

**T.C.**  
**PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BAMYA BİTKİSİNDEN SUDA ÇÜRÜTME YÖNTEMİ İLE LİF**  
**ELDE EDİLMESİ VE ELDE EDİLEN LİFİN ÇEŞİTLİ**  
**FİZİKSEL KİMYASAL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN**  
**ÖLÇÜMÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**SEMA KONAK**

**DENİZLİ, AĞUSTOS – 2014**

**T.C.**  
**PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**BAMYA BİTKİSİNDEN SUDA ÇÜRÜTME YÖNTEMİ İLE LİF**  
**ELDE EDİLMESİ VE ELDE EDİLEN LİFİN ÇEŞİTLİ**  
**FİZİKSEL KİMYASAL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN**  
**ÖLÇÜMÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**SEMA KONAK**

**DENİZLİ, AĞUSTOS – 2014**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Sema KONAK tarafından hazırlanan “BAMYA BİTKİSİNDEN SUDA ÇÜRÜTME YÖNTEMİ İLE LİF ELDE EDİLMESİ VE ELDE EDİLEN LİFİN ÇEŞİTLİ FİZİKSEL KİMYASAL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ÖLÇÜMÜ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 11.08.2014 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

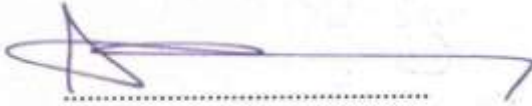
Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Doç. Dr. Nazire Deniz YILMAZ  
Pamukkale Üniversitesi

  
.....

Üye  
Doç. Dr. Sema PALAMUTÇU  
Pamukkale Üniversitesi

  
.....

Üye  
Yrd.Doç.Dr.M.Fatih CANPOLAT  
Süleyman Demirel Üniversitesi

  
.....

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun <sup>13.08.2014</sup>  
tarih ve <sup>33/05</sup> sayılı kararıyla onaylanmıştır.

  
.....

Prof. Dr. Orhan KARABULUT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2014HZL001 nolu proje ile kısmen desteklenmiştir.**

**Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.**

**SEMA KONAK**

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Sema Konak', written on a light-colored background.

## ÖZET

### BAMYA BİTKİSİNDEN SUDA ÇÜRÜTME YÖNTEMİ İLE LİF ELDE EDİLMESİ VE ELDE EDİLEN LİFİN ÇEŞİTLİ FİZİKSEL KİMYASAL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ÖLÇÜMÜ

Yüksek Lisans Tezi

SEMA KONAK

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. NAZİRE DENİZ YILMAZ)

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2014

Bu çalışmada bamyada bitkisinden suda çürütme yöntemiyle doğal selülozik lifler elde edilmiş, elde edilen liflerin çeşitli fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri ölçülmüştür. Bir tarım atığı olan bamyada bitkisi sapından; nitelikli, doğal ve doğada çözünebilir bamyada lifi elde ederek, tarım ürünlerine katma değer sağlanabileceği ve çevre korumasına yardımcı olunabileceği öngörülmüştür. Bu amaçla, bamyada bitkisinin sap dip, sap orta, sap uç, dal dip ve dal uç kısımlarından 2 hafta süreyle suda çürütme yöntemi ile ham bamyada lifleri elde edilmiş, elde edilen liflere  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , sabun,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  ve ksilinaz enzimi ile kimyasal ve enzimatik işlemler uygulanarak 32 adet deney numunesi hazırlanmıştır. Bu 32 adet lif numunesinin lineer yoğunluk (tex), elastisite modülü (N/tex), kopma kuvveti (N), kopma mukavemeti (N/tex), kopma uzaması (%), nem içeriği (%), nem alımı (%), beyazlık derecesi ve farklı kimyasallara karşı dayanım özellikleri ölçülmüştür. Sonuç olarak doğal selülozik bamyada lifinin, iyi karakteristik özelliklere sahip olup, hem tekstil lifi hem de polimerik kompozit takviye malzemesi olarak kullanılabilir nitelikte olduğu sonucuna varılmıştır.

**ANAHTAR KELİMELEER: BAMYA LİFİ, SUDA ÇÜRÜTME YÖNTEMİ, FİZİKSEL ÖZELLİKLER, KİMYASAL ÖZELLİKLER, MEKANİK ÖZELLİKLER**

## **ABSTRACT**

### **FIBER EXTRACTION FROM OKRA PLANT WITH WATER RETTING METHOD AND MEASUREMENTS OF VARIOUS PHYSICAL, CHEMICAL AND MECHANICAL PROPERTIES**

**MSC THESIS**

**SEMA KONAK**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**TEXTILE ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. NAZİRE DENİZ YILMAZ)**

**DENİZLİ, AUGUST 2014**

In this study, natural cellulosic fibers have been extracted from okra plant by water-retting method and various physical, chemical and mechanical properties of the fibers have been measured. It has been envisaged that by obtaining good quality, natural and biodegradable fibers from okra stems, which are agricultural byproducts, it will be possible to provide added value to agricultural products and to support environment. For this purpose, fibers have been extracted from the bottom, middle and upper parts of okra stems and bottom and upper portions of okra branches. The resulting fibers were exposed to various chemical and enzymatic processes with  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , soap,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  and, xylanases enzymes; and 32 test samples were prepared. Linear density (tex), modulus of elasticity (N/tex), breaking force (N), tensile strength (N/tex), elongation at break (%), moisture content (%), moisture uptake (%), degree of whiteness and resistance to different chemicals of this 32 fibers were measured. Consequently okra natural cellulosic fibers have been found to have good characteristics to be used as a textile fiber as well as a reinforcing material in polymeric composites.

**KEYWORDS: OKRA FIBER, WATER RETTING METHOD, PHYSICAL PROPERTIES, CHEMICAL PROPERTIES, MECHANICAL PROPERTIES**

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>ix</b>
<b>Tezin Amacı</b> .....	<b>1</b>
1.2 Tezin Önemi .....	2
<b>2. LİTERATÜR ÖZETİ</b> .....	<b>3</b>
<b>3. TEKSTİL LİFLERİ</b> .....	<b>5</b>
3.1 Tekstil Liflerinin Sınıflandırılması.....	6
3.1.1 Doğal Lifler.....	6
3.1.1.1 Bitkisel Lifler .....	7
3.1.1.1.1 Selüloz .....	8
3.1.1.1.2 Hemiselüloz .....	9
3.1.1.1.3 Lignin.....	10
3.1.1.1.4 Pektin .....	12
<b>4. BAMYA LİFLERİ</b> .....	<b>13</b>
4.1 Bamy Bitkisi .....	13
4.2 Bamy Lifleri .....	14
4.3 Bamy Liflerinin Fiziksel, Kimyasal ve Mekanik Özellikleri .....	15
4.3.2 Bamy Liflerinin Kimyasal Yapısı .....	18
4.3.3 Bamy Liflerinin Moleküler Ağırlığı .....	21
4.3.4 Bamy Liflerinin Boyanma Davranışları.....	21
4.3.5 Bamy Liflerinin Güneşe Karşı Renk Haslığı .....	23
4.3.6 Güneş Işığının Bamy Liflerinin Dayanıklılığı Üzerine Etkisi ...	24
4.3.7 Bamy Liflerinin Isıl Davranışı .....	26
4.3.7.1 Termogravimetrik Analiz (TGA yada TG).....	26
4.3.7.2 Derivativ Termogravimetri (DTG yada DTA).....	27
4.3.8 Bamy Liflerinin Mekanik Özellikleri .....	28
4.3.9 Bamy Liflerinin Nem Alımı.....	29
4.3.10 Bamy Liflerinin Yüzey Modifikasyonu .....	33
4.4 PLA Tabanlı Bamy Lifi Takviyeli Kompozit Üretimi .....	42
<b>5. MATERYAL VE METOT</b> .....	<b>49</b>
5.1 Materyal.....	49
5.2 Metot .....	50
5.2.1 Numune üretimi .....	50
5.2.2 Karakterizasyon .....	55
5.2.2.1 Lineer Yoğunluk Ölçümü .....	55
5.2.2.2 Mukavemet Ölçümü.....	56
5.2.2.3 Nem İçeriği Testi.....	57
5.2.2.4 Nem Alım Testi.....	58
5.2.2.5 Beyazlık Ölçümü.....	59
5.2.2.6 Liflerin Kimyasallara Karşı Dayanıklılıklarının Test	



	Edilmesi.....	60
5.2.2.7	FTIR–ATR Ölçümleri (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi-Fourier Transform Infrared Spectroscopy) ....	61
5.2.2.8	SEM Analizleri (Scanning Electron Microscope-Taramalı Elektron Mikroskobu) .....	62
5.2.2.9	İstatistiki Analiz .....	62
<b>6.</b>	<b>BULGULAR .....</b>	<b>63</b>
6.1	Bamya Liflerinin Lineer Yoğunluk ve Beyazlık Ölçümü Sonuçları..	63
6.1.1	Lineer Yoğunluk Ölçümlerinin İstatistiksel Çözümleme Sonuçları .....	65
6.1.2	Beyazlık Ölçümlerinin İstatistiksel Çözümleme Sonuçları .....	72
6.2	Bamya Liflerinin Kopma Kuvveti ve Elastisite Modülü Ölçüm Sonuçları.....	75
6.2.1	Kopma Kuvveti Ölçümlerinin İstatistiksel Çözümleme Sonuçları .....	78
6.2.2	Elastisite Modülü Ölçümlerinin İstatistiksel Çözümleme Sonuçları .....	83
6.3	Bamya Liflerinin Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzaması Ölçüm Sonuçları.....	87
6.3.1	Kopma Mukavemeti Ölçümlerinin İstatistiksel Çözümleme Sonuçları.....	89
6.3.2	Kopma Uzaması Ölçümlerinin İstatistiksel Çözümleme Sonuçları .....	94
6.4	Bamya Liflerinin Nem İçeriği ve Nem Alımı Ölçüm Sonuçları .....	99
6.4.1	Nem İçeriği Ölçümlerinin İstatistiksel Çözümleme Sonuçları ..	101
6.4.2	Nem Alımı Ölçümlerinin İstatistiksel Çözümleme Sonuçları ...	105
6.5	Bamya Liflerinin Kimyasallara Karşı Dayanıklılıklarının Ölçüm Sonuçları.....	108
6.5.1	Kimyasallara Karşı Dayanıklılık Ölçümlerinin İstatistiksel Çözümleme Sonuçları .....	110
6.6	Bamya Liflerinin FTIR Analizi Sonuçları.....	112
6.7	Bamya Liflerinin SEM Analizi Sonuçları .....	115
<b>7.</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>124</b>
<b>8.</b>	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>129</b>
<b>9.</b>	<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>132</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 3.1: Tekstil liflerinin sınıflandırılması.....	6
Şekil 3.2: Selüloz molekülünün kimyasal yapısı.....	9
Şekil 3.3: Hemiselülozun molekül yapısı .....	10
Şekil 3.4: Lignini oluşturan yapılar a) Koniferil Alkol b) <i>P</i> -Kumaril Alkol c) Sinapil Alkol .....	11
Şekil 3.5: Pektin molekülünün yapısı .....	12
Şekil 4.1: Bamya bitkisi .....	14
Şekil 4.2: 200 mm uzunluğunda, kuru bamya lifleri .....	14
Şekil 4.3: SEM mikroskobu ile bamya lifinin enine ve boyuna görünüşleri .....	15
Şekil 4.4: Optik mikroskopta bamya lifinin boyuna çekilmiş görüntüsü .....	16
Şekil 4.5: Optik mikrograf ile birkaç bamya lifinin kesit görünüşü .....	16
Şekil 4.6: Gerilim altında kopmuş bamya lifinin SEM görüntüsü .....	17
Şekil 4.7: Gerilim altında kopmuş bamya lifinin yanar SEM görüntüsü .....	17
Şekil 4.8: Bamya lifinin ATR-FTIR spektrumu .....	20
Şekil 4.9: Ağartılmış bamya lifi için boya konsantrasyonu ve tükenme miktarı .....	22
Şekil 4.10: Bamya lifi için elektrolit konsantrasyonu ve boya tükenme miktarı .....	22
Şekil 4.11: Bamya sak lifi için sıcaklıkla boyarmadde tükenme miktarı .....	23
Şekil 4.12: Güneş ışığına maruz kalan ham ve ağartılmış lifin dayanımındaki azalış .....	25
Şekil 4.13: Güneşe maruz kalan bamya liflerinin kızılötesi spektrumu .....	25
Şekil 4.14: Bamya liflerinin TG ve DTG eğrileri .....	27
Şekil 4.15: Bamya lifleri için tipik gerilme-uzama eğrisi .....	28
Şekil 4.16: Deneysel veri ve elastisite modülü için Griffith modeli (hat çapı) .....	29
Şekil 4.17: Bamya sak lifinin kızılötesi spektrumları a) Ağartılmış, b) Alkali işlem görmüş, c) Aşılanmış .....	37
Şekil 4.18: Ham bamya sak lifinin SEM mikroskobisi .....	38
Şekil 4.19: Ağartılmış bamya sak lifinin SEM mikroskobisi .....	39
Şekil 4.20: %10 NaOH ile alkali işlem görmüş bamya sak lifinin SEM mikroskobisi .....	40
Şekil 4.21: Aşılanmış (AN) bamya sak lifinin SEM mikroskobisi .....	40
Şekil 4.22: Ham, ağartılmış, alkali işlem görmüş ve aşılanmış bamya sak liflerinin çekme uzama grafiği .....	42
Şekil 4.23: PLA / bamya kompozitlerin kırılmış yüzey yapıları .....	44
Şekil 4.24: Farklı bozulma zamanlarında PLA ve PLA / bamya kompozitlerin fotoğrafları .....	46
Şekil 4.25: Ham ve işlem görmüş bamya liflerinin farklı miktarlarda kullanılmasıyla elde edilen kompozitlerin bozunmalarının farklı adımlarının SEM görüntüleri .....	47
Şekil 5.1: Bamya bitkisinin suda çürütülmesi .....	50
Şekil 5.2: a) Odunsu kısımlarından ayrılarak elde edilmiş bamya lifleri b) Bamya liflerinin kurutulması .....	51
Şekil 5.3: Bamya bitkisinin farklı kısımlarından lif elde edilmesi .....	51
Şekil 5.4: a) Elde edilen 5 çeşit ham bamya lifleri b) Liflere kimyasal işlem uygulama aşaması .....	52

<b>Şekil 5.5:</b> Lineer yoğunluk ölçüm aşaması a) Uzunluk ölçümü b) Ağırlık ölçümü .....	56
<b>Şekil 5.6:</b> a) Mukavemet cihazı b) Mukavemet cihazının çeneleri arasına yerleştirilmiş bamyalı lifi .....	57
<b>Şekil 5.7:</b> Nem içeriği testinde kullanılan cihazlar a) Etüv b) Desikatör .....	58
<b>Şekil 5.9:</b> Nem alımı testinde suya daldırılıp çıkarılan bamyalı lifi .....	59
<b>Şekil 5.9:</b> a) Renk ölçümü için hazırlanan bamyalı lifleri b) Datacolor renk ölçüm cihazı .....	60
<b>Şekil 5.10:</b> Bamyalı liflerinin kimyasallara karşı dayanımlarının ölçümü .....	61
<b>Şekil 6.1:</b> Farklı kimyasal işlemler uygulanan liflerin lineer yoğunluğu üzerinde lifin elde edildiği bamyalı bitkisi kısmının etkisi .....	64
<b>Şekil 6.2:</b> Uygulanan kimyasal işlemlerin bamyalı bitkisinin farklı kısımlarından elde edilen liflerinin lineer yoğunluğu üzerindeki etkisi .....	64
<b>Şekil 6.3:</b> Farklı kimyasal işlemler uygulanan liflerin beyazlığı üzerinde lifin elde edildiği bamyalı bitkisi kısmının etkisi .....	71
<b>Şekil 6.4:</b> Uygulanan kimyasal işlemlerin bamyalı bitkisinin farklı kısımlarından elde edilen liflerinin beyazlığı üzerindeki etkisi .....	71
<b>Şekil 6.5:</b> Farklı kimyasal işlemler uygulanan liflerin kopma kuvveti üzerinde lifin elde edildiği bamyalı bitkisi kısmının etkisi .....	77
<b>Şekil 6.6:</b> Uygulanan kimyasal işlemlerin bamyalı bitkisinin farklı kısımlarından elde edilen liflerinin kopma kuvveti üzerindeki etkisi .....	77
<b>Şekil 6.7:</b> Farklı kimyasal işlemler uygulanan liflerin elastisite modülü üzerinde lifin elde edildiği bamyalı bitkisi kısmının etkisi .....	82
<b>Şekil 6.8:</b> Uygulanan kimyasal işlemlerin bamyalı bitkisinin farklı kısımlarından elde edilen liflerinin elastisite modülü üzerindeki etkisi .....	82
<b>Şekil 6.9:</b> Farklı kimyasal işlemler uygulanan liflerin kopma mukavemeti üzerinde lifin elde edildiği bamyalı bitkisi kısmının etkisi .....	88
<b>Şekil 6.10:</b> Uygulanan kimyasal işlemlerin bamyalı bitkisinin farklı kısımlarından elde edilen liflerinin kopma mukavemeti üzerindeki etkisi .....	88
<b>Şekil 6.11:</b> Farklı kimyasal işlemler uygulanan liflerin kopma uzaması üzerinde lifin elde edildiği bamyalı bitkisi kısmının etkisi .....	93
<b>Şekil 6.12:</b> Uygulanan kimyasal işlemlerin bamyalı bitkisinin farklı kısımlarından elde edilen liflerinin kopma uzaması üzerindeki etkisi .....	93
<b>Şekil 6.13:</b> Ham bamyalı liflerinin kuvvet (N)- uzama (mm) grafiği .....	98
<b>Şekil 6.14:</b> Farklı kimyasal işlemler uygulanan liflerin nem içeriği üzerinde lifin elde edildiği bamyalı bitkisi kısmının etkisi .....	100
<b>Şekil 6.15:</b> Uygulanan kimyasal işlemlerin bamyalı bitkisinin farklı kısımlarından elde edilen liflerinin nem içeriği üzerindeki etkisi .....	100
<b>Şekil 6.16:</b> Farklı kimyasal işlemler uygulanan liflerin nem alımı üzerinde lifin elde edildiği bamyalı bitkisi kısmının etkisi .....	104
<b>Şekil 6.17:</b> Uygulanan kimyasal işlemlerin bamyalı bitkisinin farklı kısımlarından elde edilen liflerinin nem alımı üzerindeki etkisi .....	104
<b>Şekil 6.18:</b> Ham bamyalı liflerinin kimyasala dayanıklılıkları üzerinde lifin elde edildiği bamyalı bitkisi kısmının etkisi .....	109
<b>Şekil 6.19:</b> Uygulanan kimyasal işlemlerin bamyalı bitkisinin farklı	

kısımlarından elde edilen liflerinin kimyasala dayanıklılıkları üzerindeki etkisi .....	109
<b>Şekil 6.20:</b> Bamya lif kısımlarına göre FTIR diyagramları .....	113
<b>Şekil 6.21:</b> Kimyasal işlemlere göre FTIR diyagramları .....	114
<b>Şekil 6.22:</b> Ham bamya sap dip lifinin SEM görüntüsü .....	116
<b>Şekil 6.23:</b> Ham bamya sap orta lifinin SEM görüntüsü .....	116
<b>Şekil 6.24:</b> Ham bamya sap uç lifinin SEM görüntüsü .....	117
<b>Şekil 6.25:</b> Ham bamya dal dip lifinin SEM görüntüsü .....	118
<b>Şekil 6.26:</b> Ham bamya dal uç lifinin SEM görüntüsü .....	118
<b>Şekil 6.27:</b> Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ile işlem görmüş sap orta lifinin SEM görüntüsü .....	119
<b>Şekil 6.28:</b> Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> +Sabun ile işlem görmüş sap orta lifinin SEM görüntüsü ..	119
<b>Şekil 6.29:</b> Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> +Sabun+NaOH ile işlem görmüş sap orta lifinin SEM görüntüsü .....	120
<b>Şekil 6.30:</b> Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> +Sabun+ H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ile işlem görmüş sap orta lifinin SEM görüntüsü .....	120
<b>Şekil 6.31:</b> Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> +Sabun+ NaOH+H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ile işlem görmüş sap orta lifinin SEM görüntüsü .....	121
<b>Şekil 6.32:</b> %2 enzim ile işlem görmüş sap orta lifinin SEM görüntüsü .....	122
<b>Şekil 6.33:</b> %8 enzim ile işlem görmüş sap orta lifinin SEM görüntüsü .....	123

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 3.1:</b> Doğal liflerin kimyasal bileşenleri .....	7
<b>Tablo 4.1:</b> Açık havada güneş ışığına maruz kalan ham ve ağartılmış bamyalıflerinin renk değişimleri ve güneşe karşı renk haslıkları .....	24
<b>Tablo 4.2:</b> Kenevir, Bamyalı, Fındık liflerine farklı sıcaklıklarda azami su girişı ve difüzyon katsayısı .....	31
<b>Tablo 4.3:</b> Ham veya işle görmüş bamyalıflerinin su emilim yüzdeleri .....	32
<b>Tablo 4.4:</b> Bamyalı sak liflerinin kimyasal modifikasyondan sonraki ağırlık değışiklikleri .....	34
<b>Tablo 4.5:</b> Aşı parametrelerinin aşılınmış bamyalı lifi üzerine etkileri .....	36
<b>Tablo 4.6:</b> Ham, ağartılmış, alkali işle görmüş ve aşılınmış bamyalı sak lifinin nem alma özellikleri .....	41
<b>Tablo 4.7:</b> Bamyalı lifi takviyeli kompozitlerin mekanik karakterizasyon sonuçları .....	45
<b>Tablo 5.1:</b> Lif üretiminde kullanılan kimyasallar, üretici firmaları ve lot numaraları .....	49
<b>Tablo 5.2:</b> 32 adet bamyalı lifi numunesinin elde edilişı .....	54
<b>Tablo 6.1:</b> Bamyalıflerinin lineer yoğunluk ve beyazlık ölçüm sonuçları .....	63
<b>Tablo 6.2:</b> Kimyasal işlemlerin bamyalı sap lifinin lineer yoğunluğuna etkileri ..	70
<b>Tablo 6.3:</b> Kimyasal işlemlerin bamyalı dal lifinin lineer yoğunluğuna etkileri ..	70
<b>Tablo 6.4:</b> Kimyasal işlemlerin bamyalı sap liflerinin renk özelliklerine etkileri ..	74
<b>Tablo 6.5:</b> Kimyasal işlemlerin bamyalı dal liflerinin renk özelliklerine etkileri ..	75
<b>Tablo 6.6:</b> Bamyalıflerinin kopma kuvveti ve elastisite modülü ölçüm sonuçları .....	76
<b>Tablo 6.7:</b> Kimyasal işlemlerin bamyalı sap liflerinin kopma kuvvetine etkileri ..	81
<b>Tablo 6.8:</b> Kimyasal işlemlerin bamyalı dal liflerinin kopma kuvvetine etkileri ..	81
<b>Tablo 6.9:</b> Kimyasal işlemlerin bamyalı sap liflerinin elastisite modülüne etkileri .....	86
<b>Tablo 6.10:</b> Kimyasal işlemlerin bamyalı dal liflerinin elastisite modülüne etkileri .....	86
<b>Tablo 6.11:</b> Bamyalıflerinin kopma mukavemeti kopma uzaması ölçüm sonuçları .....	87
<b>Tablo 6.12:</b> Kimyasal işlemlerin bamyalı sap liflerinin kopma mukavemetine etkileri .....	92
<b>Tablo 6.13:</b> Kimyasal işlemlerin bamyalı dal liflerinin kopma mukavemetine etkileri .....	92
<b>Tablo 6.14:</b> Kimyasal işlemlerin bamyalı sap liflerinin kopma uzamasına etkileri .....	96
<b>Tablo 6.15:</b> Kimyasal işlemlerin bamyalı dal liflerinin kopma uzamasına etkileri .....	97
<b>Tablo 6.16:</b> Bamyalıflerinin nem içeriği ve nem alımı ölçüm sonuçları .....	99
<b>Tablo 6.17:</b> Kimyasal işlemlerin bamyalı sap liflerinin nem içeriğine etkileri ...	103
<b>Tablo 6.18:</b> Kimyasal işlemlerin bamyalı dal liflerinin nem içeriğine etkileri ...	103

<b>Tablo 6.19:</b> Kimyasal işlemlerin bamya sap liflerinin nem emme özelliklerine etkileri .....	107
<b>Tablo 6.20:</b> Kimyasal işlemlerin bamya dal liflerinin nem emme özelliklerine etkileri .....	108
<b>Tablo 6.21:</b> Bamya lifinin kimyasallarla muamelesi sonucu ağırlıklarındaki değişim oranları .....	108
<b>Tablo 6.22:</b> Ham bamya sap liflerinin asit, baz ve çözücülere karşı dayanıklılığının karşılaştırılması .....	111
<b>Tablo 6.23:</b> Ham bamya dal liflerinin asit, baz ve çözücülere karşı dayanıklılığının karşılaştırılması .....	111
<b>Tablo 7.1:</b> Bamya lifi ve diğer doğal selülozik liflerin bazı karakteristik özellikleri .....	128

## ÖNSÖZ

Tez çalışmamın yürütülmesinde ilgi ve desteği ile bana her daim yol gösteren, değerli vakitlerini ayırarak bilgilerini benimle paylaşan, ayrıca göstermiş olduğu sabır ve hoşgöründen dolayı danışman hocam Sayın Doç. Dr. Nazire Deniz YILMAZ' a sonsuz teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Testlerin yapılmasına olanak sağlayan Pamukkale Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'ne, laboratuvarlarda yaptığım tüm test ve deneysel çalışmalarda bilgi ve tecrübesiyle bana yol gösteren, yardımlarını esirgemeyen Sayın Arş. Gör. Kenan YILMAZ' a ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Sadece tez çalışmamda değil, tüm hayatım boyunca maddi manevi büyük fedakârlıklar yaparak bugünlere gelmeye destek veren, en kıymetli varlıklarım babam Mehmet KONAK, annem Müzeyyen KONAK, biricik ablam ve çok sevgili kardeşlerime teşekkürler eder, sonsuz sevgilerimi sunarım.

Denizli, Ağustos 2014

SEMA KONAK

Tekstil Mühendisi

# 1. GİRİŞ

Son zamanlarda dünyadaki yenilenebilir ve sürdürülebilir doğal kaynaklar ile ilgili birçok araştırma faaliyeti söz konusudur. Bu hususta yapılan çalışmalar araştırmacıları farklı doğal selüloz kaynaklarının kullanımına yöneltmiştir. Farklı doğal selüloz kaynaklarının kullanımı ile nitelikli, doğal ve doğada çözünebilir lif üretmek tekstil sektörü ve doğal çevrenin korunması açısından önemli bir adımdır (Arifuzzaman Khan vd., 2009).

Bu tez çalışmasında üretilecek ve çeşitli özellikleri incelenecek olan bamya lifleri; bamya bitkisinden elde edilecek bir doğal selülozik lifdir. Hem tekstil elyafı olarak, hem de cam elyafına alternatif bir polimerik kompozit takviye malzemesi olarak kullanılabilir niteliktedir. Bu nedenle bamya sak lifleri çeşitli uygulama alanları içinde önemli bir doğal kaynaktır (Arifuzzaman Khan vd., 2009).

Çalışmada doğal liflerin genel bir sınıflandırılması yapıp özellikleri hakkında genel bilgiler verilecek, bitkisel lifler açıklanacak ve bamya bitkisinin yetişmesi hakkında bilgi verilip bamya lifi elde etme çalışmaları anlatılacaktır. Lif eldesinde suda çürütme yöntemi kullanılacak, uygulanan basamaklar adım adım verilecek ve açıklanacaktır. Elde edilen lifin çeşitli performans özellikleri için testler ve ölçümler yapılarak çalışma sonlandırılacaktır.

## 1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı, bamya bitkisinin sapından ve dalından suda çürütme yöntemi ile lif elde etmek ve elde edilen bamya lifinin; lineer yoğunluk, kopma mukavemeti, kopma uzaması, kopma kuvveti, elastisite modülü, nem içeriği, nem alım gücü, kimyasal dayanımı, kimyasal yapısı ve renk değişimi gibi çeşitli fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri bakımından incelenmesidir.



## 1.2 Tezin Önemi

Dünyamızda ve ülkemizde nüfus artışına bağlı olarak tarım alanlarının gıda sektörü için kullanılması, doğal selülozik lif kaynaklarının giderek azalmasına neden olmaktadır. Bu sorunu azaltmak için tarım ürünlerinin atıkları doğal selüloz kaynağı olarak kullanılabilir. Tarım atıklarından elde edilen lifler, azalan doğal selüloz ihtiyacını karşılayabilecek niteliktedir. Bu çözüm ile tarım ürünlerine katma değer sağlayarak, dolayısıyla kırsal kesimin kalkınmasına da katkı sağlamak, anız yakmanın azalması ile çevre korunmasına yardımcı olmak ve nitelikli, doğal, doğada çözünebilir lif üretimini gerçekleştirmek mümkün olacaktır (Yılmaz, 2013). Bu tez çalışmasında tarımsal ürünlerden olan bamya bitkisinden doğal selülozik lif elde edilecek ve çeşitli performans özellikleri incelenecektir.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

De Rosa ve arkadaşları, çalışmalarında polimer kompozitler için potansiyel takviye olarak bamyalı liflerinin morfolojik, termal ve mekanik karakterizasyonunu incelemişlerdir (De Rosa vd., 2010). Çalışmada, diğer lignoselülozik liflerle karşılaştırıldığında bamyalı teknik liflerinin mekanik karakterizasyonu ve termal davranış sonuçlarına bakılarak bu liflerin polimer matris kompozitlerinde potansiyel bir takviye olarak kullanılabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

De Rosa ve arkadaşları, kimyasal işlemlerin bamyalı lifleri üzerindeki mekanik ve termal davranışlarına etkisi üzerine çalışmışlardır (De Rosa vd., 2011). Çalışmada bamyalı liflerinin mekanik performansı (çekme), ısı (TGA) dayanımı, kimyasal (FTIR) yapısı ve su emme özellikleri üzerinde kimyasal işlemlerin etkileri incelenmiştir.

Arifuzzaman Khan ve arkadaşları, bamyalı liflerinin fiziksel-kimyasal özellikleri ve yüzey modifikasyonu üzerine çalışmalarda bulunmuşlardır (Arifuzzaman Khan vd., 2008). Bu çalışmalar; ağartma, alkalizasyon ve aşırı kopolimerizasyonu gibi kimyasal işlemler uygulanan bamyalı liflerinin morfolojik (SEM-taramalı elektron mikroskobu), kimyasal (FTIR-kızılötesi spektroskopisi), su emme ve mukavemet özelliklerinin incelenmesini kapsamaktadır.

Saikia ise farklı sıcaklıklarda bitkisel liflerin su emme davranışlarını araştırmıştır (Saika, 2010). Çalışmış olduğu üç farklı doğal lif (kenevir, bamyalı, fındık) benzer iki aşamalı emme davranışı sergilemiştir. Liflerdeki su difüzyonu termal olarak aktif bir süreçtir ve deneysel verilere bakıldığında, difüzyon katsayısı ve azami su emiliminin her üç lif için de sıcaklıkla birlikte arttığı görülmüştür.

Shamsul Alam ve Arifuzzaman Khan, bamyalı sapı liflerinin kimyasal analizi üzerine çalışmış ve onların fiziksel-kimyasal özelliklerini incelemişlerdir (Shamsul Alam ve Arifuzzaman Khan, 2007). Sözü geçen araştırmacılar, bamyalı liflerine uyguladıkları kimyasal bileşen izolasyon yöntemi ile, liflerin selüloz, hemiselüloz, lignin, pektin ve yağsı-mumsu kimyasal bileşen oranlarını tespit etmişlerdir. Liflerin

boyanma davranışını da inceleyen araştırmacılar, güneş ışığının liflerin renkleri, kimyasal yapıları ve mukavemet özellikleri üzerindeki etkilerini de incelemişlerdir.

Arifuzzaman Khan ve arkadaşları, ağartılmış bamyaya sak lifleri üzerine akrilonitril monomerlerinin aşılması ve aşılmaş liflerin tekstil özellikleri üzerine araştırma yapmışlardır (Arifuzzaman Khan vd., 2009). Bamyaya sak lifi üzerine akrilonitril monomerinin aşı kopolimerizasyonu, potasyum persülfat mevcudiyetinde bir başlatma maddesi olarak, demir sülfat kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Aşılmaş lifler FTIR-kızılötesi spektroskopisi ve SEM-taramalı elektron mikroskobu ile incelenmişlerdir. Bu çalışmada aşılmaş liflerin boyanma ve gerilme özellikleri de araştırılmıştır. Aşılmaş liflerin ağartılmış liflerle kıyaslandığında araştırılan her durumda daha iyi özellikler gösterdiği sonucuna ulaşmışlardır.

Fortunati ve arkadaşları, çalışmalarında alkali işlem görmüş ve görmemiş kısa bamyaya lifleri (5-10 mm) kullanarak, bamyaya lifli tabanlı PLA kompozit elde etmişlerdir (Fortunati vd., 2013). Elde edilen kompozitlerin, morfolojik, mekanik ve kimyasal karakterizasyonları üzerinde çalışmışlardır. Polimer matrisin içinde bamyaya lifinin kullanılması, elde edilen kompozitin daha yüksek bir sertliğe sahip olmasını sağlamıştır. Ayrıca, PLA kompozitlerinde bamyaya bitkisinin kullanılmasının, PLA matrisinde kristalleşme ve çekirdeklenme yeteneğini arttırdığı ve bunun alkali ile muamele edilerek kullanılan bamyaya liflerinde daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Lifi kendi kendine bozulma özelliği nedeniyle bamyaya lifi içeriği yüksek olan PLA kompozitlerde biyolojik bozunma sürecinin hızlandığı görülmüştür.

### 3. TEKSTİL LİFLERİ

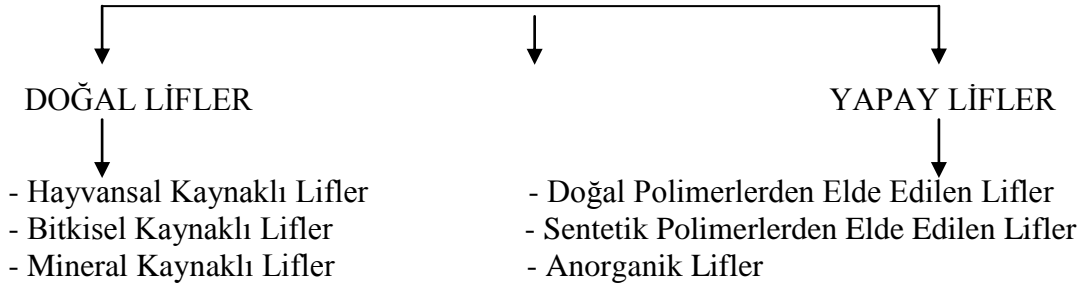
Lif, tekstil ürünlerinin hammaddesi ve en küçük yapı birimidir. Lifler, doğal veya yapay olarak elde edilebilmektedirler. Çeşitli işlemlerden sonra lifler önce iplik haline daha sonra da dokunarak, örülerek ya da dokusuz yüzey üretim tekniklerinden yararlanılarak kumaş veya yüzey haline getirilirler (Mangut ve Karahan, 2008).

Lif, tekstilin ilk kademesini oluşturan, belirli bir inceliği, uzunluğu, dayanıklılığı ve esnekliği olan, eğilmeye, bükülmeye, dokunmaya, örülmeye ve insanlar tarafından çeşitli amaçlar için kullanılmaya uygun temel tekstil hammaddesi olarak da tanımlanabilir (Mangut ve Karahan, 2008).

Tekstil lifleri temel olarak doğal ve yapay olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Bitkilerden elde edilen pamuk ve keten, hayvanlardan elde edilen yün doğal liflere örnek verilebilir. Yapay lifler ise kimyasal yollarla laboratuvar veya fabrika şartlarında elde edilirler. Polyester, akrilik gibi lifler yapay liflere örnektir (Mangut ve Karahan, 2008).

Dünyadaki lif tüketimi ve dolaylı olarak lif üretimi her geçen gün artmaktadır. Tekstilde kullanım açısından doğal liflerin önemli bir yeri vardır. Doğal liflerin yapay liflere göre, insan sağlığı yönünden olumlu özelliklere sahip olması bunun en önemli nedenidir (Mangut ve Karahan, 2008).

### 3.1 Tekstil Liflerinin Sınıflandırılması



Şekil 3.1: Tekstil liflerinin sınıflandırılması (Mangut ve Karahan, 2008).

#### 3.1.1 Doğal Lifler

Doğal lifler, bitkisel, hayvansal ve mineral kaynaklı lifler olmak üzere üç sınıfa ayrılırlar:

- **Bitkisel Kaynaklı Lifler:**

- Çekirdek (Tohum) Lifleri: Pamuk, Kapok
- Gövde (Sap) Lifleri: Keten, Kenevir, Jüt, Rami
- Yaprak Lifleri: Agave, Sisal, Rafya
- Meyve Lifleri: Hindistan Cevizi (Kokos) Lifleri

- **Hayvansal Kaynaklı Lifler:**

- Deri Ürünü Lifler: Yün (Koyun), Keçi Yünü, Lama Yünü, Deve Tüyü, Moher, Angora, Alpaka, Kaşmir, At Kılı
- Salgı Lifleri: Doğal İpek, Tussah İpeği

- **Mineral Kaynaklı Lifler:**

- Asbest Lifleri (Mangut ve Karahan, 2008).

### 3.1.1.1 Bitkisel Lifler

Bitkilerde bulunan liflerin görevleri bitkileri korumak veya desteklemektir. Bu nedenle lifler bitkilerin çeşitli yerlerinde (sap, tohum, gövde, meyva gibi), tek hücreli veya çok hücreli olarak bulunurlar (Mangut ve Karahan, 2008).

Bitkisel lifler, selüloz esaslı materyaller olup, kimyasal yapısında bulunan hidrojen köprüleri ve diğer bağlar life mukavemet ve rijitlik özellikleri kazandırmaktadır. Lifin iç yapısındaki mikrofibriller, lignin, hemiselüloz matrisleri içerisinde takviye eleman pozisyonundadır. Bundan dolayı bitkisel sak lifleri yapıları gereği kompozit malzemelerdir (Bulut ve Erdoğan, 2011).

Tablo 3. 1’de çeşitli bitkisel liflerin kimyasal özellikleri verilmiştir. Bu liflerin en önemli bileşenleri selüloz, hemiselüloz, lignin ve pektindir. Her bir bileşenin karakteristik özelliği lifin tüm özelliklerinde belirleyici bir rol oynamaktadır (Bulut ve Erdoğan, 2011).

**Tablo 3.1:** Doğal liflerin kimyasal bileşenleri (Bulut ve Erdoğan, 2011; Shamsul Alam ve Arifuzzaman Khan, 2007).

Lif	Selüloz (%)	Hemiselüloz (%)	Lignin (%)	Pektin (%)
Jüt	61-71,5	13,6-20,4	12,0-13,0	0,2
Keten	71	15,6-20,6	2,2	2,3
Kenevir	70,2-74,4	17,9-22,4	3,7-5,7	0,9
Rami	68,6-76,2	13,1-16,7	0,6-0,7	1,9
Kenaf	31-39	21,5	15-19	2
Sisal	67-78	10,0-14,2	8,0-11	10
Hindistan cevizi	36-43	0,15-0,25	41-45	3,0-4,0
Pamuk	82-96	2,0-6,0	0,5-1	5,0-7,0
Abaca	61-64	21	12	0,8
Ananas yaprağı	80-81	16-19	4,6-12	2,0-3,0
Muz lifi	60-65	6,0-19	5,0-10	3,0-5,0
Bamya lifi	67,5	15,4	7,1	3,4-3,9

Bamya sapı lifleri bitkisel sak lifleri sınıfına girmektedir. Diğer bitkisel liflerde olduğu gibi bamya liflerinin de büyük çoğunluğu selülozdan oluşur. Geri kalan kısmını hemiselüloz, lignin ve pektin oluşturmaktadır (Arifuzzaman Khan vd., 2009).

### 3.1.1.1.1 Selüloz

Selüloz bütün bitki, ot ve ağaçların ana yapıtaşıdır. Selüloz, bitki dokularının tüm odunsu kısımlarında, kısmi olarak sap ve gövdelerinde, bitkilerin koruyucu hücre duvarları içinde ayrıca kısmi olarak da bakteri, alg ve küfte bulunmaktadır. Selülozun en önemli görevi bitkilere destek sağlamak, diklik ve sağlamlık kazandırmaktır (Mangut ve Karahan, 2008). Selüloz, hücre çeperine turgor basıncına dayanabilecek bir kuvvet verir (Kireççi, 2006).

Selüloz doğada hiçbir zaman tek başına bulunmayıp genellikle bitkisel maddelerle birlikte bulunduğundan, bu durum selülozun doğal ortamda parçalanmasını etkilemektedir. Selüloz fibrilleri, hemiselüloz, pektin, protein polimerlerinin matrisine gömülü durumdadırlar (Kireççi, 2006). Yeteri kadar saf olmadığından bitkisel selüloz doğada bulunduğu haliyle kullanılmaz. Bu yapının yabancı maddelerden arındırılarak çeşitli amaçlara yarayışlı hale getirilmesi gerekir (Mangut ve Karahan, 2008).

Selüloz, odunun ağırlıkça %40'ını, pamuğun %80-85'ini, ketenin %60-65 ini oluşturur. Pamuk, keten, kenevir, jüt, rami, sisal, abaka ve bamya gibi bitkisel liflerin temel kimyasal yapıtaşı selülozdur. Genel formülü  $(C_6H_{10}O_5)_n$  olan bir polisakkarittir. Selülozun yapısındaki elementlerin oranları Karbon- C %44,4; Hidrojen- H %6,2 ve Oksijen- O %49,4 olarak söylenebilir (Mangut ve Karahan, 2008).

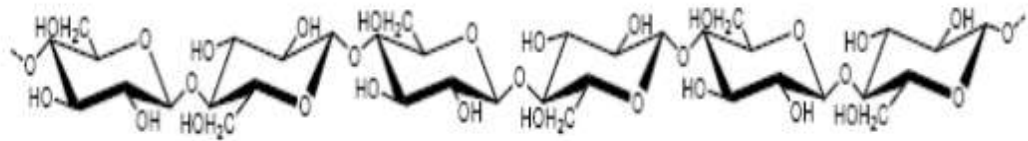
Selülozun kaynağı suda çözünmeyen karbonhidrattır. Selüloz makromolekülü n tane  $\beta$ -D glikoz yapıtaşının 1.ve 4. karbon atomları üzerinden oksijen köprüleri ile birbirlerine bağlanması sonucu meydana gelmiş bir polisakkarittir (Mangut ve Karahan, 2008).

Lif içerisinde selüloz makromolekülleri, her bir glikoz yapıtaşında 3 tane hidroksil grubu bulunması dolayısıyla tek başlarına bulunmayıp, hidrojen köprüleriyle birbirlerine bağlanmıştır (Bulut ve Erdoğan, 2011).

Selüloz; alfa selüloz, beta selüloz ve hidroselüloz şekillerinde bulunabilir. Alfa selüloz hava temasında ve kaynar halde bulunan bir bazın selüloz üzerine etkisinden oluşmaktadır. Beta selüloz seyreltik kaynar nitrat asidinin selüloz üzerine etkisinden meydana gelir. Gama selüloz, gaz halindeki klorun, hipokloritlerin, kromik asidinin, oksijenli suyun etkisi ile oluşur. Oksiselüloz genel olarak aktif oksijenin selüloz üzerine etkisi ile meydana gelir. Derişik asitlerin etkisi altında ise hidroselüloz meydana gelir (Mangut ve Karahan, 2008).

Doğada bulunan bu selüloz çeşitleri a,b,d harfleriyle ayırt edilir. A-selüloz pamukta bulunan ve aynı zamanda en önemli selüloz çeşididir. Hemi-selüloz adını alan b-selüloz ve d-selüloz ise dallanmış haldeki moleküllerdir ve kolay kopabilme özelliğine sahip olup asitlere ve bazlara karşı daha az dayanıklıdır (Kireççi, 2006).

Selüloz molekülleri paralel şekilde düzenlenmiş H köprüleri oluşturarak birbirlerine sağlam bir şekilde bağlanırlar. Hidroksil (-OH) grupları, kendi veya komşu zincirdeki oksijen ile H bağı oluştururlar. Böylece lif oluşturacak şekilde dizilirler. Doğal selülozda kristalin bölgelerin oranı %70'tir, rejenere selüloz da ise bu oran %35-40 arasında değişmektedir (Kireççi,2006).



**Şekil 3.2:** Selüloz molekülünün kimyasal yapısı (Kurtuluş, 2010).

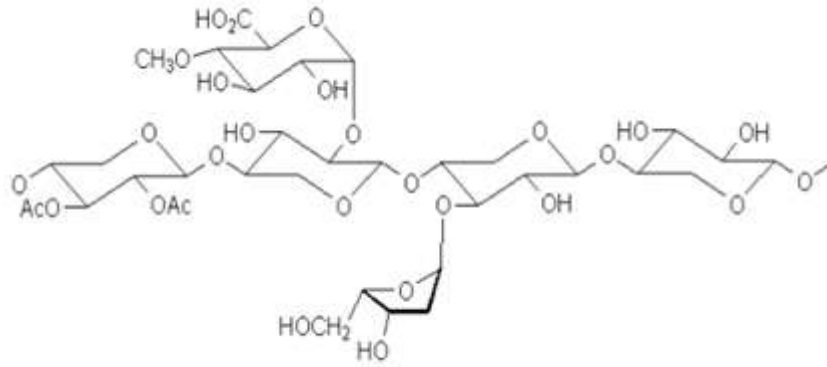
### 3.1.1.1.2 Hemiselüloz

Hemiselüloz, bitkilerin hücre duvarlarında selülozla birlikte bulunan bir cins polisakarittir (Mangut ve Karahan, 2008).



Makrofibrillerden oluşan bitkisel liflerde, kuvvetli hidrojen köprüleri ile selüloz fibrillerine bağlı bulunmaktadır. Düşük molekül ağırlığına ve amorf bir yapıya sahip olup yapısındaki hidroksil ve asetil grupları sayesinde suda çözünebilir. Hemiselüloz, lifin nem emilimini, ısı bozunmasını, biyolojik olarak parçalanmasını belirlemektedir (Bulut ve Erdoğan, 2011).

Odundaki selüloz olmayan başlıca polisakkarit hemiselülozdur. Hücre duvarında bulunan polisakkaritlerin %20-35'ini hemiselülozlar oluşturur. Lignoselülozik yapıların üç ana bileşeni olan selüloz, hemiselüloz ve lignin arasında ısıya en çok duyarlı olan hemiselülozlardır. 200-260°C arasında bozunurlar ve selülozlara göre daha heterojendirler (Kireççi, 2006).

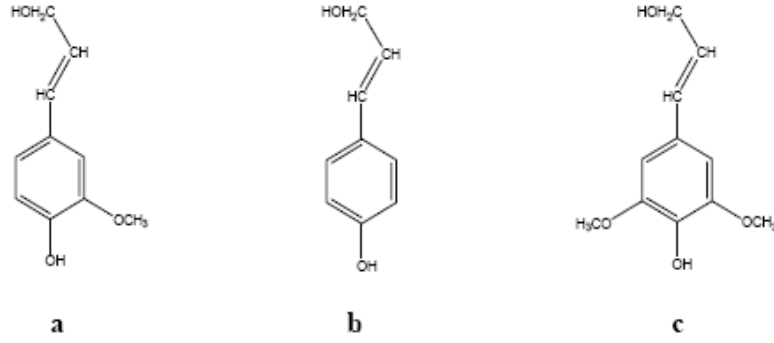


**Şekil 3.3:** Hemiselülozun molekül yapısı (Kurtuluş, 2010).

### 3.1.1.1.3 Lignin

Lignin, bitkinin kök ve gövdesinin odunsu yapısını oluşturan maddedir. Su geçirmez bir yapıya sahiptir. Yaşlanmış ölü hücreleri, selüloz çeperleri üzerinde birikerek bitkiyi olumsuz çevre koşullarına karşı korur. Hücrede büyük oranda ikincil çeper yapısına karşılık gelir. Amorf lignin, hücre çeperini oluşturan selüloz misellerinin arasını doldurarak odunlaşmaya neden olur. Ligninin temel yapı taşı aromatik çekirdek ve propan zincirinden meydana gelen fenilpropan'dır. Molekülde bulunan fonksiyonel gruplar vasıtasıyla birbirlerine bağlanarak lignini oluştururlar (Kireççi, 2006).

