

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

**MODAL VE TENCEL KUMAŞLARIN SU VE YAĞ İTİCİLİK  
PERFORMANSININ GELİŞTİRİLMESİNDE  
SİKLODEKSTRİN KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DENİZ İLDİZ**

**DENİZLİ, OCAK - 2021**

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



**MODAL VE TENCEL KUMAŞLARIN SU VE YAĞ İTİCİLİK  
PERFORMANSININ GELİŞTİRİLMESİNDE  
SİKLODEKSTRİN KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DENİZ İLDİZ**

**DENİZLİ, OCAK - 2021**

**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.**



**Deniz ILDIZ**

## ÖZET

**MODAL VE TENCEL KUMAŞLARIN SU VE YAĞ İTİCİLİK  
PERFORMANSININ GELİŞTİRİLMESİNDE SIKLODEKSTRİN  
KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
DENİZ İLDİZ  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ BUKET ARIK)  
DENİZLİ, OCAK - 2021

Tencel yoğun mekanik işlemlere karşı yüksek dayanımı ve sağlamlığı olan bir lif türüdür. Aynı zamanda doğal olması nedeniyle nefes alabilir özelliğe sahiptir. Modal da kayın ağacından üretilip tencel gibi tamamıyla doğal, yaş ve kuru dayanıklılığı yüksek bir lif olması, yıpranmaya karşı dirençli olması, nem transfer özelliği yüksek olması ve yumuşak bir yapıya sahip olması özelliklerinden dolayı giyim ve ev tekstili ürünlerinde tercih edilmektedir.

Bu tez çalışmasında, normalde hidrofil olan modal ve tencel liflerinin kullanım alanlarını genişletmek üzere çalışmalar yapılmıştır. Aynı zamanda su ve yağ iticilik performanslarının geliştirilmesi ve bu alanda siklodekstrin ve çapraz bağlayıcı kullanımının faydaları da araştırılmıştır. Siklodekstrinler özel yapıları sayesinde inklüzyon kompleksleri oluşturabilmektedir. Bu komplekslerde siklodekstrinlerin yapısındaki boşluğa konuk moleküller alınarak kompleksleşme yapılmaktadır. Siklodekstrinin konuk moleküle inklüzyon kompleksi oluşturması sayesinde işlemin yıkama dayanımı da gelişmektedir. Bu tez kapsamında su ve yağ itici özelliklerinin artırılması için tencel ve modal kumaşlar üzerine siklodekstrin ve floroalkiloligosiloksan kimyasalları uygulanmıştır. Bu kimyasallar iki ve tek adımlı olmak üzere yedi farklı reçete ile uygulanmıştır. Hazırlanan kumaşların su ve yağ iticilik performanslarının ve yıkama dayanımlarının yanı sıra % ağırlık değişimi, kalınlık, kopma mukavemeti ve kopma uzaması, patlama mukavemeti, eğilme uzunluğu ve rijitliği ve renk değişimi gibi özellikleri test edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Ayrıca numuneler üzerinde EDX, SEM ve FT-IR gibi karakterizasyon analizleri de yapılmıştır.

Bu tez çalışmasının sonucunda tencel ve modal kumaşlarda yıkama dayanımı yüksek su ve yağ iticilik performansının oluşturulması için siklodekstrinin tek başına kullanılmasının yeterli olmadığı anlaşılmıştır. Çalışmada, en iyi sonuçları elde etmek için siklodekstrinin çapraz bağlayıcı ve katalizör ile birlikte modal ve tencel kumaş yüzeylerine uygulanması ve işlemin iki adımda yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

**ANAHTAR KELİMELER:** Siklodekstrin, çapraz bağlayıcı, su iticilik, yağ iticilik, yıkama dayanımı, tencel, modal

## **ABSTRACT**

### **INVESTIGATION OF USING CYCLODEXTRIN ON IMPROVEMENT OF WATER AND OIL REPELLENCY PERFORMANCE OF MODAL AND TENCEL FABRICS**

**MSC THESIS**

**DENİZ İLDİZ**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**TEXTILE ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. BUKET ARIK)**

**DENİZLİ, JANUARY 2021**

Tencel is a fiber type which has strength and durability against intensive mechanical processes. Due to its naturality, it has a breathable surface at the same time. Modal is also preferred in clothing and home textile products since modal is completely natural and has high wet and dry fiber tensile strength like tencel. And also, it is known that modal is produced from beech wood, resistant to wear and high moisture transfer feature and a soft structure.

The aim of thesis is both to expand the usage areas of modal and tencel fibers that are hydrophilic in normal conditions and to study their water and oil repellency performances up and to analyze the benefits of using cyclodextrin in this field. Due to having special structure, cyclodextrins can form inclusion complexes and in these complexes, guest molecules are taken into the gap in the structure of cyclodextrins and complexation is made. As a result of the inclusion complex formation, the washing durability of the process also improves. In the scope of this thesis, cyclodextrin and fluoroalkyloligosiloxan chemicals were applied on modal and tencel fabrics to enhance their water and oil repellency properties. Seven different recipes for these chemicals including one or two steps were applied. As well as the water and oil repellency performances and washing durabilities of the prepared fabrics, their physical properties such as % add on, thickness, tensile strength and elongation, bursting strength, bending length and stiffness and color change were tested and compared. In addition, characterization analyzes (EDX, SEM, and FT-IR) were also performed on the samples.

As a result of this thesis, it was seen that the use of cyclodextrin alone is not sufficient to give a water repellency and oil repellency performance with high washing durability. It was concluded that cyclodextrin should be applied with crosslinking agent and catalyst on modal and tencel fabric surfaces and the process should be performed in two steps to obtain the best results.

**KEYWORDS:** Cyclodextrin, crosslinking agent, water repellency, oil repellency, washing durability, tencel, modal

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ŞEKİL LİSTESİ .....	ix
TABLO LİSTESİ .....	xi
SEMBOL LİSTESİ .....	xii
ÖNSÖZ.....	xiii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. GENEL BİLGİLER .....</b>	<b>3</b>
2.1    Tekstilde Su ve Yağ İticilik İşlemleri.....	3
2.1.1    Su ve Yağ İticilik İşlemlerinde Kullanılan Kimyasal Maddeler.....	3
2.1.1.1    Reçine Oluşturan Su İticilik Maddeleri .....	4
2.1.1.2    Yağ Asidi ve Krom Klorür Kompleks Bileşiği.....	4
2.1.1.3    Zirkonyum Parafin Emülsiyonları.....	5
2.1.1.4    Silikonlu Su İticilik Maddeleri.....	5
2.1.1.5    Florokarbonlar.....	6
2.1.2    Su ve Yağ İticilik İşlemlerinin Mekanizması .....	6
2.2    Siklodekstrinler ve Özellikleri.....	8
2.2.1    Siklodekstrinlerin Tarihçesi .....	9
2.2.2    Siklodekstrinlerin Yapısı ve Özellikleri .....	10
2.2.3    Siklodekstrinlerin Tekstil Uygulamaları ve Etki Mekanizması.....	11
2.2.4    Siklodekstrinlerin Tekstil Yüzeylerine Bağlanmasında Kullanılan Çapraz Bağlayıcılar ve Özellikleri.....	12
<b>3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....</b>	<b>15</b>
<b>4. MATERYAL VE METOT .....</b>	<b>19</b>
4.1    Materyal.....	19
4.1.1    Kullanılan Kimyasal Maddeler .....	19
4.1.2    Kullanılan Cihazlar .....	20
4.2    Metot .....	20
4.2.1    Tekstil Yüzeylerine Uygulanan Bitim İşlemleri.....	20
4.2.2    Yıkama İşlemleri.....	22
4.2.3    Su ve Yağ İticilik Özelliklerinin Belirlenmesi .....	23
4.2.4    Yüzde Ağırlık Değişiminin Belirlenmesi .....	25
4.2.5    Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzamasının Belirlenmesi .....	25
4.2.6    Patlama Mukavemetinin Belirlenmesi .....	26
4.2.7    Eğilme Uzunluğu ve Eğilme Rijitliğinin Belirlenmesi.....	27
4.2.8    Kalınlık Değerlerinin Belirlenmesi.....	28
4.2.9    Beyazlık-Sarılık İndislerinin Belirlenmesi .....	28
4.2.10    SEM-EDX Analizi .....	29
4.2.11    FT-IR Analizi.....	30
<b>5. BULGULAR .....</b>	<b>31</b>
5.1    Su ve Yağ İticilik Özelliklerine İlişkin Bulgular.....	31
5.2    Yüzde Ağırlık Değişimine İlişkin Bulgular .....	35
5.3    Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzamasına İlişkin Bulgular.....	37
5.4    Patlama Mukavemetine İlişkin Bulgular .....	39

5.5	Eğilme Uzunluğu ve Eğilme Rijitliğine İlişkin Bulgular .....	41
5.6	Kalınlık Değerlerine İlişkin Bulgular .....	43
5.7	Beyazlık - Sarılık Değerlerine İlişkin Bulgular .....	45
5.8	Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve EDX Analiz Sonuçları .....	47
5.9	Fourier Dönüşümlü Infrared Spektroskopisi Analiz Sonuçları .....	51
<b>6.</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>54</b>
<b>7.</b>	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>58</b>
<b>8.</b>	<b>EKLER .....</b>	<b>62</b>
	EK A SEM Görüntüleri .....	62
	EK B EDX Analizi Görselleri ve Grafikleri.....	67
<b>9.</b>	<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>75</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1: Pürüzsüz katı yüzeyinde uzanan sıvının bir damlasının dengeli konumu	7
Şekil 2.2: Moleküldeki glikoz halkalarının sayısına bağlı olarak siklodekstrinlerin farklı iç çapları...	10
Şekil 2.3: Siklodekstrin molekülündeki hidroksil grupların ve hidrofob boşluğun şematik gösterimi	11
Şekil 2.4: Misafir -molekül ile kompleks oluşturan $\beta$ -siklodekstrinlerin kumaş yapısına bağlanmasının şematik gösterimi	11
Şekil 2.5: 1,2,3,4-Butantetrakarboksilik asit (BTCA) kimyasal yapısı	13
Şekil 2.6: Sitrik asit (CA) kimyasal yapısı	14
Şekil 2.7: Sodyumhipofosfit (SHP) kimyasal yapısı	14
Şekil 4.1: Pnömatik emdirme makinesi	21
Şekil 4.2: Laboratuvar tipi ramöz makinesi	22
Şekil 4.3: Gyrowash yıkama makinesi	23
Şekil 4.4: Kopma mukavemeti ve uzama ölçümü aleti	26
Şekil 4.5: Patlama mukavemeti test cihazı	27
Şekil 4.6: Sabit açılı eğilme ölçeri	28
Şekil 4.7: Kalınlık ölçüm cihazı	28
Şekil 4.8: Spektrofotometre	29
Şekil 4.9: Quorum Q150R ES püskürtmeli altın / karbon kaplama cihazı	29
Şekil 4.10: Zeiss Supra 40VP SEM Cihazı	30
Şekil 4.11: Nicolet iS50 FT-IR Cihazı	30
Şekil 5.1: Modal kumaşların işlem sonrası ağırlık artış yüzdelik değerleri grafiği	36
Şekil 5.2: Tencel kumaşların işlem sonrası ağırlık artış yüzdelik değerleri grafiği	37
Şekil 5.3: Modal kumaşların patlama mukavemet değişimi grafiği	40
Şekil 5.4: Tencel kumaşların patlama mukavemet değişimi grafiği	41
Şekil 5.5: Eğilme uzunluğu ve eğilme rijitliği ölçüm sonuçları	42
Şekil 5.6: Modal kumaşların % kalınlık değerleri değişimi ölçüm sonuçları	44
Şekil 5.7: Tencel kumaşların % kalınlık değerleri değişimi ölçüm sonuçları	44
Şekil 5.8: Tencel Beyazlık-Sarılık İndeksi Değişim Grafiği	46
Şekil 5.9: Modal Beyazlık-Sarılık İndeksi Değişim Grafiği	46
Şekil 5.10: Modal kumaşlar 5000x yakınlaştırmalı SEM görüntüleri	47
Şekil 5.11: Tencel kumaşlar SEM görüntüleri	48
Şekil 5.12: Modal Kumaşların EDX grafikleri	49
Şekil 5.13: Tencel kumaşların EDX grafikleri	50
Şekil 5.14: Modal kumaşların Fourier dönüşümlü infrared spektroskopisi analiz sonuçları	52
Şekil 5.15: Tencel kumaşların Fourier dönüşümlü infrared spektroskopisi analiz sonuçları	53
Şekil 8.1: Modal işlemsiz kumaş 5000x SEM görüntüsü	62
Şekil 8.2: Modal kumaş 1. reçete 5000x SEM görüntüsü	63
Şekil 8.3: Modal kumaş 2. reçete 5000x SEM görüntüsü	63
Şekil 8.4: Modal kumaş 6. reçete 5000x SEM görüntüsü	64
Şekil 8.5: Modal işlemsiz kumaş 5000x SEM görüntüsü	64
Şekil 8.6: Tencel kumaş 1. reçete 5000x SEM görüntüsü	65
Şekil 8.7: Tencel kumaş 2. reçete 5000x SEM görüntüsü	65

<b>Şekil 8.8:</b> Tencel kumaş 6. reçete 5000x SEM görüntüsü.....	66
<b>Şekil 8.9:</b> Modal işlemsiz kumaş EDX sonucu .....	67
<b>Şekil 8.10:</b> Modal kumaş 1. reçete EDX sonucu .....	68
<b>Şekil 8.11:</b> Modal kumaş 2. reçete EDX sonucu .....	69
<b>Şekil 8.12:</b> Modal kumaş 6. reçete EDX sonucu .....	70
<b>Şekil 8.13:</b> Tencel işlemsiz kumaş EDX sonucu .....	71
<b>Şekil 8.14:</b> Tencel kumaş 1. reçete EDX sonucu.....	72
<b>Şekil 8.15:</b> Tencel kumaş 2. reçete EDX sonucu.....	73
<b>Şekil 8.16:</b> Tencel kumaş 6. reçete EDX sonucu.....	74



## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 4.1:</b> Kullanılan kumaş tür ve konstrüksiyonları ... ..	19
<b>Tablo 4.2:</b> Çalışmada kullanılan kimyasal maddeler, üretici firmalar ve özellikleri	19
<b>Tablo 4.3:</b> Laboratuvar çalışmalarında kullanılan cihazlar ve test ölçüm cihazları marka/modelleri .....	20
<b>Tablo 4.4:</b> Çalışmada kullanılacak reçeteler .....	21
<b>Tablo 4.5:</b> 3M test metodu numara ve oran tablosu .....	24
<b>Tablo 5.1:</b> Modal kumaşların su iticilik test sonuçları .....	31
<b>Tablo 5.2:</b> Tencel kumaşların su iticilik test sonuçları.....	32
<b>Tablo 5.3:</b> Modal kumaşların sprey test aşamasındaki yüzde ağırlık değişim sonuçları .....	33
<b>Tablo 5.4:</b> Tencel kumaşların sprey test aşamasındaki yüzde ağırlık değişim sonuçları .....	33
<b>Tablo 5.5:</b> Modal kumaşların yağ iticilik test sonuçları.....	34
<b>Tablo 5.6:</b> Tencel kumaşların yağ iticilik test sonuçları .....	35
<b>Tablo 5.7:</b> Kumaşların işlem sonrası ağırlık artış yüzdeleri .....	36
<b>Tablo 5.8:</b> Modal kumaşlar için kopma mukavemeti ve kopma uzaması sonuçları	37
<b>Tablo 5.9:</b> Tencel kumaşlar için kopma mukavemeti ve kopma uzaması sonuçları	38
<b>Tablo 5.10:</b> Modal kumaşların patlama mukavemeti ölçüm sonuçları .....	39
<b>Tablo 5.11:</b> Tencel kumaşların patlama mukavemeti ölçüm sonuçları.....	40
<b>Tablo 5.12:</b> Eğilme uzunluğu ve eğilme rijitliği ölçüm sonuçları .....	42
<b>Tablo 5.13:</b> Kumaşların kalınlık değerlerinin ölçüm sonuçları.....	43
<b>Tablo 5.14:</b> Beyazlık-Sarılık indeks değerleri.....	45
<b>Tablo 5.15:</b> Modal kumaşlardaki element yüzdeleri .....	50
<b>Tablo 5.16:</b> Tencel kumaşlardaki element yüzdeleri .....	51

## SEMBOL LİSTESİ

<b>CD</b>	:	Siklodekstrin
<b>NaOH</b>	:	Sodyum Hidroksit
<b>UV</b>	:	Ultra Viyole
<b>XRD</b>	:	X-Işını Kırınımı
<b>SEM</b>	:	Taramalı Elektron Mikroskobu
<b>TG</b>	:	Termogravimetri
<b>DTA</b>	:	Diferansiyel Termal Analiz
<b>DSC</b>	:	Diferansiyel Tarama Kalorimetrisi
<b>FT-IR</b>	:	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
<b>NMR</b>	:	Nükleer Manyetik Rezonans
<b>TEM</b>	:	Geçirimli Elektron Mikroskobu
<b>BTCA</b>	:	1,2,3,4-Bütantetrakarboksilik asit
<b>SHP</b>	:	Sodyumhipofosfit monohidrat
<b>EDX</b>	:	Enerji yayımlı X-Işını Analizi
<b>TCS</b>	:	Triklosan
<b>β- CD</b>	:	Beta Siklodekstrin
<b>CA</b>	:	Sitrik asit
<b>DMDHEU</b>	:	Dimetilol-4,5-Dihidroksietilen Üre
<b>TS</b>	:	Tencel Sıra (en yönü)
<b>TÇ</b>	:	Tencel Çubuk (boy yönü)
<b>MS</b>	:	Modal Sıra (en yönü)
<b>MÇ</b>	:	Modal Çubuk (boy yönü)

## ÖNSÖZ

Tez çalışmamda tez konusunun seçimi, tezin uygulama aşamaları, değerlendirilmesi sırasında her türlü yardımı gösteren değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Buket ARIK' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam esnasında laboratuvarlarını kullanmama izin verdikleri ve çalışmamı destekledikleri için Deniz Tekstil San. Tic. A.Ş. firmasına teşekkür ederim.

Yüksek lisans öğrenim sürem boyunca ve bu zorlu tez sürecimde benden desteklerini esirgemeyen aileme her zaman yanımda oldukları için en içten sevgilerimi, saygılarımı ve sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

## 1. GİRİŞ

Kayın ağacından üretilen modal, tamamıyla doğal, yaş ve kuru mukavemeti yüksek bir lif çeşitidir (Bhattacharya and Ajmeri 2014). Modal lifleri aynı zamanda yüksek yaş modüllü viskoz lifleri veya polinozik lifler olarak da bilinmektedir. (Dayıoğlu ve Karakaş 2007). Yıpranmaya karşı oldukça dayanıklılık gösterir. Nem transfer özelliği yüksek olan modal iplikler ile örülen veya dokunan kumaşlar, yumuşak tuşeye sahiptir. Çok iyi nem transfer özelliği nedeniyle rutubetli ve sıcak iklimlerde dahi giyim konforu sunar. Termoplastik özellikte olmaması ve rejenere selülozik esaslı olması nedeniyle bitim işlemleri sırasındaki davranışı pamuk lifine benzerlik gösterir. Bu yüzden terbiye işlemleri kolaydır. Doğal bir beyazlığa sahip olması nedeniyle merserize ve ağartma işlemi gerektirmez (Dirgar 2017).

Rejenere selülozik esaslı bir lif olan tencel, yoğun mekanik işlemlere karşı yüksek dayanıma sahiptir. Yüksek yaş dayanımı, modülü ve sağlamlığı kumaşlarda boyutsal dengeyi sağlamaktadır. Doğal olması nedeniyle nefes alabilir özelliktedir. Nemi çok iyi transfer edebilmesi ile vücudun terlemesi durumunda rahatsızlık hissi vermez. Birçok yıkamadan sonra bile parlaklığını ve rengini korur. Yüksek renk haslığına sahiptir. Tencelin emicilik özelliğinden faydalanılarak yaş terbiye işlemleri boyunca lifin mükemmel bir şekilde şişmesi sağlanır. Böylelikle mamul kumaşta yumuşak ve esnek bir tuşe elde edilebilmektedir. Tencel iplikten kumaş konstrüksiyonları geliştirilirken modülü ve lif şişmesi göz önünde bulundurulmalıdır. Yüksek modül ve sağlamlığı göz önüne alındığında tencel lifi kolayca deforme olmamaktadır.

Su ve yağ iticilik performansları gibi özellikler perde, döşeme, masa örtüsü, şapka, pardösü, yağmurluk, çadır, branda, tente gibi tekstillerde istenen niteliklerdir. Bu özellikler tekstil ürünlerine su iticilik-su geçirmezlik yağ ve kir iticilik apreleri uygulanarak kazandırılabilir.

Siklodekstrinler (CD),  $\alpha$ -1,4 glikopiranoz bağlarla bağlanmış glikoz birimlerinden oluşan, nişastanın siklodekstrin glukanoztransferaz enzimiyle hidrolizi

sonucunda meydana gelen oligosakkaritlerdir. Siklodekstrinler kimyasal yapıları dolayısıyla pek çok organik bileşikle inklüzyon kompleksi oluşturabilmektedirler. İşte bu kompleksler tekstil terbiye işlemlerinde yardımcı kimyasal maddelerle birlikte uygun konsantrasyonlarda kullanıldığında prosesin optimizasyonu sağlanarak istenen sonuçlar elde edilmektedir. Prosesin en uygun hale getirilmesi yanında tekstil yüzeyine fonksiyonel özellik de kazandırılmaktadır. Siklodekstrinler tüm tekstil terbiye işlemlerinde, özellikle de boyama ve bitim işlemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Boyamada en çok çözünürlüğü az olan boyarmaddelerin çözünürlüğünü artırmada ve boyarmaddenin kontrollü salımını sağlayarak düzgün boyama işleminin gerçekleşmesinde faydalanılmaktadır. Ayrıca bitim işlemleri olarak giysilik kumaşların konfor özelliklerinin artırılmasında ve tıbbi tekstillerde de hijyen özelliklerinin kazandırılmasında yoğun olarak kullanılmaktadır. Kompleks oluşturdukları kimyasal maddelerle tekstil yüzeyinin bir veya daha fazla fonksiyonel özellik kazanmasını sağlamaktadırlar. Bu özellikler arasında, su iticilik, yağ iticilik, antibakteriyel, antimikrobiyal, UV koruyucu, buruşmazlık, güzel koku salımı vb. sayılabilmektedir.

Bu tez çalışmasında, normalde hidrofob olan modal ve tencel liflerine hidrofob özellik kazandırılması ve böylece su-yağ iticilik performanslarının geliştirilerek değişik alanlarda da kullanılabilir olmasını sağlamak amaçlanmıştır. Ayrıca, modal ve tencel kumaşların su-yağ iticilik bitim işlemlerinde ve bu işlemlerin yıkama dayanımlarının artırılmasında siklodekstrin ve çapraz bağlayıcı uygulamalarının etkileri de bu çalışma kapsamında araştırılmıştır.

## **2. GENEL BİLGİLER**

Bu bölümde tekstil sektöründe su ve yağ iticilik işlemlerinin amacı, önemi, kullanım alanları ve siklodekstrinler ve özellikleri hakkında bilgiler verilecektir.

### **2.1 Tekstilde Su ve Yağ İticilik İşlemleri**

Kumaş formunda kullanılan tekstil ürünlerinin kullanım yerlerinden dolayı farklı özelliklere sahip olması gerekmektedir. Tekstil ürünleri su ve yağ ile karşılaştığında hidrofob olması istenen kumaşlarda su veya yağ itici özellik verilmesi gerekmektedir. Genellikle dış giyim, ev tekstili, döşeme, çadır, branda gibi dış etkenlere maruz kalması mümkün olan kumaşlarda çabuk ıslanmama ve kirlenmeme özelliği kazandırmak için kullanılır. Bu özellikler tekstil mamullerine su iticilik-su geçirmezlik, yağ ve kir iticilik apreleri uygulanarak kazandırılabilir.

#### **2.1.1 Su ve Yağ İticilik İşlemlerinde Kullanılan Kimyasal Maddeler**

Su ve yağ itici özellik kazandırmak için pek çok farklı kimyasal kullanılmakta olup çeşitli düzeylerde bu özellikler elde edilmektedir. Su iticilik apreleri için kullanılan kimyasal maddeler büyük ölçüde farklılık göstermelerine rağmen, kir ve su itici apreler pek çok bakımdan birlikte incelenmektedirler. Çünkü her ikisi de lifteki yüzey gerilimini düşürme prensibine dayanmaktadırlar (Tyronne ve diğ. 1994).

Su iticilik için kullanılan kimyasallar, aynı zamanda kir itici olarak da kullanılabilirler. Su ve yağ itici kimyasallar lifteki yüzey gerilimini düşürme prensibine dayanmaktadır ve bu kimyasalların çeşidi ve flote konsantrasyonları su/yağ iticilik ve dayanıklılık özelliğini etkilemektedir. Konsantrasyon artışı ile su/yağ iticilik ve dayanıklılık yükselmektedir (Yakartepe ve diğ. 1995). Su ve yağ iticilik terbiye maddeleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılır:

### **2.1.1.1 Reçine Oluşturan Su İticilik Maddeleri**

Reçine oluşturan su iticilik maddeleri buruşmazlık apre işlemleri ile kombine edilebilirler. Selüloz ve rejenere selüloz mamullerinin iyi ve yıkamaya dayanıklı hidrofob özellik kazanmalarını sağlarlar. Aynı zamanda mamule dolgunluk ve çekmezlik verirler.

Mamul, hidrofobluk özelliği olan, yapay reçine oluşturabilen monomerlerle emdirilir, kurutulur sonra daha yüksek sıcaklıkta kondense edilerek yapay reçineler elde edilir. Üre ve melamin türevleri çok kullanılır. Genelde katalizör olarak alüminyum sülfat kullanılır. Kesiksiz bir film tabakası ile kumaş yüzeyinin örtülmesi su iticilik açısından daha tercih edilen durumdur. Reçinenin kumaş içindeki boşlukları doldurması, buruşmazlık özelliği de kazandırır (Tyrone 1994).

### **2.1.1.2 Yağ Asidi ve Krom Klorür Kompleks Bileşiği**

Askeri giysilerin su iticilik işlemlerinde kullanılır. İçinde krom olduğu için çevreyi kirletir ve krom, yeşil nüans verdiğinden beyaz kumaşları boyar ve başta açık renkler olarak üzere, boyalı ve baskılı mamullerin nüanslarını kötü etkilemesi dezavantajdır.

