında ise birçok moleküler çalışmada bu enzimler kullanılmaktadır (Tuncer, 2016).

Çalışmamızda restriksiyon (kesim) enzimleri olarak; *AccI* (GT' MKAC) (M = A/C, K = G/T), *BamHI* (G'GATCC), *ClaI* (AT'CGAT), *DraI* (TTT'AAA), *PstI* (CTGCA'G), *SacII* (CCGC'GG) kullanıldı. Enzimlerle kesme işlemi aşağıda verilmiştir (Dunbar ve Murphy, 2009);

1. 50 µl olarak hazırlanan PCR ürünü 8 µl olarak her restriksiyon enzimi için bölüştürüldü.
2. Geriye kalan 10 µl PCR ürünü 'uncut standart' olarak kullanıldı. 8 µl PCR ürünü, 1 µl restriksiyon enzimi, 1 µl 10X Restriksiyon Buffer ile 1,5 saat (1 saat 30 dakika) 37 °C'de inkübe edildi.
3. Sindirime uğrayan karışım 65 °C'de 15 dakika restriksiyon enzimleri inaktifleştirildi.
4. Toplamda her bir örnek için 10 µl olan (8 µl PCR ürünü, 1 µl restriksiyon enzimi, 1 µl 10X Restriksiyon Buffer), % 2'lik agaroz jelde 0.04 M Tris-acetate, 1 mM EDTA ve 1 Kb DNA Ladder ya da 100bp DNA Ladder ile yürütüldü.
5. Görüntüler fotoğraflanarak saklandı.

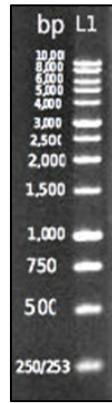
### 3.11. AGARÖZ JEL ELEKTROFOREZİ

Tüm PCR ürünleri enzim kesiminden sonra % 2'lik agaroz jelde yürütüldü. Jelin hazırlanışı aşağıda anlatıldığı şekilde yapıldı. % 2'lik agaroz jel için iki farklı boyutta agaroz jel elektroforez sistemi kullanıldı. Küçük jel için 18 kuyucuklu BIO RAD POWER PAC 3000 cihazı, 40 kuyucuklu daha büyük agaroz jel için BiometraStandart Power Pack P25 cihazı kullanıldı.

Küçük boyuttaki agaroz jelin hazırlanışı:

1. Beher içerisinde 1 gr agaroz tartıldı ve üzerine 10 ml 1X TAE (0.04 M Tris-acetate-1 mM EDTA) tampon ve 40 ml ddH<sub>2</sub>O eklendi.
2. Tampon içindeki agaroz çözülüp şeffaflaşana kadar ısıtıcıda kaynatıldı.
3. 5 µl etidyum bromür eklendi ve karıştırılarak homojen bir jel elde edildi.
4. Jelin ılıması için biraz beklendi. Daha sonra jel, agaroz tepsisine döküldü ve 18 kuyucuklu tarak yerleştirilerek polimerleşmesi beklendi.
5. Jel polimerleştikten sonra tarak yavaşça çıkarıldı ve tepsi tankın içerisine yerleştirildi.
6. Tank, jelin üstünü kapatacak kadar 1X TAE (100 ml 10X TAE + 900 ml ddH<sub>2</sub>O) tampon ile dolduruldu.
7. PCR aşamasında 5X Green GoTaq® Flexi Buffer kullanılan örnekler için; 5 µl örnek kullanılıp yükleme tamponu (6X blue dye) kullanılmadı. 5X Colorless GoTaq® Flexi Buffer kullanılan örnekler için ise 3 µl örnek kullanıldı, 2 µl yükleme tamponu (6X blue dye) ile karıştırılarak jele yüklendi.
8. Örneklerin yanında 1 kb DNA Ladder (L1-Promega) veya 100bp Ladder (L2-HibriGen) yüklendi. Jel 90 V'de 1 saat yürütüldü. Mor ötesi ışın (UV) altında DNA bantları görünürleştirildi ve fotoğralandı.

Büyük jel için de küçük jel için kullanılan oranlar iki katına çıkarılarak hazırlandı. Agaroz jel yürütmeleri sırasında kullanılan moleküler markır (ladder) (L1 ve L2) ile boyutları Şekil 3.7 ve Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



**Şekil 3.7:** 1kb DNA Ladder (Promega, L1).



**Şekil 3.8:** 100bp DNA Ladder (HibriGen, L2).

#### 4. BULGULAR

Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi’den toplanan *Agave sisalana* Perrine, *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., *Corchorus olitorius* L., *Phyllostachys bissetii* McClure, *Phyllostachys nigra* Munro, *Musa acuminata* Colla (*Musa zebrina* Van Houtte ex Planch.), *Musa ensete* J.F.Gmel. (*Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman), *Musa sapientum* (*Musa x paradisiaca* L.), *Musa acuminata x zebrina* (*Musa zebrina* Van Houtte ex Planch.), *Musa uranoscopus* Colla (*Musa troglodytarum* L.) ve *Musa ventricosa* Welw. (*Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman) bitki taksonları ile bu bitkilerden üretildiği düşünülen çeşitli endüstriyel malzemelerin DNA izolasyonları; DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen) ve CTAB Protokolünün modifikasyonu ile yapıldı. DNA miktarları Quant-iT dsDNA Assay Kit (Thermo Fisher Scientific) ile belirlendi. Daha sonra elde edilen izolatlar, PCR reaksiyonları için 0.1-0.2 ng/μl DNA miktar aralığı olacak şekilde seyreltilerek kullanıldı. Bitkilerin DNA miktarları (ng/μl) ve uygulanan yöntemler Tablo 4.1’de verilmiştir.

**Tablo 4.1:** Bitkilerin DNA miktarları (ng/μl) ve uygulanan yöntemler.

| KOD | Bitkiler                              | DNA Miktarı (ng/μl) | DNA İzolasyon Yöntemi |
|-----|---------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 1   | <i>Agave sisalana</i> Perrine         | 37.4                | KİT                   |
| 2   | <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.   | 5.12                | KİT                   |
| 3   | <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.   | 25.5                | CTAB                  |
| 4   | <i>Corchorus olitorius</i> L.         | 4.18                | KİT                   |
| 5   | <i>Phyllostachys bissetii</i> McClure | 100                 | CTAB                  |
| 6   | <i>Phyllostachys bissetii</i> McClure | 36.2                | KİT                   |
| 7   | <i>Phyllostachys nigra</i> Munro      | 84.7                | CTAB                  |
| 8   | <i>Phyllostachys nigra</i> Munro      | 84.5                | CTAB                  |
| 9   | <i>Musa acuminata</i> Colla           | 100                 | CTAB                  |
| 10  | <i>Musa ensete</i> J.F.Gmel.          | 28                  | KİT                   |
| 11  | <i>Musa sapientum</i>                 | 13.9                | KİT                   |
| 12  | <i>Musa acuminata x zebrina</i>       | 28.5                | CTAB                  |
| 13  | <i>Musa uranoscopus</i> Colla         | 100                 | CTAB                  |
| 14  | <i>Musa ventricosa</i> Welw.          | 79.3                | CTAB                  |

Karşılaştırma materyallerinin DNA miktarları (ng/μl) ve uygulanan yöntemler Tablo 4.2’de verilmiştir.

**Tablo 4.2:** Karşılaştırma materyallerinin DNA miktarları (ng/μl) ve uygulanan yöntemler.

| KOD | Karşılaştırma Materyalleri     | DNA Miktarı (ng/μl) | DNA İzolasyon Yöntemi |
|-----|--------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 1S  | Banyo Lifi                     | 0.345               | KİT                   |
| 2S  | Halat                          | 0.14                | KİT                   |
| 3S  | Banyo Lifi                     | 28.9                | CTAB                  |
| 1K  | Meyve Lifi                     | 0.400               | KİT                   |
| 1J  | Halat                          | 0.555               | KİT                   |
| 2J  | İplik                          | 0.12                | KİT                   |
| 3J  | Çuval                          | 0.840               | KİT                   |
| 4J  | İplik                          | 9.03                | CTAB                  |
| 1B  | Naturel Elyaf                  | 7.56                | CTAB                  |
| 2B  | Rejenere Elyaf                 | 12.1                | CTAB                  |
| 3B  | Rüzgâr Çanı                    | 0.546               | KİT                   |
| 4B  | Flüt                           | 0.396               | KİT                   |
| 1M  | Paspas                         | 0.758               | KİT                   |
| 2M  | Nihale Kenarı                  | 21.9                | CTAB                  |
| 3M  | Nihale (Karışık)               | 0.232               | KİT                   |
| 4M  | Amerikan Servisi Kenarı        | 1.32                | KİT                   |
| 5M  | Amerikan Servisi (Karışık)     | 10.2                | CTAB                  |
| 6M  | Amerikan Servisi (Sarı Kısım)  | 16                  | CTAB                  |
| 7M  | Amerikan Servisi (Siyah Kısım) | 11.4                | CTAB                  |

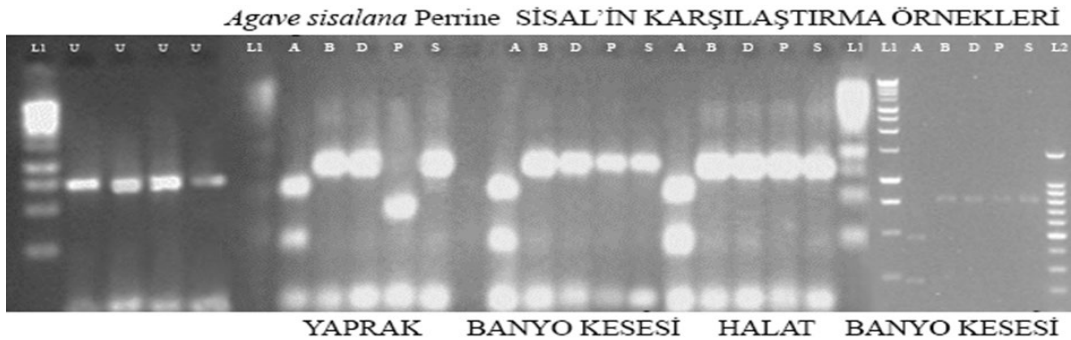
Çalışmada analizi yapılan beş farklı bitki taksonunun (sisal, kapok, jüt, bambu, muz) ve karşılaştırma örneklerinin PCR sonrası ürünlerinin restriksiyon enzimleri ile kesildikten sonraki agaroz jel elektroforezindeki fotoğrafları (Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7) aşağıda gösterilmiştir.

#### 4.1. PCR ÜRÜNLERİNİN RESTRİKSİYON ENZİMLERİ İLE KESİMDEN SONRA AGARÖZ JEL ELEKTFOREZİ'NDEKİ GÖRÜNTÜLERİ

Veriler oluşturulurken enzimatik kesimin olup olmadığını, 771 bp'de (Dunbar ve Murphy, 2009) tek bantın görülmesi (Şekil 3.7' de L1 üzerinde 750-1000 bp aralığında ve Şekil 3.8'de L2 üzerinde 700-800 bp aralığında) ile kesimin gerçekleşmediği şeklinde değerlendirme yapıldı. Jeldeki bantlar boylarına göre bant karşılığına denk gelen moleküler markırlarla (L1 ve L2) belirlendi. Bazı örneklerde tek bant görülürken bazı örneklerde enzim kesim sayısına bağlı olarak oluşan bant sayısı birden fazla görülebilmektedir. Birden fazla bant sayısı farklı bölgelerde kesim olduğuna işaret ederken tek ve parçalı bant olarak görülen bölgelerin (771 baz çifti haricinde) birbirine yakın kesim bölgeleri olabileceği (Dunbar ve Murphy, 2009) ve doğru şekilde değerlendirilebilmesi için ileri bir baz dizin analizi yapılması gerektiği belirlendi. Ancak bu tez çalışmasında dizin analizine gidilememiştir. Aşağıda Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi'nde kültüre alınmış lif bitkileri ile bitkisel liflerden üretildiği düşünülen materyallerin karşılaştırmalı olarak agaroz jel elektroforezindeki kesim modelleri (Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7) verilmiştir.