Doğal lif bileşenleri içerisinde en düşük nem emme kapasitesine sahip olan bileşen lignindir (Bulut ve Erdoğan, 2011). Lignin bir glikozit olup glukoz ve aromatik alkole ayrıştırılabilmektedir. Bu glikozit koniferin olarak adlandırılır. Bu bileşikten türeyen alkole de buna uygun olarak koniferil alkol denilmektedir. Potasyum permanganat ile ligninin oksidasyonu sonucu hemipin asitleri ve türevleri meydana gelmektedir. İğne yapraklı ağaç odunlarının lignininden esas itibari ile “guayasil” kalıntısı taşıyan parçalanma ürünleri elde edilmesine karşılık, yapraklı ağaç odunlarının lignininden yukarıdaki ürünlerin yanı sıra aynı seri içinde “şiringil” kalıntısı taşıyan ürünlerde elde edilmektedir (Kurtuluş, 2010). Bu açıklamalara göre ligninin kimyasal yapısı birbirine yakın üç aromatik bileşikten meydana gelir. Bu maddeler koniferil alkol, sinapil alkol ve p-kumar alkoldür (Şekil 3.4).



**Şekil 3.4:** Lignini oluşturan yapılar a) Koniferil Alkol b) *P*-Kumaril Alkol c) Sinapil Alkol (Kurtuluş, 2010).

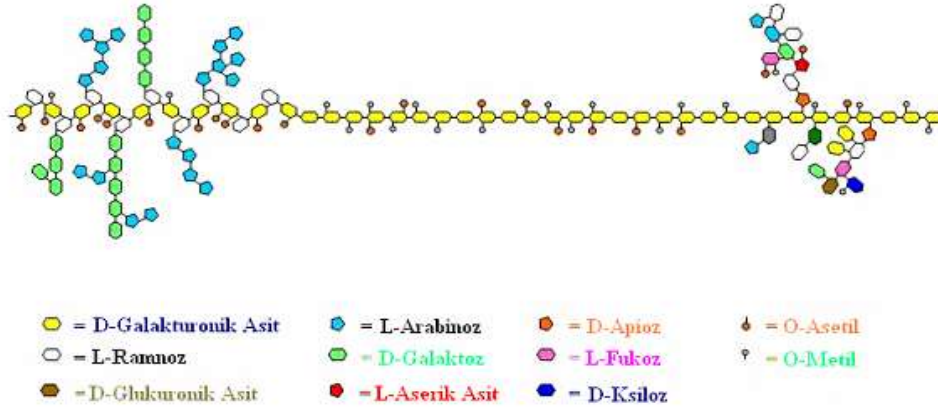
Lignin çoğunlukla selüloz ve hemiselüloz ile birlikte bulunduğu için karbonhidratlar içerisinde ele alınır. Bitki gençken selüloz miktarı fazladır, yaşlandıkça ise lignin miktarı artar. Kuru ot ve samanda lignin ve selüloz, ligno-selüloz kompleks halinde bulunur (Kireççi, 2006).

Bilindiği gibi lif eldesinde amaç lif hücrelerini birbirinden ayırarak tek tek lifler elde etmektir. Lifleri bir arada tutan en önemli etken lignindir ki; büyük kısmı orta lamelde, bir miktarı da primer zarda bulunur ve hücreleri birbirine bağlayıcı görevi görür. Lignin kompleks bir yapıya sahiptir, bu nedenle çözündürmek kolay olmadığından kimyasal ve mekanik yöntemler uygulanabilir (Kireççi, 2006).

### 3.1.1.1.4 Pektin

Bitkisel liflerde bulunan lif demetlerini birbirine bağlayan kısım iç pektin, lif demetlerini en dıştaki epiderm adı verilen kabuk tabakasına bağlayan kısım ise dış pektindir (Bulut ve Erdoğan, 2011).

Pektinler bitkilerin yapısında geniş ölçüde bulunan ve çok karmaşık yapıya sahip karbonhidrat bileşikleridir. Ana bileşeni kalsiyum-magnezyum pektattır. Pektin genellikle primer çeperde bulunur. Ruthenium kırmızısı ile boyanarak mikroskop altında daha bariz bir şekilde incelenebilir (Mangut ve Karahan, 2008).



Şekil 3.5: Pektin molekülünün yapısı (Yıldırım Çelik, 2007).

## 4. BAMYA LİFLERİ

### 4.1 Bamya Bitkisi

Ülkemizde yaş ve kuru olarak değerlendirilen bamya bitkisi, *Malvaceae* familyası içinde *Abelmoschus esculentus* tür ismi ile bilinir. Anavatanı Mısır olup Hindistan dünyadaki en önemli bamya üreticisi ülkedir (Mavi vd., 2000).

Ülkemizin Ege, Marmara, Akdeniz ve İç Anadolu bölgelerinde ticari olarak üretilen bamya ülkemizde taze olarak, kurutularak, dondurularak, konserve ve salamura edilerek değerlendirilebilmektedir (Tınmaz, 2007). Ülkemizin en önemli bamya üreticisi illeri İzmir ve Aydın'dır (Mavi vd., 2000).

Bamya birçok Afrika ülkesinde, Hindistan, Pakistan gibi birçok Asya ülkesinde, ABD' de ve son yıllarda da İtalya ve Fransa gibi bazı Avrupa ülkelerinde popüler besin haline gelmiştir. Afrika'dan dünyaya yayılan bamyanın toplam üretimi 4 milyon ton kadar olup, Ortadoğu ülkeleri ve Hindistan önemli üretici ülkelerdir. Türkiye'de 1999 yılı verilerine göre yılda 26000 ton bamya üretilmektedir (Tınmaz, 2007).

Bamyanın optimum gelişme sıcaklığı 25-30°C arasındadır. Sıcak iklim sebzesi olduğundan hava sıcaklığı 16°C' nin, toprak sıcaklığı ise 15°C' nin üzerine çıkmadan ekime başlanmaz. Kış mevsimi soğuk geçen bölgelerde tek yıllık olarak gelişen bamya bitkisi tropik bölgelerde küçük ağaççıklar halinde çok yıllık olarak gelişebilme özelliğine de sahiptir (Tınmaz, 2007).



**Şekil 4.1:** Bamiya sebzesi (Tınmaz, 2007).

#### **4.2 Bamiya Lifleri**

Bamiya teknik lifleri, *Malvaceae* (*Abelmoschus esculentus*) ebegümeçigiller ailesinden olan bitkilerin gövdesinden çıkartılarak alınan bir liftir ve orijinali Mısır'dır. Bu bitki, ülkemizde olduğu gibi, Asya'nın güneyi gibi coğrafyalarda da besin olarak kullanılır (De Rosa vd., 2010).

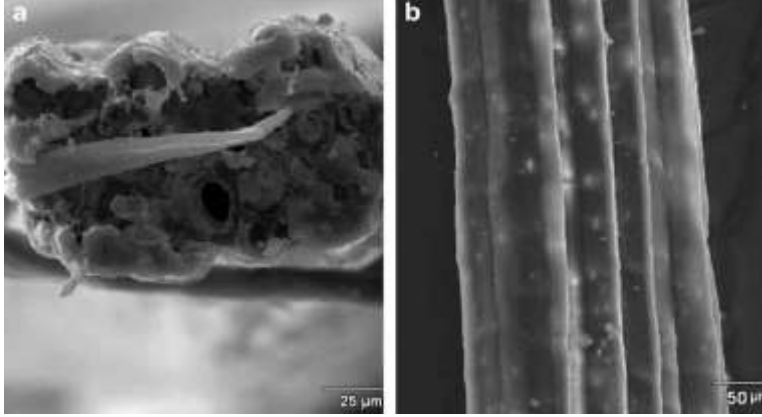


**Şekil 4.2:** 200 mm uzunluğunda kuru bamiya lifleri (De Rosa vd., 2010).

### 4.3 Bamyalı Liflerinin Fiziksel, Kimyasal ve Mekanik Özellikleri

#### 4.3.1 Bamyalı Liflerinin Morfolojisi

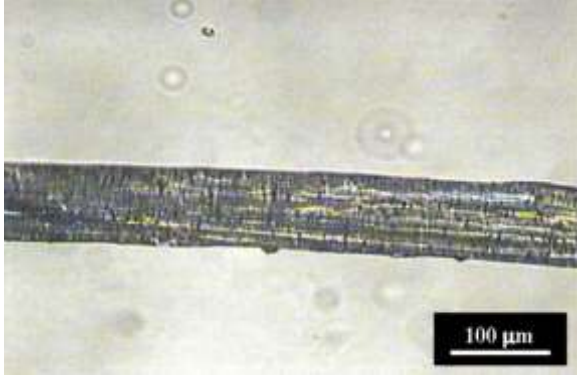
Bamyalı liflerinin lif kalınlıkları, lif boyunca değişmektedir. Bamyalı liflerinin kesit şekli ve boyuna mikroskopik görüntüleri Şekil 4.3’ de gösterilmiştir.



**Şekil 4.3:** SEM mikroskopu ile bamyalı lifin a) enine ve b) boyuna görünüşleri (De Rosa vd., 2010).

Bir bamyalı sap lifinin yapısı çeşitli yapı taşlarından oluşmaktadır. Lifler, daha küçük elementer liflerin bileşiminden oluşur. İki hücre ara yüzüne orta lamel denir. Elementer lifler nihai lifler veya hücreler olarak adlandırılır (De Rosa vd., 2010).

Şekil 4.4’ de lifin uzunlamasına görünümünde örtüşen hücreler şeklinde lif telleri görülmektedir. Ayrıca bamyalı sapı lifi yüzeyinin saflığını bozan maddeler de görülebilmektedir (De Rosa vd., 2010).

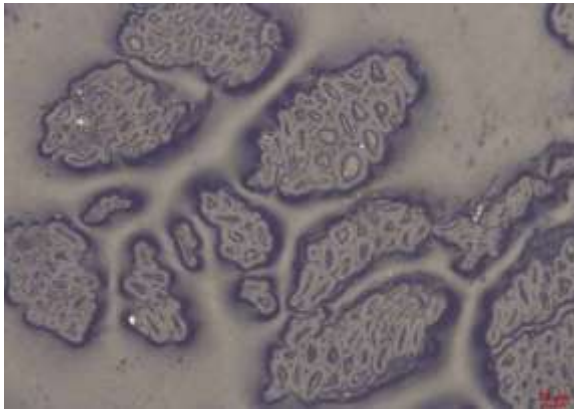


**Şekil 4.4:** Optik mikroskopta bamyalı lifinin boyuna çekilmiş görüntüsü (De Rosa vd., 2010).

Bamyalı lifinin enine kesiti değişken özellik gösteren çokgenler şeklindedir. Kesitteki küçük daireler, her bir elementer lifin lümenini göstermektedir (De Rosa vd., 2010).

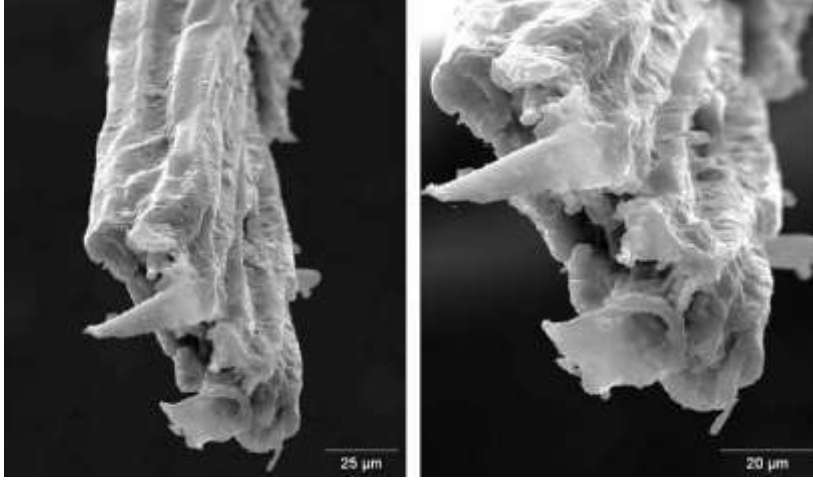
Bamyalı sapı lifinin çapı çoğunlukla yaklaşık 40-180  $\mu\text{m}$  ( $1 \mu\text{m} = 0,000001 \text{ m}$ ) aralığında değişir. Yapılan çalışmalarda ortalama çapının ve tüm liflerin standart sapmasının  $88,34 \pm 27,33 \mu\text{m}$  olduğu görülmüştür. Elementer lif ya da lif hücresi merkezindeki boşluk (lümen), yapısıyla kabaca poligonal şekliyle doğal bitki liflerindeki benzer (De Rosa vd., 2010).

Hücre duvar kalınlığı ve lümen çapı sırasıyla 1-10  $\mu\text{m}$  ve 0,1-20  $\mu\text{m}$  arasında değişir. Bu ise bamyalı liflerinin güçlü mekanik ve boyutsal özelliklere sahip olmasında etkilidir (De Rosa vd., 2010). Şekil 4.5’ de bamyalı liflerinin kesit görünüşü verilmiştir.



**Şekil 4.5:** Optik mikrograf ile birkaç bamyalı lifinin kesit görünüşü (lümen yapısı) (De Rosa vd., 2010)

Gerilim altında kopmuş olan işlem görmemiş bamyalı liflerinin SEM görüntüleri Şekil 4.6 ve 4.7’ de görülmektedir. Bamyalı lifleri kırılmalı (gevrek) bir yapıya sahiptir. Liflerin kuvvet etkisinde çekilmesiyle lifin merkezindeki çekilme az belirgin, lif merkezinin dış kısımlarında ise daha belirgin bir çekilme söz konusudur. Bu da yeterli bağlayıcı malzeme varlığını, yani o bölgede lignin miktarının en fazla olduğunu göstermektedir (De Rosa vd., 2010).



**Şekil 4.6:** Gerilim altında kopmuş bamyalı lifinin SEM görüntüsü (De Rosa vd., 2010)

Ayrıca, farklı lif hücreleri aynı kırılma seviyelerine sahip değildirler. Bunun nedeni büyük olasılıkla lif uzunluğu boyunca mevcut bulunan hücre duvarı bozukluklarının homojen olmayan gerginlik dağılımlarına neden olmasıdır (De Rosa vd., 2010).



**Şekil 4.7:** Gerilim altında kopmuş bamyalı lifinin yanıl SEM görüntüsü (De Rosa vd., 2010).



### 4.3.2 Bamya Liflerinin Kimyasal Yapısı

Bamya lifleri, kimyasal olarak mikro bitkisel lifler olması ve farklı bileşiklerin çeşitli derişimlerde bulunması nedeniyle son derece karmaşık bir organizasyona sahiptir. Bitkisel lifler, selüloz ile selülozik olmayan (hemiselüloz, lignin, pektin, mumlar) ve bazı suda çözümlür bileşiklerden oluşur (De Rosa vd., 2010).

Bamya lifinin kimyasal yapısını araştırmak için Shamsul Alam vd., (2007) bamya liflerini 1 ay boyunca suda çürütmüş ve yabancı maddelerinden ayırmışlardır. Kirleri ve yabancı maddeleri uzaklaştırmak için bamya sap lifleri, 5 mg Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ve litrede 5 g deterjan içeren 70°C sıcaklığındaki sulu çözeltilinin bulunduğu deney şişesinde tutulmuştur. Flotte oranı 1:50 olarak ayarlanmıştır. Daha sonra lifler yıkanmış ve kurutucuda kurutulmuştur. Bamya sak liflerinin ana bileşenlerinin oranı, TAPPI standardı (1993) ve Abou- Zeid vd.'e (1984) göre araştırılmıştır (Shamsul Alam vd., 2007). Bu yöntem aşağıda anlatılmıştır.

Ham bamya sap lifleri (2:1 hacminde) benzen-alkol karışımının bulunduğu 1:100 oranındaki flottede 10 saat tutulmuştur. Sonra lifler yeni benzen-alkol karışımı ile en sonunda da sadece alkol ile yıkanmıştır. Ağırlık kaybı bamya sap liflerinde bulunan yağlı ve vaksli madde oranını vermiştir (Shamsul Alam vd., 2007).

Pektin miktarını belirlemek için ise, yağı ve vaksı uzaklaştırılmış bamya sap lifleri %5 lik Amonyum oksalat çözeltilisi ile birlikte ısıtma mantosunun içinde 72 saat boyunca 70-80 derece sıcaklığa kadar ısıtılmıştır. Flotte oranı 1:100 olarak ayarlanmıştır. Sonra lifler süzölmüş ve sıcak destile su ile iyice yıkanmıştır (Shamsul Alam vd., 2007).

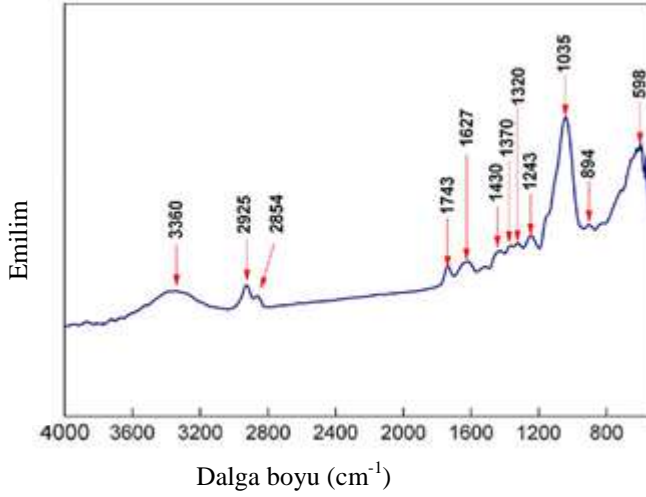
Yağ, vaks ve pektini alınmış lifler 105°C sıcaklıkta kurutularak ve %72 lik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile hazırlanan çözelti ile (15 ml çözeltiye 1 g lif oranıyla) sık sık karıştırılarak işlem görmüştür. Karışım 2 saat bekletildikten sonra %3 lük asit konsantrasyonuna seyreltilmiştir. 4 saat muamele edildikten sonra bütün gece boyunca beklemeye bırakılmış ve sinterlenmiş cam hunide süzölüp sıcak destile su ile iyice yıkanmıştır. Tortunun sabit ağırlığı bamya sap lifinin içerdiği lignin miktarını vermiş ve kalan life de lignini uzaklaştırılmış lif denmiştir (Shamsul Alam vd., 2007).

Yağ, vaks, pektin ve lignini ayrılmış lifler, %7'lik NaClO<sub>2</sub> çözeltisi ile pH 4' te 90 dakika boyunca 90-95°C sıcaklığa kadar ısıtılmıştır. Flotte oranı 1:50 olarak ayarlanmıştır. Klorit etkisini azaltmak için lif % 2' lik sodyum meta bisülfid çözeltisi ile 15 dakika muamele edilmiş ve destile su ile iyice yıkanmıştır. Sodyum klorit ile işlem gören lif, klorit holoselüloz veya ağartılmış lif olarak adlandırılmıştır (Shamsul Alam vd., 2007).

Kurutulmuş klorit holoselüloz % 24' lük KOH çözeltisi ile 4 saat boyunca ara sıra karıştırılarak muamele edilmiştir. Flotte oranı 1:100 olarak alınmıştır. Bu işlem ile hemiselüloz çözelti içine gitmiş ve a-selüloz filtrasyon ile ayrılmıştır. % 2' lik asetik asit çözeltisi ve en son olarak destile su ile iyice yıkanmıştır. Holoselülozun ağırlığından, elde edilen a- selüloz çıkarılarak hemiselüloz miktarı bulunmuştur (Shamsul Alam vd., 2007).

Çok hücreli bir lif olan bamyasak lifleri analiz edilmiş ve kimyasal bileşenleri ortalama % 67,5 a-selüloz, %15,4 hemiselüloz, %7,1 lignin, %3,4 pektik madde, %3,9 yağsı ve mumsu madde, %2,7 ise sulu ekstre olarak tespit edilmiştir. Bu sonuca göre bamyasak liflerinin ana bileşenleri a-selüloz, hemiselüloz ve lignin olup, geri kalanlar küçük oranlara sahiptir ve yapıya etkileri azdır (Shamsul Alam vd., 2007).

Bamyasak lifleri farklı kimyasal bileşimleri ile kompozit bir yapı arz etmektedir. Bamyasak lif bileşenlerinin kimyasal yapısı FTIR-ATR cihazları kullanılarak analiz edilmektedir. Bu teknikte ana absorbans (emilim) tepe noktaları belirlenerek kimyasal yapı grafikte tasvir edilmektedir. FTIR cihazında lignoselülozik liflerden bamyasak liflerinin karakteristik kimyasal bileşenlerindeki (selüloz, hemiselüloz, lignin) kimyasal bağların emilim bantları gösterilir. Bu bileşenler özellikle alkenler, aromatik gruplar ve çeşitli oksijen içeren fonksiyonel gruplardan (ester, keton ve alkol) oluşmaktadır (De Rosa vd., 2010).



**Şekil 4.8:** Bamya lifinin ATR-FTIR spektrumu (De Rosa vd., 2010).

Şekil 4.8 incelendiğinde  $3600-3100\text{ cm}^{-1}$  absorpsiyon bandı bölgesi, içinde hidroksil (OH) gruplarının H bağı ve O-H gerilme titreşimlerine karşılık gelir.  $2954\text{ cm}^{-1}$  ve  $2854\text{ cm}^{-1}$  piklerinde selüloz ve hemiselüloz bileşenlerinde CH ve  $\text{CH}_2$  nin C-H gerilme titreşimlerinin karakteristik varlığı gözlemlenir.  $1743\text{ cm}^{-1}$  deki emilim, hemiselüloz içerisindeki ester grup yada lignin içerisindeki karboksil asitin (R-COOH) bağ titreşimi karbonil (C=O) gruba aittir.  $1627\text{ cm}^{-1}$  dalga boyundaki pik, lif içerisinde bulunan su varlığından dolayı oluşmaktadır.  $1517\text{ cm}^{-1}$  dalga boyundaki pik, ligninin aromatik halkasındaki C=C gerilme titreşimi sebebiyle görülür.  $1430\text{ cm}^{-1}$  dalga boyundaki emilim, selülozdaki mevcut  $\text{CH}_2$  simetrik bükümden kaynaklanmaktadır.  $1384\text{ cm}^{-1}$  ve  $1243\text{ cm}^{-1}$  deki emilimler, sırasıyla lignin ve hemiselüloz bileşenlerindeki asetil grupların C-O gerilme titreşimlerine karşılık gelir. Spektrumdaki  $1370\text{ cm}^{-1}$  ve  $1320\text{ cm}^{-1}$  de gözlenen iki pik de polisakkaritteki aromatik halkanın C-O ve C-H gruplarının gerilme titreşimlerinden kaynaklanır.  $1160\text{ cm}^{-1}$  deki emilim C-O-C takımının antisimetrik deformasyonundan kaynaklanmaktadır.  $1035\text{ cm}^{-1}$  deki güçlü emilim selülozdaki polisakkarite ait CO ve O-H gerilme titreşiminden kaynaklanır.  $894\text{ cm}^{-1}$  de gözlemlenen pik monosakkaritlerin arasındaki b-glikozidik bağların varlığına bağlanır. Ayrıca  $598\text{ cm}^{-1}$  deki emilim C-OH bükümünden kaynaklanır (De Rosa vd., 2010).

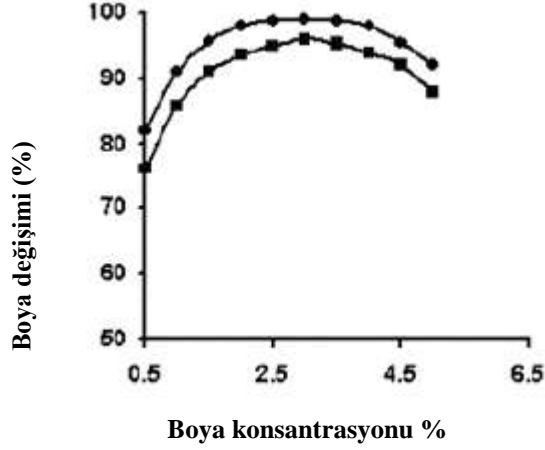
### 4.3.3 Bamya Liflerinin Moleküler Ağırlığı

Makromoleküllerin fiziko-kimyasal özellikleri molekül ağırlığına bağlı olarak değişir. Mekanik özellikler, moleküler ağırlığın sınırlayıcı bir değerinde artar veya azalır. Ham lif, ağartılmış lif ve selülozun gerçek viskoziteleri 2,7; 2,32 ve 2,18 ve kendi moleküler ağırlıkları  $1,517 \times 10^5$ ;  $1,303 \times 10^5$  ve  $1,225 \times 10^5$  olarak görülmüştür ki; ham bamya sak lifinin moleküler ağırlığı, ağartılmış bamya sak lifinin ve a-selülozun moleküler ağırlıklarından büyüktür. Bu, sodyum klorit ile ağartma reaksiyonundan kaynaklanmaktadır. Ağartma esnasında lignin uzaklaşır ve selülozun oksitlenmesiyle oluşan selüloz zinciri kırılır. Bu yüzden lifin hücre boyunun azalmasıyla birlikte moleküler ağırlık azalır. A-selüloz; bütün bileşenlerin uzaklaşmasından sonra üretilen zayıf selülozdur. Böylece hücre boyu küçülür ve moleküler ağırlık azalır (Shamsul Alam vd., 2007).

### 4.3.4 Bamya Liflerinin Boyanma Davranışları

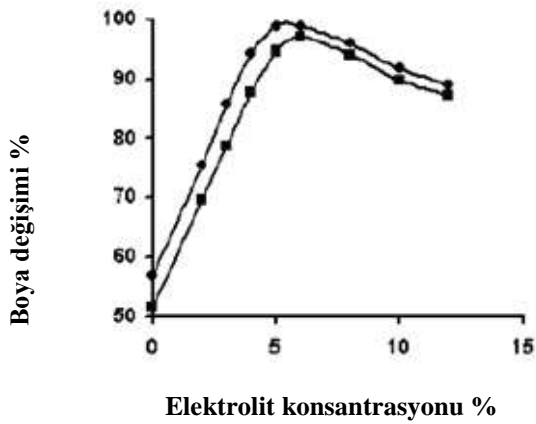
Shamsul Alam vd., 2007 yılında yapmış oldukları çalışmada ağartılmış bamya sak lifini, yeşil 27 direkt boyarmaddesi ve oranj 52 asit boyarmaddesi ile boyamışlardır.

Bir lifin boyayı emmesi, lifin dış yüzeyinin gözenekliliğine ve boyarmadde iyonları ile lif arasındaki etkileşim kuvvetine bağlıdır. Şekil 4.9 ağartılmış lif ile asit boyarmadde ve direkt boyarmadde tükenme oranını göstermektedir. Şekle göre; lifin boyarmaddeyi absorbe etme oranı; belirli bir değere kadar boyarmadde konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak artmakta, sonra azalmaktadır. Lifin boyayı emmesi için lifteki toplam kullanılabilir gözeneklerin miktarı sabit; ve lifin boya emme kapasitesi sınırlıdır. Sonuç olarak boya emilimi yüzdesindeki artış, boya konsantrasyonundaki ilk artışla uyuşmaktadır. Diğer taraftan, boya banyosunda daha fazla boyarmadde iyonunun varlığı lif tarafından emilimi engellemektedir, halbuki bazı nadir iyonlar bunun tersine etki gösterir. Boya konsantrasyonundaki artış, boya emilimi miktarını göreceli olarak bir miktar azaltırken, mutlak miktarda arttırmaktadır (Shamsul Alam vd., 2007).



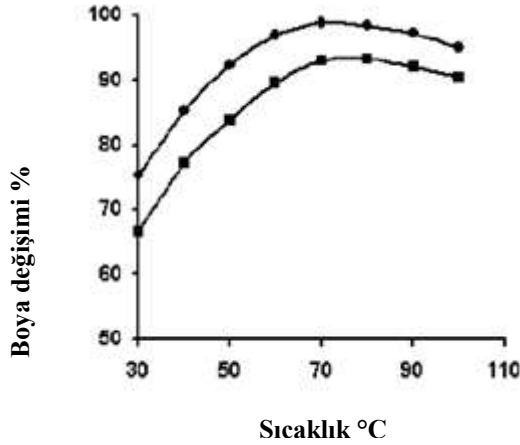
**Şekil 4.9:** Ağartılmış bamyalı lif için boya konsantrasyonu ve değişim (exhaustion) miktarı (Shamsul Alam, vd., 2009). (üst çizgi yeşil 27 direkt boyarmaddesi, alt çizgi oranj 52 asit boyarmaddesi)

Şekil 4.10'dan görüleceği gibi boya banyosundaki elektrolit konsantrasyonunun artmasıyla, doyma noktasına kadar, boya emilimi de artmaktadır. Sonra daha fazla elektrolit ilavesi ile absorpsiyonda bir değişiklik olmamaktadır. Elektrolit ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) boyarmaddenin sulu çözeltisinde  $\text{Na}^{+1}$  ve  $\text{SO}_4^{-2}$  iyonlarına ayrılmaktadır. Pozitif yüklü sodyum iyonları, negatif yüklü lif yüzeyine doğru göç etmektedir. Böylece benzer yüklü lif yüzeyi ve renkli boya iyonları arasındaki negatif yük potansiyeli azalarak boyanabilirlik yeteneği gelişmektedir (Shamsul Alam vd., 2007).



**Şekil 4.10:** Bamyalı lif için elektrolit konsantrasyonu ve boya değişim (exhaustion) miktarı (Shamsul Alam vd., 2007).

Şekil 4.11’ de görüleceği üzere ağartılmış bamyaya sak liflerinin boya absorbe etmesi sıcaklık artışıyla artmakta ve yeşil 27 direkt boyarmadde için 70 °C’de, oranj 52 asit boyarmaddesi için 80 °C’ de maksimum olmaktadır. Difüzyon veriminin yüksek sıcaklıkta artmasına, başlangıçta boya molekülleriyle daha fazla kinetik enerji elde edilmesi ve moleküler zincir tabakalarının ayrı bölümlerinde termal salınımların frekans genliğinin artması sebep olmuştur. Bu da lif yapısındaki gözenek sayısının artışı tetikler. Lifi boyanabilirlik yeteneği için sıcaklık artışı hatırı sayılır bir öneme sahiptir. Yüksek sıcaklıkta boya absorpsiyonu azalır. Eğer sıcaklık dengedeki absorpsiyon sıcaklığından yukarıda olursa ileri reaksiyondan çok daha büyük bir geri reaksiyon olmakta, bu yüzden boya-lif arasındaki bağlar kırılmakta ve absorpsiyon düşmektedir (Shamsul Alam, vd., 2007).



**Şekil 4.11:** Bamyaya sak lifi için sıcaklıkla boyarmadde değişim (exhaustion) miktarı (Shamsul Alam vd., 2007).

#### 4.3.5 Bamyaya Liflerinin Güneşe Karşı Renk Haslığı

Tablo 4.1’ den gözlenebileceği gibi ham bamyaya sak lifinin renk solması, ağartılmış bamyaya sak lifinin renk solmasından daha yüksektir. Ağartılmış bamyaya sak lifi ile karşılaştırıldığında, ham bamyaya sak lifinde ligninin daha fazla miktarda varlığı, renk değişikliğini artırıcı etki yapmış olabilir. Bamyaya sak lifinin sarılığı ligninden kaynaklanmaktadır ve lignin, orto-difenollerin ve nihayetinde ortokinonların oluşumuna yol açan bazı metoksil grupların kaybıyla sonuçlanan UV ışınları altında fotokimyasal bozunmaya uğramaktadır. Kinonların oluşumu bamyaya sak lifinin sarılığının başlıca nedeni olarak gösterilir.

Ağartılmış bamyaya sak lifi kısmen daha küçük miktarda lignin içerdiği için sarılaşması da daha yavaş ve az olmaktadır (Shamsul Alam vd., 2007) .

**Tablo 4.1:** Açık havada güneş ışığına maruz kalan ham ve ağartılmış bamyaya sak liflerinin renk değişimleri ve güneşe karşı renk haslıkları (Shamsul Alam vd., 2007)

Süre (saat)	Ham lifin haslık sınıfı ve rengi	Ağartılmış lifin haslık sınıfı ve rengi
00	5 (mat beyaz)	5 (beyaz)
50	4-5 (sarımsı beyaz)	4 (hafif sarımsı)
100	4 (açık sarı)	4 (hafif sarımsı)
150	3-4 (hafif solgun sarı)	4 (hafif sarımsı)
200	3 (solgun sarı)	3-4 (hafif sarımsı)
250	2-3 (mat sarı)	3 (hafif sarımsı)
300	2-3 (mat sarı)	3 (hafif sarımsı)

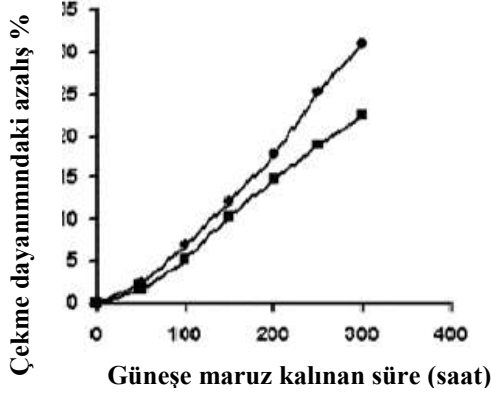
#### 4.3.6 Güneş Işığının Bamyaya Liflerinin Dayanıklılığı Üzerine Etkisi

Ham ve ağartılmış bamyaya lifinde güneş ışığına maruz kalma durumunda mukavemet kaybı % 2,11 ve %1,72 olarak ölçülmüştür. Fakat 300 saatin sonunda ham lifin mukavemet kaybı %31,07 ölçülmüştür ki bu da % 21,9 ölçülen ağartılmış life göre hayli yüksektir (Shamsul Alam vd., 2007).

Bu, ham lifte ağartılmış life göre daha fazla lignin varlığından kaynaklanmaktadır. Lignin, güneş ışığı reaksiyonlarına karşı hassas olan fenolik ve alkolik hidroksil grupları içermektedir (Shamsul Alam vd., 2007).

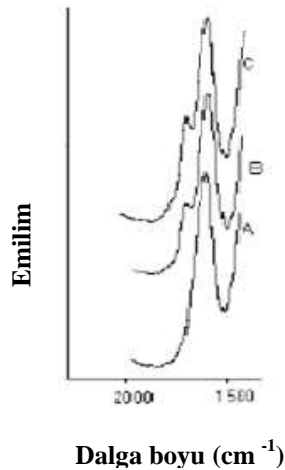
Bamyaya sak lifleri doğada oksidatifdir ve uzun süre güneş ışığına maruz kalır. A-selüloz zinciri kademeli olarak eninde sonunda kırılır ve sonuç olarak bamyaya sak lifinin kırılma direnci azalır. Genellikle polimerik metaryallerde, kristalin bölgeler ile mukavemete katkı sağlanır. Fakat bamyaya sak liflerinde sadece kristalin bölgeler değil, amorf bölgeler de mukavemete katkı sağlar, çünkü lignin bir çimentolama maddesi gibi davranır ve hemiselülozla birlikte yapıtaşları oluşturur.

Reaksiyonlardaki ligninden dolayı, maruz kalınan ışığın içindeki oksijenin varlığıyla bunlar kırılmakta bu nedenle de kırılma dayanımı azalmaktadır (Shamsul Alam vd., 2007).



**Şekil 4.12:** Güneş ışığına maruz kalan ham ve ağartılmış lifin dayanımındaki azalış (Shamsul Alam vd., 2007)

Bamya liflerinin karşılaştırmalı kızıl ötesi spektrumları Şekil 4.13’de verilmiştir. Şekle göre ek pik noktasını  $1735 \text{ cm}^{-1}$  dalga numarası göstermekte ve bu nokta bamya sak lifinin hiç kalmadığı kadar uzun süre güneş ışığına maruz kaldığı, yüksek bir değerdir. Sonuç olarak bamya lifinin selüloz molekülleri güneş ışığının etkisiyle bozunmakta ve C=O bağları yada COOH radikalleri ile yeni ek ürün elde edilebilmektedir (Shamsul Alam vd., 2007).



**Şekil 4.13:** Güneşe maruz kalan bamya liflerinin kızılötesi spektrumu (IR) (Shamsul Alam vd., 2007). a) Güneşe maruz kalmamış bamya lifi; b) Güneşe 50 saat maruz kalmış bamya lifi; c) Güneşe 300 saat maruz kalmış bamya lifi

Oksidatif reaksiyon için başlangıç, yayılma ve bozulan ürünlerin üretimi olarak 3 aşama öngörülebilir. Öncelikle hidrojenin soyutlanmasıyla alkil radikaller



oluşur. Bu alkil radikallerin oksijenle reaksiyonu peroksi radikallerin üretimine yol açar ki; bu selüloz zincirinden hidrojeninin soyutlanmasıyla zincir reaksiyonunu başlatır. Soyutlama reaksiyonu hidroperoksit üretir ve bu da oksidasyonun otokatalitik doğasından sorumludur. Hidroperoksit oluşumu, alkoksi radikal ve hidroksi radikal veren olarak ayrılabilir. Bir  $\beta$ -zincir kopması, komşu glikoz birimi üzerinde glikozit bağı ve alkoksi radikalın açılması ile sonuçlanabilir (Shamsul Alam vd., 2007)

Bamya sak lifleri mükemmel nitelikte selüloza sahiptir ve bu nedenle endüstriyel selüloz için selülozik ham materyal olarak kullanılabilir. Ayrıca sararmaya ve fotokimyasal bozunmaya neden olan lignini düşük miktarda içerir. Yüksek moleküler ağırlığı olan bir bileşiktir bu nedenle renk haslığı gerilme direnci gibi gelişmiş özelliklere sahiptir. Bunun yanında boya alımı da iyidir. Ayrıca güneş ışığıyla bozulmuş bamya sak lifinin gerilme direnci üzerine de çalışılmıştır. Ağartılmış bamya sak lifleri ham liflere göre daha az gerilme direnci düşüşü göstermişlerdir. Farklı sürelerde güneş ışığına maruz kalmış bamya sak lifleri için kızıl ötesi ölçümleri yapılmıştır. Daha yüksek miktarda a-selüloz içeren ve daha yüksek moleküler ağırlığa sahip bamya sak lifi, yüksek gerilme direnci, daha fazla boya alabilme yeteneği ve daha iyi renk haslıkları gibi daha iyi karakteristik özelliklere sahiptir (Shamsul Alam vd., 2007).

#### **4.3.7 Bamya Liflerinin Isıl Davranışı**

Doğal liflerin kompozitlerde takviye olarak kullanımında sınırlayıcı faktörlerden biri de liflerin düşük ısı kararlılıklarıdır. Bamya liflerinin ısı kararlılıkları, termogravimetrik analiz ile araştırılmaktadır (De Rosa vd., 2010).

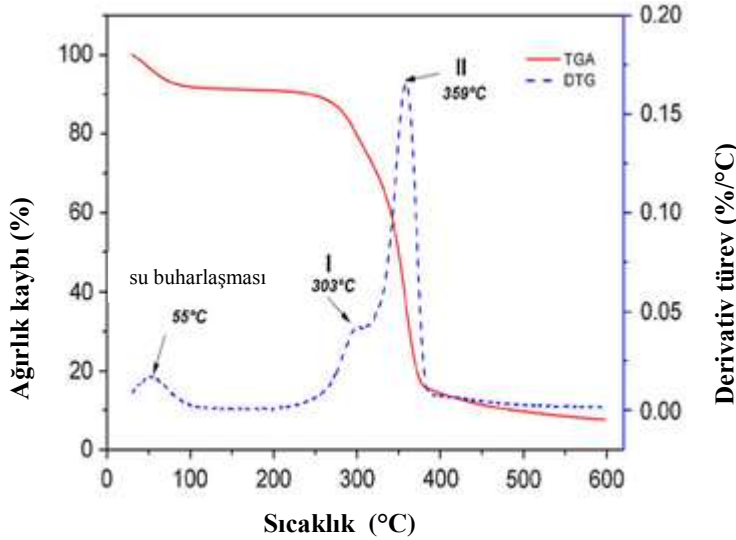
##### **4.3.7.1 Termogravimetrik Analiz (TGA yada TG)**

Bu yöntemde numune, zamana bağlı olan artan bir sıcaklık ile ısıtılır. Kontrollü ısıtma programına tabi tutulan bir numunenin ağırlığının sıcaklıkla değişiminin ölçüldüğü bir tekniktir.

TGA ölçümünün sonunda kütle ya da % kütle zamana ya da sıcaklığa karşı grafiği TGA eğrileri olarak görüntülenebilir (AKU, 2011)

#### 4.3.7.2 Derivativ Termogravimetri (DTG yada DTA)

TG sonuçlarının zamana veya sıcaklığa göre birinci türevlerinin alınması ile elde edilen eğrilere denir. Eğriler kütle değişim hızını gösterir. DTG eğrilerinde ordinatta, dw/dt, yani ağırlık kaybı hızı, absiste sıcaklık bulunur (AKU, 2011). Bamya liflerinin yüksek sıcaklıklarda bozulma (degradasyon) davranışları, De Rosa vd. (2010) tarafından incelenmiş ve TG (Termogravimetrik) ve DTG (Derivativ (türev) termogram) eğrileri kullanılarak Şekil 4.14’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.14: Bamya liflerinin TG ve DTG eğrileri (De Rosa vd., 2010).

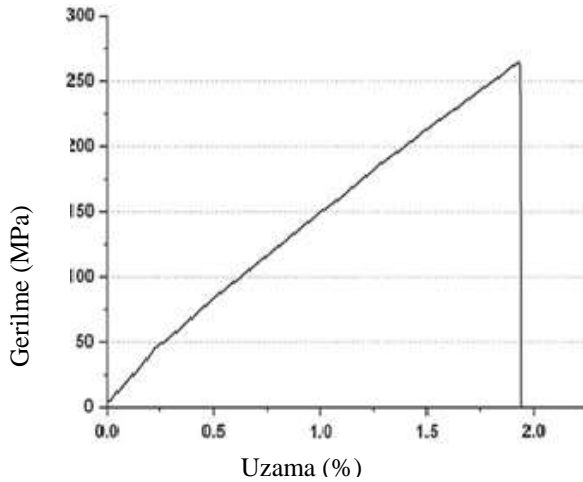
Ayrışma sırasında, bamya liflerinin TG eğrisi üç adımda ağırlık kaybı gösterir. İlk ağırlık kaybı (%8), 30-110 °C arasındaki sıcaklıkta gözlenen elyaflardan su buharlaşması ile açıklanır. Bamya lifleri için bozulma (degradasyon) tam 220 °C’ de başlayıp daha sonra yüksek sıcaklıkta gerçekleşir. Bu sıcaklığın üzerinde termal dayanım giderek azalır ve bozunma meydana gelir. Özellikle de, birinci kademe T1 (220-310 °C) hemiselüloz, pektin ve selüloz glikosidik bağların parçalanmasının (ağırlık kaybı %16,1) termal depolimerizasyonu ile ilişkilidir. İkinci aralık T2 (310-390 °C) lifteki mevcut a-selülozun bozunmasına denk gelir ve ağırlık kaybı %60,6 olarak görülür.

Genel olarak, karmaşık yapısı nedeniyle lignin ayrışması, yavaş yavaş bütün sıcaklık aralığı içinde meydana gelir. Lignin çeşitli dallardan meydana gelen aromatik halka oluşturmaktadır (De Rosa vd., 2010).

Bu sonuçları aynı zamanda şekildeki DTV eğrisi de vermektedir, burada ağırlık kayıpları için maksimum ayrışma oranları gösterilir. Bununla birlikte %7,6'lık bir kalıntı ağırlığı yüzdesi gözlemlenmiştir. Selülozun ayrışmasından sonra karbon tortuları ve ayrışmayan dolgu maddeleri gibi son ürünler görülmüştür. Tabloda farklı aşamalarda bamyalı lifleri için ağırlık kayıpları ve pik sıcaklıkları gösterilmiştir. Isıl analiz eğrilerine bakıldığında bamyalı liflerinin 220 °C' ye kadar ayrışmadan kaldığı görülmektedir (De Rosa vd., 2010).

#### 4.3.8 Bamyalı Liflerinin Mekanik Özellikleri

Şekil 4.15'de bamyalı lifinin gerilme-uzama eğrisi görülmektedir. Burada bamyalı liflerinin açık bir şekilde gevrek bir tutum sergilediği görülmektedir (De Rosa vd., 2010).

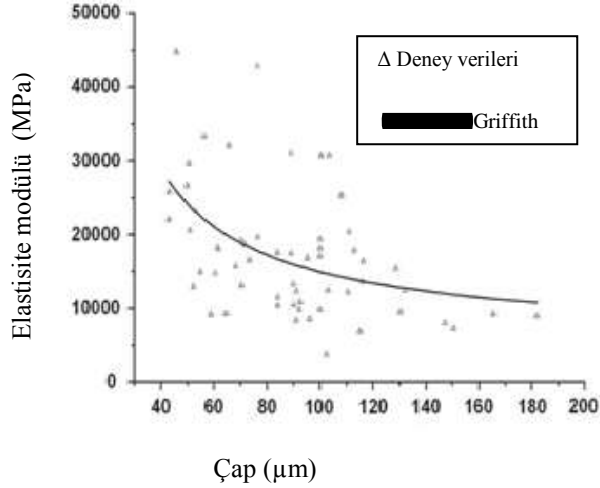


**Şekil 4.15:** Bamyalı lifleri için tipik gerilme-uzama eğrisi (De Rosa vd., 2010)

Küçük kırılmalı doğal liflerden tek filament çekme testi sonuçlarını, gözlenen yüksek dağılım nedeniyle analiz etmek zordur. Bu dağılım parametreleri sınama koşulları, bitkisel özellikleri ve alan ölçümleri olmak üzere 3 faktörle ilişkilendirilebilir. Bitkisel özellikleri etkileyebilecek mekanik davranışlar açısından faktörler şunlardır; bitki kaynağı, bitki yaşı, lif elde etme yöntemi ve kusurların varlığıdır.

Bu özellikler mekanik değerlendirme yapmaya olanak sağlayabilecek istatistiksel yaklaşım özellikleridir (De Rosa vd., 2010).

Şekil 4.16'ya göre bamyalı liflerinin elastisite modülü elyafların çapı arttıkça düşmektedir (De Rosa vd., 2010).



**Şekil 4.16:** Deneysel veri ve elastisite modülü için Griffith modeli (hat çapı) (De Rosa vd., 2010).

Elastisite modülü malzemenin kuvvet altında elastik şekil değiştirmesinin ölçüsüdür. Yani; birim kuvvet/basınç altında uzama oranı= (boy değişikliği/ilk boy) / (kuvvet veya kuvvet/kesit alanı)

$$E_{\text{çelik}} = 2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2,$$

$$E_{\text{alüminyum}} = 7 \times 10^{10} \text{ N/m}^2,$$

$$E_{\text{bamyalı lif}} = 1 \times 10^{11} - (9 \times 10^{11}) \text{ N/m}^2 \text{ (De Rosa vd., 2010)}$$

### 4.3.9 Bamyalı Liflerinin Nem Alımı

Doğal lifler, toksik olmama, biyoyumluluk ve biyolojik bozunabilirlik gibi sentetik liflere karşı üstün yönleriyle çeşitli uygulamalarda büyük bir öneme sahiptir. Şu anda otomotiv ve inşaat sektörleri, yapısal uygulamalarda mukavemet ve güvenilirlik arayışı içinde olup, cam elyaf takviyeli kompozitlere alternatif malzeme olarak doğal bitkisel lifler ile ilgilenmektedirler (Saikia, 2010).

