

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

**BOR TEMELLİ SİLAN YAPILARIN TEKSTİL YÜZEYLERİNE
UYGULANMASI VE KARAKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşegül DİRİER

Kimya Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Turgay SEÇKİN

ARALIK 2023

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

**BOR TEMELLİ SİLAN YAPILARIN TEKSTİL YÜZEYLERİNE
UYGULANMASI VE KARAKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ayşegül DİRİER
(36223613905)**

Kimya Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Turgay SEÇKİN

ARALIK 2023

İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

**Bor Temelli Silan Yapıların Tekstil Yüzeylerine
Uygulanması ve Karakterizasyonu**

Tezi Hazırlayan: Ayşegül DİRİER
Yüksek Lisans Tezi

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının her aşamasında yardım, öneri, bilgi, tecrübe ve desteklerini esirgemedi beni her konuda yönlendiren danışmanım Sayın Prof. Dr. Turgay SEÇKİN'e,

Bu çalışmada maddi ve manevi destek sağlayan ILSAN TEKSTİL SANAYİ ve TİCARET A.Ş.'ye, bilimsel yolculuğum süresince yardımlarını esirgemeyen firmanın Ar-Ge Mektezi çalışanlarına,

Tüm hayatım boyunca olduğu gibi tez çalışmalarım süresince de benden her türlü desteklerini esirgemeyen aileme,

Tezin uygulama aşamasında bu çalışmayı desteklediği için İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne,

teşekkür ederim.

ONUR SÖZÜ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Bor Temelli Silan Yapıların Tekstil Yüzeylerine Uygulanması ve Karakterizasyonu” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığına ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Ayşegül DİRİER



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ	i
ONUR SÖZÜ	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
SEMBOLLER VE KISALTMALAR	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ	1
2. ANTİBAKTERİYEL VE ANTİVİRAL TEKSTİL.....	4
2.1 Antimikrobiyal Tekstiller	4
2.2 Aktif Antimikrobiyal Ajanlar	8
2.2.1 Nanopartiküller.....	8
2.2.2 Kuaterner amonyum bileşikler (QAC'ler)	9
2.2.3 Triklosan.....	11
2.2.4 Metaller ve metalik tuzlar	12
2.2.5 Gümüş bazlı ürünlere karşı direnç	13
2.2.6 Kitosan.....	14
2.2.7 Doğal bileşikler	15
2.2.8 Yenilenebilir N-Halaminler	17
2.2.9 Diğer kimyasallar ve tedaviler	18
2.3 Antibakteriyel Tekstil Çeşitleri.....	19
2.3.1 Antibakteriyel kumaşlar	19
2.3.2 Mantar önleyici tekstil	20
2.3.3 Anti-biyofilm tekstili	21
2.3.4 Antiviral tekstil	22
2.3.5 Sızdıran ve sızmayan tip antimikrobiyal tekstil	23
2.4 Doğal Kumaş, Antimikrobiyal Boyalar ve Pigmentler.....	24
2.5 Antimikrobiyal Tekstil Uygulamaları.....	25
2.6 Dermatolojik uygulamalar için antimikrobiyal tekstiller.....	26
2.6.1 Fonksiyonel tasarımda antimikrobiyal tekstil	27
2.6.2 Moda tasarımında antimikrobiyal tekstil.....	28
3. MATERYAL VE METOT	30
3.1 Kullanılan Kimyasal Maddeler.....	30
3.2 Kullanılan Cihazlar	30
3.3 Bor Minerali Katkılı Kumaş Kaplamalarının Elde Edilmesi.....	31
3.4 Üleksit Katkılı Kumaş Kaplamalarının Elde Edilmesi	33
3.5 Kolemanit Katkılı Kumaş Kaplamalarının Elde Edilmesi.....	39
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	44
4.1 Hidrolitik Kararlı Silatran Yapıların Sentezi ve Silatranların Yüzey ve Kumaş Uygulamaları.....	44
4.2 Borik Asit Temelli Kumaş Kaplamalarının Elde Edilmesi	57
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	81
KAYNAKLAR.....	85
ÖZGEÇMİŞ	94

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1: Ana antimikrobiyal ajanların kimyasal yapısı ve etki modlarının yanı sıra kullanıldıkları ana lifler [29].	7
Çizelge 2.2 : Ticari olarak temin edilebilen antimikrobiyal izole ajanlar [29].	11
Çizelge 3.1 : Optimum kaplama formülasyonunun belirlenmesi için sol-jel karışım oranları.	33
Çizelge 3.2 : Süprem kumaş için üleksit temelli kaplama formülasyonunun belirlenmesi için sol-jel karışım oranları.	34
Çizelge 3.3 : İnterlok kumaş için üleksit temelli kaplama formülasyonunun belirlenmesi için sol-jel karışım oranları.	36
Çizelge 3.4 : Ribana kumaş için üleksit temelli kaplama formülasyonunun belirlenmesi için sol-jel karışım oranları.	37
Çizelge 3.5 : Lakost kumaş için üleksit temelli kaplama formülasyonunun belirlenmesi için sol-jel karışım oranları.	38
Çizelge 3.6 : Süprem kumaş için kolemanit temelli kaplama formülasyonunun belirlenmesi için sol-jel karışım oranları.	39
Çizelge 3.7 : İnterlok kumaş için kolemanit temelli kaplama formülasyonunun belirlenmesi için sol-jel karışım oranları.	41
Çizelge 3.8 : Ribana kumaş için kolemanit temelli kaplama formülasyonunun belirlenmesi için sol-jel karışım oranları.	42
Çizelge 3.9 : Lakost kumaş için kolemanit temelli kaplama formülasyonunun belirlenmesi için sol-jel karışım oranları.	43

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 : Sol-Jel prosesi kullanılarak farklı yapı ve özellikte ürünlerin elde edilme prosedürü.....	3
Şekil 3.1 : 28/1 süprem ve 30/1 süprem kumaş yapılarına yapılan üleksit-sol-jel kaplamalar.	35
Şekil 3.2 : İnterlok kumaş yapılarına yapılan üleksit-sol-jel kaplamalar.....	36
Şekil 3.3 : Ribana kumaş yapılarına yapılan üleksit-sol-jel kaplamalar.	37
Şekil 3.4 : Lakost kumaş yapılarına yapılan üleksit-sol-jel kaplamalar.	38
Şekil 3.5 : 30/1 süprem kumaş yapılarına yapılan kolemanit-sol-jel kaplamalar.	40
Şekil 3.6 : İnterlok kumaş yapılarına yapılan kolemanit-sol-jel kaplamalar.	41
Şekil 3.7 : Ribana kumaş yapılarına yapılan kolemanit-sol-jel kaplamalar.....	42
Şekil 3.8 : Lakost kumaş yapılarına yapılan kolemanit-sol-jel kaplamalar.	43
Şekil 4.1 : (3-aminopropil)trietoksisilan'dan elde edilen silatran yapısına ait FTIR spektrumu.....	45
Şekil 4.2 : (3-aminopropil)trietoksisilan'dan elde edilen silatran yapısına ait ¹ H-NMR spektrumu.....	46
Şekil 4.3 : 3-glisidoksi propiltrimetoksisilan'dan elde edilen silatran yapısına ait FTIR spektrumu.....	47
Şekil 4.4 : 3-(Mercapto)propiltrimetoksisilane'dan elde edilen silatran yapısına ait FTIR spektrumu.....	47
Şekil 4.5 : 3-glisidoksi propiltrimetoksisilan'dan elde edilen silatran yapısına ait ¹ H-NMR spektrumu.....	48
Şekil 4.6 : 3-(Mercapto)propiltrimetoksisilane'dan elde edilen silatran yapısına ait ¹ H-NMR spektrumu.....	48
Şekil 4.7 : Ribana kumaş, APS, 1,4-bütan sültan ve Zwitter iyonik yapı bağlı ribana kumaş yapılarına ait FTIR spektrumu.	49
Şekil 4.8 : İnterlok kumaş, APS, 1,4-bütan sültan ve Zwitter iyonik yapı bağlı interlok kumaş yapılarına ait FTIR spektrumu.....	50
Şekil 4.9 : Süprem kumaş, APS, 1,4-bütan sültan ve Zwitter iyonik yapı bağlı süprem kumaş yapılarına ait FTIR spektrumu.....	50
Şekil 4.10: Ribana kumaş (üst) ve Zwitter iyonik yapı bağlı ribana kumaş (alt) yapılarına ait XRD spektrumu.	51
Şekil 4.11: İnterlok kumaş (üst) ve Zwitter iyonik yapı bağlı interlok kumaş (alt) yapılarına ait XRD spektrumu.	52
Şekil 4.12: Süprem kumaş (üst) ve Zwitter iyonik yapı bağlı süprem kumaş (alt) yapılarına ait XRD spektrumu.	53
Şekil 4.13: Ham süprem kumaş (a) ve Zwitter iyonik yapı bağlı süprem kumaş (b) yapılarına ait SEM görüntüleri.....	54
Şekil 4.14: Ham interlok kumaş (a) ve Zwitter iyonik yapı bağlı interlok kumaş (b) yapılarına ait SEM görüntüleri.....	55
Şekil 4.15: Ham ribana kumaş (a) ve Zwitter iyonik yapı bağlı ribana kumaş (b) yapılarına ait SEM görüntüleri.....	56
Şekil 4.16: Ribana kumaş, APS, 1,4-bütan sültan ve borik asit temelli ribana kumaş kaplamalarına ait FTIR spektrumu.	57
Şekil 4.17: İnterlok kumaş, APS, 1,4-bütan sültan ve borik asit temelli interlok kumaş kaplamalarına ait FTIR spektrumu.	58

Şekil 4.18: Süprem kumaş, APS, 1,4-bütan sülton ve borik asit temelli süprem kumaş kaplamalarına ait FTIR spektrumu.	58
Şekil 4.19: Ribana kumaş (üst) ve borik asit temelli ribana kumaş (alt) kaplamalarına ait XRD spektrumu.	59
Şekil 4.20: İnterlok kumaş (üst) ve borik asit temelli interlok kumaş (alt) kaplamalarına ait XRD spektrumu.	60
Şekil 4.21: Süprem kumaş (üst) ve borik asit temelli süprem kumaş (alt) kaplamalarına ait XRD spektrumu.	61
Şekil 4.22: Ham ribana kumaş (a) ve borik asit temelli ribana kumaş (b) kaplamalarına ait SEM görüntüleri.....	62
Şekil 4.23: Ham interlok kumaş (a) ve borik asit temelli interlok kumaş (b) kaplamalarına ait SEM görüntüleri.....	63
Şekil 4.24: Ham süprem kumaş (a) ve borik asit temelli süprem kumaş (b) kaplamalarına ait SEM görüntüleri.....	64
Şekil 4.25: 20/1 ribana %10 üleksit temeli kaplamaya ait 5x büyütme optik mikroskop görüntüsü.....	65
Şekil 4.26: 30/1 ribana %1 üleksit temeli kaplamaya ait 5x büyütme optik mikroskop görüntüsü.....	66
Şekil 4.27: 28/1 süprem %10 kolemanit temeli kaplamaya ait 5x büyütme optik mikroskop görüntüsü.....	66
Şekil 4.28: 30/1 ribana %1 kolemanit temeli kaplamaya ait 5x büyütme optik mikroskop görüntüsü.....	67
Şekil 4.29: Süprem kumaş yüzeyine üleksit yapılı kaplamalara ait FTIR spektrumları....	67
Şekil 4.30: Süprem kumaş yüzeyine kolemanit yapılı kaplamalara ait FTIR spektrumları.	68
Şekil 4.31: Süprem kumaş yüzeyine üleksit (sağ) ve kolemanit (sol) katkılı sol-jel kaplı kumaş yapılarının çekme test görüntüleri.	69
Şekil 4.32: Süprem kumaş yüzeyine üleksit (sağ) ve kolemanit (sol) katkılı sol-jel kaplı kumaş yapılarının çekme test sonrası görüntüleri.	69
Şekil 4.33: Kolemanit ile elde edilen Kumaş kaplamaların yıkama sonrası görüntüleri. ...	70
Şekil 4.34: Üleksit ile elde edilen kumaş kaplamaların yıkama sonrası görüntüleri.	71
Şekil 4.35: Ribana, interlok ve süprem kaplanmamış ham kumaş yapılarının optik mikroskop görüntüleri.....	72
Şekil 4.36: Ribana, üzerine kolemanit kaplanmış kumaş yapılarının optik mikroskop görüntüleri (a; R-K-TEOS-1, b; R-K-TEOS-2, c; R-K-TEOS-3, d; R-K-TEOS-4).	73
Şekil 4.37: Ribana, üzerine üleksit kaplanmış kumaş yapılarının optik mikroskop görüntüleri (a; R-Ü-TEOS-1, b; R-Ü-TEOS-2, c; R-Ü-TEOS-3, d; R-Ü-TEOS-4).	74
Şekil 4.38: İnterlok, üzerine kolemanit kaplanmış kumaş yapılarının optik mikroskop görüntüleri (a; I-K-TEOS-1, b; I-K-TEOS-2, c; I-K-TEOS-3, d; I-K-TEOS-4).	75
Şekil 4.39: İnterlok, üzerine üleksit kaplanmış kumaş yapılarının optik mikroskop görüntüleri (a; I-U-TEOS-1, b; I-U-TEOS-2, c; I-U-TEOS-3, d; I-U-TEOS-4).	76
Şekil 4.40: Süprem, üzerine kolemanit kaplanmış kumaş yapılarının optik mikroskop görüntüleri (a; S-K-TEOS-1, b; S-K-TEOS-2, c; S-K-TEOS-3, d; S-K-TEOS-4).	77
Şekil 4.41: Süprem, üzerine üleksit kaplanmış kumaş yapılarının optik mikroskop görüntüleri (a; S-U-TEOS-1, b; S-U-TEOS-2, c; S-U-TEOS-3, d; S-U-TEOS-4).	78