##### 4.1.1. Sisal (*Agave sisalana* Perrine)

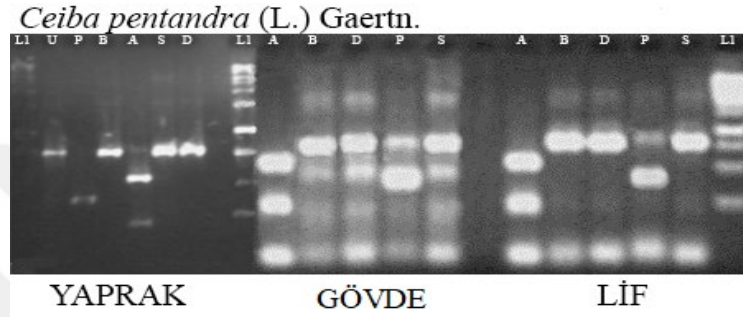
Sisal (*Agave sisalana* Perrine) bitkisinin yaprağının agaroz jel görüntüsüne bakıldığında; *AccI* ve *PstI* enzimleri ile kesim olduğu görülürken diğer enzimlerin (*BamHI*, *DraI*, *SacII*) kesim yapmadığı (771bp) görülmektedir (Şekil 4.1). Sisalin karşılaştırma örnekleri olan banyo keseleri ve halatın ise sadece *AccI* enzimi tarafından kesildiği ve diğer enzimler (*BamHI*, *DraI*, *PstI*, *SacII*) tarafından kesim yapılmadığı belirlenmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Sisal bitkisinin ve karşılaştırma örneklerinin Agaroz Jel'deki görüntüsü.

#### 4.1.2. Kapok (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.)

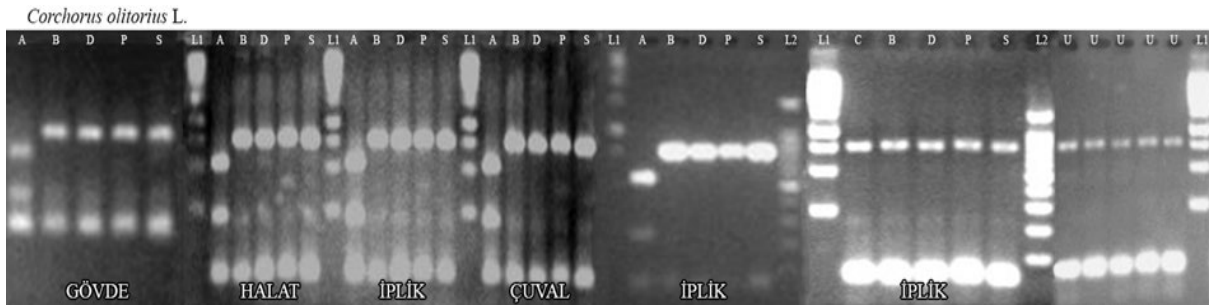
Kapok (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.) bitkisinin (yaprak ve gövde) jeldeki DNA bant görüntülerine bakıldığında; *AccI* ve *PstI* enzimleri ile kesim olduğu görülürken diğer enzimlerin (*Bam*HI, *Dra*I, *Sac*II) kesim yapmadığı (771bp) saptanmıştır (Şekil 4.2). Karşılaştırma örneği olan ve kapok olduğu iddia edilen meyvenin lif örneğinin de kapok (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.) bitkisinin DNA görüntüleri ile aynı bant görüntüleri verdiği gözlemlendi (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: Kapok bitkisinin ve karşılaştırma örneğinin Agaroz Jel'deki görüntüsü.

#### 4.1.3. Jüt (*Corchorus olitorius* L.)

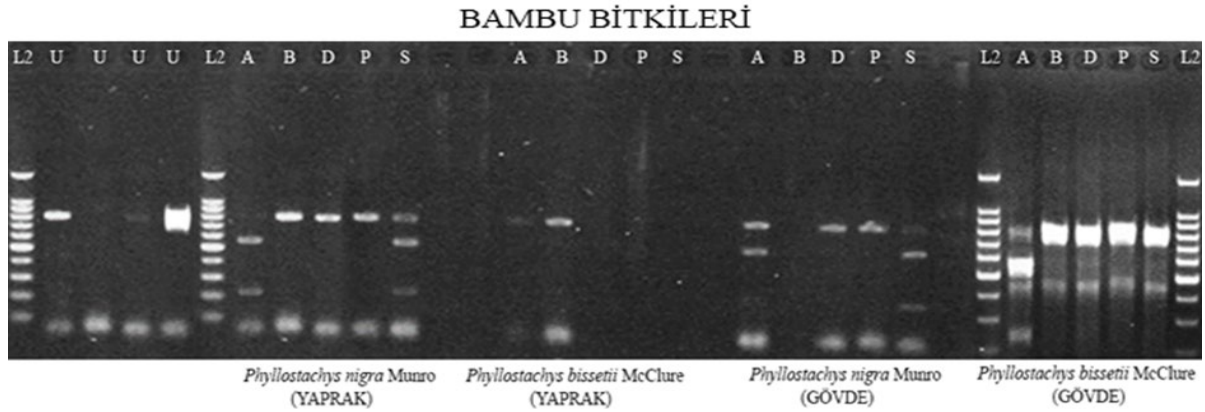
Jüt (*Corchorus olitorius* L.) bitkisi gövdesinin DNA görüntülerine bakıldığında; sadece *AccI* enzimi tarafından kesildiği görülürken diğer enzimlerin (*Bam*HI, *Dra*I, *Pst*I, *Sac*II) kesim yapmadığı (771bp) gözlenmiştir (Şekil 4.3). Jütün karşılaştırma örnekleri olan halat, çuval ve ipliklerin ise jüt (*Corchorus olitorius* L.) bitkisinin gövdesinin DNA görüntüleri ile aynı bant profilini verdiği görüldü (Şekil 4.3).



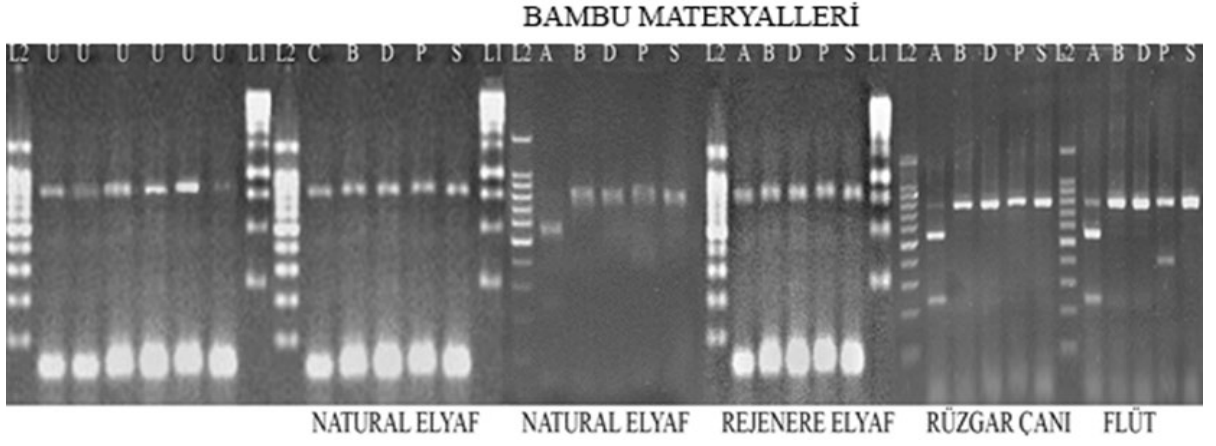
Şekil 4.3: Jüt bitkisinin ve karşılaştırma materyallerinin Agaroz Jel'deki görüntüsü.

#### 4.1.4. Bambu (*Phyllostachys bissetii* McClure ve *Phyllostachys nigra* Munro)

Bambu bitkilerinin (*Phyllostachys bissetii* McClure ve *Phyllostachys nigra* Munro) yaprak ve gövdelerinin DNA görüntülerine bakıldığında; *Phyllostachys bissetii* McClure (gövde) örneğinde sadece *AccI* enzimi tarafından kesildiği görülürken diğer enzimlerin (*Bam*HI, *Dra*I, *Pst*I, *Sac*II) kesim yapmadığı (771bp) anlaşılmıştır (Şekil 4.4). *Phyllostachys nigra* Munro (yaprak) örneğinde ise *AccI* ve *Sac*II enzimleri ile kesim olduğu görülürken diğer enzimlerin (*Bam*HI, *Dra*I, *Pst*I) kesim yapmadığı (771bp) anlaşılmıştır. Bambunun karşılaştırma örneklerinden naturel elyaf ile rüzgâr çanının *Phyllostachys bissetii* McClure (gövde) örneği ile DNA görüntülerinin aynı sayıda ve büyüklükte bantlara saip olduğu görüldü (Şekil 4.5). Diğer karşılaştırma örneklerinden; rejenere elyafın hiçbir enzim (*AccI*, *Bam*HI, *Dra*I, *Pst*I, *Sac*II) tarafından kesilmediği ve flütün de *AccI* ve *Pst*I enzimleri ile kesim olduğu görülürken diğer enzimlerin (*Bam*HI, *Dra*I, *Sac*II) kesim yapmadığı (771bp) saptanmıştır (Şekil 4.5).



**Şekil 4.4:** Bambu bitkilerinin (*Phyllostachys bissetii* McClure ve *Phyllostachys nigra* Munro) Agaroz Jel'deki görüntüsü.

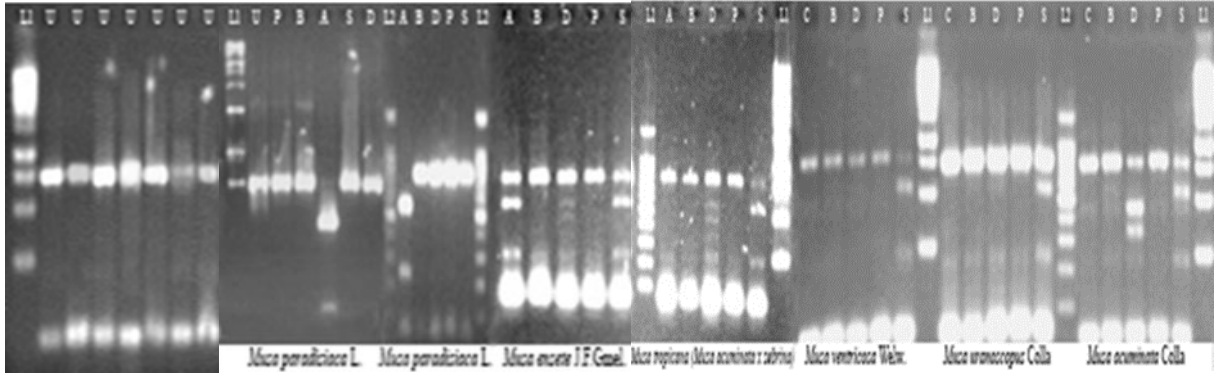


**Şekil 4.5:** Bambu bitkilerinden üretildiği düşünülen materyallerin (karşılaştırma örneklerinin) Agaroze Jel'deki görüntüsü.

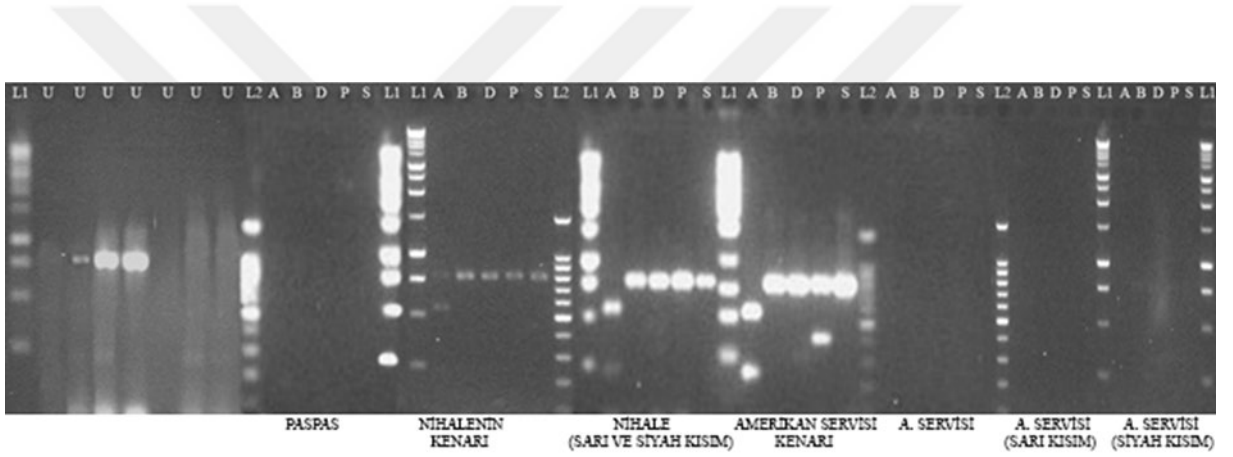
**4.1.5. Muz (*Musa paradisiaca* L., *Musa acuminata* Colla, *Musa ventricosa* Welw., *Musa uranoscopus* Colla, *Musa acuminata x zebrina* ve *Musa ensete* J.F.Gmel.)**