Bilinmektedir ki doğal liflerin yüksek oranda nem emilimleri, zayıf ıslanabilirlikleri, işlem görmemiş liflerde yetersiz yapışma kuvvetine ve polimerik matrislerle yapışma hatasına neden olmaktadır. Ayrıca emilen nemin elyafların mukavemeti üzerinde olumsuz etkisi vardır. Bu yüzden doğal liflerin higroskopik özelliklerinin, bu liflerle güçlendirilmiş kompozitlerin uzun süreli performansı üzerinde önemli bir etkisi vardır (Saikia, 2010).

Kompozit malzemelerde kullanılan doğal liflerin nem emme özellikleri, özellikle dış mekan uygulamalarında kullanılan plastik kompozitleri açısından önemli bir husustur. Emilen nem, bu kompozitlerin mekanik performansları üzerinde birçok zararlı etkiye sahiptir. Bilindiği gibi doğal liflerin polimerler içerisinde takviye olarak kullanılmasında, nem difüzyonu, geçirgenlik ve çözünebilirlik çok önemlidir. Dip Saikia' nın (2010) çalışmış olduğu üç farklı doğal lifin (kenevir, bamyacı ve fıncık) liflerinin farklı sıcaklık değerlerindeki azami su emilimleri ve difüzyon katsayıları Tablo 4.2' deki gibi hesaplanmıştır. Liflerin 300 K'den 340 K'e kadar artan sıcaklıkta su emerek kazandıkları nem içerikleri ölçülmüştür.

Liflerin nem emilimi deneysel sonuçları Fick'in difüzyon kanunları ile açıklanmıştır. Klasik nem emme deneyleri, örneğin zamana bağılı olarak kütle artışının izlenmesini de içermektedir. Yapının katı yüzeyi ve buhar molekülleri arasındaki van der Waals kuvvetleri nedeniyle su moleküllerinin emilmesi kritik bir sıcaklığın altında gerçekleşmektedir. Emilen su buharı miktarı life yeniden kazandırılabilir. Emici elyafların nem emilimi sadece geri kazanıma ve neme bağılı değildir, aynı zamanda liflerin azalan şişmesi nedeniyle ısıyla boyutsal değişiklikleri ile ve elastik toparlanma etkileriyle emilimin gecikmesi ile de alakalıdır (Saikia, 2010).

Tablo 4.2 incelendiğinde difüzyon katsayısı ve azami su emilimi her üç lif için de sıcaklıkla birlikte arttığı görülmektedir.

**Tablo 4.2:** Kenevir, Bamya, Fındık liflerine farklı sıcaklıklarda azami su girişi ve difüzyon katsayısı (Saika, 2010).

Lif	Sıcaklık (K)	A Azami Su Girişi (%)	Difüzyon Katsayısı ( $10^{-5} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ )
<b>Kenevir</b>	300	62	0,52
	310	64	1,11
	320	67	1,28
	330	76	1,32
	340	80	1,36
<b>Bamya</b>	300	64	0,54
	310	66	1,14
	320	69	1,3
	330	78	1,34
	340	81	1,38
<b>Fındık</b>	300	38	0,28
	310	51	0,68
	320	58	1,04
	330	66	1,15
	340	70	1,19

De Rosa vd.'nin (2011) yaptığı çalışmada ise su emme testleri (Tablo 4.3.) ham ve işlenmiş lifler arasında önemli farklılıklar göstermiştir. Ham veya işlenmiş tüm lif tipleri için üç ölçüm (24 saat, 12 gün, 24 gün) yapılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki tüm işlemler lifin nem içeriğini düşürmüştür. Bu durumda, lifin kompozit malzemelerde hidrofob karakterli reçinelerle daha uyumlu hale geldikleri söylenebilir, zamana bağlı su emme miktarları ham ve işlem görmüş liflerde birbirine yakındır. Tablo 4.3'te;

$W_o = 0$  zamanında numunenin ağırlığı

$W_f = 2$  saat boyunca  $70^\circ\text{C}$  sıcaklık altında kurutulduktan sonraki ağırlık

RWL = Bağlı ağırlık kaybı

$RWL = (W_o - W_f) / W_o$

Bağlı ağırlık kaybının karşılaştırılması da doğrulamaktadır ki, diğer işlemler liflerin nem miktarını azaltmaktadır ve hidrofobik reçine ile daha iyi bir yapışma elde edilebileceği düşünülmektedir (De Rosa vd., 2011).

**Tablo 4.3:** Ham veya işlem görmüş bamyalı liflerinin su emilim yüzdeleri (De Rosa vd., 2011)

%	24 saat	12 gün	24 gün	Wo-kuru ağırlık (g) (t=0)	Wf-kuru ağırlık (g) (t=2)	RWL- Bağıl ağırlık kayı (%)
ROF	57,9	60,5	52,8	0,456	0,329	27,9
SOF	60,3	60,7	60,6	0,276	0,257	6,9
AAROF	56,3	57,8	56,7	0,322	0,290	9,9
AABOF	55,4	60,5	58,6	0,364	0,326	10,4
BOF	56,7	60,2	58,4	0,462	0,427	7,6
SAKPOF	56,7	58,7	57,5	0,455	0,375	17,6
SSROF	58,4	62,3	58,8	0,322	0,290	12,7
SHBOF	57,4	59,6	58,4	0,403	0,389	3,5

**Not:** ROF: Ham lif-hiçbir işlem görmemiş, SOF: %3,2 sodyum karbonat ve %6,3 sabunlu çözeltiyle işlem görmüş lif, AAROF: %10 asetik asitle işlem görmüş lif, AABOF: %10 asetik asitle işlem ardından %10 sodyum kloritle ağartılmış lif, BOF: %10 sodyum kloritle ağartılmış lif, SAKBOF: %0,055 potasyum permanganatla işlem ardından %1 sülfürik asitle işlem, SSROF: %10 sodyum dosesil sülfat ile işlem görmüş lif, SHBOF: %1 sodyum hidroksitle alkalizasyonun ardından %10 sodyum kloritle ağartılmış lif.

Diğer taraftan bamyalı liflerinin yüzey modifikasyonu incelendiğinde lifler üzerine uygulanan alkalizasyon, ağartma ve aşırı kopolimerizasyonu gibi kimyasal işlemler sonucunda bamyalı teknik liflerinin içsel mekanik özelliklerini muhafaza ederken daha iyi yüzey özelliklerine sahip olduğu görülmüştür. Akriilonitril (AN) aşıllı liflerin daha iyi fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olduğu görülmektedir. Bunların dışında asetilasyon işlemleri liflerin sınırlı düzeyde bozulması ile sonuçlanmış; ağartma, yıkama ve özellikle permanganat işlemleri, liflere mekanik olarak zarar verse de ısıl/termal davranışları üzerinde düşük bir etkiye sahip olduğu görülmüştür (Arifuzzaman Khan vd., 2009).

#### 4.3.10 Bamya Liflerinin Yüzey Modifikasyonu

Bamya sak lifinin kimyasal modifikasyonu üzerine yapılan çok sayıda çalışma mevcut değildir. Bunun yanında, geçmişte birçok araştırmacı tarafından jüt ve kenevir gibi doğal liflerin mekanik performanslarını geliştirmek için çeşitli kimyasal işlemler uygulanmıştır. Bunların çoğunluğunda alkali işlemlerin yüzey modifikasyonunu geliştirebileceği sonucuna varılmıştır (Arifuzzaman Khan vd., 2008).

Vinil monomer ile aşı kopolimerizasyonunun, özellikle yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerin ve doğal polimerlerin kimyasal modifikasyonu için, evrensel, etkili ve erişilebilir bir yöntem olduğu vurgulanmaktadır. Vinil monomerler, örneğin, kimyasal, iyonik ve radikal başlatıcılar gibi farklı başlatma sistemleri kullanılarak selüloz elyaf üzerine aşı için büyük bir potansiyele sahiptir. Bu başlatıcı sistemler arasında, kimyasal aşılama başlangıcını ekonomik açıdan avantajlı olan  $KMnO_4$ ,  $Na_2S_2O_3$ ,  $K_2S_2O_8$ ,  $Ce(IV)$ ,  $V(V)$  gibi oksidasyon maddeleri oluşturmaktadır. Arifuzzaman Khan vd., 2009 yılında yaptıkları çalışmalarında bamya liflerinin fiziksel-kimyasal özellikleri ve yüzey modifikasyonu üzerine çalışmalarda bulunmuşlardır. Bu çalışmalar; ağartma, alkalizasyon ve aşı kopolimerizasyonu gibi kimyasal işlemlerin bamya lifleri üzerindeki morfolojik değişiklikleri SEM (taramalı elektron mikroskobu), IR (kızılötesi spektroskopi), su emme ve çekme özelliklerinin ölçümlerini kapsamaktadır.

Ağartma, alkali işlem ve aşı kopolimerizasyonu uygulanmış bamya sak liflerinin yüzey modifikasyonu, ağırlık kaybı veya kazancı, renk değişimi, nem emilimi ve çekme özelliklerini değiştirmektedir. Tablo 4.4 göstermektedir ki ağartılmış ve alkali işlem görmüş bamya sak liflerinde ağırlık kaybı olmuş, ancak akrilonitril monomerlerinin kimyasal modifikasyonu üzerinde ağırlık artışı görülmüştür. Ağartma işleminde selülozda bulunan bazı maddelerin giderilmesiyle elyaf daha düzgün, daha parlak ve daha fazla şişme yeteneğine sahip hale gelirken ağırlık ve mukavemet kaybına uğramıştır. Ayrıca lif, karboksil içeriğinin artması sonucu daha asidik hale gelmiştir. Selülozdeki birincil hidroksil grubu,  $NaClO_2$  [14] etkisi ile karboksil grubuna oksitlenir (Arifuzzaman Khan vd., 2009).



**Tablo 4.4:** Bamyasak liflerinin kimyasal modifikasyondan sonraki ağırlık değişiklikleri (Arifuzzaman Khan vd., 2009).

İşlemler	Ağırlık kaybı/kazancı (%)
Ağartma	-(10±2,5)
%10 NaOH ile işlem	-(9,3±1,5)
Aşılama	+11,43 (maksimum)

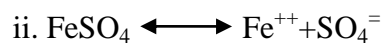
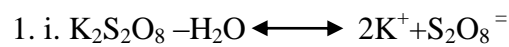
(+ ağırlık kazancı, - ağırlık kaybı)

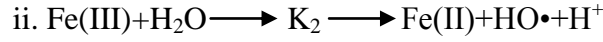
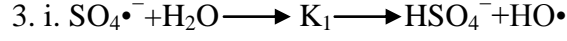
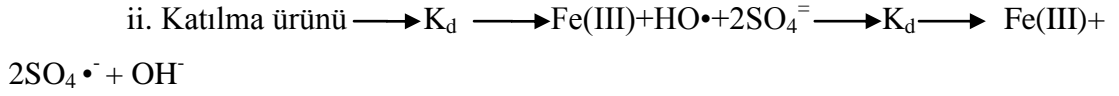
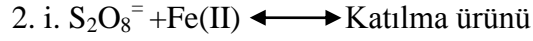
Alkali işlemler, ağartılmış lifin rengini beyazdan soluk sarıya dönüştürür. Alkali işlem, liflere kıvrım kazandırır. Lifin hemiselüloz kısmı, alkalizasyonda ağırlık kaybına neden olan konsantre alkali ortam içinde çözünmektedir. Lif çapı, kalın liflerde ince liflere göre daha fazla azalmaktadır. Bununla beraber aşılama ile liflerin hem çapı hem de ağırlığı artmış ve krem tonunda bir renk almışlardır (Arifuzzaman Khan vd., 2009).

Ağartılan lifin akrilonitril monomeri ile (AN) aşırı kopolimerizasyon reaksiyonu,  $K_2S_2O_8$  ve  $FeSO_4$  redoks sisteminin katalitik etkisi altında gerçekleştirilmiştir. Diğer taraftan, lifteki kirleri çıkarmak için lifler ön işlem olarak % 10 NaOH çözeltisi ile muamele edilmiştir (Arifuzzaman Khan vd., 2009).

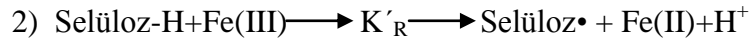
$FeSO_4$ 'ün katalitik etkisinde başlatıcı ( $K_2S_2O_8$ ) potasyum persülfat; bamyasak lifleri üzerinde serbest radikal türleri ( $OH\cdot$  ve  $SO_4^{\cdot-}$ ) ve Fe (III) iyonları üretir. Serbest radikal türleri ve Fe (III) iyonları;  $K_2S_2O_8$  ve Fe(II) arasındaki redoks reaksiyonu ile üretilir. Bu şekilde oluşturulan makroradikaller sonra aşılama zinciri başlatılmasına yol açan monomerlere dönüşür. Potasyum persülfat ve demir sülfatın redoks başlangıcı durumunda, aşılama yolu açan sadece  $OH\cdot$  serbest radikali bulunur ve selülozdan gelen hidrojen atomuyla oluşur. Bamyasak lifleri üzerine akrilonitril monomer aşılama mekanizması aşağıda gösterilmiştir (Arifuzzaman Khan vd., 2009).

***Başlangıç radikali ve Fe(III) iyonu üretimi;***

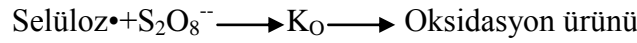




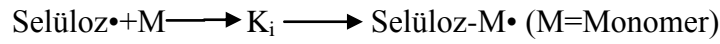
***Makroselüloz radikallerin oluşumu;***



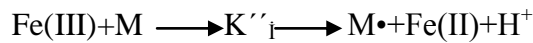
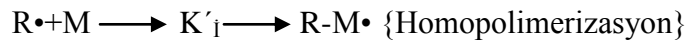
***Oksidasyon;***



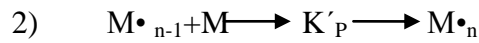
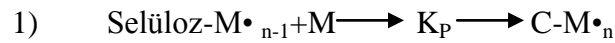
***Başlatma;***



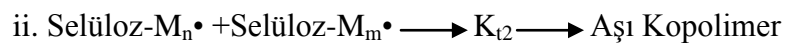
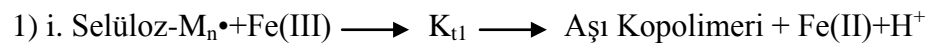
{Aşı Kopolimerizasyonu }

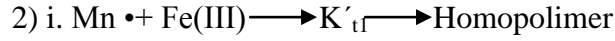


***Yayılma;***



***Bitiş;***





Çalışma sonuçlarına göre aşı verimi; monomer konsantrasyonu, başlatıcı konsantrasyonu, katalizör konsantrasyonu, zaman ve sıcaklık gibi reaksiyon parametrelerine bağlıdır. Tablo 4.5 'de görüldüğü gibi, optimum aşı verimi %11,43 değeri ile, 70 °C sıcaklık, monomer konsantrasyonu (akrilonitril)  $3 \times 10^{-2}$  mol/L, başlatıcı konsantrasyonu ( $K_2S_2O_8$ )  $5 \times 10^{-3}$  mol/L, katalizör konsantrasyonu ( $FeSO_4$ )  $5 \times 10^{-3}$  mol/L ve reaksiyon süresi 90 dakika iken elde edilir (Arifuzzaman Khan vd., 2009).

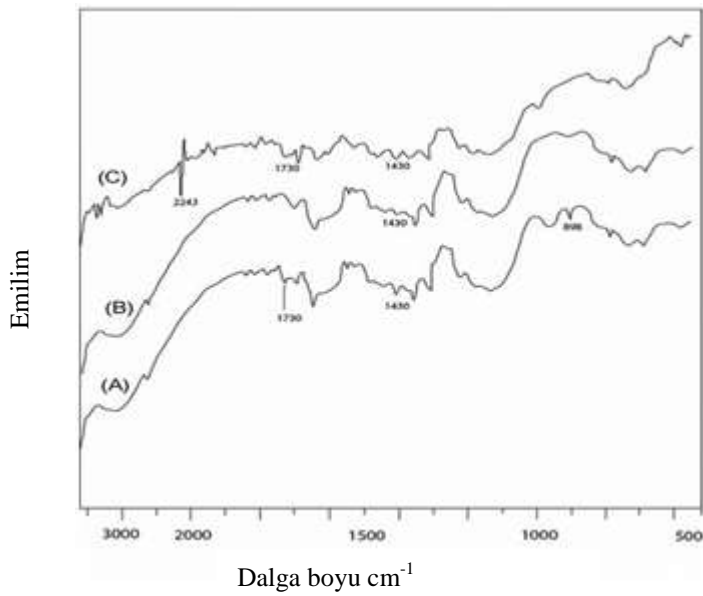
**Tablo 4.5:** Aşı parametrelerinin aşılınmış bamyaya sak lifi üzerine etkileri (Arifuzzaman Khan vd., 2009).

Sıra	Monomer kons. (mol/l)	Başlatıcı kons. (mol/l)	Katalizör kons. (mol/l)	Süre (dk)	Sıcaklık	Aşı verimi (%)
1	0,01	0,002	0,002	90	70	6,96
2	0,02	0,002	0,002	90	70	7,13
3	0,03	0,002	0,002	90	70	7,36
4	0,04	0,002	0,002	90	70	6,95
5	0,05	0,002	0,002	90	70	6,04
6	0,03	0,001	0,002	90	70	5,92
7	0,03	0,005	0,002	90	70	9,87
8	0,03	0,01	0,002	90	70	8,13
9	0,03	0,015	0,002	90	70	5,52
10	0,03	0,005	0,003	90	70	9,94
11	0,03	0,005	0,004	90	70	10,67
12	0,03	0,005	0,005	90	70	11,08
13	0,03	0,005	0,006	90	70	11
14	0,03	0,005	0,005	60	70	6,94
15	0,03	0,005	0,005	90	70	11,08
16	0,03	0,005	0,005	120	70	11,43
17	0,03	0,005	0,005	150	70	11,04
18	0,03	0,005	0,005	180	70	10,59
19	0,03	0,005	0,005	120	40	4,27
20	0,03	0,005	0,005	120	50	8,34
21	0,03	0,005	0,005	120	60	10,48
22	0,03	0,005	0,005	120	70	11,43
23	0,03	0,005	0,005	120	80	11,33

Kimyasal muamele görmüş bamyaya liflerinin modifikasyon derecesi IR ölçümü ile değerlendirilmiştir.

Bamya liflerinin yüzey modifikasyonunun incelendiği bu çalışmada lifler üzerine uygulanan alkalizasyon, ağartma ve aşırı kopolimerizasyonu gibi kimyasal işlemler sonucunda bamya liflerinin içsel mekanik özelliklerini muhafaza ederken daha iyi yüzey özelliklerine sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca sonuçlara bakıldığında akrilonitril (AN) aşıllı liflerin daha iyi fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olduğu görülmektedir (Arifuzzaman Khan vd., 2009).

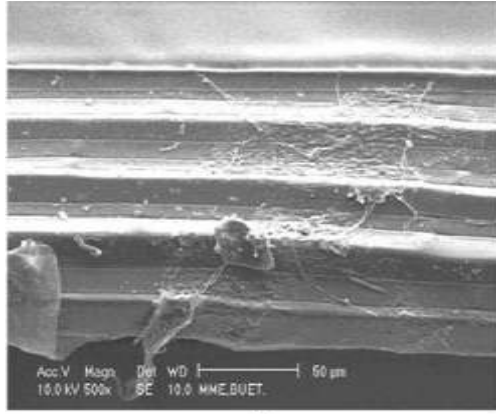
Ağartılmış, alkali işlem görmüş ve aşılınmış bamya sak liflerinin kızılötesi spektrumları Şekil 4.17’ de gösterilmiştir (Arifuzzaman Khan vd., 2009).



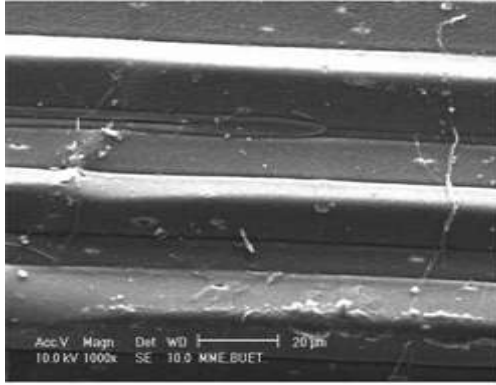
**Şekil 4.17:** Bamya sak lifinin kızılötesi spektrumları a) Ağartılmış, b) Alkali işlem görmüş, c) Aşılınmış (Arifuzzaman Khan vd., 2009).

1730  $\text{cm}^{-1}$  ile gösterilen noktada C=O titreşimi NaOH ile muamele edildikten sonra kaybolmuştur. Bu, eser miktarda yağ asidi gibi bir karboksil veya karbonil grubunun lif içerisinde çıkarılması ile olmuştur. Ana spektral değişiklikler eş fazlı simetrik halka germe olarak adlandırabileceğimiz 898  $\text{cm}^{-1}$  bandındaki artış ve  $\text{CH}_2$  bükme olarak adlandırabileceğimiz 1430  $\text{cm}^{-1}$  bandında bir düşüş olarak tespit edilmiştir. Bu gözlem göstermektedir ki, liflerin kristalin yapısı NaOH ile işlem gördükten sonra selüloz 1 den selüloz 2’ ye değişmektedir.  $\text{C}\equiv\text{N}$  titreşiminden doğan 2243  $\text{cm}^{-1}$  bandı modifiye bamya sak liflerinin karakterizasyonu için kullanılır. Bu bandın yoğunluğu, aşılama derecesinin kantitatif tayini için kullanılamaz çünkü lifin iç aşılması göz ardı edilmiş bir yoğunluk ile sonuçlanabilir (Arifuzzaman Khan vd., 2009).

Taramalı elektron mikroskobu (SEM), modifiye bamyalı liflerinin yüzey morfolojisini incelemek için mükemmel bir tekniktir. Ham lifin yüzey morfolojisinin, ağartılmış ve modifiye edilmiş bamyalı sak lifleri ile karşılaştırıldığında özellikle pürüzlülük düzeyinin farklı olması beklenmektedir. Ham, ağartılmış, alkali işlem görmüş ve aşılansmış liflerin SEM görüntüleri farklı büyütme oranları ile ( $\times 500$  ve  $\times 1000$ ) sırasıyla şekil 4.18-19-20-21’ de gösterilmiştir (Arifuzzaman Khan vd., 2009).

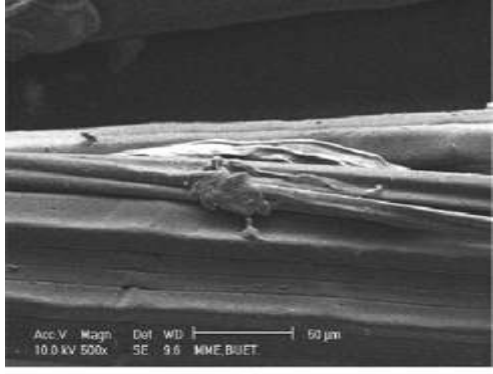


(a)

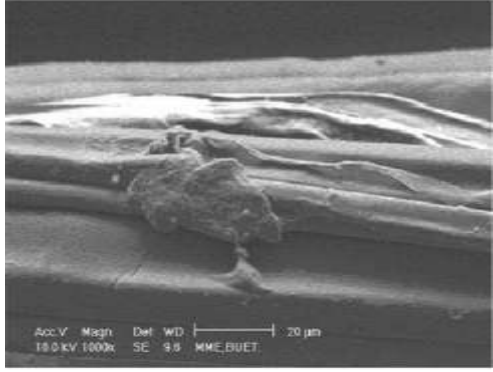


(b)

**Şekil 4.18:** Ham bamyalı sak lifinin SEM mikroskobisi a) 500 defa büyütülmüş b) 1000 defa büyütülmüş (Arifuzzaman Khan vd., 2009).

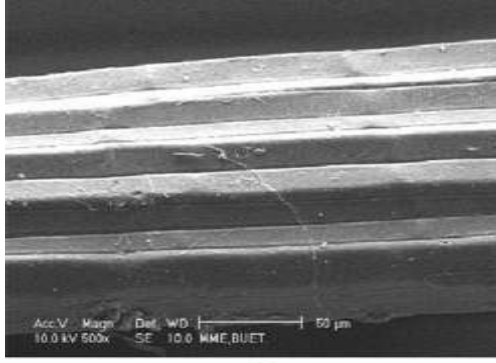


(a)

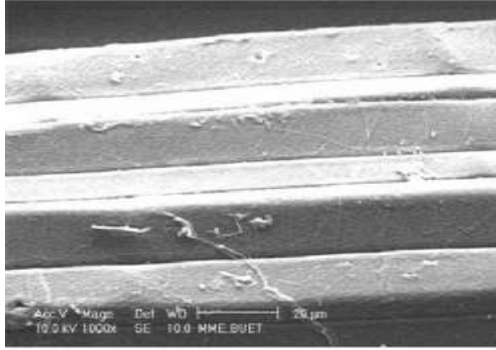


(b)

**Şekil 4.19:** Ağartılmış banya sak lifinin SEM mikroskobisi a) 500 defa büyütülmüş b) 1000 defa büyütülmüş (Arifuzzaman Khan vd., 2009).

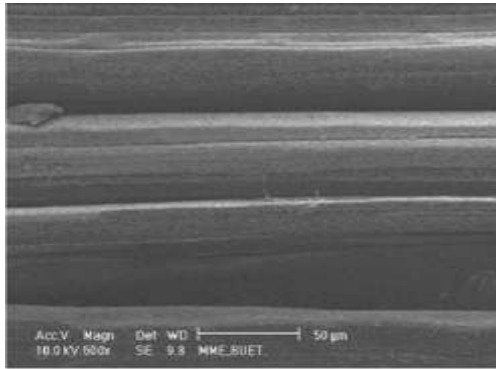


(a)

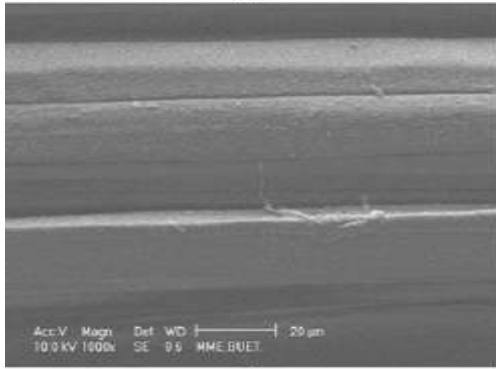


(b)

**Şekil 4.20:** %10 NaOH ile alkali işlem görmüş bamyasak lifinin SEM mikroskobisi a) 500 defa büyütülmüş b) 1000 defa büyütülmüş (Arifuzzaman Khan vd., 2009).



(a)



(b)

**Şekil 4.21:** Aşılanmış bamyasak lifinin SEM mikroskobisi a) 500 defa büyütülmüş b) 1000 defa büyütülmüş (Arifuzzaman Khan vd., 2009).

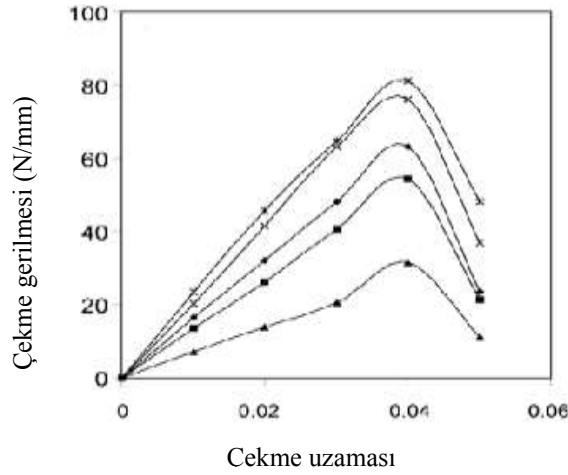
Şekil 4.18-19-20-21 karşılaştırılığında, ham, ağartılmış, alkali işlemden geçmiş ve aşılınmış liflerin yüzey morfolojileri arasındaki ciddi fark kolayca görülebilir. İşlenmiş lif yüzeyi, ham life nazaran yabancı maddeden daha çok arınmış biçimde görülmektedir. Bu durum ağartma ve alkali işlemleri sırasında hem yüzeyden hem de hücreler arasından bir parça lignin ve hemiselülozun uzaklaştırılmasından kaynaklanmaktadır. Ağartılmış, alkali işlem görmüş ve aşılınmış bamyak sak liflerinin mikrograflarının karşılaştırılması, önemli bir miktarda poliakrilonitrilin (PAN) lifin yüzeyine aşılınmış olduğunu göstermektedir. Hücreler arası boşluklar, PAN aşısının çökmesi ile azalmıştır. Yüzey, aşılı bir polimer ile kaplı olduğu için, az ya da çok düzgün ve pürüzsüz hale gelir (Arifuzzaman Khan vd., 2009).

**Tablo 4.6:** Ham, ağartılmış, alkali işlem görmüş ve aşılınmış bamyak sak lifinin nem alma özellikleri (Arifuzzaman Khan vd., 2009).

Lif Tipi	Nem Alımı (%)
Ham lif	61,7
Ağartılmış lif	70,1
Alkali işlem görmüş lif	50,8
Aşılınmış lif (% 7,38)	33,7
Aşılınmış lif (% 11,43)	20

Ham, ağartılmış, NaOH ile işlem görmüş ve aşılınmış lifin nem alımı Tablo 4.6’ da gösterilmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki, ağartılmış lif, ham liften daha fazla su absorbe etmektedir ve bu da ağartma reaksiyonlarıyla yüzey morfolojisinin değişmesinin lifin nem emme yeteneğini arttırdığını göstermektedir. Ağartma sırasında lifteki yabancı maddelerin uzaklaştırılmasıyla lif daha fazla boşluk ve gözenek içerir. Bu nedenle, daha fazla su emme özelliği gösterir. NaOH ile işlem görmüş lifin su emme yeteneği ağartılmış life göre daha azdır. Aşılınmış lif ise suyu emmek için alkali işlem görmüş liften daha az eğilim göstermektedir. Böylece, aşılama yüzdesindeki artışın, su emme kapasitesinde azalışa neden olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Yani lif yüzeyi üzerine vinil monomer bağlanması demek, doğada lifin hidrofobik olması demektir. Ham, ağartılmış, alkali işlem görmüş ve aşılınmış liflerin çekme özellikleri Şekil 4.22’ de çekme uzama grafiğinde gösterilmiştir (Arifuzzaman Khan vd., 2009).





**Şekil 4.22:** Ham, ağartılmış, alkali işlem görmüş ve aşılansmış bamyak sak liflerinin çekme uzama grafiği (Arifuzzaman Khan vd., 2009).

Ağartılmış ve alkali işlem görmüş lifler, ham bamyak sak liflerine göre daha düşük çekme dayanımı göstermişlerdir. Bu sonuç ağartma ve alkali işlem sırasında bir miktar selülozun bozunmasından kaynaklanabilir. Akrilonitril ile aşılansmış ve beyazlatılmış lifin çekme dayanımında önemli bir artış görülmüştür. Akrilonitril ile aşılansmış lif, çapraz bağlanma nedeniyle doğada daha plastik hale gelir. Bu, selülozik bir zincirin elyafa kimyasal ve mekanik olarak bağlanması ve ek bir mukavemet kazandırması ile oluşabilir (Arifuzzaman Khan vd., 2009).

Ağartılarak, alkali işlem yaparak ve aşılansarak modifiye edilen bamyak sak liflerinin kendi doğal mekanik özelliklerini koruyarak daha iyi yüzey özellikleri elde edilmiştir. Sonuç olarak aşılansmış bamyak sak lifleri daha iyi fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olduğu görülmüştür. Bu durumda, aşılı bamyak sak liflerinin yüksek performanslı kompozitlerin hazırlanması için; termoplastik ve sıcakta sertleşen birkaç hidrofobik reçine sistemleri ile uyumlu bir güçlendirici elyaf olarak değerlendirilebileceği beklenmektedir (Arifuzzaman Khan vd., 2009).

#### 4.4 PLA Tabanlı Bamyak Lifi Takviyeli Kompozit Üretimi

Son yıllarda bamyak lifinin termal ve mekanik özellikleri üzerine yapılan çalışmalar, atık olarak kalan bamyak bitkisinden elde edilen liflerinin biyolojik olarak parçalanabilir kompozitlerin üretiminde kullanımı için olası bir aday olabileceğini göstermektedir.

Fortunati vd. (2013) çalışmalarında ambalajlama alanında kullanım amaçlı kompozit üretmek için PLA matrisine bamyalı lifi takviye ederek geri dönüştürülebilir özellikte bir malzeme geliştirmişlerdir. Çalışmalarında, 5-10 mm uzunluğa sahip ham bamyalı sapı lifleri ve bamyalı sapı liflerinden alkali işlem ile elde edilmiş selülozik lifler, polilaktik asit (PLA) polimer matrisin içinde ağırlıkça %10-30 arasında değişen oranlarda kullanılmıştır.

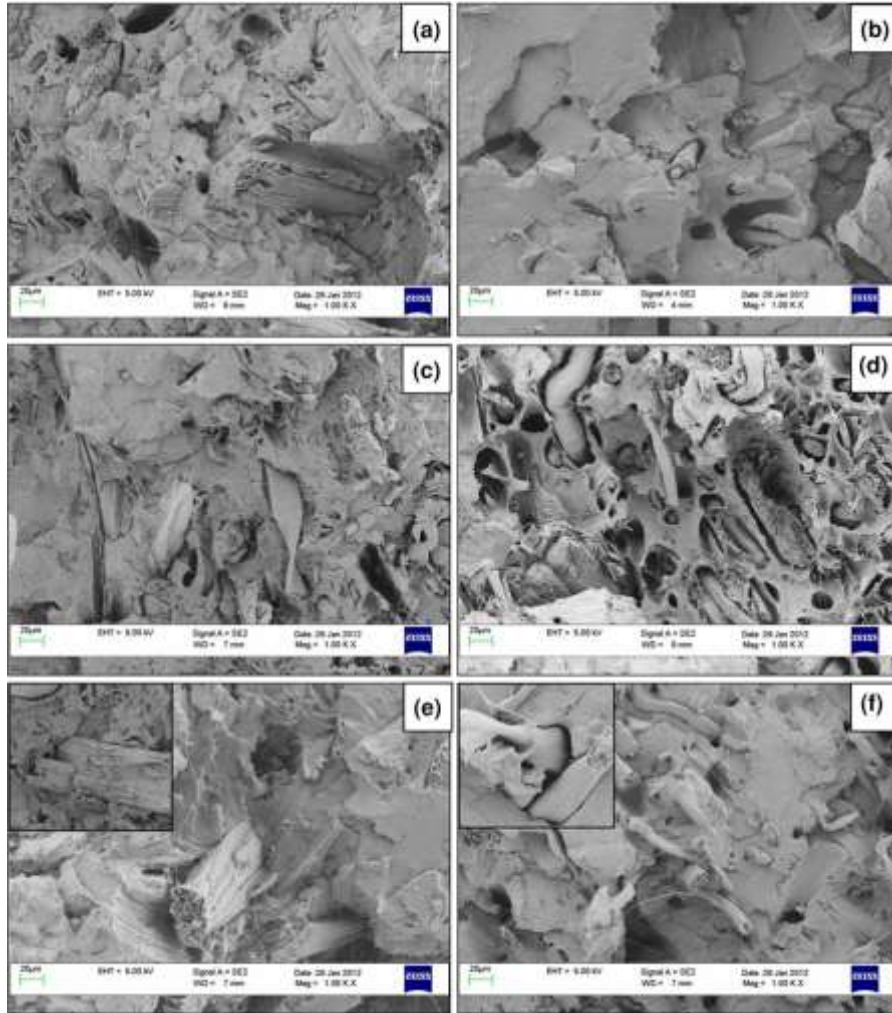
Kompozit üretiminde kullanılan bamyalı lifleri damıtılmış su ile birçok kez yıkanmış ve 80 °C'de 24 saat kurutulmuştur. Daha sonra 5-10 mm arasında bir uzunluğunda kesilmiş ve 6 saat boyunca, toluen/etanol (2:1) karışımında kaynatılmıştır. Lifler, filtre edilip, 30 dakika boyunca etanol ile yıkanmış ve kurutulmuştur. Daha sonra lifler, ham liflerin şekilsiz kısmını çıkarmak için aşağıdaki prosedüre tabi tutulmuştur.

İlk olarak bamyalı lifleri % 0,7'lik NaClO<sub>2</sub> (sodyum klorit) ile hazırlanan flote oranı 1:50 olan çözeltide 2 saat boyunca kaynatılmış ve ağartma için çözelti pH'ı asetik asit ile yaklaşık 4'e düşürülmüştür. Sonra bamyalı lifleri %5'lik sodyum bisülfat çözeltisi ile muamele edilmiş ve bu ön kimyasal işlem sonunda ligninin kademeli olarak uzaklaştırılmasıyla, holoselüloz (α-selüloz+hemiselüloz) elde edilmiştir. Holoselüloz %17,5 NaOH çözeltisi ile işlem görüp süzülmesi ve damıtılmış su ile yıkanmıştır. Elde edilen selüloz lifler sabit bir ağırlığa kadar, vakumlu fırın içinde 60° C'de kurutulmuştur (Fortunati vd., 2013).

PLA/bamyalı kompozitleri dönen ikiz vidalı mikro ekstrüderde üretilmiştir. (DSM Xplore 5 & 15 CC Micro Compounder). Lifler 12 saat boyunca 60 °C'de ve PLA cipsleri 3 saat boyunca 100° C'de bir vakumlu fırında kurutulmuştur. İşlem parametreleri malzemenin son özelliklerini optimize etmek için; vida hızı 50 d/d, karıştırma süresi 1 dakika ve sıcaklık 165-185° C olacak şekilde ayarlanmıştır. Kompozitler, hem ham hem de alkali işlem görmüş bamyalı liflerini polimer matrisin ağırlıkça %10, 20 ve 30'unu oluşturacak şekilde kullanarak hazırlanmıştır. Ayrıca PLA bir kontrol malzemesi olarak enjekte edilmiştir (Fortunati vd., 2013).

PLA ve PLA/bamyalı lifi kompozitlerin biyolojik bozunması, ISO 20200 standardına göre kompost koşullarında bozunum kabiliyeti testi ile gözlenmiştir.

Bu test 90 günde örneklerin %90 parçalanmasını ve bu süreden sonra %10'unun 2 mm elek içinde muhafaza edilmesini içerir. Yukarıdaki standart koşullarında bir miktar gübre, talaş, tavşan yemi, nişasta, şeker, yağ üre ve sentetik biyo atık ile birlikte karıştırılarak hazırlanmıştır. Alt tabakanın %50'si su olup, çok yavaş karıştırılarak aerobik koşullar korunmuştur. Numuneler 4-6 cm derinlikteki organik bir tabaka içine gömülmüş ve 58 °C'de tutulmuştur. Bu malzemeler farklı parçalanma adımlarında geri kazanılmış, damıtılmış su ile yıkanıp 24 saat boyunca 37 °C fırında kurutulmuş ve bir analitik terazi ile tartılmıştır. 10, 20, 30 ve 40 gün boyunca çürüyen PLA ve PLA kompozitlerin mikroyapısı taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir (Fortunati vd., 2013).



**Şekil 4.23:** PLA / bamya kompozitlerin kırılmış yüzey yapıları a) %10 UOF b) %10 ODC c) %20 UOF d) %20 ODC e) %30 UOF ve f) %30 ODC ile güçlendirilmiş kompozitler (Fortunati vd., 2013).

Şekil 4.23 incelendiğinde hem ham lif ile hem de işlem görmüş lif ile elde edilen kompozitlerde, PLA matris içindeki lifler homojen dağılım göstermektedir. Lif/matris ara yüzeyinde ham liflerin işlenmiş liflere göre matris ile daha güçlü bir yapışma kuvvetine sahip olduğu görülebilir. Bu durum ham lifin yüzeyinde daha belirgin pürüzlülüklere sahip olması nedeni ile PLA matrisi ile daha yoğun bir fiziksel bir bağ kurması ile açıklanabilir (Fortunati vd., 2013).

Tablo 4.7'de bamyalı lifli takviyeli kompozitlerin mekanik karakterizasyon sonuçları verilmiştir. Tüm işlemlerde ham ya da işlem görmüş lif takviyesi ile kompozitin sertliği artarken, plastik deformasyonda güçlü bir azalma görülmüştür. Kompozitlerin elastisite modülü, PLA'ninkinden yüksektir.

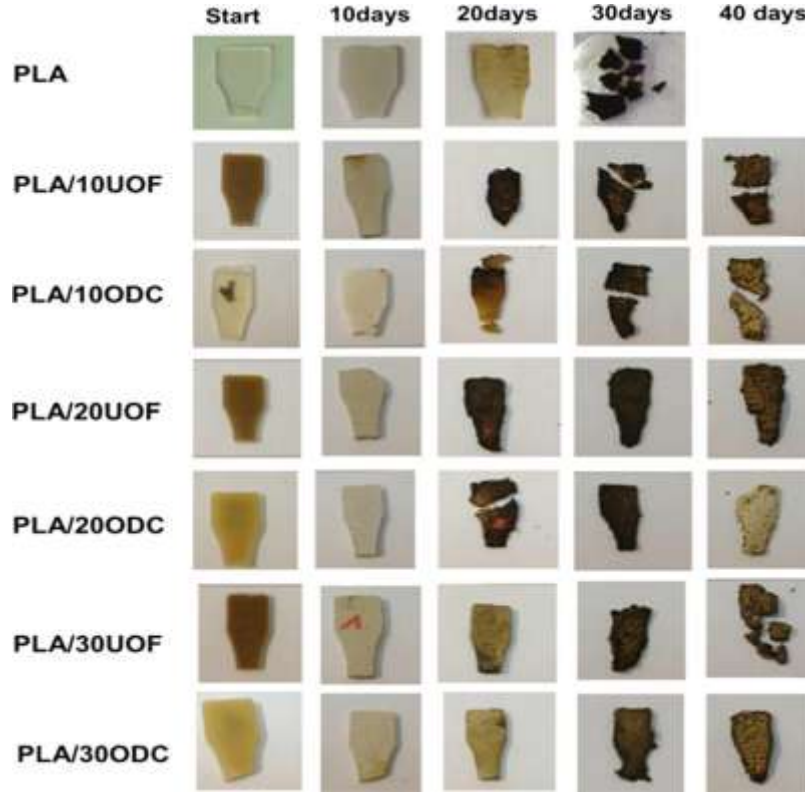
Yapılan çalışmalar selülozik takviyenin PLA'nın kristalinite derecesini artırdığını göstermiştir. Bu kristalin bölgelerin içerdiği fiziksel çapraz bağlar nedeniyle ölçülen elastisite modülünün artışına katkısı olabilir. Aynı zamanda, selüloz takviyesi ile PLA'nın artan kristalin bölgeleri, kompozitlerin gerilme dayanımlarını sınırlayıcı daha kırılabilir PLA özelliği yaratabilir. Emilen nem de, daha yüksek bir sıcaklıkta PLA ara yüzey mukavemetinde olası bir azalma ve bunun bir sonucu olarak kompozitin gerilme mukavemetinin düşmesine neden olabilir (Fortunati vd., 2013).

**Tablo 4.7:** Bamyalı lifli takviyeli kompozitlerin mekanik karakterizasyon sonuçları (Fortunati vd., 2013).

Malzeme	Young Modülü (MPa)	Kopma Mukavemeti (MPa)	Kopma Uzaması (%)
PLA	2,829±41	51,5±0,7	4,2±0,6
PLA/10 UOF	4,029±368	55,1±2,3	2,0±0,1
PLA/20 UOF	4,149±122	54,1±1,5	2,2±0,3
PLA/30 UOF	4,633±275	58,4±1,9	1,9±0,2
PLA/10 ODC	3,431±155	48,6±1,9	2,7±0,4
PLA/20 ODC	3,985±138	51,7±1,6	2,1±0,2
PLA/30 ODC	3,861±167	58,4±2,8	2,1±0,3

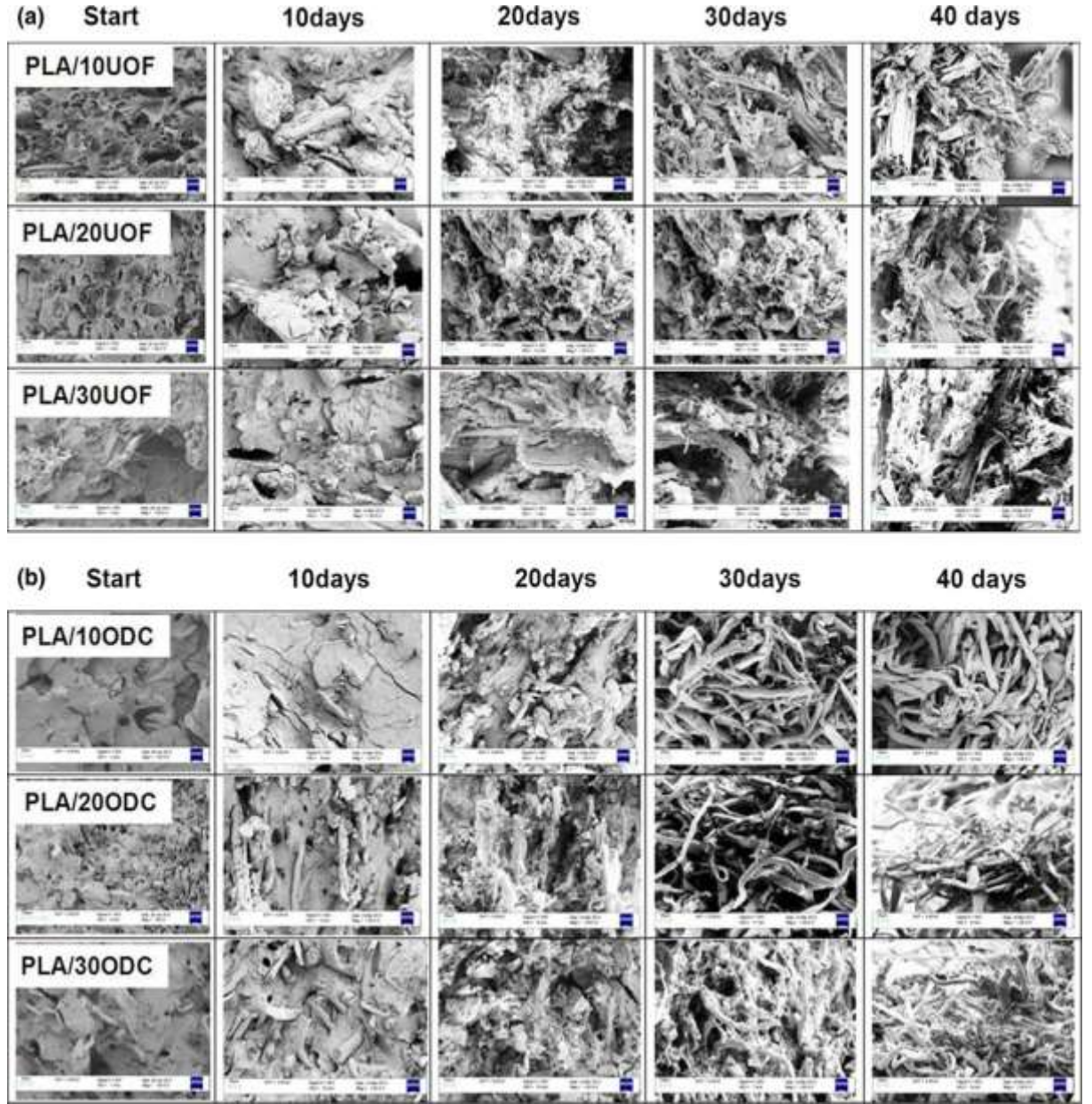
Fortunati vd. (2013), kompost koşullarındaki PLA ve PLA/bamyalı kompozitlerin dezentegrasyon kabiliyetini ilk olarak görsel gözlemle değerlendirmiştir.