Şekil 4.42: Antibakteriyel olarak kaplanmış süprem kumaş yapılarının SEM görüntüleri (a; S-K-TEOS-1, b; S-K-TEOS-2, c; S-K-TEOS-3, d; S-K-TEOS-4).....	79
Şekil 4.43: Antibakteriyel olarak kaplanmış süprem kumaş yapılarının SEM görüntüleri (a; S-U-TEOS-1, b; S-U-TEOS-2, c; S-U-TEOS-3, d; S-U-TEOS-4).....	80



SEMBOLLER VE KISALTMALAR

TEOS	: Tetraetil Ortosilikat
APS	: (3-aminopropil)trioksisilan
MIC	: Minimum İnhibitör Konsantrasyon
MBC	: Minimum Bakterisidal Konsantrasyon
AMP	: Antimikrobiyal Peptitler
PHMB	: Poli(heksametilen biguanid)
QAC	: Kuaterner Amonyum Bileşikler
NP	: Nanopartikül
FTIR	: Fourier Transform Infrared Spektroskopisi
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
TGA	: Termogravimetrik Analiz
DTA	: Diferansiyel Termal Analiz
DSC	: Diferansiyel Taramalı Kalorimetre
AFM	: Atomik Kuvvet Mikroskobu
STA	: Sıvı Temas Açısı

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BOR TEMELLİ SİLAN YAPILARIN TEKSTİL YÜZEYLERİNE UYGULANMASI VE KARAKTERİZASYONU

AYŞEGÜL DİRİER

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalı

94+X sayfa

2023

Danışman: Prof. Dr. Turgay SEÇKİN

Bu tez çalışmasında antipatajonik özellikleri güçlendirilmiş tekstil materyalleri geliştirmek için fonksiyonel silan analogları geliştirildi ve kumaş yüzey modifikasyonları sağlandı. Sol-jel tekniği kullanılarak farklı kumaş türleri üzerine antipatojenik yüzey kaplamaları geliştirildi. Bu yüzey kaplamaları sonucunda elde edilen modifiye tekstil yüzeylerinin antipatojenik ve antibakteriyel özellikleri incelendi. Günümüzde fonksiyonel tekstil yapıları gerek işlevselliği gerekse katma değeri yüksek statü taşıdığı için hem medikal açıdan hem de endüstri açısından önem arz etmektedir. Özellikle pek çok tekstil kuruluşu işlevselliği arttırılmış tekstil ürünleri geliştirmek için Ar-Ge faaliyeti yürütmektedir. Bu nedenle tekstil yüzey modifikasyonları önemli olup gelecekte kullanılacak tekstil materyalinin gelişmesine katkı sunacaktır.

Bu tez çalışmasında fonksiyonel hale getirilmiş tekstil yüzeylerini elde etmek için 2 ana aşamada ortaya konulmuştur. Birinci aşamada Anti bakteriyel özelliğe sahip tekstil malzemeleri geliştirmek için fonksiyonel silan analogları geliştirildi ve kumaş yüzey modifikasyonları sağlandı. Sol-jel tekniği kullanarak farklı kumaş türleri üzerine Bor temelli antibakteriyel yüzey kaplamaları geliştirildi. İkinci aşamada ise TEOS kullanılarak, Kolemanit ve Üleksit Bor mineralleri ile kumaş yüzey modifikasyonları geliştirildi. Her iki aşamada da elde edilen yapılar fourier transform infrared spektroskopisi, SEM, optik mikroskop gibi tekniklerle aydınlatılmıştır. Ayrıca yüzey kaplamaları, sıvı temas açısı, kumaş mekanik özellikleri ve termal analiz yöntemleri ile incelendi. Ayrıca elde edilen kumaşların antibakteriyel etkinliği de belirlendi.

Çalışma kapsamında özellikle selüloz yapısına sahip kumaş grubu üzerine silan grubu dahil edilmesi ile FTIR spektroskopisinde $1000-1100\text{ cm}^{-1}$ Si-O-Si grubuna ait pik görüldü. Bor katkılı yapılarda ise 1365 cm^{-1} de bor oksijen pikleri görüldü. Gerek bor gerek silisyum kaplı kumaş yapılarında termal özelliklerinde yaklaşık $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ bir termal artış belirlendi. Tekstil yapılarının mekanik özellikleri de arttı ve antibakteriyel fonksiyonel özellikler kazandırıldığı belirlendi.

Anahtar Kelimeler: Fonksiyonel Tekstiller, Sol-Jel Kaplama, Bor Minerali, Yüzey Modifikasyonu

ABSTRACT

Master Thesis

APPLICATION AND CHARACTERIZATION OF BORON-BASED SILANE STRUCTURES ON TEXTILE SURFACES

Ayşegül Dirier

Inonu University
Graduate School of Nature and Applied Sciences
Department of Chemistry

94+X sayfa

2023

Supervisor: Prof. Dr. Turgay SEÇKİN

In this thesis, functional silane analogues were synthesized to develop textile materials with enhanced antipathogenic properties, followed by fabric surface modifications. Antipathogenic surface coatings were developed on different types of fabric using the sol-gel technique. The antipathogenic and antibacterial properties of the modified textile surfaces obtained as a result of these surface coatings were examined. Today, functional textile structures are important for both medical and industry because they have both functionality and high added value. In particular, many textile organizations carry out R&D activities to develop textile products with increased functionality. For this reason, textile surface modifications are important and will contribute to the development of textile materials to be used in the future.

In this thesis study, two main stages were presented to obtain functionalized textile surfaces. In the first stage, functional silane analogues were developed and fabric surface modifications were provided to develop textile materials with antibacterial properties. Boron-Based antibacterial surface coatings were developed on different types of fabric using the sol-gel technique. In the second stage, fabric surface modifications were developed with Colemanite and Ulexite Boron minerals using TEOS. The structures obtained in both stages were illuminated with techniques such as fourier transform infrared spectroscopy, SEM and optical microscopy. Additionally, surface coatings, liquid contact angle, fabric mechanical properties and thermal analysis methods were examined. Additionally, the antibacterial activity of the resulting fabrics was determined.

Within the scope of the study, by including the silane group on the fabric group with cellulose structure, a peak belonging to the Si-O-Si group was seen in the FTIR spectroscopy at 1000-1100 cm^{-1} . In boron-doped structures, boron-oxygen peaks were seen at 1365 cm^{-1} . A thermal increase of approximately 50 °C was determined in the thermal properties of both boron and silicon coated fabric structures. The mechanical properties of the textile material also increased and antibacterial properties were determined to have improved.

Keywords: Functional Textiles, Sol-Gel Coating, Boron Mineral, Surface Modification

1. GİRİŞ

Son yıllarda fonksiyonel malzemeler ve akıllı materyal tasarımların modern teknolojinin önemli bir unsuru haline gelmiştir. Özellikle modern insanın hızlı yaşam temposu pek çok işi aynı anda gerçekleştirecek bir yaşam anlayışını ortaya koymaktadır. Bu bakış açısı elektrolitten sağlığa, sağlıktan inşaata hatta otomotive kadar pek çok alanda fonksiyonel malzeme tasarımını hızlandırmıştır. Aynı anda birden fazla işler yürütebilecek pek çok malzeme geliştirilmiştir. Özellikle elektronik ve tekstil endüstrilerinde çok işlevli malzemeler yaygın olarak talep edilmektedir. Diğer bir endüstri alanı ise medikal teknolojiler ve tıp endüstrisidir. Bu alanlarda kendi işlevini yürütürken kirlenmeyen antibakteriyel ya da kırışmama gibi önemli işlevleri yürütebilen materyallere olan talep giderek artmaktadır. Bu çalışma kapsamında hem tekstil alanında hem de sağlık alanında kullanılabilecek antipatojenik özellikli materyaller geliştirilmiştir. Genel olarak medikal tekstil olarak adlandırılan bu materyaller hem tekstil materyalin kullanım ömrünü arttırmakta hem de kullanıcıyı bakteri ve mikroorganizmalara karşı korumaktadır. Sonuç olarak tekstil yüzeyindeki enfeksiyonun giderilmesi, hastanın enfeksiyonlarla mücadele etmesini kolaylaştırmaktadır. Diğer bir önemli faydası ise mikroorganizma faaliyetlerinin tekstil ürünlerinden uzaklaştırılması ile kumaş yüzeyinde oluşacak lekelenme ve kalite bozulmalarını da ortadan kaldırmaktadır.

Konforlu, estetik, dayanıklı, işlevsel ve güvenilir tekstil ürünlerine yönelik artan talep yeni ve çağdaş tekniklerin oluşmasını zorunlu kılmaktadır bu nedenle daldırarak kaplama, spreycaplama, sol-jel kaplama elektrospinning örgü tekniği yeni nesil fiber çekme teknikleri ve buhar yoğunlaştırma tekniği gibi teknikler tekstil endüstrisinde de sıkça uygulanabilir hale gelmiştir. Özellikle sol-jel kaplama tekniği basit, pratik ve etnik bir teknik olarak dikkat çekmektedir. Bu teknik ile metal alkoksit bileşikler asidik ya da bazik hidroliz ile sağlam kimyasal olarak kararlı ağ yapılarına dönüşmektedir. Özellikle modern seramik yapıların eldesinde ve ileri mühendislik materyali geliştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır parlak dayanıklı sağlam yapılar üretilmektedir. Bu yöntemle üretilen yapılar kristal fazlı cam yapılar olup yüksek poroziteye sahiptir. Yapıdaki elementlerin bileşimleri değiştirilmesiyle çok farklı özellikte yeni nesil materyaller üretilebilir bu yönüyle sol-jel teknolojisi modifiye edilebilirliği yüksek ve kullanıcı dostu bir teknolojidir.

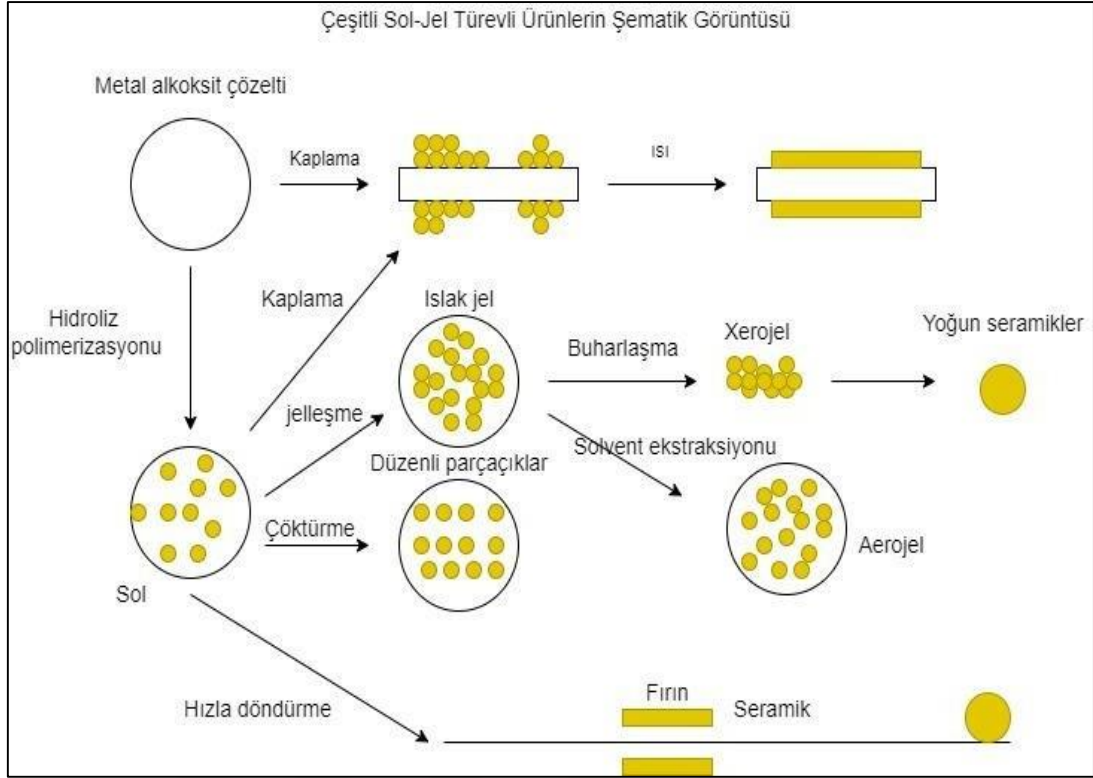
Yüzey kaplama alanında yaygın olarak kullanılan silan ve türevleri yerine daha kullanılabilir ve çoklu işlevsel ve yüzey aktif yapıların yenilikçi yaklaşımla tasarımı ve uygulamaları ile antipatojenik özellikli tekstil ürünlerinin elde edilmesi amaçlanmıştır.

Bor mineralleri yapılarında farklı oranlarda bor oksit içeren doğal bileşiklerdir. Doğada 230'dan farklı doğal bor minerali bulunmaktadır. Ticari açıdan en önemli bor mineralleri Tinkal, Üleksit, Kolemanit, Kernit, Borasit, Pandermit'tir. Çalışmalarımızda Üleksit, Kolemanit, Bor minerallerini kullandık.

- *Tinkal*: Renksiz ve saydam olmasına rağmen bileşimindeki çeşitli safsızlıklar nedeniyle pembe, gri renkte bulunabilir. Tinkal çabuk bozunup suyunu kaybederek tinkalkonit'e dönüşebilir.
- *Kolemanit*: Kolemanit göl benzeri alanlarda bulunan bir mineral türüdür. Renksiz ya da beyaz olabilmektedir. Camsı bir parlaklığa sahiptir. Kurak iklim bölgelerindeki tuz göllerinde boraks ile birlikte oluşur.
- *Üleksit*: Masif, karnıbahar, lifsel, koni, rozet, pamuk yumağı görünümüyle doğada almaktadır. Beyaz, renksiz, şeffaf ve camsı bir yapıya sahiptir.