Polikondenzasyon reaksiyonu sonucunda, hidrofob yağ asidi kökleri dışarıya bakan yapı elde edilmiş olunur. Bu yapı, kuru temizlemeye ve yıkamaya dayanıklıdır. Kompleks (+) yüklü olduğundan, (-) yüklü selüloz lifleri çektirme yöntemine göre aprelenebilmektedir. Ancak, selüloz esaslı mamullerde, bir de katalizatör kullanımı gereklidir.

Katalizör olarak bazik maddeler kullanılır. Bu maddeler, hidroklorik asidin zararını önleyip, nötrleşmeyi sağlar. Sentetikler ve yünde ise, katalizör kullanımına gerek yoktur. Pratikte, çektirme yönteminin aprede önemi yoktur (Akalin 1994).

### **2.1.1.3 Zirkonyum Parafin Emülsiyonları**

Parafin emülsiyonları ile yıkamaya orta dayanıklı bir su itici karakter elde edilir. Parafin emülsiyonu emülgatör içermez, özel cihazlarda hazırlanır. Parafin, alüminyum veya zirkonyum bileşikler aracılığı ile liflere bağlanır. Su iticilik apresinin dayanıklı olması için işlemin hafif asidik ortamda yapılması gerekmektedir. Aslında bu koşul tüm su iticilik işlemleri için geçerlidir. Hafif asidik ortam 0,5-1 mL/L asetik asit ile sağlanır ( pH 4-5) (Akalm 1994).

Koruyucu kolloid; hem dayanıklılığı, hem tutumu olumlu yönde etkiler. Parafin emülsiyonları en fazla bir yıl dayanım süresi taşırlar. Zirkonyum parafin emülsiyonları ile işlemde sonra; kumaş daha kalın, daha dolgun bir tutum kazanır.

### **2.1.1.4 Silikonlu Su İticilik Maddeleri**

Su iticilikte kullanılan silikonların bir kısmı monometil, bir kısmı ise dimetil silikondur. İyi bir su itici etki için materyal üzerinde % 1-2 oranında silikon bulunması gerekir. Su iticilik işleminde silikonlar, dokunun gözeneklerini kapatmadığından deri solunumunu ve ter uzaklaştırılmasını olumsuz etkilemezler. Vücuttan çıkan su buharı hiç kondense olmadan tamamen uzaklaştırılacağından, bu maddelerle işlem görmüş mamuller işlem görmemiş mamullere nazaran daha kuru ve daha hava geçirgen durumdadır.

Silikonlar tüm lif çeşitleri için uygun hidrofob maddelerdir. Su iticilik yetenekleri yüksektir. Hidrofob metil grupları molekülün dışına oryante olurlar, oksijen atomları ise life bağlanarak oryante olmuş bir ara bileşik oluştururlar. En iyi etki silikon molekülünün lif üzerinde düzenli yerleşimleri sayesinde elde edilmektedir. Silikonlar; iyi bir su itici etki yanında kumaşlara elastiki özellik, yumuşaklık, buruşmazlık ve dikim kolaylığı verirler (Lomax 1991).

### 2.1.1.5 Florokarbonlar

Florokarbonlar bir karbon atomu üzerinde iki veya daha fazla flor bulunduran bileşiklerdir. Uçuculuk ve yoğunlukları, oluşturdukları hidrokarbonlardan daha büyüktür. Florlu bileşiklerin temel özellikleri ısıya dayanıklılıkları ve yanmazlıklarıdır. Bu özellikleri nedeni ile teknikte geniş bir kullanım alanı bulurlar. Florun organik maddelerle oluşturduğu bileşiklerin özellikleri içerdiği flor miktarına göre değişir. Flor miktarı az olursa eczacılıkta ve boya yapımında kullanılır. Flor veya triflormetil grupları bileşimi yönlendirir.

Florokarbonlar, florlanmış alkandır. Yani alkan içindeki bir miktar hidrojen atomu flor atomu ile yer değiştirirse bu flor karbon bileşimidir. Florohidrokarbonun kimyasal dayanıklılığı sekonder ve tersiyer alkinfluorid ile artar. Hangi bileşiğin karbon atomu ile birçok flor atomu varsa bunun yapısı eşit flor dağılmış bileşikten daha sağlamdır.

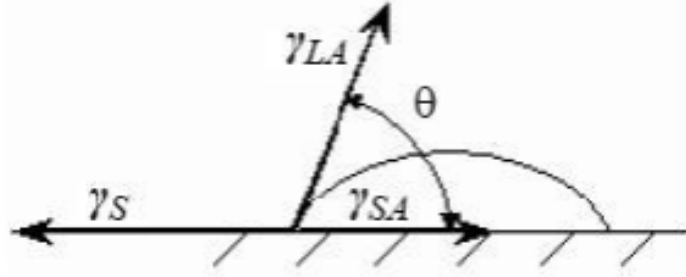
Florokarbonun çok iyi kimyasal ve fiziksel özellikleri vardır. Özellikle hidrokarbona göre özgül ağırlığı daha fazla ve daha kıvamlıdır. Fakat yüzeylere yapışma özelliği daha azdır. Florokarbon ya çok zor yanar ya da yanmaz özellik gösterir. Florokarbonlar hem su iticilik hem de yağ ve kir iticilik sağlayan etkili, dayanıklı kimyasallardır. Bu özelliğin etkisi bileşiği oluşturan yapı zincirinin uzun olması ile artar (Grottenmüller 1999).

Florokimyasal iticilerin silikonlardan veya hidrokarbon esaslı iticilerden en önemli farkı yağ iticilik etkileridir. Florokarbonların yağı itmeleri, bunların düşük yüzey gerilimi oluşturması ile ilişkilidir. Perflorlanmış organik bileşiklerin düşük yüzey enerjisi dolayısı ile lif üzerindeki kapılar veya moleküller arası kuvvetler azaltılarak lifin yağ iticilik etkisi sağlanmaktadır.

### 2.1.2 Su ve Yağ İticilik İşlemlerinin Mekanizması

Su ve yağ iticilik bitim işlemlerinde amaç liflerin yüzeyinde ince hidrofob bir zar oluşturarak malzeme veya mamül üzerinde düşük enerji yüzeyi oluşturarak su ve yağ moleküllerine karşı direnç sağlamaktır (Güzel 2019).

Tekstil mamulünün ıslanması katı-sıvı-hava (yaygın kullanımı gaz) sistemi ile açıklanmaktadır. Sınır yüzey gerilim kuvvetleri ve kumaş yüzeyindeki su Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Pürüzsüz katı yüzeyinde uzanan sıvının bir damlasının dengeli konumu (Namlıgöz ve ark. 2009)

Denge durumunda bu miktarlar arasındaki oran Young eşitliği ile tanımlanmıştır:

$$\gamma_S - \gamma_{SL} = \gamma_{LA} \cos \theta \quad (2.1)$$

$\gamma_{SA}$ : katı-hava gerilimi

$\gamma_{LA}$ : sıvı-hava gerilimi

$\gamma_{SL}$ : katı-sıvı gerilimini belirtmektedir.

Kumaş yüzeyine bırakılan bir sıvı damlası için yüzey ile damlacığın ilişkisi değerlendirildiğinde Şekil 2.1’de yer aldığı şekilde bir temas açısı oluşacaktır. Oluşan bu temas açısı yüzeyin ıslanması konusunda belirleyici bir fikir vermektedir. Temas  $\theta$  açısının  $110^\circ$ ’nin üzerine çıktığı durumlarda kumaştaki ıslanma azdır ve yüzey damlatılan sıvı kaynağı için (su, yağ vb.) itici hale gelmeye başlamıştır. Teorik olarak temas açısının  $180^\circ$  olması iticilik özelliğinin maksimum seviyesini göstermekle beraber pratikte bu koşul sağlanamamaktadır (Budak 2013).

Su ve yağ iticilik bitim işlemlerinde kumaş gözenekleri kapanmadığı için deri solunumu ve ter nakli olumsuz yönde etkilenmemektedir. Su ve yağ itici kimyasallar mekanik yollar ile kumaşa bağlandığından yıkama ve kuru temizleme işlemleri sırasında zarar görmekte ve etkileri azalmaktadır. Kumaşın sahip olduğu hidrojen

bağları mukavemet, ısı direnç veya kuru temizlemeye karşı direnç sağlarken liflerin kolayca su almasına sebep olmaktadır (Güzel 2019).

Kalıcı bir su ve yağ itici etkisi sağlamak için lifler ile su ve yağ itici kimyasallar arasında kovalent bağlar oluşturmak gerekmektedir. Tekstil yüzeyinin su itici özellik göstermesi için temas açısının 90°C'den fazla olması gerekmektedir (Holme 2003).

## 2.2 Siklodekstrinler ve Özellikleri

En küçük yapıtaşı olan sakkaritler, birleşerek oligosakkaritleri meydana getirirler ve bunların da birçok çeşidi vardır. Siklodekstrinler bir çeşit oligosakkarittir ve nişastanın transglukozilaz enzimi ile enzimatik parçalanması sonucu elde edilirler. ( $\alpha$ -1,4) bağı ile bağlanmış 6, 7, 8 veya daha fazla glikopiranoz yapıtaşlarından oluşurlar ve halka yapıda konik şekle sahiptirler. Altı adet glikopiranoz ünitesi içerenler alfa ( $\alpha$ ), yedi adet içerenler beta ( $\beta$ ) ve sekiz adet içerenler ( $\gamma$ ) siklodekstrin (CD) olarak adlandırılmaktadır.

Geometrik olarak 3 boyutlu konik silindir biçiminde olan siklodekstrinlerin kavite deneni iç kısmı hidrofobik dış yüzeyi ise hidrofiliktir. Bu yapısal özelliklerinden dolayı çok çeşitli katı, sıvı ve gazlarla konakçı-konuk tipinde kristal inklüzyon kompleksi oluşturabilme yeteneğindedirler (Starnes 1990). Siklodekstrinlere olan ilginin temel sebebi biyolojik bir ürün olmaları ve inklüzyon kompleksi oluşturabilmeleridir (Eastburn 1994, Del Valle 2004).

Siklodekstrin moleküllerindeki komşu glikopiranoz üniteleri, C<sub>2</sub> ve C<sub>3</sub> hidroksil grupları aracılığı ile hidrojen bağları oluşturabildikleri için yüksek stabiliteye sahiptirler. Polar ve hidrofilik bir dış yüzeye ve hidrofobik boşluğa sahip olmalarından dolayı siklodekstrinler, hidrofilik ortamda hidrofob bileşiklere ev sahipliği yapabilmektedirler. Bunun sonucu olarak birçok organik bileşik ile kompleks oluşturabilmektedirler. Siklodekstrinlerin iç kısımlarındaki boşluk sayesinde organik maddeler bu boşluğa girerek inklüzyon kompleksi oluşturmakta ve bu organik maddelerin buharlaşma basıncı azaldığı için bu maddelerin zaman içinde serbest bırakılması daha düzenli ve kontrollü bir hale gelmektedir (Akçakoca 2005).

### 2.2.1 Siklodekstrinlerin Tarihçesi

Siklodekstrinler (CD) ilk defa 1891 yılında selülozin adıyla Villiers tarafından araştırılmıştır. 1903 yılında Schardinger, nişasta içeren bir besin ortamındaki gıda bozulmasına neden olan mikroorganizmalar üzerine çalışırken, selüloza benzeyen bir kristal izole ederek bu maddeye 'cellulosine' adını vermiştir. 1911 yılında ise Schardinger, *Bacillus Macerans* adındaki basili izole ederek nişastadan daha çok miktarda kristal şeker ürettiğini açıklamış ve bu madde Schardinger şekerleri olarak adlandırılmıştır (Szejtli 1989). 1911-1935 yılları arasında Almanya'dan Pringsheim, bu alanda önemli araştırmalar yapmış ve izole edilen bu şekerlerin birçok farklı molekül ile kararlı sulu çözeltiler oluşturabileceğini belirtmiştir. 1942 yılında Freudenburg ve Cramer, X ışını kristalografisini kullanarak  $\alpha$ - ve  $\beta$ -CD'lerin yapısını aydınlatmış ve bu sırada  $\gamma$ -siklodekstrini keşfetmişlerdir. Daha sonra siklodekstrinlerin konuk-konak kompleksleri oluşturabileceği bulunmuştur. 1950'lerde French ve Cramer, çalışma gruplarıyla birlikte, siklodekstrinleri saf bileşenlerine ayırmışlar ve bileşenlerin doğru kimyasal ve fiziksel özelliklerini karakterize etmişlerdir. Bununla birlikte siklodekstrinlerin endüstriyel üretimleri hızlı bir şekilde artmış ve birçok makale, patent ve toksikolojik çalışmalar yapılmıştır. 1960'lı yılların sonunda, siklodekstrinlerin laboratuvar ölçeğinde hazırlanmasına yönelik yöntemler, kimyasal yapıları, fiziksel ve kimyasal özellikleri ile kompleks oluşturucu özellikleri açıklanmıştır. Yeterli toksikolojik çalışmalar siklodekstrinlere atfedilen herhangi bir toksisitenin olmadığını kanıtlamıştır. 1970'lerin başlarında siklodekstrinlerin bulunmasının zor olması, pahalı olması ve toksik olduğunun düşünülmesinden dolayı çok az kullanılmıştır ancak 1980'li yıllarda bazı şirketler endüstri alanında siklodekstrinleri kullanarak bu bileşiklerin önerildiği gibi kullanıldığında toksik bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir (Szejtli 1998).

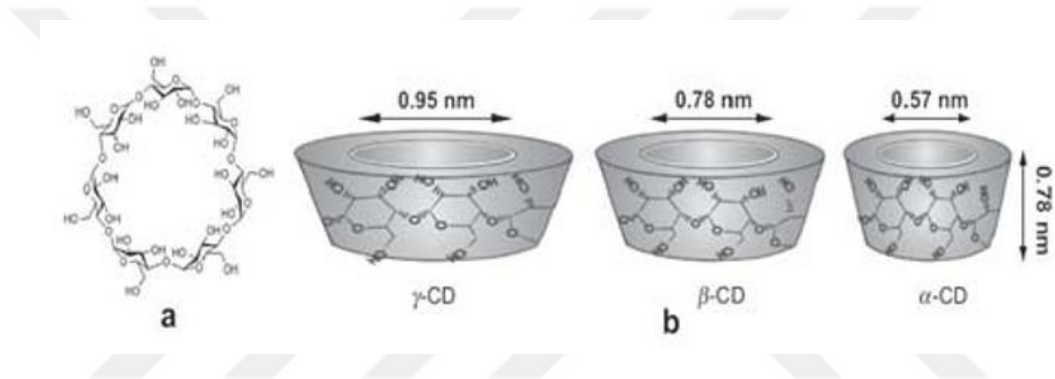
1990'ların ortalarında binlerce ton siklodekstrin uygun fiyatlarla potansiyel kullanıcılara sunulmuş ve Almanya, Macaristan, Fransa, Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya'da siklodekstrin fabrikaları kurulmuştur (Van Der Veen ve diğ. 2000).

Eskiden beri bilinmekte olan siklodekstrinlerin önemleri ve kullanımları günümüzde daha iyi anlaşılmaktadır. Farmasötik teknolojide kullanımları da aynı

şekilde gün geçtikçe artmakta ve bu konu ile ilgili çok sayıda araştırma yapılmaktadır.

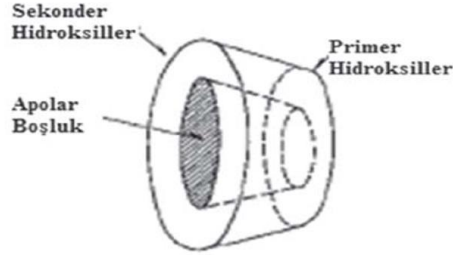
### 2.2.2 Siklodekstrinlerin Yapısı ve Özellikleri

Siklodekstrinler halka şeklinedirler ve bu halkalı yapı üstten kesik bir koniye benzemektedir. C<sub>6</sub> atomunun C<sub>2</sub> ve C<sub>3</sub> teki hidroksil gruplarına göre rotasyon yapabilmesinden ötürü siklodekstrin boşluğu sona doğru daralmaktadır. Şekil 2.2'de görüldüğü gibi, moleküldeki glikoz halkalarının sayısına bağlı olarak siklodekstrinler, farklı iç çaplara sahiptirler.



Şekil 2.2: Moleküldeki glikoz halkalarının sayısına bağlı olarak siklodekstrinlerin farklı iç çapları

Siklodekstrinlerin yapısındaki hidroksil grupları en dış kısımda yer almakta ve tek elektronlar iç kısımda glikozid bağlarının oksijen atomlarıyla eşleşmektedir. Böylece siklodekstrin molekülü apolar yapıya sahip olmaktadır. Boşluk kısmı elektron yoğun olup hidrofobik karakterdedir, boşluk girişleri hidrofilik etkileşimler için uygun bir dış yüzeye sahiptir. Bu yapının bir gereği olarak birincil hidroksil grupları daralan tarafta yer alırken ikincil hidroksil grupları geniş tarafta yer almaktadır (Şekil 2.3).

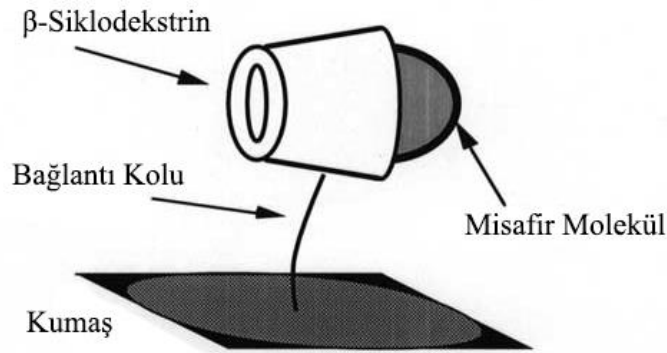


**Şekil 2.3:** Siklodekstrin molekülündeki hidroksil grupların ve hidrofob boşluğun şematik gösterimi (Akçakoca ve diğ. 2005)

Siklodekstrinler hidrofilik dış yüzeye ve hidrofobik boşluklu iç yüzeye sahip toroidal şekilli çiklik oligosakkaritlerdir. Hidrofobik boşluklarına bu boşlukların boyut ve moleküler yapısına bağılı olarak çok sayıda lipofilik bileşik yerleşebilmektedir. Siklodekstrinlerin dikkat çekici olan bu hidrofobik bileşikleri yapısına alabilme yeteneğinden eczacılık, kozmetik ve gıda gibi birçok alanda faydalanılmaktadır. Tekstil alanında ise pamuklu kumaş üzerine  $\beta$ -CD'nin kalıcı olarak fiksajıyla oluşan yeni fonksiyonel yüzey işlemi artan bir ilgiyle karşılaşmaktadır (Wang ve diğ. 2008).

### 2.2.3 Siklodekstrinlerin Tekstil Uygulamaları ve Etki Mekanizması

Siklodekstrinlerin oluşturduğu kompleksin kumaş yapısına bağlanmasının şematik gösterimi Şekil 2.4'de gösterilmektedir.



**Şekil 2.4:** Misafir -molekül ile kompleks oluşturan  $\beta$ -siklodekstrinlerin kumaş yapısına bağlanmasının şematik gösterimi (Lo Nostro ve diğ. 2002)

Siklodekstrinler yapılarındaki iç boşlukta organik bileşikleri depolayarak inklüzyon kompleksleri oluştururlar. Hidrofilik ortamda bulunan CD lerin polar

hidrofilik bir dış yüzeye sahip olmalarından ve apolar hidrofobik iç yüzeye sahip olmalarından dolayı iç boşluklarında organik bileşikleri tutmaları kolaylaşır. CD molekülünün içindeki boşluğun başka bir molekül tarafından doldurulması ile inklüzyon kompleksleri oluşur. CD lere ev sahibi moleküller, boşluğu dolduran moleküllere de misafir moleküller adı verilmektedir.

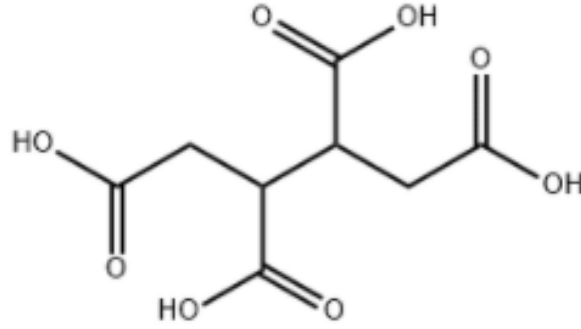
Tekstil alanında siklodekstrin kullanımı ile ilgili önemli bir faktör çevresel faktörlerdir. Siklodekstrinlerin biyolojik olarak parçalanabilir olmaları, atık suda herhangi bir çevresel probleme yol açmamasını sağlamaktadır (Şengöz ve Öztanır 2016).

#### **2.2.4 Siklodekstrinlerin Tekstil Yüzeylerine Bağlanmasında Kullanılan Çapraz Bağlayıcılar ve Özellikleri**

Bu bölümde siklodekstrinlerin tekstil yüzeylerine bağ kurması sırasında yardımcı madde olarak kullanılan çapraz bağlayıcılar ve özellikleri hakkında kısa bilgiler verilmiştir.

##### ***1,2,3,4-Butantetrakarboksilik Asit (BTCA)***

BTCA, dört tane karboksil grubuna sahip bir polikarboksilik asittir (Şekil 2.5). Bu karboksil grupları molekül zinciri boyunca birbirlerine komşu durumdadırlar. BTCA molekülü, değişik konfigürasyonlarda anhidrit oluşturma yeteneğine sahiptir ve her biri selüloz gibi –OH içeren içeren moleküllerle en az iki adet ester çapraz bağı meydana getirirler (Uçal 2005).

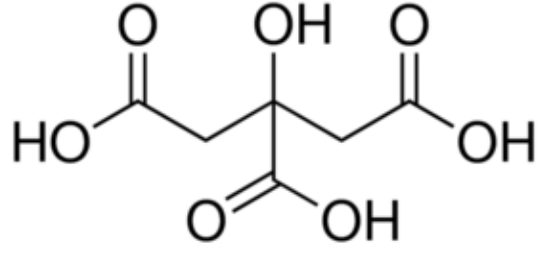


Şekil 2.5: 1,2,3,4-Butantetrakarboksilik asit (BTCA) kimyasal yapısı

Bir asit ve bir baz arasındaki nötrleştirme sonucu su ve tuz oluşur. Altı veya daha az karbon atomlu karboksilik asitler suda serbestçe veya orta derecede çözünürdür; altıdan fazla karbonu olanlar suda çok az çözünür. Çözünür karboksilik asit, hidrojen iyonları verecek şekilde suda bir dereceye kadar ayrışır. Bu nedenle karboksilik asit çözeltilerinin pH'ı 7.0'dan azdır. Pek çok çözünmeyen karboksilik asit, kimyasal bir baz içeren sulu çözeltilerle hızla reaksiyona girer ve nötrleştirme çözülebilir bir tuz oluştururken çözünür. Sulu çözelti içindeki karboksilik asitler ve sıvı veya erimiş karboksilik asitler, gaz halindeki hidrojen ve metal tuzu oluşturmak için aktif metallere reaksiyona girebilir. Bu tür reaksiyonlar prensip olarak katı karboksilik asitler için de meydana gelir, ancak katı asit kuru kalırsa reaksiyon yavaş gerçekleşir. Diğer asitler gibi, karboksilik asitler de polimerizasyon reaksiyonlarını başlatabilir; diğer asitler gibi, genellikle kimyasal reaksiyonları katalize ederler.

### *Sitrik Asit (CA)*

Polikarboksilik asitler içerisinde CA, BTCA'ya göre çok daha ucuz bir kimyasaldır. CA'nın kalıcı düzgünlük apresinde çapraz bağlayıcı olarak kullanımı üzerine çalışmalar yapılmış ve CA/SHP sistemlerinin, DMDHEU veya BTCA kadar kalıcı düzgünlük özelliği vermediği görülmüştür. Bu nedenle CA, çok yüksek kalıcı düzgünlük özelliği istenmeyen aprelerde BTCA'ya alternatif olarak kullanılır. Bazı aprelerde ise CA, BTCA miktarını azaltmak için BTCA ile beraber uygulanır (Uçal 2005).

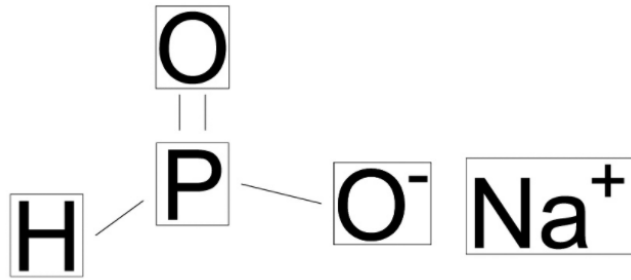


Şekil 2.6: Sitrik asit (CA) kimyasal yapısı

Sitrik asitin kimyasal yapısı Şekil 2.6'da gösterilmiştir, molekül formülü  $C_6H_8O_7$ 'dir. Sitrik asit oda sıcaklığında kristal halinde bulunur, yoğunluğu  $1.665 \text{ g/cm}^3$ , erime noktası  $153^\circ\text{C}$ 'dir.  $175^\circ\text{C}$ 'nin üzerine ısıtıldığında karbondioksit ve su molekülü kaybederek bozunmaya uğrar, sudaki çözünürlüğü yüksektir:  $133 \text{ g} / 100 \text{ mL}$  ( $20^\circ\text{C}$ ). Sitrik asit ve tuzları toksik değildir, kullanımı kolaydır, kolay bir şekilde ayrışabilirler ve bu özelliklerinden dolayı yaygın olarak kullanılır. Sitrik asit 1784 yılında İsveçli kimyacı Carl Wilhelm Scheele tarafından limon suyunun kristalleştirilmesi sonucu elde edilmiştir (Korkmaz 2011).

#### *Sodyumhipofosfit (SHP)*

Kalıcı düzgünlük performansı ve stabilitesi açısından sodyumhipofosfit, aprede kullanılan en etkili katalizördür. Sodyumhipofosfitin kimyasal yapısı Şekil 2.7'de verilmiştir.



Şekil 2.7: Sodyumhipofosfit (SHP) kimyasal yapısı

### 3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ivanova ve diğ. (2010) yılında yaptıkları çalışmada ticari olarak temin edilebilen floroalkil siloksanlar kullanarak, pamuklu kumaş yüzeyine su geçirmezlik kazandırmak için iki yöntem önermişlerdir. Üretilen hidrofob kaplamanın su geçirmezlik özellikleri ile ıslanabilirliği ve dayanıklılığını karakterize etmek için su damlası ile yüzeyin sürekli teması sırasında artan su temas açıları ve su temas açısının evrimi üzerine araştırma yapmışlardır. Ayrıca yıkama sonrası dayanımı da incelemişlerdir. Yapılan çalışmada 150°C'nin üzerinde su temas açısına sahip yüzeyler elde edilmiştir.