Muz bitkilerinin (*Musa x paradisiaca* L. (*Musa sapientum*), *Musa acuminata* Colla (*Musa zebrina* Van Houtte ex Planch.), *Musa ventricosa* Welw. (*Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman), *Musa uranoscopus* Colla (*Musa troglodytarum* L.), *Musa acuminata x zebrina* (*Musa zebrina* Van Houtte ex Planch.) ve *Musa ensete* J.F.Gmel. (*Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman)) yapraklarının DNA görüntülerine bakıldığında; *Musa x paradisiaca* L. (*Musa sapientum*) yaprak örneğinde sadece *AccI* enzimi tarafından kesilirken diğer enzimlerin (*Bam*HI, *Dra*I, *Pst*I, *Sac*II) kesim yapmadığı (771bp); *Musa acuminata* Colla (*Musa zebrina* Van Houtte ex Planch.) yaprak örneğinde *Dra*I ve *Sac*II enzimleri ile kesim olduğu görülürken diğer enzimlerin (*Bam*HI, *Cla*I ve *Pst*I) kesim yapmadığı (771bp); *Musa acuminata x zebrina* (*Musa zebrina* Van Houtte ex Planch.) yaprak örneğinde *Sac*II enzimi ile kesim görülürken diğer enzimlerin (*Acc*I, *Bam*HI, *Dra*I ve *Pst*I) kesim yapmadığı (771bp); *Musa ensete* J.F.Gmel. (*Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman) örneğinde *Acc*I ve *Sac*II enzimleri ile kesim görülürken diğer enzimlerin (*Bam*HI, *Dra*I ve *Pst*I) kesim yapmadığı (771bp); *Musa ventricosa* Welw. (*Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman) ve *Musa uranoscopus* Colla bitkilerinde ise sadece *Sac*II enzimi tarafından kesildiği görülürken diğer enzimlerin (*Bam*HI, *Cla*I, *Dra*I ve *Pst*I) kesim yapmadığı (771bp) anlaşılmıştır (Şekil 4.6).

Muz bitkilerinin karşılaştırma örneklerinden nihale ile kenarının *Musa x paradisiaca* L. (*Musa sapientum*) bitkisi ile DNA görüntülerinin aynı bant sonuçlarını verdiği görüldü (Şekil 4.6 ve Şekil 4.7). Diğer karşılaştırma örneklerinden; paspas örneğinde sonuç alınamazken Amerikan servisinin *Acc*I ve *Pst*I enzimleri ile kesildiği ve diğer enzimlerin (*Bam*HI, *Dra*I, *Sac*II) kesim yapmadığı (771bp) anlaşılmıştır (Şekil 4.7).



**Şekil 4.6:** Muz bitkilerinin (*Musa paradisiaca* L., *Musa acuminata* Colla, *Musa ventricosa* Welw., *Musa uranoscopus* Colla, *Musa acuminata x zebrina* ve *Musa ensete* J.F.Gmel.) Agaroz Jel'deki görüntüsü.



**Şekil 4.7:** Muz bitkilerinden üretildiği düşünülen materyallerin (karşılaştırma örneklerinin) Agaroz Jel'deki görüntüsü.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yeryüzünde yaşamın başlangıcından beri var olan bitkiler, insanlık tarihi boyunca hep merak konusu olmuş ve gıda, barınma, silah, ilaç gibi değişik alanlarda kullanılmışlardır. Ülkemizde de çok fazla sayıda bulunan bitki türleri yaşamın birçok alanında aktif olarak kullanılmaktadır. Yeryüzünün en büyük tür çeşitliliğine sahip canlı gruplarından biri olan bitkilerin sınıflandırılması şimdiye kadar morfolojik olarak yapılmıştır. Günümüzde ise morfolojik teşhisin yanında daha modern ve daha kesin sonuçlar verebilen moleküler sistematik gelişmiş ve bilim insanlarına sınıflandırmada ciddi kolaylıklar sağlamıştır (Topdemir, 2017).

Biyolojinin alt dallarından biri olan moleküler biyolojinin son yıllarda hızla gelişme göstermesi bitki sistematigi açısından büyük öneme sahip olmuştur. Bitki sistematikçileri tarafından teşhisi sorunlu olan türler, moleküler çalışmalarla kolaylıkla çözüme kavuşturulabilmektedir (Kochieva ve diğ., 2006; Al-Rawashdeh, 2011; Özcan ve diğ., 2015). Bitki genomlarındaki hataların sebeplerinin ortaya çıkarılması ve genlerdeki değişikliklerin morfolojik karşılığının anlaşılması moleküler sistematige ayrı bir boyut kazandırmıştır (Cantino ve diğ., 1997; Krawczyk ve Sawicki, 2013). Çok fazla taksonun karşılaştırmasının fazla zaman harcanan bir süreç olduğu düşünüldüğünde, DNA sekanslama ve PCR teknolojisinin ortaya çıkmasıyla (Saiki ve diğ., 1988) moleküler veriler büyük bir mukayese kaynağı olarak öne çıkmıştır.

Bu çalışmada Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi'nden toplanan kültüre alınmış lif bitkileri ile bitkisel liflerden üretildiği düşünülen çeşitli endüstriyel malzemeler sıvı azot ile havanda toz haline getirildikten sonra DNA izole edildi ve elde edilen izolatlar PCR ile çoğaltıldıktan sonra restriksiyon enzimleri ile kesilerek agaroz jel elektroforez görüntüleri karşılaştırıldı. DNA izolasyon öncesinde örneklerin toz haline getirilmesi gerekir. Dunbar ve Murphy (2009)'nin yaptıkları çalışmada, sisal halatın DNA ekstraksiyonunda 3 farklı metot test edilmiştir. İlk yöntemde halatı, havan ve tokmak (havaneli) kullanarak ve sıvı azot ile dondurarak öğütmüşlerdir. İkinci yöntemde, plastik bilye ve sıvı azot kullanarak halatı toz haline getirmişler. Üçüncü yöntemde ise, halat örnekleri demir bilyeler ile birlikte buffer kullanılarak oda sıcaklığında, vorteks (mikser) ile karıştırılarak öğütülmüştür. Farklı öğütme yöntemleri farklı miktarlarda DNA elde etmelerine neden olmuştur. Aynı halat kullanılarak, havan ve havaneli ile 14.7 µg/g; plastik bilye ile 8.7 µg/g ve son olarak demir toplar (bilyeler) kullanarak vorteksleme sonucunda 1.7 µg/g DNA elde edilmiştir.

Biz de çalışmamızda örnekleri öğütmek için sıvı azot/havan ve tokmak tekniğini tercih ettik. Örneklerle yıkama-kurutma işlemleri uygulanarak temizlendikten sonra hepsi toz haline getirildi.

Bitki moleküler biyoloji çalışmalarında DNA izolasyon aşaması son derece önemlidir. PCR uygulamalarında ise DNA'nın miktar ve özellikle saflığı amplifikasyon açısından daha da önem kazanmaktadır (Ergül, 2000). Bu çalışmada bitki ve karşılaştırma materyallerinin DNA izolasyonunda iki yöntem kullanıldı. Bunlar; DNeasy Plant Mini Kit (50) ve Doyle ve Doyle (1987) prosedürünün modifiye edilmesiyle yapılan CTAB yöntemidir. Qubit® Florometre (Invitrogen) cihazında, Quant-iT™ dsDNA HS (High Sensitive) kit ile sayısal olarak DNA miktarları ölçüldü ve not edildi (Tablo 4.1). DNeasy Plant Mini Kit (50) ile DNA izole edilemeyen dört karşılaştırma materyalinden (jüt iplik (4J), naturel elyaf (1B), rejenere elyaf (2B) ve Amerikan servisi (5M)), CTAB protokolünün modifiye edilmesiyle DNA elde edilebildi (Tablo 4.1). Ticari kit ve modifiye CTAB yöntemleri sonunda elde edilen DNA izolatlarına yapılan filtreden (kolondan) geçirme işlemi sonunda elde edilen DNA miktarları çok düşük olduğu ya da yapılan işlem sonunda hiç DNA kalmadığı için Tablo 4.1'de gösterilen DNA miktarları (Kit ve CTAB ile elde edilen), PCR reaksiyonları için 0.1-0.2 ng/µl olacak şekilde seyreltilerek kullanıldı.

DNA izolasyonunda, hücre zarını parçalamak için CTAB, PVP ve SDS gibi deterjan içerikli kimyasallar kullanılmak zorundadır (Şimşek ve diğ., 2008). Saghai-Maroofo ve arkadaşları (1984), Arnold J. Bendich'in geliştirdiği prosedürü değiştirerek liyofilize dokular üzerinde güçlü bir deterjan olan CTAB'ı kullanmışlardır. Bizde çalışmamızda Doyle and Doyle (1987)'un protokolünü dondurulmuş bitki dokusu ve bitkisel işlenmiş endüstriyel ürünler üzerinde bazı değişiklikler yaparak uyguladık. Doyle ve Doyle (1987) prosedürü ile modifiye edilmiş CTAB yönteminin işlem basamakları Bölüm 3.6'da ayrıntılı olarak verilmiştir.

Moleküler biyoloji çalışmaları, farklı yöntemlerin bir arada kullanılmasıyla yapılmaktadır. Bu tekniklerin belli basamaklarında PCR kullanılmaktadır. PCR'nin diğer tekniklerle birlikte kullanıldığı metotlardan bir tanesi de 'Çoğaltılmış DNA Dizilerinin Enzimle Kesilmesi (Cleaved Amplified Polymorphic Sequence; CAPS)'dir. Bu yöntemde genomu özgü primerler oluşturularak PCR yapılmaktadır. Bu çalışmada da *rbcL* geni, bir çift oligonukleotid primer set

(İleri:5'(1)TGTTTACTTCCATTGTGGGTAATG3';Geri:5'CTGGTAGAGAGACCCAAA749)-3') kullanılarak standart PCR ile çoğaltıldı. Kesim enzimleri ile PCR ürünleri sindirilerek (kesilerek) agaroz jelde yürütüldü ve enzimlerin kesim bölgelerine göre bitkiler arasındaki farklılık tespit edilebildi (Jarvis ve diğ., 1994). Jel elektroforezi, saflaştırılmış nükleik asit ve proteinlerin molekül ağırlığı, miktarı ve alt tiplerinin saptanmasında yaygın olarak kullanılan moleküler bir inceleme yöntemidir. En çok kullanılan jel elektroforezi yöntemleri; agaroz jel elektroforezi ve poliakrilamid jel elektroforezi (PAGE)'dir.

Çalışmamızda izolasyon sonrası DNA miktarlarını ölçmek için Qubit® Florometre (Invitrogen) cihazını ve Quant-iT™ dsDNA HS (High Sensitive) kitini kullandık. Tüm PCR ürünleri enzimatik kesimden sonra % 2'lik agaroz jelde yürütülerek fotoğrafları çekildi ve kontrol grubu olan bitkiler ile bu bitkilerden üretildiği düşünülen materyallerin agaroz jel elektroforez görüntüleri üzerinden karşılaştırılması yapıldı (Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7). Kontrol grubunu oluşturan bitki örneği ile karşılaştırma grubunda bulunan örneğin bant sonuçları aynı olduğunda; karşılaştırma örneğinin aynı bitkiden üretilmiş olabileceği söylendi. Farklı bant sonuçları veren örneklerde, dışlama yapılarak karşılaştırma materyalinin o bitkiden yapılmadığı sonucuna varıldı. Eşleştirmenin yapılabilmesi için dışlamanın olmadığı durumlarda daha fazla restriksiyon enzimi kullanılması ya da baz dizin analizleri yapılarak kesinleştirmek gerekir. Herbaryumlarda kurutulan bitki örneklerinden ya da botanik bahçelerinden alınan canlı bitki örneklerinin alanında uzman kişilerce tanımlanmasının ardından (teşhis işlemleri ve identifikasyon), işlenmiş ya da ham materyallerden elde edilen DNA'nın tanımlanması ve bitki örnekleri ile eşleştirilmesi tamamen türe özgü bir eşleşme ve tanımlama sağlayacaktır.