Bu çalışmada temel amaç sol-jel tekniği ile bor mineralinin kumaşa uygulanması ve anti-bakteriyel ürün eldesidir. Tekstil materyallerine yeni fonksiyonel özellikler kazandırılırken; müşteri için önemli olan görünüm, tutum ve yıkamaya dayanım gibi özelliklerinin de korunması gerekmektedir.

Tekstil materyallerinin yüzey modifikasyonunda sol-jel teknolojisinin kullanımı malzeme bilimlerindeki gelişmelerle son 10 yılda büyük önem kazanmıştır. Sol-jel yöntemi, kaplamalar için önemli avantajlar ve kombinasyonlar içeren istenen şekil ve özellikte kaplamalar yapılmasını sağlayan bir yöntemdir. Sol-jel yöntemi ile yapılan kaplamalar, organik modifiye silisyum-alkoksitlerin kontrollü hidrolizi ve kondensasyonu ile öncelikle organik ağın oluşturulması ve daha sonra inorganik ağ ile bağlanmış ve ayrıca polimerize olabilen grupları içeren ajanların termal veya UV ışınları ile aktive edilerek polimerizasyon reaksiyonu vermesi esasına dayanır. Sol-jel yönteminde metal alkoksitlerin (Si, Ti, Al, Zn, vb.) asidik ya da bazik ortamda hidrolizlerini takiben kondensasyon reaksiyonu ile çeşitli inorganik ağ yapılar oluşmaktadır.



Şekil 1.1 : Sol-Jel prosesi kullanılarak farklı yapı ve özellikte ürünlerin elde edilme prosedürü.

2. ANTİBAKTERİYEL VE ANTİVİRAL TEKSTİL

2.1 Antimikrobiyal Tekstiller

Antimikrobiyal tekstiller, mikroorganizmaları öldürebilen veya büyümelerini engelleyebilen fonksiyonel olarak aktif tekstillerdir. Bu tez, antimikrobiyal tekstiller hazırlamak için kullanılan farklı sentetik ve doğal antimikrobiyal bileşiklerin uygulamalarını araştırmaktadır. Antibakteriyel, antifungal ve antiviral dahil olmak üzere farklı antimikrobiyal tekstil türleri de tartışılmıştır. Bir tekstilin bakteriyel ve fungal patojenlerin yanı sıra viral partiküllere karşı antimikrobiyal özelliklerinin tespiti için kullanılan farklı stratejiler ve yöntemler de vurgulanmıştır. Bu antimikrobiyal tekstiller, hava filtreleri, gıda paketlenme, sağlık, hijyen, medikal, spor giyim, depolama, havalandırma ve su arıtma sistemleri dahil olmak üzere evlerden ticari alanlara kadar çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Son birkaç yılda antimikrobiyal tekstiller konusunda kamuoyunun farkındalığı ve ticari fırsatlarda büyüme gözlemlendi. Modaya uygun giysiler için sadece antimikrobiyal özellikleri değil, dayanıklılığı, rengi, baskıları ve tasarımı da önemlidir; bu nedenle, birçok ticari marka artık bu tür malzemelere odaklanıyor.

Tekstiller her yerde mevcuttur ve insan toplumunda önemli bir rol oynar. Kumaşlar, son zamanlarda giyim mikrobiyolojisi ve bezlerin insan derisi mikroflorası ile etkisi ve etkileşimi olarak tartışılan belirli mikrop türlerini içerebilir [1]. Tekstil veya kumaşlar üzerindeki doğal antimikrobiyal ajanların kaplamaları, Mısırlıların mumya sargısını hazırlamak için kumaşlar üzerinde baharat ve bitkisel kaplamalar kullandığı eski zamanlara kadar uzanır. Geleneksel olarak Çinliler, konut yapısı için “Bambu-kun”; adı verilen antimikrobiyal bir bileşik içeren bambu lifleri kullandılar. Bambu lifleri, 2–6-dimetoksi-p-benzokinon ve dendrosin tarafından aracılık edilen doğal antibakteriyel ve mantar önleyici özellikleri açısından da araştırılmıştır [2]. İkinci Dünya Savaşı sırasında geliştirilen antibiyotiklerin uygulanması; Aynı zamanda, tekstillerin çürümesini önlemek için antimikrobiyallerin kullanılması da talep görüyordu. Çadırların, brandaların ve kamyon örtülerinin yoğun yağmur ve kar sırasında lifleri yok edecek ve enfeksiyon olasılığını

artıracak mikrobiyal saldırılara karşı korunması gerekiyordu. Kumaşı mikrobiyal kolonizasyondan korumak ve dayanıklılıklarını artırmak için, bazı askeri kumaşlar antimon tuzları, bakır ve kumaşları sadece sertleştirmekle kalmayıp aynı zamanda onlara belirgin bir koku veren klorlu mumların bir karışımıyla işlem gördü [3]. İlk zamanlarda, bu antimikrobiyallerin yan etkileri düşünülmedi, ancak bu kimyasalların çevre ve sağlık üzerindeki olumsuz etkilerine daha fazla dikkat edildi. Daha güvenli antimikrobiyal bileşikler ve tekstiller kavramı, 1962’de Rachel Carson’ın Silent Spring kitabının yayınlanmasının ardından ortaya çıktı.

Ekolojistler, bilim adamları, sanayiciler ve kimyagerler dahil olmak üzere farklı sektörler, çevre dostu antibiyotikler üretmek için birlikte çalıştılar [4]. İçinde bulunduğumuz çağda, antimikrobiyal tekstiller hastanelerde, çevrelerde ve mikroplara meyilli, zararlı olan yerlerde çok faydalıdır. Hastalar, sağlık çalışanları ve doktorlar tarafından giyilen giysiler üzerinde insandan insana kolaylıkla bulaşabilen çok sayıda mikrop bulunabilir. Konu enfeksiyöz mikroorganizmaların yayılmasını kontrol etmek olduğunda antimikrobiyal kumaşlar için ticari fırsatlar boldur [5]. Antimikrobiyal tekstiller, mikroplara, yani antibakteriyel, antifungal ve/veya antivirallere karşı özgülüklerine göre adlandırılabilir. Birkaç antimikrobiyal tekstil aynı zamanda bakteri, mantar ve virüslere karşı da etkili olabilir. Bazı kimyasallar çok çeşitli mikropları hedef almak için kullanılabilir ve genellikle antimikrobiyal olarak adlandırılır [6]. Oteller, restoranlar veya trenler gibi ortak kamusal alanlarda bu tür kumaşlar çok talep edilmektedir, örneğin sıvıları, perdeyi ve halıyı temizlemek için kullanılan havlu bir enfeksiyon kaynağı olabilir. Ayrıca, bu alanda genişleyen bir başka araştırma alanı olan koku kontrolü için dikkate değer karşılanmamış gereksinimler de vardır. Tekstil, aforoz olan ve enfekte bir kişiden başkalarına geçebilen birkaç mikroorganizma içerebilir. Tekstilden gelen mikrobiyal yükü azaltmanın tek mümkün ve etkili yolu giysilerin sürekli olarak yıkanmasıdır ancak bu durum sürekli vardiyaların olduğu hastanelerde mümkün değildir. Öte yandan, tekstil yoluyla bir kişiden diğerine mikrobiyal enfeksiyon olasılığını azaltmanın bir başka yolu da antimikrobiyal tekstiller geliştirmektir. Bu antimikrobiyal tekstiller, sıhhi işlerle uğraşan kişiler ve enfeksiyon kapma riskinin yüksek olduğu kanalizasyon arıtımında çalışanlar için de faydalı olabilir. Elektroegirme, nanoteknolojiler, plazma işlemi, polimerizasyon, mikroenkapsülasyon ve sol-jel teknikleri dahil olmak üzere tekstilin yüzey modifikasyonu, tekstile su itici, alev geciktirici ve antibakteriyel aktivite gibi bazı yeni fonksiyonel özellikler kazandırmak için yapılmıştır [7].

Bu giysiler sık yıkanmadığı ve nadiren güneş ışığına maruz kaldığı için antimikrobiyal kışlık giysiler önem kazanmaktadır. Bu giysiler genellikle daha uzun süre saklanır, bu da mikropların üremesini sağlayabilir ve bu nedenle antimikrobiyal tip kumaş uygun bir seçenek olabilir. Benzer şekilde, antimikrobiyal tekstiller de plastik olmayan poşetlerin kullanıldığı yerlerde faydalı olabilir. Genellikle bozunabilir malzeme içeren gıda ambalajları çevre için daha güvenlidir ve gıda özelliklerini etkilemez, ancak bu tür ambalajlardaki antimikrobiyal kaplama konsepti, patojenik ve gıda bozulmasına neden olan mikropların büyümesini azaltmak için önemlidir. Öncelikle, renk, baskı ve tasarımın çekici kombinasyonu ile birlikte aşağıdaki sektörler tarafından antimikrobiyal tekstile ihtiyaç duyulmaktadır:

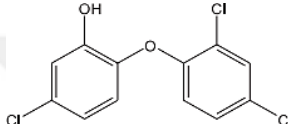
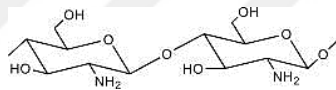
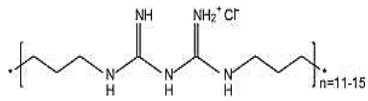
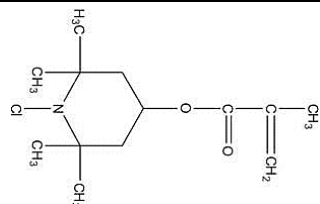
- Giysiler: şapkalar, ceketler, hijyenik pedler, spor giysiler, iç çamaşırlar, kışlık giysiler
- Ticari: halılar, koltuk kaplamaları, pencere, araç vb.; toz bezleri, askeri kumaş, çadır, üniforma
- Sağlık hizmetleri: bandaj, kulakiçi kulaklıklar, kese, maske, laboratuvar önlükleri, koruyucu kitler
- Haneler: nevresim, halı, örtü, perde, paspas, yastık, havlu

Kullanılan işleme ve antimikrobiyal bileşiğe bağlı olarak, antimikrobiyal kumaş liç tipi veya liçsiz tip olabilirken, mekanizmasına bağlı olarak biyosit veya biyostatik olabilir [10-15]. Biyositler mikroorganizmaları öldürürken biyostatikler ise büyümelerini engeller. Bu biyositler ve biyostatikler, mikroorganizmaları, yani bakterileri, mantarları veya virüsleri hedef alma temelinde ayrıca kategorize edilebilir (Çizelge 2.1). Giysilerde, cildin doğal bakteri florasını koruduğu ve insan cildine olumsuz bir etkisi olmadığı için biyostatik kumaş tercih edilirken, tıbbi ve çevresel uygulamalar için biyosidal kumaş tercih edilir [16-19].

Spesifik patojenik mikroplara karşı aktif olmayabilen, dolayısıyla dar bir antimikrobiyal spektruma sahip olan, içsel bir antimikrobiyal özelliğe sahip olabilen çok sayıda kumaş vardır [19-28]. Kumaşa antimikrobiyal ajanların dahil edilmesi tercih edilir, bu da geniş bir antimikrobiyal özellik yelpazesine izin verir ve farklı kumaşlara uygulanabilir. Tekstil endüstrisinde kullanılan antimikrobiyal maddelerin çoğu, nem varlığında kontrollü bir serbest bırakma veya süzme mekanizması kullanır. Süzme işlemi, aktif maddede kademeli bir azalmaya yol açar. Katkı maddeleri, eğirme ekstrüzyonu

sırasında elyaf matrisinin içine dahil edilebilir veya tekstil yüzeylerine dolgu veya çekme gibi geleneksel kaplama veya emprenye işlemi ile uygulanabilir [10].

Çizelge 2.1 : Ana antimikrobiyal ajanların kimyasal yapısı ve etki modlarının yanı sıra kullanıldıkları ana lifler [29].

Biyosit	Kimyasal Yapı	Eylem Modları	Lifler
Kuaterner Amonyum Bileşikleri (QACs)	$\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_n-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3 \text{Br}^-$ $n = 11-17$ (Örnek: mono kuaterner amonyum tuzu: alkil trimetil amonyum bromür)	Hücre zarlarına zarar verir. Proteinleri denatüre eder. Çoğalmayı önleyerek DNA üretimini inhibe eder.	Pamuk Polyester Naylon Yün
Triklosan		Hücre zarlarının bütünlüğünü etkileyen lipid biyosentezini bloke eder [7, 29, 30].	Polyester Naylon Polipropilen Selülozasetat Akrilik
Metaller, Metalik Tuzlar ve Metal oksitler	Örnekler: Cu, Au, Ag, CuSO ₄ , TiO ₂ ve ZnO	Hücre proteinlere, lipitlere ve DNA'ya zarar veren reaktif oksijen türleri üretir	Pamuk Yün Polyester Naylon
Kitosan		Düşük Mw: mRNA sentezini inhibe eder ek protein sentezini engeller [12,33]; Yüksek Mw: Hücre içi maddelerin sızmasına neden olur veya temel çözünenlerin hücre içine taşınmasını engeller.	Pamuk Polyester Yün
Poli(hekza metilen biguanid) PHMB		Membran fosfo lipidleri ile etkileşir, bozulmasına ve sitoplazmik materyallerin ölümcül sızıntısına neden olur. [7, 34, 35].	Pamuk Polyester Naylon
N-Halaminler	 (Örnek: N-kloro-2,2,6,6-tetrametil-4-piperidinil metakrilat)	Hücre enzimatik ve metabolik süreçleri engelleyerek mikroorganizma tahribatına neden olur.	Pamuk Polyester Naylon Yün

2.2 Aktif Antimikrobiyal Ajanlar

Ticari tekstillerde kullanılan antimikrobiyal ajanların çoğu, kimyasal ve yapısal özelliklerine ve mikrobiyal hücreler içindeki belirli hedef bölgelere afinite seviyelerine göre farklı şekillerde hareket eden biyositlerdir. Bu farklı eylem modları şunlar olabilir: [19-22]:

- Bakteri türlerinin yaşamı ve hayatta kalması için kritik olan hücre duvarı sentezinin hasar görmesi veya inhibisyonu;
- Maddelerin hücre içi ve hücre dışı akışını düzenleyen önemli bir engel olan hücre zarı fonksiyonunun inhibisyonu, hücrelerin hayatta kalması için hayati çözünen maddelerin sızmasına neden olabilir;
- Hücre enzimlerinin ve yapılarının temeli olan protein sentezinin inhibisyonu, sonuç olarak organizmanın ölümüne veya büyümesinin ve çoğalmasının inhibisyonuna yol açar;
- Bazı antimikrobiyal ajanların DNA veya RNA sentezi sürecinde yer alan bileşenlere bağlanması nedeniyle nükleik asit sentezinin (DNA ve RNA) inhibisyonu. Bu engelleme, normal hücresel süreçlere müdahale ederek mikropların çoğalmasını ve hayatta kalmasını tehlikeye atar;

Diğer metabolik süreçlerin inhibisyonu, örneğin bakterilerin DNA sentezi için önemli olan öncülleri üretmesi için gerekli olan folik asit yolunun bozulması.