Vasiljevic ve diğ. (2013) yılında yaptıkları çalışmada düşük basınçlı su buharı plazması uygulaması ve ardından su ve yağ itici organik ve inorganik hibrid floralkil-fonksiyonel siloksan ile sol-jel kaplaması yaparak, pamuklu kumaş yüzeyinde lotus etkisi yaratmayı amaçlamışlardır. Su ve yağ itici özelliği uygulamadan önce plazma uygulaması yapılarak daha etkili sonuçlar elde etmişlerdir.

Halim ve diğ. (2014) yılında yaptıkları çalışmada sodyum hipofosfit monohidrat katalizör olarak kullanılarak, siklodekstrin bütantetrakarboxilik asit ile çapraz bağlanma yolu ile pamuklu kumaşa bağlanmıştır. Difüzyon disk metodu kullanılarak iki tip bakteriye (gram pozitif ve gram negatif) ve iki mantar türüne karşı antimikrobiyal aktiviteleri karakterize edilmiştir. Ölçümler, 20 yıkama sonrasında dahi antimikrobiyal aktivitenin muhafaza edildiğini göstermiştir.

Setthayanond ve diğ. (2017) yılında yaptıkları çalışmada pamuklu kumaşın mukavemet, reaktif boyama ve üçüncü el sigara dumanı koku salımı özellikleri üzerine MCT- $\beta$ -siklodekstrin işleminin etkisini araştırmışlardır. Üçüncü el sigara dumanı kavramı, halk sağlığı alanında yeni ortaya çıkmış bir ilgi alanıdır. Bu çalışmada, MCT- $\beta$ -siklodekstrin işleminin sadece üçüncü el sigara dumanı koku salımı özelliği üzerinde değil, aynı zamanda pamuklu kumaşın mekanik ve boyama performansları üzerindeki etkisi de araştırılmıştır. MCT- $\beta$ -siklodekstrin işlemleri,

pamuklu kumaşın sertliğini ve kopma mukavemetini arttırmıştır. Pamuklu kumaş üzerinde MCT- $\beta$ -siklodekstrin bulunması, boyama özelliklerini belirgin olarak etkilememiş ve reaktif boyalarla boyanan kumaşlarda elde edilen renk verimi üzerinde hiçbir etki yaratmamıştır. MCT- $\beta$ -siklodekstrin işlemi, hem boyalı hem de boyanmamış ve dumanla kirletilmiş pamuk kumaşlarda üçüncü el duman kokusu salma yoğunluğunun belirgin bir şekilde azalmasına neden olmuştur. Boyalı kumaş üzerindeki MCT- $\beta$ -siklodekstrin varlığı kokuda belirgin bir azalma sağlamış ve % 65,5'e varan bir koku salımını maskeleymiştir.

Bozacı ve diğ. (2017) çalışmalarında pamuklu kumaşlarda antibakteriyel bitim işlemi için atmosferik plazma ve kimyasal işlemlerin kombinasyonunu araştırmışlardır. Çalışmalarındaki amaç, triklosan esaslı kimyasal ile siklodekstrin esaslı ticari ürün bileşiminin plazma modifikasyonu yapılarak ve yapılmayarak pamuklu kumaşlara bağlanmasını incelemektir. İşlem gören numuneler SEM analizi ile karakterize edilmiş olup, yıkanmış ve yıkanmamış kumaşların antibakteriyel aktiviteleri AATCC test metot 147-1998'e göre değerlendirilmiş ve numunelerin bazı fiziksel özellikleri de incelenmiştir. Triklosan, siklodekstrin ve atmosferik plazma kombinasyonu ile pamuklu kumaşların antibakteriyel aktivitesini 60°C'de 5 yıkamaya kadar koruduğunu gözlemlemişlerdir. SEM analizi, siklodekstrin ve antibakteriyel madde partiküllerinin pamuk yüzeyine aşılandığını ve plazma modifikasyonunun stabiliteyi desteklediğini göstermiştir. Ayrıca, numunelerin fiziksel özelliklerinin bu alternatif süreçlerden ciddi şekilde etkilenmediği bulunmuştur.

Zhao ve diğ. (2017) çalışmalarında pamuklu kumaş yüzeyine,  $\beta$ -siklodekstrin inklüzyon kompleksi uygulayarak ink-jet baskı performansının iyileştirilmesini araştırmışlardır. Çalışmada, pamuklu kumaş, ink-jet baskı için renk verimi, desen keskinliği ve renk haslığı elde etmek üzere inklüzyon kompleksi oluşturan  $\beta$ -siklodekstrin ( $\beta$ -CD) ile modifiye edilmiştir.

Jiang ve diğ. (2018) çalışmalarında kitosan-siklodekstrin kompleksi, maleoil zincirleri ile köprüleme ve ardından glutaraldehit ile çapraz bağlanma yoluyla sentezlenmiştir. Termodinamik parametreler, adsorpsiyonun ekzotermik ve kendiliğinden olduğunu göstermiştir. Optimal adsorpsiyon koşulları altında, metil oranjin adsorpsiyon kapasitesi 10 mg / 50 mL'lik dozajda 392 mg/g'a ulaşmıştır.

Dahası, CRCSCD, metilen mavisi ve rodamin B ile karşılaştırıldığında MO'ya karşı çok daha yüksek bir seçicilik sergilemiş, kitosandan gelen -NH<sub>2</sub> grubu ve MO arasındaki elektrostatik çekimin sinerjik etkisi hakkındaki hipotezini ve MO ve CD arasındaki konuk-konak etkileşimini doğrulamıştır. MO için bu seçici, yüksek verimli ve biyolojik olarak çözünebilen adsorbanın, atık su arıtımı için ümit verici bir materyal olabileceği ifade edilmiştir.

Prabu ve Sivakumar (2018) çalışmalarında siklodekstrin bazlı hiper dallanmış poliesterin (HBPE), sentez, karakterizasyon ve antimikrobiyal aktivitesini incelemişlerdir. Bu çalışmada, siklodekstrin esaslı hiper-dallanmış poliesterin (siklodekstrin bazlı HBPE) sentezi, asit klorür yaklaşımı ile basit bir yoğuşma yolu ile hazırlanmıştır. Siklodekstrin tabanlı HBPE'de ester bağlarının oluşumu FTIR ve NMR spektroskopisi analizleri ile tanımlanmıştır. Siklodekstrin tabanlı HBPE'nin antimikrobiyal aktivitesi, *Escherichia coli* ve *Salmonella paratyphi* gibi gram-negatif organizmalar, *Basillus subtilis* ve *Staphylococcus aureus* gibi gram-pozitif organizmalar ve *Aspergillus niger* ve *Candida albicans* gibi mantarlara karşı değerlendirilmiştir. Siklodekstrin bazlı HBPE, hem bakterilere hem de mantarlara karşı büyük bir inhibitör etki göstermiştir.

Novikov ve diğ. (2018) yaptıkları çalışmada pamuğun beta siklodekstrin/triklosan ( $\beta$ CD/TCS) inklüzyon kompleksi ile işlemini ve antimikrobiyal özelliklerini etkileyen faktörleri araştırmışlardır. Pamuklu kumaşların antimikrobiyal muamelesinin etkinliği, antimikrobiyal maddenin kimyasal yapısı ve konsantrasyonu, çapraz bağlama formülasyonunun bileşimi ve fiksaj sıcaklığı gibi kaplama işleminin çeşitli parametrelerine bağlıdır. Bu çalışmada, *Klebsiella pneumoniae* ve *Staphylococcus aureus* bakterilerine karşı minimum inhibitör konsantrasyonu ve minimum bakterisit konsantrasyonu karşılaştırılmıştır. Antimikrobiyal madde olarak  $\beta$ CD/TCS; çapraz bağlayıcı olarak glioksal ve BTCA; fiksaj sıcaklığı olarak da 120 ve 180°C seçilmiş ve etkileri incelenmiştir. Çalışmada  $\beta$ CD'nin antimikrobiyal etkisinin olmadığı ancak triklosan ile kombine edildiğinde potansiyel etkisinin gözlemlendiği belirtilmiştir. Çapraz bağlayıcı olarak %10 konsantrasyonda BTCA ve %5 konsantrasyonda SHP kullanıldığı takdirde ve fiksaj sıcaklığı olarak 180°C seçildiğinde yüksek sıcaklıkta tekrarlı yıkamalara dayanıklı antimikrobiyal etki elde edileceği ifade edilmiştir.

Attarchi ve diğ. (2018) yaptıkları çalışmalarında antibakteriyel etkisi ve kendi kendini temizleme özelliği bulunan çok fonksiyonlu pamuklu kumaş geliştirme üzerine çalışmışlardır. Bu amaçla gümüş, titanyumdioksit ve betasiklodekstrin nanokompozitler sentezlenmiş ve pamuklu kumaş üzerine çektirme, emdirme-kurutma-fiksaj ve in-situ olmak üzere üç farklı yöntem kullanılarak yerleştirilmiştir. Ardından sitrik asit ve sodyum hipofosfit ile işlem yapılmıştır. Örnekler, FESEM, EDX, XRD ve FTIR dâhil olmak üzere farklı karakterizasyon testleri ile analiz edilmiştir. Çektirme yöntemi maksimum nanokompozit adsorpsiyonu ve kendi kendini temizleme özelliği sağlama bakımından en iyi yöntem olarak önerilmiştir. Elde edilen numunenin, metilen mavisine karşı kendi kendini temizleme, *Staphylococcus aureus* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite, maksimum krom iyon adsorpsiyonu ve bir dereceye kadar artan kopma mukavemeti ve buruşmazlık açısı özelliklerine sahip olduğu belirtilmiştir. Hazırlanan substratın, ilaçlar ve kirletici maddeler gibi çeşitli bileşiklere ev sahipliği yapma potansiyeli nedeniyle tıbbi ve çevresel iyileştirme alanlarına uygulanabileceği ifade edilmiştir.

## 4. MATERİYAL VE METOT

### 4.1 Materyal

Bu tez çalışmasında kullanılan kumaş türleri ve konstrüksiyon özellikleri Tablo 4.1’ de verilmiştir.

**Tablo 4.1:** Kullanılan kumaş tür ve konstrüksiyonları

İplik Numarası	İplik Cinsi	Kumaş Genişliği	Kumaş Türü
Ne 28/1	%100 Ring Modal	28gg 32”	150 gr/m <sup>2</sup> Süprem
Ne 28/1	%100 Ring Tencel	28gg 32”	150 gr/m <sup>2</sup> Süprem

#### 4.1.1 Kullanılan Kimyasal Maddeler

Çalışmada kullanılan kimyasallar üretici firmaları ve özellikleri Tablo 4.2’ de verilmiştir.

**Tablo 4.2:** Çalışmada kullanılan kimyasal maddeler, üretici firmalar ve özellikleri

Kimyasal Adı	Firma	Molekül Ağırlığı	Yoğunluk
Floroalkiloligosiloksan (Dynasytan F 8815)	Evonik	-	1058 g/cm <sup>3</sup>
Siklodekstrin (Kleptose $\beta$ -CD)	Roquette	1135 g/mol	-
1,2,3,4-Butantetrakarboksilik asit (BTCA)	Sigma Aldrich	234.16 g/mol	-
Sodyumhipofosfit (SHP)	Sigma Aldrich	87,98 g/mol	-

#### 4.1.2 Kullanılan Cihazlar

Laboratuvar çalışmalarında kullanılan cihazlar ve test ölçüm cihazları marka/modelleri Tablo 4.3'de verilmiştir.

**Tablo 4.3:** Laboratuvar çalışmalarında kullanılan cihazlar ve test ölçüm cihazları marka/modelleri

Cihaz Adı	Marka / Model
Hassas Terazî	AND / FZ-500i
Manyetik Karıştırıcı	MTOPS / HS15-26P
Fulard (Pnömatik Emdirme Makinesi)	PROSER / Y002
Gergefli Kurutucu (Ramöz)	PROSER / Y003
Etüv	NÜVE / FN 120
Yıkama Makinesi	Gyrowash
Kopma Mukavemeti ve Uzama Ölçümü	Tinius Olsen / H10K
Patlama Mukavemeti Ölçümü	James Heal-TruBurst
Sabit Açılı Eğilme Ölçeri	SDL Atlas / M003B
Spektrofotometre	DataColor / 600TM
Kalınlık Ölçer	Louis Schopper Automatic Micrometer
FT-IR Cihazı	Thermo Nicolet iS50
Püskürtmeli Kaplama Cihazı	Quorum Q150R ES
Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	Zeiss Supra 40VP

#### 4.2 Metot

Çalışmada denemeler için hazırlanan reçeteler, bu reçeteler için oluşturulan proses işlemleri bu bölümde verilmiştir.

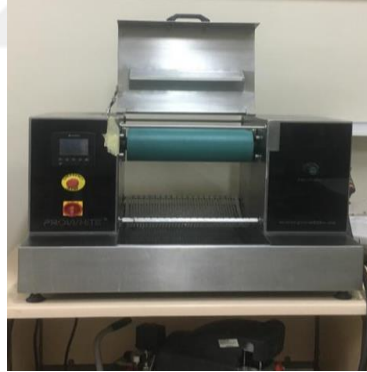
##### 4.2.1 Tekstil Yüzeylerine Uygulanan Bitim İşlemleri

Modal ve tencel kumaşlar, her reçete için 3 parça olacak şekilde hazırlanmıştır. Kumaşlar Tablo 4.4'te görüleceği üzere 7 reçetenin 3 reçetesi 2 adımlı olmak üzere 10 ayrı işleme tabi tutulmuştur.

**Tablo 4.4:** Çalışmada kullanılacak reçeteler

Kimyasallar	1. Reçete	2. Reçete	3. Reçete	4. Reçete	5. Reçete	6. Reçete	7. Reçete
<b>1. Adım</b>							
Floroalkiloligosiloksan (g)	10		10		10		10
Siklodekstrin (g)		10	10	10	10	10	10
BTCA (g)				5	5	10	10
SHP (g)				2,5	2,5	5	5
Su (ml)	100	100	100	100	100	100	100
<b>2. Adım (1. adımda fiksaj yapıldıktan sonra)</b>							
Floroalkiloligosiloksan (g)		10		10		10	
Su (ml)		100		100		100	

Reçeteler Tablo 4.4'te belirtildiği şekilde hazırlanmış ve 24 saat manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Her reçete için hazırlanan kumaşlara fulard ile emdirme işlemi yapılmıştır. Kullanılan fulard (Pnömatik emdirme makinesi) makinesi Şekil 4.1'de verilmiştir.



**Şekil 4.1:** Pnömatik emdirme makinesi

Emdirme işlemi sonrasında ramözde 100°C'de 5 dakika kurutma işlemi yapılmıştır. Ardından 150°C'de 5 dakika fiksaj işlemi yapılmıştır. İki aşamalı reçeteler için de emdirme, kurutma ve fiksaj işlemleri iki kere uygulanmıştır. Kurutma ve fiksaj işlemleri için kullanılan laboratuvar tipi ramöz makinası Şekil 4.2'de verilmiştir.



**Şekil 4.2:** Laboratuvar tipi ramöz makinesi

#### **4.2.2 Yıkama İşlemleri**

Yıkama işlemi ISO 105 C01 standardına uygun şekilde 40° C sıcaklıkta 30 dk süre ile gerçekleştirilmiştir.

Tüm işlem görmüş kumaşlar ortalarından kesilerek yıkama öncesi ve yıkama sonrası olarak ayrılmıştır. Yıkama sonrası olarak ayrılan kumaşlar tek tek hassas terazide tartılmış ve yıkama işlemi için 5g/L fosfatsız deterjan ile 1:50 flote oranında çözelti hazırlanmıştır. Ardından tüm numuneler 40°C’de 30 dk boyunca Gyrowash makinasında (Şekil 4.3) ayrı ayrı tüplerde bir kez yıkanmıştır.

Yıkama işlemi sonrasında 10 dakika boyunca numuneler soğuk suda durulanmıştır. Oda sıcaklığında kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kurutma işlemi sonrasında tüm numuneler 10 saniye boyunca 190°C de ısıl işleme tabi tutulmuştur.

Yapılan bir yıkama işlemi sonrasında sprej, 3M ve yağ iticilik testleri yapılmıştır. Numunelerin su ve yağ itici özelliklerinin yıkama dayanımını belirlemek için de etkili çıkan numunelerle tekrarlı yıkamalara (5 defa ve 10 defa) devam edilmiş ve aynı testler tekrar yapılmıştır.



Şekil 4.3: Gyrowash yıkama makinesi

### 4.2.3 Su ve Yağ İtıcilik Özelliklerinin Belirlenmesi

#### *Sprey Test Yöntemi*

Sprey-su iticilik testleri yapılırken numune nakış kasmağına iyice gergin bir şekilde yerleştirilmiştir. Kasnak daha sonra test sehpasına kumaş üste kalacak şekilde ve püskürtme modelinin merkezinin kasmağın merkeziyle denk düşecek şekilde yerleştirilmiştir. 27 + 1 °C sıcaklıktaki 250 mL saf su 25 – 30 saniye içerisinde 150 mm yükseklikten 45° eğimle hafif gergin durumdaki kumaşa test edicinin hunisinden dökülüp, test numunesinin üstüne püskürtme yöntemi ile dökülmesi sağlanmıştır. Sonra, kasnak bir kenarından tutulup, diğer kenar sert bir nesneye sert bir şekilde birkaç defa vurularak skalaya (ISO Standart Sprey Testi Değerlendirme Skalası) bakılarak değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirmede 100 en iyi sonucu; 0 en kötü sonucu göstermektedir.

0: Kumaşın hem yüzeyinde hem de arkasında ıslanma meydana gelmektedir.

50: Kumaşın yalnızca yüzeyinde ıslanma meydana gelmektedir.

70: Kumaşın yüzeyinin yarısında bir ıslanma meydana gelmektedir.

80: Kumaşın yüzeyinde, küçük damlalarla bir miktar ıslanma meydana gelmektedir.

90: Kumaşın yüzeyinde ıslanma yoktur, sadece birkaç su damlası vardır.

100: Kumaşın yüzeyinde ne bir ıslanma ne de su damlaları vardır.

Bu test esnasında ayrıca ıslanma sonrası numunelerde meydana gelen ağırlık artışları da ölçülmüştür.

### *3M Test Yöntemi*

3M test yönteminde numuneler düz bir yüzeye yerleştirilmiştir. En düşük numaralı test sıvısından başlayarak bir damlalık kullanılarak numuneye üç küçük damlacık (yaklaşık 5 mm çapında) damlatılmıştır. Damlacıklar 10 saniye süreyle gözlenmiştir. 10 saniye sonunda, üç damlacıktan ikisi hala görünüyorsa, kumaşın testi geçtiği kabul edilmiştir. Örnekler, uygun test sıvısı üzerinden geçti veya kaldı olarak değerlendirilmiştir. Numunelere yapılan değerlendirme, 15 saniye sonunda hala kalan en yüksek test sıvısı içindir. 3M su iticilik sıvı yoğunlukları ve oranları Tablo 4.5'te belirtilmiştir. Genel olarak 2 veya daha fazlası iyi su iticilik derecesi olarak kabul edilebilir (Javazmi 2017).

**Tablo 4.5:** 3M test metodu numara ve oran tablosu

Test numarası	Su/Alkol oranı
0 (su)	100/0
1	90/10
2	80/20
3	70/30
4	60/40
5	50/50
6	40/60
7	30/70
8	20/80
9	10/90
10 (alkol)	0/100

## ***Yağ İticilik Test Yöntemi***

AATCC 118-2002 yağ iticilik test yöntemine göre n-heptandan, parafin yağına kadar farklı yüzey gerilim değerlerine sahip yağların damlatıldığı 8 basamaklı bir değerlendirme sistemi bulunmaktadır. Bu test yönteminde 5 ve üzerindeki değerler iyidir. Test için kumaş üzerine yüzey gerilimi en yüksek, yani ısıtma etkisi en düşük olan parafin yağından başlayarak damlatma yapılmaktadır. Her basamakta damlanın kumaş tarafından emilme veya yüzeyde kalma durumu gözlemlenmektedir. Damlanın kumaş tarafından emildiği basamağın bir gerisi yağ iticilik değeri olarak alınmaktadır (Gençer 2019).

Tüm numunelerin yağ iticilik değerleri bu test yöntemine uygun şekilde belirlenmiştir.

### **4.2.4 Yüzde Ağırlık Değişiminin Belirlenmesi**

Yapılan işlemler sonrası modal ve tencel kumaşlarda meydana gelen ağırlık değişimleri işlemsiz kumaş numunesi referans alınarak aşağıda verilen (4.1) eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \quad (4.1)$$

Burada  $W_1$ , işlemsiz kumaş numunesinin ağırlığı,  $W_2$  ise ağırlık farkı belirlenmek istenen işlemin uygulandığı kumaş numunesinin ağırlığıdır. Her bir numune için 3 ölçüm yapılmış ve ortalaması alınmıştır. Sonuçlar % değişim olarak kaydedilmiştir.

### **4.2.5 Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzamasının Belirlenmesi**

İşlem görmüş ve görmemiş numunelerin kopma mukavemeti ve kopma uzaması ölçümleri, TS EN ISO 13934-1 şerit yöntemine göre yapılmıştır. Bu yöntemde göre sıra ve çubuk yönlerinde 30 cm x 6 cm boyutunda numuneler hazırlanmış ve mukavemet cihazında (Şekil 4.4) çeneler arası mesafe 200 mm'ye

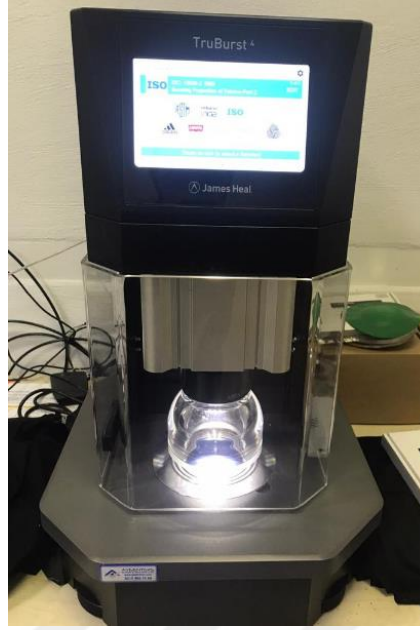
ayarlanmıştır. Hazırlanan numuneler, çeneleri ortalayacak şekilde çenelere yerleştirilmiştir. Ardından hareketli çene harekete geçirilerek numune kopma noktasına kadar uzatılmıştır. Numune koptuktan sonra Newton cinsinden kopma mukavemeti ve mm cinsinden kopma uzaması değerleri belirlenmiştir.



Şekil 4.4: Kopma mukavemeti ve uzama ölçümü aleti

#### 4.2.6 Patlama Mukavemetinin Belirlenmesi

İşlem görmüş ve görmemiş tencel ve modal kumaşların patlama mukavemeti sonuçları James Heal marka patlama mukavemeti test cihazında (Şekil 4.5) ISO 13938-2 standardı esas alınarak yapılmıştır. Patlama dayanımı için 25\*25 cm boyutlarında kare şeklinde kumaş numuneleri hazırlanmış ve 20°C %65 bağıl nem altında 24 saat kondisyonlama yapılmıştır. Kumaşın basınç yüzeyinin etki ettiği kısım test edilmiştir. Hazırlanan numuneler, lastik bir diyafram üzerine germe tertibatı ile bağlanmıştır. Basınç altındaki gaz, numuneleri patlatana kadar şişirmiştir ve numunelerin patlama anına kadar verilen basınç sonuçları cihaz ekranından okunup, kayıt altına alınmıştır. Patlama süresi  $20 \pm 5$  sn ye ayarlanarak ölçüm yapılmıştır.



Şekil 4.5: Patlama mukavemeti test cihazı

#### 4.2.7 Eğilme Uzunluğu ve Eğilme Rijitliğinin Belirlenmesi

Numunelerin eğilme uzunluğu ölçümleri, sabit açılı eğilme ölçeri ölçüm cihazında (Şekil 4.6) TS 1409'a göre yapılmıştır. Bu yöntemde, 2,5 cm x 15 cm boyutlarında şerit halinde hazırlanan numune bir ucundan tutulurken, diğer ucundan kendi ağırlığı ile serbest bırakılmıştır. Kumaş numunesinin ucu, yatayın altında 41,5° eğimli bir seviyeye ulaştığında sarkan uzunluk ölçülmüş ve bu uzunluk eğilme uzunluğunun iki katını vermiştir. Sıra ve çubuk için ayrı ayrı eğilme uzunluğu ortalaması (L) ve kumaş gramajı (W) tespit edilerek eğilme rijitliği aşağıdaki verilen (4.2) eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır.

$$G = 0,1 \times W \times L^3 \quad (4.2)$$

Kumaşın genel eğilme rijitliği ise aşağıdaki verilen (4.3) eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır.

$$G_0 = \sqrt{G_a \times G_c} \quad (4.3)$$



Şekil 4.6: Sabit açılı eğilme ölçeri

#### 4.2.8 Kalınlık Değerlerinin Belirlenmesi

Numune kumaşların kalınlık değerleri Şekil 4.7’de gösterilen Louis Schopper Otomatik Mikrometre cihazı ile ölçülmüştür. Bitim işlemleri görmüş kumaşlar ile işlem görmemiş kumaş numuneleri farklı bölgelerden olacak şekilde 4 kez ölçülmüş ve ortalama kalınlık değerleri belirlenmiştir.



Şekil 4.7: Kalınlık ölçüm cihazı

#### 4.2.9 Beyazlık-Sarılık İndislerinin Belirlenmesi

Yapılan bitim işlemlerinin kumaşın renginde ne kadar sararmaya veya beyazlık azalmasına neden olduğunu belirlemek için işlemlenmiş ve işlenmemiş numune kumaşların beyazlık ve sarılık dereceleri Şekil 4.8’de gösterilen Spektrofotometre

Data Color 600TM cihazı aracılığıyla ölçülmüştür. Beyazlık derecesi “Stensby” metodu ile sarılık derecesi ise “E 313” metodu kullanılarak belirlenmiştir. Işık kaynağı D65 10° açıyla kumaş üzerine düşürülerek ölçüm gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.8: Spektrofotometre

#### 4.2.10 SEM-EDX Analizi

Numune kumaşların Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) altında görüntülerinin incelenmesinin öncesinde kumaşların üzerindeki iletkenliğin artırılması ve SEM cihazı altındaki görüntülerinin daha net ve anlaşılır çıkmasının sağlanması için numune kumaşlar 6 dk boyunca altın ve paladyum (Au + Pd) ile kaplanmıştır.