40 güne kadar geçen zaman içinde farklı lif hacimlerindeki PLA ve PLA/bamya kompozitlerin toprağa gömme testi ile yavaş yavaş ayrışma etkisi Şekil 4.24' de gösterilmiştir (Fortunati vd., 2013).



**Şekil 4.24:** Farklı bozulma zamanlarında PLA ve PLA / bamya kompozitlerin fotoğrafları (Fortunati vd., 2013).

Bu sonuçlar incelendiğinde görülmektedir ki; örnekler 10 gün sonra renk değiştirerek daha opak hale gelmeye ve 20 gün sonra belirgin kırıklarının varlığı ile ciddi bir yüzey deformasyonu göstermeye rağmen başlar. 20 gün sonra bu etki, ağırlığının %10 ve %20'sini ham ve işlem görmemiş lifler ile takviye edilen kompozitlerde daha belirgin olup, ağırlıkça %30 lif içeren kompozitler daha stabil kalmıştır. Örneklerdeki renk değişikliği, polimer matrisinin su emme ve/veya hidrolitik işlem ile oluşturulan ürünlerin varlığının bir sonucu olarak, numunenin kırılma indisinde bir değişikliğe uğradığı ve böylece hidrolitik bozunma işleminin başladığının bir göstergesi olabilir. Biyolojik bozunma testi göstermektedir ki tüm malzemeler 30 gün sonra gözle görülür bir şekilde dağılmıştır ve çok az kalıntı kalmıştır (Fortunati vd., 2013).



**Şekil 4.25:** Ham ve işlem görmüş bamyalı liflerinin farklı miktarlarda kullanılmasıyla elde edilen kompozitlerin bozunmalarının farklı adımlarının SEM görüntüleri a) UAF b) ODC (Fortunati vd., 2013).

Bu sonuçlar Şekil 4.25’de gösterilen SEM gözlemleri ile teyit edilmiştir. 10 gün sonra ara fazda PLA matrisin varlığı henüz açıktır. PLA matrisin belirgin gevrekliği 20. günden itibaren başlayarak SEM gözlemleri ile vurgulanmış, 30 ve 40 gün sonra sadece lifli yapıların varlığı tespit edilmiştir. ODC (Şekil 4.25 b)) ile yüklü PLA/bamyalı kompozitlerinde su emmesi sonucu daha zayıf bir matris/lif etkileşimi olduğu, bu etkisinin UAF’de daha az olduğu görülmüştür (Fortunati vd., 2013).

PLA ve PLA/30 ODC hariç tüm PLA tabanlı sistemler için, bozunma 10 güne kadar sabit olup, 20 gün sonra %60 seviyesine ulaşır ve 30 gün sonra %80' dir. PLA ve PLA/30 ODC'de de 20 gün sonra bozunma %20-25 olup, 30 gün sonra %80'e ulaşır. Ayrıca, 40 gün sonra ölçülen liflerin son miktarı da, kompozitlere takviye edilen ilk değerlerinden daha düşüktür (Fortunati vd., 2013).

## 5. MATERYAL VE METOT

### 5.1 Materyal

Bu çalışmada kullanılan bamya bitkisinin sap ve dal kısımları Denizli ilindeki tarım üreticilerinden tedarik edilmiştir. Kullanılan kimyasallar, bu kimyasalların üretici firmaları ve lot numaraları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 5.1:** Lif üretiminde kullanılan kimyasallar, üretici firmaları ve lot numaraları

Kimyasalın adı	Lot numarası	Üretici firma
Sodyum Karbonat	TK.170 0530.01000	Tekkim
Sabun Çözültisi (Boutron-Boudet)	F.O: 22/2,4	Norateks Kimya
Sodyum Hidroksit	TK. 170510.01000	Tekkim
Hidrojen Peroksit	TK.080220.01000	Tekkim
Sodyum Silikat	KIM-SSL/01CP/101005	Kimetsan
Pulpyzyme HC	CKN00120	Novozymes
Asetik Asit Çözültisi	-	Emboy

Pulpyzyme; hemiselülozu depolimerize ederek lignin ve karbohidratlar arasındaki kovalent bağı koparan bir ksilanazdır. Depolimerize edilen hemiselüloz ve ayrıştırılan lignin yıkama sırasında uzaklaştırılır. Selülaz enzim kompleksleri üç ana kısımdan oluşur: Endoglukanazlar, cellobiohidrolazlar ve b-glukosidazlar. Endoglukanazlar selüloz zincirine rastgele saldırır, cellobiohidrolazlar selüloz zincirini indirgenmeyen tarafından hidrolize ederler ve b-glukosidazlar, selülozu biozoglukoza hidroliz eder (Reddy ve Yang, 2005).

Deionize su; iyonlarından arındırılmış saf sudur.



## 5.2 Metot

Bu çalışmada Denizli ilinden toplanmış bamya bitkisinin sap ve dal kısımlarından lif elde etmek için biyolojik yöntemlerden soğuk suda çürütme işlemi uygulanmış ve elde edilen lifler çeşitli kimyasal işlemlere tabi tutulmuştur.

### 5.2.1 Numune üretimi

Bitkisel selüloz doğada saf halde bulunmadığından yapısındaki lignin, hemiselüloz, pektin gibi selüloz liflerini birbirine bağlayan bitkisel maddelerin uzaklaştırılması gerekir. Sulu ortamda bitkisel malzemeler üzerinde çoğalan mikrobik canlılar, selüloz dışındaki bitkisel maddeleri (hemiselüloz, lignin ve pektin) bozundurarak selülozik liflerin ayrılmasına neden olur. Bu işlem suda çürütme olarak adlandırılmaktadır (Yılmaz, 2013).

Suda çürütme işlemini gerçekleştirmek için Şekil 5.1’ de gösterildiği gibi bamya bitkisinin sap ve dalları kesilerek plastik şişelere mümkün olduğu kadar çok miktarda sığacak şekilde yerleştirilmiş ve liflerin üzerini tamamen kapatacak şekilde su ile doldurulmuştur. Bamya sap ve dalları ilk olarak 2 hafta soğuk suda bekletilmiştir.



**Şekil 5.1:** Bamya bitkisinin suda çürütülmesi

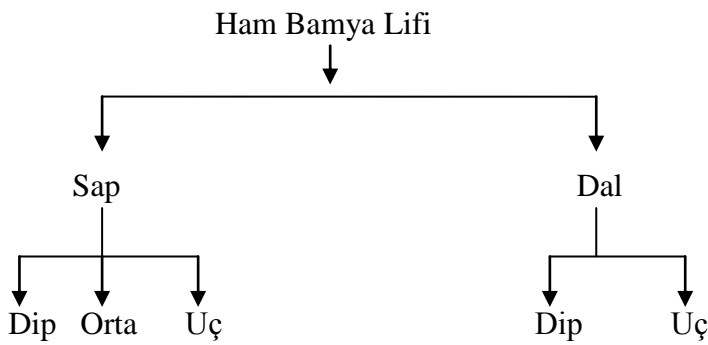


**Şekil 5.2:** a) Odunsu kısımlarından ayrılarak elde edilmiş bamya lifleri b) Bamya liflerinin kurutulması

2 hafta sonunda bamya bitkisinin sap ve dal kısımları plastik şişelerden boşaltılıp, iyice temizlenene kadar yıkanmış ve yabancı maddelerden ayrılarak lifler elde edilmiştir (Şekil 5.2). İç kısımdaki odunsu yapı sudan etkilenmediğinden lifler soyularak odunsu kısımdan ayrılmıştır.

Elde edilen 5 ayrı ham lif grubu (sap dip, sap orta, sap uç, dal dip ve dal uç) iyice yıkandıktan sonra mümkün olduğu kadar açılarak kurutma kâğıdının üzerine ortam sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır.

Lif eldesi için bitkinin toplam 5 kısmı kullanılmış ve 5 ayrı lif grubu elde edilmiştir. Bunlar 5 lif grubunu Şekil 5.3’ de gösterildiği gibi sap dip, sap orta, sap uç, dal dip, dal uç oluşturmaktadır.



**Şekil 5.3:** Bamya bitkisinin farklı kısımlarından lif elde edilmesi



**Şekil 5.4:** a) Elde edilen 5 çeşit ham bamyalı lifleri b) Liflere kimyasal işlem uygulama aşaması

2 gün bekleyerek iyice kuruyan 5 ayrı lif grubuna (Şekil 5.4 a)) çeşitli kimyasal ve enzimatik işlemler uygulanarak 32 adet lif grubu elde edilmiştir (Şekil 5.4 b)).

Kimyasal işlemler 5 ayrı lif grubuna (sap dip, sap orta, sap uç, dal dip, dal uç) ayrı ayrı uygulanmıştır. Son 2 enzim işlemi sadece sap orta lif grubuna uygulanmıştır. Böylece 32 adet numune elde edilmiştir. Her bir numune için 2 gram lif ayrılmıştır. Flotte oranı 1:50 dir. Uygulanan kimyasal ve enzimatik işlemler sırayla aşağıdaki gibidir:

*1)* İlk kimyasal işlem olarak ham lif grupları (sap dip, sap orta, sap uç, dal dip, dal uç) 3 g/l sodyum karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) ile işlem görmüştür. Bu işlem için deneme başına 2 g lif ayrılmıştır, ancak sap orta kısmına 2 adet enzimli işlem ekstradan uygulanacağı için 6 g lif kullanılmıştır. Flotte oranı 1:50 olduğu için sap dip, sap uç, dal dip ve dal uç için 100'er ml'den toplam 400 ml; 6 g sap orta için de 300 ml su hazırlanarak toplam 700 ml deionize su kullanılmıştır. Deionize su 700 ml olacağı için kullanılması gereken kimyasal miktarı 3 g/l'den 2,1 g olarak hesaplanmıştır. Bu miktar 700 ml deionize su ile karıştırılıp ayrı beherlerde bulunan lif gruplarına hesaplanan su miktarları kadar paylaştırılmıştır.

Bu şekilde hazırlanan beherlerdeki  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  çözeltisi içindeki lifler  $80^\circ\text{C}$  sıcaklıktaki etüvde 1 saat bekletilmiştir. 1 saatin sonunda çıkarılıp 5'er defa durulanmış ve kurutma kâğıdı üzerine bırakılmıştır.

Bu kimyasal işlem sonunda 5 ayrı lif grubundan 2'şer gram lif kurumaya bırakılıp, 4 gram fazla olan sap orta lifleri enzimle muamele işleminde kullanılmak üzere alınmıştır.

2) İkinci kimyasal işlem adımı sodyum karbonat ve sabun çözeltisi ile muameledir. Bu kez, bu adımdan sonra uygulanacak 3 kimyasal işlemde de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun ile muamele edilmiş lifler kullanılacağından her lif grubundan (sap dip, sap orta, sap uç, dal dip, dal uç) 8'er gram lif ayrılmıştır. Flotte oranı yine 1:50' dir. Kullanılan kimyasallar 3 g/l  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ve 6,5 g/l sabun çözeltisidir. 5 ayrı lif grubundan 8'er gram lif kullanılacağı için toplam lif miktarı 40 gramdır. Buna göre; bu adım için 2000 ml deionize su kullanılmıştır. Kimyasalların miktarı da suya göre ayarlanınca; 3 g/l'den 6 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ve 6,5 g/l'den 13 gram sabun kullanılmıştır. Bu şekilde hazırlanan çözelti, ayrı beherlerde bulunan lif gruplarına 400 ml olacak şekilde paylaştırılmıştır. 80° C etüvde 1 saat bekletildikten sonra 5'er kez temiz su ile durulanıp, her lif grubundan 2'şer gram lif kurutma kağıdının üzerine bırakılmıştır. Kalan 6'şar gram lifler de diğer adımlarda kullanılmak üzere ayrılmıştır.

3) Bu adımda  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ve sabun ile muamele edilmiş 5 ayrı lif grubundan 4'er gram lif sodyum hidroksit ile işlem görmüştür. 4'er gram alınan lif grupları için flotte oranı 1:50' den 200'er ml deionize su ve 12 g/l'ten 12 gram NaOH kullanılıp, 80° C etüvde 1 saat bekletilmiştir. Etüvden alınan lifler 1 kez suyla durulanıp, önceden hazırlanan %10'luk asetik asit çözeltisinde 5 dakika bekletilmiş ve sonra 5'er kez temiz su ile durulanmıştır. Asit çözeltisi flotte oranı 1:10 olacak şekilde; 225 ml deionize su ve 25 ml asetik asit kullanılarak hazırlanmıştır. Bu 250 ml'lik çözelti her lif grubuna 50 ml olacak şekilde paylaştırılmıştır. Her gruptan 2'şer gram lif kurutma kâğıdının üzerine bırakılmıştır. 2'şer gramı ise 5. adımda hidrojen peroksit ile işlem görmek için ayrılmıştır.

4) 2. Adımda  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ve sabun ile işlem görmüş 8'er gram lif grubu elde edilmişti. Bu lif gruplarının 2'şer gramı başka bir işlem görmeyeceği için kurumaya bırakılmış, kalan 6'şar gramdan 4'er gramı 3. Adımda kullanılmış ve son kalan 2'şer gramı da bu adımda hidrojen peroksit ile muamele edilmiştir. 3. adımda 3 g/l  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ve 6,5 g/l sabun ile 80° C etüvde 1 saat muamele edilmiş lifler, bu adımda %1  $\text{H}_2\text{O}_2$  ve 10 ml/l sodyum silikat ile yine 80° C etüvde 1 saat işlem görmüştür. Bunun için 20 mg  $\text{H}_2\text{O}_2$  ve 1 ml sodyum silikat kullanılmıştır.

Çözeltinin pH'ı NaOH ile 9'a ayarlanmıştır. 1 saat sonunda etüvden alınan lifler 5'er kez temiz su ile durulanmış ve kurutma kâğıdının üzerine bırakılmıştır.

5) 4. adımda  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH ile işlem görmüş olan ve bu adım için ayrılan 2'şer gram 5 ayrı lif grubu, % 1  $\text{H}_2\text{O}_2$  ve 10 ml/l sodyum silikat ile  $80^\circ\text{C}$  etüvde 1 saat işlem görmüştür. Kullanılan peroksit miktarı 20 mg, sodyum silikat miktarı ise 1 ml' dir. Hazırlanan çözeltinin pH'ı NaOH ile 9'a ayarlanmıştır. Etüvden çıkan lifler temiz su ile 5'er kez durulanıp kurumaya bırakılmıştır.

6) Bu adımda 1. adımdan 4 gram ayırdığımız sap orta liflerinin 2 gramı %2'lik pulpyzyme ile, diğer 2 gramı da %8'lik pulpyzyme ile muamele edilmiştir. İlk olarak 3 g/l  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ile  $80^\circ\text{C}$  etüvde 1 saat işlem görmüş 2 gram lif için % 2'lik enzim çözeltisi hazırlanmış, flote oranı 1:50 olduğundan 2 gram life 100 ml deionize su ve 40 mg enzim kullanılmıştır. Hazırlanan çözelti ile lifler  $50^\circ\text{C}$  etüvde 1 saat işlem görmüştür. Daha sonra diğer 2 gram lif; 100 ml deionize su ve 160 mg enzimden oluşan %8'lik enzim çözeltisi ile  $50^\circ\text{C}$  etüvde 1 saat boyunca işlem görmüştür. Etüvden alınan lifler, önce enzim aktivitesinin sonlandırılması için kaynar suda 2-3 dakika bekletilmiş, sonra 5'er kez durulanmıştır. Böylece; ilk 5 adımdan 5'er adet lif grubundan toplam 25 adet numune ve son adımdan 2 adet numune elde edilmiştir. 5 adette ham lif grubu olduğu için toplamda 32 adet deney numunesine ulaşılmıştır.

**Tablo 5.2:** 32 adet bamyalı lifli numunesinin elde edilişi

Kimyasal İşlemler	Sap Dip	Sap Orta	Sap Uç	Dal Dip	Dal Uç
Ham	1	2	3	4	5
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	6	7	8	9	10
$\text{Na}_2\text{CO}_3$ + Sabun	11	12	13	14	15
$(\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Sabun}) + \text{NaOH}$	16	17	18	19	20
$(\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Sabun}) + \text{H}_2\text{O}_2$	21	22	23	24	25
$(\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Sabun}) + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_2$	26	27	28	29	30
$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Pulpyzyme} (\%2)$		31			
$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Pulpyzyme} (\%8)$		32			

Uygulanan bu kimyasal işlemler ve 32 adet numunenin elde edilişi Tablo 5.2'de gösterilmiştir. Çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde lif numunelerini göstermek için aşağıdaki numaralandırmalar kullanılacaktır.

### **5.2.2 Karakterizasyon**

Lif üretimi ve kimyasal işlem aşamalarından sonra, elde edilen 32 adet lif numunesinin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin ölçümü için çeşitli testler ve ölçümler yapılmıştır. Elde edilen liflerin, lineer yoğunluk ölçümü, elastisite modülü, kopma kuvveti, kopma mukavemeti, kopma uzaması, nem içeriği, nem alımı, renk özellikleri, lineer yoğunluğu, kimyasallara karşı dayanımı, FTIR analizleri ve morfolojik özellikleri (SEM) bakımından incelenmiştir. Numuneler incelenmeden önce 21°C sıcaklık ve %65 bağıl nem ortamında en az 24 saat bekletilmiştir.

#### **5.2.2.1 Lineer Yoğunluk Ölçümü**

Lifin birim uzunluğunun ağırlığı lineer yoğunluğunu verir. Tekstil liflerinde birim uzunluğun ağırlığı numaralandırma sistemi ile verilir ve bu çalışmada tex numaralandırma sistemi ile verilmiştir.

$$\text{Lifin Numarası (Tex)} = \text{Ağırlık (g)} \times 100000 / \text{Uzunluk (cm)}$$

Tex= 1000 metre elyafın gram cinsinden uzunluğudur.

Liflerin lineer yoğunluğu, ASTM D 1577-07 Tekstil liflerinin doğrusal yoğunluğu için test metotları standardına göre ölçülmüştür. Bu yöntemde 32 adet lif numunesinin her birinden 13'er tane 100'er cm'lik lif ayrılmıştır. Liflerin uzunluğu 100±5 cm'dir.

Bütün liflerin uzunluğu ölçüldükten sonra bu lifler kondisyonlu odada en az 24 saat süreyle bekletilmiştir. Sonra her lifin hassas terazide ağırlıkları ölçülmüştür (Şekil 5.5). Elde edilen bu uzunluk (cm) ve ağırlık (g) değerleri kullanılarak her lif grubundan 13'er adet olmak üzere lineer yoğunlukları bulunmuştur.

Daha sonra 32 lif grubu için 13 değerin ortalaması ve standart sapması alınıp, bu lif numunelerinin ortalama lineer yoğunlukları tex cinsinden hesaplanmıştır.



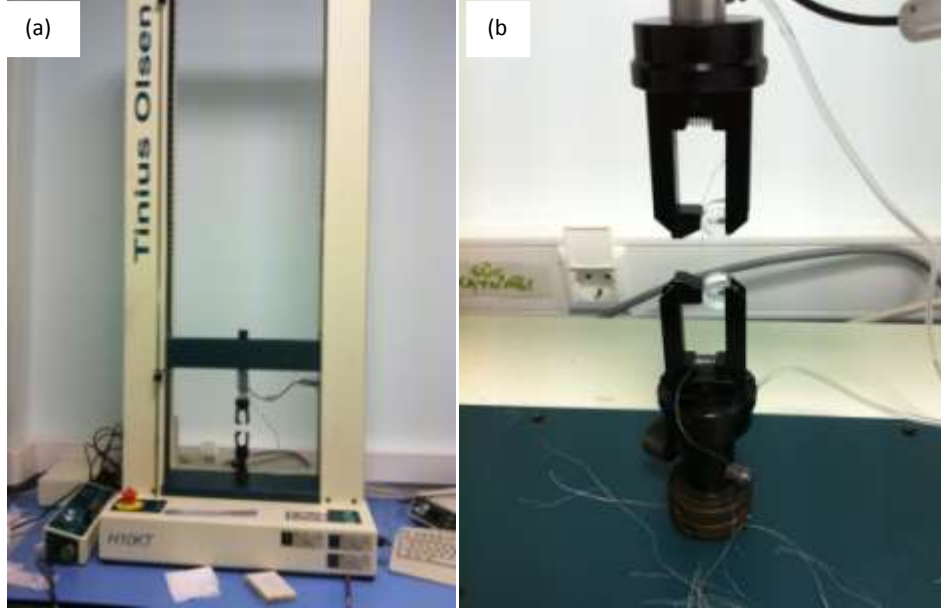
**şekil 5.5:** Lineer yoğunluk ölçüm aşaması a) Uzunluk ölçümü b) Ağırlık ölçümü

### 5.2.2.2 Mukavemet Ölçümü

Liflerin elastisite modülü, kopma kuvveti, kopma mukavemeti, kopma uzaması, ASTM D 3822 Tek tekstil lifleri için standart test metodu standardına göre ölçülmüştür. 32 lif numunesinin her birinden en az 26 lif ölçüme tabi tutulmuş; başlık hızı 1 mm/dakika, çeneler arası uzaklık 25 mm olarak ayarlanmıştır. 10 N'luk yük hücresi kullanılmış, esneme 15 mm alınmış ve ön yük kullanılmamıştır. Ölçüm, Tinius Olsen H10KT<sup>(R)</sup> cihazında QMat for Textiles<sup>(R)</sup> yazılımı ile gerçekteşirilmifitir (şekil 5.6).

Mukavemet ölçümleri için numara ölçümleri yapılan lifler kullanılmış ve elde edilen tex değerleri ile liflerin; elastisite modülü (N/tex), kopma kuvveti (N), kopma mukavemeti (N/tex) ve kopma uzaması (mm) olmak üzere 4 ayrı değer elde edilmiştir. Ayrıca her ölçüm için lifin kuvvet (N)-uzama (mm) grafiği de elde edilmiştir.

Ölçümler 32 adet lif numunesinden 26 değerin ortalaması ve standart sapması alınarak ortalama elastisite modülü, ortalama kopma kuvveti, ortalama kopma mukavemeti ve ortalama kopma uzaması değeri elde edilmiştir.



**Şekil 5.6:** a) Mukavemet cihazı b) Mukavemet cihazının çeneleri arasına yerleştirilmiş bamyaf lifi

### 5.2.2.3 Nem İçeriği Testi

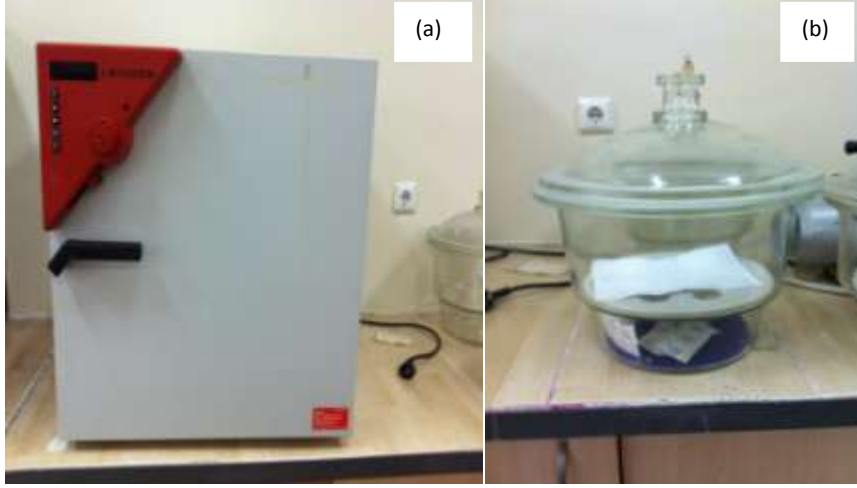
Bamyaf liflerin nem içeriği testi ASTM D2495 - 07 Etüvde kurutma ile pamuktaki nem miktarının ölçümü için standart test metodu standardına göre yapılmıştır.

Liflerin nem içeriğini bulabilmek için 32 adet lif grubundan 5'er tane 0,1'er gramlık numuneler tartılmış ve kondisyonlu odada en az 24 saat bekletilmiştir. Kondisyonlanan lifler, 105°C sıcaklıktaki etüvde en az 16 saat bekletilmiş, etüvden çıkan her lif desikatörde 1 dakika kadar tutulduktan sonra ağırlıkları alınmıştır (Şekil 5.7). Desikatör; nem tutucu olarak içine kalsiyum klorür konulan ve etüvde kurutulan lif numunelerinin havanın nemini almadan soğuması için kullanılan kapaklı cam kaptır. Etüvden çıktıktan sonra alınan ağırlık son ağırlıktır ve lifler içeresindeki nemi kaybettiği için ilk ağırlıktan düşüktür.

Aşağıdaki formül yardımı ile liflerin % nem içeriği bulunmuş, her lif grubu için ortalama ve standart sapma hesaplanmıştır.

$$\text{Nem İçeriği (\%)} = \left[ \frac{\text{İlk Ağırlık} - \text{Son Ağırlık}}{\text{İlk Ağırlık}} \right] \times 100$$





**Şekil 5.7:** Nem içeriği testinde kullanılan cihazlar a) Etüv b) Desikatör

#### 5.2.2.4 Nem Alım Testi

Bamya liflerinin nem alım testi EDANA 10.3.99 – ISO 9073-6.2000 standardına göre yapılmıştır. 32 adet lif grubundan 5'er tane olan 0,1'er gramlık lifler, behere doldurulan bir miktar deionize su içerisinde 1 dakika tutulmuş, bir cımbız yardımıyla sudan çıkarılıp suyun dışında 2 dakika tutulduktan sonra ağırlıkları ölçülmüştür (Şekil 5.8). Daldırma sırasında suyun seviyesinin liflerden 2 cm yukarıda olmasına dikkat edilmiştir. Fazla suyun atılması için liflere herhangi bir sıkma ya da sallama işlemi uygulanmamış, suyun dışında beklerken herhangi bir kağıdın üzerine bırakılmamıştır. Alınan ağırlıklar liflerin son ağırlığıdır ve bir miktar suyu emdikleri için ilk ağırlıktan fazladır. Bu nedenle aşağıdaki formül uygulanarak liflerin % nem alım oranları bulunmuştur.

$$\text{Nem Alımı(\%)} = \left[ \frac{\text{Son Ağırlık} - \text{İlk Ağırlık}}{\text{İlk Ağırlık}} \right] \times 100$$

Nem alım oranları hesaplanan liflerden yine her lif grubu için 5'er adet lifin ortalaması ve standart sapması alınıp, ortalama nem alım değerleri bulunmuştur.



**Şekil 5.8:** Nem alımı testinde suya daldırılıp çıkarılan bamyalı lifi

#### 5.2.2.5 Beyazlık Ölçümü

32 adet lif numunesinin beyazlık ölçümü için 7 parça mukavva üzerine lifler grup halinde, paralel, düzgün, yaklaşık 1 cm genişliğinde ve alttan mukavva görünmeyecek şekilde çift taraflı bant kullanılarak yapıştırılmıştır. Her mukavvaya 5 grup ve son 1 mukavvaya %2'lik ve %8'lik enzimle muamele görmüş sap orta lifleri yapıştırılarak, 32 adet lif grubu Şekil 5.9. a) da görüldüğü gibi renk ölçümü için hazırlanmıştır.

Beyazlık derecesi, Datacolor spectrophotometer (model: Data scan) renk ölçüm cihazında, D65/10° ölçüm açısı ile, Stensby beyazlık indeksi cinsinden ölçülmüştür (Şekil 5.9.b)). ASTM E 313-10 cihazla ölçülen renk koordinatlarından sarılık ve beyazlık indekslerinin hesaplanması için standart uygulama test metodu standardı kullanılmıştır. Sonuçların istatistiksel açıdan doğru yorumlanabilmesi için 32 adet lif grubundan 7'şer ölçüm yapılmış, ortalamaları ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Stensby beyazlık indeksi aşağıdaki denkleme göre belirlenmektedir:

$$WI_{(Stensby)} = L + 3a - 3b$$

Burada L; rengin açıklığını temsil ederken, a; rengin kırmızı/magenta ve yeşil arasındaki pozisyonunu, b ise; rengin sarı ve mavi arasındaki pozisyonunu temsil etmektedir (Yılmaz, 2013).



**Şekil 5.9:** a) Renk ölçümü için hazırlanan bamyalı lifleri b) Datacolor renk ölçüm cihazı

#### **5.2.2.6 Liflerin Kimyasallara Karşı Dayanıklılıklarının Test Edilmesi**

Bu yöntemde ham liflerin (sap dip, sap orta, sap uç, dal dip, dal uç) asitlere, bazlara ve çözücülere karşı dayanıklılıkları test edilmiştir. ASTM D 543-87 Plastiklerin kimyasal malzemelere karşı dayanımı için standart test metodu standardına göre test edilmiştir.

Bu işlemde 9 farklı kimyasal işlem grubu 5 çeşit life uygulanacağından; 5 çeşit ham liften 9'ar tane 0,1'er gram lif tartılıp kondisyonlu odada en az 24 saat bekletilmiştir.

Asit olarak; %10 hidroklorik asit, %40 nitrik asit, %8 asetik asit, baz olarak; %10 sodyum hidroksit, %10 amonyum hidroksit, %20 sodyum karbonat, çözücü olarak; benzen, tolüen ve su kullanılmıştır.

9 kimyasaldan ayrı ayrı 300 ml'lik çözeltiler hazırlayıp 5 çeşit life 50 ml düşecek şekilde paylaştırılmış, toplam 45 adet beher kullanılmıştır. Flotte oranları 1:50'dir. Çözeltiler hazırlanırken deionize su kullanılmıştır. Kimyasal çözeltilerinin liflerin üzerini iyice kapatmasına dikkat edilmiştir. 24 saat bekletildikten sonra temiz suyla iyice durulanmış ve kurutma kağıdının üzerine bırakılmıştır. Son olarak 24 saat boyunca kuruyan liflerin son ağırlıkları alınmış aşağıdaki formül yardımı ile liflerin ağırlık kayıpları yani kimyasallara dayanıklılığı hesaplanmıştır.

Kimyasala bağlı ağırlık kaybı (%) =  $[(\text{İlk Ağırlık} - \text{Son Ağırlık}) / \text{İlk Ağırlık}] \times 100$



**Şekil 5.10:** Bamyalı liflerinin kimyasallara karşı dayanımlarının ölçümü

### **5.2.2.7 FTIR–ATR Ölçümleri (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi-Fourier Transform Infrared Spectroscopy)**

Liflerin FTIR diyagramları, toz haline getirilmiş numunelerin Shimadzu IR-470 spektrofotometre cihazında KBr (potasyum bromür) pellet tekniği ile elde edilmiştir. 5,0 mg toz haline getirilmiş numune ve 20,0 mg KBr bir disk haline getirilmiş ve IR ölçümleri alınmıştır.

Kızılötesi (IR) spektroskopi atomlar arasındaki bağları analiz ederek molekülleri tanımlamaya yarayan bir tekniktir. Her kimyasal bağ kendine has bir frekansta titreşir. Bir moleküldeki bir grup atom (mesela CH<sub>2</sub>) bağların esneme ve bükülme hareketlerinden dolayı birden fazla titreşim moduna sahip olabilir. Çoğu molekülün titreşim frekansları, kızılötesi ışığın frekanslarına denk düşer (Beşergil, 2013).

Genellikle bu teknik 4000-400cm<sup>-1</sup> frekans aralığındaki orta-kızılötesi ışınım kullanarak organik bileşikler analiz etmekte kullanılır. Örneğin soğurduğu tüm frekanslar kaydedilir. Bu tayf kullanılarak örneğin içeriği ve saflığı hakkında bilgi edinilebilir. ATR tekniği polimer, köpük, tekstil, boya, sıvı gibi kaplama maddelerin analizlerinde oldukça etkindir. Bu yöntem ile moleküler bağ karakterizasyonu yapılarak; katı, sıvı, gaz veya çözelti halindeki organik bileşiklerin yapısındaki fonksiyonel gruplar, iki bileşiğin aynı olup olmadığı, yapıdaki bağların durumu, bağlanma yerleri ve yapının aromatik yada alifatik olup olmadığı belirlenebilir (Beşergil, 2013).

Bu çalışmada ham ve kimyasal işlem gören toplam 32 adet lif numunesinin IR ölçümleri yapılmış, lif kısımlarına göre gruplandırılarak 5 grafikte gösterilmiştir.

#### **5.2.2.8 SEM Analizleri (Scanning Electron Microscope-Taramalı Elektron Mikroskobu)**

İnsan gözünün çok ince ayrıntıları görebilme olanağı sınırlıdır. Bu nedenle görüntü iletimini sağlayan ışık yollarının mercekle değiştirilerek, daha küçük ayrıntıların görülebilmesine olanak sağlayan optik cihazlar geliştirilmiştir. Taramalı elektron mikroskobu, elektronik ve optik sistemlerin birlikte kullanımı ile, yüksek büyütme oranlarında üzerinde işlem ve analizler yapılabilen görüntülerin elde edildiği bir mikroskop çeşididir. SEM’de numune mikroyapısı, bir elektron demeti tarafından yüzeyin taranması ile incelenir. Çok yüksek ayırım gücü ve alan derinliği değerlerinde yüzey taraması gerçekleştirilir. SEM görüntülerinin en önemli özelliği, numunedeki mikro yapısal oluşumların yüksek netlik ile 3 boyutlu olarak görüntülenebilmesidir. SEM’de elde edilecek netlik derinliği  $\times 10^3$  büyütmede  $\times 10$  mikrometre seviyelerinde iken,  $\times 10^4$  büyütmelerde ise  $\times 1$  mikrometre seviyelerindedir (Kaya, 2014).

#### **5.2.2.9 İstatistiksel Analiz**

Uygulanan kimyasal işlemlerin, liflerin bu çalışmada ölçülen fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerine etkisinin olup olmadığını yorumlamak için istatistiksel tekniklerden Tek Etkenli ve Yinelemeli Çift Etkenli ANOVA Varyans Analizi kullanılmıştır. Alfa değeri 0,05 alınmıştır.

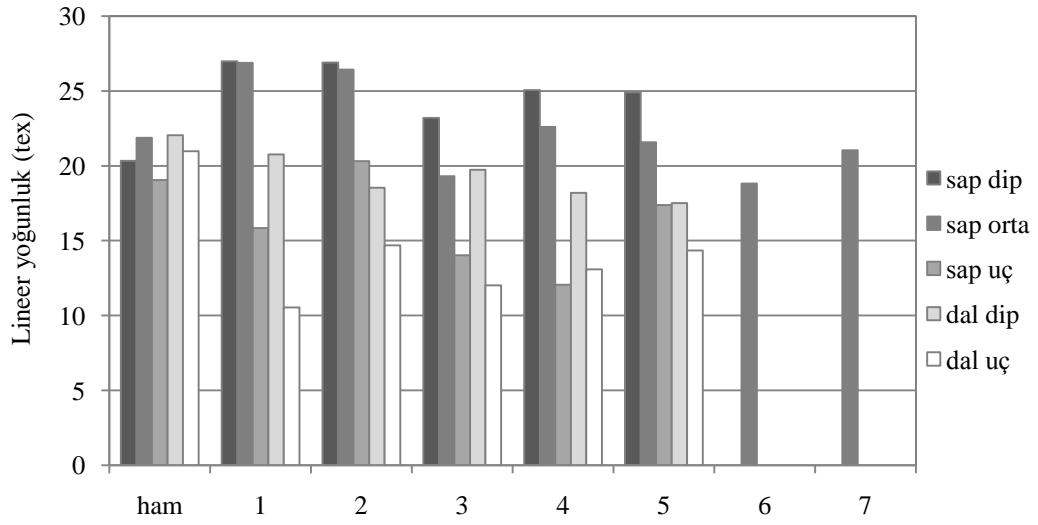
## 6. BULGULAR

### 6.1 Bamyalı Liflerinin Lineer Yoğunluk ve Beyazlık Ölçümü Sonuçları

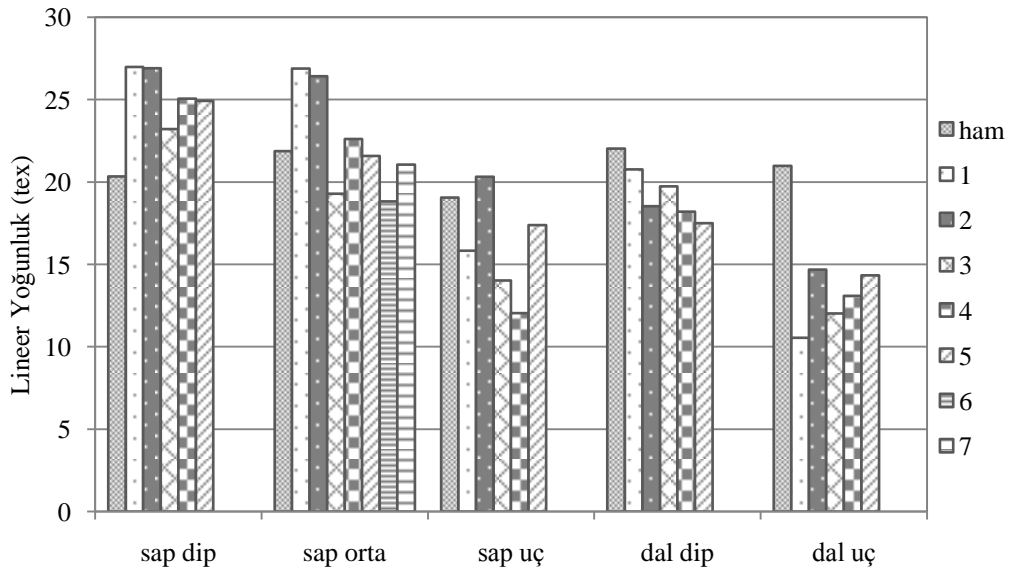
32 adet bamyalı lifi numunesinin numara ve beyazlık ölçümleri yapılmış, sonuçlar Tablo 6.1’de gösterilmiştir.

**Tablo 6.1:** Bamyalı liflerinin lineer yoğunluk ve beyazlık ölçüm sonuçları

Numune	Lineer Yoğunluk (Tex)			Beyazlık		
	Ortalama	Std. Sap.	% CV	Ortalama	Std. Sap.	% CV
1	20,34	7,09	34,86	23,68	1,56	6,6
2	21,88	6,85	31,32	22,01	2,01	9,14
3	19,05	6,53	34,31	36,47	1,91	5,24
4	22,04	5,1	23,15	24,19	10,3	4,61
5	20,98	5,65	26,94	28,45	0,58	2,04
6	26,99	2,76	10,22	25,01	3,21	12,82
7	26,88	2,76	10,27	22,05	2,62	10,25
8	15,84	4,31	27,25	31,58	1,32	4,18
9	20,77	4,19	20,2	31,7	2,24	7,08
10	10,54	3,23	30,67	28,5	2,29	8,06
11	26,9	3,87	14,38	25,32	2,04	8,08
12	26,42	4,26	16,12	30,6	1,77	5,79
13	20,32	4,69	23,09	34,38	2,6	7,57
14	18,53	4,22	22,8	21,89	4,09	18,71
15	14,69	4,05	27,6	37,88	4,9	12,95
16	23,21	4,03	17,37	24,53	4,19	17,1
17	19,3	2,83	14,66	16,58	3,98	24,05
18	14,02	2,87	20,46	27,8	4,06	14,61
19	19,73	4,06	20,58	27,66	1,54	5,58
20	12,02	3,39	28,26	24,36	1,55	6,37
21	25,06	5,49	21,93	28,8	2,04	7,1
22	22,61	5,38	23,81	36,4	1,82	5,01
23	12,05	3,36	27,89	46,6	2,77	5,94
24	18,2	5,42	29,8	46,16	2,66	5,78
25	13,09	2,69	20,54	44,91	4,59	10,22
26	24,92	8,29	33,28	24,64	2,98	12,1
27	21,58	5,33	24,73	28,11	4,04	14,37
28	17,38	5,94	34,2	37,16	1,95	5,24
29	17,51	5,81	33,17	24,9	1,94	7,81
30	14,34	4,24	29,57	26,25	1,3	4,96
31	18,82	5,91	31,4	29,52	1,28	4,36
32	21,05	6,54	31,09	25,55	3,97	15,57



**Şekil 6.1:** Farklı kimyasal işlemler uygulanan liflerin lineer yoğunluğu üzerinde lifin elde edildiği bamyta bitkisi kısmının etkisi. 1:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 2:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun, 3:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH 4:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+ $\text{H}_2\text{O}_2$  5:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH+  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; 6: %2 enzim; 7: %8 enzim



**Şekil 6.2:** Uygulanan kimyasal işlemlerin bamyta bitkisinin farklı kısımlarından elde edilen liflerinin lineer yoğunluğu üzerindeki etkisi. 1:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 2:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun, 3:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH 4:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+ $\text{H}_2\text{O}_2$  5:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH+  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; 6: %2 enzim; 7: %8 enzim

Şekil 6.1' e göre genel olarak daldan elde edilen lifler, saptan elde edilen liflere nazaran daha düşük lineer yoğunluğa sahiptir. Saplar ve dallarda ise dip kısımdan uç kısma çıktıkça bir incelmeye gözlenmektedir.

Şekil 6.2' ye göre uygulanan kimyasal işlem adımları genellikle liflerin lineer yoğunluğunda düşüşe sebep olmuşken, bazı yerlerde görülen kalınlaşmalar liflerin birbirlerine yapışması sonucu tek tek ayrılamamasından kaynaklanmış olabilir. De Rosa vd. (2011) de, yaptıkları çalışmada ham bamyaya sapı liflerinin çapının, çeşitli kimyasal işlemlere tabi tutulmuş liflere nazaran daha ince olduğunu bildirmişlerdir. Bu durum, bamyaya sapı liflerinin pamuk lifleri gibi tek bir liften değil, birbirine selülozik olmayan maddelerle bağlı lif demetlerinden oluşması nedeniyle gerçekleşmiş olabilir. Ham ve işlem görmüş bamyaya lifleri demetleri arasında, liflerdeki ayrılma özelliklerindeki farkın rol oynamış olması muhtemeldir.

### 6.1.1 Lineer Yoğunluk Ölçümlerinin İstatistiksel Çözümleme Sonuçları

Ham bamyaya sap liflerinin dip, orta ve uç kısımlarının lineer yoğunluk ölçüm sonuçları kendi aralarında karşılaştırıldığında en ince liflerin sapın uç kısmında bulunduğu ancak aralarında anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür ( $p=0,57$ ). Aynı şekilde ham bamyaya dal liflerinin dip ve uç kısımları karşılaştırıldığında 20,98 tex değeri ile uç kısmındaki liflerin daha ince olduğu, ancak dip ve uç arasında istatistikî açıdan anlamlı bir fark saptanmamıştır ( $p=0,62$ ).

Ham liflerin tüm sap ve dallarının dip ve uç kısımları karşılaştırıldığında da yine istatistikî açıdan anlamlı bir fark görülmemiştir ( $p=0,29$  ve  $p=0,49$ ). Genel olarak bamyaya lifleri ham iken düzgün bir şekilde tel tel ayrılmış ve bu nedenle ince lifler elde edilmiştir. En ince ham lif 19,05 tex değeri ile sapın uç kısmından elde edilmiş ve dal uç ile yakındır.

Soda ile ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) işlem görmüş sap liflerinin dip, orta ve uç kısımlarının lineer yoğunluk ölçüm sonuçları kendi arasında kıyaslandığında, dip ve orta kısımların değerleri birbirine çok yakınken, uç kısmının 15,84 tex ile bariz bir şekilde ince olduğu, yani soda ile işlem görmüş sap liflerinin numaraları arasında istatistikî açıdan anlamlı bir fark olduğu görülmüştür ( $p=8,49*10^{-11}$ ). Aynı durum dal lifleri arasında da geçerlidir ( $p=3,41*10^{-7}$ ).



Soda ile işlem görmüş bamyap sap ve bamyap dal lifleri kıyaslandığında ise en ince liflerin 10,47 tex ile dal uç olduğu ve sap ile dal arasında istatistiki açıdan anlamlı bir fark bulunduğu saptanmıştır ( $p=9,18*10^{-7}$ ).

Soda ile işlem görmüş ve ham liflerin lineer yoğunlukları birbiri ile kıyaslandığında, sodalı sap ve dal liflerinin ham sap ve dal liflerinden daha ince olduğu görülmüştür ( $p=0,023$  ve  $3,66*10^{-5}$ ). Sadece sap dip ve sap orta kısımlarında biraz kalınlaşma görülmüştür. Bunun nedeni; soda ile işlem gören lifler bir miktar birbirine yapıştığı için, ölçüm yaparken liflerin tam olarak tek tek ayrılamaması sonucu ve bir miktar kalın çıkmış olması olabilir. Ancak sodanın bamyap liflerinin sap ve dal kısımlarını inceltici bir etki gösterdiği açıktır.

Soda+sabun ile işlem görmüş sap ve dal liflerinin dip, orta ve uç kısımları kendi aralarında karşılaştırıldığında, özellikle uç kısımların inceliğinden dolayı istatistiki açıdan anlamlı bir fark görülmüştür ( $p=0,0004$  ve  $p= 0,02$ ). Ayrıca soda+sabun ile işlem görmüş sap liflerinin tümü, yine aynı işlemde geçmiş dal liflerinin tümü ile karşılaştırıldığında  $p=2,77*10^{-7}$  ile anlamlı bir fark görülmüş ve soda+sabunlu lifler arasında en ince lif 14,69 tex ile dal uç olmuştur.

Soda+sabun ile işlem görmüş sap lifleri ham sap lifleri ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak bir fark saptanmış ( $p=0,002$ ), ancak liflerin incelmesi beklenirken hafif bir kalınlaşma gösterdiği bunun nedeninin de liflerin birbirine yapışması olduğu söylenebilir. Soda ve sabun ile işlem görmüş dal lifleri ham dal lifleri ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak bir fark saptanmış ( $p=0,0005$ ) ve dal liflerinin incelmeği görülmüştür.

Sadece soda ile işlem görmüş liflerin numarası soda+sabun ile işlem görmüş liflerin lineer yoğunlukları ile karşılaştırıldığında istatistiki açıdan anlamlı bir fark görülmemiştir ( $p=0,13$  ve  $p=0,38$ ). Buna göre lifin incelmesine asıl katkıyı ilk aşama olan soda ile muamelenin sağladığı söylenebilir.

Soda+sabun+kostik ile işlem görmüş sap ve dal liflerinin dip, orta ve uç kısımları kendi içinde karşılaştırıldığında anlamlı bir fark bulunmuştur ( $p=1,26*10^{-7}$  ve  $p=2,22*10^{-5}$ ).

Ayrıca sap ve dal lifleri birbiriyle karşılaştırıldığında da istatistiksel açıdan anlamlı bir fark görülmüş ( $p=0,008$ ) ve en ince lifin 12,02 tex ile dal uç olduğu görülmüştür. Sapta da, dalda da dipten uca doğru çıkıldıkça lifler incelmıştır.

Ham lifler ile soda+sabun+kostik ile işlem görmüş lifler karşılaştırıldığında sap kısmında  $p=0,19$  ile istatistiki açıdan anlamlı bir fark görülmezken, dal kısımlarında farka rastlanmıştır ( $p=6,31*10^{-5}$ ).

Soda ile işlem görmüş lifler; soda+sabun+kostikle işlem görmüş liflerle kıyaslandığında sap kısmında  $p=1,47*10^{-7}$  değeri ile istatistiksel açıdan anlamlı bir fark görülürken, dal kısmında  $p=0,83$  değeri ile anlamlı bir fark görülmemiştir. Ancak her iki lif grubunda da işlem sonrası ortalama lineer yoğunluk değerinde bir miktar düşüş saptanmıştır.