Çizelge 2.1'de tekstillerde kullanılan başlıca antimikrobiyal ajanlar, kimyasal yapıları, etki modları ve birlikte kullanıldıkları ana liflerin bir özeti sunulmaktadır.

2.2.1 Nanopartiküller

Farklı bileşikler arasında nanoparçacık bazlı kaplamalar hem doğal hem de sentetik tekstillerde oldukça yaygındır. Gümüş nanopartiküller (AgNP'ler), uzun süreli dayanıklılık ve artırılmış boyanabilirlik ile birlikte insan hücrelerine karşı daha düşük toksisite ile çok çeşitli mikroplara karşı güçlü toksisiteye sahiptir. Gümüş (Ag) nanomalzemeler, kendi kendini temizleme ve antimikrobiyal aktiviteleri ile tanınmaktadır [8]. AgNP'ler (~ 10 nm boyutunda) ayrıca SARS-CoV-2'ye (COVID-19'a neden olan virüs) karşı antiviral aktivite göstermiştir [9]. Gümüşün yanı sıra titanyum, kalay, çinko, altın ve bakır gibi diğer metaller ve metal oksit nanoparçacıkları da farklı doğal ve sentetik tekstillere uygulanmıştır. Önerildiği gibi, fonksiyonelleştirilmiş CuONP'lerle kaplanmış tekstil malzemelerinin Gram pozitif ve Gram negatif bakterilere karşı antimikrobiyal aktivitesi, bakır iyonlarının salınımı,

CuO NP'lerinin bakterilerle doğrudan teması ve reaksiyon üretimi gibi üç ana mekanizmaya bağlanabilir. oksijen türleri [10].

Nano yapılı inorganik malzemelerin biyosentezi ve uygulamaları, antimikrobiyal tekstilin geliştirilmesinde önem kazanmıştır. Badem kabuğu özü kullanılarak sentezlenen selenyum süpürgeler, morfolojide 15 s'de NP'lerden selenyum süpürgelere 45 dakikada zamana bağlı değişiklikler gösterdi. Bu yapılara sahip pamuk kaplı kumaş, *Bacillus subtilis*'e karşı aktivite sergilemiştir [11].

Oligo kitozan (yengeç kabuklarından elde edilen) ve nano silika (pirinç kabuğundan elde edilen) kullanılarak sentezlenen fonksiyonel çevre dostu nanohibrit malzeme, yeşil tarım uygulamasında ileri araştırmalara işaret eden *Phytophthora infestans* mantar saldırısına karşı dirençliydi [12].

Aglomerasyonun önlenmesi, istenen morfoloji ve nanopartiküllerin tek tip boyutu, NP'lerle ilgili çalışmalarda her zaman zorlu olmuştur. Ligandlarla kapatma genellikle bu tür zorlukların üstesinden gelmek için kullanılır. Birkaç doğal kapatma maddesi kullanılmıştır ve bunlar ayrıca kumaş üzerinde iyi bir şekilde kaplanmış. Deniz yosunu başlıklı çinko oksit nano-partikülleri (SW-ZnO NP'ler), hem Gram pozitif (*Staphylococcus aureus* ve *Streptococcus pyogenes*) hem de Gram negatif (*Escherichia coli* ve *Klebsiella aerogenes*) bakterileri [13] incelemiştir. Benzer şekilde, pamuklu kumaşa antimikrobiyal aktivite ve UV koruyucu özelliği de gösteren başlıklı ZnO NP'leri hazırlamak için başka bir doğal örtücü ajan olan hurma tohumu özütü kullanıldı [14]. Amino başlıklı NP'lerle kaplanmış fonksiyonel pamuklu kumaş, iki aşamalı sol-jel kullanılarak üretildi ve hidrotermal yöntem, *S. aureus* ve *E. coli*'ye karşı etkili bir antibakteriyel aktivite gösterdi [15].

Selüloz bazlı kumaş, yüzeyde NP'lerin verimli stabilitesini elde etmek için ön aktivasyon veya ön işlem gerektirir. Dayanıklı, fonksiyonel bir tekstil geliştirmek için bazı insan derisi dostu biyo-yapışkan kimyasalların veya yöntemlerin araştırılması gerekir. Enzimatik çapraz bağlı fenolik gallik asit ağı kullanılarak ZnO NP'lerin eşzamanlı sonokimyasal birikimi, sıcak suda birkaç yıkama döngüsünden sonra bile yüksek antibakteriyel etkinlik göstermiştir [16].

2.2.2 Kuaterner amonyum bileşikleri (QAC'ler)

Çözeltideki N atomunda pozitif yük taşıyan bu katyonik ajanlar, genellikle iyonik etkileşim ile bir anyonik lif yüzeyine bağlanır [12]. QAC'ler ($R_4N^+X^-$) 191 bileşikten oluşan büyük bir grubu temsil eder ve geleneksel olarak QAC terimi, bir hidrofobik alkil zincirinden

ve bir hidrofilik muadilinden oluşan lineer alkil amonyum bileşiklerinin bir alt grubunu belirtir. Tekstil endüstrisinde uzun alkil zincirleri (12-18 karbon atomu) içeren bileşikler, çoğunlukla pamuk, polyester, naylon ve yün için en çok kullanılanlardır [9, 23]. Bu bileşiklerin antimikrobiyal etkisi, alkil zincir uzunluğuna, perflorlu grubun varlığına ve moleküldeki katyonik amonyum grubunun sayısına bağlıdır [12].

Bu bileşikler, Gram pozitif ve Gram negatif bakteriler, mantarlar ve belirli virüs türleri gibi çok çeşitli mikroorganizmalara karşı aktiftir [12,24]. Örneğin, yüzeyi kuaterner amonyum parçaları ile modifiye edilmiş poli(D,L-laktid) (PDLLA) lifli membranlar, Gram pozitif (*Staphylococcus aureus*)'a karşı yaklaşık %99,999'luk bir antibakteriyel etkinlik sunmuştur.

Genellikle antibakteriyel etkinin, yüzey pozitif yükleri ile hücre zarı negatif yüklerinin etkileşimine dayandığı ve bunun membran geçirgenliğinin kaybı ve hücre sızıntısı ile sonuçlandığı tartışılmıştır [25]. Aslında, antimikrobiyal etki, katyonik amonyum grubu ile mikrobun negatif yüklü hücre zarı arasındaki çekici etkileşimler tarafından tetiklenir. Hücrelerle temasa geçtiğinde, hücre zarlarının zarar görmesi, proteinlerin denatürasyonu ve çoğalmayı önleyen DNA üretiminin inhibisyonu dahil olmak üzere farklı antimikrobiyal etki modları sunabilirler [26].

QAC'lerin etkinliğine rağmen, tekstilde hızlı bir konsantrasyon azalmasına neden olan fiziksel bağlanma eksikliği nedeniyle tekstilden sızma gibi bir dezavantaj sunarlar. Örneğin, karboksilik veya sülfonat grupları içeren Acrilan® ve Orlon® ticari polyester lifleri durumunda, QAC'ler yıkandığında kaynamaya yakın koşullar altında doğrudan tükenebilir [27,28]. Ayrıca, BIOGUARD® (Hamilton, Yeni Zelanda), Sanigard KC ve Sanitized® (Burgdorf, İsviçre) gibi Çizelge 2.2'de gösterildiği gibi izole edilmiş aktif ajanlar şeklinde QAC bazlı ticari ürünler de vardır [29].

Çizelge 2.2 : Ticari olarak temin edilebilen antimikrobiyal izole ajanlar [29].

Ticari İsim	Firma	Özellik
agion®	Bilim	Gümüş ve zeolit bazlı katkı maddesi
AlphaSan®	Milliken Kimya	Gümüş bazlı katkı maddesi
BioGuard®	AEGIS Mikrop Kalkanı™	Son işlem maddesine dayalı 3-trimetoksi sililpropil dimetil oktadesil amonyum klorür
Biozac ZS	Zschimmer&SchwarzMohsdorf GmbH &Co KG	PHMB bazlı terbiye maddesi
Cosmocil CQ™	Londra	Poli(aminopropil biguanid) bazlı katkı maddesi
Eosy®	Unitika	Kitosan bazlı terbiye maddesi
Irgaguard® 1000	BASF (Ciba)	Triklosan bazlı apre maddesi
Irgasan	Sigma Aldrich	Triklosan bazlı apre maddesi
Microban®	Mikroban Int.	Triklosan bazlı ajan
Reputex™	Londra	PHMB bazlı terbiye maddesi
Sanigard KC	L. N. Kimya Endüstrileri	QAC grubuna ait bitirme maddesi
Saniguard Nano-ZN	L. N. Kimya Endüstrileri	Çinko oksitin sulu nanodispersiyonuna dayalı bitirme solüsyonu
Sanitized®	SANITIZED AG	Son işlem maddesine dayalı 3-trimetoksi sililpropil dimetil tetradecil amonyum klorür
Silpure®	Thomson Research Associates	İnce gümüş parçacıklara dayalı apre maddesi
Silvador™	Dow KimyaŞirketi	Gümüş iyonları ile iç içe geçen polimer ağı
SmartSilver®	NanohorizonInc.	Gümüş nano parçacıklara dayalı ajan
Silvérion2400	PURE Bioscience	Stabilize gümüş kompleksi bazlı ajan

2.2.3 Triklosan

Triklosan, çoğu katyonik biyositin aksine çözeltelerde iyonize olmayan kokusuz sentetik klorlu bisfenoldür ve yıkamaya karşı dayanıklılığını artırır. Gram-negatif ve Gram-pozitif bakterilere karşı geniş bir etki yelpazesine sahiptir, ancak aynı zamanda bazı antifungal ve antiviral özellikler sunar [29, 30, 47]. Bu biyosit ajan esas olarak fosfolipidler,

lipopolisakkaritler ve lipoproteinler gibi lipid biyosentezini bloke ederek etki eder ve hücre zarlarının bütünlüğünü etkiler [29, 30].

Son 30 yılda, bu ajan sabunlar, losyonlar ve kremler, diş macunları, gargaralar, koltuk altı deodorantları dahil olmak üzere birçok tüketici ve profesyonel sağlık ürününde en verimli ve yaygın olarak kullanılan bisfenol haline geldi ve ayrıca tekstil kumaşlarına ve plastiklere dahil edildi. [7,29]. Triklosan esas olarak polyester, naylon, polipropilen, selüloz asetat ve akrilik elyaflarla birlikte kullanılır. Piyasada, Microban® (Cannock, Birleşik Krallık) ve Irgaguard® (Ludwigshafen) gibi, ya bir bitirme seçeneği için izole bir ajan olarak ya da fiberlere dahil etmek için triklosana dayalı birkaç ürün bulunmaktadır. , Almanya) 1000, hatta BiofresH™ (Salem, MA, ABD) ve SilfresH® (Magenta, İtalya) [7, 12, 29, 48] gibi fiber veya kumaş formunda zaten dahil edilmiştir.

Bununla birlikte, triklosanın sağlık dışı ortamlarda son zamanlarda yaygın kullanımı, belirli antibiyotiğe çapraz dirençli suşlar için seçici baskı potansiyeli nedeniyle, triklosana bakteriyel direnç oluşturmaya nedeniyle büyük bir endişe kaynağıdır [30, 47, 49]. Ayrıca, sulu çözeltilerde triklosanın 2,8-diklorodibenzo-p-dioksine rapor edilen fotokimyasal dönüşümü, toksisitesinden dolayı başka bir büyük endişe kaynağıdır [50, 51].

2.2.4 Metaller ve metalik tuzlar

Esansiyel olmayan metaller, hem serbest halde hem de bileşiklerde son derece düşük konsantrasyonlarda çoğu mikrop için aşırı derecede toksik olabilir. Biyosidal aktivitelerinden dolayı, çoğunlukla gümüş, aynı zamanda bakır, çinko ve kobalt bazlı farklı metal, oksit veya tuz bileşikleri, tarım, sağlık ve diğer endüstriler için tekstillerde antimikrobiyal ajanlar olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Çoğu zaman metaller, oldukça pahalı metal formları nedeniyle tuz bazlı katkı maddeleri formunda kullanılmaktadır [9]. Metale bağlı olarak biyosidal etkileri, metal indirgeme potansiyeli ve/veya metal donör atom seçiciliği ve/veya türleşme (evrim sürecinde yeni türlerin oluşumu) tarafından tetiklenebilir. Bu nedenle redoks-aktif esansiyel metaller, hücresel proteinlere, lipidlere ve DNA'ya zarar vererek oksidatif stresi indükleyebilen reaktif oksijen türlerini üreten veya katalize eden çok çeşitli hücre enzimlerinde katalitik kofaktörler olarak hareket edebilir. Genel olarak metal iyonları, güçlü ve seçici etkileşimlerle O, N ve S gibi bazı donör ligandlara bağlanır. Böylece, harici metal iyonları veya bunların kompleksleri, Fe-S kümelerinde olduğu gibi biyomoleküllerde bulunan orijinal metallerin yerini alabilir ve hücresel işlev bozukluğuna yol açabilir [31, 32].