Bu kaplama işlemi Şekil 4.9’de gösterilen Quorum Q150R ES cihazı ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.9: Quorum Q150R ES püskürtmeli altın / karbon kaplama cihazı

SEM görüntüleme esasına göre modal ve tencel kumaş liflerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.10'da gösterilen Zeiss Supra 40VP SEM (taramalı elektron mikrokobu) cihazına yerleştirilmiş ve 10 kV EHT değerinde 5000x yakınlaştırmalı olmak üzere görüntüleri çekilmiştir. İşlem görmüş ve işlem görmemiş kumaş numunelerin EDX analizi de aynı cihazda yapılmış ve kumaşlarda meydana gelen değişimler analiz edilmiştir.



Şekil 4.10: Zeiss Supra 40VP SEM Cihazı

#### 4.2.11 FT-IR Analizi

İşlemsiz ve işlemlı modal ve tencel kumaşların Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FT-IR) analizleri Şekil 4.11'de gösterilen Thermo Nicolet iS50 FTIR cihazında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.11: Nicolet iS50 FT-IR Cihazı

## 5. BULGULAR

### 5.1 Su ve Yağ İticilik Özelliklerine İlişkin Bulgular

Siklodekstrin, sodyumhipofosfit, floroalkiloligosiloksan, BTCA ile işlem görmüş ve işlem görmemiş kumaşlarda yapılan su iticilik test sonuçları modal ve tencel kumaşlar için sırası ile Tablo 5.1 ve Tablo 5.2’de verilmiştir.

**Tablo 5.1:** Modal kumaşların su iticilik test sonuçları

	YIKAMA ÖNCESİ		BİR YIKAMA SONRASI		5 YIKAMA SONRASI		10 YIKAMA SONRASI	
	Sprey Test Değeri	3M Test Değeri	Sprey Test Değeri	3M Test Değeri	Sprey Test Değeri	3M Test Değeri	Sprey Test Değeri	3M Test Değeri
<b>İşlemsiz Modal</b>	0	0	-	-	-	-	-	-
<b>M1</b>	100	6	90	5	90	3	70	2
<b>M2</b>	90	8	90	5	90	4	80	3
<b>M3</b>	90	4	90	4	90	3	70	2
<b>M4</b>	90	6	90	5	90	4	70	2
<b>M5</b>	90	6	90	4	80	3	50	0
<b>M6</b>	90	7	90	6	90	5	80	4
<b>M7</b>	90	5	90	5	80	3	70	2

Modal kumaşların su iticilik performansları kıyaslandığında bir yıkama sonunda sprey test değerlerine göre tüm reçetelerde herhangi bir fark gözlemlenmemiştir. Fakat 3M test sonuçlarına göre en iyi sonucu 6. reçete vermiştir.

Beş yıkama sonunda sprey test değerlerine göre 5. ve 7. reçetenin uygulandığı modal kumaşlarda performans kaybı görülmüştür. 3M testleri incelendiğinde ise iyi performansın 6. reçete uygulanan modal kumaşta olduğu görülmüştür

On yıkama sonundaki sprej test değerlerine göre en iyi verim 2. ve 6. reçetelerden alınmıştır. 3M testleri incelendiğinde ise iyi performansın 6. reçete uygulanan modal kumaşlarda olduğu görülmüştür.

**Tablo 5.2:** Tencel kumaşların su iticilik test sonuçları

	YIKAMA ÖNCESİ		BİR YIKAMA SONRASI		BEŞ YIKAMA SONRASI		ON YIKAMA SONRASI	
	Sprej Test Değeri	3M Test Değeri	Sprej Test Değeri	3M Test Değeri	Sprej Test Değeri	3M Test Değeri	Sprej Test Değeri	3M Test Değeri
İşlemsiz Tencel	0	0	-	-	-	-	-	-
T1	100	6	90	5	90	4	80	3
T2	90	6	90	6	90	4	90	3
T3	90	5	90	5	90	4	90	3
T4	100	7	90	7	90	6	90	4
T5	90	5	90	5	90	4	70	3
T6	100	6	90	6	90	6	90	4
T7	80	4	80	4	80	4	70	3

Tencel kumaşların su iticilik performansları kıyaslandığında bir yıkama sonunda sprej test ve 3M değerlerine göre en düşük performansı 7. reçete verirken en iyi sonucu 2. 4. ve 6. reçeteler vermiştir.

Beş yıkama sonunda sprej test değerlerine göre tüm reçetelerin uygulandığı tencel kumaşlarda birbirine yakın sonuçlar gözlemlenmiştir. Fakat 3M testleri incelendiğinde ise en iyi performansın 4. ve 6. reçetelerin uygulandığı tencel kumaşlar olduğu görülmüştür.

On yıkama sonundaki sprej test değerleri ve 3M test değerleri birlikte incelendiğinde iyi performansların 4. ve 6. reçetelerin uygulandığı tencel kumaşların olduğu görülmüştür.

Ayrıca tüm reçetelerin uygulandığı modal ve tencel kumaşlar ile işlemsiz kumaşların sprej testleri aşamasında ağırlıkları ölçülmüştür. Sprej testi aşamasındaki ağırlık ölçümlerine yıkama öncesi ve tekrarlı yıkamalarda da devam edilmiştir. Modal ve tencel kumaşların, yaş haldeki ağırlıkları ile kuru haldeki ağırlıkları arasındaki değişimler yüzdesel olarak hesaplanmıştır ve bu yüzde ağırlık

değişimleri Tablo 5.3 ve Tablo 5.4’te verilmiştir. Modal ve tencel kumaşların su iticilik performansları ağırlık artış yüzdeleri üzerinden de değerlendirilmiştir.

**Tablo 5.3:** Modal kumaşların sprej test aşamasındaki yüzde ağırlık değişim sonuçları

	YIKAMA ÖNCESİ		BİR YIKAMA SONRASI		BEŞ YIKAMA SONRASI		ON YIKAMA SONRASI	
	Ağırlık (%)	Artışı (%)	Ağırlık (%)	Artışı (%)	Ağırlık (%)	Artışı (%)	Ağırlık (%)	Artışı (%)
<b>İşlemsiz Modal</b>	157,78		-		-		-	
<b>M1</b>	3,40		9,53		30,31		63,43	
<b>M2</b>	14,64		15,33		23,52		40,90	
<b>M3</b>	13,75		17,71		30,77		48,48	
<b>M4</b>	10,81		19,60		23,12		51,27	
<b>M5</b>	10,95		39,42		40,15		123,30	
<b>M6</b>	9,51		14,19		24,44		26,11	
<b>M7</b>	11,77		25,36		40,23		58,55	

**Tablo 5.4:** Tencel kumaşların sprej test aşamasındaki yüzde ağırlık değişim sonuçları

	YIKAMA ÖNCESİ		BİR YIKAMA SONRASI		BEŞ YIKAMA SONRASI		ON YIKAMA SONRASI	
	Ağırlık Artışı (%)		Ağırlık Artışı (%)		Ağırlık Artışı (%)		Ağırlık Artışı (%)	
<b>İşlemsiz Tencel</b>	118,99		-		-		-	
<b>T1</b>	4,16		12,08		26,48		27,05	
<b>T2</b>	8,58		9,32		19,77		36,78	
<b>T3</b>	10,38		10,79		18,26		33,72	
<b>T4</b>	2,42		9,13		11,36		21,87	
<b>T5</b>	17,39		23,30		24,48		44,39	
<b>T6</b>	5,06		8,85		11,39		24,68	
<b>T7</b>	31,95		38,40		34,31		36,49	

Tablo 5.3 ve Tablo 5.4’te verildiği üzere işlemsiz modal ve tencel kumaşlarla (ağırlık artışı sırasıyla % 157,78 ve % 118,99) kıyaslandığında yapılan işlemlerin yüzde ağırlık artışını oldukça düşürdüğü anlaşılmıştır. Bu durum da modal ve tencel kumaşların su iticilik performanslarında önemli bir değişim olduğunu kanıtlamıştır.

Siklodekstrin, sodyumhipofosfit, floroalkiloligosiloksan, BTCA ile işlem görmüş ve işlem görmemiş kumaşlarda yapılan yağ iticilik test sonuçları ise modal ve tencel kumaşlar için sırası ile Tablo 5.5 ve Tablo 5.6’da verilmiştir.

**Tablo 5.5:** Modal kumaşların yağ iticilik test sonuçları

	<b>YIKAMA ÖNCESİ</b>	<b>BİR YIKAMA SONRASI</b>	<b>BEŞ YIKAMA SONRASI</b>	<b>ON YIKAMA SONRASI</b>
	<b>Yağ İticilik Test Değeri</b>	<b>Yağ İticilik Test Değeri</b>	<b>Yağ İticilik Test Değeri</b>	<b>Yağ İticilik Test Değeri</b>
<b>İşlemsiz Modal</b>	0	-	-	-
<b>M1</b>	4	4	4	3
<b>M2</b>	6	5	5	4
<b>M3</b>	5	5	4	3
<b>M4</b>	6	5	5	5
<b>M5</b>	6	5	5	2
<b>M6</b>	5	5	5	5
<b>M7</b>	5	5	4	3

Modal kumaşların yağ iticilik performansları kıyaslandığında bir yıkama sonunda 1. reçete dışındaki reçetelerin performanslarının aynı olduğu gözlemlenmiştir.

Beş yıkama sonrasında ise 2., 4., 5. ve 6. reçetelerin uygulandığı modal kumaşların yağ iticilik performansını koruduğu görülmüştür.

On yıkama sonundaki yağ iticilik performanslarına göre en iyi sonucu 4. ve 6. reçeteler vermiştir. Diğer reçetelerin uygulandığı kumaşlarda ise on yıkama sonunda performans kayıplarının olduğu görülmüştür.

**Tablo 5.6:** Tencel kumaşların yağ iticilik test sonuçları

	<b>YIKAMA ÖNCESİ</b>	<b>BİR YIKAMA SONRASI</b>	<b>BEŞ YIKAMA SONRASI</b>	<b>ON YIKAMA SONRASI</b>
	<b>Yağ İticilik Test Değeri</b>	<b>Yağ İticilik Test Değeri</b>	<b>Yağ İticilik Test Değeri</b>	<b>Yağ İticilik Test Değeri</b>
<b>İşlemsiz Tencel</b>	0	-	-	-
<b>T1</b>	5	4	4	3
<b>T2</b>	5	5	3	3
<b>T3</b>	5	4	4	4
<b>T4</b>	6	5	5	5
<b>T5</b>	5	4	4	4
<b>T6</b>	6	6	6	5
<b>T7</b>	4	4	4	4

Tencel kumaşların yağ iticilik performansları kıyaslandığında bir yıkama sonunda 6. reçetenin performansının en iyi olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca 2. ve 4. reçetelerin diğer reçetelere göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Beş yıkama sonrasında ise 4. ve 6. reçetelerin uygulandığı tencel kumaşların yağ iticilik performansını koruduğu görülmüştür.

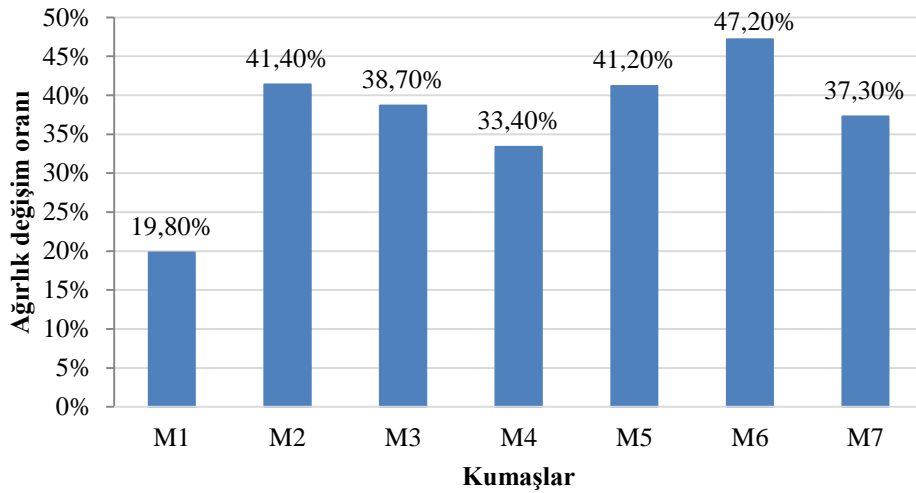
On yıkama sonundaki yağ iticilik performanslarına göre en iyi sonucu 4. ve 6. reçeteler vermiştir.

## **5.2 Yüzde Ağırlık Değişimine İlişkin Bulgular**

Siklodekstrin, sodyumhipofosfit, floroalkiloligosiloksan, BTCA ile işlem görmüş ve işlem görmemiş modal ve tencel kumaşlardan numuneler kesilmiş, kesilen kumaşların ağırlıkları ölçülmüş ve işlem görmemiş kumaş numunesinin ağırlığı referans alınarak yapılan işlemler sonrasında kumaşlarda meydana gelen ağırlık değişimleri Tablo 5.7’de ve Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de gösterilmiştir.

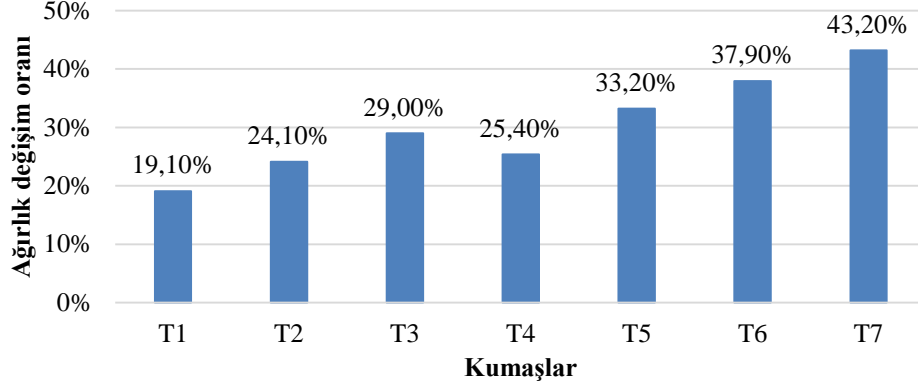
**Tablo 5.7:** Kumaşların işlem sonrası ağırlık artış yüzdelik değerleri

	AĞIRLIK	AĞIRLIK DEĞİŞİMİ %		AĞIRLIK	AĞIRLIK DEĞİŞİMİ %
<b>MODAL İŞLEMSİZ</b>	0,546		<b>TENCEL İŞLEMSİZ</b>	0,541	
<b>M1</b>	0,654	19,8	<b>T1</b>	0,644	19,1
<b>M2</b>	0,772	41,4	<b>T2</b>	0,671	24,1
<b>M3</b>	0,757	38,7	<b>T3</b>	0,697	29,0
<b>M4</b>	0,728	33,4	<b>T4</b>	0,678	25,4
<b>M5</b>	0,770	41,2	<b>T5</b>	0,720	33,2
<b>M6</b>	0,803	47,2	<b>T6</b>	0,746	37,9
<b>M7</b>	0,749	37,3	<b>T7</b>	0,774	43,2



**Şekil 5.1:** Modal kumaşların işlem sonrası ağırlık artış yüzdelik değerleri grafiği

Modal kumaşların işlem sonrası ağırlık artışı incelendiğinde % 19,8 ile % 47,2 arasında değişen oranlarda ağırlık artışı gözlenmiştir. Siklodekstrinin lif yüzeyine tutunmasından dolayı numunelerde ağırlık artışı beklenen bir durumdur. Ağırlık artışında reçetelerin tek veya iki adımda uygulanmasının etkili olmadığı görülmüştür. 3., 5. ve 7. tek adımlı reçetelerde BTCA ve SHP katalizörünün ağırlık artışına ciddi bir etkisinin olmadığı görülmüştür.



**Şekil 5.2:** Tencel kumaşların işlem sonrası ağırlık artış yüzdelik değerleri grafiği

Tencel kumaşların işlem sonrası ağırlık artışı incelendiğinde ise % 19,1 ile % 43,2 arasında değişen oranlarda ağırlık artışı gözlenmiştir. Genel anlamda, modal kumaşlardakine benzer sonuçlar elde edilmiştir.

### 5.3 Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzamasına İlişkin Bulgular

Siklodekstrin, sodyumhipofosfit, floroalkiloligosiloksan, BTCA ile işlem görmüş ve işlem görmemiş kumaşlarda sıra ve çubuk yönünde meydana gelen kopma mukavemeti ve kopma uzaması değişimleri modal ve tencel kumaşlar için sırasıyla Tablo 5.8 ve Tablo 5.9’da verilmiştir.

**Tablo 5.8:** Modal kumaşlar için kopma mukavemeti ve kopma uzaması sonuçları

	Kopma Mukavemeti (N)	Kopma Uzaması (%)		Kopma Mukavemeti (N)	Kopma Uzaması (%)
<b>MS İŞLEMSİZ</b>	164,80	58,50	<b>MÇ İŞLEMSİZ</b>	191,50	48,80
<b>MS1</b>	164,50	52,55	<b>MÇ1</b>	190,00	39,85
<b>MS2</b>	175,20	50,08	<b>MÇ2</b>	223,00	44,04
<b>MS3</b>	195,20	54,10	<b>MÇ3</b>	223,50	42,65
<b>MS4</b>	196,00	57,65	<b>MÇ4</b>	207,90	39,22
<b>MS5</b>	180,40	55,30	<b>MÇ5</b>	217,00	43,21
<b>MS6</b>	185,20	55,65	<b>MÇ6</b>	204,00	39,72
<b>MS7</b>	182,40	55,16	<b>MÇ7</b>	200,50	40,57

Yapılan bitim işlemlerinin, bir numaralı reçete haricinde kumaşların kopma mukavemeti değerlerini artırdığı gözlenmiştir.

Kopma mukavemet test sonuçları incelendiğinde modal kumaşların sıra yönündeki en yüksek değerinin MS3 (3. reçete) ve MS4 (4. reçete) de olduğu görülmüştür. Çubuk yönünde kopma mukavemet değerleri incelendiğinde ise MÇ2 (2. reçete) ve MÇ3 (3.reçete) değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Sıra ve çubuk yönünde yapılan mukavemet testlerine ortak olarak bakıldığında en iyi sonucun 3. reçete olduğu belirlenmiştir. Uygulanan diğer reçetelerdeki kumaşlarda kopma mukavemet değerlerinin birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. Siklodekstrin kullanımının kumaşlarda kopma mukavemetini olumlu yönde etkilediği ve arttırdığı görülmüştür. Bu durumun modal kumaşların fazla uç gruba sahip olması sayesinde daha kolay reaksiyon verebilmesinden kaynaklandığı düşünülmüştür.

**Tablo 5.9:** Tencel kumaşlar için kopma mukavemeti ve kopma uzaması sonuçları

	<b>Kopma Mukavemeti (N)</b>	<b>Kopma Uzaması (%)</b>		<b>Kopma Mukavemeti (N)</b>	<b>Kopma Uzaması (%)</b>
<b>TS İŞLEMSİZ</b>	177,80	68,35	<b>TÇ İŞLEMSİZ</b>	225,40	48,80
<b>TS1</b>	175,80	59,20	<b>TÇ1</b>	220,40	35,79
<b>TS2</b>	213,05	59,10	<b>TÇ2</b>	263,00	44,13
<b>TS3</b>	214,50	57,05	<b>TÇ3</b>	243,30	40,67
<b>TS4</b>	216,00	57,10	<b>TÇ4</b>	251,80	45,27
<b>TS5</b>	216,10	56,80	<b>TÇ5</b>	247,20	42,76
<b>TS6</b>	181,00	45,35	<b>TÇ6</b>	241,85	41,53
<b>TS7</b>	187,40	52,70	<b>TÇ7</b>	240,90	36,96

Tencel kumaşlar için kopma mukavemet sonuçları incelendiğinde sıra yönünde yapılan testlerin sonucunda TS4 ve TS5'in en yüksek kopma mukavemet değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Çubuk yönünde yapılan test sonuçlarına bakıldığında ise 2. Reçetenin en yüksek kopma mukavemet değerini aldığı belirlenmiştir. Bu durumun tencel kumaşların fazla uç gruba sahip olması sayesinde daha kolay reaksiyon verebilmesinden kaynaklandığı düşünülmüştür.

Kopma uzaması değerlerine bakıldığında ise bitim işlemleri uygulanmış kumaşların kopma uzaması değerlerinin işlemsiz kumaşın kopma uzaması

değerlerine göre çoğunluğunun düşük çıktığı gözlenmiştir. Bu durum, yapılan bitim işlemlerinin kumaşların elastikiyetini azaltmasına bağlanmıştır.

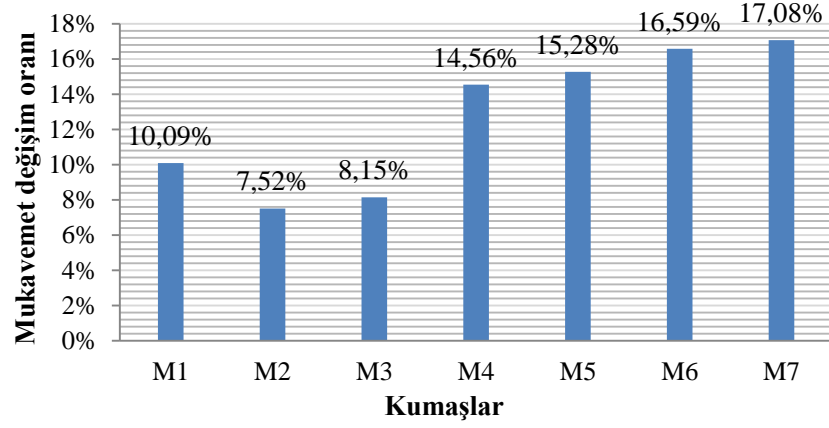
#### 5.4 Patlama Mukavemetine İlişkin Bulgular

İşlem görmemiş modal ve tencel kumaşlar ile siklodekstrin, sodyumhipofosfit, floroalkiloligosiloksan, BTCA ile işlem görmüş kumaşlarda ölçülen patlama mukavemet değerleri modal kumaşlar için Tablo 5.10 ve Şekil 5.3'te, tencel kumaşlar için Tablo 5.11 ve Şekil 5.4'te verilmiştir.

**Tablo 5.10:** Modal kumaşların patlama mukavemeti ölçüm sonuçları

<b>Modal</b>	<b>Patlama Mukavemeti (kPa)</b>	<b>Patlama Mukavemeti Değişimi (% Azalma)</b>
<b>M0</b>	206,1	-
<b>M1</b>	185,3	10,09
<b>M2</b>	190,6	7,52
<b>M3</b>	189,3	8,15
<b>M4</b>	176,1	14,56
<b>M5</b>	174,6	15,28
<b>M6</b>	171,9	16,59
<b>M7</b>	170,9	17,08

Modal kumaşların işlem sonrası patlama mukavemetleri incelendiğinde % 17,08 ile % 7,52 arasında değişen oranlarda azalma gözlenmiştir. Minimum azalmanın 2. ve 3. reçetelerin uygulandığı modal kumaşlar olduğu görülmüştür. En çok mukavemet kayıpları ise 4., 5., 6. ve 7. reçetelerin uygulandığı modal kumaşlarda gözlenmiştir. Bu durum, BTCA çapraz bağlayıcının kumaşların patlama mukavemetini azaltmasına bağlanmıştır. Ayrıca tek adım ve iki adımlı uygulanan reçetelerin arasında da önemli bir fark gözlenmemiştir.

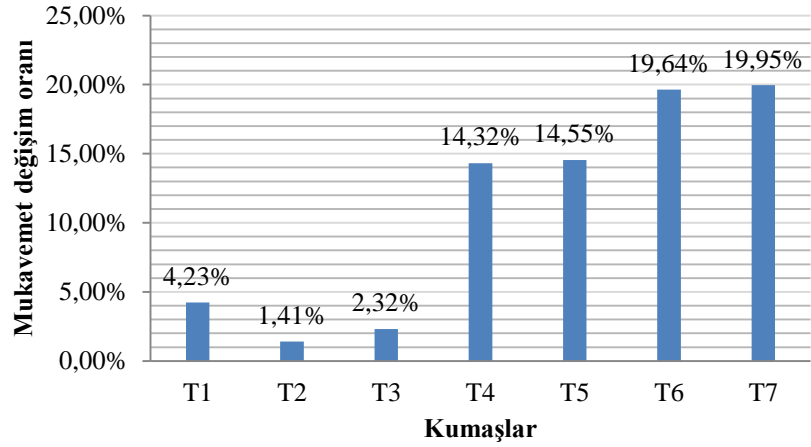


Şekil 5.3: Modal kumaşların patlama mukavemet değişimi grafiği

Tablo 5.11: Tencel kumaşların patlama mukavemeti ölçüm sonuçları

Tencel	Patlama Mukavemeti (kPa)	Patlama Mukavemeti Değişimi (% Azalma)
T0	220	-
T1	210,7	4,23
T2	216,9	1,41
T3	214,9	2,32
T4	188,5	14,32
T5	188	14,55
T6	176,8	19,64
T7	176,1	19,95

Tencel kumaşların işlem sonrası patlama mukavemetleri incelendiğinde % 19,95 ile % 1,41 arasında değişen oranlarda azalma gözlenmiştir. Minimum azalmanın 2. ve 3. reçetelerin uygulandığı tencel kumaşlar olduğu görülmüştür. En çok mukavemet kayıpları ise 4., 5., 6. ve 7. reçetelerin uygulandığı tencel kumaşlarda gözlenmiştir. Bu durum, BTCA çapraz bağlayıcının kumaşların patlama mukavemetini azaltmasına bağlanmıştır. Ayrıca tek adım ve iki adımlı uygulanan reçetelerin arasında da önemli bir fark gözlenmemiştir.