Neredeyse tüm tekstil ürünlerinde, lif içeriğini doğru bir şekilde bildiren bir etiketin gösterilmesi zorunludur. Bu etiketlerin orijinallliği ve lif kompozisyonları, bağımsız test laboratuvarları tarafından özel olarak mal alımları yapacak olan gümrük memurları veya eşdeğerleri tarafından kontrol edilir. Malların hatalı bir şekilde etiketlenmesi durumunda, sorumlu olanlar için ciddi yaptırımların olması gerekmektedir (Greaves ve Saville, 2009). Yine de tanımlamanın her zaman paketlenen etiket ile eşleşmediği durumlar gözardı edilmemelidir (Dunbar ve Murphy, 2009). Sadece tek bir elyaf veya çok az miktarda bir numune ile karşılaşıldığında, doğru tanımlamaya yönelik ilk adım, inceleme için makul bir temsili numune

elde etmektir. Tekstiller genellikle iki veya daha fazla farklı elyaf tipinin karışımı olarak üretilirler. Tanımlanacak ögenin tek tip bir elyaftan oluştuğuna dair herhangi bir şüphe varsa, incelemeden önce bir tür örnekleme yapılmalıdır. Herhangi bir harmanlamanın homojenliği, üretim aşaması ve nihai ürün sınıfı tarafından belirleneceğinden, her durum için farklı örnekleme prosedürleri kullanılır (Greaves ve Saville, 2009).

Bu tez çalışmasında *rbcL* geni kullanılarak memeli ve mantar DNA'sı ile meydana gelebilecek kontaminasyon elenmiş oldu. Kontaminantın başka bir bitki (örneğin çimen) olduğu durumlarda, kontamine olmuş örnek ile kontamine olmamış aynı örneğin bant sonuçları farklılık gösterir (Dunbar ve Murphy, 2009). Gerçek örnekte var olan bantların (kesim yerlerinin) yanı sıra kontamine örnek üzerinde farklı bantların olduğu görülmesi durumunda eğer gerçek örneğin kimliği bilinmiyorsa hangi bantın örneğe hangi bantın kontaminanta ait olduğunu bulmak zor olacaktır. Ayrıca kontaminant sayısı hakkında kesin bir yargıya varılamadığından örneğin içindeki ikinci bitki DNA'sının doğru tanımlanması için ek dizi analizi yapmak gerekmektedir (Dunbar ve Murphy, 2009).

DNA kontaminasyonu nedeniyle, iki belirgin şekilde farklı sekansların bir PCR amplifikasyonundan elde edildiği veya iki ilgili türün, beklenmedik bir yerde filogenetik olarak birbirini izleyen sekanslar verdikleri sonuçlar ortaya çıkabilir. PCR kontaminasyonu en yaygın olarak, PCR yapıldığında ortaya çıkar. Ancak alandaki materyal toplandığında herhangi bir zamanda kontaminasyon da meydana gelebilir. Örneğin; kirlenmiş stok çözeltileri (primerler, tampon, vb.) veya laboratuvar malzemeleri (Olmstead ve Palmer, 1994). PCR'da kullanılacak tüm çözeltiler (DNA ve enzim hariç) ve laboratuvar malzemeleri, sadece bu kullanım için otoklavlanmalı ve tecrit edilmelidir. Her PCR çalışmasında negatif kontrol örneği bulunmalıdır. Biz de çalışmamızda, negatif kontroller kullanarak çalıştık.

Çalışmamızda Dunbar ve Murphy (2009)'nin önerdiği protokol kullanılarak, olay yerlerinden toplanan bitkisel bulgulardan (farklı lifli bitki taksonları ve bunlardan üretildiği düşünülen materyallerden) DNA elde edilebileceği ve bunların tiplendirilebileceği gözlemlendi. Bunun için gen havuzundaki geniş taksonomik çeşitlilik ve tür içi polimorfizm için kullanılan *rbcL* geni bitkisel liflerin analizinde kullanıldı. Özellikle suç aleti olarak kullanılan halat, organ, ip, sicim, çuval vb. kanıtların kimliklendirilmesinde kullanılabilecek bu yöntemin Kriminal Polis

Laboratuvarları'nda (KPL) hali hazırda kullanılmakta olan mikroskopik analizlere alternatif oluşturacağı aşikardır. Adli bilimlerde bitkilerle ilgili oldukça fazla çalışma olmasına rağmen bitkisel kökenli işlenmiş ürünlerin (endüstriyel malzemelerin) DNA analizlerini içeren bir çalışma henüz ülkemizde yapılmamıştır. Kriminal Polis Laboratuvarları'nda (KPL) suç kanıtlarının bitkisel lif incelemeleri mikroskopik düzeyde olup DNA analizlerini içeren bir çalışma henüz rapor edilmemiştir. Bu sebeple bu tez çalışması içerisinde çeşitli yöntemlerin modifiye edilmesiyle geliştirilen metotlar, ileride sadece lifli bitkiler ve onlardan elde edilen malzemeler için değil her türlü endemik bitki için de kullanılabilecektir.

Adli bilimler alanında moleküler genetik yöntemlerin kullanımı ile günümüz ve gelecekte işlenebilecek suçların aydınlatılması yolunda bir çığır açılmıştır. Günümüzde var olan teknik olanaklarla bugün saç kepeğinden, kullanılmış diş fırçasından, sigara izmaritlerinden ve insan hücresi içerebilecek akla gelen her örnekten hareketle suçluya ulaşmak mümkün olabilmektedir. DNA incelemelerinde olay yerinde bulunabilecek minimal düzeydeki çok az başlangıç materyalinden çalışılmaktadır. DNA molekülü stabil olduğundan kan hücreleri ve enzimler gibi bozunmaya eğilimli değildir ve teknik hata olmadığı sürece yanlış kişileştirme yapılmaz. Adli bilimlerde kişileştirme, esasen iki biyolojik örneğin genetik materyalinin karşılaştırılması ile anlaşılır. Bu tür karşılaştırmaların sonucunun mahkemede delil olabilmesi ancak kullanılan tekniklerin kabul görmüş bilimsel teknikler olması durumunda mümkündür. DNA analizine uygun örnekler çekirdekli hücreleri içeren biyolojik materyal ile sınırlanmıştır. Günümüzde başarıyla DNA izolasyonu ve tiplendirmesi yapılabilen biyolojik materyaller kan, kan lekesi, dokular, organlar, kemik, dişler, saç, tırnaklar, semen, seminal sıvılar, tükürük, idrar ve diğer biyolojik sıvılar şeklinde sıralanabilirken (Yeşildağ, 2009), bitki ve hayvan DNA'sı içeren materyallerin de tam özellikleri belirlenerek nerede yapıldıkları, kimlerin üretilip sattığı, hatta kimin satın aldığı da bulunabilir.

### 5.1. AGAROS JEL ELEKTOFOREZİ GÖRÜNTÜLERİNİN YORUMLANMASI VE KARŞILAŞTIRILMASI

Sisal (*Agave sisalana* Perrine) bitkisi yaprağının agaroz jel görüntüsüne bakıldığında; *AccI* ve *PstI* enzimleri ile kesim olduğu görülürken diğer enzimlerin (*BamHI*, *DraI*, *SacII*) kesim yapmadığı (771bp) anlaşılmıştır (Şekil 5.1). Sisalin karşılaştırma örnekleri olan banyo keseleri ve halatın ise sadece *AccI* enzimi tarafından kesildiği ve diğer enzimler (*BamHI*, *DraI*, *PstI*, *SacII*) tarafından kesim olmadığı belirlenmiştir (Şekil 5.2). Bu durumda; karşılaştırma örnekleri olan banyo keselerinin ve halatın, AHBB'den alınan ve kontrol grubu olan *Agave sisalana* Perrine (sisal) bitkisi ile aynı kaynaktan gelmediği sonucuna varılarak bütün karşılaştırma örneklerine dışlama yapılmıştır.

Dunbar ve Murphy (2009)'nin sisal halat üzerinde yapmış oldukları çalışmada elde edilen agaroz jel elektroforez görüntüleri ile bizim çalışmamızda kontrol grubu olarak kullandığımız *Agave sisalana* Perrine (sisal) bitkisinin restriksiyon (kesim) modellerinin aynı olması yaptığımız çalışmayı destekleyici niteliktedir. Dunbar ve Murphy (2009) çalışmalarında ek olarak baz dizin analizine giderek her restriksiyon enzimi tarafından üretilen parçacıkların boyutunu belirlemişlerdir. Biz ise çalışmamızda agaroz jel görüntülerine bakarak bantların oluşup oluşmama durumlarına göre kesim olup olmadığını ve kesim yerlerini belirlemeye çalıştık. Dunbar ve Murphy (2009), enzimin DNA amplikonunu kesmediği durumları, 771 baz çiftlik (bç) kesilmemiş (uncut) parçacık ile tek bant şeklinde sonuçlandığını bildirmişlerdir. Sisal halatında kesim olan *AccI* ve *PstI* enzimlerinin parçacık boyutlarının dizin analizleri sonucunda; kesim yerleri iki bant şeklinde görülen *AccI* (GT' MKAC M = A/C K = G/ T) enzimin dizin analizinde kesim yerlerinin: '230 ve 541' baz çiftlerine denk geldiği; *PstI* (CTGCA'G) enziminin kesim yerlerinin ise aslında agaroz jel üzerinde tek bant olarak görünmesine rağmen yapılan detaylı baz dizin analizi sonunda kesim yerlerinin: '386 ve 385' baz çiftlerine denk geldiği ve birbirlerine yakın kesim noktaları olması sebebiyle de tek bant olarak görüldüğünü belirlemişlerdir. Yine aynı çalışmada sisal halatın başka bir bitkiyle (çimen) kontamine olması sonucunda silik vaziyette yeni DNA bantlarının oluştuğu görülmüştür. Oluşan farklı bantların hangi bitki ya da bitkilere ait olduklarının ise yine detaylı baz dizin analizleri yapılarak ortaya çıkarılabileceği söylenmiştir. Yine Dunbar ve Murphy (2009) çalışmalarında, ticari olarak elde edilen halat örneklerinin DNA ile tanımlanmalarının her zaman paketlenen etiket ile eşleşmediği gerçeğini ortaya koymuşlardır. Kenevir (hemp)

olarak etiketlenen halat örneğinin ketenden yapıldığı; jüt halat olarak satılan halatın ise aslında kenevirden üretilmiş olduğu Dunbar ve Murphy (2009)'nin yapmış oldukları DNA analizleri sonunda ortaya çıkarılmıştır.

Çalışmamızda *Agave sisalana* Perrine (sisal) bitkisi ve sisalin karşılaştırma materyallerinin, PCR sonrası agaroz jel elektroforez kesim fotoğrafında birden fazla bitkiye ait olabilecek silik vaziyette başka bantlara rastlanılmamış ve çalışılan örnekler herhangi başka bir bitkisel DNA'nın karışmadığı yorumu yapılmıştır.

Kapok (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.) bitkisinin (yaprak ve gövde) jeldeki DNA bant görüntülerine bakıldığında; *AccI* ve *PstI* enzimleri ile kesim olduğu görülürken diğer enzimlerin (*Bam*HI, *Dra*I, *Sac*II) kesim yapmadığı (771bp) saptanmıştır (Şekil 5.2). Karşılaştırma örneği olan ve kapok olduğu iddia edilen meyvenin lif örneğinin de kapok (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.) bitkisinin DNA görüntüleri ile aynı bant görüntüleri verdiği gözlemlendi (Şekil 5.2). Bu durumda; karşılaştırma örneği olan lifin kapok (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.) bitkisi ile aynı kaynaktan gelebileceği söylenebilir. *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. bitkisinin yaprak ve karşılaştırma örneği olan kapok lifinde silik vaziyette başka bantlara rastlanılmamış ve çalışılan örnekler herhangi başka bir bitkisel DNA'nın karışmadığı yorumu yapılmıştır. Ancak *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. bitkisinin gövde örneğinin jel görüntüsünde başka silik bantların da olması burada başka bitki/bitkilerin DNA'sının da karışmış olabileceğini gösterdi. Karışmış bitki DNA'larını ayırmak ve hangi bitkilere ait olduklarını belirlemek için detaylı bir baz dizin analizi çalışması önerilmektedir.