Gümüş parçacıkların antimikrobiyal özelliklerinden genel tekstillerde uzun süredir yararlanılmıştır, ancak çoğunlukla bazı biyomedikal tekstillerde, geniş spektrumlu etkisi hastane kaynaklı enfeksiyonlarla ilişkili polimikrobiyal kolonizasyonda özellikle önemlidir [6, 7]. Gümüş, çok çeşitli Gram pozitif ve Gram negatif bakterilere, yani *Pseudomonas aeruginosa*, *S. aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *E. coli* ve *Klebsiella pneumonia*'ya karşı bakterisidal bir aktivite ortaya koymuştur [52]. Avrupa'daki üretici anketlerinden elde edilen piyasa verileri, gümüş tuzlarının tekstilde en yaygın kullanılan gümüş formu olduğunu ve %79'luk bir paya sahip olduğunu, metalik gümüş ve gümüş iyon değiştiricilerin ise tekstilde kullanılan gümüşün %13 ve %8'inden sorumlu olduğunu göstermiştir, sırasıyla [7, 9]. Ek olarak, gümüş içeren ürünler de yara onarım tekstil membranları için ilgi çekici malzemelerdir. Metalik gümüş, cilt yüzeyindeki nemle veya yara sıvılarıyla reaksiyona girer, ardından gümüş iyonları salınır ve bakteri RNA ve DNA'sına zarar vererek replikasyonlarını engeller. Antimikrobiyal etkiye ek olarak, sürekli gümüş salımı olan tekstil ürünleri ayrıca yara eksüdalarını ve kokusunu da yönetebilir. Bununla birlikte, bakteriyel gelişimi hakkında bazı endişeler dile getirilmiştir.üm şekil ve çizelgeler ile bunların açıklamaları yazı bloğuna göre ortalı olarak yerleştirilmelidir.

2.2.5 Gümüş bazlı ürünlere karşı direnç

Metal nanoparçacıklar, daha yüksek bir yüzey alanı sundukları ve daha büyük parçacıklarla karşılaştırıldığında belirli bir çözeltide daha hızlı çözünebildikleri, dolayısıyla daha yüksek miktarda metal iyonu saldıkları ve daha güçlü bir antimikrobiyal etki sundukları için aslında ilginç bir yaklaşım olarak sunulmaktadır. Ayrıca diğer bir avantajı da liflerin polimerik matrislerine kolayca gömülmeleridir [12, 32]. Gümüş nanoparçacıkların yanı sıra, örneğin sol-jel yöntemi kullanılarak tekstillerle ilişkilendirilmek üzere CuO, ZnO ve TiO₂ nanoparçacıkları da geliştirilmiştir [32, 53]. ZnO'nun mikroorganizmalar üzerinde SiO₂, MgO veya TiO₂ gibi diğer metal oksitlerden daha iyi bir etki gösterdiği rapor edilmiştir. Ek olarak, antibakteriyel aktivite ile 212 ve 12 nm arasındaki ZnO partikül boyutu arasındaki ilişki incelenmiştir. Antibakteriyel aktivitenin nanopartiküllerin boyutu ile ters orantılı olduğu gözlenmiştir [54, 55]. Faruk et al. ZnO ve kitosan'ın antimikrobiyal gücünü birleştirmek ve hatta kitosan tarafından sunulan tekstil substratları ile güçlü kimyasal bağ eksikliğinin üstesinden gelmek için pamuklu kumaşları kaplamada bir ZnO nanoparçacık-kitosan kompoziti geliştirdiler. Düşük moleküler ağırlıklı kitosanlı ZnO nanoparçacık-kitosan kompoziti, daha iyi bir antibakteriyel aktivite gösterdi. Yazarlar bu fenomeni, kompozitin moleküler ağırlığı daha düşük olduğunda çözeltideki polimerik zincirlerin daha

iyi hareket etmesinden dolayı nanopartiküllerin ortama muhtemelen daha iyi hareketiyle açıkladılar [55].

Son birkaç yılda, metalle işlenmiş bazı tekstillerin ticari ölçekte üretilmesiyle ilgili tüm maliyet, çevresel ve teknik zorluklara rağmen, endüstride yeni verimli antimikrobiyal tekstiller geliştirmek için önemli çabalar sarf edilmiştir. Gümüş, artık çok sayıda ticari antimikrobiyal üründe, ya izole bir formda, fiber terbiye veya birleştirme için ya da fiber veya kumaş formunda kullanılmaktadır. Bir ajan olarak, örneğin, gümüşün ultra ince metalik parçacıklar biçiminde olduğu ve apre aşamasında kumaşlara uygulanabileceği Ultra-Fresh® ve Silpure® ürünleri vardır. Son zamanlarda, SmartSilver® ticari adı altında gümüş nanopartiküller, tutumunu ve boyanabilirliğini koruyarak yüne apre olarak uygulanmak üzere geliştirildi [7, 56]. Örneğin MicroFresh® ve SoleFresh®, Bioactive® polyester liflerinin yanı sıra dahil edilmiş gümüş ile sırasıyla polyester ve naylon polimerik matris bazlı tekstil iplikleridir [7]. Mevcut diğer bir ürün ise, uygulandığında tekstil kumaş yüzeyinde gümüş iyonları ile çözünmeyen, iç içe geçen bir polimer ağı oluşturan ve 50 yıkamaya kadar son derece dayanıklı bir antimikrobiyal etki sağlayan Silvadur™'dur [57].

2.2.6 Kitosan

Kitosan, yengeçler ve karidesler gibi kabukluların dış iskeletinden ve hatta birkaç mantarın hücre duvarlarından ekstrakte edilen kitinin deasetilasyonundan kaynaklanan doğal ve hidrofilik bir kopolimerdir. Bir $\beta(1-4)$ -glikosidik bağ ile bağlanan D-glukozamin ve N-asetil-D-glukozamin olmak üzere iki monomerik üniteden oluşur [12, 57]. Bu lineer polisakkarit, biyoyumluluğu, toksik olmaması, kanserojen olmaması ve antimikrobiyal aktivitesi nedeniyle çoğunlukla tıbbi uygulamalar için tekstil terbiyesi için geniş çapta çalışılmıştır [13, 58, 59]. Çoğunlukla pamuk, polyester ve yün liflerini bitirmek için kullanılır ve mantarlar, algler ve bazı bakteriler de dahil olmak üzere geniş bir mikroorganizma yelpazesine karşı antimikrobiyal aktivite göstermiştir [7, 33, 60, 61].

Kitosanın antimikrobiyal etki modu, kitosan molekül ağırlığı (Mw) ve polimerizasyon derecesi, deasetilasyon derecesi, ortamın pH'ı ve mikroorganizma türü gibi içsel faktörler ve çevresel koşullardan etkilenir [7, 12, 33, 60]. Bununla birlikte, genellikle ilk adımın her zaman birincil amin grubunun pozitif yükleri ile mikropların yüzeyindeki negatif yükler arasındaki etkileşime dayandığı kabul edilir. Daha sonra, düşük Mw suda çözünür kitosan durumunda hücre duvarına nüfuz edebilir, DNA ile birleşebilir ve mRNA sentezini engelleyerek protein sentezini engelleyebilir [12, 33]. Daha yüksek yoğunlukta

pozitif yükler sunan yüksek Mw suda çözünür kitosan durumunda, etkileşim hücre zarını değiştirebilir, geçirgenliğini artırabilir, bu da bazı hücre içi maddelerin sızmasına neden olabilir veya çevresinde geçirimsiz bir tabaka oluşturabilir. hücre, temel çözünenlerin hücreye taşınmasını bloke eder [7, 33].

Tekstiller için daha da verimli ve dayanıklı antimikrobiyal işlemler geliştirmek için kitosan ve diğer daha verimli biyosidal ajanlara dayalı kompleksler üzerinde çalışılmıştır. Wang et al. Cu(II), Zn(II) ve Fe(II) dahil olmak üzere iki değerlikli metal iyonları ile kitosan-metal kompleksleri üretti. Kompleksler, Gram pozitif bakterilere (*S. aureus* ve

S. epidermidis), iki Gram negatif bakteri (*E. coli* ve *P. aeruginosa*) ve iki mantar (*Candida albicans* ve *Candida parapsilosis*). Komplekslerin antimikrobiyal etkisi, serbest kitosan veya metal tuzlarından çok daha yüksekti. Yazarlar, fenomenin kompleksleşmeden sonra daha güçlü pozitif yükten kaynaklandığı sonucuna vardılar [59]. Zhou et al. hem Gram pozitif hem de Gram negatif bakterilere karşı mükemmel bir antibakteriyel etkinliğe sahip antibakteriyel polipeptit aşı kitosan bazlı nanokapsüller üretti [62].

Tekstiller için bir antimikrobiyal ajan olarak kitosan'ın, bitim işlemi olarak veya sentetik liflere dahil edilmek üzere ana dezavantajları, zayıf kullanımı ve pH ve sıcaklık aktivitesine bağımlılığıdır. Kitosan sadece asidik bir ortamda çözünür olduğundan ve pH molekülün pKa'sının (6.3-6.5) altına düştüğünde polikasyonik hale geldiğinden, asidik koşullar için daha güçlü bir antibakteriyel aktivite bildirilmiştir [63]. Ayrıca, depolama sırasında ve sıcaklığa bağlı olarak, viskozite ve Mw gibi bazı spesifik kitosan özellikleri değişebilir, bu da sonuç olarak biyosit etkinliğini etkiler [64].

2.2.7 Doğal bileşikler

Patojenik bakterilerin antibiyotik direncinin ortaya çıkması nedeniyle, bitkilerden ve bitkilerden ekstrakte edilen antimikrobiyal bileşikler, tekstillerde mikrobiyal büyümeyle mücadele etmek için alternatif bir terapötik strateji olarak da kapsamlı bir şekilde incelenmiştir [15, 16, 65]. Farklı mantar ve bakteri patojenlerine karşı geniş bir aktivite spektrumuna sahip birkaç bitki bazlı bileşik tanımlanmıştır ve ticari olarak mevcuttur [66-68]. Bu doğal bileşikler antimikrobiyal amaçlarla kullanmanın temel avantajı, sentetik kimyasallarla sıklıkla ilişkili yan etkileri sergilememeleridir. Şimdiye kadar, bu doğal kimyasallara karşı antimikrobiyal direnç raporu yayınlanmadı.

Antimikrobiyal etkilerinin mekanik temelleri hakkında araştırma olmamasına rağmen, dirençli bakteri suşlarının seçiminden kaçınarak mikrobiyal direncin muhtemelen

çoklu etki mekanizmaları tarafından önlendiği varsayılmaktadır [15, 16, 66]. Ayrıca, bu maddeler güvenlik, kolay bulunabilirlik, cilt için toksik olmayan ve çevre dostu olan etkili bir antimikrobiyal etki gösterebilir [15, 16].

Bu bileşiklere ek olarak, her canlı organizmada bulunan doğal savunmacı amino asitler ve peptitler de antimikrobiyal tekstil uygulamaları için umut verici adaylar olarak kabul edilmiştir. Bu antimikrobiyal peptitler (AMP'ler), hem Gram pozitif hem de Gram negatif bakteriler dahil olmak üzere çeşitli mikroorganizmalara karşı geniş bir antimikrobiyal aktivite spektrumu sunan çok sayıda küçük proteindir [69, 70]. Omurgalı olmayanlarda ve omurgalılarda çeşitli ailelerden birçok farklı AMP keşfedilmiştir ve bunlar küçük boyutları (12-50 amino asit), pozitif yüklerinden sorumlu ve lizin kalıntıları ve amfipatik bir yapı ile etkileşime giren bir amfipatik yapı ile karakterize edilir. mikrobiyal membranlar. Genellikle boyutlarına, konformasyonel yapılarına veya baskın amino asit yapılarına göre sınıflandırılırlar. Birkaç çalışma, AMP'lerin etki mekanizmasını tanımlayan farklı hipotezler önermiştir, yani bunlar makromoleküler sentezden (yani, RNA, DNA sentezi) aktif olarak solunum yapan hücrelerden ATP kaybına kadar birçok iç hücresel süreci etkileyebilir [69-71]. Daptomisin (Cubicin®, Cubist Pharmaceuticals), pexiganan ve psoriasis gibi birçok peptit tıpta halihazırda kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra, Gram pozitif patojenlere karşı güçlü bakterisidal aktivite ortaya koyan plektasin NZ2114 gibi şu anda geliştirilmekte olan ilginç özellikler sergileyen birçok yeni antimikrobiyal peptit vardır [69, 70, 72]. Bir başka verimli AMP, yün ve poliamidin biyofonksiyonelleşmesini desteklemek için başarıyla kullanılan ve bu liflere dayanıklı bir antimikrobiyal etki sağlayan L-sisteindir [73].

Polibiguanidler, alifatik zincirlerle ayrılmış katyonik biguanid tekrar birimlerinden oluşan polikasyonik aminlerdir. En çok kullanılan biguanid bazlı polimerlerden biri, katyonik biguanid gruplarının hidrofobik heksametilen grupları arasında serpiştirildiği hidrofobik bir omurgaya sahip olan poli(heksametilen biguanid) (PHMB)'dir [34,35]. PHMB'nin hem katyonik hem de hidrofobik özellikleri, elektrostatik ve hidrofobik etkileşimler yoluyla mikrobiyal hücre zarları ile etkileşime girdiğini göstermektedir. Membran fosfolipidleri ile olan bu etkileşimler, hücre zarının bozulmasına ve sitoplazmik materyallerin ölümcül sızıntısına neden olur ve artan polimerizasyon seviyeleri ile aktivitesi ağırlık bazında artar [7, 34, 35].