Soda+sabunla işlem görmüş lifler, soda+ sabun+kostikle işlem görmüş liflerle kıyaslandığında sap kısmında  $p=6,54*10^{-9}$  değeri ile anlamlı bir fark görülmüş ve lifler incelmıştır. Dal kısımlarında ise yine ortalama lineer yoğunluk değerinde bir miktar düşüş saptanmış ancak istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p=0,5$ ). Buna göre kostik ile muamelenin de liflerin numarasında incelmeye neden olduğu söylenebilir.

Soda+sabun+peroksit ile işlem görmüş sap ve dal liflerinin dip, orta ve uç kısımları karşılaştırıldığında sap lifleri arasında anlamlı bir fark görülmezken dal lifleri arasında anlamlı bir fark saptanmıştır ( $p= 0,42$  ve  $p=0,005$ ). Ayrıca bu sap ve dal lifleri birbirleri ile karşılaştırıldığında da  $p= 2,27*10^{-7}$  değeri ile istatistiki açıdan anlamlı bir fark bulunmuş ve en ince lifler 12,05 tex değeri ile sap uç olmuştur.

Ham lifler, soda+sabun+peroksit ile işlem görmüş liflerle karşılaştırıldığında  $p= 0,7$  değeri ile sap kısımları arasında istatistiki açıdan anlamlı bir fark görülmezken,  $p= 7,16*10^{-5}$  değeri ile dal kısımları arasında anlamlı bir fark saptanmıştır. Liflerin genelinde peroksidin incelmeye neden olurken, sap dip kısmında yapışmadan dolayı hafif bir kalınlaşma görülmüştür ancak anlamlı düzeyde değildir.

Sadece soda ile işlem görmüş lifler, soda+sabun+peroksitle işlem görmüş liflerle karşılaştırıldığında sap lifleri  $p= 0,0007$  değeri ile anlamlı bir inceleme gösterirken, dal liflerinde  $p=0,99$  değeri ile anlamlı bir değişim olmamıştır. Dal liflerinde de ortalama lineer yoğunluk değerinde bir miktar düşüş bulunmuşsa da bu istatistiki olarak anlamlı değildir.

Soda+sabunla işlem görmüş lifler, soda+sabun+peroksitle işlem görmüş lifler ile karşılaştırıldığında sap liflerinde  $p= 2,83*10^{-5}$  ile anlamlı bir değişiklik saptanıp inceleme görülürken, dal liflerinde ortalama lineer yoğunluk değerinde bir miktar düşüş bulunmuş ancak anlamlı bir fark görülmemiştir ( $p=0,41$ ).

Soda+sabun+kostik ve soda+sabun+peroksit ile işlem görmüş liflerin sap ve dal kısımlarına bakıldığında  $p=0,26$  ve  $p=0,84$  değerleri ile anlamlı bir fark görülememiş ancak kostik ile muamele edilen liflerde ortalama lineer yoğunluk değerinde bir miktar düşüş bulunmuştur.

Soda+sabun+kostik+peroksit aşamalarının tümünden geçen liflere bakıldığında sap lifleri arasında  $p=0,02$  ile anlamlı bir fark görülürken, dal lifleri arasında  $p=0,12$  ile anlamlı bir farka rastlanmamıştır. Bu lifler birbirleri ile kıyaslandığında ise sap ve dallar arasında  $p=0,004$  ile anlamlı bir fark bulunmuş olup dal lifleri sap liflerinden daha incedir. Bu aşamaya ait en ince lifler ise 14,34 tex değeri ile dal uç lifleri olmuştur.

Ham lifler soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem görmüş liflerle kıyaslandığında sap liflerinde  $p=0,57$  ile anlamlı bir fark görülmezken; dal liflerinde  $p=0,0003$  ile anlamlı bir inceleme görülmüştür.

Sadece soda ile işlem görmüş lifler, soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem görmüş liflerle kıyaslandığında sap ve dal liflerinin numarasında anlamlı bir fark görülmemiştir ( $p=0,10$  ve  $p=0,83$ ). Buradan incelemeye büyük katkıyı sodanın yapmış olabileceği söylenebilir.

Soda+sabun ile işlem görmüş lifler, soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem görmüş liflerle kıyaslandığında sap lifleri arasında  $p=0,012$  ile anlamlı bir inceleme görülürken, dal liflerinde  $p=0,59$  ile anlamlı bir farka rastlanmamıştır.

Ancak uygulanan işlemler soda+sabun ile muamele görmüş liflerin ortalama lineer yoğunluk değerlerinde azalmaya sebep olmuştur.

Soda+sabun+kostik ile işlem görmüş lifler, soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem görmüş liflerle kıyaslandığında, sap lifleri arasında  $p=0,04$  ile anlamlı bir fark görülürken; dal lifleri arasında  $p=0,96$  ile anlamlı bir farka rastlanmamıştır. Yalnız bu fark liflerin kalınlaşması yönünde olmuştur. Buna göre peroksidin, üzerine kostik uygulanan liflerde incelmeye direkt bir katkı sağlamadığı söylenebilir.

Soda+sabun+peroksit ile işlem görmüş lifler soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem görmüş liflerle kıyaslandığında sap ve dal liflerinde istatistiki açıdan anlamlı bir fark görülmemiştir ( $p=0,29$  ve  $p=0,83$ ).

%2 ve %8 enzim ile işlem görmüş sap orta lifleri kendi arasında kıyaslandığında  $p= 0,37$  ile istatistiki açıdan anlamlı bir fark bulunmamış ve %2 enzim ile işlem gören lifler 18,02 tex ile daha ince çıkmıştır. Ortalama lineer yoğunluk değeri düşük enzim oranında işlem görmüş liflerde çıksa da bunun istatistiki anlamı yoktur. Bunun sebebi, lif incelik değerlerinde değişiklik olabilir. Enzim ile işlem gören lifler ham sap orta lifleri ile karşılaştırıldığında  $p=0,4$  ile istatistiki açıdan anlamlı bir fark ifade etmezken, sodalı sap orta lifleri ile karşılaştırıldığında  $p=0,001$  ile anlamlı bir incelmeye göstermiştir. Soda+sabun ile işlem görmüş sap orta lifleri enzimli liflerle karşılaştırıldığında  $p=0,004$  ile anlamlı bir fark görülmüştür. Soda+sabun+kostik ile işlem görmüş sap orta lifleri enzim ile işlem görmüş sap orta lifleri ile karşılaştırıldığında  $p= 0,54$  değeri ile anlamlı bir fark saptanmamıştır. Yine soda+sabun+peroksit ve soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem görmüş lifler enzim ile işlem görmüş liflerle kıyaslandığında sırasıyla  $p$  değerleri 0,27 ve 0,46 olup istatistiki açıdan anlamlı bir fark saptanmamıştır.

Uygulanan tüm kimyasal işlemlerin bamya lifinin lineer yoğunluğu üzerine etkisine bakıldığında; aslında lifler kimyasallarla işlem görmesi sonucu bir miktar incelmekte ancak lifler işlem gördüğü sürece birbirine dolanıp yapıştığı için tek tek ayırmak zorlaşmakta, işlem görmüş liflerin ham liflere göre daha kalın çıktığı aşamalar bundan kaynaklanmaktadır. Ham lifler işlem görmüş liflere göre daha kalındır ancak daha kolay bir şekilde kopmadan tel tel ayrılmaktadır.

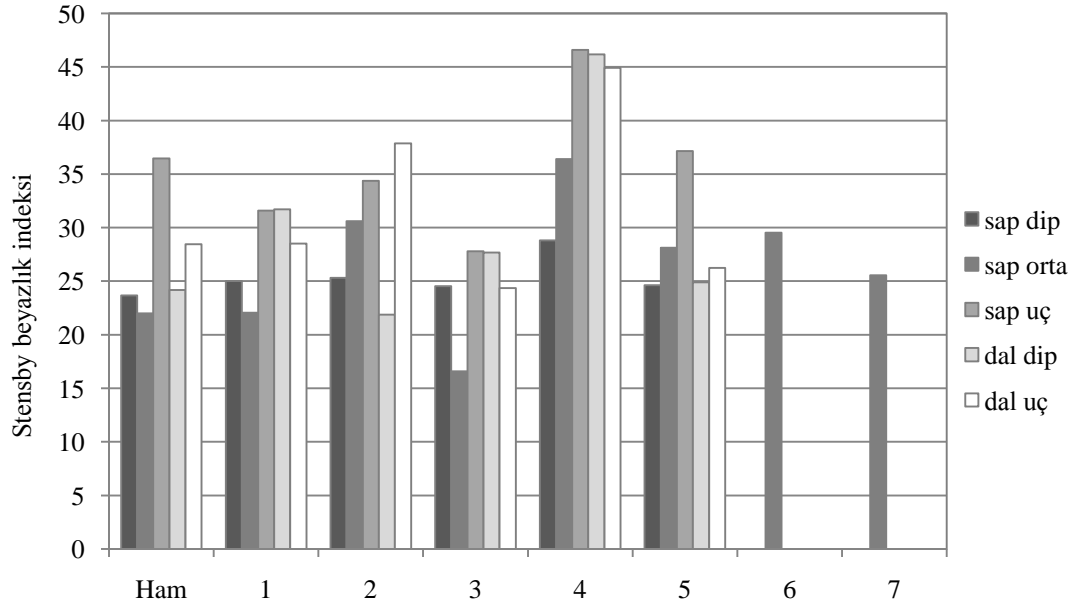
Tablo 6.2 ve Tablo 6.3’ de tüm kimyasal aşamalarının liflerin lineer yoğunluğuna etkisi verilmiştir.

**Tablo 6.2:** Kimyasal işlemlerin bamyap lifinin lineer yoğunluğuna etkileri

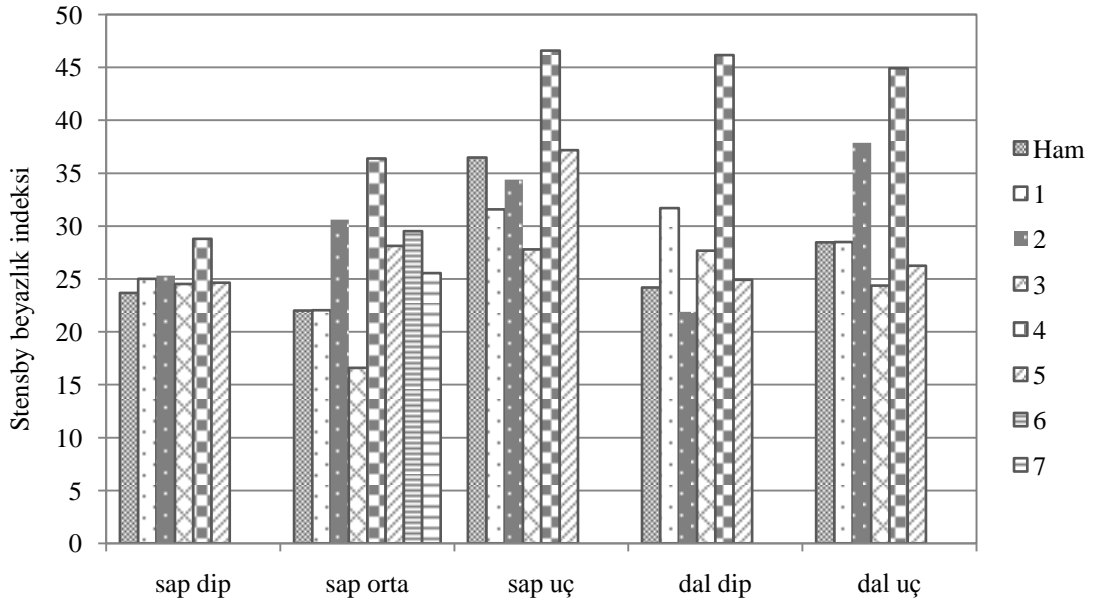
Karşılaştırılan kimyasal işlem	İstatistiki anlam	p değeri
Ham ve soda	Anlamlı bir fark var	0,023
Soda ve (soda+sabun)	Anlamlı bir fark yok	0,13
(soda+sabun) ve (soda+sabun+kostik)	Anlamlı bir fark var	$6,54 \cdot 10^{-9}$
(soda+sabun) ve (soda+sabun+peroksit)	Anlamlı bir fark var	$2,83 \cdot 10^{-5}$
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,26
(soda+sabun+peroksit) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark var	0,04
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,29
Ham ve (soda+enzim)	Anlamlı bir fark yok	0,46
Soda ve (soda+enzim)	Anlamlı bir fark var	0,001

**Tablo 6.3:** Kimyasal işlemlerin bamyap dal lifinin lineer yoğunluğuna etkileri

Karşılaştırılan kimyasal işlem	İstatistiki anlam	p değeri
Ham ve soda	Anlamlı bir fark var	$3,66 \cdot 10^{-5}$
Soda ve (soda+sabun)	Anlamlı bir fark yok	0,38
(soda+sabun) ve (soda+sabun+kostik)	Anlamlı bir fark yok	0,5
(soda+sabun) ve (soda+sabun+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,41
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,84
(soda+sabun+peroksit) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,96
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,83



**Şekil 6.3:** Farklı kimyasal işlemler uygulanan liflerin beyazlığı üzerinde lifin elde edildiği bamyacı bitkisi kısmının etkisi. 1:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 2:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun, 3:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH 4:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+ $\text{H}_2\text{O}_2$  5:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH+  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; 6: %2 enzim; 7: %8 enzim



**Şekil 6.4:** Uygulanan kimyasal işlemlerin bamyacı bitkisinin farklı kısımlarından elde edilen liflerinin beyazlığı üzerindeki etkisi. 1:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 2:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun, 3:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH 4:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+ $\text{H}_2\text{O}_2$  5:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH+  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; 6: %2 enzim; 7: %8 enzim

Şekil 6.3 incelendiğinde bitki sapının uç kısmından elde edilen liflerin, genelde en yüksek beyazlık derecelerine sahip olduğu görülecektir. Dal uç kısımları da sap uç kısmına yakın bir şekilde oldukça yüksek beyazlığa sahiptir. En düşük beyazlığa sahip lifler bitkinin sap dip kısmından elde edilenlerdir.

Kimyasal işlemlerin lif beyazlık dereceleri üzerindeki etkisi incelendiğinde, ağartıcının genel olarak yüksek beyazlık derecelerine ulaşmayı sağladığı görülmüştür. Yalnız bu durum NaOH kullanılmadığında gerçekleşmiştir. NaOH kullanımı beyazlık derecesini düşürmüştür (Şekil 6.4). Ağartıcı genel olarak yüksek beyazlık derecelerine ulaşmayı sağlamıştır. Yalnız bu durum NaOH kullanılmadığında gerçekleşmiştir. (Şekil 6.4). Arifuzzaman Khan (2009) da NaOH işleminin lif beyazlığı üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğunu belirtmiştir.

### 6.1.2 Beyazlık Ölçümlerinin İstatistiksel Çözümleme Sonuçları

Ham bamya liflerinin renk ölçümü sonuçlarına göre beyazlık dereceleri değerlendirilirse; sap kısımlarında  $p=2,07*10^{-11}$  ile anlamlı bir fark görülürken dal kısımları arasında  $p=0,29$  ile anlamlı bir fark görülmemiştir. Sap ve dallar birbirleriyle karşılaştırıldığında ise  $p=0,007$  ile anlamlı bir fark görülmüş, beyazlık derecesi en yüksek olan lif 36,45 ile sap uç olmuştur.

Soda ile işlem gören liflerin beyazlık dereceleri karşılaştırıldığında sap ve dal kısımlarında sırasıyla  $p=2,36*10^{-6}$  ve  $p=0,02$  değerleriyle anlamlı bir fark görülmüştür. Sap ve dallar birlikte kıyaslandığında ise  $p=0,05$  ile anlamlı bir fark saptanmış ve beyazlık derecesi en yüksek olan lif 31,58 ile sap uç olmuştur. Soda ile işlem gören liflerin beyazlık dereceleri ham liflerin beyazlık dereceleri ile kıyaslandığında; sap kısımlarında  $p=0,08$  ve dal kısımlarında  $p=0,07$  ile anlamlı bir fark görülmemiş, sadece sap uç kısmında ham lifin beyazlığı daha yüksekken diğer tüm lif kısımlarında sodalı liflerin beyazlıkları daha yüksek çıkmıştır.

Soda+sabun ile işlem gören liflerin beyazlık derecelerine bakıldığında; sap ve dal kısımlar arasında  $p$  değerleri sırasıyla  $1,56*10^{-6}$  ve  $2,48*10^{-5}$  bulunarak anlamlı bir fark saptanmıştır. Sap ve dallar birbirleriyle karşılaştırıldığında ise  $p=0,97$  ile

anlamli bir fark görülmemiş, beyazlık derecesi en yüksek olan lif 37,88 ile dal uç olmuştur.

Soda+sabun ile işlem gören lifler soda ile işlem gören liflerle kıyaslandığında sap kısımlarında  $p=3,26*10^{-6}$  ile anlamlı bir fark görülürken dal kısımlarında  $p=0,87$  ile anlamlı bir fark görülmemiş, soda+sabun ile işlem gören liflerin beyazlık dereceleri sap kısımlarında daha yüksek, soda ile işlem gören liflerin beyazlık dereceleri ise dal kısımlarında daha yüksek bulunmuştur.

Soda+sabun+kostikle işlem gören liflerin beyazlık dereceleri karşılaştırıldığında sap ve dal kısımlarında sırasıyla  $p=0,0002$  ve  $p=0,001$  ile anlamlı farklar görülmüş, sap ve dallar birbirleriyle karşılaştırıldığında ise  $p=0,89$  ile anlamlı bir fark saptanmamıştır. Beyazlık derecesi en yüksek olan lif 27,8 ile sap uç olmuştur. Bu lifler soda+sabunla işlem gören liflerle kıyaslandığında sap ve dal kısımlarında sırasıyla p değerleri  $2,67*10^{-8}$  ve 0,005 ile anlamlı bir fark görülmüş, kostik liflerin beyazlık derecelerini çoğunlukla düşürmüştür.

Soda+sabun+peroksit ile işlem gören liflerin sap ve dal kısımları kendi içlerinde kıyaslandığında sap liflerinde  $p=8,02*10^{-11}$  ile anlamlı bir farka rastlanırken, dal liflerinde  $p=0,54$  ile anlamlı bir fark görülmemiştir. Bu sap ve dal lifleri birbirleriyle kıyaslandığında ise  $p=9,05*10^{-7}$  ile anlamlı bir fark görülmüş, beyazlık derecesi en yüksek olan lifler 46 ile sap uç ve dal dip olmuştur.

Soda+sabun+peroksit ile işlem gören lifler soda+sabun ile işlem gören liflerle kıyaslandığında sap ve dal kısımlarında p değerleri sırasıyla  $1,64*10^{-12}$  ve  $1,98*10^{-15}$  bulunarak anlamlı bir fark görülmüş, peroksit ile işlem gören liflerin beyazlık dereceleri oldukça yüksek çıkmıştır. Soda+sabun+peroksitle işlem gören lifler soda+sabun+kostik ile işlem gören liflerle kıyaslandığında sap ve dal liflerinde p değerleri sırasıyla  $3,47*10^{-16}$  ve  $1,98*10^{-15}$  bulunarak anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. Peroksit ile işlem gören liflerin beyazlık dereceleri kostikle işlem gören liflerin beyazlık derecelerinden oldukça yüksek çıkmıştır.

Soda+sabun+kostik+peroksitle işlem gören liflerin beyazlık derecelerine bakıldığında sap kısımlarında  $p=1,75*10^{-6}$  ile anlamlı bir fark görülmüş, ancak dal kısımlarında  $p=0,15$  ile anlamlı bir fark saptanmamıştır. Sap ve dallar birbirleriyle



karşılaştırıldığında ise;  $7,7*10^{-7}$  ile anlamlı bir fark bulunmuş, beyazlık derecesi en yüksek olan lif 37,16 ile sap uç olmuştur.

Soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem gören lifler soda+sabun+kostik ile işlem gören liflerle kıyaslandığında sap kısımlarında  $p=3,21*10^{-7}$  ile anlamlı bir fark görülürken dal kısımlarında  $p=0,47$  ile anlamlı bir fark görülmemiştir. Tüm işlemlerden geçen liflerin beyazlık dereceleri soda+sabun+kostik ile işlem gören liflerinkine göre daha yüksek çıkmıştır. Tüm işlemlerden geçen lifler soda+sabun+peroksit ile işlem gören liflerle kıyaslandığında sap kısımlarında  $p=2,2*10^{-10}$  ile anlamlı bir fark görülürken dal kısımlarında  $p=1,52*10^{-15}$  ile anlamlı bir fark görülmemiştir. Soda+sabun+peroksit ile işlem gören liflerin beyazlık dereceleri tüm işlemlerden geçmiş liflerin beyazlık derecelerinden yüksek çıkmıştır.

%2 ve %8 oranlarında enzim ile işlem gören liflere bakıldığında beyazlık dereceleri arasında  $p=0,02$  ile anlamlı bir fark görülmüş, %2 enzim uygulanan lifin beyazlık derecesi daha yüksek çıkmıştır. Enzim ile işlem gören bu lifler, ham ve soda ile işlem gören sap orta lifleriyle kıyaslandığında sırasıyla  $p=0,0002$  ve  $p=0,0003$  değerleri ile anlamlı bir fark saptanmış, beyazlık dereceleri çoktan aza doğru şöyle sıralanmıştır: %2 enzimli lif > %8 enzimli lif > ham lif = soda ile işlem görmüş lif.

**Tablo 6.4:** Kimyasal işlemlerin bamya sap liflerinin renk özelliklerine etkileri

Karşılaştırılan kimyasal işlem	İstatistiki anlam	p değeri
Ham ve soda	Anlamlı bir fark var	0,008
Soda ve (soda+sabun)	Anlamlı bir fark var	$3,26*10^{-6}$
(soda+sabun) ve (soda+sabun+kostik)	Anlamlı bir fark var	$2,67*10^{-8}$
(soda+sabun) ve (soda+sabun+peroksit)	Anlamlı bir fark var	$1,64*10^{-12}$
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark var	$3,47*10^{-16}$
(soda+sabun+peroksit) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark var	$3,21*10^{-7}$
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark var	$2,2*10^{-10}$
Ham ve (soda+enzim)	Anlamlı bir fark var	0,0002
Soda ve (soda+enzim)	Anlamlı bir fark var	0,0003

**Tablo 6.5:** Kimyasal işlemlerin bamyada liflerinin renk özelliklerine etkileri

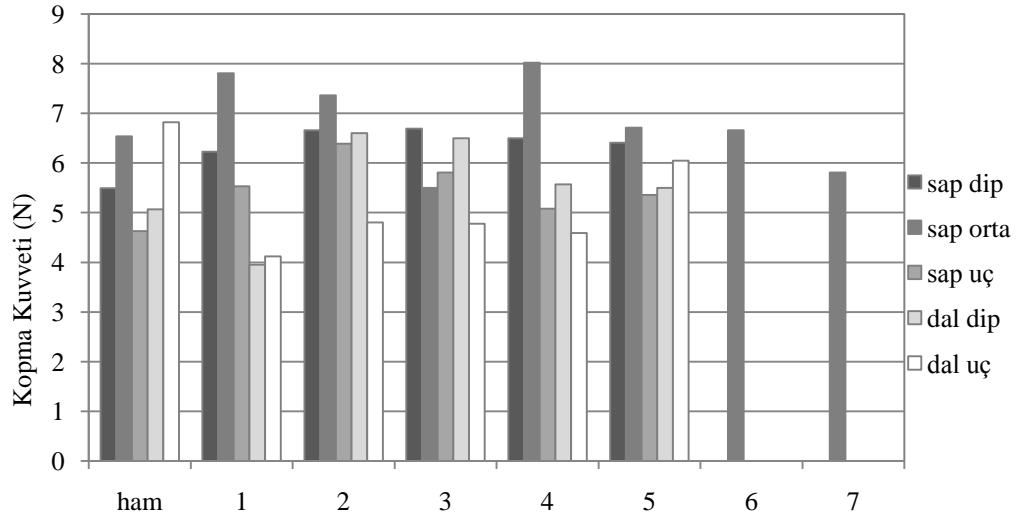
Karşılaştırılan kimyasal işlem	İstatistiksel anlam	p değeri
Ham ve soda	Anlamlı bir fark yok	0,07
Soda ve (soda+sabun)	Anlamlı bir fark yok	0,87
(soda+sabun) ve (soda+sabun+kostik)	Anlamlı bir fark var	0,005
(soda+sabun) ve (soda+sabun+peroksit)	Anlamlı bir fark var	$1,98 \cdot 10^{-15}$
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark var	$1,98 \cdot 10^{-15}$
(soda+sabun+peroksit) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,47
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark var	$1,52 \cdot 10^{-15}$

## 6.2 Bamyada Liflerinin Kopma Kuvveti ve Elastisite Modülü Ölçüm Sonuçları

32 adet bamyada lifi numunesinin Tinius Olsen cihazında kopma kuvveti ve elastisite modülü ölçümleri yapılmış, sonuçlar Tablo 6.6’da gösterilmiştir.

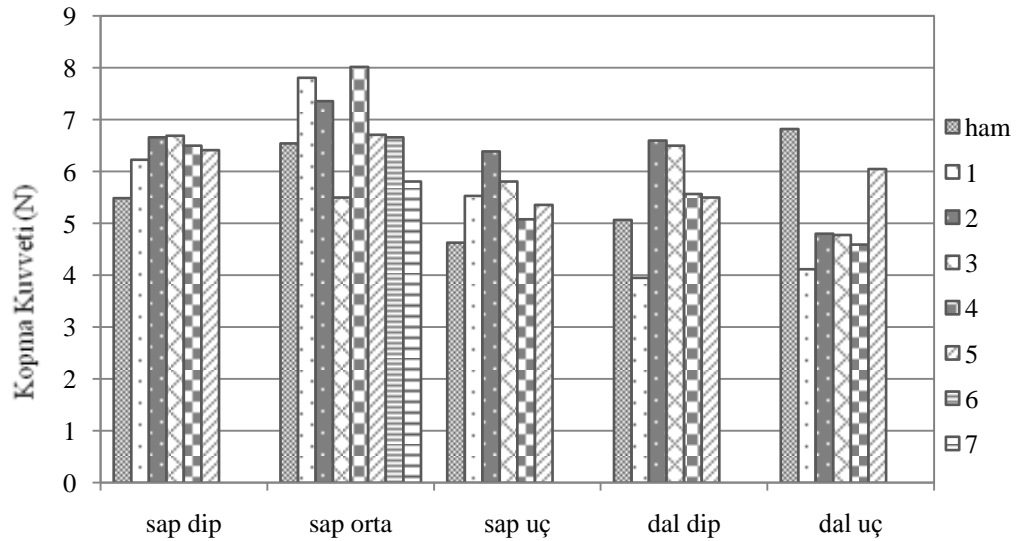
**Tablo 6.6:** Bamya liflerinin kopma kuvveti ve elastisite modülü ölçüm sonuçları

Numune	Kopma Kuvveti (N)			Elastisite Modülü (N/tex)		
	Ort.	Std. Sap.	% CV	Ort.	Std. Sap.	% CV
1	5,49	3,28	59,9	12,19	4,66	38,26
2	6,54	3,2	48,94	12,79	4,61	36,04
3	4,63	2,85	61,74	10,46	4,96	47,45
4	5,07	3,14	61,93	10,8	4,65	43,1
5	6,82	3,22	47,27	14,08	4,11	29,18
6	6,23	2,39	38,43	7,92	2,6	32,92
7	7,81	2,59	33,2	10,44	2,73	26,18
8	5,53	2,68	48,54	13,32	5,42	40,7
9	3,95	2,51	63,53	7,84	3,67	48,84
10	4,12	2,15	52,15	8,13	3,84	47,87
11	6,66	2,93	44,07	8,62	3,14	36,49
12	7,36	2,68	36,46	9,3	2,42	26
13	6,39	2,65	41,48	11,78	4,05	34,45
14	6,6	2,61	39,51	13,58	3,67	27,06
15	4,8	2,39	49,84	13,25	4,74	35,81
16	6,69	3,06	45,78	9,12	4,15	45,5
17	5,5	2,27	41,33	7,26	2,4	33,16
18	5,81	2,73	47,07	10,6	4,47	42,22
19	6,5	2,8	42,7	9,67	3,3	34,2
20	4,78	2,21	46,28	12,52	4,32	34,51
21	6,5	2,6	40	8,35	2,45	29,24
22	8,02	2,17	27,13	11,71	2,77	23,71
23	5,08	2,51	49,5	15,67	6,01	38,4
24	5,57	2,81	50,48	11,04	4,42	40,1
25	4,59	2,22	48,27	14,26	4,6	32,31
26	6,41	2,74	42,79	5,77	1,64	28,52
27	6,71	2,89	43,16	8,18	2,44	29,9
28	5,36	2,14	39,88	7,55	2,79	36,98
29	5,5	2,29	41,72	8,46	2,19	25,92
30	6,05	2,46	40,77	11,5	2,18	18,97
31	6,66	2,71	40,7	12,45	4,18	33,58
32	5,81	2,77	47,78	11,01	2,29	22,64



**Şekil 6.5:** Farklı kimyasal işlemler uygulanan liflerin kopma kuvveti (N) üzerinde lifin elde edildiği bamyada bitkisi kısmının etkisi. 1:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 2:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun, 3:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH 4:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+ $\text{H}_2\text{O}_2$  5:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH+  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; 6: %2 enzim; 7: %8 enzim

Şekil 6.5 incelendiğinde sap orta kısmı genel olarak en yüksek kopma kuvveti değerlerini verirken, dal uç kısmı en düşük kopma kuvveti değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bacci vd. (2009) da, ısırgan otu sapından elde ettiği liflerde en yüksek mukavemetin sapın orta kısmından elde edildiğini belirtmiştir.



**Şekil 6.6:** Uygulanan kimyasal işlemlerin bamyada bitkisinin farklı kısımlarından elde edilen liflerinin kopma kuvveti (N) üzerindeki etkisi. 1:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 2:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun, 3:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH 4:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+ $\text{H}_2\text{O}_2$  5:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH+  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; 6: %2 enzim; 7: %8 enzim

Şekil 6.6'ya bakıldığında uygulanan kimyasal işlemlerin lif kopma kuvveti üzerinde olumsuz bir etkisine rastlanmamıştır. İşlemler çoğu lif gruplarında bir miktar kuvvet artımına yol açarken, dal uç kısmından elde edilen liflerde bir miktar düşüş görülmektedir. Bunun nedeninin dal uçtan elde edilen liflerin en ince lifler olması ve dolayısı ile kimyasal işlemlere karşı daha hassas olması olabilir.

### 6.2.1 Kopma Kuvveti Ölçümlerinin İstatistiksel Çözümleme Sonuçları

Ham bamyalı liflerinin kopma kuvvetlerinin istatistiksel çözümleme sonuçlarına bakıldığında sap ve dal liflerinin arasında sırasıyla  $p=0,09$  ve  $p=0,05$  ile anlamlı bir fark bulunduğu, kopma kuvveti en yüksek liflerin 6,82 N ile dal uç ve buna yakın olarak 6,54 N ile sap orta olduğu görülmüştür. Bu lifler birbirleriyle karşılaştırıldığında  $p=0,15$  ile aralarında istatistikî açıdan anlamlı bir fark saptanmamıştır.

Soda ile işlem gören liflerin kopma kuvveti sonuçlarına bakıldığında sap lifleri arasında  $p=0,006$  ile anlamlı bir fark bulunurken, dal liflerinde  $p=0,79$  ile anlamlı bir fark görülememiştir. Sap ve dallar birbiri ile karşılaştırıldığında ise  $p=0,0002$  ile anlamlı bir fark görülmüş, kopma kuvveti en yüksek olan lif 7,81 N ile sap orta olmuştur.

Ham bamyalı lifleri ile sodalı bamyalı liflerinin kopma kuvveti karşılaştırıldığında sap liflerinde sodanın  $p=0,03$  ile anlamlı bir artışa neden olduğu, dal liflerinde ise  $p=0,0007$  ile anlamlı bir fark oluşturduğu ve sodanın dal liflerinin kopma kuvvetini bir miktar düşürdüğü görülmüştür. Sodalı liflerde de kopma kuvveti en yüksek lif 7,81 N ile sap ortadır.

Soda+sabun ile işlem görmüş liflerin kopma kuvveti sonuçlarına bakıldığında sap liflerinde  $p=0,42$  ile anlamlı bir fark görülmezken dal kısımlarında  $p=0,01$  ile istatistikî açıdan anlamlı bir fark saptanmıştır. Sap ve dallar birbiri ile kıyaslandığında ise  $p=0,11$  ile anlamlı bir fark görülmemiş ve soda+sabunla işlem gören liflerden sap orta 7,36 N ile kopma kuvveti en yüksek lif olmuştur.

Soda+sabunla işlem görmüş lifler sadece sodayla işlem görmüş liflerle kıyaslandığında sap liflerinde  $p=0,51$  ile anlamlı bir fark görülmezken, dal liflerinde  $p=0,0006$  ile anlamlı bir fark görülmüştür. Sabunun liflerin kopma kuvveti genel olarak düşürdüğü, sadece sap orta lifinde arttırdığı ve soda+sabunla işlem gören lifler arasında en yüksek kopma kuvveti sahip lifin 7,36 N ile sap orta olduğu görülmüştür.

Soda+sabun+kostik ile işlem görmüş liflere bakıldığında sap liflerinde  $p=0,25$  ile anlamlı bir fark görülmezken, dal liflerinde  $p=0,01$  ile anlamlı bir fark görülmüştür. Sap ve dallar birbiri ile karşılaştırıldığında ise  $p=0,28$  ile istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmamış, kopma kuvveti en yüksek olan lif 6,69 N ile sap dip olmuştur.

Soda+sabun+kostik ile işlem gören liflerin kopma kuvveti soda+sabunla işlem gören liflerin kopma kuvveti ile karşılaştırıldığında sap liflerinde  $p=0,06$  ile ve dal liflerinde de  $p=0,96$  ile anlamlı bir fark saptanmamıştır. Kostik ile muamelenin liflerin kopma kuvveti az da olsa düşürdüğü görülmüştür.

Soda+sabun+peroksit ile işlem görmüş liflerin kopma kuvveti sonuçlarına bakıldığında; sap liflerinde  $p=0,0002$  ile önemli bir fark görülmüş, ancak dal lifleri arasında  $p=0,15$  ile anlamlı bir fark saptanmamıştır. Sap ve dallar birbiri ile karşılaştırıldığında ise  $p=0,15$  ile anlamlı bir fark görülmemiş, kopma kuvveti en yüksek lif grubu 8,02 N ile sap orta olurken, en düşük lif 4,59 N ile dal uç olmuştur.

Soda+sabun+peroksit ile işlem göre lifler, soda+sabunla işlem görmüş lifler ile karşılaştırıldığında sap liflerinde  $p=0,51$  ve dal liflerinde  $p= 0,2$  ile anlamlı bir fark görülmezken, peroksit sap ve dalın dip ve uç kısımlarında kopma kuvveti düşürürken sadece sap orta kısmında bir miktar yükseltmiştir.

Soda+sabun+peroksit ile işlem gören lifler soda+sabun+kostik ile işlem görmüş liflerle kıyaslandığında sap ve dal kısmında sırasıyla  $p=0,19$  ile ve  $p=0,22$  ile anlamlı bir fark görülmemiştir. Peroksit ile işlem görmüş liflerin kopma kuvveti kostik ile işlem görmüş liflerin kopma kuvvetinden düşük iken, sadece sap orta kısmında daha yüksektir.

Soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem görmüş liflerin kopma kuvvetlerine bakıldığında sap ve dal liflerinde sırasıyla  $p=0,15$  ve  $p=0,41$  ile anlamlı bir fark görülmezken, birbirleriyle karşılaştırıldığında  $p=0,81$  ile yine anlamlı bir fark saptanmamıştır ve kopma kuvveti en yüksek olan lif 6,71 N ile yine sap orta olmuştur.

Soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem gören lifler, bir önceki aşama olan soda+sabun+kostik ile muameleden geçmiş liflerle karşılaştırıldığında sap ve dal liflerinde sırasıyla  $p=0,69$  ve  $p=0,83$  bulunarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. Soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem gören lifler soda+sabun+kostik ile işlem gören liflere göre genelde daha düşük kopma kuvvetine sahipken, sap orta ve dal uç kısmında biraz daha yüksektir.

Soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem gören lifler diğer bir önceki aşama olan soda+sabun+peroksit ile muameleden geçmiş liflerle karşılaştırıldığında sap liflerinde  $p=0,36$  ile ve dal kısımlarında  $p=0,14$  ile anlamlı bir değişiklik saptanmamıştır. Soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem gören liflerin kopma kuvveti soda+sabun+peroksit ile işlem gören liflere göre dal uç kısımlarında daha düşük, diğer kısımlarda daha yüksek çıkmıştır.

%2 ve %8 enzim ile işlem görmüş sap orta liflerinin kopma kuvveti kendi aralarında kıyaslandığında  $p=0,27$  ile anlamlı bir farka rastlanmamış, %2 enzim ile işlem gören lifin kopma kuvveti 6,66 N ile daha yüksek çıkmıştır. Enzimli liflerin kopma kuvveti ham sap orta lifininkiyle kıyaslandığında  $p=0,52$  ile anlamlı bir fark görülmemiş, %2'lik enzimin kopma kuvveti haminkinden yüksek, o da %8'lik enziminin kopma kuvvetinden yüksek çıkmıştır. Soda ile işlem gören sap orta lifin kopma kuvveti ile kıyaslandığında,  $p=0,03$  ile enzimli liflerin kopma kuvvetinden düşüklük yönünde anlamlı bir fark görülmüştür.

**Tablo 6.7:** Kimyasal işlemlerin bamya sap liflerinin kopma kuvvetine etkileri

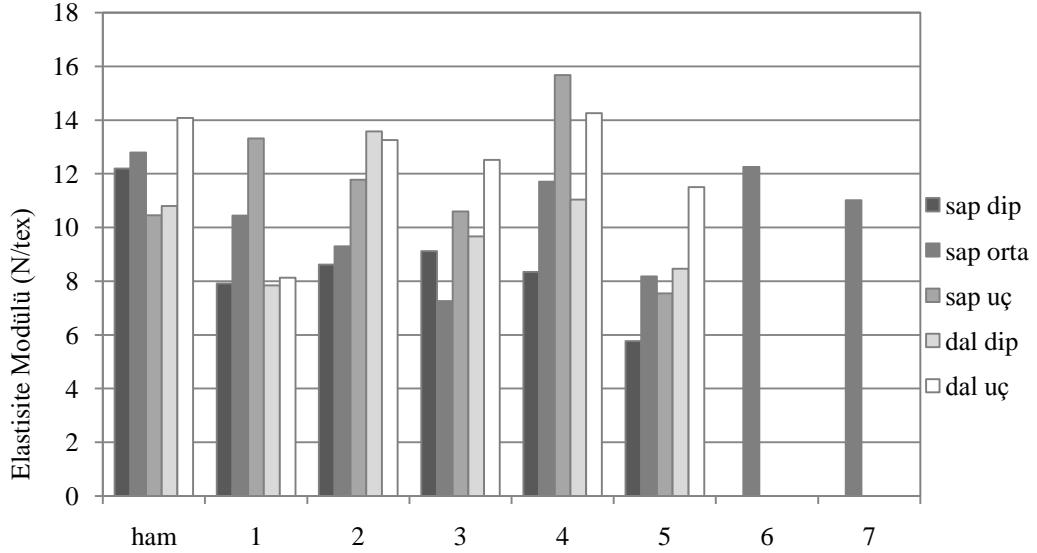
Karşılaştırılan kimyasal işlem	İstatistiki anlam	p değeri
Ham ve soda	Anlamlı bir fark var	0,03
Soda ve (soda+sabun)	Anlamlı bir fark yok	0,51
(soda+sabun) ve (soda+sabun+kostik)	Anlamlı bir fark yok	0,06
(soda+sabun) ve (soda+sabun+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,51
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,19
(soda+sabun+peroksit) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,69
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,36
Ham ve (soda+enzim)	Anlamlı bir fark yok	0,52
Soda ve (soda+enzim)	Anlamlı bir fark var	0,003

**Tablo 6.8:** Kimyasal işlemlerin bamya dal liflerinin kopma kuvvetine etkileri

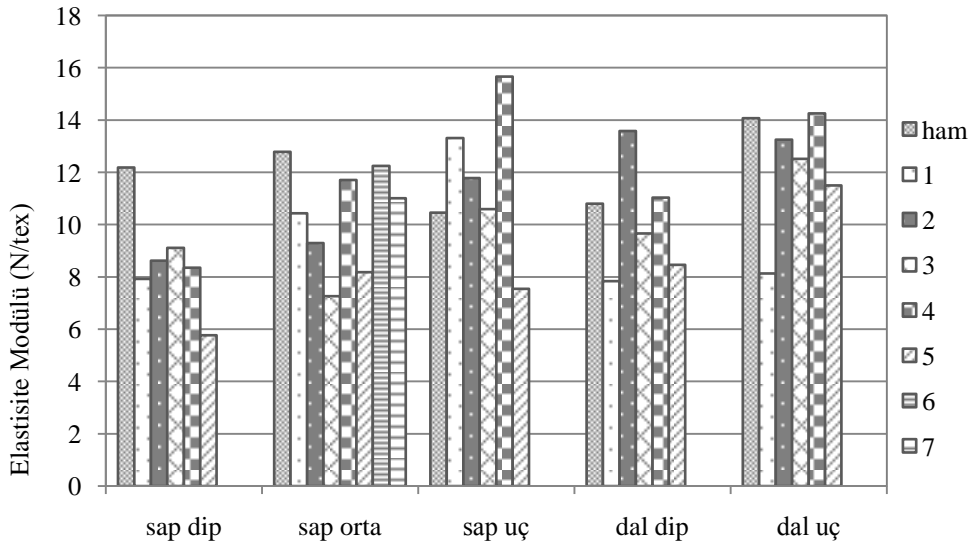
Karşılaştırılan kimyasal işlem	İstatistiki anlam	p değeri
Ham ve soda	Anlamlı bir fark var	0,0007
Soda ve (soda+sabun)	Anlamlı bir fark var	0,0006
(soda+sabun) ve (soda+sabun+kostik)	Anlamlı bir fark yok	0,96
(soda+sabun) ve (soda+sabun+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,2
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,22
(soda+sabun+peroksit) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,83
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,14



Lif gruplarının elastisite modülü değerleri Şekil 6.7 ve 8’de verilmiştir. Elastisite modülü en yüksek olan kısım genellikle dal uç olmuş, sap orta da bunu takip etmiştir.



**Şekil 6.7:** Farklı kimyasal işlemler uygulanan liflerin elastisite modülü (N/tex) üzerinde lifin elde edildiği banya bitkisi kısmının etkisi. 1:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 2:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun, 3:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH 4:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+ $\text{H}_2\text{O}_2$  5:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH+  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; 6: %2 enzim; 7: %8 enzim



**Şekil 6.8:** Uygulanan kimyasal işlemlerin banya bitkisinin farklı kısımlarından elde edilen liflerinin elastisite modülü (N/tex) üzerindeki etkisi. 1:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 2:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun, 3:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH 4:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+ $\text{H}_2\text{O}_2$  5:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH+  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; 6: %2 enzim; 7: %8 enzim

Şekil 6.8' e göre uygulanan kimyasal işlemlerin bamyaya liflerinin elastisite modülü üzerinde genel olarak önemli ya da olumsuz bir etkisi görülmezken sap dip liflerinde düşüşe yol açmıştır. Ancak enzim ile muamelenin sap orta liflerinin elastisite modülünü artırdığı söylenebilir.

### 6.2.2 Elastisite Modülü Ölçümlerinin İstatistiksel Çözümleme Sonuçları

Ham bamyaya liflerinin dip, uç ve orta kısımlarının elastisite modülleri karşılaştırıldığında saplar arasında  $p=0,19$  değeri ile anlamlı bir fark olmadığı, dallar arasında ise  $p=0,009$  değeri ile anlamlı bir fark olduğu saptanmıştır. Sap ve dallar birbiriyle karşılaştırıldığında ise  $p=0,21$  ile anlamlı bir fark görülmemiş, ham lifleri arasında en yüksek elastisite modülüne sahip lif 14,08 N/tex ile dal uç olmuştur.

Soda ile işlem görmüş liflerin sap ve dal kısımları arasında  $p=1,41*10^{-5}$  ve  $p=1,58*10^{-7}$  değerleri ile anlamlı bir fark bulunmuş en yüksek elastisite modülüne sahip lif 18,04 N/tex ile dal uç olmuştur. Soda liflerinin elastisite modülleri birbiri ile karşılaştırıldığında da istatistiksel açıdan anlamlı bir fark saptanmıştır ( $p=0,01$ ).

Ham lifler ile soda ile işlem görmüş liflerin elastisite modülleri karşılaştırıldığında  $p=0,07$  ve  $p=0,5$  ile sodanın sap ve dal liflerine istatistiki açıdan anlamlı bir etkisi bulunmadığı saptanmıştır. Ancak sap ve dalın ikisinde de dip ve orta kısımlarda soda ile işlemin elastisite modülünü bir miktar düşürdüğü, uç kısımlarda ise yükselttiği görülmüştür.

Soda+sabun ile işlem görmüş sap liflerinin dip, orta ve uç kısımları arasında anlamlı bir fark görülürken ( $p=0,002$ ) ve dal liflerinin arasında  $p=0,78$  ile istatistiksel açıdan anlamlı bir fark görülmemiştir. Sap ve dallar birbiriyle karşılaştırıldığında ise  $p=6,99*10^{-5}$  ile anlamlı bir fark saptanmış ve en yüksek elastisite modülüne sahip lif 13,58 N/tex ile dal dip olmuştur. Dal dip ile dal uç değerleri birbirine çok yakındır.

Soda ile ve soda+sabunla işlem görmüş liflerin sap ve dal liflerinin elastisite modüllerine etkisi karşılaştırıldığında,  $p=0,25$  ile ve  $p=0,72$  ile anlamlı bir fark saptanmamıştır.

Sabunun liflerin elastisite modülüne etkisine bakıldığında; genel anlamda elastisite modülünü düşürdüğü, sap dip ve dal dip kısımlarında ise bir miktar yükselttiği söylenebilir.

Soda+sabun+kostik ile işlem görmüş liflerin elastisite modülleri karşılaştırıldığında sap ve dal kısımları arasında  $p=0,008$  ve  $p=0,01$  ile anlamlı bir fark görülmüştür. Tüm sap ve dallar birbiri ile karşılaştırıldığında ise  $p=0,12$  ile anlamlı bir farklılık saptanmamış olup, elastisite modülü en yüksek olan lifin  $12,52$  N/tex ile dal uç olduğu görülmüştür.

Soda+sabun+kostikle işlem görmüş liflerin elastisite modülü, soda+sabun ile işlem görmüş liflerin elastisite modülü ile karşılaştırıldığında; sap kısımları arasında  $p=0,11$  değeri ile anlamlı bir fark görülmezken, dal kısımlarında  $p=0,004$  ile anlamlı bir fark görülmüştür. Kostik ile işlemin liflerin elastisite modülünü çoğunlukla düşürdüğü saptanmıştır.

Soda+sabun+peroksit ile işlem görmüş liflerin elastisite modülleri karşılaştırıldığında sap ve dal lifleri arasında anlamlı bir fark görülmüştür ( $p$  değerleri sırasıyla  $5,88*10^{-8}$  ve  $0,01$ ). Sap ve dallar birbiriyle karşılaştırıldığında ise en yüksek elastisite modülüne sahip lif  $15,67$  N/tex ile sap uç olup  $p=0,47$  ile anlamlı bir fark saptanmamıştır.

Bu lifler soda+sabunla işlem görmüş liflerle karşılaştırıldığında ise sap kısmında  $p=0,0009$  ile anlamlı bir fark görülürken, dal kısmında  $p=0,37$  ile anlamlı bir fark görülmemiştir. Peroksidin liflerin elastisite modülüne etkisine bakılacak olursa liflerin dal uç kısımlarında elastisite modülünü arttırdığı, diğer kısımlarda ise artış veya azalışlar olduğu söylenebilir.