Jüt (*Corchorus olitorius* L.) bitkisi gövdesinin DNA görüntülerine bakıldığında; sadece *AccI* enzimi tarafından kesildiği görülürken diğer enzimlerin (*Bam*HI, *Dra*I, *Pst*I, *Sac*II) kesim yapmadığı (771bp) gözlemlenmiştir (Şekil 5.3). Jütün karşılaştırma örnekleri olan halat, çuval ve ipliklerin ise jüt (*Corchorus olitorius* L.) bitkisinin gövdesinin DNA görüntüleri ile aynı bant profilini verdiği görüldü (Şekil 5.3). Bu durumda; karşılaştırma örnekleri olan halat, çuval ve ipliklerin jüt (*Corchorus olitorius* L.) ile aynı kaynaktan gelebileceği söylenebilir. Ancak kesin bir tanımlama (identifikasyon) ve karşılaştırma yapabilmek için Ek.1'deki tabloda yer alan türe özgü kesim yapan/yapmayan enzimlerin sayısı çoğaltılarak çalışılmalıdır. Ayrıca *Corchorus olitorius* L. bitkisinin gövdesi ve karşılaştırma örneklerinde silik vaziyette başka bantlara

rastlanılmamıştır. Jüt halatlarına yumuşaklık vermesi için ikinci bir bitki çeşidi olarak *Hibiscus* L. eklenebilir (Dunbar ve Murphy, 2009). Ancak bizim çalışmamızda jütün karşılaştırma örnekleri olan halat, çuval ve ipliklerin DNA görüntülerinde başka (silik) bantların olmaması sebebiyle tek bir bitki türünden üretilmiş oldukları ve herhangi başka bir bitkisel DNA'nın bu ürünlere karıştırılmadığı yorumu yapılmıştır.

Bambu bitkilerinin (*Phyllostachys bissetii* McClure ve *Phyllostachys nigra* Munro) yaprak ve gövdelerinin DNA görüntülerine bakıldığında; *Phyllostachys bissetii* McClure (gövde) örneğinde sadece *AccI* enzimi tarafından kesildiği görülürken diğer enzimlerin (*Bam*HI, *Dra*I, *Pst*I, *Sac*II) kesim yapmadığı (771bp) anlaşılmıştır (Şekil 5.4). *Phyllostachys nigra* Munro (yaprak) örneğinde ise *AccI* ve *Sac*II enzimleri ile kesim olduğu görülürken diğer enzimlerin (*Bam*HI, *Dra*I, *Pst*I) kesim yapmadığı (771bp) anlaşılmıştır. *Phyllostachys bissetii* McClure (yaprak) ve *Phyllostachys nigra* Munro (gövde) örneklerinin agaroz jel görüntüleri net olarak çıkmadığı için *Phyllostachys bissetii* McClure (gövde) ve *Phyllostachys nigra* Munro (yaprak) örnekleri üzerinden yorumlamalar yapılmıştır. Bambunun karşılaştırma örneklerinden naturel elyaf ile rüzgâr çanının *Phyllostachys bissetii* McClure (gövde) örneği ile DNA görüntülerinin aynı sayıda ve büyükte bantlara saip olduğu görüldü (Şekil 5.5). Bu durumda; karşılaştırma örnekleri olan naturel elyaf ile rüzgâr çanının *Phyllostachys bissetii* McClure (gövde) ile aynı kaynaktan gelebileceği yorumu yapılarak dâhil edildi. Diğer karşılaştırma örneklerinden; rejenere elyafın hiçbir enzim (*AccI*, *Bam*HI, *Dra*I, *Pst*I, *Sac*II) tarafından kesilmediği ve flütün de *AccI* ve *Pst*I enzimleri ile kesim olduğu görülürken diğer enzimlerin (*Bam*HI, *Dra*I, *Sac*II) kesim yapmadığı (771bp) saptanmıştır (Şekil 5.5). Bu durumda; karşılaştırma örnekleri olan rejenere elyaf ile flütün kontrol bitkileri olan *Phyllostachys bissetii* McClure ve *Phyllostachys nigra* Munro ile aynı kaynaktan gelmediği sonucuna varılarak dışlanmıştır. Ayrıca bambu bitkilerinden ve onların karşılaştırma materyallerinden sadece *Phyllostachys bissetii* McClure (gövde) örneğinde (silik) bantların olması sebebiyle bu bitkiye başka bitki DNA'larının karışmış olabileceği yorumu yapıldı.

Muz bitkilerinin (*Musa x paradisiaca* L. (*Musa sapientum*), *Musa acuminata* Colla (*Musa zebrina* Van Houtte ex Planch.), *Musa ventricosa* Welw. (*Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman), *Musa uranoscopus* Colla, *Musa acuminata x zebrina* (*Musa zebrina* Van Houtte ex Planch.) ve *Musa ensete* J.F.Gmel. (*Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman)) yapraklarının

DNA görüntülerine bakıldığında; *Musa x paradisiaca* L. (*Musa sapientum*) yaprak örneğinde sadece *AccI* enzimi tarafından kesilirken diğer enzimlerin (*Bam*HI, *Dra*I, *Pst*I, *Sac*II) kesim yapmadığı (771bp); *Musa acuminata* Colla (*Musa zebrina* Van Houtte ex Planch.) yaprak örneğinde *Dra*I ve *Sac*II enzimleri ile kesim olduğu görülürken diğer enzimlerin (*Bam*HI, *Cla*I ve *Pst*I) kesim yapmadığı (771bp); *Musa acuminata x zebrina* (*Musa zebrina* Van Houtte ex Planch.) yaprak örneğinde *Sac*II enzimi ile kesim görülürken diğer enzimlerin (*Acc*I, *Bam*HI, *Dra*I ve *Pst*I) kesim yapmadığı (771bp); *Musa ensete* J.F.Gmel. (*Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman) örneğinde *Acc*I ve *Sac*II enzimleri ile kesim görülürken diğer enzimlerin (*Bam*HI, *Dra*I ve *Pst*I) kesim yapmadığı (771bp); *Musa ventricosa* Welw. (*Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman) ve *Musa uranoscopus* Colla bitkilerinde ise sadece *Sac*II enzimi tarafından kesildiği görülürken diğer enzimlerin (*Bam*HI, *Cla*I, *Dra*I ve *Pst*I) kesim yapmadığı (771bp) anlaşılmıştır (Şekil 5.6).

Muz bitkilerinin karşılaştırma örneklerinden nihale ile kenarının *Musa x paradisiaca* L. (*Musa sapientum*) bitkisi ile DNA görüntülerinin aynı bant sonuçlarını verdiği görüldü (Şekil 5.7). Bu durumda; karşılaştırma örnekleri olan nihale ile kenarının *Musa x paradisiaca* L. (*Musa sapientum*) bitkisi ile aynı kaynaktan gelebileceği söylenebilir. Diğer karşılaştırma örneklerinden; paspas örneğinde sonuç alınamazken Amerikan servisinin *Acc*I ve *Pst*I enzimleri ile kesildiği ve diğer enzimlerin (*Bam*HI, *Dra*I, *Sac*II) kesim yapmadığı (771bp) anlaşılmıştır (Şekil 5.7). Bu durumda; karşılaştırma örneği olan Amerikan servisinin kontrol grubu olan muz bitkileri ile aynı kaynaktan gelmediği sonucuna varılarak dışlanmıştır.

Sonuç olarak, hedeflenen bitki liflerinin farklı tiplerini başarılı bir şekilde tanımladık ve bunları bitki bazlı endüstriyel malzemelerle bant aralıklarına bakarak karşılaştırdık. Böylece Türkiye’de ekili bitki lifleri için bir ön veri tabanı sağlanmış oldu. Bu yöntem suç mahallinde bulunabilecek bitki lifleri ve bitki bazlı endüstriyel materyallerini tanımlamak ve karşılaştırmak için kullanılabilir. Karşılaştırmalı restriksiyon bölge haritalama ve DNA sekanslama metotlarında elde edilen verilerin analizi, filogenetik ilişkilerde mümkün olan en iyi hesaplamayı elde etmek için, yeterli takson ve karakter örnekleme gerektirir (Olmstead and Palmer, 1994).

Filogenetik analizler, türler arası akrabalık ilişkisini ve ortak ataları ortaya çıkarılabilmektedir.

Son yıllarda moleküler filogeni alanında kaydedilen gelişmeler neticesinde çeşitli türlerden elde edilen diziler GenBank, EMBL gibi özel veritabanı sistemlerinde toplanarak kullanıcıların hizmetine sunulmuştur (Delipoyraz, 2018). Lifli bitki sayısının arttırılması ve çalışılan restriksiyon enzimlerinin çoğaltılması ile ileride oluşturulabilecek bir bitki DNA veri bankasının temelini atılması umularak çalışma kapsamında yeralan sınırlı sayıdaki örneğin kaynak teşkil etmesi beklenmektedir.



## KAYNAKLAR

- Abouzeid, A.H.S., 2002, Stress Metabolites from *Corchorus olitorius* L. Leaves in Response to Certain Stress Agents, *Food Chemistry*, 76:187-195.
- Aka Kaçar, Y., 2003, Bitkilerde DNA İzolasyonu, *Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 2:1-3.
- Allaby, M., 1992, The Concise Oxford Dictionary of Botany, *Oxford University Press*, Oxford, United Kingdom, 442.
- Al-Rawashdeh, I.M., 2011, Molecular Taxonomy Among *Mentha Spicata*, *Mentha Longifolia* and *Ziziphora Tenuior* Populations Using the RAPD Technique, *JJBS*, 4(2): 63-70.
- Altınok, U.B., 2008, *Tekstil Yüzeylerinin Antibakteriyel Özelliklerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Anonymous, 2004, Abaca: Improvement of Fiber Extraction and Identification of Higher Yielding Varieties, *Final Technical Report*, CFC/FIGHF/09.CFC/UNIDO/FIDA, <https://docplayer.net/39432974-Abaca-improvement-of-fiber-extraction-a-identification-of-higher-yielding-varieties-final-technical-report-cfc-fighf-09.html>, [Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2019].
- Arizaga, S. and Ezcurra, E., 1995, Insurance Against Reproductive Failure In a Semelparous Plant: Bulbil Formation in *Agave Macroacantha* Flowering Stalks, *Oecologia*, 101 (3):329-334.
- Armecin, R.B., Seco, M.H.P., Caintic, P.S. and Milleza, E.J.M., 2005, Effect of Leguminous Cover Crops on The Growth and Yield Abaca (*Musa textilis* Née), *Industrial Crops and Products*, 21:317-323.
- Bakacak, A., 2010, *İstanbul Üniversitesi, Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi'nin Su Bitkileri Üzerinde Sistemik Araştırmalar*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bakır, A., 2005, *Ortaçağ İslam Dünyasında Tekstil Sanayi, Giyim-Kuşam ve Moda*, Bizim Büro Basımevi, Yayın Dağ. San. Tic. Ltd. Şti., Ankara.
- Banik, S., Basak, M.K., Paul, D., Nayak, P., Sardar, D., Sil, S.C., Sanpui, B.C. and Ghosh, A., 2003, Ribbon Retting of Jute-a Prospective and Eco-Friendly Method for Improvement of Fiber Quality, *Industrial Crops and Products*, 17:183-190.
- Basu, A., Ghosh, M., Meyer, R., Powell, W., Basak, S.L. and Sen, S.K., 2004, Analysis of Genetic Diversity in Cultivated Jute Determined by Means of SSR Markers and AFLP Profiling, *Crop Science*, 44:678-685.

- Bellmann, C., Caspari, A., Albrecht, V., Loan Doan, T.T., Mader, E., Luxbacher, T. and Kohl, R., 2005, Electrokinetic Properties of Natural Fibres, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical Engineering Aspects*, 267:19-23.
- Bos, H.L., Mussig, J. and Van Den Oever, M.J.A., 2006, Mechanical Properties of Short Flax Fibre Reinforced Compounds, *Composites: Part A*, 37:1591-1604.
- Bozkurt, Y., 1971, Doğu Ladini (*Picea orientalis* Link. et Carr.) ile Toros Karaçamı (*Pinus nigra* var. *caramanica* (Loud.) Rehd.)’dan Birer Ağaçta Lif Morfolojisi Üzerine Denemeler, *İ.Ü. Orman Fak. Derg.*, Seri A, 21(1):70-93.
- Bozarı, S., 2012, *Lamiaceae Familyasına Ait Farklı Türlerden Elde Edilen Allelopatik Potansiyele Sahip Esansiyel Yağların Genotoksik Etkilerinin Belirlenmesi*, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bretting, P.K. and Widrlechner, M.P., 1995, Genetic Markör and Horticultural Germplasm Management, *Hortscience*, 30 (7), 1329-1356.
- Brink, M. and Escobin, R.P., 2003, *Plant Resources of South-East Asia: Fibre Plants*, Backhuys Publishers, No:17, Leiden, 301-333.
- Büken, H., 2009, *Adli Tipta Genetik Araştırmalar*, İKU, 22: 33-42.
- Cantino, P.D., Richard, O.G. and Wagstaff, S.J., 1997, A Comarison of Phlogenetic Nomenclature With The Current Sytem: A Botanical Case Study, *Systematic Biology*, 46 (2): 313-331.
- Catling, D. and Grayson, J., 1982, *Identification of Natural Fibers*, New York: Chapman and Hall Ltd. of Phylogenetic Tree Construction in Obtaining the Correct Tree, *Mol. Bio. E.*, 6: 514-525.
- Chew, L.T., Rahim, S. and Jamaludin, K., 1992, *Bambusa vulgaris* for Urea and Cement-Bonded Particleboard Manufacture, *Journal Tropical Forest Science*, 4(3):249-256.
- Coyle, H., Lee, C., Lin, W., Lee, H. and Palmbach, T., 2005, *Forensic Botany: Using Plant Evidence to Aid in Forensic Death Investigation*, *Croat Med*, 46:606-12.
- Coyle, H.M., 2005, *Forensic Botany Principles and Applications to Criminal Casework*, CRC Press, Washington, D.C.
- Çümen, Y., 2007, *2004-2005 Yıllarında İstanbul Kriminal Polis Laboratuvarı’na İntikal Eden Hırsızlık, Adam Öldürme, Yaralama Olaylarının Geriye Dönük İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Adli Tıp Enstitüsü.
- Dahal, K.R., Utomo, B.I. and Brink, M., 2003, *Agave sisalana* Perrine, Plant Resources of South-East Asia: Fibre Plants, In:Brink, M. and Escobin, R.P., (ed.), Backhuys Publishers, Leiden, 69-75.