PHMB'nin ticari mevcut uygulamaları temel olarak sağlık (gargaralar ve yara örtüleri), giyim, ev ve su arıtma tekstilleridir [7, 35]. Biozac ZS ve Reputex® (ortalama 16

biguanid birimi ile) gibi ilgili tekstil ürünleri bulunan bazı PHMB bazlı ürünler halihazırda piyasada görüldü, ancak yalnızca bir bitirme formu olarak. Purista® ticari markası altında daha uzun olması nedeniyle, Reputex® daha fazla katyonik bölge sunarak lif yüzeyine daha güçlü bir bağlanmayı ve ayrıca daha yüksek biyosidal aktiviteyi destekler [7, 12, 34].

Kurkumine ek olarak, antimikrobiyal kumaş geliştirmek için ekstrakte edilmiş ve kullanılan birçok doğal aktif madde vardır. Bitki özü, uçucu yağlar ve hayvansal ürünler, örneğin bal uygulaması da yara enfeksiyonlarını yönetmek için kumaşlarda kullanılmıştır. Antimikrobiyal aktiviteleri için çeşitli doğal boyalar, pigmentler ve mordanlar da araştırılmıştır.

Sürdürülebilir antimikrobiyal tekstil terbiyesi, siklodekstrinler gibi bazı doğal bileşikler kullanılarak geliştirilebilir. Bu siklik oligosakkaritler, hidrofilik bir dış yüzeye ve lipofilik bir merkezi boşluğa sahiptir. Siklodekstrin ve türevlerinin (α -siklodekstrin, β -siklodekstrin ve γ -siklodekstrin) tekstil endüstrisinde kullanımı artmaktadır [17]. Lignin, bitkilerde mikrobiyal saldırılara karşı direnç sağlar. Bu koyu renkli fenolik bileşik, genellikle selüloz lifleri elde etmek için işlem sırasında çıkarılır. Şeker kamışı küspesinden yapılan lignin kaplı bir kumaş, *Staphylococcus epidermidis*'e karşı antibakteriyel aktivite sergiledi. Lignin kaplama konsantrasyonu, temastan sonraki 6 saat içinde daha fazla yayılmayı önlemek için bakteri üremesinin inhibe edilebileceğini öne süren MIC'sine dayanıyordu [18]. Kitosan, antimikrobiyal ve koku önleyici özelliğinden dolayı genellikle antimikrobiyal tekstil hazırlama ve işlemede kullanılır. Kitosan, kitinin alkali deasetilasyonu ile elde edilen katyonik bir polisakkarittir.

Selülozik kumaş üzerine kitosan hidrojel uygulaması, *S. aureus*, *E. coli* ve *Listeria monocytogenes*'e karşı antibakteriyel aktivite kazandırdı [19]. Aksine, bir rapor, pamuk ve polyester kumaşlar silika sols ve kitosan kombinasyonu ile kaplandığında antimikrobiyal özelliklerin kitosandan önemli ölçüde etkilenmediğini öne sürmüştür [20]. Bununla birlikte, doğal biyobozunur polimerlerden elde edilen yenilebilir kitosan/pektin bazlı gümüş nanoparçacık filmleri, *E. coli*'ye karşı etkili antibakteriyel aktivite göstermiştir. Bu antimikrobiyal filmler, ürünlerin raf ömrünü uzatabilir ve gıda paketlenme amacıyla kullanılabilir [21].

2.2.8 Yenilenebilir N-Halaminler

N-halaminler, nitrojen ve genellikle klor (N-Cl) olan bir halojen (N-X) arasında bir veya iki kovalent bağ içerebilen heterosiklik organik bileşiklerdir, ancak brom veya iyot da

olabilir. Bu kovalent bağlar, seyreltik sodyumda amin (RR_1NX), amid ($C(O)NXR$) veya imid ($C(O)NXC(O)$) gruplarının klorlanmasıyla oluşturulabilir. Eğilimi yapılarına göre belirlenen, farklı stabilite seviyeleri sunan hipoklorit: imid < amid < amin. Bununla birlikte, bu üç N-halamin tipinin antimikrobiyal etkinliği ters sırayı takip eder: imid > amid > amin [12, 74, 75]. N-halaminler, su varlığında Cl'nin H ile elektrofilik ikamesi ile tetiklenen geniş bir bakteri, mantar ve virüs spektrumuna karşı bir biyosit etkisi sunar. Serbest Cl katyonları mikroorganizmalar üzerindeki alıcı bölgelere bağlanarak hücre enzimatik ve metabolik süreçleri engelleyerek mikroorganizma yıkımına neden olur [8, 12]. Ancak amaca bağlı olarak, kullanılacak halamin türü seçilirken stabilite ve etkinlik seviyeleri dikkate alınacaktır. Mikroorganizmaları hızla yok etmek amaçlanıyorsa imid N-halamin bileşikleri kullanılmalıdır, ancak tekstilin antimikrobiyal özelliklerini uzun süre sürdürmek amaçlanıyorsa amin N-halamin doğru seçim olacaktır [75].

Geniş etki yelpazesine, uzun vadeli stabiliteye ve düşük maliyete ek olarak, bu antimikrobiyal ajanların ana avantajı, aktif olmayan maddeyi basitçe Cl veya Br donör bileşikleriyle reaksiyona sokarak yeniden şarj ederek antimikrobiyal etkilerini sürekli olarak geri dönüştürme olasılığıdır. Çamaşır yıkama sırasında ağartma solüsyonu kullanarak sodyum hipoklorit, sodyum hipobromit, trikloroizosiyanürik asit veya sodyum diklorosiyanat gibi [75].

Bir dezavantaj olarak, bazı çalışmalar, tekstillerin N-halamin ile işlenmesinin, lif yüzeyinde önemli miktarda adsorbe edilmiş Cl veya hatta diğer halojenlerle sonuçlanabileceğini bildirmiştir. Bu kalıntılar hoş olmayan bir kokuya ve hatta kumaşların renginin bozulmasına neden olabilir, bu da tekstil endüstrisi için bir dezavantajdır [75].

Bu bileşikler, kitosan, selüloz, pamuk, poliamid ve polyester lifleri dahil olmak üzere farklı tipteki tekstil liflerine kovalent olarak uygulanmıştır [75]. N-halamin polimerleri, bir sonraki bölümde tartışıldığı gibi polimerizasyon yaklaşımı, elektrojenerasyon veya sadece polimerik yüzeylere kimyasal aşılama olmak üzere üç farklı yaklaşımla hazırlanabilir [85]. Ayrıca, daha geniş yüzey alanına sahip antibakteriyel malzemeler, bakterilerle temas etmek için daha fazla N-halamin fonksiyonel bölge sunarak daha yüksek biyosidal etki gösterdiğinden, nano-N-halamin kompozitleri geliştirmek için bazı araştırmalar yapılmıştır.

2.2.9 Diğer kimyasallar ve tedaviler

Halojenler, antimikrobiyal özellik kazandırmak için kumaşın işlenmesinde kullanılmıştır. Oldukça etkili antibakteriyel özelliğe sahip fonksiyonel lifler, polidopamin

bazlı bir kaplama üzerine bir *N*-halamin yapısının eklenmesiyle üretildi. *N*-halamin işlevli polidopamin bazlı kaplamalar, *S. aureus* ve *E. coli*'ye karşı antibakteriyel aktivite sergilemiştir [22]. Halojenli fenoller, örneğin klorofenoller de antimikrobiyal tekstil aprelerinde kullanılmıştır. Biguanidlere (polikasyonik aminler) dayalı aktif polimerler, elektrostatik çekimler yoluyla bakteri hücrelerini yok edebilir [23]. Pamuklu kumaşlar, silikon ve nitrojen içeren bileşik, poli [3-(5,5-siyanürik asitpropil)-siloksan-ko-trimetil amonyum-propil siloksan klorür] ile fitik asit ile katman katman düzenek (Pamuk-PEI/ (PCQS/PA)30-Cl). Muamele edilen pamuklu kumaşlar, 1 dakikalık temas süresi içinde %100 *E. coli* ve *S. aureus*'u azaltmıştır [24].

Plazma işlemi, çevre dostu yeniden şarj edilebilir antimikrobiyal apreği birleştirmek için farklı kumaşların yüzey özelliklerini değiştirmek için düşük maliyetli ve kimyasal içermeyen bir yöntem olarak önerilmiştir. 5,5-dimetilhidantoin (ped-plasma-dry-cure) ile dolgu yapıldıktan sonra nitrojen plazma ile işlenen ve sodyum hipoklorit ile klorlanan pamuklu kumaş, *S. aureus*'a karşı antibakteriyel özelliğini geliştirdi [25]. Plazmayla aktive olan yüzey üzerinde gümüş nanoparçacıkların birikmesi, antimikrobiyal özellik sergiledi [26]. Benzer şekilde, dielektrik bariyer deşarjlı plazma ile işlenmiş poliamid 6,6 kumaş, daha yüksek Ag NP birikimi gösterdi [27].

2.3 Antibakteriyel Tekstil Çeşitleri

2.3.1 Antibakteriyel kumaşlar

Tekstil numunelerinin antimikrobiyal özelliklerinin belirlenmesi için kullanılan bir takım yöntemler vardır. Bazı durumlarda aktif madde (veya kimyasal bileşim) tek başına test edilebilir. Aktif maddenin antibakteriyel aktivitesi, Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) [34] tarafından önerilen farklı yöntemler kullanılarak test edilebilir. Görsel belirlemeye (optik yoğunluk ölçümü) dayalı en geleneksel, verimli ve güvenilir broth mikrodilüsyon yöntemleri olarak görülmektedir. Minimum inhibitör konsantrasyon (MIC) değeri, büyümeyi engelleyebilen en düşük konsantrasyon olarak tanımlanır. test edilmiş bakteri türleri. Minimum bakterisidal konsantrasyon (MBC), MIC'yi değerlendirmek için kullanılan antimikrobiyal bileşiğin farklı konsantrasyonlarına maruz kalan hücrelerin taze büyüme ortamında alt kültürlenmesiyle belirlenir ve hiçbir büyüme gözlenmediğinde tanımlanır.

Tüp seyreltme yöntemi, antimikrobiyal bileşiklerin etkinliğini değerlendirmek için önemli bir faktör olan mikroorganizmalara karşı İnhibitör konsantrasyonlarının (IC50) hesaplanması için de kullanılabilir. Deneylerin çoğu, genellikle liç tipi kumaş hazırlandığından, bu bileşiklerin mümkün olan maksimum yapışma ile doğrudan kaplanmasına dayanıyordu. Ancak bazı çalışmalarda Ag NP'ler, ZnO NP'ler ve karışık Ag/ZnO NP'ler dahil olmak üzere farklı NP'lerle emprenye edilmiş antibakteriyel bandajların hazırlanması sırasında gösterildiği gibi NP'lerin emprenye edilmesi için MIC değeri kullanılmıştır. Bu nanoparçacıklar arasında Ag NP'ler *Acinetobacter baumannii* ve *Pseudomonas aeruginosa*'ya karşı en etkili olanlardı [77]. Antimikrobiyal bileşiğin MIC tayini, nihai olarak malzeme fiyatını belirleyen bakteri üremesini engellemek için gereklidir. Bu fiyat-performans endeksi, antimikrobiyal tekstil geliştirmek için antimikrobiyal ajanlar olarak şeker kamışı küspesinden elde edilen ticari gümüş nanopartiküller ve lignin ekstraktları için hesaplandığında, biyo-bazlı ajanların kullanımının ekonomik olabileceğini öne sürdü.

Bileşiklerin bakterisidal ve bakteriyostatik doğasının doğrulanması, antimikrobiyal bileşiğin MIC tayini için kullanılan berrak sıvı besi yerinin yeniden aşılmasıyla yapılabilir. Tekstilin antimikrobiyal özelliği, 'Kumaş Disk Difüzyon Testi' ile belirlenebilir. Aşılınmış agar yüzeyine dairesel bir numune lifi diski yerleştirilir. İnkübasyondan sonra ortaya çıkan bir inhibisyon bölgesi, numunenin antimikrobiyal özelliğini doğrular.

Helichrysum arenarium metanolik ekstraktının *S. aureus* ve *E. coli*'ye karşı antibakteriyel aktivitesini belirlemek için disk difüzyon yöntemi uygulandı. Bu doğal boyar maddelerle boyanmış yün kumaşlar da önemli antimikrobiyal aktivite göstermiştir [78]. Bazı antimikrobiyaller seçici olabilir ve *S. aureus*, *B. subtilis*, *P. aeruginosa*, *E. coli* ve *Proteus vulgaris*'e karşı test edildiğinde nano selenyum süpürgelerde olduğu gibi spesifik bakterilere karşı kullanılabilir, belirtilen minimum inhibitör konsantrasyonlar ve minimum bakterisidal konsantrasyonlar sadece *B. subtilis*'e karşı etkinliği, bu nedenle *Bacillus* ile ilişkili Bakteriyemi vakasını azaltmak için ameliyathanelerde özel olarak kullanılması önerilmiştir.

2.3.2 Mantar önleyici tekstil

Disk difüzyon ve tüp seyreltme, her iki yöntem de tekstilin fungisidal ve fungistatik yapısının belirlenmesi için kullanılabilir. Filamentli mantarlar, bir dizi doğal substrat üzerinde büyüme yetenekleri nedeniyle kumaşa en çok zarar veren organizmalar olarak kabul edilir. *Cladosporium*, *Alternaria* ve *Aspergillus*, diğerleri arasında yaygın olarak

karşılaşılan mantarlardır. Ag ve C dahil edilerek modifiye silika kullanılarak sentezlenerek hazırlanan antimikrobiyal kumaşlar, üzerinde bu mantarların büyümesinde önemli bir azalma göstermiştir [79]. Gümüş ve çinko iyonları ile guanazol kompleksleri ile kaplanmış pamuklu kumaş, bakteri ve mantar patojenlerine, yani *A. niger*, *Fusarium chlamydosporum* ve *Penicillium sp.* Guanazol-metal kompleksleri ile kaplanmış bu pamuklu kumaşlar, antimikrobiyal özelliğin yanı sıra alev geciktirici özellik de göstermiştir [80]. *Phanerochaete chrysosporium* kullanılarak fungal sentezlenmiş ZnO NP'leri içeren selüloz lifleri, antimikrobiyal aktivite göstermiştir. Bu lifler, fırsatçı patojenik mantar *A. niger*'e, maya *Geotrichum candidum*'a ve ayrıca odunu bozan (selüloolitik) bir mantar *P. chrysosporium*'a karşı antifungal aktivite göstermiştir [81].