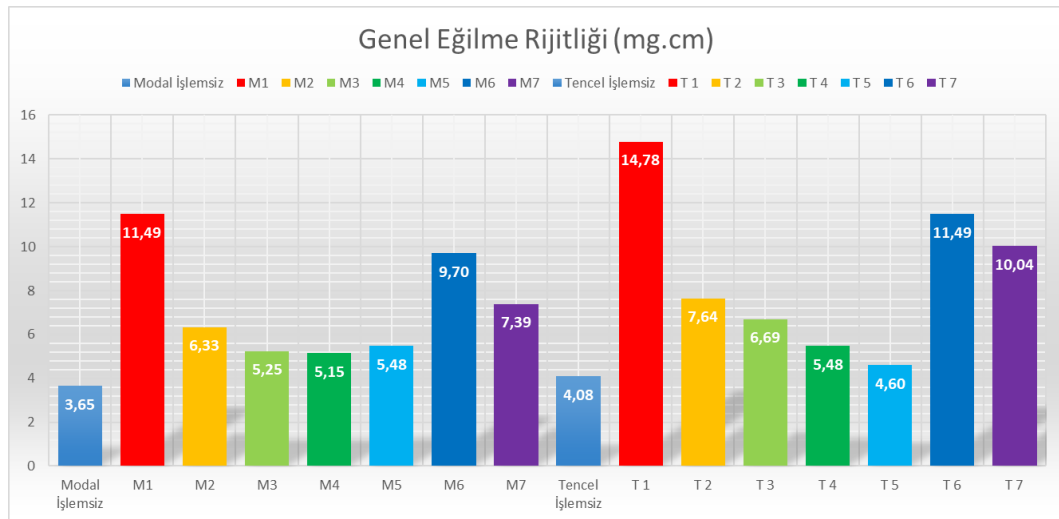
Şekil 5.4:Tencel kumaşların patlama mukavemet değişimi grafiği

### 5.5 Eğilme Uzunluğu ve Eğilme Rijitliğine İlişkin Bulgular

Siklodekstrin, sodyumhipofosfit, floaroalkiloligosiloksan, BTCA ile işlem görmüş modal ve tencel kumaşlarda ve işlem görmemiş kumaşlarda meydana gelen eğilme uzunluğu ve eğilme rijitliği değişimleri Tablo 5.12’de verilmiştir. Genel eğilme rijitliği ölçüm sonuçları grafiği de Şekil 5.5’te verilmiştir.

**Tablo 5.12:** Eğilme uzunluğu ve eğilme rijitliği ölçüm sonuçları

Numune	Sıra Yönü		Çubuk Yönü		Genel Eğilme Rijitliği (mg.cm)
	Eğilme Uzunluğu (cm)	Eğilme Rijitliği (mg.cm)	Eğilme Uzunluğu (cm)	Eğilme Rijitliği (mg.cm)	
<b>Modal İşlemsiz</b>	0,65	4,12	0,60	3,24	3,65
<b>M1</b>	0,93	12,07	0,90	10,94	11,49
<b>M2</b>	0,75	6,33	0,75	6,33	6,33
<b>M3</b>	0,73	5,84	0,68	4,72	5,25
<b>M4</b>	0,70	5,15	0,70	5,15	5,15
<b>M5</b>	0,70	5,15	0,73	5,84	5,48
<b>M6</b>	0,85	9,21	0,88	10,22	9,70
<b>M7</b>	0,80	7,68	0,78	7,12	7,39
<b>Tencel İşlemsiz</b>	0,70	5,15	0,60	3,24	4,08
<b>T1</b>	0,99	14,55	1,00	15,00	14,78
<b>T2</b>	0,75	6,33	0,85	9,21	7,64
<b>T3</b>	0,73	5,84	0,80	7,68	6,69
<b>T4</b>	0,73	5,84	0,70	5,15	5,48
<b>T5</b>	0,70	5,15	0,65	4,12	4,60
<b>T6</b>	0,90	10,94	0,93	12,07	11,49
<b>T7</b>	0,85	9,21	0,90	10,94	10,04



**Şekil 5.5:** Eğilme uzunluğu ve eğilme rijitliği ölçüm sonuçları

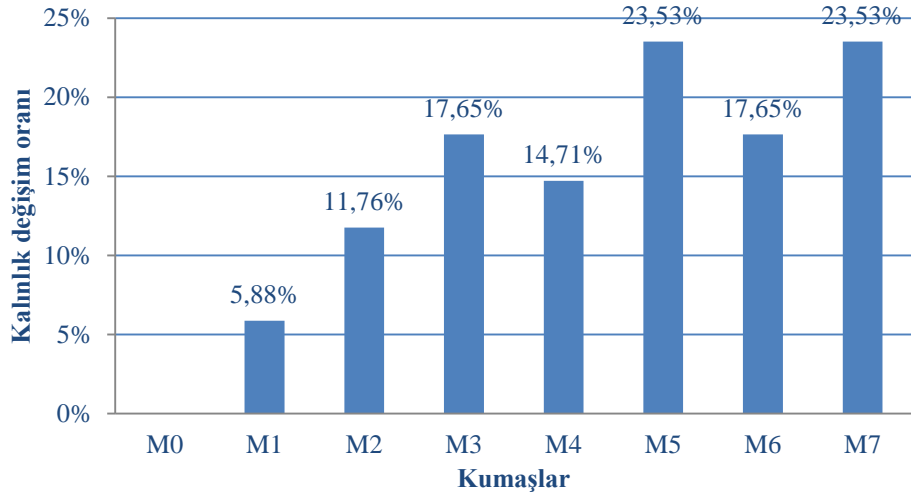
İşlemsiz modal ve tencel kumaşlar ile işlemlenmiş kumaşların genel eğilme rijitlik değerleri birbirleriyle kıyaslandığında tüm işlemler sonrası rijitliğin arttığı belirlenmiştir. En rijit performansı gösteren kumaşların 1 numaralı reçetenin uygulandığı kumaşlar olduğu görülmüştür. Bu durum 1 numaralı reçetede siklodekstrin kullanılmamasına bağlanmıştır ve siklodekstrinin rijitliği azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.

## 5.6 Kalınlık Değerlerine İlişkin Bulgular

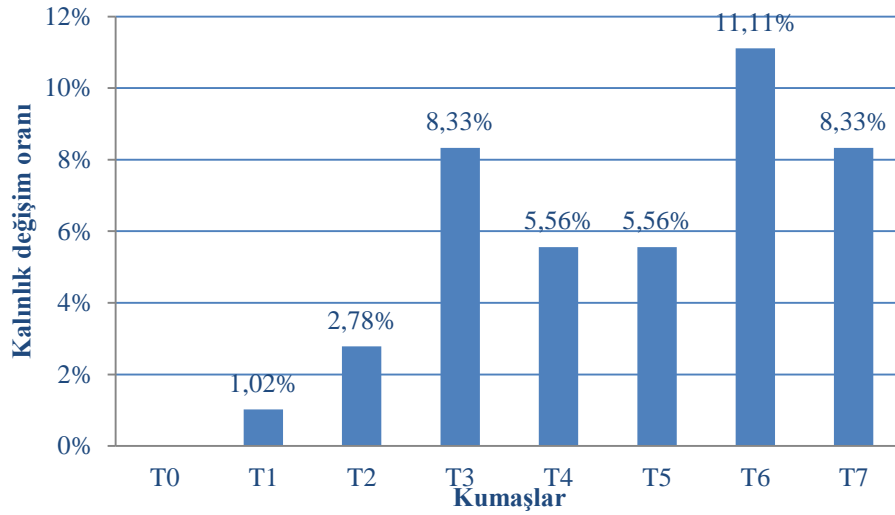
Siklodekstrin, sodyumhipofosfit, floroalkiloligosiloksan, BTCA ile işlem görmüş ve işlem görmemiş modal ve tencel kumaşlarda meydana gelen kumaş kalınlık değişimleri Tablo 5.13'te verilmiştir. Kumaş kalınlık değişim grafikleri ise Şekil 5.6 ve Şekil 5.7'de verilmiştir.

**Tablo 5.13:** Kumaşların kalınlık değerlerinin ölçüm sonuçları

	Kalınlık(mm)					% Değişim
	1.	2.	3.	4.	ORT	
<b>M. İşlemsiz (M0)</b>	0,34	0,37	0,34	0,30	0,34	
<b>M1</b>	0,36	0,37	0,36	0,35	0,36	5,88%
<b>M2</b>	0,39	0,38	0,37	0,36	0,38	11,76%
<b>M3</b>	0,38	0,40	0,41	0,40	0,40	17,65%
<b>M4</b>	0,38	0,39	0,38	0,39	0,39	14,71%
<b>M5</b>	0,42	0,43	0,42	0,41	0,42	23,53%
<b>M6</b>	0,40	0,41	0,41	0,39	0,40	17,65%
<b>M7</b>	0,42	0,41	0,42	0,42	0,42	23,53%
<b>T. İşlemsiz (T0)</b>	0,36	0,37	0,36	0,36	0,36	
<b>T1</b>	0,37	0,38	0,36	0,36	0,37	1,02%
<b>T2</b>	0,35	0,39	0,37	0,37	0,37	2,78%
<b>T3</b>	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	8,33%
<b>T4</b>	0,37	0,37	0,38	0,38	0,38	5,56%
<b>T5</b>	0,38	0,39	0,38	0,38	0,38	5,56%
<b>T6</b>	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	11,11%
<b>T7</b>	0,38	0,40	0,40	0,38	0,39	8,33%



**Şekil 5.6:** Modal kumaşların % kalınlık değerleri değişimi ölçüm sonuçları



**Şekil 5.7:** Tencel kumaşların % kalınlık değerleri değişimi ölçüm sonuçları

Modal kumaşların kalınlık değerleri karşılaştırıldığında 5. ve 7. Reçetelerin uygulandığı kumaşların diğer reçetelerin uygulandığı kumaşlara göre daha kalın olduğu görülmüştür.

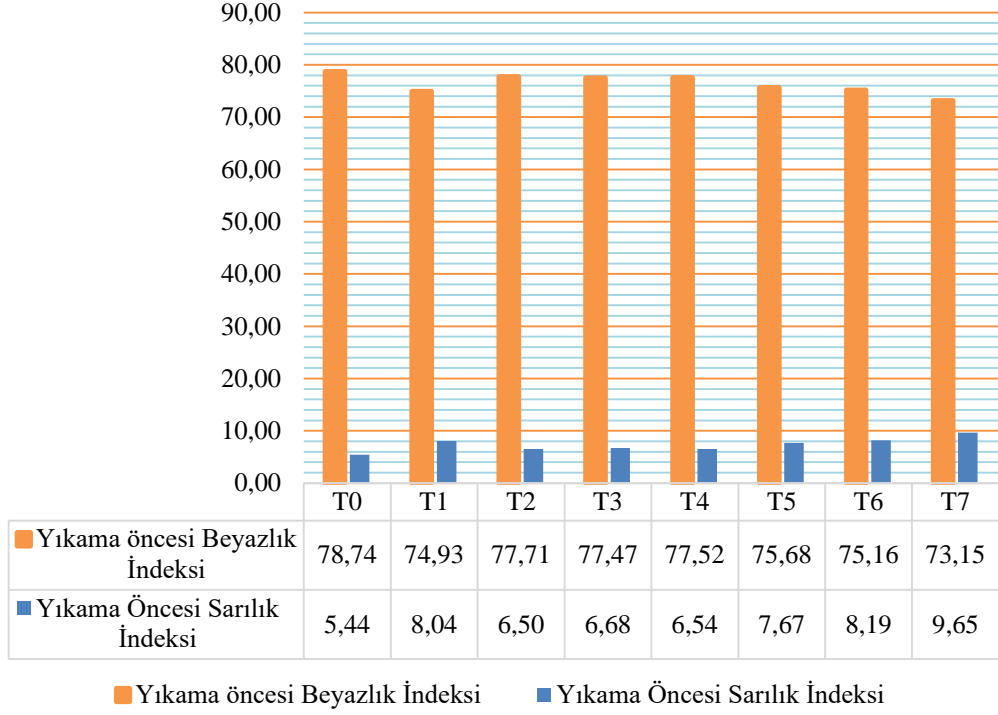
Tencel kumaşların kalınlık değerleri karşılaştırıldığında 3. 6. ve 7. reçetelerin uygulandığı kumaşların diğer reçetelerin uygulandığı kumaşlara göre daha kalın olduğu görülmüştür.

## 5.7 Beyazlık - Sarılık Değerlerine İlişkin Bulgular

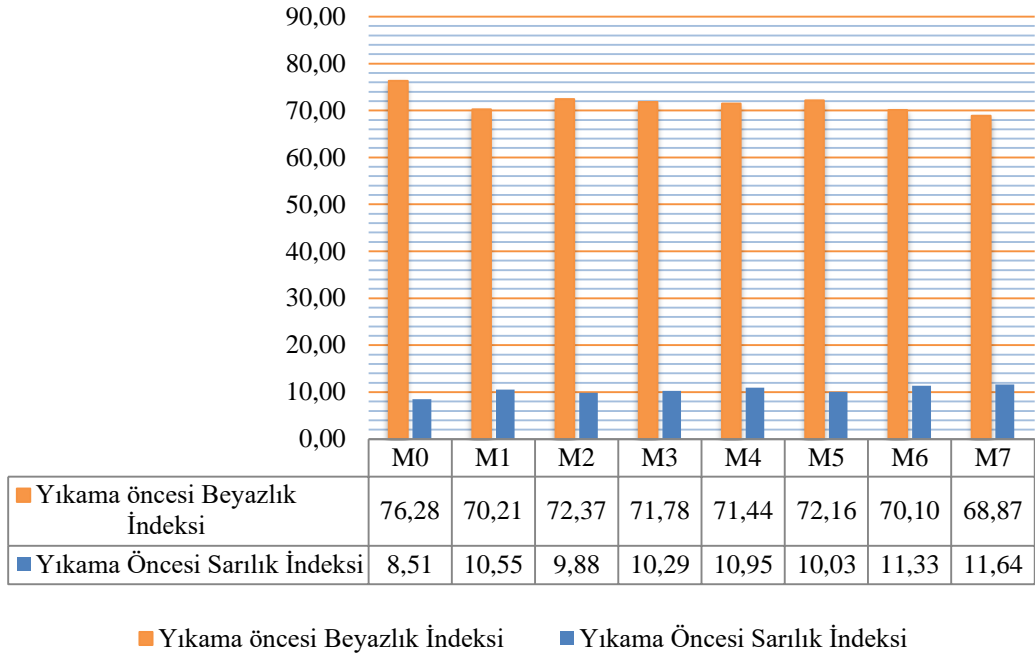
Siklodekstrin, sodyumhipofosfit, floroalkiloligosiloksan, BTCA ile işlem görmüş ve işlem görmemiş modal ve tencel kumaşlarda meydana gelen beyazlık-sarılık indeks değişimleri Tablo 5.14'te verilmiştir. Beyazlık-sarılık indeks grafikleri ise Şekil 5.8 ve Şekil 5.9'da verilmiştir.

**Tablo 5.14:** Beyazlık-Sarılık indeks değerleri

Kumaşlar	Sarılık İndeksi	Beyazlık İndeksi
<b>Modal İşlemsiz</b>	8,51	76,28
<b>M1</b>	10,95	70,21
<b>M2</b>	9,88	72,37
<b>M3</b>	10,29	71,78
<b>M4</b>	10,55	71,44
<b>M5</b>	10,03	72,16
<b>M6</b>	11,33	70,10
<b>M7</b>	11,64	68,87
<b>Tencel İşlemsiz</b>	5,44	78,74
<b>T1</b>	8,04	74,93
<b>T2</b>	6,50	77,71
<b>T3</b>	6,68	77,47
<b>T4</b>	6,54	77,52
<b>T5</b>	7,67	75,68
<b>T6</b>	8,19	75,16
<b>T7</b>	9,65	73,15



**Şekil 5.8:** Tencel Beyazlık-Sarılık İndeksi Değişim Grafiği



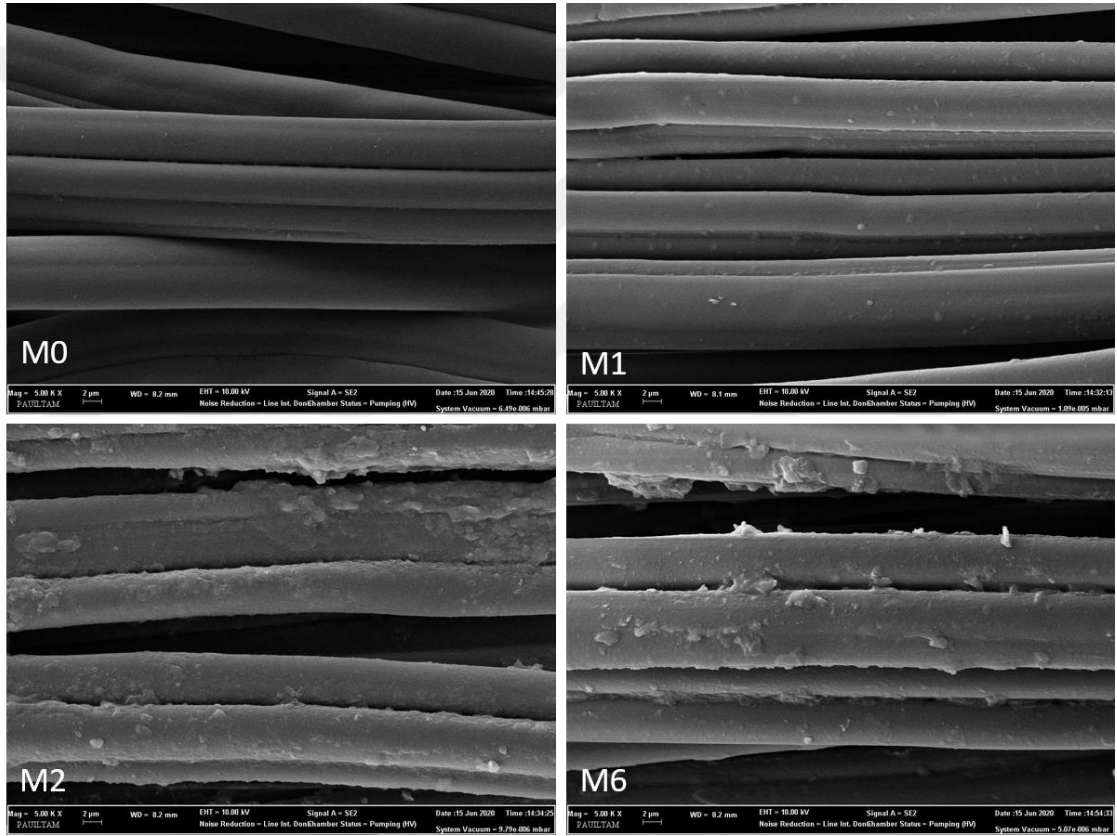
**Şekil 5.9:** Modal Beyazlık-Sarılık İndeksi Değişim Grafiği

Hem modal hem de tencel kumaşların kimyasal işlemler uygulandıktan sonra beyazlık ve sarılık indeks değerleri incelendiğinde, işlemsiz haldeki değerlerine göre

beyazlık indeksinde azalma sarılık indeksinde artma olduğu ve işlemsiz en yakın değerlerin 2 numaralı reçete uygulanan kumaşlarda elde edildiği görülmüştür.

## 5.8 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve EDX Analiz Sonuçları

Siklodekstrin, sodyumhipofosfit, floroalkiloligosiloksan, BTCA ile işlem görmüş ve işlem görmemiş kumaşlarda yapılan 5000x yakınlaştırmalı SEM analiz görüntüleri modal ve tencel kumaşlar için sırası ile Şekil 5.10 ve Şekil 5.11'de verilmiştir.



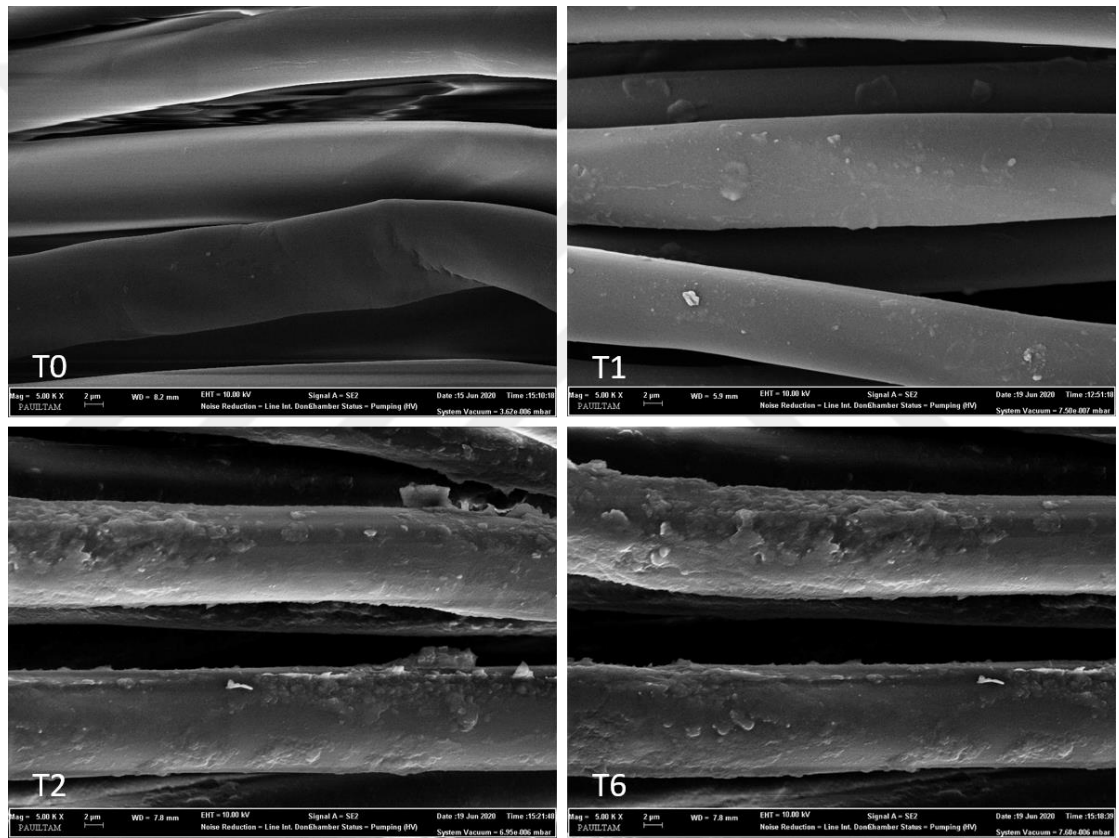
Şekil 5.10: Modal kumaşlar 5000x yakınlaştırmalı SEM görüntüleri

Modal kumaşlar için SEM görüntülerine bakıldığında işlemsiz kumaşa (M0) ait liflerin pürüzsüz ve düzgün bir yüzeye sahip olduğu görülmüştür. İşlem görmüş kumaşlara bakıldığında ise 1 numaralı reçetenin uygulandığı kumaş (M1) dışındaki, siklodekstrin içeren reçetelerin uygulandığı kumaşların (M2, M6) lif yüzeylerinde siklodekstrin partikülleri ve partiküllerin oluşturduğu kümeleşmeler gözlemlenmiştir.

Sadece birinci adımında floroalkiloligosiloksan uygulanan kumaşın (M1), SEM görüntüleri incelendiğinde, lif yüzeyinin işlem görmemiş kumaşa (M0) benzediği tespit edilmiştir.

BTCA çapraz bağlayıcısının uygulandığı kumaşta (M6) siklodekstrinlerin konuk-konak komplekslerini oluşturduğu ve yüzeye daha sağlam tutunduğu görülmüştür.

Kumaşlara ait ayrıntılı SEM görüntüleri EKLER bölümünün EK A kısmında verilmiştir.



Şekil 5.11: Tencel kumaşlar SEM görüntüleri

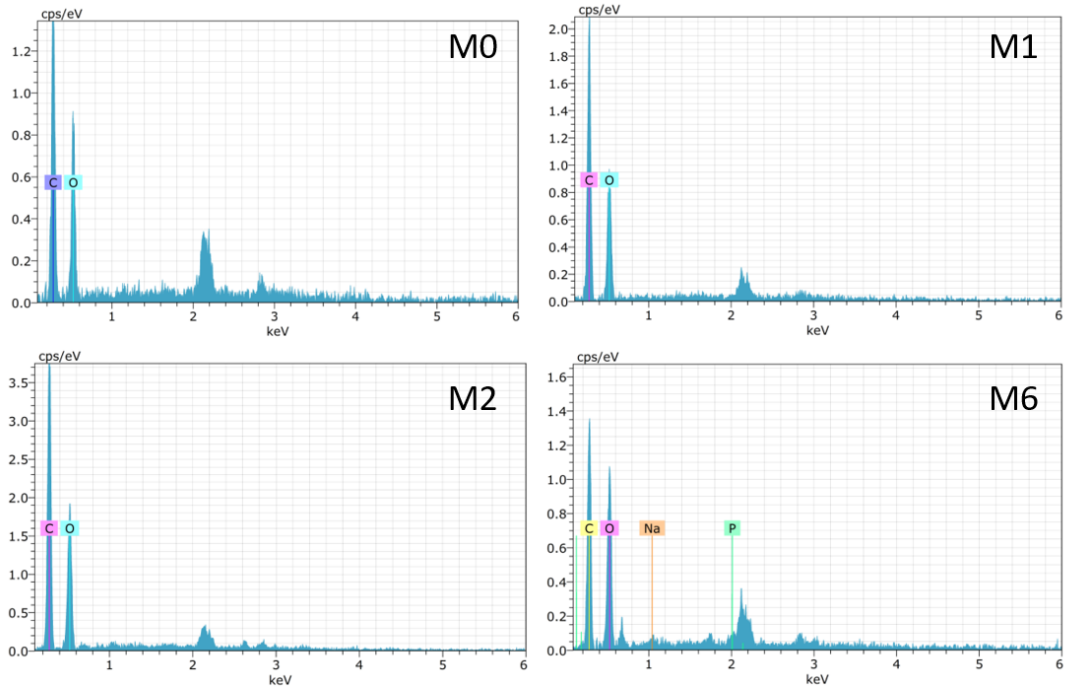
Tencel kumaşlar için SEM görüntülerine bakıldığında işlemsiz kumaşa (T0) ait liflerin pürüzsüz ve düzgün bir yüzeye sahip olduğu görülmüştür. İşlem görmüş kumaşlara bakıldığında ise 1 numaralı reçetenin uygulandığı kumaş (T1) dışındaki, siklodekstrin içeren reçetelerin uygulandığı kumaşların (T2, T6) lif yüzeylerinde siklodekstrin partikülleri ve partiküllerin oluşturduğu kümeleşmeler gözlemlenmiştir.

Sadece birinci adımında floroalkiloligosiloksan uygulanan kumaşın (T1), SEM görüntüleri incelendiğinde, lif yüzeyinin işlem görmemiş kumaşa (T0) benzediği tespit edilmiştir.

BTCA çapraz bağlayıcısının uygulandığı kumaşta (T6) siklodekstrinlerin konuk-konak komplekslerini oluşturduğu ve yüzeye daha sağlam tutunduğu görülmüştür.

Kumaşlara ait ayrıntılı SEM görüntüleri EKLER bölümünün EK A kısmında verilmiştir.

İşlem görmüş modal ve tencel kumaşların ve işlem görmemiş kumaşların EDX grafikleri Şekil 5.12 ve Şekil 5.13'te gösterilmiş ve element yüzdeleri Tablo 5.15 ve Tablo 5.16'da verilmiştir.