Soda+sabun+kostikle muamele edilen lifler soda+sabun+peroksitle ile işlem gören liflerle karşılaştırıldığında ise; sap kısımlarında istatistiki açıdan anlamlı bir fark bulunurken dal kısımlarında anlamlı bir fark saptanmamıştır ( $p$  değerleri sırasıyla  $8,16*10^{-6}$  ve  $0,06$ ). Peroksitle işlem gören liflerin elastisite modüllerinin kostikle işlem gören liflerinkinden daha yüksek olduğu görülmüştür.

Soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem gören liflerin elastisite modüllerine bakıldığında sapsar arasında  $p=0,011$  ile, dallar arasında da  $p=7,42*10^{-6}$  ile istatistiki açıdan anlamlı bir fark görülmüş, sap ve dallar karşılaştırıldığında da  $p=2,02*10^{-11}$  ile anlamlı bir fark saptanmıştır. Elastisite modülü en yüksek olan lif 11,50 N/tex ile yine dal uç olmuştur. Soda+sabun+kostik ile işlem gören lifler tüm işlemlerden geçen lifler ile karşılaştırıldığında sap kısımlarında  $p=0,0004$  ile anlamlı bir fark görülürken ve dal kısımlarında  $p=0,07$  ile anlamlı bir fark saptanmamıştır. Ayrıca tüm lif kısımlarında soda+sabun+kostik üzerine uygulanan peroksidin elastisite modülünü düşürdüğü saptanmıştır. Soda+sabun+peroksit ile işlem gören liflerin elastisite modülü tüm işlemlerden geçmiş liflerin elastisite modülleri ile karşılaştırıldığında sap ve dal kısımlarında sırasıyla  $p=1,74*10^{-15}$  ve  $p=0,0002$  ile soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem gören liflerin elastisite modülleri anlamlı bir şekilde daha düşük çıkmıştır.

Enzimin %2 veya %8 kullanılmış olmasının liflerin elastisite modülü üzerine etkisine bakıldığında  $p=0,13$  ile anlamlı bir fark yaratmadığı, %2 lik enzimli liflerin 12,45 N/tex ile daha yüksek elastisite modülüne sahip olduğu görülmüştür. Enzim sodalı lifin üzerine uygulandığından, sodalı sap orta lifinin ve ham sap orta lifinin elastisite modülü ile karşılaştırıldığında  $p=0,07$  ve  $p=0,21$  ile anlamlı bir fark oluşturmadığı saptanmış, ancak yine de enzim liflerin elastisite modülünü yükseltmiştir. Yılmaz (2013) de, enzimatik işlemlerin, suda çürütme ile elde edilmiş mısır koçan kabuğu liflerinde elastisite modülü yükselmesine neden olduğunu saptamıştır.

**Tablo 6.9:** Kimyasal işlemlerin bamyap liflerinin elastisite modülüne etkileri

Karşılaştırılan kimyasal işlem	İstatistiki anlam	p değeri
Ham ve soda	Anlamlı bir fark yok	0,07
Soda ve (soda+sabun)	Anlamlı bir fark yok	0,25
(soda+sabun) ve (soda+sabun+kostik)	Anlamlı bir fark yok	0,11
(soda+sabun) ve (soda+sabun+peroksit)	Anlamlı bir fark var	0,0009
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark var	$8,16 \cdot 10^{-6}$
(soda+sabun+peroksit) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark var	0,0004
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark var	$1,74 \cdot 10^{-15}$
Ham ve (soda+enzim)	Anlamlı bir fark yok	0,21
Soda ve (soda+enzim)	Anlamlı bir fark var	0,007

**Tablo 6.10:** Kimyasal işlemlerin bamyap dal liflerinin elastisite modülüne etkileri

Karşılaştırılan kimyasal işlem	İstatistiki anlam	p değeri
Ham ve soda	Anlamlı bir fark yok	0,5
Soda ve (soda+sabun)	Anlamlı bir fark yok	0,72
(soda+sabun) ve (soda+sabun+kostik)	Anlamlı bir fark var	0,004
(soda+sabun) ve (soda+sabun+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,37
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark var	0,006
(soda+sabun+peroksit) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,07
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark var	0,0002

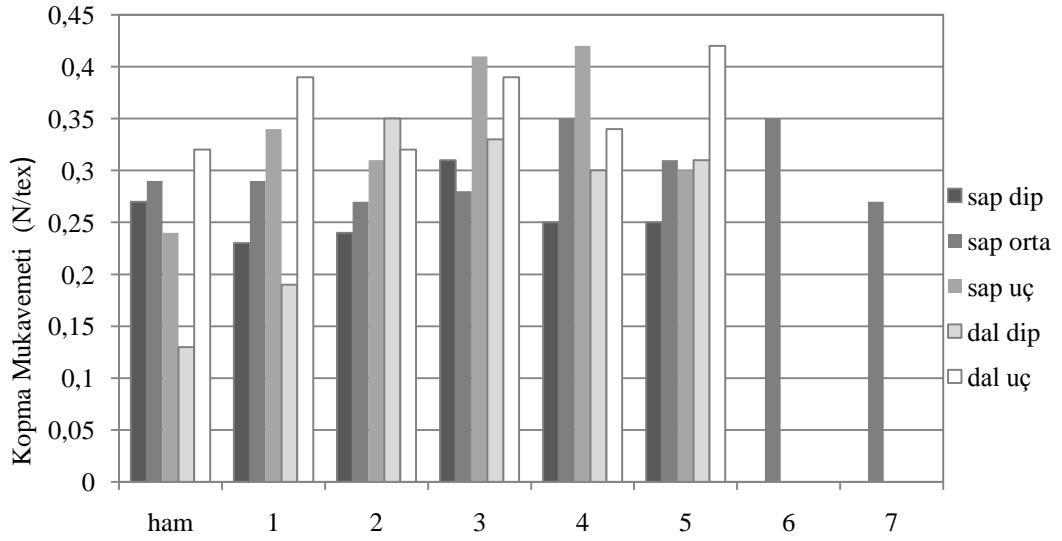
### 6.3 Bamyalı Liflerinin Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzaması Ölçüm Sonuçları

32 adet bamyalı lifi numunesinin Tinius Olsen cihazında kopma mukavemeti ve kopma uzaması ölçümleri yapılmış, sonuçlar Tablo 6.11’ de gösterilmiştir.

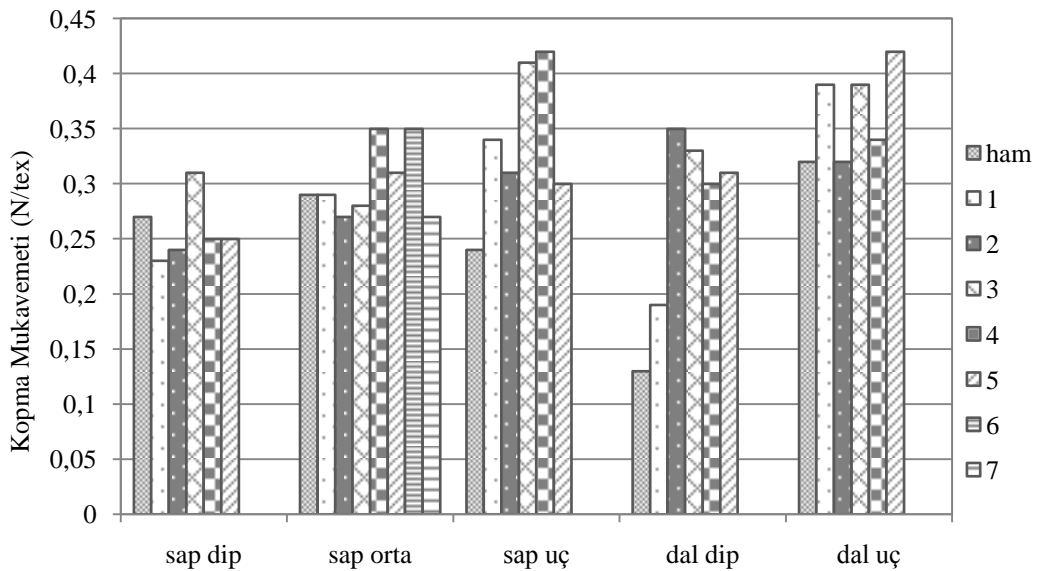
**Tablo 6.11:** Bamyalı liflerinin kopma mukavemeti kopma uzaması ölçüm sonuçları

Numune	Kopma Mukavemeti (N/tex)			Kopma Uzaması (%)		
	Ortalama	Std. Sapma	% CV	Ortalama	Std. Sapma	% CV
1	0,27	0,16	59,9	2,14	0,76	35,5
2	0,29	0,14	48,94	2,58	0,99	38,62
3	0,24	0,15	64,74	2,17	0,65	30,04
4	0,13	0,14	61,93	2,02	0,72	35,7
5	0,32	0,15	47,27	2,38	0,73	35,8
6	0,23	0,08	38,43	2,71	0,62	22,95
7	0,29	0,09	33,2	2,67	0,53	19,88
8	0,34	0,16	48,54	2,54	0,7	27,67
9	0,19	0,12	63,53	2,18	0,64	29,65
10	0,39	0,2	52,15	2,13	0,55	25,93
11	0,24	0,109	44,07	2,68	0,62	23,92
12	0,27	0,1	36,46	3,22	2,14	66,51
13	0,31	0,13	41,48	2,45	0,51	20,81
14	0,35	0,14	39,51	2,5	0,61	24,71
15	0,32	0,16	49,84	2,22	0,57	25,75
16	0,31	0,14	45,78	2,89	0,61	21,25
17	0,28	0,11	41,33	2,95	0,62	21,05
18	0,41	0,19	46,24	2,97	0,58	19,81
19	0,33	0,14	42,7	2,84	0,81	28,72
20	0,39	0,18	46,28	2,57	0,56	22,11
21	0,25	0,1	40	2,77	0,72	26,21
22	0,35	0,09	27,13	2,76	0,39	14,27
23	0,42	0,2	49,5	2,41	0,53	22,22
24	0,3	0,15	50,48	2,36	0,72	30,54
25	0,34	0,16	47,57	2,19	0,56	25,69
26	0,25	0,11	42,79	3,43	0,98	28,55
27	0,31	0,13	43,16	2,89	0,75	25,92
28	0,3	0,12	39,88	2,95	0,5	17,23
29	0,31	0,13	41,72	2,9	0,68	23,72
30	0,42	0,17	40,77	2,91	0,85	29,35
31	0,35	0,14	40,7	2,61	0,55	21,21
32	0,27	0,13	47,78	2,3	0,76	33,16

Şekil 6.9 incelendiğinde genellikle bamyacı bitkisinin sap ve dal uç kısımları en yüksek kopma mukavemeti değerlerine sahip olduğu görülmektedir.



**Şekil 6.9:** Farklı kimyasal işlemler uygulanan liflerin kopma mukavemeti (N/tex) üzerinde lifin elde edildiği bamyacı bitkisi kısmının etkisi. 1:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 2:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun, 3:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH 4:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+ $\text{H}_2\text{O}_2$  5:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH+  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; 6: %2 enzim; 7: %8 enzim



**Şekil 6.10:** Uygulanan kimyasal işlemlerin bamyacı bitkisinin farklı kısımlarından elde edilen liflerinin kopma mukavemeti (N/tex) üzerindeki etkisi. 1:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 2:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun, 3:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH 4:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+ $\text{H}_2\text{O}_2$  5:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH+  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; 6: %2 enzim; 7: %8 enzim

Uygulanan kimyasal işlemlerin liflerin kopma mukavemeti üzerinde olumsuz bir etkisi görülmemiş, genellikle kostik ve peroksidin ayrı ayrı kullanıldığı işlem adımlarında kopma mukavemeti değerlerini daha fazla artırmıştır. Sap orta ve dal dip lifleri kimyasal işlem adımlarında kopma mukavemeti değerlerini en fazla yükselten lif grupları olmuştur. Bunun nedeni, kimyasal işlemlerin liflerin selülozik iskeletini değil diğer yabancı maddeleri etkilemesi olabilir. Bu sayede, liflerdeki yabancı maddeler ayrılarak lifteki yüksek mukavemetli selülozik zincir oranını yükseltmiş, lif lineer yoğunluk azalması sonrasında da tex başına düşün kopma kuvveti miktarında artış yaşanmıştır (Şekil 6.10).

### **6.3.1 Kopma Mukavemeti Ölçümlerinin İstatistiksel Çözümleme Sonuçları**

Ham bamyalı liflerinin kopma mukavemeti sonuçlarına bakıldığında sap liflerinde  $p=0,42$  ile anlamlı bir fark görülmezken, dal liflerinde  $p=0,02$  ile anlamlı bir fark saptanmıştır. Sap ve dallar karşılaştırıldığında ise;  $p=0,47$  ile anlamlı bir fark görülmemiş, kopma mukavemeti en yüksek lifin  $0,32$  N/tex ile dal uç olup, bunu  $0,32$  N/tex ile sap ortanın takip ettiği saptanmıştır.

Soda ile işlem görmüş liflerin sap ve dal kısımları arasında  $p=0,04$  ve  $p=7,46 \cdot 10^{-5}$  ile anlamlı bir fark görülmüş, sap ve dallar birbirleriyle karşılaştırıldığında ise  $p=0,98$  ile anlamlı bir fark saptanmamıştır. Kopma mukavemeti en yüksek lif  $0,39$  N/tex ile dal uç olmuştur. Ham lifler ile soda ile işlem görmüş liflerin kopma mukavemetleri karşılaştırıldığında; sap kısımlarında ve dal kısımlarında sırasıyla  $p=0,38$  ve  $p=0,67$  ile anlamlı bir fark görülmemiştir. Soda, liflerin kopma mukavemetini sap dip, sap orta ve dal dip kısımlarında düşürürken, sap uç ve dal uç kısımlarında yükseltmiştir.

Soda+sabun ile işlem görmüş liflerde, sap ve dal kısımları arasında sırasıyla  $p=0,11$  ile ve  $p=0,49$  değerleri ile anlamlı bir fark görülmemiş, sap ve dallar birbirleriyle karşılaştırıldığında ise  $p=0,98$  ile yine anlamlı bir fark saptanmamış, kopma mukavemeti en yüksek lif  $0,32$  N/tex ile dal uç olmuştur. Bu lifler sadece soda ile işlem görmüş lifler ile karşılaştırıldığında sap kısımları ve dal kısımları arasında  $p=0,59$  ve  $p=0,10$  ile anlamlı bir fark görülmemiştir.



Sabunla muamele, liflerin kopma mukavemetini genel olarak düşürürken sap dip ve dal dip kısımlarında bir miktar yükseltmiştir.

Soda+sabun+kostik ile işlem gören liflerin kopma mukavemetlerinin istatistiksel çözümlene sonuçlarına bakıldığında; sap kısımlarında  $p=0,01$  ile anlamlı bir fark görülürken, dal kısımlarında  $p=0,16$  ile anlamlı bir farka rastlanmamıştır. Sap ve dallar birbiri ile karşılaştırıldığında ise;  $p=0,99$  ile anlamlı bir fark saptanmamış ve kopma mukavemeti en yüksek lif  $0,41$  N/tex ile sap uç olmuş bunu  $0,39$  N/tex ile dal uç izlemiştir. Soda +sabun+kostik ile işlem gören lifler, soda+sabunla işlem gören liflerle karşılaştırıldığında sap ve dal kısımlarında sırasıyla  $p=0,007$  ve  $p=0,02$  ile anlamlı bir fark görülmüş, kostik tüm lif kısımlarında kopma mukavemetini arttırıcı etkiye sebep olmuştur.

Soda+sabun+peroksit ile işlem gören liflerin kopma mukavemeti sonuçlarına bakıldığında; sap kısımlarında  $p=0,0006$  ile anlamlı bir fark görülürken dal kısımlarında  $p=0,33$  ile anlamlı bir fark görülmemiştir. Sap ve dallar birbiriyle kıyaslandığında ise;  $p=0,68$  ile anlamlı bir fark görülmemiş ve kopma mukavemeti en yüksek olan lif  $0,42$  N/tex ile sap uç olup bunu  $0,35$  N/tex ile sap orta izlemiştir. Bu lifler bir önceki aşama olan soda+sabun ile işlem görmüş liflerle kıyaslandığında; sap kısımlarında  $p=0,002$  ile anlamlı bir fark görülürken, dal kısımlarında  $p=0,65$  ile anlamlı bir fark görülmemiştir. Peroksidin, liflerin kopma mukavemetini çoğunlukla yükselttiği görülmüştür. Soda+sabun+peroksit ile işlem gören lifler soda+sabun+kostik ile işlem gören liflerle kıyaslandığında; sap ve dal kısımlarında  $p=0,78$  ve  $p=0,24$  ile anlamlı bir fark görülmemiş, sap orta ve sap uç kısımlarında peroksit ile işlem gören liflerin kopma mukavemeti yüksekken, sap dip, dal dip ve dal uç kısımlarında kostik ile işlem gören liflerin kopma mukavemeti daha yüksek çıkmıştır.

Soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem gören liflerin kopma mukavemeti sonuçlarına bakıldığında; sap kısımları arasında  $p=0,21$  ile anlamlı bir fark görülmezken, dal kısımları arasında  $p=0,01$  ile anlamlı bir fark görülmüştür. Sap ve dallar birbirleri ile kıyaslandığında ise  $p=0,001$  ile anlamlı bir fark görülmüş, kopma mukavemeti en yüksek lif  $0,42$  N/tex ile dal uç olup bunu  $0,31$  N/tex ile sap orta ve dal dip takip etmiştir.

Soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem gören lifler soda+sabun+kostik ile işlem görmüş liflerle kıyaslandığında sap kısımlarında  $p=0,003$  ile anlamlı bir fark görülürken dal kısımlarında  $p=0,93$  ile anlamlı bir fark görülmemiş, kostiğin üzerine ilave uygulanan peroksit işlemi, sap orta ve dal uç liflerinde kopma mukavemetini yükseltirken, diğer liflerde düşürmüştür. Soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem gören lifler soda+sabun+peroksit ile işlem gören liflerle karşılaştırıldığında sap kısımlarında  $p=0,01$  ile anlamlı bir fark görülürken dal kısımlarında  $p=0,19$  ile anlamlı bir fark görülmemiştir. Soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem gören liflerin tüm kısımlarında kopma mukavemeti soda+sabun+peroksit ile işlem gören liflerin kopma mukavemetinden düşük çıkmıştır. Dolayısıyla kostik ve peroksidin birlikte uygulanmasının liflerin kopma mukavemetini düşürdüğü söylenebilir.

%2 ve %8 enzim ile işlem gören liflerin kopma mukavemetleri karşılaştırıldığında  $p=0,04$  ile anlamlı bir fark saptanmış, %2 enzim uygulanan lifin kopma mukavemetinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Enzimle işlem gören lif ham sap orta lifi ile karşılaştırıldığında;  $p=0,13$  ile anlamlı bir fark görülmemiş, ancak %2 enzimle işlem gören lifin kopma mukavemeti ham lifinkinden yüksek, hamınki de %8 enzimle işlem gören lifin kopma mukavemetinden yüksek çıkmıştır. Enzimle işlem gören liflerin kopma mukavemeti soda ile işlem gören liflerin kopma mukavemeti ile karşılaştırıldığında  $p=0,06$  ile anlamlı bir fark görülmemiş, ancak %2 enzimle işlem gören lifin kopma mukavemeti soda ile işlem gören lifinkinden yüksek, o da %8 enzimle işlem gören lifin kopma mukavemetinden yüksek çıkmıştır. Buna göre enzimin belirli bir noktaya kadar kullanımının liflerin kopma mukavemetini yükselttiği, o noktadan sonra düşürdüğü sonucuna varılabilir.

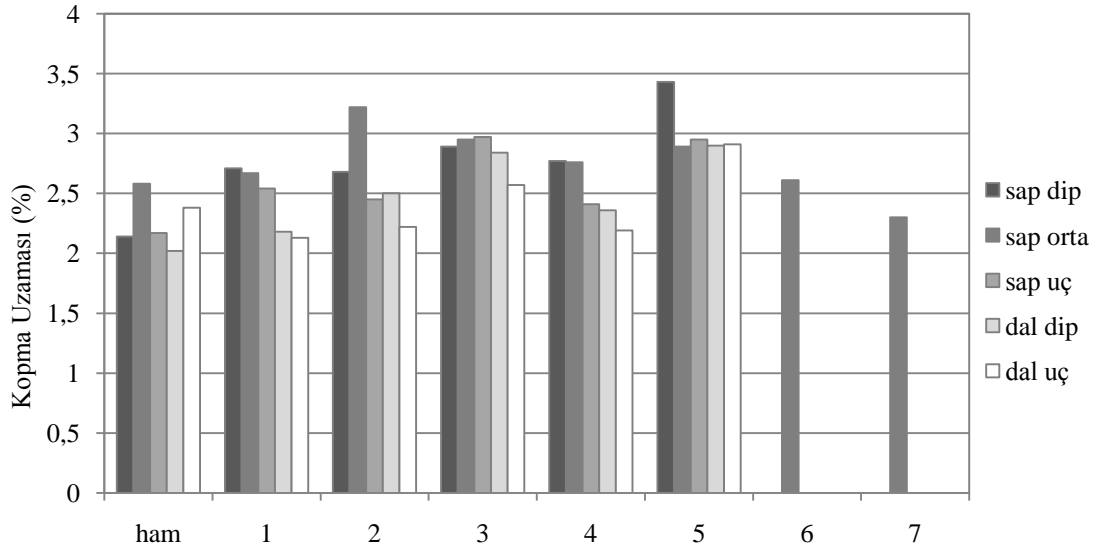
**Tablo 6.12:** Kimyasal işlemlerin bamyap liflerinin kopma mukavemetine etkileri

Karşılaştırılan kimyasal işlem	İstatistikî anlam	p değeri
Ham ve soda	Anlamli bir fark var	0,38
Soda ve (soda+sabun)	Anlamli bir fark yok	0,59
(soda+sabun) ve (soda+sabun+kostik)	Anlamli bir fark var	0,007
(soda+sabun) ve (soda+sabun+peroksit)	Anlamli bir fark var	0,002
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamli bir fark yok	0,78
(soda+sabun+peroksit) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamli bir fark var	0,03
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamli bir fark var	0,001
Ham ve (soda+enzim)	Anlamli bir fark yok	0,13
Soda ve (soda+enzim)	Anlamli bir fark var	0,006

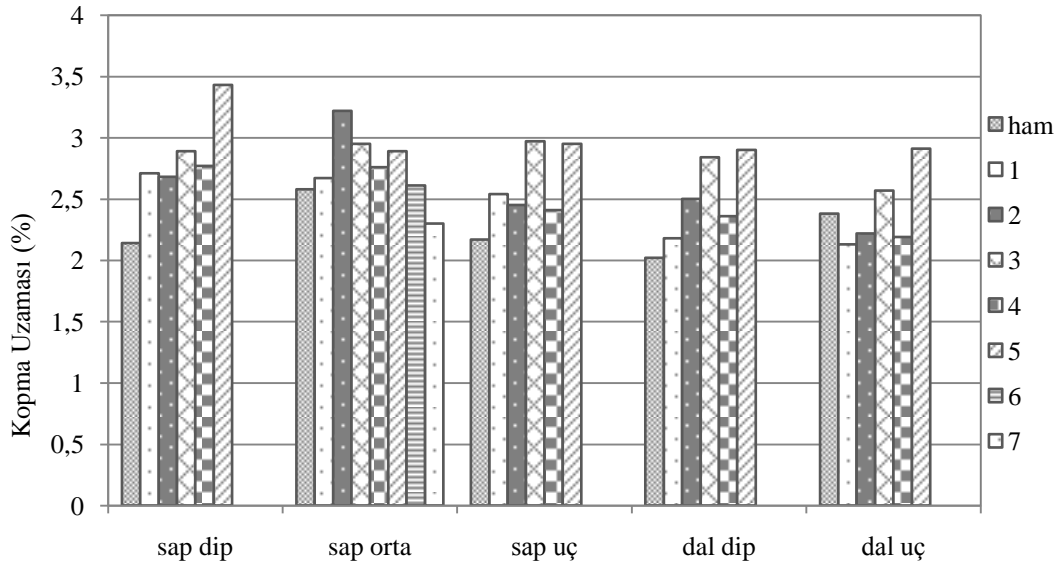
**Tablo 6.13:** Kimyasal işlemlerin bamyap dal liflerinin kopma mukavemetine etkileri

Karşılaştırılan kimyasal işlem	İstatistikî anlam	p değeri
Ham ve soda	Anlamli bir fark yok	0,67
Soda ve (soda+sabun)	Anlamli bir fark yok	0,10
(soda+sabun) ve (soda+sabun+kostik)	Anlamli bir fark var	0,002
(soda+sabun) ve (soda+sabun+peroksit)	Anlamli bir fark yok	0,65
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamli bir fark yok	0,24
(soda+sabun+peroksit) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamli bir fark yok	0,93
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamli bir fark yok	0,19

Şekil 6.11' de görüldüğü gibi en yüksek kopma uzamasına sahip lif kısmı genel olarak sap orta olup, genellikle sap ortadan dal uca gidildikçe kopma mukavemeti değerlerinde düşüş görülmüştür.



**Şekil 6.11:** Farklı kimyasal işlemler uygulanan liflerin kopma uzaması (%) üzerinde lifin elde edildiği bamyacı bitkisi kısmının etkisi. 1:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 2:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun, 3:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH 4:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+ $\text{H}_2\text{O}_2$  5:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH+  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; 6: %2 enzim; 7: %8 enzim



**Şekil 6.12:** Uygulanan kimyasal işlemlerin bamyacı bitkisinin farklı kısımlarından elde edilen liflerinin kopma uzaması (%) üzerindeki etkisi. 1:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 2:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun, 3:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH 4:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+ $\text{H}_2\text{O}_2$  5:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH+  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; 6: %2 enzim; 7: %8 enzim

Şekil 6.12’de görüldüğü gibi NaOH ve NaOH ile  $\text{H}_2\text{O}_2$ ’nin birlikte kullanımı sap ve dalların tüm kısımlarında olduğu gibi kopma uzaması miktarını artırmıştır.

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> nin tek başına kullanımını genellikle kopma uzaması miktarını düşürmüştü, sap orta liflerinde kullanılan %2 oranındaki enzimle işlemin önemli ya da olumsuz bir etkisi olmamıştır.

### 6.3.2 Kopma Uzaması Ölçümlerinin İstatistiksel Çözümleme Sonuçları

Ham bamyalı liflerinin kopma uzaması sonuçlarına bakıldığında sap ve dal kısımları kendi içinde karşılaştırıldığında  $p=0,09$  ve  $p=0,1$  değerleriyle anlamlı bir fark görülmezken, sap ve dallar birbiriyle karşılaştırıldığında da  $p=0,53$  ile yine anlamlı bir fark saptanmamıştır. Kopma uzaması en yüksek olan lif %2,58 ile sap orta olmuştur.

Soda ile işlem gören liflerin kopma uzamaları karşılaştırıldığında sap ve dal kısımlarında sırasıyla  $p=0,6$  ile ve  $p=0,7$  ile anlamlı bir fark görülmemiş, sap ve dallar birbirleriyle karşılaştırıldığında ise  $p=0,002$  ile anlamlı bir fark saptanmıştır. Kopma uzaması en yüksek lif % 2,71 ile sap dip iken bunu %2,67 ile sap orta takip etmiştir.

Ham lifler ile soda ile işlem görmüş liflerin kopma uzamaları karşılaştırıldığında sap kısımlarında  $p= 0,003$  ile anlamlı bir fark görülürken dal kısımlarında  $p=0,49$  ile anlamlı bir fark bulunamamış ancak sodanın liflerin kopma uzamasını bir miktar yükselttiği görülmüştür.

Soda+sabun ile işlem gören liflerin kopma uzaması sonuçlarına bakıldığında; sap ve dal kısımları kendi içinde karşılaştırıldığında sırasıyla  $p=0,1$  ve  $p=0,09$  değerleri ile anlamlı bir fark görülmemiş, ancak sap ve dallar birbirleriyle karşılaştırıldığında  $p=0,07$  ile anlamlı bir fark saptanmıştır. Kopma uzaması en yüksek olan lif %3,22 ile sap orta olmuştur. Soda+sabun ile işlem gören lifler sadece soda ile işlem gören liflerle karşılaştırıldığında sap ve dal kısımlarında sırasıyla  $p=0,38$  ve  $p=0,08$  ile anlamlı bir fark görülmemiş, ancak sabun liflerin kopma uzamasını çoğunlukla yükseltmiştir.

Soda+sabun+kostikle işlem gören liflerin kopma uzaması sonuçlarına bakıldığında sap ve dal kısımlar kendi içinde karşılaştırıldığında sırasıyla  $p=0,71$  ve

$p=0,16$  ile anlamlı bir fark bulunmazken, birbirleriyle karşılaştırıldığında da yine  $p=0,08$  ile yine anlamlı bir fark bulunamamıştır. Kopma uzaması en yüksek lif %3,02 ile sap orta olmuştur. Soda+sabun+kostik ile işlem gören lifler soda+sabun ile işlem gören liflerle kıyaslandığında sap kısımlarında  $p=0,28$  ile anlamlı bir farka rastlanmazken, dal kısımlarında  $p=0,007$  ile anlamlı bir fark görülmüştür. Kostik tüm lif kısımlarında kopma uzamasının artmasına neden olmuştur. Yılmaz (2013) de, kostik ile elde edilen mısır koçan liflerinin suda çürütme ile elde edilen liflerden daha yüksek uzama miktarına sahip olduğunu tespit ederek, kostik ile muamelenin liflerde kopma uzamasını artırdığını belirtmiştir.

Soda+sabun+peroksit ile işlem gören liflerin sap ve dal kısımları kendi aralarında kıyaslandığında; sap kısımlarında  $p=0,04$  ile anlamlı bir fark görülürken dal kısımlarında  $p=0,16$  ile anlamlı bir farka rastlanmamıştır. Ayrıca bu lifler birbiri ile kıyaslandığında  $p=0,01$  değeri ile anlamlı bir fark saptanmış, kopma uzaması en yüksek lif %2,84 ile dal dip olmuştur. Soda+sabun+peroksit ile işlem gören lifler soda+sabun ile işlem gören lifler kıyaslandığında sap liflerinde  $p=0,4$  ile ve dal liflerinde  $p=0,52$  ile anlamlı bir fark görülmemiştir. Peroksidin liflerin kopma uzamasını sap dip haricinde düşürdüğü görülmüştür. Soda+sabun+kostik ile işlem gören lifler soda+sabun+peroksit ile işlem gören lifler ile kıyaslandığında sap ve dal kısımlarında anlamlı bir farka rastlanmıştır ( $p$  değerleri sırasıyla 0,008 ve 0,001). Ancak liflerin tüm kısımlarında kostik ile işlem görmüş liflerin kopma uzaması peroksit ile işlem görmüş liflerin kopma uzamasından yüksek çıkmıştır.

Soda+sabun+kostik+peroksitle işlem gören liflerin kopma uzama sonuçlarına bakıldığında sap kısımlarında  $p=0,02$  ile anlamlı bir fark görülürken, dal kısımlarında  $p=0,98$  ile anlamlı bir fark saptanmamıştır. Sap ve dallar birbirleriyle karşılaştırıldığında ise  $p=0,06$  ile yine anlamlı bir fark görülmemiş, kopma uzaması en yüksek lif % 3,43 ile sap dip olmuştur. Soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem gören bu lifler soda+sabun+kostikle muamele edilmiş liflerle kıyaslandığında sap ve dal kısımlarında sırasıyla  $p=0,23$  ve  $p=0,17$  ile anlamlı bir fark bulunamamış, kostiğin üzerine uygulanan peroksit sap orta ve sap uç liflerinde kopma uzamasını bir miktar düşürürken, diğer liflerde bir miktar arttırmıştır.

Soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem gören lifler soda+sabun+peroksitle işlem görmüş liflerle karşılaştırıldığında; sap ve dal sırasıyla kısımlarında  $p=7,69*10^{-5}$  ve

$p=2,1*10^{-5}$  ile anlamlı bir fark görülmemiştir. Soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem gören liflerin kopma uzaması soda+sabun+peroksit işleminden geçen liflerin kopma uzamasından daha büyüktür. Demek ki sadece peroksit liflerin kopma uzamasını düşürürken, kostikle birlikte kullanıldığında liflerin kopma uzamasını yükseltiyor denebilir.

%2 ve %8'lik oranlarda enzimle muamele edilen sap orta liflerinin kopma uzamaları karşılaştırıldığında  $p=0,1$  ile anlamlı bir fark görülmemiş ancak %2 enzim uygulanan lifin kopma uzaması daha yüksek çıkmıştır. Bu lifler ham sap orta lifleriyle karşılaştırıldığında  $p=0,3$  ile anlamlı bir fark görülmemiş, %2'lik enzimli lifin kopma uzaması ham lifinkinden bir miktar yüksek, o da %8'lik enzimli lifinde yüksek çıkmıştır. Enzimli liflerin kopma uzaması soda ile işlem gören liflerinki ile karşılaştırıldığında  $p=0,08$  ile anlamlı bir fark saptanmamış, %2'lik enzimli lifin kopma uzaması haminkiyle çok yakın, %8'lik enzimli ise yüksek çıkmıştır.

**Tablo 6.14:** Kimyasal işlemlerin bamyap liflerinin kopma uzamasına etkileri

Karşılaştırılan kimyasal işlem	İstatistiksel anlam	p değeri
Ham ve soda	Anlamlı bir fark var	0,003
Soda ve (soda+sabun)	Anlamlı bir fark yok	0,38
(soda+sabun) ve (soda+sabun+kostik)	Anlamlı bir fark yok	0,28
(soda+sabun) ve (soda+sabun+peroksit)	Anlamlı bir fark var	0,04
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark var	0,008
(soda+sabun+peroksit) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,23
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark var	$7,69*10^{-5}$
Ham ve (soda+enzim)	Anlamlı bir fark yok	0,3
Soda ve (soda+enzim)	Anlamlı bir fark var	0,008

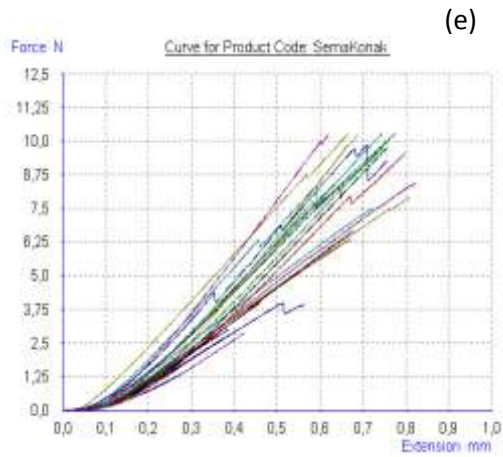
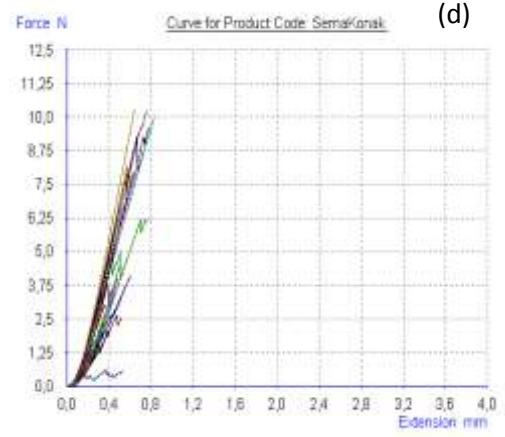
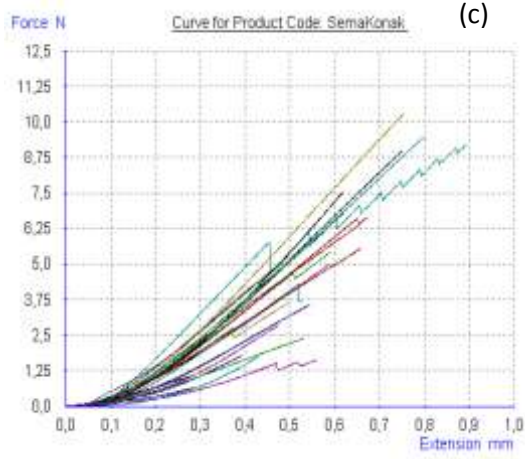
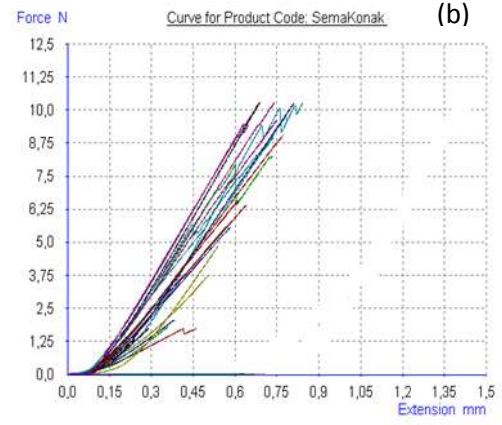
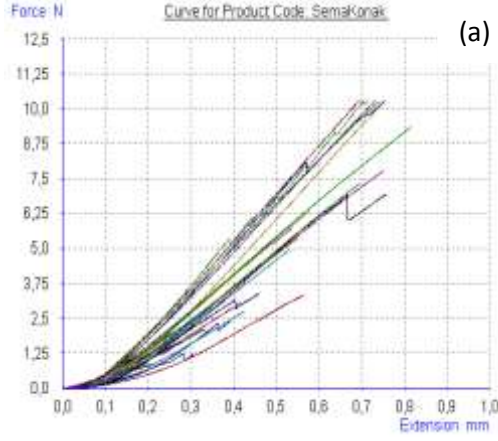
**Tablo 6.15:** Kimyasal işlemlerin bamya dal liflerinin kopma uzamasına etkileri

Karşılaştırılan kimyasal işlem	İstatistiki anlam	p değeri
Ham ve soda	Anlamlı bir fark yok	0,49
Soda ve (soda+sabun)	Anlamlı bir fark yok	0,08
(soda+sabun) ve (soda+sabun+kostik)	Anlamlı bir fark var	0,007
(soda+sabun) ve (soda+sabun+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,52
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,17
(soda+sabun+peroksit) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark var	$2,1*10^{-5}$
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark var	$7,69*10^{-5}$
Ham ve (soda+enzim)	Anlamlı bir fark yok	0,3
Soda ve (soda+enzim)	Anlamlı bir fark var	0,008

Aşağıdaki şekillerde ham sap dip, sap orta, sap uç, dal dip ve dal uç bamya liflerinin kuvvet (N)- uzama (%) eğrileri verilmiştir.

Grafiklerde bamya sapı liflerinin sünek değil kırılğan özelliğe sahip olduğu anlaşılmaktadır. En yüksek kopma kuvveti, mukevemeti ve elastisite değerlerini önce dal uç ve sonra sap orta vermektedir. Kopma uzamasında ise önce sap orta sonra dal uç gelmektedir. Eğrilerde görülen kırıklı çizgiler, lifi oluşturan lifçiklerin ayrı ayrı kopması durumunda meydana çıkmaktadır.





**Şekil 6.13:** Ham bamyalıflerinin kuvvet (N)- uzama (mm) grafikleri a) Sap dip b) Sap orta c) Sap uç d) Dal dip e) Dal uç

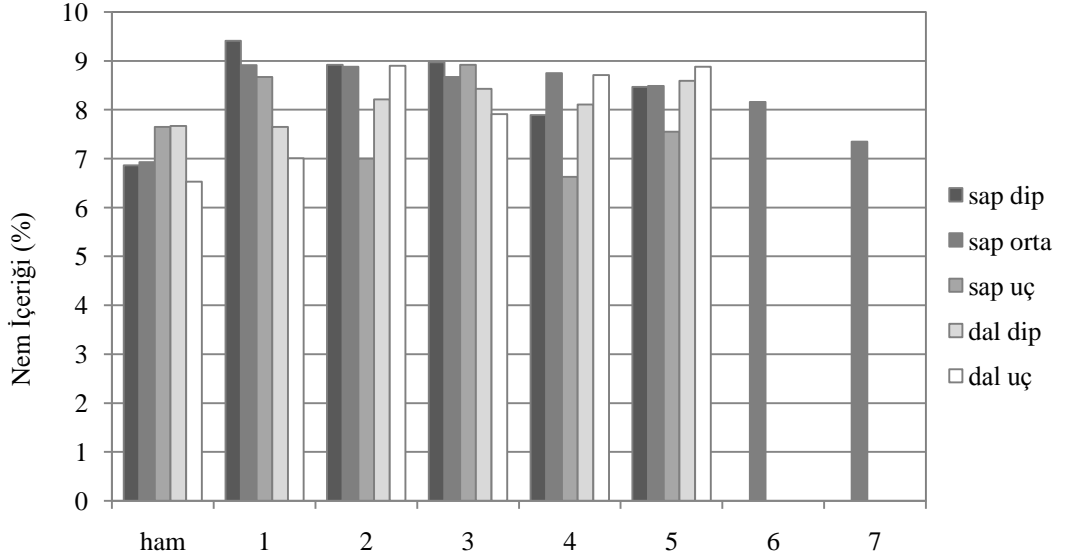
## 6.4 Bamyalı Liflerinin Nem İçeriği ve Nem Alımı Ölçüm Sonuçları

32 adet bamyalı lifi numunesinin nem içeriği ve nem alımı ölçümleri yapılmış, sonuçlar Tablo 6.16' da gösterilmiştir.

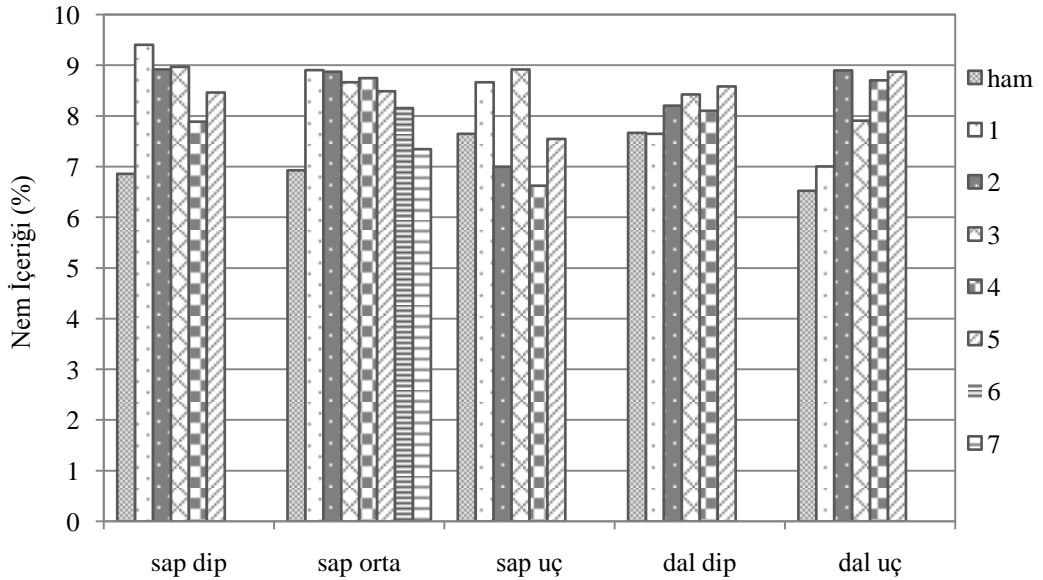
**Tablo 6.16:** Bamyalı liflerinin nem içeriği (%) ve nem alımı (%) ölçüm sonuçları

Numune	Nem İçeriği (%)			Nem Alımı (%)		
	Ortalama	Std. Sapma	% CV	Ortalama	Std. Sapma	% CV
1	6,86	1,12	16,4	73,75	2,53	3,43
2	6,93	16,64	10,4	68,78	2,18	4,19
3	7,65	0,97	12,78	87,64	3,26	3,72
4	7,67	0,92	11,99	76,00	3,76	4,95
5	6,53	1,6	24,56	87,07	7,28	8,36
6	9,41	1,63	17,35	77,95	3,48	4,46
7	8,91	0,07	7,88	61,09	9,39	15,38
8	8,67	0,92	10,67	77,40	3,57	4,62
9	7,65	1,11	14,53	77,85	5,67	7,29
10	7,01	0,91	13,7	79,01	3,26	4,13
11	8,92	0,87	9,81	67,21	2,72	4,04
12	8,88	1,11	12,58	72,95	9	12,33
13	7	2,71	38,68	84,83	5,33	6,29
14	8,21	1	12,24	72,61	7,62	10,5
15	8,9	1,47	16,51	83,17	9,02	10,85
16	8,97	0,56	6,31	74,69	2,99	4
17	8,67	0,83	9,57	81,55	5,57	6,84
18	8,92	0,5	5,62	86,87	3,65	4,2
19	8,43	0,79	9,42	78,91	5,85	7,41
20	7,91	0,89	11,3	84,67	2,81	3,32
21	7,89	0,67	8,58	75,63	4,67	6,18
22	8,75	0,42	4,84	73,94	4,33	5,86
23	6,63	2,25	33,97	81,6	5,18	6,35
24	8,11	0,5	6,16	79,45	5,28	6,64
25	8,71	0,79	9,09	87,88	4,78	5,44
26	8,47	0,83	9,89	77,52	2,96	3,83
27	8,49	1,73	20,43	82,12	4,6	5,6
28	7,55	1,81	23,99	82,36	8,34	10,13
29	8,59	0,67	7,87	89,16	4,93	5,53
30	8,88	0,61	6,97	76,52	4,04	5,24
31	8,16	0,78	9,62	79,58	4,85	6,09
32	7,35	1,15	15,76	68,42	4,59	6,71

Şekil 6.14' e göre bamyada bitkisinin sap ve dallarından elde edilen liflerin kısımları arasında nem içeriği açısından önemli bir fark görülmemiş, değerler birbirine yakındır.



**Şekil 6.14:** Farklı kimyasal işlemler uygulanan liflerin nem içeriği (%) üzerinde lifin elde edildiği bamyada bitkisi kısmının etkisi. 1:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 2:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun, 3:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH 4:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+ $\text{H}_2\text{O}_2$  5:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH+  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; 6: %2 enzim; 7: %8 enzim



**Şekil 6.15:** Uygulanan kimyasal işlemlerin bamyada bitkisinin farklı kısımlarından elde edilen liflerinin nem içeriği (%) üzerindeki etkisi. 1:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 2:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun, 3:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH 4:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+ $\text{H}_2\text{O}_2$  5:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH+  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; 6: %2 enzim; 7: %8 enzim

Şekil 6.15 incelendiğinde uygulanan kimyasal işlemlerin bamyalı liflerinin nem içeriğini bir miktar artırdığı görülmektedir. Bunun nedeni bu işlemler ile birlikte lif yüzeyinde bulunan hidrofob bileşenlerin uzaklaştırılması olabilir.

#### 6.4.1 Nem İçeriği Ölçümlerinin İstatistiksel Çözümleme Sonuçları

Ham bamyalı liflerinin % nem içeriği sonuçlarına bakıldığında sap ve dal lifleri kendi aralarında karşılaştırıldığında sap ve dal liflerinin kısımları arasında  $p=0,32$  ve  $p=0,2$  ile anlamlı bir fark görülmemiştir. Sap ve dallar birbirleriyle karşılaştırıldığında ise  $p=0,77$  ile anlamlı bir fark saptanmamış, en yüksek nem içeriğine sahip lifler %7,67 ile dal dip ve %7,65 ile sap uç olmuştur.

Soda ile işlem görmüş liflere bakıldığında sap ve dal kısımlarında sırası ile  $p=0,6$  ve  $p=0,36$  değerleri ile anlamlı bir fark bulunmamış, sap ve dallar kıyaslandığında ise  $p=0,005$  ile anlamlı bir fark görülmüş ve en yüksek % nem içeriğine sahip lif %9,41 ile sap dip ve %8,91 ile sap orta olmuştur. Ham lifler ile soda ile işlem gören liflerin nem içerikleri karşılaştırıldığında; sap kısımlarında  $p=4,74 \cdot 10^{-5}$  ile anlamlı bir fark bulunurken dal kısımlarında  $p=0,11$  ile anlamlı bir fark bulunmamış, soda ile muamele tüm liflerin nem içeriklerini yükseltmiştir.