- Das, M., Bhattacharya, S., Singh, P., Filgueiras and Pal, A., 2008, Bamboo Taxonomy and Diversity in the Era of Molecular Markers, *Advances in Botanical Research, Incorporating Advances in Plant Pathology, Elsevier*, Vol:47, DOI:10.1016/S0065-2296(08)00005-0.
- Dellaporta, S.L., Wood, J. and Hicks, J.B., 1983, A Plant DNA Miniprep: Version 11, *Plant Molecular Biology Reporter*, 1:19-21.
- Delipoyraz, S., 2018, *Türkiye’de Yetişen Artemisia taurica Willd. (Asteraceae) Populasyonlarının Bazı Moleküler Belirteçler Kullanılarak Filogenetik Yönden Araştırılması*, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Demircan, N. ve Yılmaz, H., 2004, Erzurum Kentinde Botanik Bahçesi Oluşturulması Üzerine Bir Araştırma, *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 35 (3-4), 193-200.
- Demirci, Ş. ve Doğan, H.K., 2009, *Asfiksi Türleri ve Asfiksi Olgularında Ölü Muayenesi*, Klinik Gelişim, Adli Tıp Özel Sayısı, Cilt: 22: 23-32.
- Demirkıran, S. ve Arslan, M.M., 2016, *Olay Yeri İncelemesi ve Adli Arkeoloji*, Adli Bilimler, In: Celbiş, O. ve İşcan, M.Y. (ed.), Bölüm 4, Ankara, Akademisyen Kitabevi, ISBN9786059354226, 73-81.
- Deniz, G., 2007, *Türkiye’de Yetişen Ziziphora L. (Lamiaceae) Taksonlarının Moleküler Sistematigi*, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Dieffenbach, C.W., Lowe, T.M.J. and Dveksler, G.S., 1993, *General Concepts for PCR Primer Design*, PCR Methods and Applications, 530-537.
- Doyle, J.J. and Dickson, E.E., 1987, Preservation of Plant Samples for DNA Restriction Endonuclease Analysis, *Taxon*, 36:715-722.
- Doyle, J.J. and Doyle, J.L., 1987, A Rapid DNA Isolation Procedure for Small Quantities of Fresh Leaf Tissue, *Phytochemical Bulletin*, 19: 11–15.
- Doyle, J. J. and Doyle, J. L., 1990, A Rapid Total DNA Preparation Procedure for Fresh Plant Tissue, *Focus*, 12:13-15.
- Doyle, J. J., 1991, *DNA Protocols for Plants*, Molecular Techniques in Taxonomy, In: Hewitt, G., Johnson, A. W. B. and Young, J. P. W. (eds), Cell Biology Vol. 57, NATO ASI Series H, 283-293.
- Dölen, E., 1992, *Tekstil Tarihi: Dünyada ve Türkiye’de Tekstil Teknolojisi’nin ve Sanayii’nin Tarihsel Gelişimi*, Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, Matbaa Eğitim Bölümü, Yayın No: 6, 92/1.
- Draper, S.R. and Cooke, R.J., 1983, *Biochemical Tests for Cultivar Identification*, ISTA/Switzerland, ISBN:0-7923-6881-9.

- Dunbar, M. and Murphy, T. M., 2009, DNA Analysis of Naturel Fiber Rope, *Journal of Forensic Sciences*, 54 (1), 108-113.
- Dunham, V. L. and Bryant, J. A., 1983, *Isolation of Membranes and Organells from Plant Cells*, In: Hall, J. L. and Moore, A. L. (ed.), Academic Press, London, 237.
- Ekim, E., 1991, *Botanik Bahçesi Planlama Kriterleri ve Çankaya (Ankara) Botanik Bahçesi Örneği Üzerine Bir Araştırma*, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Erdumlu, N., 2008, Bambu Lifi ve Özellikleri, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3:45-50.
- Ergül, A., 2000, *Asmalarda (Vitis vinifera L. cvs.) Genomic DNA Parmak İzi Analizi ile Moleküler Karakterizasyon*, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Fazlıoğlu, İ., 2001, *Eskiçağda Dokuma*, Eskiçağ Bilimleri Enstitüsü Yayınları, No:8, İstanbul.
- Foulk, J.A., Akın, D.E., Dood, R.B. and McAlister, D.D., 2002, *Flax Fiber: Potential for a New Crop in The Southeast*, Trends in New Crops and New Uses, In: Janick, J. and Whipkey, A. (eds.), ASHS Press, Alexandria, VA., 361-370.
- Gobeille, A., Yavitt, J., Stalcup, P. and Valenzuela, A., 2006, Effects of Soil Management Practices on Soil Fertility Measurements on Agave Tequilana Plantations in Western Central Mexico, *Soil&Tillage Research*, 87:80-88.
- Gonzal, L.R. and Valida, A.F., 2003, *Musa textilis* Née, Plant Resources of South-East Asia: Fibre Plants, In: Brink, M. and Escobin, R.P. (ed.), Backhuys Publishers, Leiden, 186-193.
- Greaves, P.H. and Saville, B.P., 2009, *Microscopy of Textile Fibres*, Taylor&Francis, AMA Graphics Ltd., Preston, UK, ISBN: 1 872748 24 4.
- Gülşen, O. ve Mutlu, N., 2005, Bitki Biliminde Kullanılan Genetik Markörler ve Kullanım Alanları, *Alatarım*, 4 (2), 27-37.
- Hadidi, A., Levy, L. and Podleskis, E. V., 1995, *Polymerase Chain Reaction Technology in Plant Pathology*, Molecular Methods in Plant Pathology, In: Singh, R. P., Singh, U. S. (ed.), CRS Press Boca Raton, 167-187.
- Han, J.S., 1998, Properties of Nonwood Fibers, *North American Nonwood Symposium*, Atanata, GA, 3-12.
- Harmancıoğlu, M., Yazıcıoğlu, T. ve Yazıcıoğlu, G., 1973, *Lif Teknolojisi Uygulama Kitabı*, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir, No: 213.

- Huda, K.M.K., Bhuiyan, M.S.R., Kabir, M.H., Jamal Uddin, A.F.M. and Khatun, A., 2007, In Vitro Regeneration Protocol of Tossa Jute (*Corchorus olitorius*), *International Journal of Integrative Biology*, 1(2):96-101.
- Innis, M.A. and Gelfand, D.H., 1990, *Optimization of PCRs*, PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications, In: Innis, M.A, Gelfand, D.H., Sninsky, J.J. and White T.J (ed.), Academic Press, 3-12.
- İncekara, F., 1979, *Endüstri Bitkileri ve Islahı*, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 65, 285.
- Jahan, M.S., Kanna, G.H., Mun, S.P. and Chowdhury, D.A.N., 2008, Variations in Chemical Characteristics and Pulpability within Jute Plant (*Corchorus capsularis*), *Industrial Crops and Products*, doi:10.1016/j.indcrop.2008.02.013.
- Jarvis, P., Lister, C., Saabo, V. and Dean, C., 1994, Integration of CAPS Markers into The RFLP Map Generated Using Recombinant Inbred Lines of *Arabidopsis thaliana*, *Plant Molecular Biology*, 24:685-687.
- Jiménez, L., Ramos, E., Rodríguez, A., De La Torre, M.J. and Ferrer, J.L., 2005, Optimization of Pulping Conditions of Abaca, An Alternative Raw Material for Producing Cellulose pulp., *Bioresource Technology*, 96:977-983.
- John, M.J. and Thomas, S., 2008, *Biofibres and Biocomposites*, Carbohydrate Polymers, 71:343-364.
- Joker, D. and Salazar, R., 2000, *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., *Seed Leaflet*, No:22.
- Kamaté, K., Brown, S., Durand, P., Bureau, J.M., De Nay, D. and Trinh, T.H., 2001, *Nuclear DNA Content and Base Composition in 28 Taxa of Musa.*, *Genome*, 44:622-627.
- Karahan, H.A., Öktem, T. ve Seventekin, N., 2006, Doğal Bambu Lifleri, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 4:236-240.
- Karakuş, O., Atmaca, Y. ve Karapazarlıoğlu, E., 2008, Adli Tekstil, *Adli Bilimler Dergisi*, 7 (2): 40-49.
- Keskin, E., 2007, *Türkiye İhtiyofaunasındaki Mullidae Ailesindeki Türlerin Filogenetik Yakınlıklarının Morfolojik ve Genetik Farklarla Korelasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Biyoteknoloji Enstitüsü.
- Khan, F., Ahmad, S.R. and Kronfli, E., 1999, Stability of Jute Fibres on Exposure to Ionising Radiation, *Polymer Degredation and Stability*, 63: 79-84.
- Khandakar, A.L. and Van Der Vossen, H.A.M., 2003, *Corchorus L.*, Plant Resources of South-East Asia: Fibre Plants, In: Brink, M., and Escobin, R.P. (ed.), Backhuys Publishers, 106-114.

- Kim, H.J. and Seo, D.W., 2006, Effect of Water Absorption Fatigue on Mechanical Properties of Sisal Textile-Reinforced Composites, *International Journal of Fatigue*, 28:1307-1314.
- Kirby, R.H., 1963, *Vegetable Fibres: Botany, Cultivation and Utilization*, Interscience Publishers, Inc., New York.
- Kleinhenz, V. and Midmore, D.J., 2001, *Aspects of Bamboo Agronomy*, Advances in Agronomy, Academic Press, Vol:74, 99-145.
- Koç, E., 1999, Ham Madde ve İplik, *Türkiye Tekstil Sanayii İşverenleri Sendikası Dergisi*, 237:30-36.
- Kouch, T., , Preston, T.R. and Hieak, H., 2006, Effect of Supplementation with Kapok (Ceiba pentandra) Tree Foliage and Ivermectin Injection on Growth Rate and Parasite Eggs in Faeces of Grazing Goats in Farmer Households, *Livestock Research for Rural Development*, 18(6):1-6.
- Kochieva, E.Z., Ryzhova, N.N., Legkobit, M.P. and Khadeeva, N.V., 2006, RAPD and ISSR Analyses of Species and Populations of the Genus Stachys, *Russian Journal of Genetics*, 42(7):723-727.
- Kökdenler, M., 2016, Ölüm Zamanı Tayininde Adli Entomolojik Delillerin Kullanımı, *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi Derleme*, 5(3): 105-110.
- Krawczyk, K. and Sawicki, J., 2013, The Uneven Rate of the Molecular Evolution of Gene Sequences The Uneven Rate of the Molecular Evolution of Gene Sequences, *Int. J. Mol. Sci.*, 14:11376-11391.
- Küçüker, O., 2005, Atatürk Üniversite Reformunun İlk Botanik Bahçesi 70. Yaşında: İ.Ü. Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi, *Bilim ve Gelecek*, 19: 73-77.
- Küçüker, O., 2017, *Adli Botanik Ders Notu Teksiri*, İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü.
- Kwok, S., Chang, S.Y., Sninsky, J.J. and Wang, A., 1994, A Guide to The Design and Use of Mismatched and Degenerate Primers, *PCR Methods and Applications*, 539-547.
- Laux, D.L., 1984, Identification of a Rope by Means of a Physical Match between The Cut Ends, *Journal of Forensic Sciences*, 29:1246-8.
- Lefort, F., Lally, M., Thompson, D. and Douglas, G.C., 1998, Morphological Traits Microsatellite Fingerprinting and Genetic Relatedness of a Stand of Elite Oaks (Q. robur L.) at Tullnynally, *Silvae Genetica*, 47:5-6.
- Li, X.B., Shupe, T.F., Peter, G.F., Hse, C.Y. and Eberhardt, T.L., 2007, Chemical Changes With Maturation of the Bamboo Species Phyllostachys pubescens, *Journal of Tropical Forest Science*, 19(1):6-12.