Şekil 5.12: Modal Kumaşların EDX grafikleri

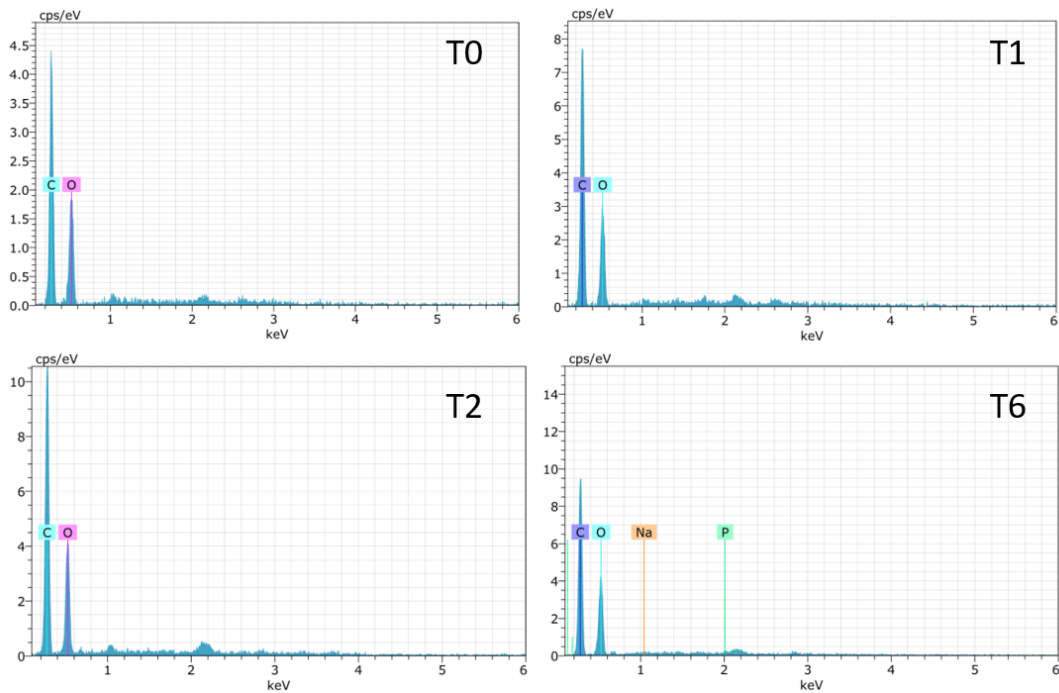
**Tablo 5.15:** Modal kumaşlardaki element yüzdeleri

	Elementler (atomik % değerleri)			
	C	O	P	Na
M0	50,26	49,74	-	-
M1	53,27	46,73	-	-
M2	52,82	47,18	-	-
M6	53,38	45,57	0,63	0,45

Bu sonuçlara (Şekil 5.12) göre işlemsiz kumaş (M0) ile diğer reçetelerin uygulandığı kumaşların (M1, M2, M6) EDX sonuçlarında element yüzdeleri karşılaştırıldığında, floroalkiloligosiloksanın kimyasal yapısından kaynaklı C elementinde artış, O elementinde de azalma gözlemlenmiştir.

BTCA çapraz bağlayıcı ve SHP katalizör kimyasallarını içeren kumaşın (M6) EDX grafiğine bakıldığında SHP kaynaklı Na ve P elementleri görülmüştür.

Kumaşlara ait ayrıntılı EDX grafikleri EKLER bölümünün EK B kısmında verilmiştir.



**Şekil 5.13:** Tencel kumaşların EDX grafikleri

**Tablo 5.16:** Tencel kumaşlardaki element yüzdeleri

	<b>Elementler (atomik % değerleri)</b>			
	<b>C</b>	<b>O</b>	<b>P</b>	<b>Na</b>
T0	53,43	46,57	-	-
T1	56,53	43,47	-	-
T2	56,15	43,85	-	-
T6	54,05	45,68	0,19	0,08

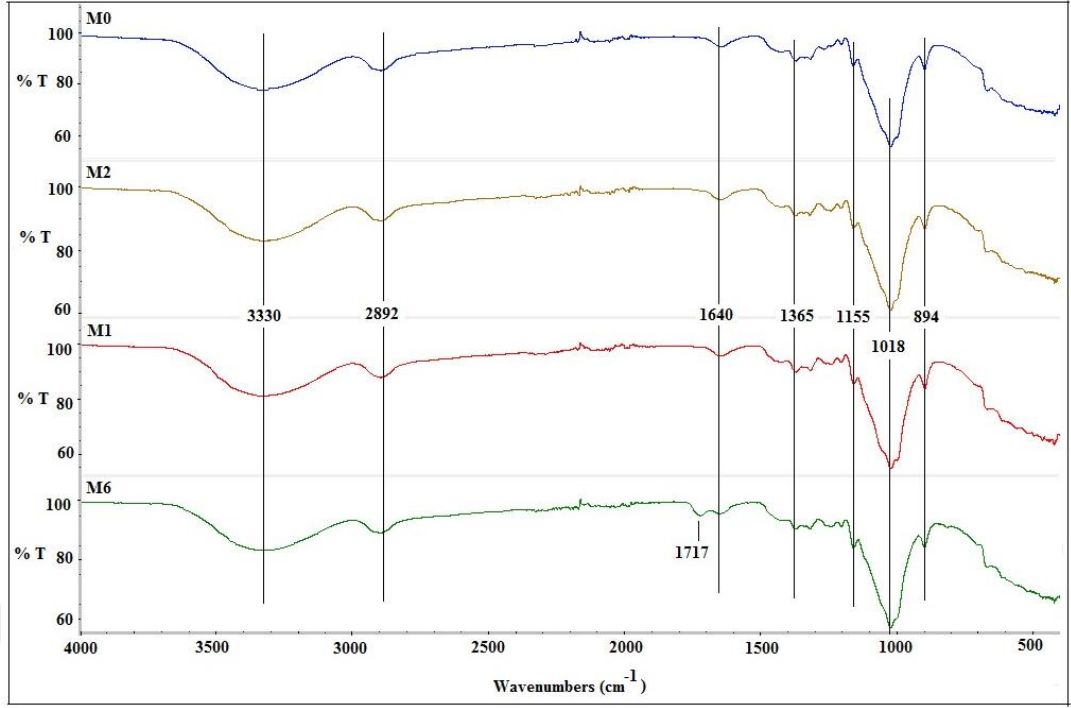
Bu sonuçlara (Şekil 5.13) göre işlemsiz kumaş (T0) ile diğer reçetelerin uygulandığı kumaşların (T1, T2, T6) EDX sonuçlarında element yüzdeleri karşılaştırıldığında floroalkiloligosiloksanın kimyasal yapısından kaynaklı C elementinde artış, O elementinde de azalma gözlemlenmiştir.

BTCA çapraz bağlayıcı ve SHP katalizör kimyasallarını içeren kumaşın (T6) EDX grafiğine bakıldığında SHP kaynaklı Na ve P elementleri görülmüştür.

Kumaşlara ait ayrıntılı EDX grafikleri EKLER bölümünün EK B kısmında verilmiştir.

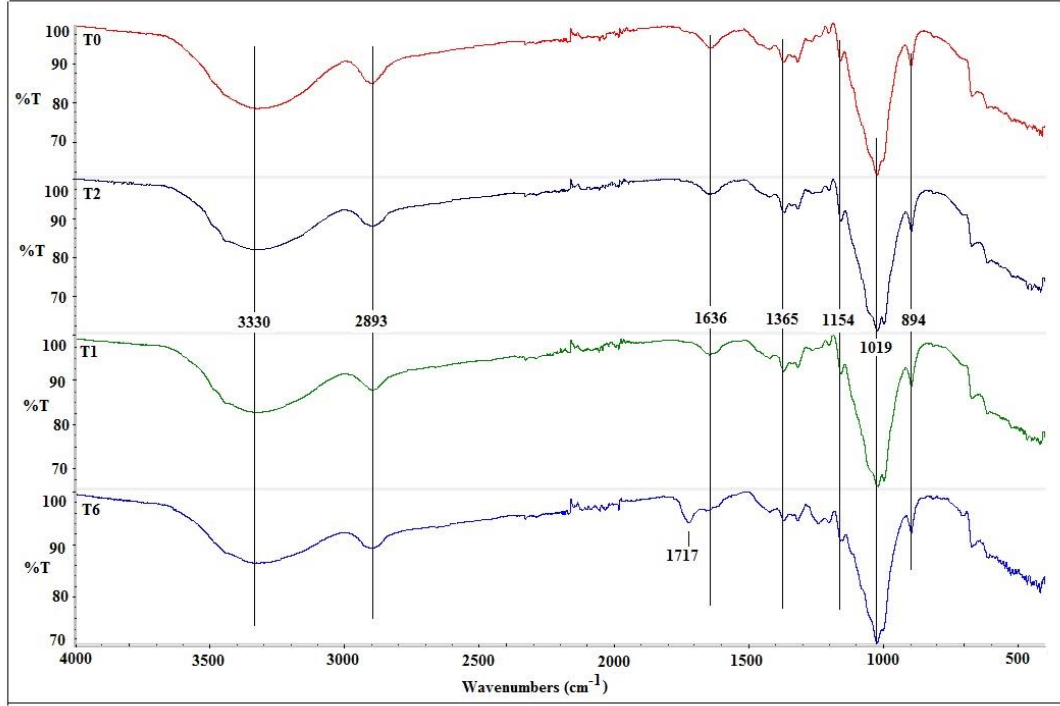
## **5.9 Fourier Dönüşümlü Infrared Spektroskopisi Analiz Sonuçları**

Siklodekstrin, sodyumhipofosfit, floroalkiloligosiloksan, BTCA ile işlem görmüş ve işlem görmemiş kumaşlarda yapılan Fourier dönüşümlü infrared spektroskopisi (FTIR) analiz sonuçları modal ve tencel kumaşlar için sırası ile Şekil 5.14 ve Şekil 5.15'te verilmiştir.



Şekil 5.14: Modal kumaşların Fourier dönüştümlü infrared spektroskopisi analiz sonuçları

Modal kumaşların FTIR grafiğine (Şekil 5.14) göre 1., 2., 6. reçeteleri ile işlem görmüş kumaşlarda ve işlem görmemiş kumaşta  $\sim 3300 \text{ cm}^{-1}$ ' deki pik O-H titreşimine (Baran ve diğ. 2019; Baran ve diğ. 2019),  $2892 \text{ cm}^{-1}$ ' deki pik C-H gerilme titreşimine,  $1640 \text{ cm}^{-1}$ ' deki pik O-H eğilme titreşimine,  $1155 \text{ cm}^{-1}$ ' deki pik C-O titreşimine,  $1018 \text{ cm}^{-1}$ ' deki pik C-O-C bağına,  $894 \text{ cm}^{-1}$ ' deki pik C-H bağına atfedilmiştir (Abdel-Halim ve diğ. 2011; Andrade ve diğ. 2014). 6. reçete ile işlem görmüş modal kumaşta ise  $1717 \text{ cm}^{-1}$  değerinde CO-OH (karboksil) bağından kaynaklanan değişimler görülmüştür. Bu değişimler BTCA ve sodyumhipofosfit kimyasallarının farkını ortaya koymuştur.



**Şekil 5.15:** Tencel kumaşların Fourier dönüşümlü infrared spektroskopisi analiz sonuçları

Tencel kumaşların FTIR grafiğine (Şekil 5.15) göre 1., 2., 6. reçeteleri ile işlem görmüş kumaşlarda ve işlem görmemiş kumaşta  $\sim 3300 \text{ cm}^{-1}$  'deki pik O-H titreşimine (Baran ve diğ. 2019; Baran ve diğ. 2019),  $2893 \text{ cm}^{-1}$  'deki pik C-H gerilme titreşimine,  $1636 \text{ cm}^{-1}$  'deki pik O-H eğilme titreşimine,  $1154 \text{ cm}^{-1}$  'deki pik C-O titreşimine,  $1019 \text{ cm}^{-1}$  'deki pik C-O-C bağına,  $894 \text{ cm}^{-1}$  'deki pik C-H atfedilmiştir (Abdel-Halim ve diğ. 2011; Andrade ve diğ. 2014). 6. reçete ile işlem görmüş tencel kumaşta ise  $1717 \text{ cm}^{-1}$  değerinde CO-OH (karboksil) bağından kaynaklanan değişimler görülmüştür. Bu değişimler BTCA ve sodyumhipofosfit kimyasallarının farkını ortaya koymuştur.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında farklı kumaş türlerinde su ve yağ iticilik performans özelliklerinin siklodekstrin kullanımı ile geliştirilmesi üzerine çalışma yapılmıştır. Farklı kumaşlar olarak selülozik esaslı modal ve tencel kumaşlar kullanılmıştır. Bu kumaşlar üzerine 7 farklı işlem reçetesi hazırlanmıştır. Bu reçetelerden 3 tanesi iki adımlı olarak diğer reçeteler ise tek adımlı olarak uygulanmıştır. Bu reçetelerde floroalkiloligosiloksan, siklodekstrin, BTCA ve SHP kimyasalları farklı kombinasyonlar ve konsantrasyonlar ile hazırlanmıştır. Uygulanan reçetelerin kumaşların diğer performans özelliklerine (yüzde ağırlık değişimleri, kopma mukavemeti ve kopma uzaması, patlama mukavemeti, eğilme uzunluğu ve eğilme rijitliği, kumaş kalınlık değerleri ve beyazlık-sarılık değerleri) olan etkileri karşılaştırılarak incelenmiştir. Ayrıca uygulanan reçetelerin lif yüzeyindeki kümeleşmeleri Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Enerji Dispersiv X-Işını analizi (EDX) aracılığıyla incelenmiştir. Fourier Dönüşümlü Infrared Spektroskopisi (FTIR) ile karakterizasyon analizleri yapılmıştır.

Yapılan bitim işlemleri sonucunda modal kumaşlar üzerinde su ve yağ iticilik performanslarına bakıldığında, yıkama öncesi tüm kumaşların sprej test ve 3M test metodlarına göre su iticilik özelliğini kazandığı görülmüştür. Bir yıkama sonrası ve beş yıkama sonrasında modal kumaşların sprej test değerlerine göre su iticilik performanslarını yüksek oranda koruduğu tespit edilmiştir. 3M test değerlerine göre beş yıkama sonundaki performans değerleri bir yıkama sonundaki performans değerlerine göre kayıplar gözlemlenmiştir. On yıkama sonunda, su iticilik performans değerleri incelendiğinde sprej test ve 3M test sonuçlarına göre siklodekstrinin BTCA çapraz bağlayıcısı ile birlikte kullanılmasının yanısıra SHP katalizörünün ilave edilmesi sonucunda su iticilik performansını hala koruduğu görülmüştür. Modal kumaşların yağ iticilik performans özellikleri incelendiğinde siklodekstrinin BTCA çapraz bağlayıcı ve SHP katalizörü ile birlikte kullanıldığı kumaş numunelerinin yağ iticilik özelliklerini on yıkama sonuna kadar büyük ölçüde

koruduğu gözlenmiştir. İki adımlı reçetelerin uyguladığı modal kumaşların sprey test sonuçları incelendiğinde tek adımlı reçetelere göre performansının on yıkama sonunda dahi daha yüksek olduğu görülmüştür.

Yapılan bitim işlemleri sonucunda tencel kumaşlar üzerinde su ve yağ iticilik performanslarına bakıldığında, yıkama öncesi tüm kumaşların sprey test ve 3M test metotlarına göre su iticilik özelliğini kazandığı görülmüştür. Bir yıkama sonrası ve beş yıkama sonrasında tencel kumaşların sprey test değerlerine göre su iticilik performanslarını yüksek oranda koruduğu tespit edilmiştir. 3M test değerlerine göre beş yıkama sonundaki performans değerleri bir yıkama sonundaki performans değerlerine göre kayıplar gözlemlenmiştir. On yıkama sonunda, su iticilik performans değerleri incelendiğinde sprey test sonuçlarına göre ayırıcı bir fark gözlenmemiştir. Fakat 3M test sonuçlarına göre siklodekstrinin BTCA çapraz bağlayıcısı ile birlikte kullanılmasının yanısıra SHP katalizörünün ilave edilmesi sonucunda su iticilik performansını hala koruduğu görülmüştür. Tencel kumaşların yağ iticilik performans özellikleri incelendiğinde siklodekstrinin BTCA çapraz bağlayıcı ve SHP katalizörü ile birlikte kullanıldığı kumaş numunelerinin yağ iticilik özelliklerini on yıkama sonuna kadar büyük ölçüde koruduğu gözlenmiştir. İki adımlı reçetelerin uygulandığı tencel kumaşların sprey test sonuçları incelendiğinde tek adımlı reçetelere göre performansının on yıkama sonunda dahi daha yüksek olduğu görülmüştür.

Uygulanan kimyasal işlemler sonrasında siklodekstrin ve floroalkiloligosiloksanın meydana getirdiği inklüzyon kompleksleri ve BTCA çapraz bağlayıcı ile kumaşa bağlanmalarının sağlanmasına paralel olarak modal kumaşlarda %19,8 ile %47,2 arasında, tencel kumaşlarda ise %19,1 ile %43,2 arasında değişen oranlarda ağırlık artışı görülmüştür.

Numune kumaşlara uygulanan bitim işlemlerinin, modal ve tencel kumaşların kopma mukavemetini artırdığı, kopma uzaması değerlerini ise genel olarak düşürdüğu gözlenmiştir. Sadece floroalkiloligosiloksan kimyasalı uygulanmış numune kumaşların kopma mukavemeti ve uzama değerlerinde önemli sayılabilecek bir fark gözlemlenmezken, siklodekstrin kimyasalının bulunduğu reçetelerin uygulandığı numune kumaşların kopma mukavemeti değerlerinde artma görülmüştür. Bu artışın sebebi modal ve tencel kumaşların fazla uç gruba sahip

olması sayesinde daha kolay reaksiyon verebilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Uygulanan kimyasal işlemler sonrasında modal ve tencel kumaşların patlama mukavemet değerlerinin azaldığı gözlenmiştir. BTCA çapraz bağlayıcının kumaşların patlama mukavemetini olumsuz etkilediği görülmüştür. Uygulanan bitim işlemlerinin tek adım ve iki adımlı olarak uygulanmasının patlama mukavemetine etkisinin olmadığı düşünülmektedir.

Uygulanan bitim işlemleri sonrası modal ve tencel kumaşların genel eğilme rijitlik değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir. Siklodekstrin kimyasalının kullanılmadığı reçetelerde rijitlik performansının en yüksek olmasından dolayı siklodekstrinin rijitliği azalttığı açıkça görülmüştür.

Yapılan bitim işlemlerinin modal ve tencel kumaşlar üzerinde kaplama etkisi gösterdiği ve özellikle siklodekstrin ile BTCA kullanımından dolayı modal kumaşlarda inklüzyon komplekslerinin etkisi ile kalınlık değerlerinde belirgin bir artış olduğu gözlenmiştir.

Yapılan kimyasal işlemler sonrası modal ve tencel kumaşlarda, işlemsiz kumaşlara göre beyazlık indisinin değerlerinin düştüğü, sarılık indisi değerlerinin arttığı gözlenmiştir.

SEM analizi ile işlemsiz ve bitim işlemleri uygulanan modal ve tencel liflerinin yüzey görünüşleri incelenmiştir. Yalnızca floroalkiloligosiloksanın uygulandığı kumaşların SEM görüntülerinde, kumaşların lif yüzeylerinde bulunan nanopartiküllerin seyrek yoğunlukta tutunduğu görülmüştür. Yalnızca siklodekstrinin uygulandığı kumaşların SEM görüntülerinde de, kumaşların lif yüzeylerinde bulunan nanopartiküllerin seyrek yoğunlukta tutunduğu görülmüştür. Siklodekstrinin BTCA çapraz bağlayıcısı ve SHP katalizörü ile birlikte kullanıldığı kumaşların SEM görüntülerinde ise lif yüzeyine tutunan nanopartikül yoğunlukları çok daha sık ve homojen olarak gözlenmiştir. BTCA çapraz bağlayıcısı ile siklodekstrin nanopartiküllerin çok daha fazla ve çok daha sağlam inklüzyon kompleksleri oluşturduğu SEM görüntülerinde açıkça görülmüştür.

EDX analizi ile işlem görmemiş modal ve tencel kumaşlar ile bitim işlemleri uygulanan modal ve tencel kumaşların element içerikleri (%) belirlenmiştir. İşlemsiz kumaşlarda yalnızca C ve O elementleri bulunurken bitim işlemlerinde floroalkiloligosiloksan kullanılan kumaşlarda C elementin yüzdesel olarak arttığı, O elementinin ise yüzdesel olarak azaldığı görülmüştür. SHP katalizörünün kullanıldığı kumaşlarda ise C ve O elementlerine ilave olarak Na ve P elementleri de tespit edilmiştir.

Bitim işlemleri sonucunda modal ve tencel kumaşların FTIR analizlerine bakıldığında en belirgin fark BTCA kimyasalının oluşturduğu CO-OH (karboksil) bağı olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak yıkama dayanımı yüksek bir su ve yağ iticilik performansının oluşturulması için floroalkiloligosiloksan kimyasalının tek başına kullanılmasının yeterli olmadığı anlaşılmıştır. Floroalkiloligosiloksanın siklodekstrin, BTCA çapraz bağlayıcısı ve SHP katalizörü ile birlikte kumaş yüzeylerine uygulanmasıyla su ve yağ iticilik performanslarını iyileştirdiği ve on yıkamaya kadar dayanımlarını koruduğu tespit edilmiştir. Bu performanslar kendi içerisinde incelendiğinde iki adımlı olarak uygulanan reçetelerin tek adımlı reçetelere göre daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Tencel ve modal kumaşlara uygulanan bu bitim apresinin yıkama dayanımı yüksek su ve yağ itici performans özellikleri sayesinde dış giyim, ev tekstili ve tekstil endüstrisinin diğer alanlarında kullanılabileceği önerilebilmektedir.

## 7. KAYNAKLAR

Abdel-Halim, E. S., Abdel-Mohdy, F. A., Fouda, M. M. G., El-Sawy, S. M., Hamdy, I. A. and Al-Deyab, S. S., “Antimicrobial activity of monochlorotriazinyl- $\beta$ -cyclodextrin/chlorohexidin diacetate finished cotton fabrics”, *Carbohydrate Polymers*, 86(3), 1389–1394, doi:10.1016/j.carbpol.2011.06.039, (2011).

Abdel-Halim, E.S., Al-Deyab, S. S. and Alfaifi A. Y.A., “Cotton fabric finished with  $\beta$ -cyclodextrin: Inclusion ability toward antimicrobial agent”, *Carbohydrate Polymers*, 102, 550-556, (2014).

Akalın, M., “Tekstilde Bitim İşlemleri”, *Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tekstil Eğitimi Bölümü*, İstanbul, (1994).

Akçakoca, E. P. ve Atav, R., “Siklodekstrinlerin inklüzyon kompleksleri”, *Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi Yayınları*, 16(2), 94–99, (2006).

Andrade, P. F., de Faria, A. F., da Silva, D. S., Bonacin, J. A. and Gonçalves, M. do C., “Structural and morphological investigations of  $\beta$ -cyclodextrin-coated silver nanoparticles”, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 118, 289–297, doi:10.1016/j.colsurfb.2014.03.032, (2014).

Baran, M., F., Saydut, A. ve Umaz, A., “Gümüş nanomalzeme sentezi ve antimikrobiyal uygulamaları”, *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 10, 689-695, (2019).

Baran, M., F., Acay, H., Keskin, C., Aygün, H. ve Yıldırım, A., “Çörek otu bitkisi (*nigella sativa* l.) özütü kullanılarak TiO<sub>2</sub> NP’lerin sentezi ve antimikrobiyal özelliklerinin belirlenmesi”, *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*, 7, 69-75, (2019).

Bhattacharya, S. S. and Ajmeri, J. R., , Air permeability of knitted fabrics made from regenerated cellulosic fibres, *IJERD*, 10(7), 16-22, 2014.

Bozaci, E., Arık, B., Demir, A., Özdoğan, E., Gülümser, T. and Seventekin, N., “The combination of atmospheric plasma and chemical treatments for antibacterial finish on cotton”, *Tekstil ve Mühendis*, 24(106), 72–77, doi:10.7216/1300759920172410603, (2017).

Budak, H. E., “Ev Tipi amaşır Makinelerinde Su İtıcılık Sağlayan Apre Uygulamaları”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 13-14,(2019).

Çelebi, N., “Siklodekstrinler, özellikleri, hazırlama yöntemleri ve klatrat bileşikleri”, *FABAD Farm. Bilm. Der.*, 12, 5–15, (1987).

Dayıoğlu, H., ve Karakaş, H. C., Elyaf Bilgisi, *Ajans Plaza Tanıtım ve İletişim Hizmetleri Ltd. Şti.*, İstanbul, (2007).

Del Valle and E. M. M., “Cyclodextrins and their uses: a review”, *Process Biochemistry*, 39(9), 1033–1046, doi:10.1016/S0032-9592(03)00258-9, (2004).

Dirgar, E., The performance properties of the fabrics produced from cuproand some other regenerated cellulose fibers, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 27(2), (2017).

Eastburn, S. D. and TAO, B. Y., “Applications of modified cyclodextrins”, *Biotechnol Adv*, 12, 325-339,(1994).

Gençer, S. A., “RTV-2 Tipi Silikonların Tekstil Yüzeylerinin Performansını Artırmada Apre Malzemesi Olarak Kullanım Olanaklarının Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kahramanmaraş, 49-50, (2019).

Grottenmüller, R., “Tekstil Yüzeylerinin Terbiyesi İçin Yenilikçi Bir Yardımcı Madde-Florkarbonlar”, *Melliand Türkiye*, 1, (1999).

Ivanova, N.A. and Zaretskaya, A.K., “Simple treatment of cotton textile to impart high water repellent properties”, *Applied Surface Science*, 257, 1800–1803,(2010).

Javazmi, L., Khoddami, A., Mazrouei-Sebdani, Z., Shams-Ghahfarokhi, F. and Low, T., “Fabrication of a silica aerogel and examination of its hydrophobic properties via contact angle and 3M water repellency tests”, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics (IOP) Publishing, 137-141, ( 2017).

Korkmaz, N. E., “Organik Pamuk Boyanma Özelliklerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 56, (2011).

Lacasse K. and Baumann W.,. “Textile Chemicals”, Environmental Data and Facts, *Springer*, Newyork, (2004).

Lo Nostro, P., Fratoni, L. and Baglioni, P., “Modification of a cellulosic fabric with  $\beta$ -cyclodextrin for textile finishing applications”, *Journal of*

*Inclusion Phenomena*, 44(1–4), 423–427, doi:10.1023/A:1023071920033, (2002).