Soda+sabun ile işlem gören liflerin sap ve dal kısımları kendi aralarında karşılaştırıldığında sırasıyla  $p=0,18$  ve  $p=0,41$  ile anlamlı bir fark görülmezken, birbirleriyle karşılaştırıldıklarında  $p=0,43$  ile yine anlamlı bir fark saptanmamış, nem içeriği en fazla olan lif %8,92 ile sap dip olmuştur. Soda+sabunla işlem gören lifler, yalnızca sodayla işlem gören liflerle karşılaştırıldığında sap kısımlarında  $p=0,19$  ile anlamlı bir fark görülmezken dal kısımlarında  $p=0,03$  ile anlamlı bir fark görülmüş, sabun sap liflerinin nem içeriğini düşürürken dal liflerinin nem içeriklerini yükseltici etki yapmıştır.

Soda+sabun+kostik ile işlem gören liflerin nem içeriklerine bakıldığında sap ve dallarda sırasıyla  $p=0,74$  ve  $p=0,36$  ile anlamlı bir fark görülmemiş, sap ve dalların karşılaştırılması sonucu da  $p=0,02$  ile anlamlı bir fark saptanmıştır. Nem içeriği en yüksek lif %8,97 ile sap dip olmuştur.

Bu lifler soda+sabun ile işlem gören liflerle kıyaslandığında sap ve dal kısımlarında sırasıyla  $p=0,23$  ve  $p=0,43$  ile anlamlı farklar bulunmamış, kostik liflerin nem içeriğini sap orta ve dal uç liflerinde düşürürken, diğerlerinde yükseltmiştir.

Soda+sabun+peroksit ile işlem gören liflerin sap ve dal kısımları kendi içlerinde karşılaştırıldığında sırasıyla  $p$  değerleri 0,08 ve 0,18 bulunmuş, anlamlı bir fark görülmemiştir. Sap ve dallar birbirleri ile karşılaştırıldığında ise;  $p=0,59$  ile yine anlamlı bir fark saptanmamış, nem içeriği en fazla olan lif %8,75 ile sap orta olmuştur. Bu lifler soda+sabun ile işlem gören liflerle karşılaştırıldığında sap kısımlarının nem içeriğinde  $p=0,38$  ile anlamlı olmayan bir düşüş görülürken dal kısımlarında  $p=0,74$  ile yine anlamlı bir fark bulunmamış ancak yine de nem içeriklerinde düşüş görülmüştür. Soda+sabun+peroksit ile işlem gören lifler soda+sabun +kostikle işlem gören liflerle kıyaslandığında sap kısımlarında  $p=0,01$  ile anlamlı bir etki görülürken dal kısımlarında  $p=0,48$  bulunarak anlamlı bir değişiklik görülmemiştir. Peroksit ile işlem gören liflerin nem içeriği dal uç hariç diğer liflerde kostikle işlem gören liflerin nem içeriğinden yüksek çıkmıştır.

Soda+sabun+kostik+peroksitle işlem gören liflerin nem içeriklerine bakıldığında sap ve dal kısımlarında sırasıyla  $p=0,55$  ve  $p=0,5$  değerleriyle anlamlı bir fark görülmemiştir. Sap ve dallar birbirleriyle karşılaştırıldığında ise  $p=0,16$  ile anlamlı bir fark saptanmamış, nem içeriği en fazla olan lif %8,88 ile dal uç olmuştur. Soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem gören lifler soda+sabun+kostikle işlem görmüş liflerle kıyaslandığında sap ve dal liflerinde sırasıyla  $p=0,12$  ve  $p=0,11$  değerleri ile anlamlı bir fark görülmemiş, soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem gören liflerin nem içerikleri soda+sabun+kostikle işlem görmüş sap liflerinden daha düşük, dal liflerinden daha yüksek çıkmıştır. Soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem gören lifler, soda+sabun+peroksitle işlem görmüş liflerle kıyaslandığında sap ve dal liflerinde sırasıyla  $p=0,44$  ve  $p=0,28$  değerleri ile anlamlı bir fark görülmemiş ancak tüm işlemlerden geçmiş liflerin nem içerikleri soda+kostik+peroksit işlemlerinden geçmiş liflerin nem içeriklerinden çoğunlukla yüksek çıkmıştır (sap orta hariç).

%2 ve %8 oranında enzimle işlem gören liflerin nem içerikleri kıyaslandığında  $p=0,23$  ile anlamlı bir fark görülmemiş, %2 oranında enzim kullanılan liflerin nem içeriği daha yüksek çıkmıştır.

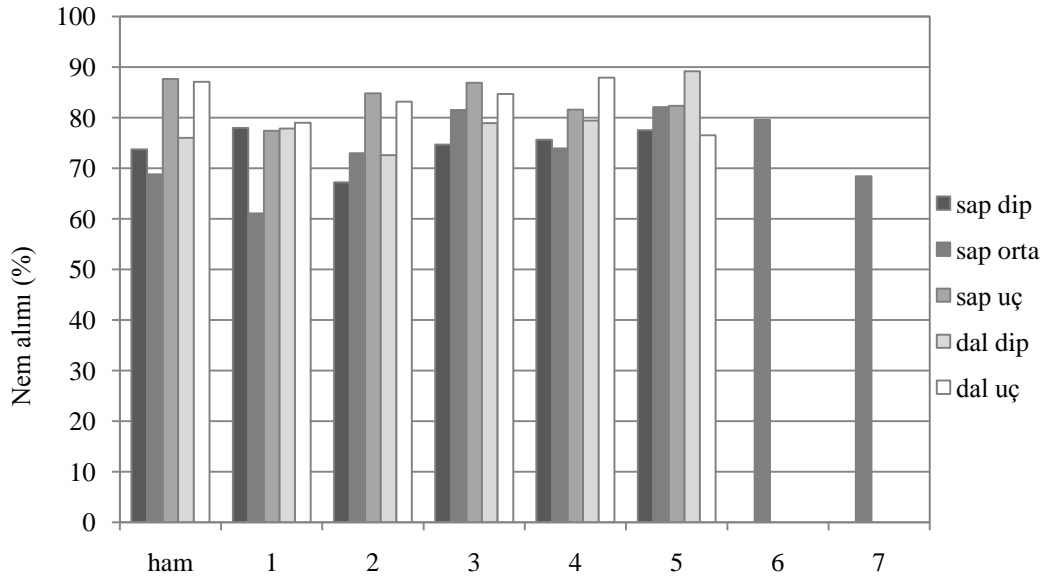
Bu lifler ham liflerle ve soda ile işlem gören sap orta lifleri ile kıyaslandığında  $p=0,09$  ve  $p=0,05$  değerleri ile anlamlı bir fark görülmemiş; sodalı sap orta lifinin nem içeriği tümünden yüksek, %2 ve %8 enzim uygulanan liflerin içeriği de ham lifinde yüksek çıkmıştır.

**Tablo 6.17:** Kimyasal işlemlerin bamya sap liflerinin nem içeriğine etkileri

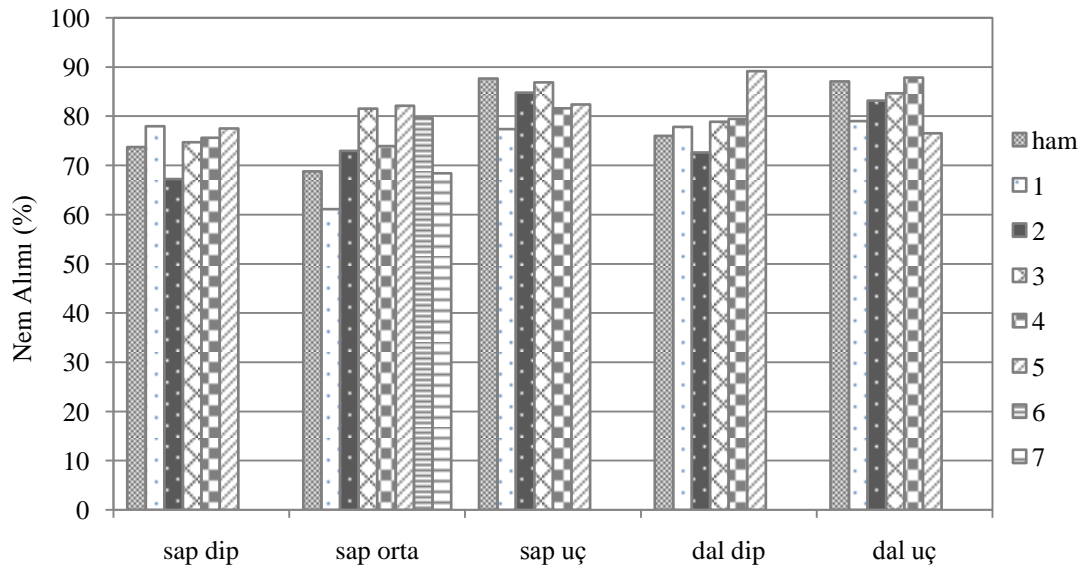
Karşılaştırılan kimyasal işlem	İstatistiki anlam	p değeri
Ham ve soda	Anlamlı bir fark var	$4,74 \cdot 10^{-5}$
Soda ve (soda+sabun)	Anlamlı bir fark yok	0,19
(soda+sabun) ve (soda+sabun+kostik)	Anlamlı bir fark yok	0,23
(soda+sabun) ve (soda+sabun+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,08
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark var	0,01
(soda+sabun+peroksit) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,12
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,44
Ham ve (soda+enzim)	Anlamlı bir fark yok	0,09
Soda ve (soda+enzim)	Anlamlı bir fark var	0,005

**Tablo 6.18:** Kimyasal işlemlerin bamya dal liflerinin nem içeriğine etkileri

Karşılaştırılan kimyasal işlem	İstatistiki anlam	p değeri
Ham ve soda	Anlamlı bir fark var	0,11
Soda ve (soda+sabun)	Anlamlı bir fark yok	0,003
(soda+sabun) ve (soda+sabun+kostik)	Anlamlı bir fark yok	0,43
(soda+sabun) ve (soda+sabun+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,18
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark var	0,48
(soda+sabun+peroksit) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,11
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,28



**Şekil 6.16:** Farklı kimyasal işlemler uygulanan liflerin nem alımı (%) üzerinde lifin elde edildiği bamyacı bitkisi kısmının etkisi. 1:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 2:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun, 3:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH 4:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+ $\text{H}_2\text{O}_2$  5:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH+  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; 6: %2 enzim; 7: %8 enzim



**Şekil 6.17:** Uygulanan kimyasal işlemlerin bamyacı bitkisinin farklı kısımlarından elde edilen liflerinin nem alımı (%) üzerindeki etkisi. 1:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 2:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun, 3:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH 4:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+ $\text{H}_2\text{O}_2$  5:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH+  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; 6: %2 enzim; 7: %8 enzim

Liflerin nem alım gücü özellikleri Şekil 6.16 ve 6.17'de verilmiştir.

Şekil 6.16 incelendiğinde en yüksek nem alım gücüne sahip liflerin sap uç ve dal uç kısımları olduğu görülmektedir. Bunun sebebi uç liflerinin çok ince olması nedeniyle birbirine dolanıp bir lif topağı oluşturması, suya daldırılıp çıkarıldığında da şekli itibariyle düz ve açık bir şekilde bulunan liflere nazaran daha fazla suyu üzerinde tutması olabilir.

Uygulanan kimyasal işlemlerin bamyalı liflerinin nem alım değerleri üzerinde önemli bir etkisi olmamakla birlikte, sap orta liflerine uygulanan enzimatik işlemler nem alımını bir miktar artırmıştır (Şekil 6.17).

#### **6.4.2 Nem Alımı Ölçümlerinin İstatistiksel Çözümleme Sonuçları**

Ham bamyalı liflerinin nem emme özellikleri karşılaştırıldığında sap ve dal liflerinde sırası ile p değerleri  $7,89 \cdot 10^{-7}$  ve 0,01 olup anlamlı bir fark görülmüştür. Sap ve dallar birbirleriyle karşılaştırıldığında ise  $p=0,61$  ile anlamlı bir fark saptanmamıştır. Nem alım kabiliyeti en yüksek olan lif %87,5 ile dal uç olmuştur.

Soda ile işlem görmüş liflerin nem emilimi değerlerine bakıldığında sap liflerinde  $p=0,0013$  ile anlamlı bir fark görülürken dal liflerinde  $p=0,7$  ile anlamlı bir fark görülmemiştir. Bu lifler birbirleriyle kıyaslandığında  $p=0,68$  ile anlamlı bir fark görülmemiş, nem emme özelliği en yüksek olan lif %79 ile sap uç olmuştur. Ham lifler ile soda ile işlem görmüş lifler kıyaslandığında sap kısmında  $p=0,01$  ile anlamlı bir fark görülürken dal kısmında  $p=0,17$  bulunmuş ve anlamlı bir fark görülmemiştir. Soda liflerin nem emme özelliklerini bazen artırırken bazen azaltmıştır.

Soda+sabunla işlem gören liflerin nem emme özelliklerine bakıldığında sap liflerinde  $p=0,002$  ile anlamlı bir fark görülürken dal liflerinde  $p=0,08$  ile anlamlı bir fark görülmemiştir. Sap ve dallar birbirleriyle karşılaştırıldığında ise;  $p=0,53$  ile anlamlı bir fark görülmemiş ve nem emme özelliği en yüksek olan lif %84,83 ile sap uç olmuştur. Bu lifler sadece soda ile işlem gören liflerle karşılaştırıldığında; sap liflerinde  $2,36 \cdot 10^{-5}$  ile anlamlı bir fark görülürken dal liflerinde 0,86 ile anlamlı bir fark görülmemiştir.



Soda+sabun+kostik ile işlem gören liflere bakıldığında sap liflerinde  $p=0,002$  ile anlamlı bir fark görülürken dal liflerinde  $p=0,08$  ile anlamlı bir fark görülmemiştir. Sap ve dallar birbirleriyle karşılaştırıldığında ise  $p=0,58$  ile anlamlı bir fark görülmemiş, nem emme özelliği en yüksek lif %86,87 ile sap uç olmuştur. Bu lifler soda+sabunla işlem gören liflerle kıyaslandığında sap liflerinde  $p=0,0004$  ile anlamlı bir fark görülürken dal liflerinde  $p=0,21$  ile anlamlı bir fark görülmemiştir. Kostik, tüm lif gruplarında nem emme özelliğini artırıcı bir etki yapmıştır.

Soda+sabun+peroksit ile işlem gören liflerin nem emme değerlerine bakıldığında, sap kısımlarında  $p=0,05$  ve dal kısımlarında  $p=0,02$  ile anlamlı bir fark saptanmıştır. Sap ve dallar birbirleriyle karşılaştırıldığında ise  $p=0,003$  ile anlamlı bir fark görülmüş, nem emme özelliği en yüksek olan lif %87,88 ile dal uç olmuştur. Bu lifler soda+sabun ile işlem gören liflerle kıyaslandığında; sap ve dal liflerinde  $p=0,31$  ve  $p=0,07$  ile anlamlı bir fark görülmemiştir. Soda+sabun üzerine uygulanan peroksit işlemi liflerin nem emme özelliklerini çoğunlukla yükseltmiştir. Soda+sabun+kostik ile işlem gören liflerin nem emme özellikleri soda+sabun+peroksit ile işlem gören liflerin nem emme özellikleriyle kıyaslandığında; sap kısımlarında  $p=0,02$  ile anlamlı bir fark görülürken dal kısmında  $p=0,39$  bulunmuş olup anlamlı bir fark görülmemiştir. Kostik ile işlem gören lifler sap orta ve sap uç kısımlarında daha yüksek nem emme özelliğine sahipken diğer kısımlarda daha düşüktür.

Soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem gören liflerin nem emme özelliklerine bakıldığında sap kısımlarında  $p=0,35$  değeriyle anlamlı bir fark görülmezken, dal kısımlarında  $p=0,002$  ile anlamlı bir fark bulunmuştur. Sap ve dallar birbirleriyle karşılaştırıldığında ise;  $p=0,25$  ile anlamlı bir fark saptanmamış, en yüksek nem emme yeteneğine sahip lif %89,19 ile dal dip olmuştur. Tüm işlemlerden geçen bu lifler soda+sabun+kostik ile işlem gören liflerle kıyaslandığında sap ve dal kısımlarında  $p=0,84$  ve  $p=0,61$  ile anlamlı bir fark görülmemiştir. Soda+sabun+kostik+peroksitle işlem gören liflerin nem emme özellikleri soda+sabun+kostik ile işlem gören liflere göre sap uç ve dal uç kısımlarında daha düşük çıkmıştır.

Tüm işlemlerden geçen lifler soda+sabun+peroksit ile işlem gören liflerle kıyaslandığında sap ve dal liflerinde sırasıyla p değerleri 0,07 ve 0,7 bulunup anlamlı bir farka rastlanmamıştır.  $\text{Na}_2\text{CO}_3+\text{Sabun}+\text{NaOH}+\text{H}_2\text{O}_2$  işlem gören liflerin nem emme özellikleri dal uç hariç diğer lif kısımlarında soda+sabun+peroksit ile işlem görmüş liflere göre daha yüksek çıkmıştır.

%2 ve %8 enzim uygulanan liflerin nem emme özelliklerine bakıldığında  $p=0,005$  ile anlamlı bir fark bulunmuş, %2 enzim uygulanan lifin nem emme özellikleri %79,58 ile daha yüksek çıkmıştır. Enzim uygulanan lifler ham ve soda ile işlem görmüş sap orta lifleri ile kıyaslandığında ise;  $p=0,001$  ve  $p=0,003$  il anlamlı bir fark bulunmuş, en yüksek nem emme özelliğine sahip lif %2 lik enzimli lif, daha sonra %68 ile ham ve %8'lik enzimli lif eşit, en düşük nem emme özelliğine sahip lifte %61 ile sodalı lif olmuştur.

**Tablo 6.19:** Kimyasal işlemlerin bamyap sap liflerinin nem emme özelliklerine etkileri

Karşılaştırılan kimyasal işlem	İstatistiki anlam	p değeri
Ham ve soda	Anlamlı bir fark var	$2,97*10^{-5}$
Soda ve (soda+sabun)	Anlamlı bir fark yok	$2,36*10^{-5}$
(soda+sabun) ve (soda+sabun+kostik)	Anlamlı bir fark yok	0,0004
(soda+sabun) ve (soda+sabun+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,31
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark var	0,02
(soda+sabun+peroksit) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,84
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,007
Ham ve (soda+enzim)	Anlamlı bir fark yok	0,001
Soda ve (soda+enzim)	Anlamlı bir fark var	0,003

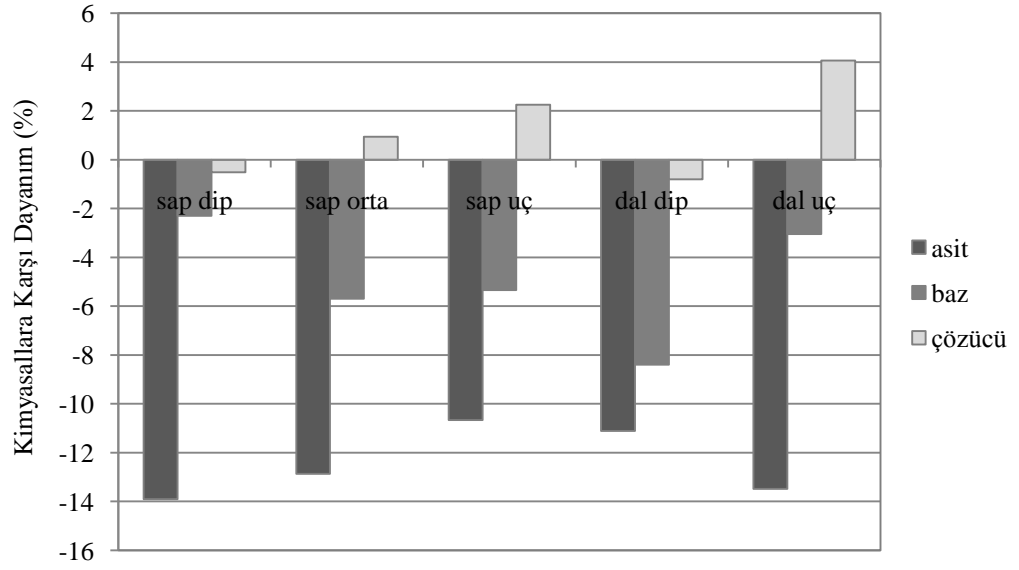
**Tablo 6.20:** Kimyasal işlemlerin bamyada dal liflerinin nem emme özelliklerine etkileri

Karşılaştırılan kimyasal işlem	İstatistiksel anlam	p değeri
Ham ve soda	Anlamlı bir fark var	0,0003
Soda ve (soda+sabun)	Anlamlı bir fark yok	0,86
(soda+sabun) ve (soda+sabun+kostik)	Anlamlı bir fark yok	0,21
(soda+sabun) ve (soda+sabun+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,007
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark var	0,39
(soda+sabun+peroksit) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,61
(soda+sabun+kostik) ve (soda+sabun+kostik+peroksit)	Anlamlı bir fark yok	0,07

## 6.5 Bamyada Liflerinin Kimyasallara Karşı Dayanıklılıklarının Ölçüm Sonuçları

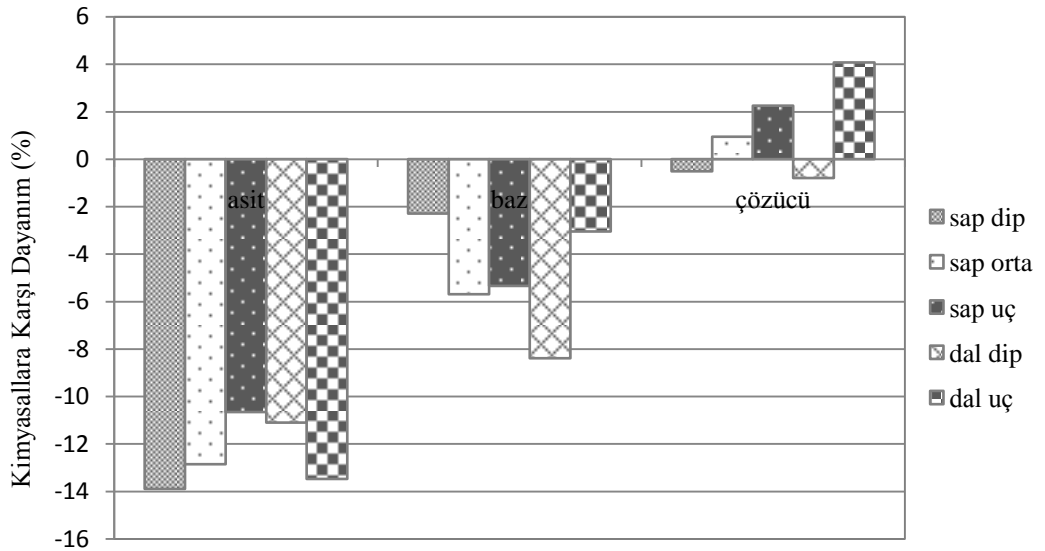
**Tablo 6.21:** Bamyada lifinin kimyasallarla muamelesi sonucu ağırlıklarındaki değişim oranları

Kimyasal	Lif ağırlığındaki % artış (+) / % azalış (-)				
	Sap dip	Sap orta	Sap uç	Dal dip	Dal uç
% 10 Hidroklorik asit	-5,76	-6,06	-2,53	-1,93	-6,52
%40 Nitrik asit	-35	-32,03	-31,32	-30,30	-35,31
%8 Asetik asit	-0,96	-0,49	+1,87	-1,10	+1,37
% 10 Sodyum hidroksit	-14,55	-13,71	-23,08	-19,07	-14,68
% 10 Amonyum hidroksit	-2,37	-1,58	-1,79	-3,81	-0,59
%20 Sodyum karbonat	+10	-1,80	+8,84	-2,33	+6,11
Benzen	+0,28	-0,89	+1,05	+1,26	+2,69
Tolüen	-2,64	+1,41	-1,76	-5,33	+6,92
Su	+0,79	+2,31	+7,47	+1,65	+2,59



**Şekil 6.18:** Ham bamyalı liflerin kimyasallara dayanıklılıkları (%) üzerinde lifin elde edildiği bamyalı bitkisi kısmının etkisi.

Şekil 6.18 incelendiğinde; bamyalı liflerin kimyasallara karşı dayanıklılığı asidik çözelti ile muamele liflerde büyük oranda ağırlık kaybına (%10-14) bazik çözeltiler daha düşük ağırlık kaybına (%2-9) neden olurken, çözücülerin çok önemli bir etkisine rastlanmamıştır.



**Şekil 6.19:** Uygulanan kimyasal işlemlerin bamyalı bitkisinin liflerinin kimyasallara dayanıklılıkları (%) üzerindeki etkisi.

Asidik ve bazik çözeltilerle muamele bamyalıflerinin tüm kısımlarında ağırlık kaybına neden olurken, çözeltiler ile muamelede sap ve dalların dip kısmında az miktarda ağırlık kaybı görülmüştür (Şekil 6.19).

### **6.5.1 Kimyasallara Karşı Dayanıklılık Ölçümlerinin İstatistiksel Çözümleme Sonuçları**

Ham bamyalıflerinin asitlere, bazlara ve çözücülere karşı dayanıklılıklarını tespit etmek için bu kimyasallarla muamele edildikten sonra % ağırlık kayıplarına bakılmıştır. İstatistiksel çözümleme sonuçlarına göre; ham bamyalıflerinin sap uç sap orta ve sap dip kısımları arasında asitlere dayanıklılık konusunda  $p=0,97$  ile dal dip ve dal uç kısımları arasında da  $p=0,87$  ile aside karşı dayanıklılıklarında anlamlı bir fark görülmemiştir. Ham sap ve dal liflerinin asitlere karşı dayanıklılıklarına bakıldığında  $p=0,99$  ile yine anlamlı bir fark görülmemiştir. Asitlere karşı en dayanıklı lif %10,66 ile sap uçtur. Asetik asit ile sap uç ve dal ucun ağırlıkları %1,8 ve %1,3 civarında artış göstermiştir. Bu, deney hatasından veya zayıf asitle muamele sonucu nem içeriğinde küçük bir miktar artış nedeni ile olabilir.

Ham bamyalıflerinin bazlara karşı dayanıklılıklarına bakıldığında sap dip, orta uç ve dal dip, uç kısımları kendi içinde karşılaştırıldığında  $p=0,93$  ve  $p=0,54$  ile anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Sap ve dalların bazlara karşı dayanıklılığı kıyaslandığında ise  $p=0,79$  ile yine anlamlı bir fark görülmemiştir. Bazlara karşı en dayanıklı lif %2,3 ile sap diptir. Sap dip, sap uç ve dal dip liflerinde soda ile birlikte ağırlık artmıştır.

Ham bamyalıflerinin çözücülere karşı dayanıklılıklarına bakıldığında, sap dip, orta, uç ve dal dip, uç kısımları kendi içinde karşılaştırıldığında  $p=0,58$  ve  $p=0,97$  ile anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Sap ve dalların çözücülere karşı dayanıklılığı kıyaslandığında ise  $p=0,53$  ile yine anlamlı bir fark görülmemiştir. Çözücülere karşı en dayanıklı lif %2,06 ağırlık artışıyla sap uçtur.

Ham bamyalıflerinin asitlere ve bazlara karşı dayanıklılığı karşılaştırıldığında; sırasıyla  $p=0,28$  ve  $p=0,45$  ile anlamlı bir fark bulunamamış, ancak lifler bazlara karşı daha dayanıklı çıkmıştır.

Ham bamyaya liflerin sap ve dallarının asitlere karşı dayanıklılığı ile çözücülere karşı dayanıklılıkları kıyaslandığında sap lifleri arasında  $p=0,04$  ile anlamlı bir fark bulunurken, dal lifleri arasında  $p=0,17$  ile istatistiksel açıdan anlamlı bir fark görülmemiştir. Ancak lifler çözücülere karşı asitlerden daha düşük ağırlık kaybına maruz kalmıştır. Tolüen ile sadece sap uç lifinde ağırlık artışı diğer tüm liflerde ağırlık kaybı, benzen ile sadece sap ortada ağırlık kaybı diğer tüm liflerde ağırlık artışı su ile tüm liflerde ağırlık artışı olmuştur.

Ham bamyaya liflerin sap ve dallarının bazlara karşı dayanıklılığı ile çözücülere karşı dayanıklılıkları kıyaslandığında sırasıyla  $p$  değerleri 0,24 ve 0,31 bulunmuş, istatistiksel açıdan anlamlı bir fark görülmemiştir. Ancak lifler çözücülere karşı bazlardan daha düşük ağırlık kaybına uğramıştır.

Genel olarak baktığımızda ise liflerin sap dip, sap orta, sap uç, dal dip ve dal uç kısımlarının asitlere, bazlara ve çözücülere karşı dayanıklılıkları istatistiksel açıdan anlam taşımayan yakın değerlerdir.

**Tablo 6.22:** Ham bamyaya sap liflerinin asit, baz ve çözücülere karşı dayanıklılığının karşılaştırılması

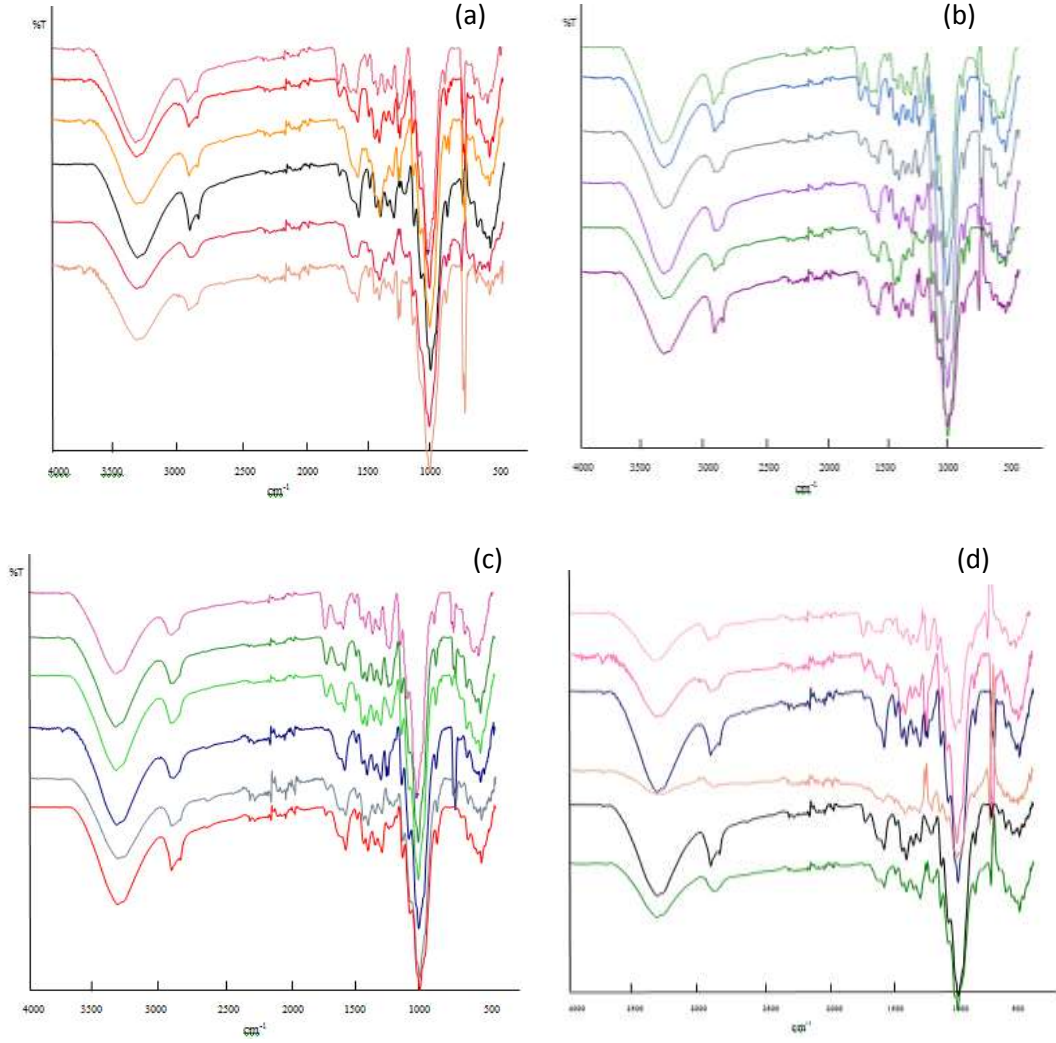
Karşılaştırılan kimyasal	İstatistiksel anlam	$p$ değeri
Asit- Baz	Anlamlı bir fark yok	0,28
Asit-Çözücü	Anlamlı bir fark var	0,004
Baz-Çözücü	Anlamlı bir fark yok	0,24

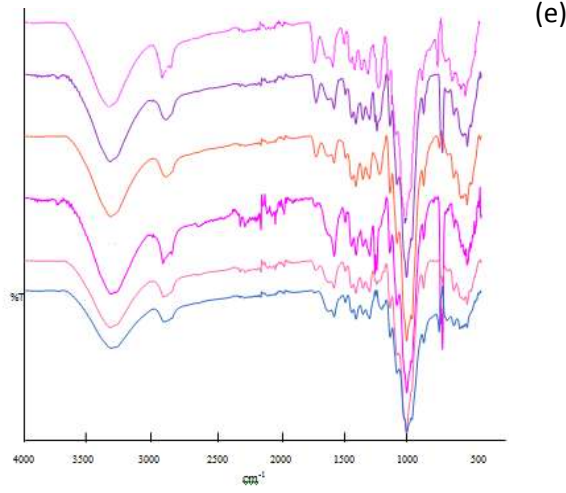
**Tablo 6.23:** Ham bamyaya dal liflerinin asit, baz ve çözücülere karşı dayanıklılığının karşılaştırılması

Karşılaştırılan kimyasal	İstatistiksel anlam	$p$ değeri
Asit- Baz	Anlamlı bir fark yok	0,45
Asit-Çözücü	Anlamlı bir fark yok	0,17
Baz-Çözücü	Anlamlı bir fark yok	0,31

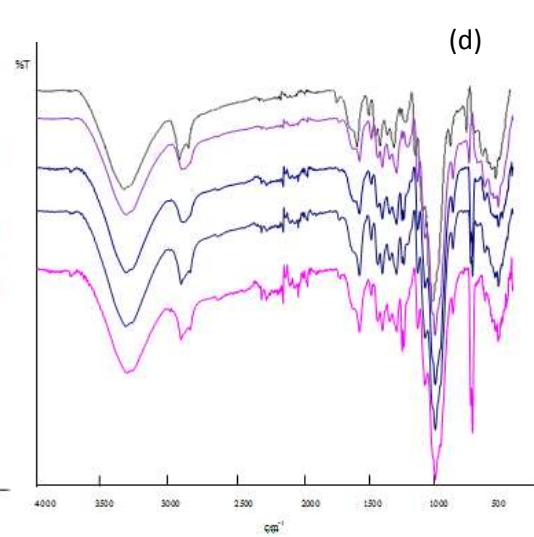
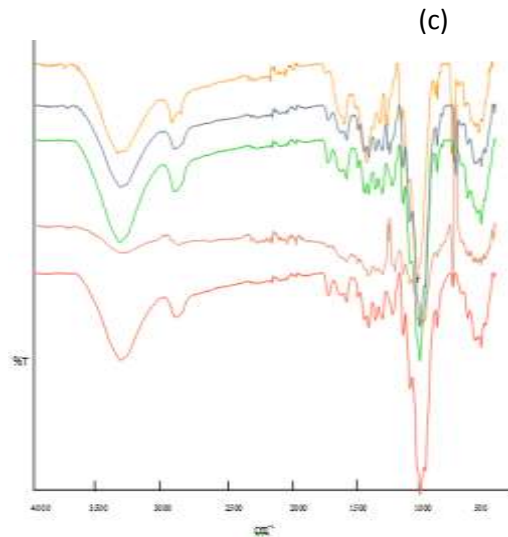
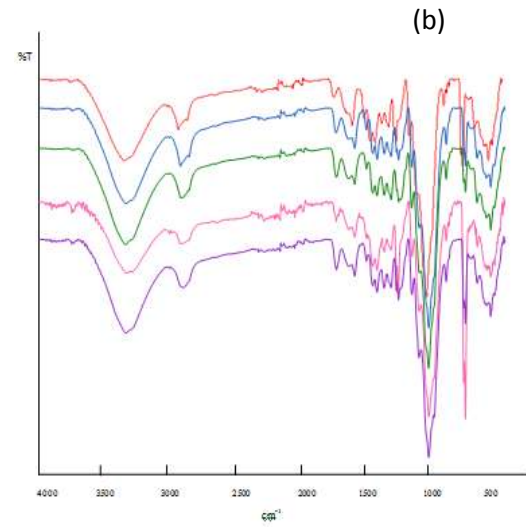
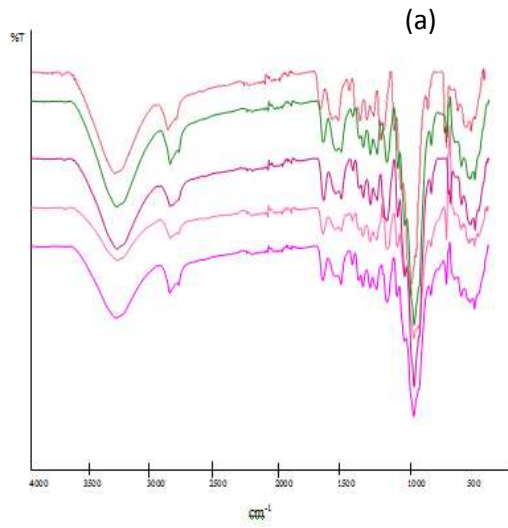
## 6.6 Bamyı Liflerinin FTIR Analizi Sonuçları

Aşağıda sırasıyla ham, soda, soda+sabun, soda+sabun+kostik, soda+sabun+peroksit ve soda+sabun+kostik+peroksit ile işlem görmüş bamyı sap dip, sap orta, sap uç, dal dip ve dal uç liflerinin FTIR analizi sonuçları verilmiştir.

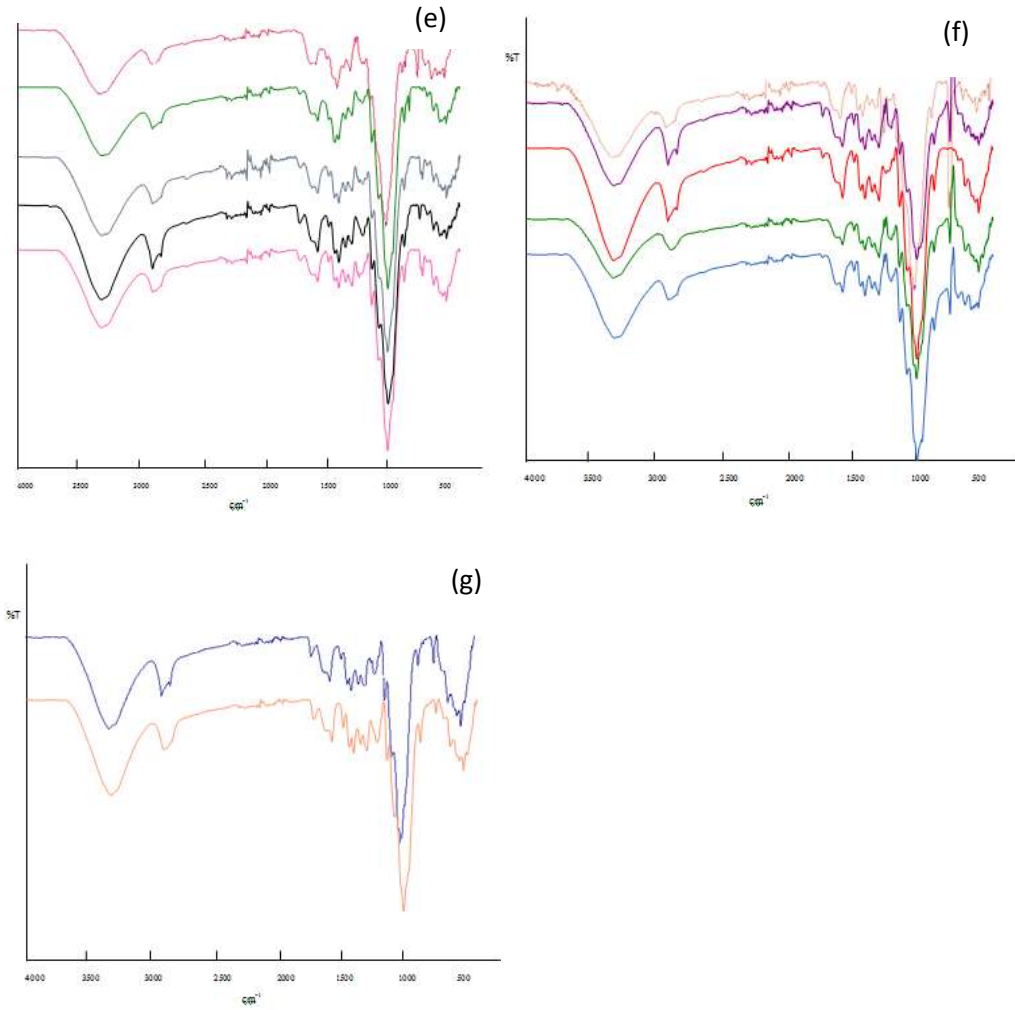




**Şekil 6.20:** Bamyalı lif kısımlarına göre FTIR diyagramları a) Sap dip, b) Sap orta, c) Sap uç, d) Dal dip, e) Dal uç (Sırasıyla ham,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+ $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH+  $\text{H}_2\text{O}_2$ )







**Şekil 6.21:** Kimyasal işlemlere göre FTIR diyagramları (sırasıyla sap dip, sap orta, sap uç, dal dip, dal uç) a) ham, b)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , c)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun, d)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH, e)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+ $\text{H}_2\text{O}_2$ , f)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH+  $\text{H}_2\text{O}_2$  g) %2 ve %8 enzim

Şekil 6.20 incelendiğinde  $3400 \text{ cm}^{-1}$  civarındaki geniş absorpsiyon bandı hidroksil (OH) gruplarının H bağı ve O-H gerilme titreşimlerine karşılık gelir.  $2954 \text{ cm}^{-1}$ ,  $2923 \text{ cm}^{-1}$  ve  $2854 \text{ cm}^{-1}$  piklerinde selüloz ve hemiselüloz bileşenlerinde CH ve  $\text{CH}_2$  nin C-H gerilme titreşimlerinin karakteristik varlığı gözlemlenir (Yılmaz, 2013; De Rosa vd., 2010).  $1743 \text{ cm}^{-1}$  deki emilim hemiselüloz içerisindeki ester grup yada lignin içerisindeki karboksil asitin (R-COOH) bağ titreşimi karbonil (C=O) gruba aittir.  $1627 \text{ cm}^{-1}$  dalga boyundaki pik, lif içerisinde bulunan su varlığından dolayı oluşmaktadır.  $1517 \text{ cm}^{-1}$  dalga boyundaki pik, ligninin aromatik halkasındaki C=C gerilme titreşimi sebebiyle görülür.  $1430 \text{ cm}^{-1}$  dalga boyundaki emilim, selülozdaki mevcut  $\text{CH}_2$  simetrik bükümden kaynaklanmaktadır (De Rosa vd., 2010).

1384  $\text{cm}^{-1}$  ve 1243  $\text{cm}^{-1}$  deki emilimler, sırasıyla lignin ve hemiselüloz bileşenlerindeki asetil grupların C-O gerilme titreşimlerine karşılık gelir. Spektrumdaki 1370  $\text{cm}^{-1}$  ve 1320  $\text{cm}^{-1}$  de gözlenen iki pik de polisakkaritteki aromatik halkanın C-O ve C-H gruplarının gerilme titreşimlerinden kaynaklı gözlemlenir. 1160  $\text{cm}^{-1}$  deki emilim, selüloz ve hemiselülozda bulunan C-O-C takımının antisimetrik deformasyonundan oluşur. 1030  $\text{cm}^{-1}$  deki güçlü emilim selülozdaki polisakkarite ait CO ve O-H gerilme titreşimine bağlıdır. 897  $\text{cm}^{-1}$  de gözlemlenen pik, selülozda bulunan monosakkaritlerin arasındaki b-(1-4) glikozidik bağlarındaki C-O-C gerilimine bağlıdır. Ayrıca 598  $\text{cm}^{-1}$  deki emilim C-OH bükümünden kaynaklanır (De Rosa vd., 2010).

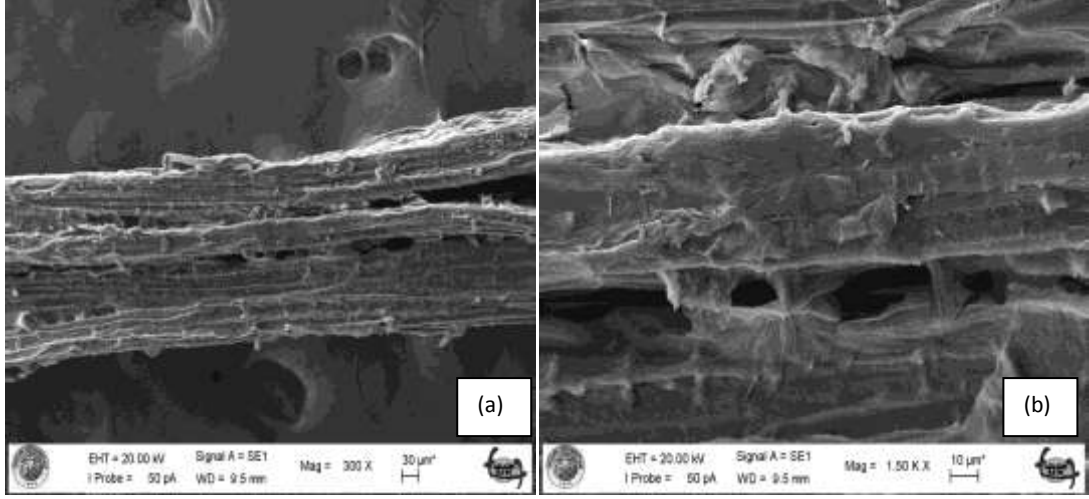
Kimyasal işlemler sonucu 1733  $\text{cm}^{-1}$  pikinin kuvveti azalmıştır. Bu da bu pike karşılık gelen hemiselülozdaki üranik asit miktarının azalmasına dolayısıyla hemiselüloz miktarının azalmasına işarettir (Yılmaz, 2013).

Yine kimyasal işlemler sonucu 1243  $\text{cm}^{-1}$  pikinin kuvveti azalmıştır. Bu da bu pike karşılık gelen lignin ve hemiselüloz miktarında işlemler sonrasında azalma oluştuğuna işarettir (Yılmaz, 2013).

Bamya sapının farklı kısımlarından elde edilen liflerin FTIR grafikleri karşılaştırıldığında bariz sistematik farklar saptanmamış, bazı lif gruplarının kimi kimyasal işlem basamaklarından göreceli olarak fazla etkilendiği görülse de genel geçer çıkarımlarda bulunulmamıştır.