2.3.3 Anti-biyofilm tekstili

Bulaşıcı hastalıkların çoğu doğrudan bakteriyel veya fungal biyofilmlerle bağlantılıdır. Tekstilin antimikrobiyal özelliği biyofilm oluşumunu engelleyebilir ve enfeksiyonları azaltabilir. İnorganik (Cu, Zn, Ga, Si veya Ti bazlı) farklı polimerler ve bazı biyolojik bileşenler, örneğin antibakteriyel enzimler veya işlevselleştirilmiş lipidler dahil olmak üzere antibakteriyel, anti-biyofilm veya anti-yapışkan biyoyumlu NP'lerin tekstil üzerine dahil edilmesi, bir Avrupa Komisyonu tarafından finanse edilen endüstriyel liderlik programı, HORIZON 2020 [82].

Anti-biyofilm etkinliğini değerlendirmek için kumaş numunesi, test bakteri suşu ile aşılınmış et suyu ortamında gece boyunca inkübe edilir. İnkübasyondan sonra steril su ile durulandıktan sonra, görsel biyofilm yüksek güçlü mikroskop, konfokal lazer tarama mikroskobu veya taramalı elektron mikroskobu kullanılarak gözlemlenebilir. Bununla birlikte, mor kristal boyama kullanan statik biyofilm tahlili, nanopartiküllerin anti-biyofilm aktivitesinin belirlenmesi için en geleneksel yöntemdir ve spektrofotometrik olarak ölçülebilir [83]. Bu yöntemlerin yanı sıra, eradikasyon veya biyofilmler için tartışılan başka yöntemler de vardır [84]. Propilen imin dendrimerleri ve bunların Cu(II) kompleksleri ile modifiye edilmiş pamuklu kumaş, *P. aeruginosa*'ya karşı iyi bir anti- biyofilm aktivitesi sergiledi. Pamuklu kumaşlar üzerindeki yapışma ve biyofilm oluşumu, taramalı elektron mikroskobu kullanılarak ve işlem görmemiş ve işlem görmüş pamuklu kumaşlarla karşılaştırılarak değerlendirildi [43]. Benzer şekilde, kumaş içeren altın nanopartiküller, gelişmiş *E. coli* ve *S. aureus* biyofilmlerinin canlılığını olumsuz yönde etkilemiştir [85]. P1000- Acrid dendrimer ile işlenmiş pamuklu kumaş da *P. Aeruginosa* -biyofilm gelişimini engelledi [86]. Bu anti-biyofilm kumaşlar, bakteri hücrelerinin liflere yapışmasına izin

vermez veya farklı mekanizmalarla daha yakın temas eden hücreleri öldürmez, dolayısıyla mikropların büyümesine ve bir biyofilm geliştirmesine izin vermez.

2.3.4 Antiviral tekstil

Tekstilin antiviral özellikleri, standart protokol izlenerek belirlenebilir (ISO 18184:2019 Textiles—Tekstil antiviral aktivitesinin belirlenmesi). Bir antiviral bileşiğin belirlenmesi için temel işlem, virüsün test bileşikleriyle muamele edilmesini ve ardından plak tahlili için viral duyarlı hücrelerle kuluçkalanmasını içerir. Tekstil numuneleri için, bazı çalışmalar, viral süspansiyonun hazırlanan tekstil içinden geçirilmesinin veya filtre edilmesinin ve ardından süzütünün antiviral özelliği belirlemek için viral duyarlı hücrelerle inkübe edilmesinin olduğunu göstermiştir. %3 sodyum pentaborat pentahidrat, %0.03 triklosan ve %7 Glucapone ile kaplanmış pamuklu kumaşlar, geniş bir antimikrobiyal aktivite göstermiştir. Muamele edilen pamuklu kumaşlar, test edilen iki virüse, adenovirüs tip 5 ve poliovirüs tip 1'e karşı mükemmel antiviral aktivite gösterdi [6]. 1-kloro-2,2,5,5-tetrametil-4-imidazolidinon kaplı dokunmamış filtrelerin antiviral aktivitesini ve embriyonlu tavuk yumurtalarında hayatta kalan kuş gribi virüslerinin miktarının belirlenmesi için sandviç test yöntemi kullanıldı. - filtrelerin antiviral özelliğini güçlendirdi [87]. Nanopartikül kaplı kumaşlar da antiviral tekstil olarak geliştirilmiştir. Radyokimyasal işlemle sentezlenen AgNP'ler, pamuklu tekstil kumaşlarının yüzeyinde sıkıca immobilize edildi. Yüzeyi değiştirilmiş kumaş, Influenza A ve Feline Calicivirus'e karşı antiviral aktivite gösterdi [88]. Farmakoterapötik uygulamalar yoluyla patojenle savaşmak için kullanılabilecek bazı potansiyel antiviral polisakkaritler vardır. Bu antiviral polisakkaritlerin maskeleri, giysileri ve çalışma yüzeylerini kaplayarak virüslerin yayılmasını önleyebileceği önerildi. Bu biyolojik olarak uyumlu ve biyolojik olarak parçalanabilen polisakkaritler, koronavirüsün sivri proteinlerine bağlanma yeteneğine sahiptir. Katman katman nanokaplanmış malzeme, sivri proteinlerin bağlanması ve virüsün inaktive edilmesi için bir tuzak reseptör görevi görür [89].

Son zamanlarda, COVID-19 pandemisi antiviral tekstil alanındaki araştırmaları olumlu yönde etkiledi. AgNP'ler SARS-CoV-2'ye karşı etkili ajanlardır ve bu partiküller ayrıca 20 ppm ve üzeri konsantrasyonlarda sitotoksik etki gösterdiğinden 1 ile 10 ppm aralığında kullanılması önerilmiştir. Ayrıca, uygun şekilde bertaraf edilmedikleri takdirde çevresel ekosistemleri bozma potansiyeline de sahiptirler [9].

2.3.5 Sızdıran ve sızmayan tip antimikrobiyal tekstil

Bitmiş kumaşlar, antimikrobiyal ajanların sızması için test edilir. İçsel antimikrobiyal özelliğe sahip tekstillerin çoğu genellikle sızmayan tipe aittir, kaplanmış kumaşların ise antimikrobiyal bileşiklerin sızması için test edilmesi gerekir. Bu test, bitmiş malzemeyi damıtılmış suya batırarak veya bir deterjan solüsyonu ve iyonik olmayan yüzey aktif madde ile yıkayarak yapılır. Numune, antimikrobiyal bileşiğin sızdığını doğrulamak için tekrar tekrar yıkanır veya birkaç solvent ile işlenir. Bu, yıkanan numunenin farklı mikroorganizmalara karşı test edilmesiyle doğrulanabilir. Antimikrobiyal ajanların azaltılmış konsantrasyonu, nihayetinde antimikrobiyal aktivitenin azalmasına neden olabilir. Antimikrobiyal tekstilin sızan ve sızmayan doğası, agar kuyusu difüzyon testi sırasında aktif bileşiğin agar içine difüzyonu gözlemlenerek belirlenebilir. Test edilen kumaşın etrafındaki daha büyük bir inhibisyon bölgesi, daha yüksek sızıntı potansiyelini temsil ederken, daha küçük bir bölge, bileşiğin daha düşük difüzyonunu temsil eder. Bir dizi yıkama işleminden sonra küçük ve tutarlı bir engelleme bölgesi, anti-mikrobiyal tekstilin sızıntı yapmadığını doğrular. İnhibisyon bölgesinin boyutundaki azalma, antimikrobiyal tekstilin liç tipine işaret eder.

Aktivitesini daha uzun süre koruyabildiğinden ve bu nedenle doğrudan cilt teması için güvenli kabul edildiğinden, genellikle sızıntı yapmayan tipte bir fonksiyonel tekstil tercih edilir. Bakteriyel biyofilmler, patojenik mikropların önemli bir faktörü olarak kabul edilir. Bazı antimikrobiyal tekstiller, biyofilm oluşturma kabiliyetini azaltmak ve hatta biyofilmleri yok etmek için hazırlanmıştır. Bir triazin parçası aracılığıyla pamuklu kumaş yüzeyine dahil edilen öjenol ve florokinolon türevleri gibi biyoaktif moleküller, sızıntıyı en aza indirdi.

Florokinolon ile muamele edilmiş pamuklu kumaş, önceden oluşturulmuş bir biyofilmin yanı sıra planktonikte *S. aureus*'a karşı bakteriyostatik etki göstermiştir. Benzer şekilde, öjenol ile muamele edilmiş kumaş, önceden oluşturulmuş *P. aeruginosa* biyofilmlerini aktif olarak yok etmiştir [89]. Kuaterner amonyum tuzu içeren izosiyanat grubu, daldırma-doldurma-kurutma işlemi ile liç olmayan tipte antimikrobiyal pamuklu kumaş için potansiyel bir ajan olarak geliştirilmiştir. Muamele edilen pamuklu kumaş, 50 yıkama döngüsünden sonra bile *S. aureus* ve *E. coli*'ye karşı mükemmel bakterisit aktivite gösterdi, ancak cilt üzerinde hiçbir olumsuz etki olmadı [90]. Sol-jel işlemiyle, dördüncül amonyumla modifiye edilmiş trietoksisilan kullanılarak pamuklu tekstil üzerine şeffaf bir kaplama geliştirildi ve kalıcı, sızmayan antibakteriyel apresini gösterdi. *S. aureus* ve *E.*

coli'ye karşı önemli antimikrobiyal aktivite, 15 yıkama döngüsünden sonra bile gözlemlendi [91]. Poliheksametilen guanidin hidroklorür ve polipropilen glikol diglisidil eter ile hazırlanan bazı antimikrobiyal pamuklu kumaşlar, deterjan solüsyonu ile yıkandıktan sonra bile önemli bir antimikrobiyal aktivite göstermiştir [92].

Liç tipi ve liçsiz tip kumaşların geliştirilmesi, öncelikle teknolojinin mevcudiyetine ve ihtiyaca göre üretim maliyetine bağlıdır. Antimikrobiyal maddeye, üretim tekniğine ve lif tipine bağlı olarak, liç tipi, liçsiz tipe kıyasla biyostatik veya biorepellent olabilen daha biyosidal olabilir. Son zamanlarda, farklı mikroorganizmalara karşı etkinliklerini artırmak için antimikrobiyal tekstil geliştirmek için doğal (bitki kaynaklı veya hayvan kaynaklı), sentetik ve harmanlanmış dahil olmak üzere farklı kumaşlar kullanılmıştır.

2.4 Doğal Kumaş, Antimikrobiyal Boyalar ve Pigmentler

Geleneksel olarak, kumaş boyama için sadece renk vermekle kalmayıp aynı zamanda bir antimikrobiyal madde olarak işlev gören doğal boyalar ve pigmentler kullanılmıştır. Zerdeçaldaki aktif bir bileşen olan kurkumin (1,7-bis(4-hidroksi-3-metoksi) -1,6-heptadien-3,5-dion), toksik olmayan doğal boya olarak yaygın olarak kullanılır. Yün ve pamuk gibi kumaşlar kurkumin ile iyi boyanmış ve ayrıca antimikrobiyal aktiviteleri araştırılmıştır. Yün ve pamuğa kurkumin kullanılarak tampon boyamanın gösterdiği gibi, hem renk hem de antimikrobiyal özellik kazandırdı. Bu tedavinin ayrıca, tedavi edilmeyen ile karşılaştırıldığında yaygın aklama uygulamalarına karşı oldukça dirençli olduğu bulunmuştur [93, 94]. Pamuk ve diğer doğal lifler, doğal bileşiklerle işlendiğinde mükemmel antimikrobiyal özellik gösterir. İpek, doğal antimikrobiyal özelliğe sahip olarak kabul edilir; ancak, çok çeşitli mikropları etkilemeyebilir. Öte yandan, kurkumin gibi doğal boya ile veya *Terminalia catappa*, *Morinda citrifolia*, *Tectona grandis*, *Artocarpus heterophyllus*, vb.'den elde edilen, mikroorganizmalara karşı önemli düzeyde antimikrobiyal aktiviteyi başarılı bir şekilde kazandırmıştır [95].

Bitkilerin yanı sıra pamuk, glase pamuk, ipek ve suni ipek boyamak için mikrobiyal pigmentler de geliştirilmiştir. *Rhodospirillum rubrum*'dan izole edilen kırmızı pigment 2-metil-3-bütill-prodigin, prodigiosin, 2-metil-3heksilprodigin, 3,4-didehidrorhodopsin, anhidrorhodovibrin, alloxanthin ve tetradecanoyl- hexadecanoyl bileşiklerinin bir karışımını içermektedir. Bu pigment *E. coli* ve *Staphylococcus aureus*'a karşı antibakteriyel olarak etkindir. Ayrıca, *Candida albicans* ve *Saccharomyces cerevisiae*'ye karşı maya karşıtı aktivite göstermiştir [96].

Bazen boyama işlemini yoğunlaştırmak için krom, alüminyum, demir, bakır, kalay ve kalay tuzları gibi şap veya metal bazlı mordanlar ile petrol eteri, etil asetat, aseton ve metanol gibi çözücüler kullanılır. Ancak bu mordanların yaygın kullanımı çevre dostu olarak kabul edilmeyebilir. Öte yandan, kabuk özleri, uçucu yağlar, tannik asit, sumak, safran fıstığı, neem yağı, oleik, stearik asitler vb. dahil olmak üzere çeşitli doğal mordanlar da kullanılmaktadır [97]. Doğal mordan uygulaması, antimikrobiyal aktivitesi ile birlikte boyama sürecini geliştirmek için sürekli olarak araştırılmaktadır. Nem yağı ile ön işleme tabi tutulan yün ve ipek lifleri, klorofil, safran kırmızısı ve doğal sarı doğal boyalarla boyandıklarında işlenmemiş liflere kıyasla daha yüksek rengi korudu [98]. Benzer şekilde, doğal mordan myrobalan, *Opuntia ficus-indica* meyvesinden ekstrakte edilen doğal bir boya ile birlikte antimikrobiyal özelliğini arttırmak için ipek kumaş üzerinde kullanılmıştır [99].