Lomax, G.R., “Breathable waterproof fabrics”, *Textiles*, 4,12, (1991).

Setthayanond J., Sodsangchan C., Suwanruji P., Tooptompong P. and Avinc O., “Influence of mct- $\beta$ -cyclodextrin treatment on strength, reactive dyeing and third-hand cigarette smoke odor release properties of cotton fabric”, *Cellulose*, 24, 5233–5250, doi:10.1007/s10570-017-1467-7, (2017).

Simoncic, B., Hadzic, S., Vasiljevic, J., Cerne, L., Tomsic, B., Jerman, I., Orel, B. and Medved, J., “Tailoring of multifunctional cellulose fibres with “lotus effect” and flame retardant properties ”, *Cellulose*, 21:595–605, doi: 10.1007/s10570-013-0103-4, (2014).

Singh, M., Sharma, R. and Banerjee, U.C., “Biotechnological applications of cyclodextrins”, *Biotechnology Advances*, 20 (5-6), 341-359. (2002).

Szejtli, L., “Cyclodextrin technology”, *Kluwer*, Dordecht, 415–431, (1988).

Szejtli, J., “Downstream processing using cyclodextrins”, *Trends in Biotechnology*, 7 (7), 170-174,(1989).

Szejtli, J., “Introduction and General Overview of Cyclodextrin Chemistry”, *Chem. Rev.*, 98 (5), 1743-1754, (1998).

Szejtli, J., “Cyclodextrins in the textile industry”, *Starch/Staerke*, 55(5), 191–196, doi:10.1002/star.200390050, (2003).

Szejtli, J., “Past, present and future of cyclodextrin research”, *Pure and Applied Chemistry*, 76(10), 1825–1845, doi:10.1351/pac200476101825, (2004).

Szejtli, J., “Cyclodextrin complexed generic drugs are generally not bio-equivalent with the reference products: therefore the increase in number of marketed drug/cyclodextrin formulations is so slow”, *Journal of Inclusion Phenomena*, 52(1), 1–11, doi:10.1007/s10847-004-7161-z, (2005).

Szejtli, J., *Cyclodextrin Technology*. 53(9), Budapest: Springer-Science+Business Media, B.V.,1-450, doi:10.1017/CBO9781107415324.004, (2013).

Starnes, R. L., “Industrial potential of cyclodextrin glycosyltransferases”, *Cereal Food World*, 35 (11),1094-1099,(1990).

Şengöz, N. G. ve Öztanır, İ., “Siklodekstrinler ve tekstil uygulamaları”, *Tekstil ve Mühendis*, (73–74), 21–35, (2016).

Tyrone L. V., “Textile Processing and Properties: Preparation, Dyeing, Finishing, And Performance”, *Elsevier Science B.V.*, Netherlands (1994).

Van der veen B. A., Uitdehaag J. C., Dijkstra B. W. and Dijkhuizen L., “Engineering of cyclodextrin glycosyltransferase reaction and product specificity”, *Biochim Biophys Acta*, 1543 (2), 336-360, (2000).

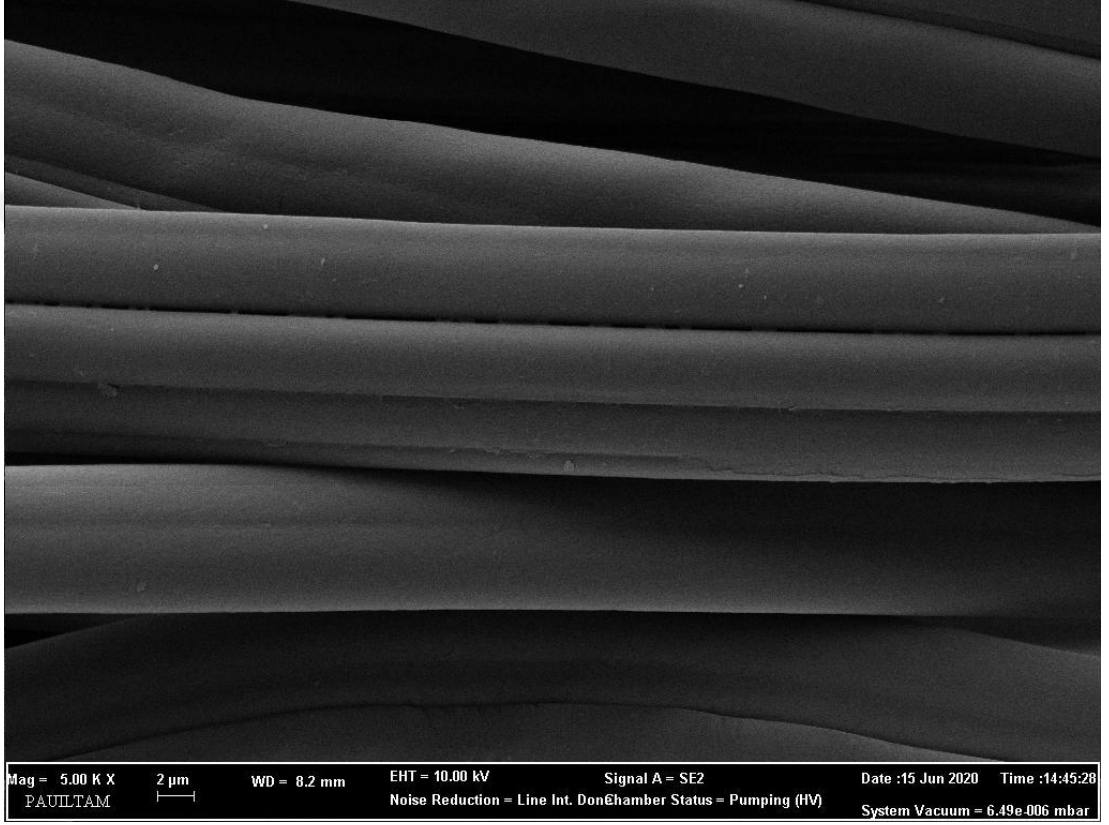
Vasiljevic, J., Gorjanc, M., Tomsic, B., Orel B., Jerman, I., Mozetic, M., Vesel, A. and Simoncic, B., “ The surface modification of cellulose fibres to create super-hydrophobic, oleophobic and self-cleaning properties”, *Cellulose*, 20:277–289, doi:10.1007/s10570-012-9812-3, (2013).

Yakartepe, M. ve Yakartepe, Z., “Tekstil Terbiye Teknolojisi Kasardan-Apreye”, *Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Merkezi*, İstanbul, 290, (1995).

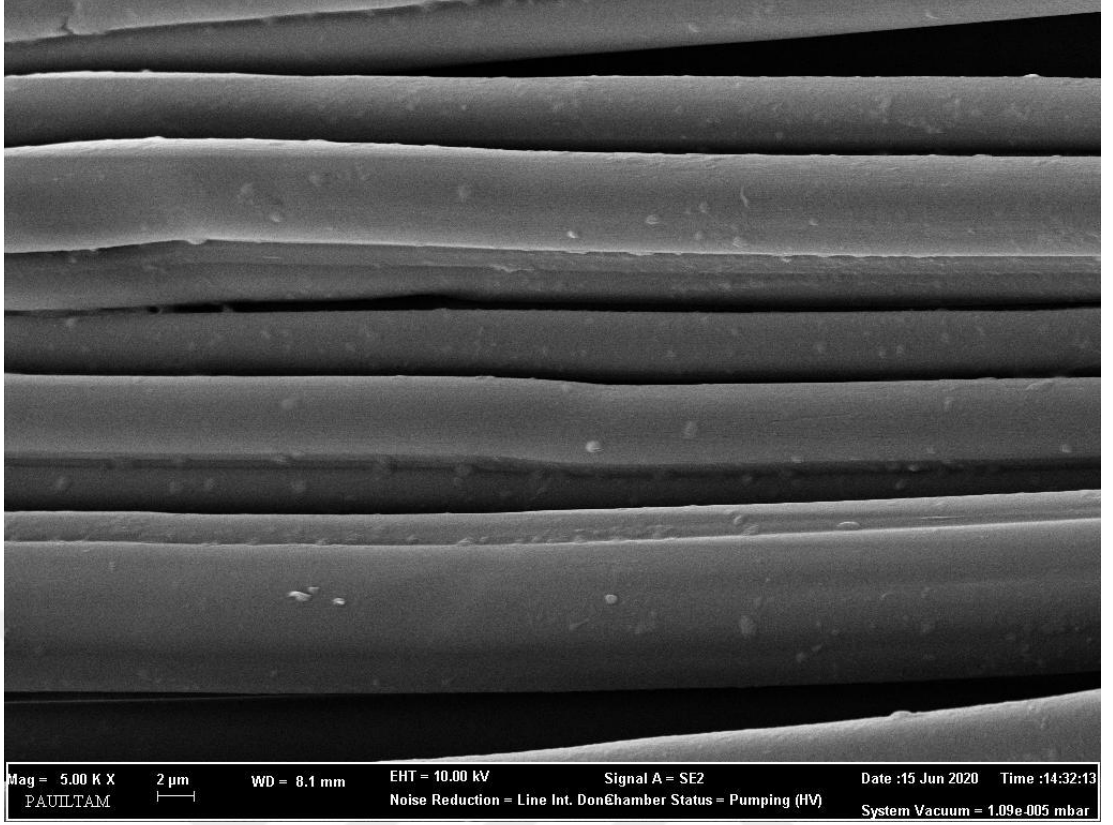
Wang, J. H. and Cai, Z., “Incorporation of the antibacterial agent, miconazole nitrate into a cellulosic fabric grafted with  $\beta$ -cyclodextrin”, *Carbohydrate Polymers*, 72(4), 695–700, doi:10.1016/j.carbpol.2007.10.019, (2008).

## 8. EKLER

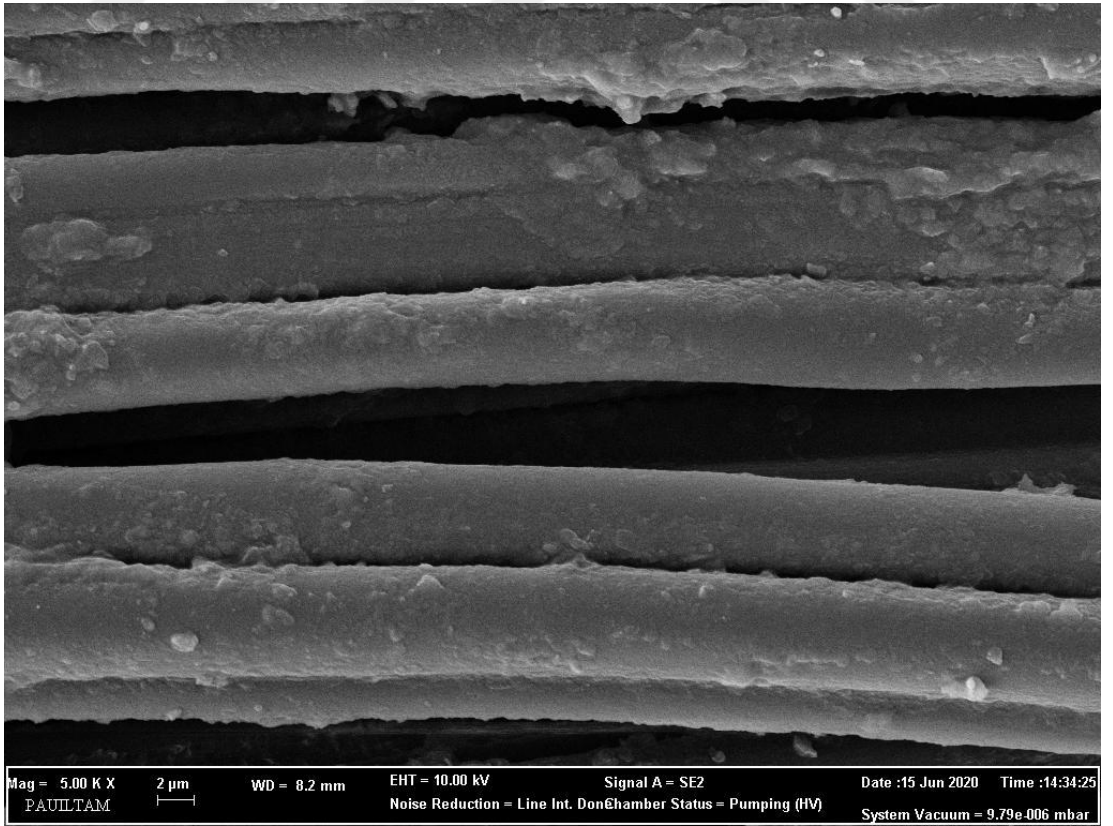
### EK A SEM Görüntüleri



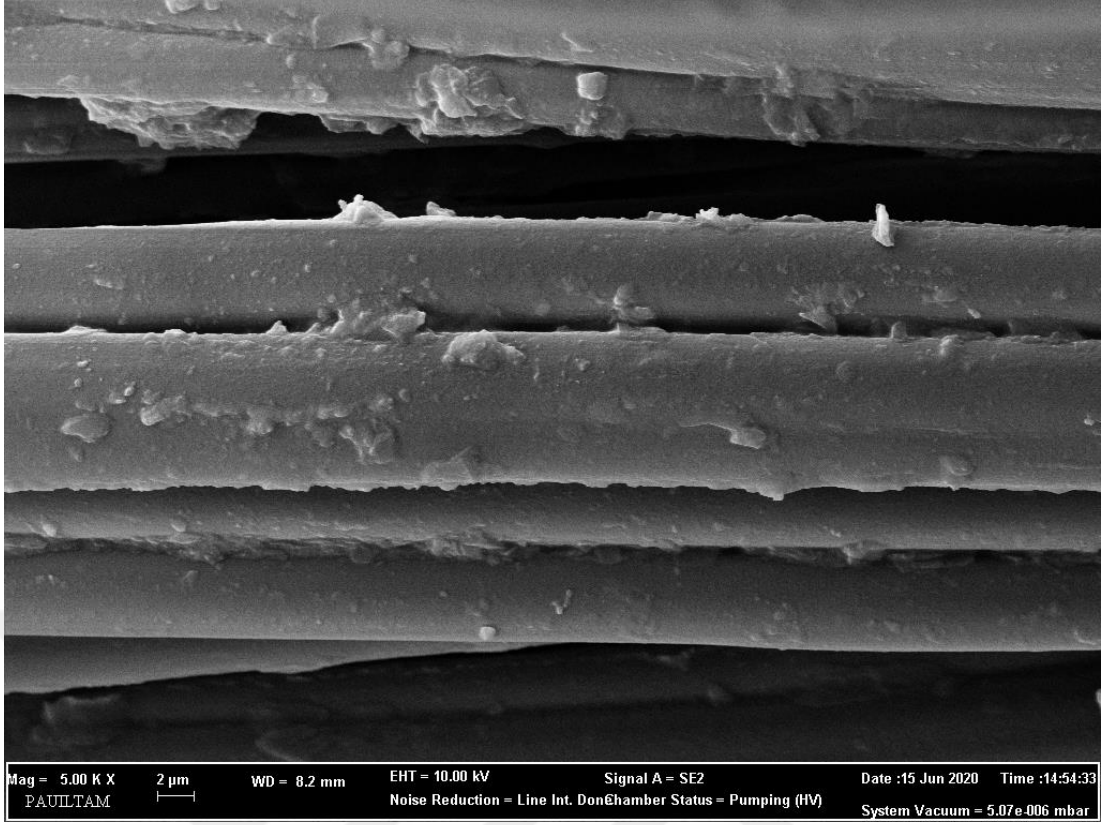
Şekil 8.1: Modal işlemsiz kumaş 5000x SEM görüntüsü



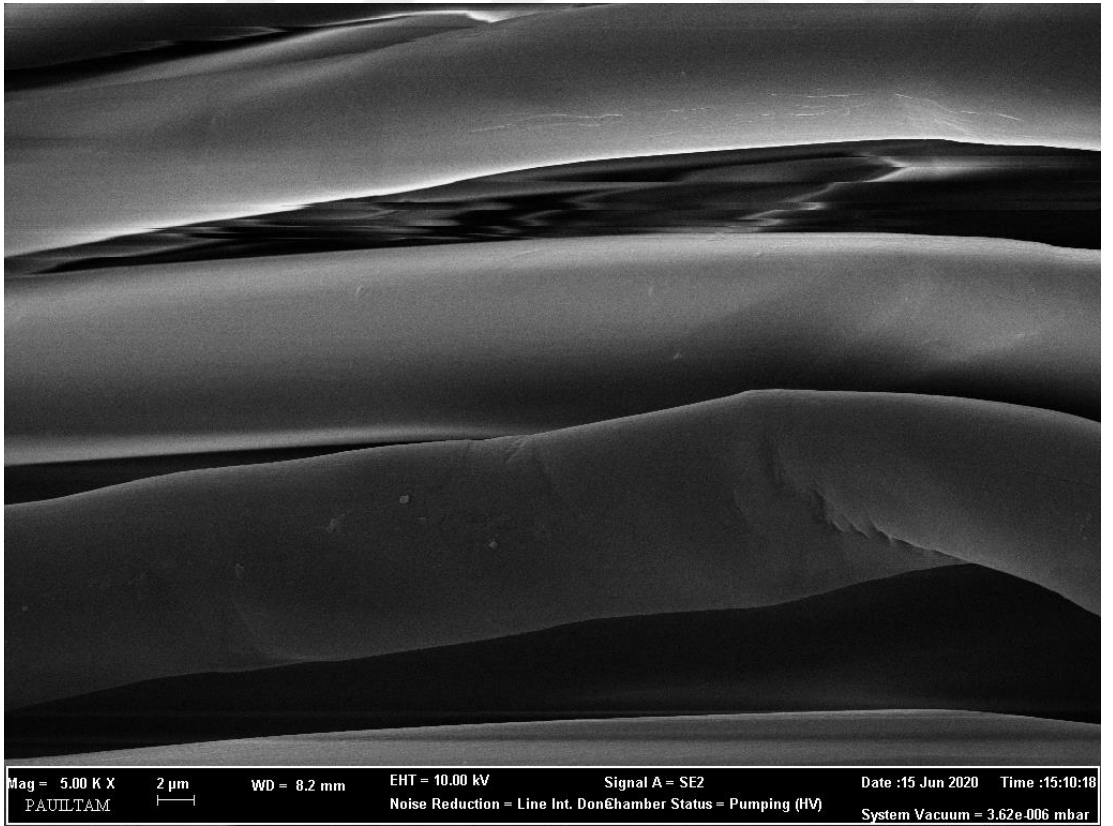
Şekil 8.2: Modal kumaş 1. reçete 5000x SEM görüntüsü



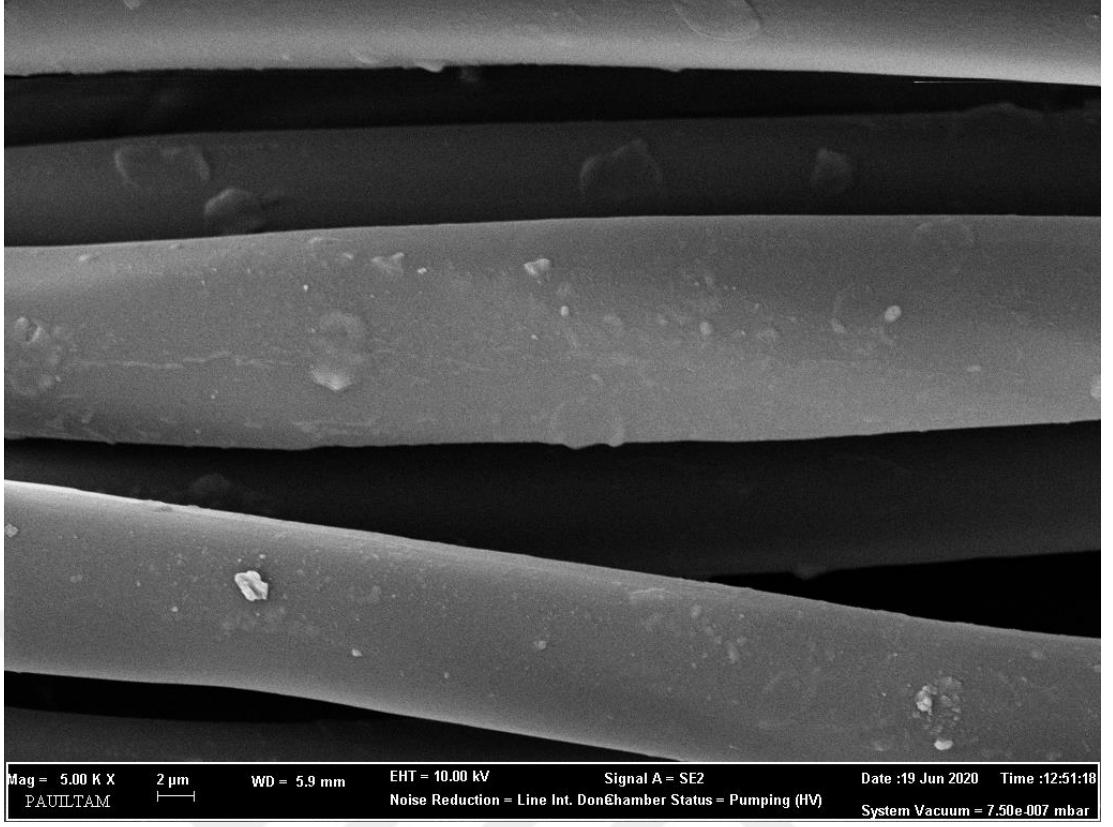
Şekil 8.3: Modal kumaş 2. reçete 5000x SEM görüntüsü



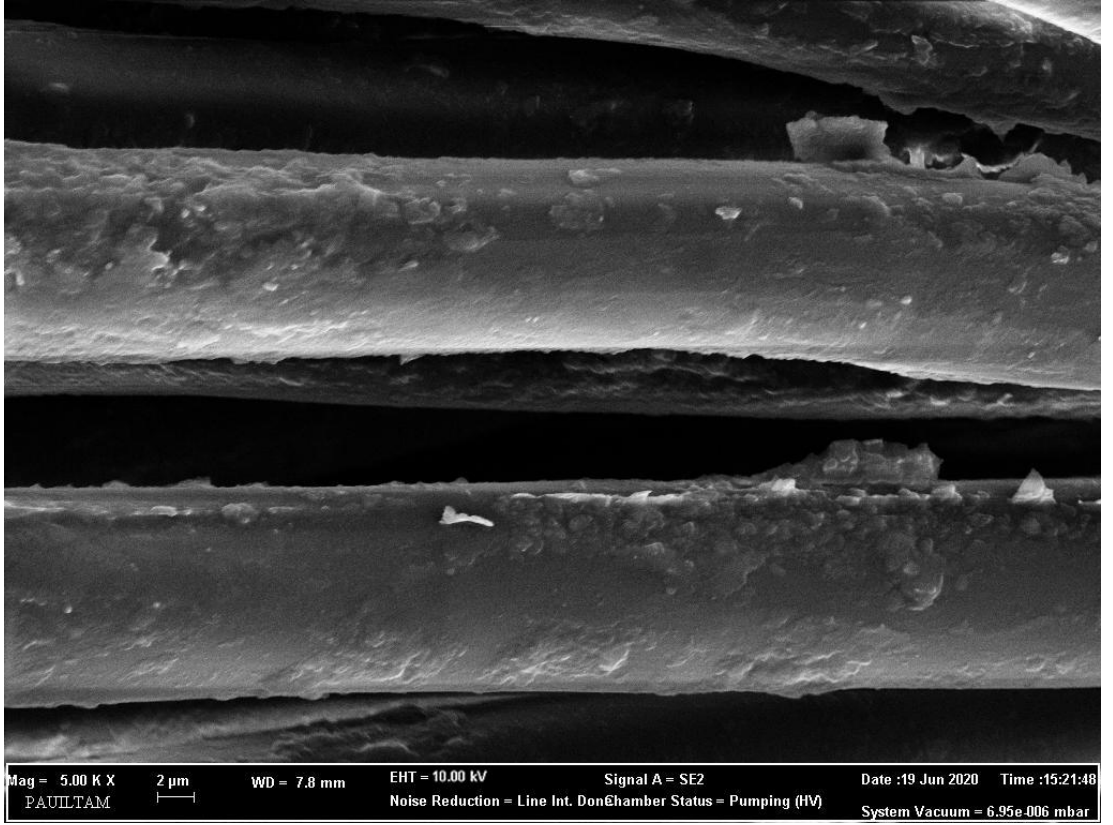
Şekil 8.4: Modal kumaş 6. reçete 5000x SEM görüntüsü



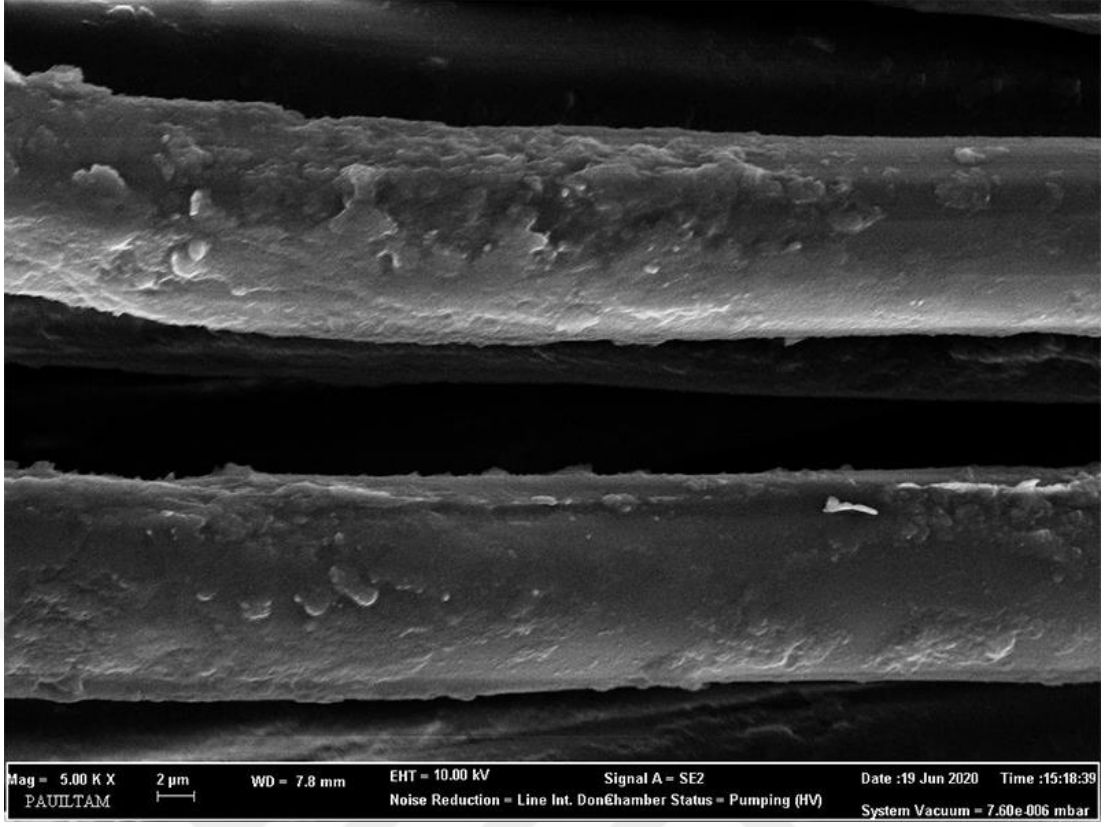
Şekil 8.5: Modal işlemsiz kumaş 5000x SEM görüntüsü