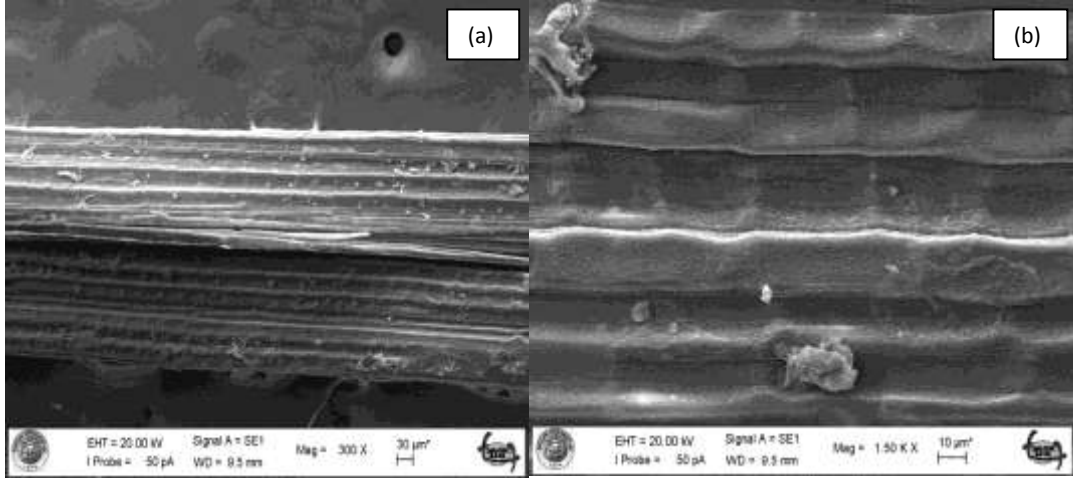
## **6.7 Bamya Liflerinin SEM Analizi Sonuçları**

Bu çalışmada 5 adet ham lif numunesinin ve kimyasal işlem uygulanan tüm sap orta lif numunelerinin (7 adet), taramalı elektron mikroskobu ile  $\times 300$  ve  $\times 1500$  büyütme oranlarında SEM görüntüleri alınıp morfolojik özellikleri incelenmiştir.



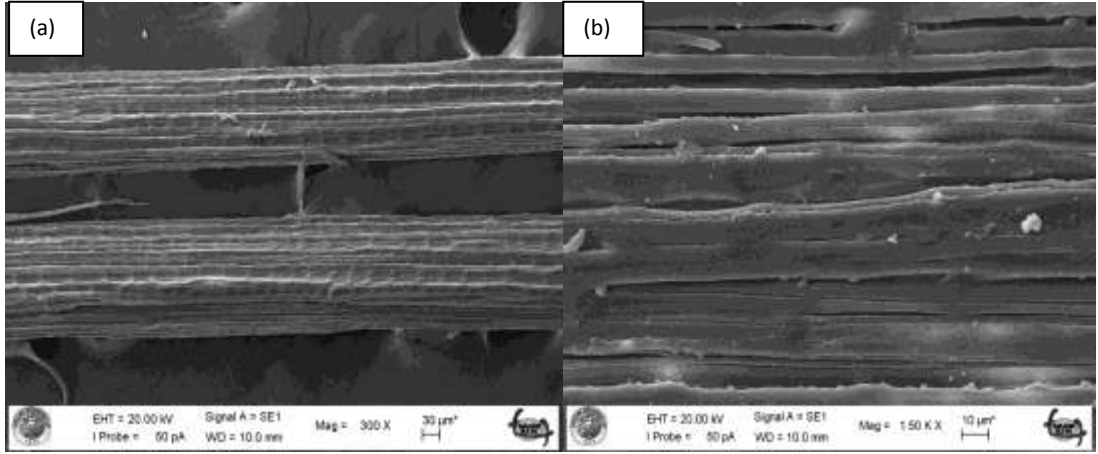
**Şekil 6.22:** Ham bamyasap dip lifinin SEM görüntüsü a)  $\times 300$  defa büyütülmüş b)  $\times 1500$  defa büyütülmüş

Şekil 6.22’de verilen ham bamyasap dip lifinin SEM görüntüleri incelendiğinde, lifin oluşturan elementer liflerin düzgün bir yüzeye sahip olmayıp, selüloz dışı malzemeler ile kaplı olduğu görülmektedir. Ayrıca elementer lifler lif demetinden kimi yerde ayrılma göstermektedir. Lif kalınlıkları da lif boyunca değişmektedir.



**Şekil 6.23:** Ham bamyasap orta lifinin SEM görüntüsü a)  $\times 300$  defa büyütülmüş b)  $\times 1500$  defa büyütülmüş

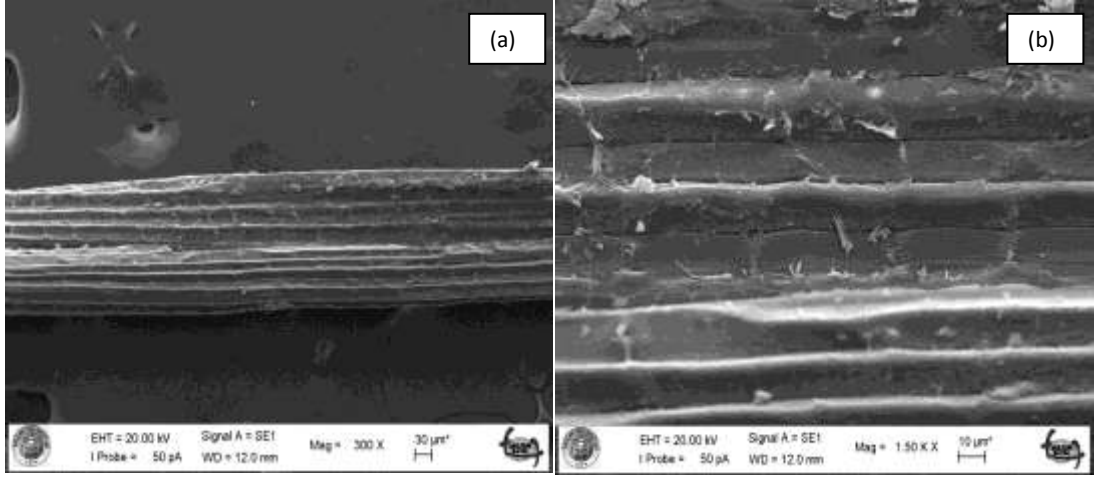
Şekil 6.23 incelendiğinde ham bamyasap orta liflerinin içerisinde bulunan elementer liflerin paralel, düzgün ve aralarında boşluk kalmayacak şekilde yerleştiği görülmektedir. Bu nedenle sap orta liflerinin yapısı itibari ile sap dip liflerine göre daha dayanıklı olması beklenmektedir ki, bu çalışmada yapılan mukavemet testlerinde sap orta lifi sap dip lifinden daha iyi dayanım özellikleri göstermiştir.



**Şekil 6.24:** Ham bamyapa uç lifinin SEM görüntüsü a)  $\times 300$  defa büyütülmüş b)  $\times 1500$  defa büyütülmüş

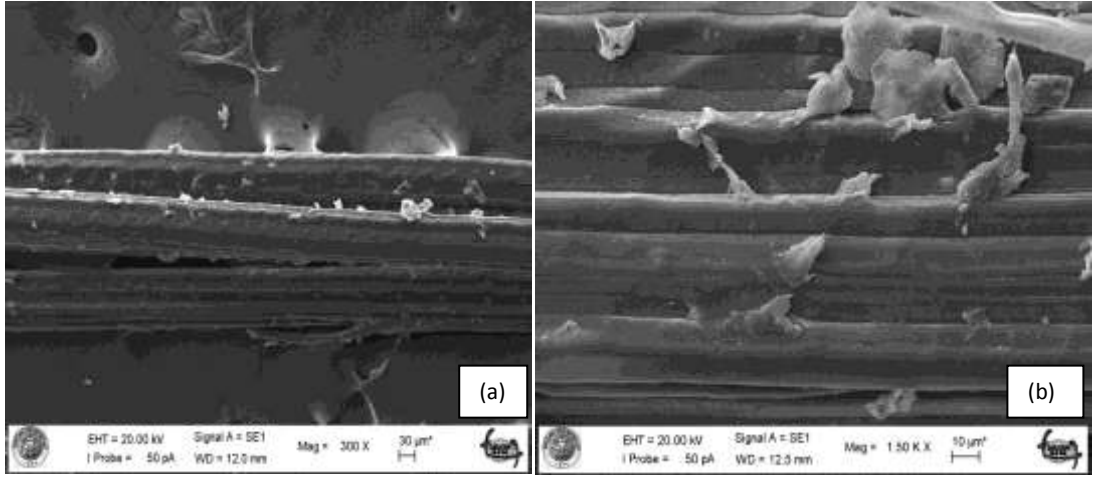
Şekil 6.24’de sap uç liflerinin diğer sap liflerinde göre daha ince olduğu görülmektedir. Bu durum Şekil 6.1 ile ve lif lineer yoğunluk analizi ile uyum arz etmektedir. Yine Şekil 6.24’e göre ham bamyapa sap uç liflerinin içinde bulunan elementer lifler lif boyunca düzgün şekilde yerleşmişlerdir ancak bazı lif telleri arasında boşluklar görülmektedir. Bu da lif ayırma işleminin biraz daha güçlü uygulanması halinde, sap uç liflerinde daha ince liflere ulaşılacağını göstermektedir. Şekil 6.1 incelendiğinde de, sonradan uygulanan kimyasal işlemler sonrasında sap uç liflerinin lineer yoğunluk derecesinin diğer sap liflerine oranla daha da yüksek oranda azaldığını göstermektedir.

Bu şekilde elementer lifleri arasında ince boşluklar (kapillerler) bulunan lifler suyu bünyesine çabuk alması beklenmektedir. Gerçekten de Şekil 6.16 incelendiğinde, sap uç liflerinin diğer sap liflerinden daha yüksek su emme oranına sahip olduğu görülmektedir. Bu durumda sap uç liflerinin mukavemet ve boyanabilirlik özelliğinin de daha iyi olması beklenebilir (Mangut ve Karahan, 2008).



**Şekil 6.25:** Ham bamyada dal dip lifinin SEM görüntüsü a)  $\times 300$  defa büyütülmüş b)  $\times 1500$  defa büyütülmüş

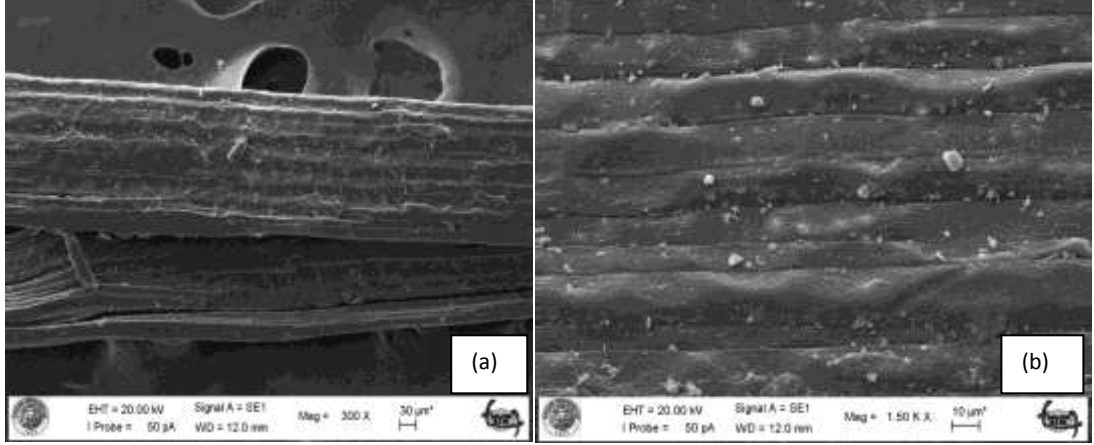
Şekil 6.25’de verilen ham bamyada dal dip lifinin morfolojik özellikleri incelendiğinde, lifin uzunlamasına görünümünde örtüşen, sıralı, düzgün yerleşmiş lif telleri görülür. Ayrıca lif yüzeyinde saflığı bozan maddeler de görülmektedir ki; bunlar liflerin üzerine yapışmış selülozik olmayan bileşikler olabilir.



**Şekil 6.26:** Ham bamyada dal uç lifinin SEM görüntüsü a)  $\times 300$  defa büyütülmüş b)  $\times 1500$  defa büyütülmüş

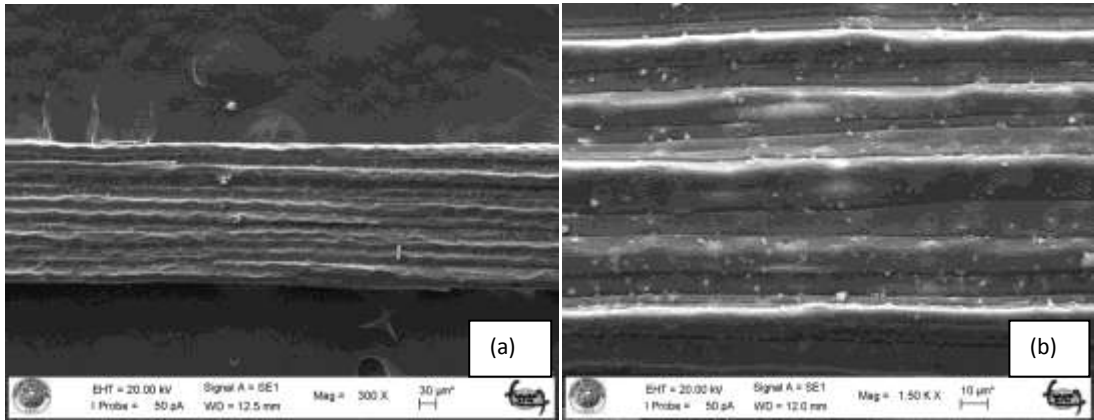
Şekil 6.26 a) incelendiğinde ham bamyada dal uç liflerinin içinde bulunan elementer lifler arasında hafif boşluklar bulunduğu, onun dışında genel olarak düzgün bir yerleşim düzenine sahip olduğu görülmektedir. Ancak Şekil 6.26 b)’de lifin yüzeyinde ve elementer lifler arasındaki boşluklarda yabancı maddelerin varlığı açıkça görülmektedir. Yine Şekil 6.24’de ham bamyada sap uç liflerinde olduğu gibi, dal uç lifleri içinde bulunan elementer lifler lif boyunca düzgün şekilde yerleşmişlerdir ancak bazı lif telleri arasında boşluklar görülmektedir.

Bu da lif ayırma işleminin biraz daha güçlü uygulanması halinde, dal uç liflerinde daha ince liflere ulaşılacağını göstermektedir. Şekil 6.1 incelendiğinde de, sonradan uygulanan kimyasal işlemler sonrasında dal uç liflerinin lineer yoğunluk derecesinin diğer liflere oranla daha yüksek oranda azaldığını göstermektedir.



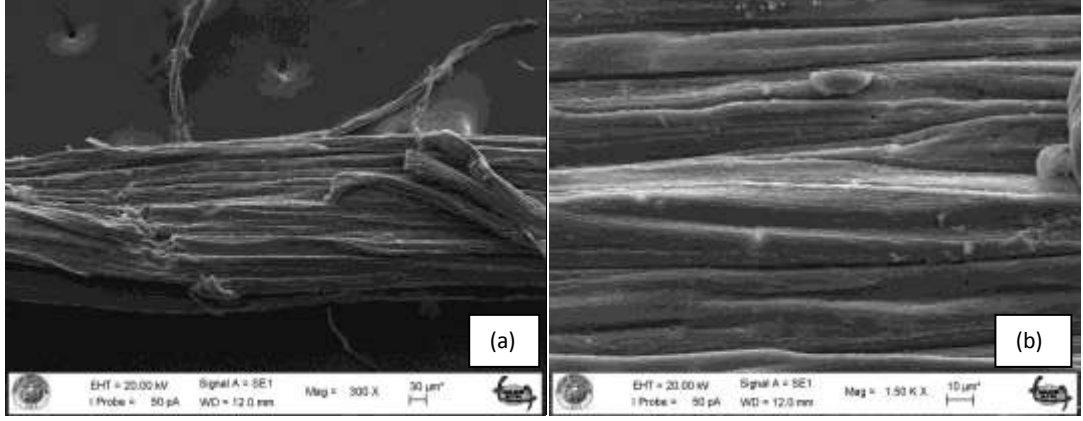
**Şekil 6.27:** Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ile işlem görmüş sap orta lifinin SEM görüntüsü a) ×300 defa büyütülmüş b) ×1500 defa büyütülmüş

Şekil 6.27’de verilen Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ile işlem görmüş sap orta lifinin SEM görüntüleri incelendiğinde lif boyunca elementer liflerin biraz inceldiği ve birbirine yaklaştığı, ancak lif yüzeyinde nokta şeklinde selülozik olmayan muhtemelen kimyasal madde artıkları görülmektedir.



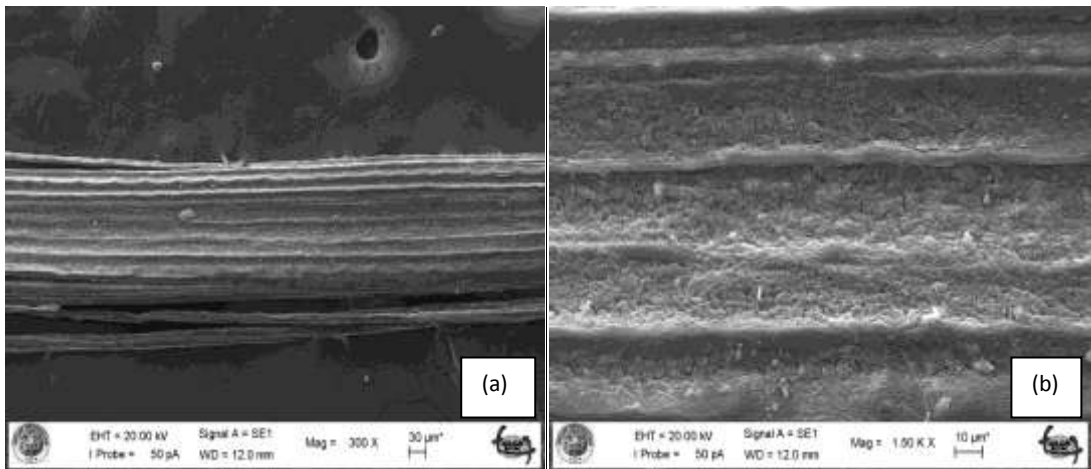
**Şekil 6.28:** Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>+Sabun ile işlem görmüş sap orta lifinin SEM görüntüsü a) ×300 defa büyütülmüş b) ×1500 defa büyütülmüş

Şekil 6.28 incelendiğinde Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>+Sabun ile işlem görmüş sap orta liflerinin daha parlak bir yüzeye sahip olduğu, lif tellerinin paralel ve düzgün bir şekilde yerleştiği görülmektedir. Yine lif yüzeyinde nokta şeklinde selülozik olmayan muhtemelen kimyasal madde artıkları görülmektedir.



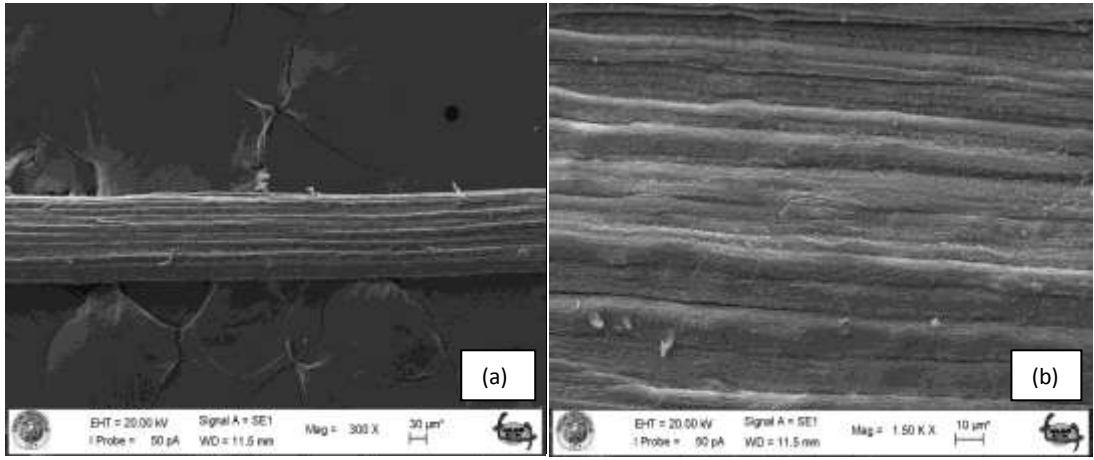
**Şekil 6.29:**  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH ile işlem görmüş sap orta lifinin SEM görüntüsü a)  $\times 300$  defa büyütülmüş b)  $\times 1500$  defa büyütülmüş

Şekil 6.29 incelendiğinde  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+NaOH ile işlem görmüş sap orta lifinin yapısını oluşturan elementer liflerde zedelenmeler ve kopmalar meydana gelmiş, lif hücreleri lif boyunca paralel değil, yer yer düzensiz ve üst üste binmiş şekilde yerleşmişlerdir. Bu durumda lif kopma kuvvetinin azalması beklenir. Şekil 6.6 ve 6.8 incelendiğinde lifin kopma kuvveti (N) ve elastisite modülünün azaldığı görülmektedir. Arifuzzaman Khan (2009) da NaOH etkisi ile lifteki kıvrımın arttığını belirtmiştir. Bu da, şekilde görülen lif paralelliğinin kaybolması ile ilgili ele alınabilir. Şekil 6.12’de görülen kopma uzamasının artışı da yine bu kıvrım ile ilgili düşünülebilir. Elementer liflerin, daha önce görüntüleri verilen ham, soda ve soda + sabun ile işlem görmüş sap orta liflerinde olduğundan daha etkin biçimde ayrıldığı görülmektedir. Bu durum Şekil 6.2’de de sap orta lifinin bu aşamadaki lineer yoğunluk düşümüne karşılık gelmektedir.



**Şekil 6.30:**  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +Sabun+  $\text{H}_2\text{O}_2$  ile işlem görmüş sap orta lifinin SEM görüntüsü a)  $\times 300$  defa büyütülmüş b)  $\times 1500$  defa büyütülmüş

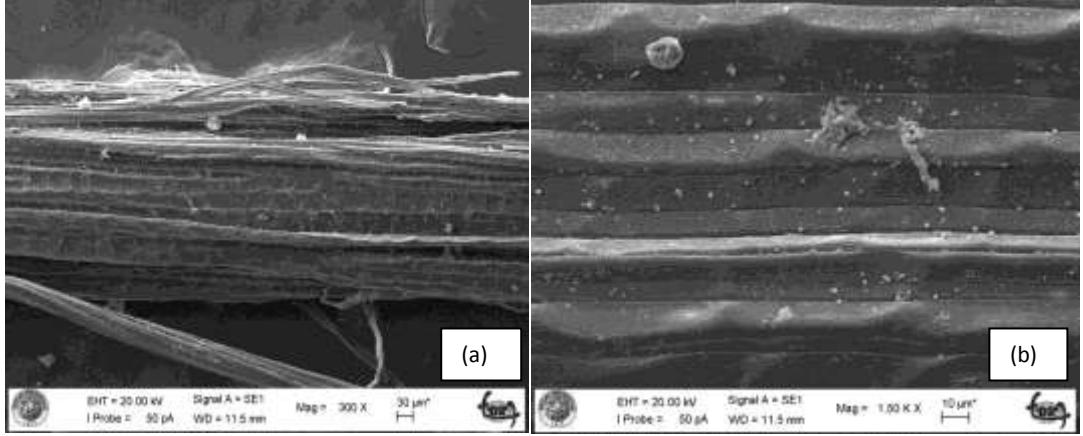
Şekil 6.30'da görüldüğü gibi,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Sabun} + \text{H}_2\text{O}_2$  ile işlem görmüş sap orta lifinin SEM görüntüsünde elementer lifler düzgün ve genellikle birbirine yakın yerleşmiştir. NaOH ile işlem görmüş liflerde olduğu gibi ağır bir etki görülmemektedir. Şekil 6.6, 6.8 ve 6.10 ile karşılaştırıldığında gerçekten bu liflerin, NaOH ile muamele görmüş liflerden daha yüksek kopma kuvveti, mukavemeti ve elastisite modülüne sahip oldukları görülmektedir. Yine düşük ayrışma nedeni ile, Şekil 6.2'de görüldüğü gibi bu lifin lineer yoğunluğu, NaOH ile muamele görmüş lif lineer yoğunluğundan yüksektir. Şekil 6.30 b)'de görüldüğü üzere lif yüzeyi gözenekli ve pütürlü bir yapıya sahip olmuştur.



**Şekil 6.31:**  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Sabun} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_2$  ile işlem görmüş sap orta lifinin SEM görüntüsü a)  $\times 300$  defa büyütülmüş b)  $\times 1500$  defa büyütülmüş

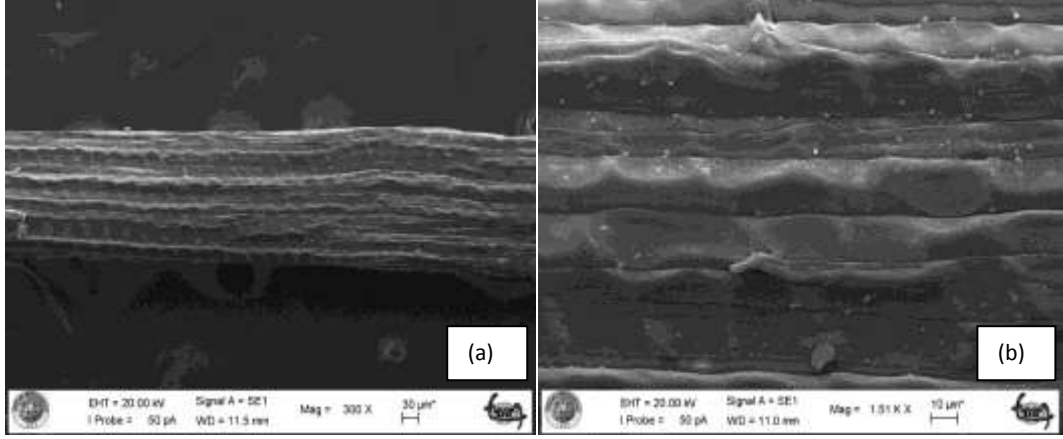
Şekil 6.31 incelendiğinde  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Sabun} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_2$  ile işlem görmüş sap orta lifinin yapısını oluşturan elementer lifleri, ham sap orta lifine göre oldukça incelmiş görülmektedir. Lineer yoğunluk ve mekanik özellikler ile ilgili analizler incelendiğinde, bu liflerin incelik ve mekanik özellik değerlerinin soda+sabun + NaOH ile işlem görmüş lifler ile yakın olduğu görülmektedir. Buna göre, uygulanan şartlar altında bu özellikler üzerinde  $\text{H}_2\text{O}_2$ 'nin önemli bir etkiye sahip olmadığı, NaOH'in ise güçlü etkiye sahip olduğu söylenebilir.





**Şekil 6.32:** %2 enzim ile işlem görmüş sap orta lifinin SEM görüntüsü a)  $\times 300$  defa büyütülmüş b)  $\times 1500$  defa büyütülmüş

Şekil 6.32 incelendiğinde %2 enzim ile işlem görmüş sap orta liflerinin yapısını oluşturan elementer liflerinde lifin dış kısımlarında yer alanlarının ayrılma davranışı görülmektedir. Bu durum kullanılan enzimin yüzeysel olarak selüloz dışı malzemeyi bozundurarak bunların yapıştırdığı yüzey lifçiklerinin ayrılmasına sebep olması ile açıklanabilir. Ama Şekil 6.29'de görüldüğü üzere NaOH işleminde olduğu gibi omurgayı oluşturan selüloz zincirleri üzerinde bir etkiye rastlanmamıştır. Lif yüzeyinden oluşan ve yük taşımaya yardımcı olmayan yabancı maddelerin ayrıştırılması sonucunda, Şekil 6.8 ve Şekil 6.10'da görüldüğü gibi %2 enzim ile işlem gören lifler, diğer işlemlere tabi tutulan lifler arasında en yüksek mukavemet ve elastisite değerlerine sahip olmuştur. Yılmaz (2013) de enzimatik işlemin alkalizasyon ile elde edilen liflerde mukavemet ve elastisite modülü artışına neden olduğunu rapor etmiştir. Şekil 6.32 b)'de lif yüzeyinde safsızlığı bozan selülozik olmayan, muhtemelen kimyasal malzeme artığı olan, maddeler görülmektedir.



**Şekil 6.33:** %8 enzim ile işlem görmüş sap orta lifinin SEM görüntüsü a)  $\times 300$  defa büyütülmüş b)  $1 \times 500$  defa büyütülmüş

Şekil 6.33 incelendiğinde %8 enzim ile işlem görmüş sap orta liflerinin yapısını oluşturan elementer liflerin düzgün ve boşluksuz bir şekilde yerleştiği ve hafif kıvrımlı bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Enzim miktarını artırmanın, lif yüzeyini düzleştirici etki yarattığı söylenebilir. Bu yüksek enzim oranında yüzey lifçiklerinin ayrılmasının tamamlandığı düşünülebilir. Lifi oluşturan elementer lif yüzeyinde diğer lif görüntülerinde fazla belli olmayan, segmentsel yapı belli hale gelmiştir. Bu da enzimin bu derişimde elementer lif selüloz zincirleri üzerinde etkili olmaya başladığının göstergesi olabilir. Mekanik özelliklerin analizleri de incelendiğinde, %8 oranında enzim ile muamele görmüş liflerin bütün mekanik özelliklerinin (kopma kuvveti (N), Kopma mukavemeti (N/tex), elastisite modülü ve kopma uzaması) değerlerinin %8 oranında enzim ile muamele görmüş liflerden düşük olduğu görülmüştür. Bu durumda, bu yüksek orandaki enzim işleminin selüloz zincirlerine olumsuz etki etmeye başladığına işaret olabilir.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyamızda ve ülkemizde nüfus artışına bağlı olarak tarım alanlarının gıda sektörü için kullanılması, doğal selülozik lif kaynaklarının giderek azalmasına neden olmaktadır. Bu sorunu azaltmak için tarım ürünlerinin atıkları doğal selüloz kaynağı olarak kullanılabilir. Tarım atıklarından elde edilen lifler, azalan doğal selüloz ihtiyacını karşılayabilecek niteliktedir. Bu çözüm ile tarım ürünlerine katma değer sağlayarak dolayısıyla kırsal kesimin kalkınmasına da katkı sağlamak, anız yakmanın azalması ile çevre korunmasına yardımcı olmak ve nitelikli, doğal, doğada çözünebilir lif üretimini gerçekleştirmek mümkün olacaktır (Yılmaz, 2013). Bu tez çalışmasında tarımsal ürünlerden olan bamya bitkisinden doğal selülozik lif elde edilmiş ve çeşitli performans özellikleri incelenmiştir.

Yapılan incelemeler arasında, bamya liflerinin lineer yoğunluk ölçümü sonuçlarına göre; genel olarak saptan elde edilen liflerin, daldan elde edilen liflere nazaran daha yüksek lineer yoğunluğa sahip olduğu görülmektedir. Saplar ve dallarda ise dip kısımdan uç kısma çıktıkça bir incelme gözlenmektedir. Uygulanan kimyasal işlem adımları genellikle liflerin lineer yoğunluğunda düşüşe sebep olmuşken, bazı yerlerde görülen kalınlaşmalarda, ham ve işlem görmüş bamya lifleri demetleri arasında, liflerdeki ayrılma özelliklerindeki farkın rol oynamış olması muhtemeldir.

Bamya liflerinin renk ölçüm sonuçlarına göre; bamya bitkisi sapının uç kısmından elde edilen lifler, genelde en yüksek beyazlık derecelerine sahip olmuştur. Dal uç kısımları da sap uç kısmına yakın bir şekilde oldukça yüksek beyazlığa sahiptir. En koyu renkli lifler bitkinin sap dip kısmından elde edilenlerdir. Uygulanan kimyasal işlemlerin liflerin beyazlık dereceleri üzerindeki etkisi incelendiğinde, NaOH kullanılmadığı durumlarda ağartıcının genel olarak yüksek beyazlık derecelerine ulaşmayı sağladığı görülmüştür. NaOH kullanımı ise beyazlık derecesini düşürmüştür.

Kopma kuvveti sonuçları incelendiğinde, sap orta kısmı genel olarak en yüksek kopma kuvveti (N) değerlerini verirken, dal uç kısmı en düşük kopma kuvveti değerlerine sahip olmuştur. Kimyasal işlemler çoğu lif gruplarında kopma kuvvetinde bir miktar artışa yol açarken, dal uç kısmından elde edilen liflerde bir miktar düşüş görülmektedir. Bunun nedeninin dal uçtan elde edilen liflerin en ince lifler olması ve dolayısı ile kimyasal işlemlere karşı daha hassas olması olabilir.

Elastisite modülü sonuçlarına bakıldığında; kimyasal işlemlerin bamyalı liflerinin elastisite modülü üzerinde genel olarak önemli ya da olumsuz bir etkisi görülmezken, sap dip liflerinin elastisite modülünde düşüşe yol açmıştır. Ancak enzim ile muamele sap orta liflerinin elastisite modülünü artırmıştır.

Bamyalı bitkisinin kopma mukavemeti (N/tex) sonuçlarına göre; sap ve dal uç kısımları en yüksek kopma mukavemeti değerlerine sahip olmuştur. Kimyasal işlemlerin liflerin kopma mukavemeti üzerinde olumsuz bir etkisi görülmemiş, genellikle kostik ve peroksidin ayrı ayrı kullanıldığı işlem adımlarında kopma mukavemeti değerlerini daha fazla artırmıştır. Sap orta ve dal dip lifleri kimyasal işlem adımlarında kopma mukavemeti değerlerini en fazla yükselten lif grupları olmuştur.

Kopma uzaması sonuçlarına göre; en yüksek kopma uzamasına sahip lif kısmı genel olarak sap orta olup, dipten uca gidildikçe kopma mukavemeti değerlerinde düşüş görülmüştür. Kimyasal işlemlerin bamyalı liflerinin kopma uzaması değerlerine etkisine bakıldığında; NaOH tek veya H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile birlikte kullanımı sap ve dalların tüm kısımlarında olduğu gibi kopma uzaması miktarını artırırken, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> nin tek başına kullanımı genellikle kopma uzaması miktarını düşürmüştür.

Bamyalı bitkisinin sap ve dallarından elde edilen liflerin kısımları arasında nem içeriği açısından önemli bir fark görülmemiş, değerler birbirine yakın bulunmuştur. Kimyasal işlemlerin bamyalı liflerinin nem içeriğini bir miktar artırdığı görülmektedir. Bunun nedeni bu işlemler ile birlikte lif yüzeyinde bulunan hidrofob bileşenlerin uzaklaştırılması olabilir.

Bamyalı liflerinin nem alım özellikleri incelendiğinde, en yüksek nem alım gücüne sahip liflerin sap uç ve dal uç kısımları olduğu görülmektedir. Bunun sebebi

uç liflerinin çok ince olması nedeniyle birbirine dolanıp bir lif topağı oluşturması, suya daldırılıp çıkarıldığında da şekli itibariyle düz ve açık bir şekilde bulunan liflere nazaran daha fazla suyu üzerinde tutması olabilir. Uygulanan kimyasal işlemlerin bamya liflerinin nem alım değerleri üzerinde önemli bir etkisi olmamakla birlikte, sap orta liflerine uygulanan enzimatik işlemler nem alımını bir miktar artırmıştır.

Bamya liflerinin kimyasallara karşı dayanıklılığı incelendiğinde, asidik çözelti ile muamele edilen liflerde büyük oranda ağırlık kaybına (%10-14), bazik çözeltilerle işlem gören liflerde daha düşük ağırlık kaybına (%2-9) neden olurken, çözücülerin çok önemli bir etkisine rastlanmamıştır. Asidik ve bazik çözeltilerle muamele, bamya liflerinin tüm kısımlarında ağırlık kaybına neden olurken, çözeltiler ile muamelede sap ve dalların dip kısmında az miktarda ağırlık kaybı görülmüştür.

Bamya sap ve dalının farklı kısımlarından elde edilen liflerin FTIR analizi sonuçlarının, kimyasal işlemlerin liflerdeki hemiselüloz ve lignin miktarlarının azalttığını kanıtlar nitelikte olduğu görülmüştür.

SEM analizi sonuçları; ham bamya sap orta liflerinin içerisinde bulunan elementer liflerin paralel, düzgün ve aralarında boşluk kalmayacak şekilde yerleştiğini göstermiş ve bu çalışmada ulaştığımız sap orta liflerinin iyi dayanım özelliklerine sahip olduğu sonucunu desteklemiştir. Ayrıca soda ile muamelenin liflerin lineer yoğunluğunu azaltarak incelmelerine sebep olduğu, sabunun yüzey düzgünlüğünü artırdığı, kostiğin lifçiklere zarar vererek mukavemet değerlerinde azalmaya sebep olduğu, peroksidin ise önemli bir etkisinin olmadığı SEM görüntülerinde de görülmüştür. %2 enzim uygulanan liflerde ise; lif yüzeyinden oluşan ve yük taşımaya yardımcı olmayan yabancı maddelerin ayrıştırılması sonucunda diğer lifler arasında en yüksek mukavemet ve elastisite modülü değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

Lif destekli kompozit yapılarda yaygın olarak kullanılan cam, karbon, aramid gibi lifler ve epoksi, polyester gibi reçineler, endüstriyel alanlardaki yüksek mekanik özelliklerine karşın, geri dönüşümleri çok güç olduğundan çevresel olarak sorun oluşturmaktadır. Günümüzde geri dönüşüm ve sürdürülebilirliğin önem kazanmasıyla, doğal liflerin kompozit malzemelerde kullanımı hızla artmaktadır. Takviye materyali olarak kullanılan doğal liflerin biyolojik olarak parçalanabilirlik

ve geri dönüştürülebilirlik özellikleri, düşük yoğunluk ve yüksek mukavemet değerlerinin yanı sıra bitkisel kökenli doğal kaynakların yenilenebilir olması nedeniyle ekolojik materyaller gelişim göstermektedir. Polimere hem mukavemet ve dayanıklılık kazandıran, hem de biyouyumluluk özelliği ile ön plana çıkan doğal liflerin takviye edilmesi ile geliştirilen kompozit malzemeler çok farklı alanlarda üstün özellikleri ile alternatif ürün olarak kullanım olanağı bulmaktadır. Ayrıca hidrofob karakterdeki sentetik polimerler ile hidrofil özellikteki doğal lifler arasındaki uyumu ve bağlanmayı arttırmak amacıyla uygulanan farklı yüzey modifikasyon işlemleri kompozit materyalin fiziksel ve performans özelliklerini geliştirerek kullanım alanlarını çeşitlendirebilir.

Kompozit materyal üretiminde genellikle selülozik karakterli bitkisel lifler sınıfında yer alan sak lifleri, meyve ve yaprak lifleri kullanılmaktadır. Tablo 7.1'e göre bu çalışmada elde edilen doğal selülozik bamya lifinin, yaygın kullanıma sahip diğer selülozik liflerle kıyaslanabilir karakteristik özelliklere sahip olması ile hem tekstil lifi hem de polimerik kompozit takviye malzemesi olarak kullanılabilir nitelikte olduğu sonucuna varılabilir.

**Tablo 7.1:** Bamyalı lifi ve diğeri doğal selülozik liflerin bazı karakteristik özellikleri

Özellik	Bamya	Pamuk	Keten	Kenevir	Jüt	Rami
İncelik ( $\mu$ )	40-180***	12-45	15-25	18-50	15-25	15-40
Uzunluk (cm)	6-30*	1-6	5-90	90-210	18-25	13-16
Mukavemet (cN/tex)	13-42*	19-45	54	35-70	31	32-44****
Uzama (%)	2,0-3,4*	3-10	2,5-3,3	2,2	1,8	4-5
Nem oranı (%)	6,5-9,4*	8,5	12	12	12	12
Isıl dayanım ( $^{\circ}$ C)	220***	230	220	-	-	220
Yoğunluk ( $g/cm^3$ )	1,45**	1,55	1,5	1,45	1,5	1,55

\* Bu yüksek lisans çalışması verilerinden elde edilmiştir, \*\* Yılmaz (2014), \*\*\* De Rosa vd. (2010), \*\*\*\* Basu vd. (2009), diğeri değerler Mangut ve Karahan (2008).

Bir tarım atığı olan bamya bitkisinin diğeri doğal selülozik lifler gibi kompozitlerde takviye malzemesi olarak kullanılması, atığın değerlendirilecek olması sebebiyle maliyet açısından avantaj yaratacak, tarım ürünlerine katma değer sağlayacak ve çevre korumasına yardımcı olacaktır.

## 8. KAYNAKLAR

**Abou-zeid, N.Y.;** Hiyazy, A.; Hebish, A.; “Graft copolymerization of styrene, methylmethacrylate, and acrylonitrile onto jute fibres”, *Angew Makramol chem.*, 121, 96, (1984).

**Arifuzzaman Khan, G.M.,** Shaheeruzzaman, Md., Rahman, M. H., Abdur Razzaque, S. M., Sakinul Islam, Md., Shamsul Alam, Md., “Surface Modification of Okra Bast Fiber and Its Physico-chemical Characteristics”, *Fibers and Polymers*, 10, 65, (2009).

**Amerika Test ve Malzeme Topluluğu (American Society for Testing and Materials),** ASTM D 1577 07 *Tekstil Liflerinin Doğrusal Yoğunluğu İçin Test Metotları* Standardı, ASTM, (2007).

**Amerika Test ve Malzeme Topluluğu (American Society for Testing and Materials),** ASTM D 3822 *Tek Tekstil Lifleri İçin Standart Test Metodu Standardı*, ASTM, (2014).

**Amerika Test ve Malzeme Topluluğu (American Society for Testing and Materials),** ASTM D 2495 - 07 *Etüvde Kurutma İle Pamuktaki Nem Miktarının Ölçümü İçin Standart Test Metodu Standardı*, ASTM, (2010).

**Amerika Test ve Malzeme Topluluğu (American Society for Testing and Materials),** ASTM E 313-10, *Enstrümental Olarak Ölçülen Renk Koordinatlarından Sarılık ve Beyazlık İndekslerinin Hesaplanması İçin Standart Test Metodu Standardı*, ASTM, (2012).

**Amerika Test ve Malzeme Topluluğu (American Society for Testing and Materials),** ASTM D 543-87, *Plastiklerin Kimyasal Malzemelere Karşı Dayanımını İçin Test Metodu Standardı*, ASTM, (1987).

**AKÜ.,** “Termal Analiz[online]”, <http://www2.aku.edu.tr/~hitit/DERSLER/BAHAR/MALZEME%20KARAKTERIZASYON%20TEKNIKLERI/TERMAL%20ANALIZ.pdf> , (2010).

**Bacci, L.,** Baronti, S., Predieri, S., Di Virgilio, N., “Fiber yield and quality of fiber nettle (*Urtica dioica* L.) cultivated in Italy”, *Industrial Crops and Products*, 29, 480, (2009).



**Basu, S.,** Saha, M.N., Chattopadhyay, D., Chakrabarti, K., “Degumming and characterization of ramie fibre usingpectate lyase from immobilized *Bacillus pumilus* DKS1”, *Letters in Applied Microbiology*, 48, 593, (2009).

**Beşergil, B.,** “Termal Analiz Yöntemleri[online]”,  
[http://www.bayar.edu.tr/besergil/e\\_makaleleri](http://www.bayar.edu.tr/besergil/e_makaleleri), (2013).

**Beşergil, B.,** “Ftir Absorbsiyon Spektroskopisi [online]”,  
[http://www.bayar.edu.tr/besergil/IR\\_3\\_uygulamalar.pdf](http://www.bayar.edu.tr/besergil/IR_3_uygulamalar.pdf), (2013).

**Bulut, Y.,** Erdoğan, Ü.H., “Selüloz esaslı doğal liflerin kompozit üretiminde takviye materyali olarak kullanımı”, *Tekstil ve Mühendis*, 82, 26, (2011).

**De Rosa, I.M.,** Kenny, J.M., Puglia, D., Santulli, C., Sarasini, F., “Morphological, thermal and mechanical characterization of okra (*Abelmoschus esculentus*) fibres as potential reinforcement in polymer composites”, *Composites Science and Technology*, 70, 116, (2010).

**De Rosa, I.M.,** Kenny, J.M., Maniruzzaman, Md., Moniruzzaman, Md., Monti, M., Puglia, D., Santulli, C., Sarasini, F., “Effect of chemical treatments on the mechanical and thermal behaviour of okra (*Abelmoschus esculentus*) fibres”, *Composites Science and Technology*, 71, 246, (2011).

**EDANA 10.3.99 – ISO 9073-6. 2000** Standardı

**Fortunati, E.,** Puglia, D., Monti, M., Santulli, C., Maniruzzaman, M., Foresti, M.L., Vazquez, A., Kenny, J.M.,’Okra (*Abelmoschus esculentus*) Fibre Based PLA Composites: Mechanical Behaviour and Biodegradation”, *Springer Science+Business Media New York*, 21:726–737, (2013).

**Kağıt Hamuru ve Kağıt Endüstrisi Teknik Birliği (Technical Association of Pulp and Paper Industry),** *TAPPI Standard Methods*, TAPPI, (1993).

**Kaya, F.,** “Taramalı Elektron Mikroskobu[online]”,  
<http://www.yarbis.yildiz.edu.tr/common/uploads/7350871563/Taramal%C4%B1ElektronMikroskobu.pdf>. (Erişim yılı: 2014).

**Kireççi, M.,** “Farklı Ortamlardan İzole Edilen Bakterilerle Lignin Biyodegradasyonunun Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Biyoloji Anabilim Dalı, Kahramanmaraş, (2006).

**Kurtuluş, M.,** “Lignoselülozik Materyallerden Termokatalitik İşleme Suda Çözündürülen Polisakkaritlerin Moleküler Yapılarının İncelenmesi”, Yüksek Lisans

Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kimya Anabilim Dalı, Adana, (2010).

**Mangut, M.**, Karahan, N., *Tekstil Lifleri*, Ekin Basın Yayın Dağıtım, 36-62-63, (2008).

**Mavi, K.**, Sermenli, T., Yılmaz, S., “Antakya yöresinde bamya yetiştiriciliği, sorunları ve çözüm önerileri üzerine bir inceleme”, *Türkiye 1. Tohumculuk Kongresi*, 289-294, (2002).

**Reddy, N.**, Yang, Y., “Properties and potential applications of natural cellulose fibers from cornhusks”, *Green Chemistry*, 7, 190, (2005).

**Saikia, D.**, “Studies of water absorption behavior of plant fibers at different temperatures”, *International Journal of Thermophysics*, 31,1020, (2010).

**Shamsul Alam, Md.**, Arifuzzaman Khan, G.M., “Chemical analysis of okra bast fiber (*Abelmoschus esculentus*) and its physico-chemical properties”, *Journal Textile and Apparel, Technology and Management*, 5, 4, (2007).

**Tınmaz, F.**, “Ekim Öncesi Bazı Tohum Uygulamaları İle Bamya (*Abelmoschus esculentus*, L. Moench) ‘nın Çimlenme, Çıkış ve Veriminin İyileştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tekirdağ, (2007).

**Yıldırım Çelik, S.**, “Meyve suyu üretiminde kullanım amaçlı pektin liyaz üreten yeni mikroorganizmaların aranması ve bulunan türlerde enzimin saflaştırılıp karakterize edilmesi”, Doktora Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kimya Anabilim Dalı, Erzurum, (2007).

**Yılmaz, N.D.**, “Effects of enzymatic treatments on the mechanical properties of corn husk fibers”, *Journal of the Textile Institute*,104, 396, (2013).

**Yılmaz, N.D.** “Agro-Residual Fibers as Potential Reinforcement Elements for Biocomposites”, in “*Lignocellulosic Polymer Composites: Processing, Characterization and Properties*”, Ed. Thakur, V.K., Wiley -Scrivener, USA, basımda, 2014.

## 9. ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı : Sema KONAK

Doğum Yeri ve Tarihi : Mainz/ B. Almanya- 11.08.1989

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Y. Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Elektronik posta : sema\_\_konak@hotmail.com

İletişim Adresi :Yunusemre Mah. Yunusemre Cad. Gürel Apart  
K: 4 D:403 Kınıklı/ DENİZLİ