- Li, Z., 2003, *Diversity and Ecology of Mountain Bamboos in the Shennongjia National Nature Reserve of Central China: Implications for Resource Management and Biodiversity Conservation*, Ecology and Development Series, In: Vlek, P.L.G., Denich, M., Martius, C. and N. Van De Giesen (Ed.), No: 7, Cuvillier Verlag Göttingen.
- Lim, T.T. and Huang, X., 2007, *Evaluation of Kapok (Ceiba pentandra (L.) Gaertn.) as a Natural Hollow Hydrophobic-Oleophilic Fibrous Sorbent for Oil Spill Cleanup*, Chemosphere, 66:955-963.
- Lipton, K.L., 1995, *Dictionary of Agriculture: From Abaca to Zoonosis*, Lynne Rienner Publishers, Boulder, Colorado, USA, 345.
- Lodhi, M. A., Daly, M. J., Ye, G. N., Weeden, N. F. and Reisch, B. I, 1994, A Simple and Efficient Method for DNA Extraction from Grapevine Cultivars and Vitis species, *Plant Molecular Biology Reports*, 12: 6-13.
- Madsen, B., 2004, *Properties of Plant Fiber Yarn Polymer Composites: An Experimental Study*, Technical University of Denmark, Report BYG DTU R-082, ISSN:1601-2917, 206.
- Maiti, R., 1997, *World Fiber Crops*, Science Publishers, Inc., USA, 208.
- Malanit, P., 2009, *The Suitability of Dendrocalamus asper Backer for Oriented Strand Lumber*, A Doctorate Thesis, Informatics and Natural Sciences University of Hamburg, Faculty of Mathematics.
- Maley, J. and Livingstone, D.A., 1983, *Late Pleistone and Early Holocene Extension of a Mountain Element in Southern Ghana (West Africa): Preliminary Pollen Data*, Comptes Rendus de L'Academie des Sciences Serie II, 296:1287-1292.
- Mangut, M., ve Karahan, N., 2008, *Tekstil Lifleri*, Ekin Basın Yayın Dağıtım, İstanbul.
- Matsufuji, H., Sakai, S., Chino, M., Goda, Y., Toyoda, M. and Takeda, M., 2001, Relationship between Cardiac Glycoside Contents and Color of Corchorus olitorius Seeds, *Journal of Health Science*, 47(2):89-93.
- McDougall, G.J., Morrison, I.M., Stewart, D., Weyers, J.D.B. and Hillman, J.R., 1993, Plant Fibres: Botany, Chemistry and Processing for Industrial Use, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 62(1):1-20.
- McKenna, H., Hearle, J. and O'Hear, N., 2004, *Handbook of Fibre Rope Technology*, Boca Raton, FL: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.
- MEB, 2016, *Lif Bitkileri*, Ankara, 2-3.
- MEB, 2018, *Hükümlü Ve Tutuklunun Kriminolojik Özellikleri*, Ankara, 5.

- Meredith, T.J., 2001, *Bamboo for Gardens*, USA, Timber Press, 406.
- Mert, M., 2009, *Lif Bitkileri*, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, ISBN: 978-605-395-243-5.
- Mert, M., 2011, *Doğal Lif Kaynaklı Minör Bitkiler*, Nobel, Ankara, ISBN: 978-605-395-436-1.
- Mert, M., 2017, *Lif Bitkileri*, Güncellenmiş 2. Basım, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, ISBN: 978 605 320 641 5.
- Mshandete, A., Bjornsson, L., Kivaisi, A.K., Rubindamayugi, M.S.T. and Mattiasson, B., 2006, Effect of Particle Size on Biogas Yield from Sisal Fibre Waste, *Renewable Energy*, 31:2385-2392.
- Mullis, K. B., 1990, The Unusual Origin of The Polymerase Chain Reaction, *Scientific American*, 56-61.
- Mwaikambo, L.Y., 2006, Rewiew of The History, Properties and Application of Plant Fibres, *African Journal of Science and Technology*, 7(2):120-133.
- Nilsson, T. and Bjordal, B., 2008, The Use of Kapok Fibres for Enrichment Cultures of Lignocellulose-Degrading Bacteria, *International Biodeterioration and Biodegradation*, 61(1): 11-16.
- Nobel, P.S., 1988, *Environmental Biology of Agaves and Cacti*, Cambridge University Press, 270.
- Ochi, S., 2006, Development of High Strength Biodegradable Composites Using Manila Hemp Fiber and Starch Based Biodegradable Resin, *Composites (Part A)*, 37:1879-1883.
- Olmstead, R.G. and Palmer J.D., 1994, Chloroplast DNA Systematics: A Review Of Methods And Data Analysis, *American Journal of Botany*, Vol. 81, No. 9 (Sep., 1994), *Botanical Society of America, Inc.*, 1205-1224.
- Ohrnberger, D., 1999, Annotated Nomenclature and Literature of The Species and The Higher and Lower Taxa, *The Bamboos of The World*, Elsevier, ISBN:9780444500205, 7-29.
- Önder, S. ve Konaklı, N., 2011, Konya’da Botanik Bahçesi Planlama İlkelerinin Belirlenmesi, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (2), 1-12.
- Özcan, T., Dirmenci, T., Coşkun, F., Akçiçek, E. ve Güner, Ö., 2015, A New Species of *Teucrium* sect. *scordium* (Lamiaceae) from SE of Turkey, *Türk J Bot.*, (39): 310-317.
- Peralta, A.G., 1996, Pulp Produced from Decorticated Abaca Fibre, *Tappi Journal*, 79:263-266.
- Perçin, H., 1997, Kastamonu’da Botanik Bahçesi Planlama Prensiplerinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma, *A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları*, 1476 (812), 50.

- Petraco, N. and Kubic, T., 2004, *Color Atlas and Manual of Microscopy for Criminalists, Chemists, and Conservators*, CRR Press LLC, United States of America, ISBN: 0-8493-1245-0.
- Ravetta, D.A. and McLaughlin, S.T., 1993, Photosynthetic Pathways of *Hesperaloe funifera* and *H. nocturna* (Agaveceae): Novel Sources of Speciality fibers, *American Journal of Botany*, 80(5):524-532.
- Rehm, S. and Espig, G., 1991, *The Cultivated Plants of The Tropics and Subtropics: Cultivation, Economic Value, Utilization*, IAT-Institute of Agronomy in the Tropics, University of Göttingen, 336-361.
- Robertson, J. and Grieve, M., 1999, *Forensic Examination of Fibres*, 2nd ed., CRC Press, USA, ISBN: 0 7484 0816 9.
- Rocha, M., Good-Avila, S.V., Molina-Freaner, F., Arita, H.T., Castillo, A., Garcia-Mendoza, A., Silva-Montellano, A., Gaut, B.S., Souza, V. and Eguiarte, L.E., 2006, Pollination Biology and Adaptive Radiation of Agavaceae with Special Emphasis on The Genus *Agave*, *Aliso*, 22:329-344.
- Roy, A.B. and Mandal, A.K., 1976, Retting and Quality of Jute Fibre, *Jute Bull*, 1-10.
- Sağ, A., 2003, *Cannabis sativa L.'de Menşei Tayini Amacı ile DNA İzolasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü.
- Sahid, M. and Zeven, C., 2003, *Ceiba pentandra (L.) Gaertn.*, Plant Resources of South-East Asia: Fibre Plants, In: Brink, M. and Escobin, R.P. (ed.), Backhuys Publishers, Leiden 99-103.
- Saiki, R. K., Gelfand, D. H., Stoffel, S., Scharf, S., Higuchi, R. H., Horn, G. T., Mullis, K. B. and Erlich, H. A., 1988, Primer-Directed Enzymatic Amplification of DNA with a Thermostable DNA Polymerase, *Science*, 239: 487-491.
- Saitou, N. and Imanishi, T., 1989, *Relative Efficiencies of The Fitch-Margoliash, Maximum Parsimony, Maximum-Likelihood, Minimum-Evolution and Neighbour-Joining Methods of Phylogenetic Tree Construction in Obtaining the Correct Tree*, *Molecular Biology and Evolution*, 6 (5), 514.
- Salfati, C.G. and Bateman, A.L., 2005, Serial Homicide: An Investigation of Behavioral Consistency, *Journal of Investigative Psychology and Offender Profiling*, 2:121-44.
- Sancar, P. Y., 2017, *Türkiye’de Yetişen Anthriscus pers. (Apiaceae) Türlerinin Genetik Yapısının ve Filogenetik Akrabalık İlişkilerinin Kloroplast Genomunun Kodlanmayan ‘trn’ Bölgelerine Göre Araştırılması*, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Satyanarayana, K.G., Guimaraes, J.L. and Wypych F., 2007, *Studies on Lignocellulosic Fibers of Brazil*, Part I: Source, Production, Morphology, Properties and Applications, Composites: Part A, 38:1694-1709.
- Scurlock, J.M.O., Dayton, D.C. and Hames, B., 2000, Bamboo: An Overlooked Biomass Resource, *Biomass and Bioenergy*, 19:229-224.
- Seçmen, Ö., Gemici, Y., Leblebici, E., Görk, G. ve Bekat, L., 1992, *Tohumlu Bitkiler Sistematigi*, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No: 116, İzmir, 3. Baskı.
- Simmonds, N.W., 1966, Bananas, *Tropical Agricultural Series*, 2nd Ed., Longman, New York.
- Sorlu, Ö., 2010, *İstanbul Üniversitesi Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi'nin Egzotik Bitki Envanteri ve Endüstriyel Biyotasarıma Katkıları*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Spârninâ, E., 2006, *Mechanical Properties of Flax Fibers and Their Composites*, Licentiate Thesis, Lulea University of Technology, Department of Applied Physics and Mechanical Engineering, 2006:60, <http://pure.ltu.se/ws/fbspretrieve/178041>, [Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2019].
- Şahin, N., 2011, *Türkiye'de Yetişen Serratula L. (Asteraceae) Cinsine Ait Taksonların ITS nrDNA ve TRNL-F cpDNA Dizileriyle Moleküler Sistematik Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Şen, İ.M., 1993, *Sadabad'ın Botanik Bahçesi Olarak Değerlendirilmesi*, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Şenel, M., 1970, *Bitkisel Sap Lifleri Üzerinde Teknolojik Araştırmalar*, Tarım Bakanlığı, Adana Bölge Pamuk Araştırma Enstitüsü, Yayın No:21.
- Şimşek, Ö., Karaat, F.E., Serçe, S. ve Aka Kaçar, Y., Bazı Meyve Türlerinde DNA İzolasyon Yöntemlerinin Etkinliğinin Karşılaştırılması, *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 25(1):59-69, ISSN 1300-3496.
- Thomas, M. R., Matsumoto, S., Chain, P. and Scott, N.S., 1993, Repetitive DNA of Grapevine: Classes Present and Sequences Suitable for Cultivar Identification, *Theoretical and Applied Genetics*, 86:173-180.
- Tokdemir, M., 2016, *Adli Genetik*, In: Celbiş, O. ve İşcan, M.Y. (ed.), Bölüm 4, Ankara, Akademisyen Kitabevi, ISBN9786059354226, 207-219.
- Topdemir, S., 2017, *Bitlis İlindeki Lamiaceae Familyasına Ait Bazı Taksonların RAPD-PCR Tekniği ile Filogenetik Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Bitlis Eren Üniversitesi ve Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tran, V.H., 2010, *Growth and Quality of Indigenous Bamboo Species in The Mountainous Regions of Northern Vietnam*, Thesis (PhD), Göttingen University Faculty of Forest Science and Forest Ecology.