Şekil 8.6: Tencel kumaş 1. reçete 5000x SEM görüntüsü

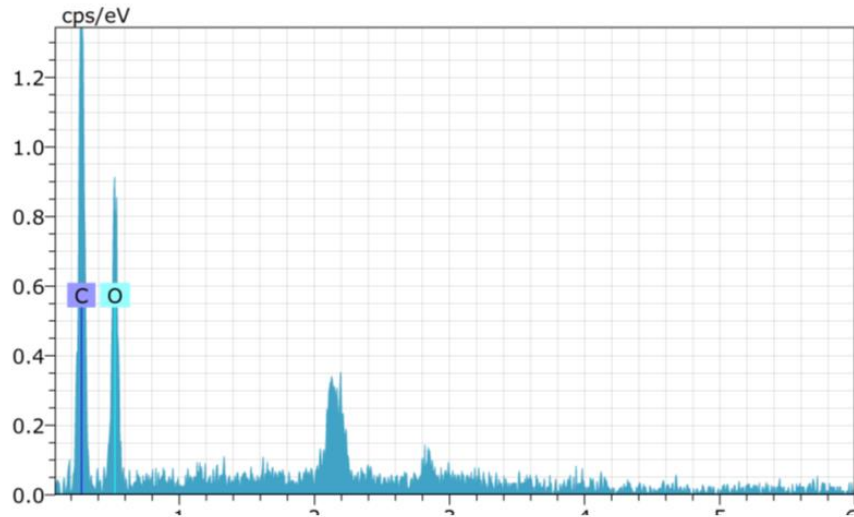


Şekil 8.7: Tencel kumaş 2. reçete 5000x SEM görüntüsü



Şekil 8.8: Tencel kumaş 6. reçete 5000x SEM görüntüsü

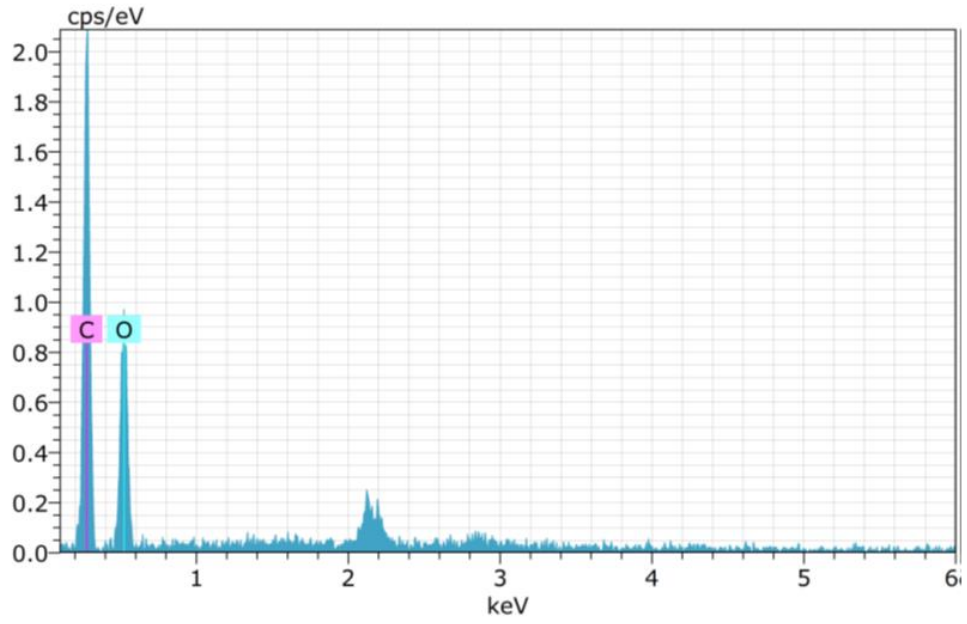
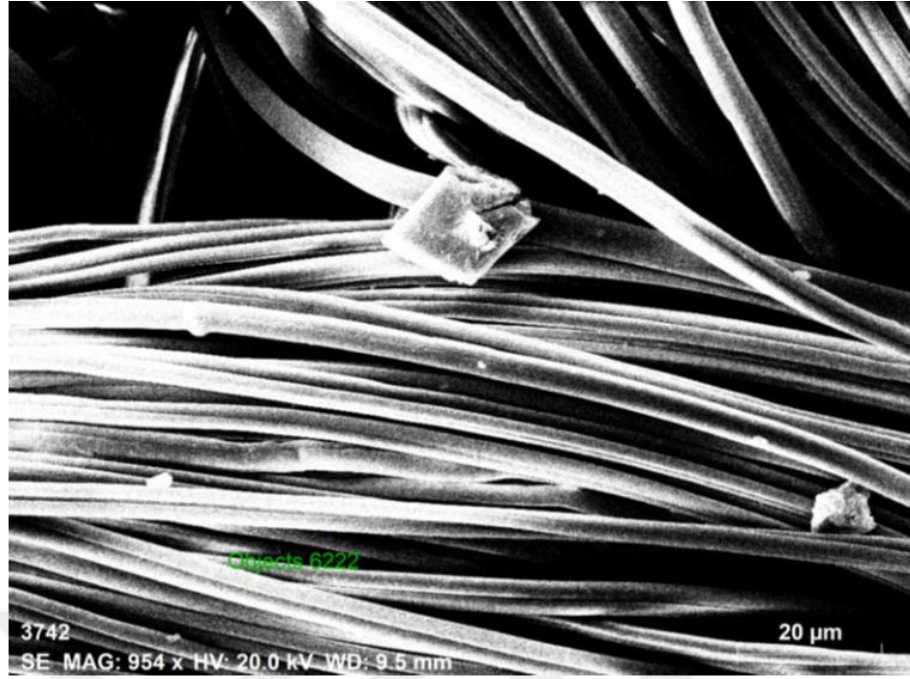
## EK B EDX Analizi Görselleri ve Grafikleri



Spectrum: Objects 6221

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	50.26	50.26	57.38	10.58
O	8	K-series	49.74	49.74	42.62	11.80
Total:			100.00	100.00	100.00	

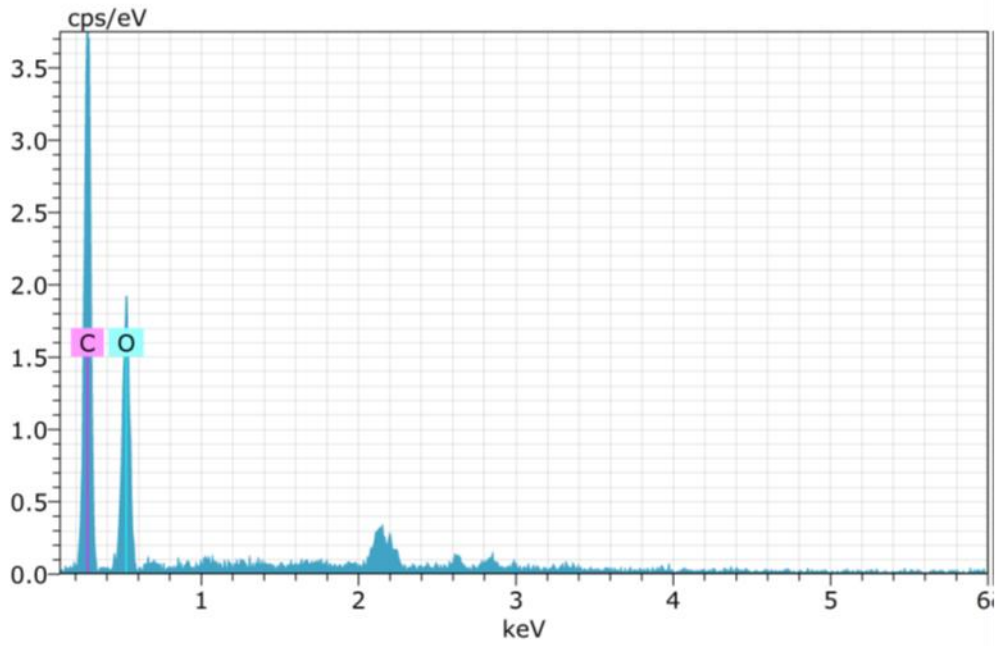
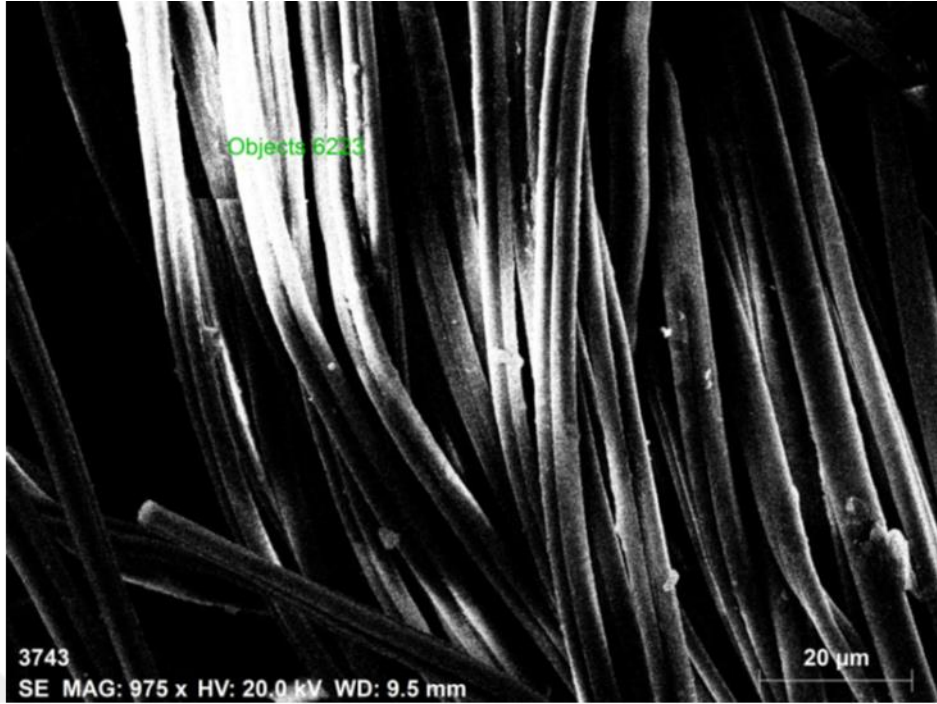
Şekil 8.9: Modal işlemsiz kumaş EDX sonucu



Spectrum: Objects 6222

El	AN	Series	unn. [wt.%]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	C Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	53.27	53.27	60.29	10.08
O	8	K-series	46.73	46.73	39.71	10.39
Total:			100.00	100.00	100.00	

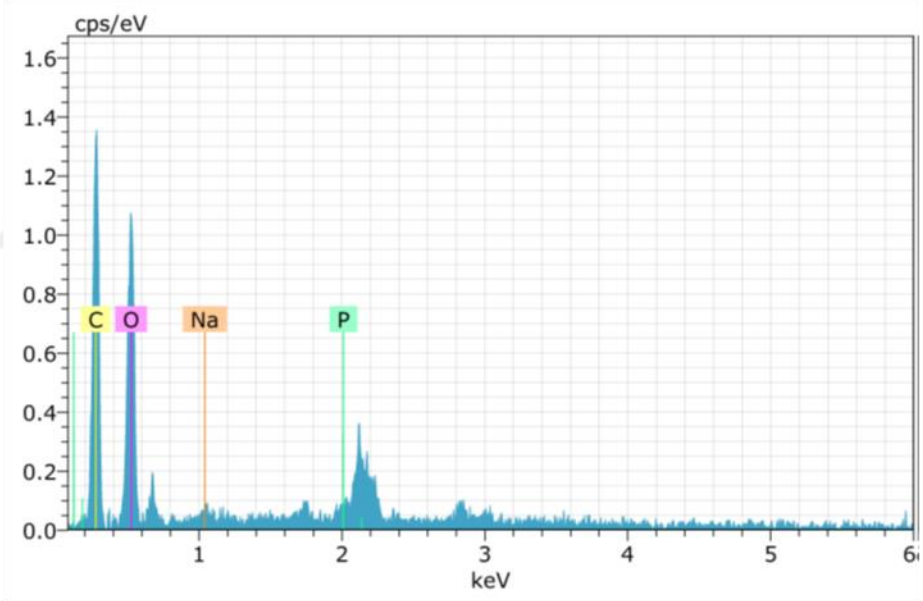
Şekil 8.10: Modal kumaş 1. reçete EDX sonucu



Spectrum: Objects 6223

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	52.82	52.82	59.86	8.24
O	8	K-series	47.18	47.18	40.14	8.29
Total:			100.00	100.00	100.00	

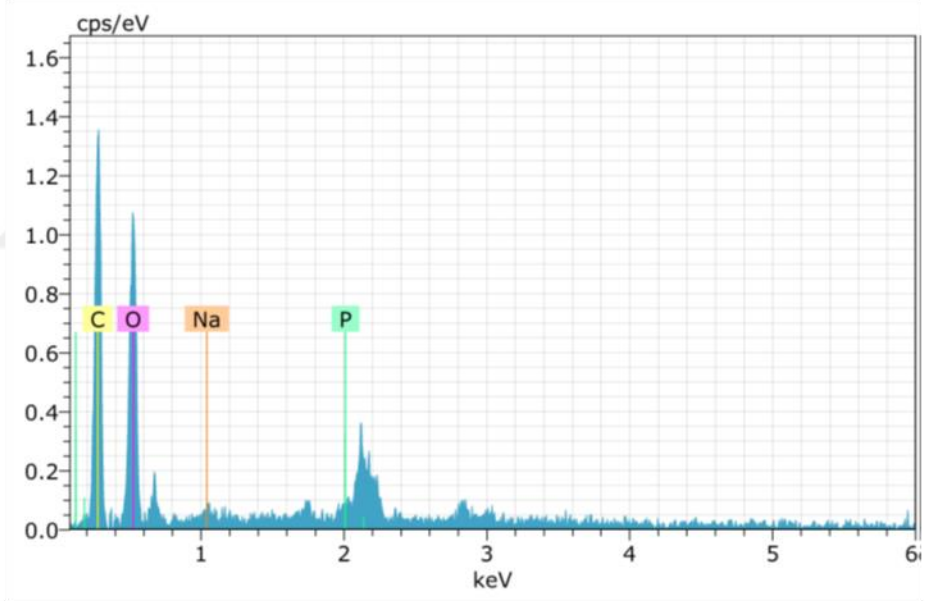
Şekil 8.11: Modal kumaş 2. reçete EDX sonucu



Spectrum: Objects 6236

El	AN	Series	unn. [wt.%]	norm. [wt.%]	Atom. [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
O	8	K-series	53.35	53.35	46.51	10.83
C	6	K-series	45.57	45.57	52.93	9.05
P	15	K-series	0.63	0.63	0.29	0.09
Na	11	K-series	0.45	0.45	0.27	0.12
Total:			100.00	100.00	100.00	

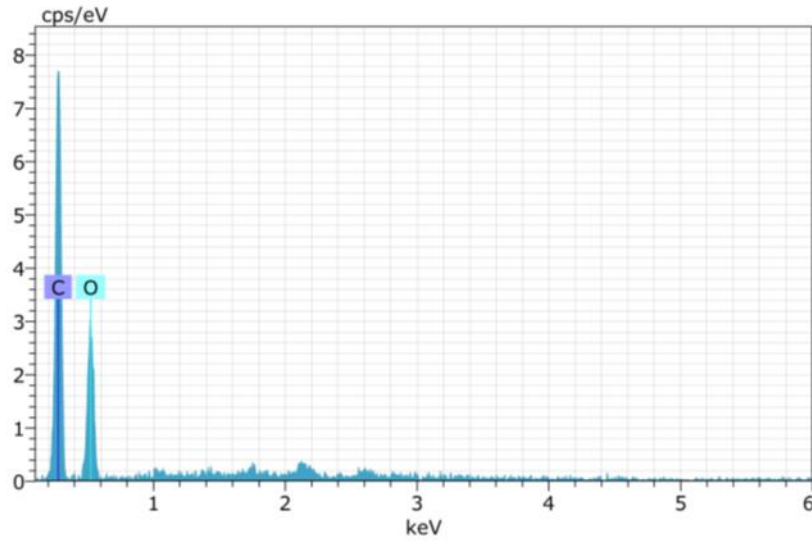
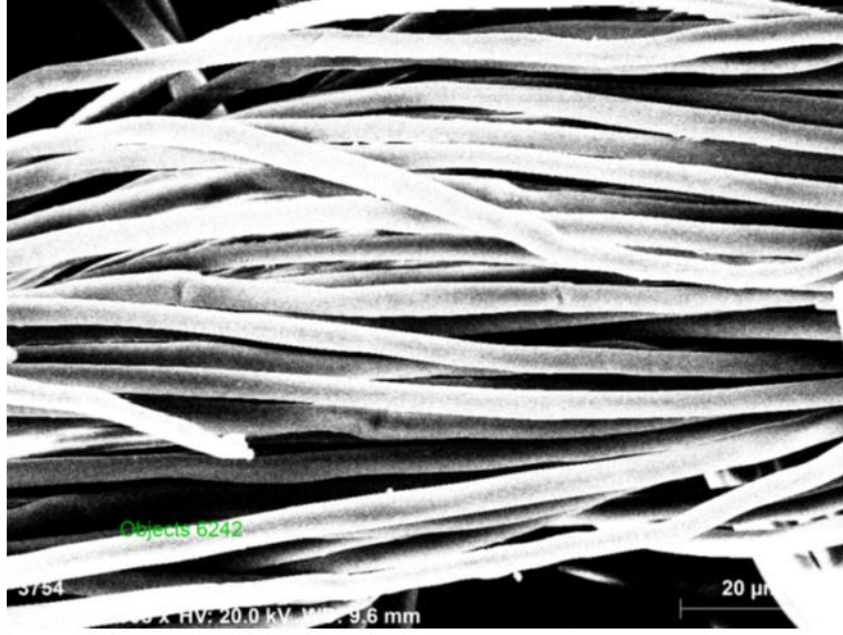
Şekil 8.12: Modal kumaş 6. reçete EDX sonucu



Spectrum: Objects 6236

El	AN	Series	unn. [wt.%]	norm. [wt.%]	Atom. [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
O	8	K-series	53.35	53.35	46.51	10.83
C	6	K-series	45.57	45.57	52.93	9.05
P	15	K-series	0.63	0.63	0.29	0.09
Na	11	K-series	0.45	0.45	0.27	0.12
Total:			100.00	100.00	100.00	

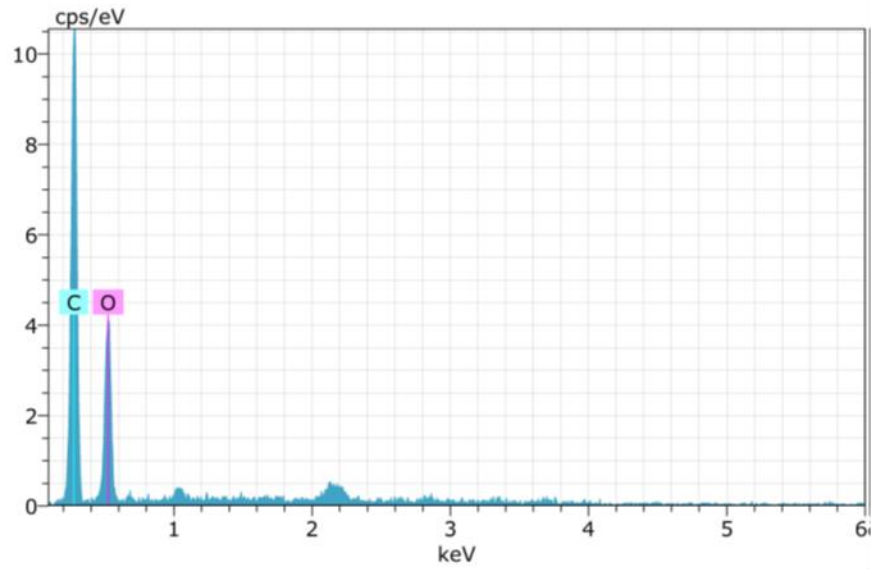
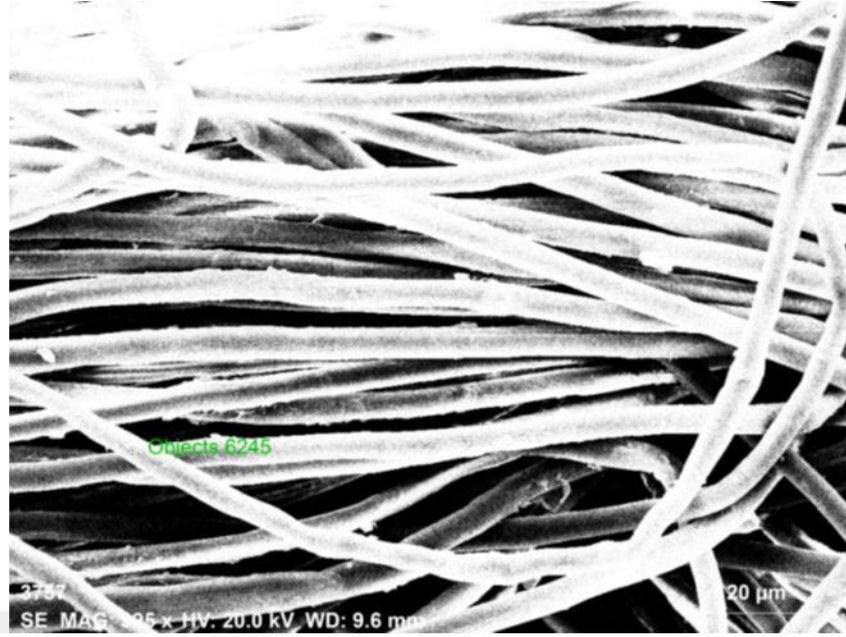
Şekil 8.13: Tencel işlemsiz kumaş EDX sonucu



Spectrum: Objects 6242

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	56.53	56.53	63.40	9.86
O	8	K-series	43.47	43.47	36.60	9.29
Total:			100.00	100.00	100.00	

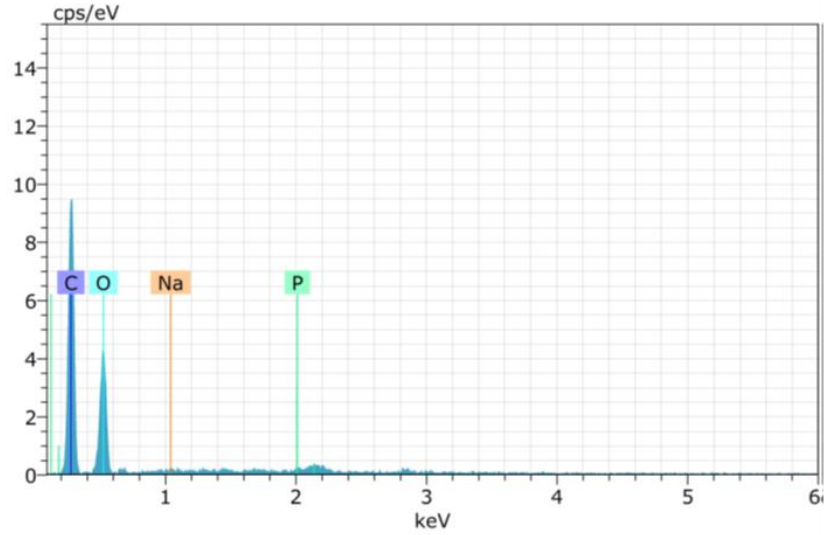
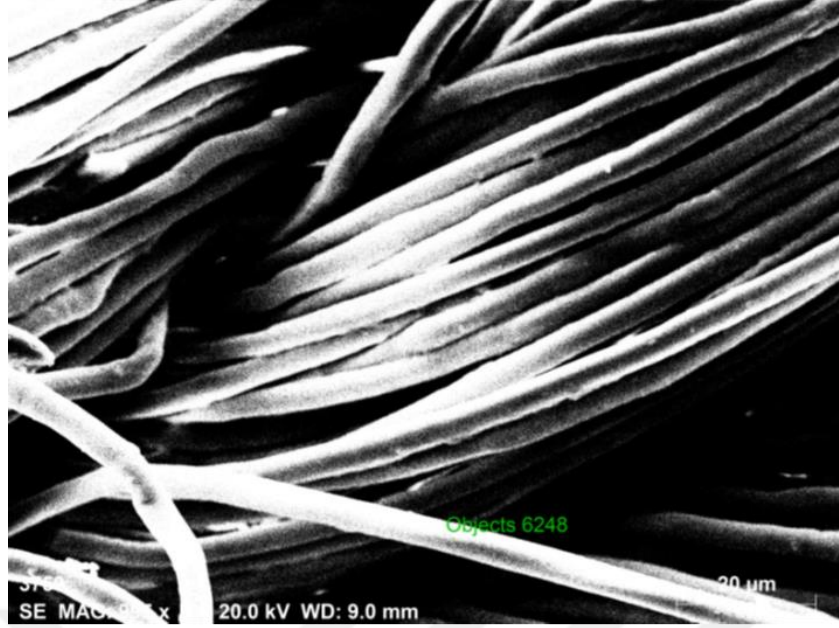
Şekil 8.14: Tencel kumaş 1. reçete EDX sonucu



Spectrum: Objects 6245

El	AN	Series	unn. [wt.%]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	56.15	56.15	63.04	8.65
O	8	K-series	43.85	43.85	36.96	7.96
Total:			100.00	100.00	100.00	

Şekil 8.15: Tencel kumaş 2. reçete EDX sonucu



Spectrum: Objects 6248

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series	54.05	54.05	61.10	8.17
O	8	K-series	45.68	45.68	38.77	7.84
P	15	K-series	0.19	0.19	0.08	0.05
Na	11	K-series	0.08	0.08	0.05	0.04
Total:			100.00	100.00	100.00	

Şekil 8.16: Tencel kumaş 6. reçete EDX sonucu