- Tuğ, A., 2009, Adli Bilimler Ve Mikrobiyoloji, *Adli Tıp Dergisi*, 23(1): 47-55.
- Tulio, J.A.Z., Ose, K., Chachin, K. and Ueda, Y., 2002, Effects of Storage Temperatures on The Postharvest Quality of Jute Leaves (*Corchorus olitorius* L.), *Postharvest Biology and Technology*, 26:329-338.
- Tuncer, Y., 2016, *Çeşitli Klinik Örneklerden İzole Edilen Klebsiella pneumoniae Türlerinin REP-PCR Yöntemi İle DNA Parmak İzi Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Uzun, G., 1978, *Çukurova Üniversitesi Botanik Bahçesi Peyzaj Planlama İlkelerinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma*, Basılmamış Doçentlik Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Üresin, N., 2014, Taramalı Elektron Mikroskop Cihazı ile Lif İncelemesi, *İpucu Dergisi*, ISSN:1303-7854, 3(7), 26-29.
- Van Sumere, C., 1992, *Retting of Flax with Special Reference to Enzyme Retting*, The Biology and Processing of Flax., In: Sharma, H., and Van Sumere, C., (eds.), M. Publications, Belfast, Northern Ireland, 157-198.
- Ververis, C., Georghiou, K., Christodoulakis, N., Santas, P. and Santas, R., 2004, Fiber Dimensions, Lignin and Cellulose Content of Various Plant Materials and Their Suitability for Paper Production, *Industrial Crops and Products*, 19:245-254.
- Walton, P.D., 1988, *Principles and Practicas of Plant Science*, Prentige Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Watson, J. D., Gilman, M., Witkowski, J. and Zoller, M., 1992, *The Polymerase Chain Reaction*, Recombinant DNA, Second Edition, New York, 79-98.
- Wiggins, K., 1999, *Ropes and Cordage*, Forensic Examination of Fibers, In: Robertson, J. and Grieve, M.(ed.), Philadelphia, PA: Taylor&Francis, 55-64.
- Winklerprins, A.M.G.A., 2006, Jute Cultivation in The Lower Amazon, 1940-1990: An Ethnographic Account from Santarem, Para, Brazil, *Journal of Historical Geography*, 32:818-838.
- Yağmur, F., 2016, *Aşfişiler*, In: Celbiş, O. ve İşcan, M.Y. (ed.), Bölüm 4, Ankara, Akademisyen Kitabevi, ISBN9786059354226, 145-164.
- Yakartepe, M. ve Yakartepe, Z., 1995, *Tekstil Teknolojisi: Elyafıtan Kumaşa*, Cilt 1, Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Merkezi.
- Yazıcıoğlu, G., 1999, *Pamuk ve Diğer Bitkisel Lifler*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayınları, No:274.

- Yentür, S., 2003, *Bitki Anatomisi*, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi Yayınları, 3:3808, ISBN: 975 404 351 5, 227.
- Yeşilbağ, O., 2011, *Tekstil Liğerlerinin Polarize Işık Mikroskobu ile Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Adli Tıp Enstitüsü.
- Yeşildağ, Ö.A., 2009, *Adli Tıpta Kullanılan Moleküler Genetik Yöntemler ve Uygulamaları*, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yıldırım, A. ve Kandemir, N., 2001, *Genetik Markörler ve Analiz Metodları*, Bitki Biyoteknolojisi II. Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları, In: Özcan, S., Gürel, E. ve Babaoğlu, M. (ed.), Selçuk Üniversitesi, Vakıf Yayınları.
- Yılmaz, E. 2017, *İstanbul Üniversitesi Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi'nin Odunsu Bitkileri Üzerinde Morfolojik ve Sistemik Araştırmalar*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yüksek, Ö. ve Özdemir, Ö., 2007, Bambu İpliklerin Üretimi, Özellikleri ve Kullanım Alanları, *Tekstil ve Teknik*, 80-92.
- Zorlu, E., 2007, *Giysiler ve Ayakkabılardan Elde Edilen Polenlere Göre Kişilerin Belli Bir Ortamda Bulunup Bulunmadıklarının Saptanması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Adli Tıp Enstitüsü.

## EKLER

| Rope Type that is not Cut |                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                     |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           | Hemp                                                                                                                                           | Abaca                                                                                                                                                              | Jute                                                                                                                                                                                          | Flax                                                                                                                                                                |
| Rope Type that is Cut:    |                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                     |
| Sisal                     | <i>Acc65I, AjuI, BsmFI, BsmII, BsrBI, BclI, BsrI, BmrI, Taul, Eco57MI, Fnu4HI, PstAI, SacI, SjaNI</i>                                          | <i>Acc65I, AjuI, BclI, BfuAI, BmrI, Fnu4HI, SjaNI, SjcI, SpeI, Taul</i>                                                                                            | <i>Acc65I, AjuI, Apol, BanII, BclI, BfuAI, BmrI, BpmI, BstHKAI, Bsp1286I, BspMI, BsrBI, PciI, BsrI, BstAPI, Eco57MI, PstAI, PsII, SacI, SjaNI, SjcI, SnaBI, SpeI, SphI</i>                    | <i>AjuIII, Alol, Apol, BclI, BfuAI, BstHKAI, BsmFI, BspMI, BsrBI, BstXI, BstYI, BstI, EcoRI, Fnu4HI, PciI, PstAI, SacI, SjaNI, SjcI, SpeI, Taul, TspRI</i>          |
| Flax                      | <i>Acc65I, AjuI, BanI, BanII, BclI, BmrI, BpmI, BstEI, BspCNI, BsrI, Bst36I, BigZI, Dral, Eco57MI, FnuI, HpaII, Hpy99I, KpnI, MspAII, MspI</i> | <i>Acc65I, AjuI, AleI, BanI, BmrI, BstEI, BspCNI, BstZ17I, BigI, DdeI, Hpy99I, MspAII, NlaIV, TaqI</i>                                                             | <i>Acc65I, AjuI, BanI, BanII, BclI, BmrI, Bsp1286I, BspCNI, BsrI, BstAPI, BstZ17I, BigZI, Eco57MI, Hpy99I, KpnI, MaeIII, MspI, PstI, SnaBI, SphI, TspGWI</i>                                  | <i>Acc65I, AjuI, AleI, BanI, BclI, BstEI, BstZ17I, BigI, BigZI, HpaII, KpnI, MaeIII, Mmel, MspAII, MspI, NlaIV, TaqI, TspGWI, XcmI</i>                              |
| Jute                      | <i>BstEI, BsmFI, BssKI, BstNI, FnuI, Fnu4HI, HindIII, HphI, MspAII, PspGI, ScrFI, SnyD4I, Taul, XbaI</i>                                       | <i>AleI, BstEI, BssKI, BstNI, BstXI, BigI, DdeI, Fnu4HI, HindIII, MspAII, NlaIV, PspGI, ScrFI, SnyD4I, TaqI, XbaI</i>                                              |                                                                                                                                                                                               | <i>AleI, BstNI, BigI, HindIII, HphI, Mmel, MspAII, NlaIV, PspGI, ScrFI, SnyD4I, TaqI, XbaI, XcmI</i>                                                                |
| Abaca                     | <i>BanII, BclI, BpmI, BsmFI, BsrBI, BsrFI, BsrI, BigZI, Eco57MI, FnuI, HpaII, HphI, MspI, PstAI, SacI, Tsp45I</i>                              |                                                                                                                                                                    | <i>AjuIII, Apol, BanII, BclI, BpmI, BstHKAI, Bsp1286I, BsrBI, BsrFI, BsrI, BstAPI, BigZI, Eco57MI, EcoRI, HpaII, MaeIII, MspI, PciI, NdeI, PstAI, PstI, SacI, SnaBI, SphI, Tsp45I, TspGWI</i> | <i>BclI, BsrFI, HpaII, HphI, MaeIII, Mmel, MspI, NdeI, Tsp45I, TspGWI, XcmI</i>                                                                                     |
| Hemp                      |                                                                                                                                                | <i>AleI, Alol, AlwNI, Asel, AvalI, BbsI, BfuAI, BsgI, BspDI, BspMI, BssHII, BstXI, BstZ17I, BigI, Clal, DdeI, EcoO109I, Hpy188I, NlaIV, SjcI, SpeI, TaqI, XmmI</i> | <i>AjuIII, Alol, AlwNI, Apol, Asel, AvalI, BbsI, BfuAI, BsgI, BstHKAI, BspDI, BspMI, BssHII, BstXI, BstYI, BstI, Clal, XmmI, EcoO109I, EcoRI, Hpy188I, NdeI, PstI, SjcI, SpeI, TspRI</i>      | <i>AleI, BsgI, Alol, BspDI, AlwNI, BssHII, Asel, BstZ17I, AvalI, BigI, BbsI, Clal, DdeI, Mmel, Hpy188I, MaeIII, EcoO109I, NdeI, NlaIV, TaqI, TspGWI, XcmI, XmmI</i> |

Ek 1: *rbcL* amplikon çiftlerini ayırt eden restriksiyon enzimleri (Dunbar ve Murphy, 2009).

## ÖZGEÇMİŞ

| Kişisel Bilgiler |                                                                          |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Adı Soyadı       | Özlem TEPEBAŞ                                                            |
| Doğum Yeri       | Kartal                                                                   |
| Doğum Tarihi     | 03.12.1983                                                               |
| Uyruğu           | <input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer: |
| Telefon          | 5076132433                                                               |
| E-Posta Adresi   | ozlemtepebas@hotmail.com                                                 |
| Web Adresi       |                                                                          |



| Eğitim Bilgileri |                                 |
|------------------|---------------------------------|
| Lisans           |                                 |
| Üniversite       | Abant İzzet Baysal Üniversitesi |
| Fakülte          | Fen-Edebiyat Fakültesi          |
| Bölümü           | Biyoloji (İngilizce)            |
| Mezuniyet Yılı   | 12.06.2006                      |

| Yüksek Lisans |                         |
|---------------|-------------------------|
| Üniversite    | İstanbul Üniversitesi   |
| Enstitü Adı   | Fen Bilimleri Enstitüsü |
| Anabilim Dalı | Biyoloji Anabilim Dalı  |
| Programı      | Botanik Programı        |

| Makale ve Bildiriler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Tepebas, O., Filoglu, G., Bulbul, O., Kucuker, O., 2018, A Preliminary Forensic Botanical Research On Some Cultivated Fibrous Plants From Istanbul University Alfred Heilbronn Botanical Garden, <i>8<sup>th</sup> European Academy of Forensic Science (EAFS 2018) Conference</i>, 27<sup>th</sup>-31<sup>st</sup> August 2018 Lyon Convention Center, France.</p> <p>Tepebas, O., Küçük, O., Filoğlu Tüfek, G., Üzen, E., 2018, Identification Of Plant Names From Natural Fiber Evidences Using Molecular Biological Methods In Forensic Botany: An Example Of The Exotic Banana Taxa (Musa L.) Study, <i>1<sup>st</sup> International Symposium on Graduate Research in Science (ISGRS 2018)</i>, 4-6 October 2018 Istanbul University Congress and Culture Center, Turkey.</p> <p>Tepebas, O., Küçük, O., Filoğlu Tüfek, G., Üzen, E., 2018, Criminal Researches On Some Cultivated Fiber Plants From Istanbul University Alfred Heilbronn Botanical Garden, <i>1<sup>st</sup> International Symposium on Graduate Research in Science (ISGRS 2018)</i>, 4-6 October 2018 Istanbul University Congress and Culture Center, Turkey.</p> |

- Tepebas, Ö., Filoğlu Tüfek, G., Cevahir Öz, G., 2018, Bazı Egzotik/Tropikal Bitki Taksonları Üzerinde Bir Adli Botanik Çalışması (A Forensic Botanical Study On Some Egzotic/Tropical Plant Taxa), *Bilim ve Adalet 2. Uluslararası Turaz Adli Bilimler, Adli Tıp ve Patoloji Kongresi (UTAK 2018)*, 1-4 Eylül 2018 İstanbul Swisotel The Bosphorus, Türkiye.
- Tepebas, Ö., Filoğlu Tüfek, G., Cevahir Öz, G., 2018, Olay Yerlerinde Sıklıkla Rastlanan Bitkisel Liflerin Çoğaltılmış Parça Uzunluk Polimorfizm (AFLP) Tekniğiyle Analizi/Tiplendirilmesi, *Bilim ve Adalet 2. Uluslararası Turaz Adli Bilimler, Adli Tıp ve Patoloji Kongresi (UTAK 2018)*, 1-4 Eylül, 2018 İstanbul Swisotel The Bosphorus, Türkiye.
- Tepebas, Ö., Filoğlu Tüfek, G., Cevahir Öz, G., 2018, *Olay Yerlerinde Sıklıkla Rastlanan Bitkisel Liflerin Çoğaltılmış Parça Uzunluk Polimorfizm (AFLP) Tekniğiyle Analizi/Tiplendirilmesi*, Turaz Akademi 2018, In: Osman Celbiş (ed.), *Akademisyen Kitabevi*, Ankara, ISBN 978-605-258-233-6, syf. 274-285.