Doğal veya sentetik mordanların yanı sıra, Yeşil ceviz kabuklarından ve Neem yapraklarından elde edilen doğal boyalarla yapılan deneyler, artan boya konsantrasyonunun ipek kumaşın antimikrobiyal özelliğini de geliştirdiğini ortaya koydu [100,101]. Antimikrobiyal aktiviteleri için bir dizi sentetik boya da araştırılmıştır. Ancak, çevre dostu olarak kabul edilmezler.

2.5 Antimikrobiyal Tekstil Uygulamaları

Akrilik, naylon, polyester, polipropilen ve tetrafloro- etilen içeren sentetik lifler, antimikrobiyal bileşiklerin işlenmesi yoluyla daha da geliştirilebilen bazı antimikrobiyal özelliklere sahip olabilir [102]. 3-Allyl-5,5-dimetilhidan-toin (ADMH), antimikrobiyal özelliklerini artırmak için naylon, polyester, akrilik, polipropilen ve doğal kumaşlar gibi birçok popüler tekstil üzerine aşılanmıştır [103].

Antimikrobiyal maddeler ve bunların kumaşa dahil edilmesi, tekstil malzemelerinin ve liflerinin tipine bağlıdır. Liflerin kalınlık çapları ve işleme koşulları dahil olmak üzere kimyasal ve fiziksel özellikleri, antimikrobiyal bileşikler farklı yöntem ve teknikler kullanılarak entegre edilebilir. Bu bileşikler, sentezi sırasında doğrudan bir elyafa veya ekstrüzyon sırasında elyaf kılıfına eklenebilir veya üretildikten sonra daldırma kaplama, polimer kaplama, spreyci uygulama yoluyla veya elyaflara tanıtılarak elyaflara uygulanabilir. Dokunmamış ürünler söz konusu olduğunda, antimikrobiyaller ya bağlama sırasında ya da bitirme işlemleri sırasında dahil edilebilir. Öte yandan, örme veya dokuma tekstiller tipik olarak egzoz ve emdirme-kurutma-fiksaj (pad-dry-cure) yöntemiyle işlenir [104].

Kişisel giysiler için grafenle modifiye edilmiş performans tekstilinin yüksek düzeyde antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu ve hem ekonomik hem de rahat olabileceği öne sürülmüştür. Bu grafen bazlı tekstil, grafen [105] ve grafen nanomalzeme emdirilmiş kumaş [106] yapılarından oluşabilir. Özelliklerine dayalı olarak, bu malzemeler gelişmiş kişisel koruyucu ekipmanların (KKD) imalatı için önerilmiştir [107]. Giysiler için kullanılan pamuklu/elastan kumaşlar, quat-silan ile işlendiğinde önemli düzeyde antimikrobiyal özellik elde edilmiştir [65]. Nylon 6, bakır nanopartiküller içeriyordu (boyut 40-60 nm), mPEG aşılansarak modifiye edilmiş bir yüzey üzerinde fiziksel olarak emildi. Muamele edilen kumaş, patojenik bakterilere karşı etkinliğini gösterdi ve ayrıca sito-uyumluluğu sağladı [108]. Sol-jel yöntemiyle hazırlanan ZnO, Ag:ZnO/kitosan, 3-glisidiloksipropil trimetoksisilan ve tetraetoksisilan bazlı hibrit kaplamalar, saf pamuklu ve pamuklu/polyester (%50/50) tekstillere 'ped-dry-cure' tekniği kullanılarak uygulandı. önemli düzeyde antimikrobiyal aktivite göstermiştir [109].

2.6 Dermatolojik uygulamalar için antimikrobiyal tekstiller

Antimikrobiyal tekstil malzemeleri klinik ve hijyenik uygulamalarda ilk yardım da dahil olmak üzere farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Bu antimikrobiyal tekstiller, giyilebilir ilaç dağıtım sistemleri sağlamak için gelişmiş farmasötik nano taşıyıcıların geleneksel tekstillere entegre edilmesiyle üretilen biyo-fonksiyonel tekstiller olarak da kullanılabilir. Bu biyo-fonksiyonel tekstiller, daha düşük toksisite riski ile dermal penetrasyonu iyileştirebilecek umut verici ürünlerdir [110]. Antimikrobiyal tekstil malzemeleri, kademeli salınımını kolaylaştıran farklı aktif maddeler için uygun bir matris olarak kullanılabilir. Antimikrobiyal maddelerin yanı sıra bu tekstiller aromaterapi, atopik dermatit, ağrı kesici, hormon tedavisi, melanom, sedef hastalığı tedavisi vb. alanlarda taşıyıcı olarak kullanılabilir [111]. Yakın zamanda yapılan bir çalışma, liyosel ve antimikrobiyal gümüş emdirilmiş tekstillerin yaygın atopik dermatit için umut verici olduğunu göstermiştir [112]. Ag NP'lerin pamuklu kumaşa yapışma ve penetrasyon kabiliyeti, yara iyileşmesi için pansuman malzemesi olarak kullanılmalarını önermiştir. Bu yüksek verimli antimikrobiyal pamuklu kumaşlar ayrıca insan hücreleri üzerinde hiçbir toksik etki göstermedi [113]. Pamuklu yara örtüsü, cilt mantar enfeksiyonlarını tedavi etmek için geliştirilmiştir. Bu pamuklu yara örtüsü, deri mantarı olan *C. albicans* ve *A. niger*'i öldürmek için bu mantar önleyici bileşiklerin kontrollü ve yavaş salınımını gösteren Ketokonazol ve β -siklodekstrin içeriyordu [114].

2.6.1 Fonksiyonel tasarımda antimikrobiyal tekstil

Antimikrobiyal giysiler, giyim endüstrisinde yenilikçi, büyüyen ve son derece rekabetçi. Bu antimikrobiyal tekstiller, moda ve tasarımın birincil öneme sahip olduğu yenilikçi bir şekilde bakterilerle savaşmak için kullanılmıştır. Ancak, bu tür ürünlerin farkındalığı ve kullanımı sınırlı olabilir. Bangkok metropolünde bebek kıyafetleri, çoraplar ve iç çamaşırları gibi antimikrobiyal giysilerin satın alma davranışı üzerine bir araştırma, satın alma yoğunluğunun kadın olduğunu, yoğunlukla istihdam edildiğini ve 32 ile 38 yaşları arasında olduğunu ortaya koydu [115]. Nefes alabilen, antibakteriyel ve antimikrobiyal göğüs desteği olarak, sutyen ve ilgili giysiler kadın giyim endüstrisi tarafından çok talep edildi; bir meme destek sistemi patentlidir. Bu tasarım, bir dış yüzeye ve bir iç yüzeye sahip bir destek elemanından oluşur. Bu destek elemanı, en az bir antibakteriyel ve bir antimikrobiyal malzeme ile birlikte en az bir anti-emici malzeme veya bunların bir kombinasyonunu içerir [116]. Bunun yanı sıra erkek tasarımcı antimikrobiyal iç çamaşırları da kullanılmaktadır. Erkek iç giyimi üzerine bir patent, bir dokuma işleminde dört adet 140D antimikrobiyal naylon ipliği içeriyordu. Ayrıca, grafik yazılımıyla bir grafik çizmeyi ve üst üste bindirme işlevi kullanarak ağ yoğunluğunun gevşetilmesini içeriyordu, böylece gevşemiş ağ, eklenen 140D antimikrobiyal iplikler ve bir torba oluşturmak için dikişi kaldıran dokuma ile birleştirildi [117].

Mikrobiyal üremeyi ve ter kokusunu önlemede faydalı olabileceğinden antimikrobiyal spor giyim de talep görmektedir. Koku kontrol özelliğine sahip spor giysiler üzerinde yapılan duyu analizi, koku kontrol tekstilinin benzer polyester numunelerinden daha az yoğun kokabileceğini ortaya çıkardı [118]. Kullanıcıdan kola öksürme veya hapşırma yoluyla bulaşan mikropları ortadan kaldıran esnek bir antimikrobiyal kılıf patentlidir. Bu kol, çocuklar tarafından mevcut kıyafetlerinin üzerine dirsekte giyilmek üzere tasarlanmıştır. Tasarım, kullanıcıya hareketleri sınırlamadan kolay uygulama ve çıkarma olanağı veren sürtünmeli bir oturmaya izin verdi [119].

Antimikrobiyal giysilerin uygulanması sadece yönlendirme kullanımı ile sınırlı değildir, aynı zamanda çeşitli alanlarda potansiyel bir role sahip olduğu görülmektedir. Son zamanlarda, uzun süreli uzay uçuşu için antimikrobiyal tekstil geliştirme üzerine bir değerlendirme analizi yapılmıştır. Uzay yolculuğu sistemi genellikle mikrop içermez ve uzay giysisinde mikrobiyal büyüme olasılığı oldukça düşüktür. Ancak uzaydaki giysiler daha uzun süre giyilir ve çamaşırhanenin olmaması nedeniyle sadece birkaç giysi görevi alınır. İnsan derisiyle temas, mikropların üremesine neden olabilir ve giysilerin verimli bir

şekilde yıkanması için hiçbir seçenek yoktur. Uzay yolculuğunda antimikrobiyal tekstil kullanımı, giysi yıkama ihtiyacını ortadan kaldırabilir veya azaltabilir [120].

Son zamanlarda, COVID-19 pandemisi, yüz maskeleri, eldivenler, koruyucu giysiler, ayakkabılar vb. dahil olmak üzere metal nanoparçacık bazlı antiviral tekstil ürünlerinin üretiminde ve kullanımında önemli bir artışa neden oldu. Bu tür kişisel koruyucu ekipmanların elden çıkarılmasındaki yanlış yönetim, ortamlarda uzun vadeli olumsuz bir etkiye neden olur [121]. Bazen nanometal bazlı tekstil için metallerin süzülmesi, atık depolama işlemi sırasında bu tür tekstil ürünlerinin bertaraf aşamasında açığa çıkan metal miktarını hesaplamak için kullanılabilir [122].

2.6.2 Moda tasarımında antimikrobiyal tekstil

Antimikrobiyal tekstiller sağlık, hijyen, tıbbi cihazlar, spor giyim, iç giyim, gıda paketlenme, depolama, termal ve mekanik koruma, otomotiv tekstilleri, ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme, hava filtreleri ve su arıtma sistemleri alanlarında kullanılmaktadır. Ayrıca fonksiyonel giysilerle sağlık personeli korumak için kullanılmaktadır ve evin her yerinde çorap, şilte, bebek bezi, örtü gibi kumaşlar ve şimdi yüz maskelerinde de kullanılmaktadır. Antimikrobiyal tekstiller, spor giyim veya aktif moda giyim ile oldukça popülerdir. Küresel ve Hint moda pazarında, spor giyim veya aktif giyim yüksek popülerlik kazanıyor. Belki de bu değişim, insanların yeni spor salonu görünüşleri veya gündelik aktif giyim gibi çeşitli ünlülerden ilham alan farklı spor etkinlikleri için farklı görünümlere olan ilgisinden kaynaklanmaktadır. Son zamanlarda, Hrithik Roshan'ın yaşam tarzı markası HRX, Shahid Kapoor'un atletizm moda markası SKULT veya Virat Kohli'nin One8 x Puma ve One8 Commune işbirliği gibi spor veya aktif giyim moda markalarıyla gelen birçok ünlü bulabiliriz. Bu nedenle, özel elyaflar, iplikler, çeşitli kimyasal aprelelere sahip kumaşların mühendislik tasarımları spor giysilerinde kullanılmıştır. Spor uygulamaları için tercih edilen bir tekstilde nem ve ısı yönetimi, uygun termofizyolojik ve dokunsal konfor için sağlanması gereken temel konulardır. Ayrıca COVID-19 pandemisi nedeniyle aktif spor giyimde antimikrobiyal tekstillere olan talep büyük ölçüde artmıştır [123]. Antimikrobiyal kumaş kullanan tekstil ve hazır giyim firma/markalarından bazı örnekler aşağıdaki gibidir:

- Brooks Brothers (ABD), İç giyim için antibakteriyel kumaş
- Louvolite (İngiltere), Pencere kaplamaları için antimikrobiyal perde kumaşı
- Medline (ABD), Tıbbi cihazlar için antimikrobiyal kumaş

- Plastisan (İspanya), Antimikrobiyal duş perdeleri
- QuietWear (ABD), Avcılık için koku önleyici giysiler
- St. Croix (ABD), Giysiler için antibakteriyel kumaş
- EcoMed (Avustralya), Antibakteriyel hastane perdeleri
- Coleman Aerobed (ABD), Antimikrobiyal havalı yataklar
- Sea to Summit (Avustralya), Antimikrobiyal uyku tulumu astarları ve hava mat bukleler

Bazı küresel markalar, dizel gibi yeni kotlarının virüsle mücadele yeteneklerine sahip olduğunu iddia ettiği gibi antimikrobiyal kumaşlar kullandıklarını iddia ederken [98], kaynaklara göre, temastan sonraki iki saat içinde viral aktivitenin yüzde 99'undan fazlasını devre dışı bırakma kapasitesine sahip. "Londra merkezli Apposta, gömleklerinin kumaşının "COVID-19 dahil bakteri ve virüslere ev sahipliği yapmasını" engellediğini ve "temas halinde bakteri ve virüsleri yok ederek bulaşma ve bulaşma olasılığını ve hızını azalttığını" vaat ediyor [124]. 'Silverescent' olarak adlandırılan ürün gruplarından biri olan Lululemon aktif spor giyim markası, gümüş ipliklerin kullanımıyla antimikrobiyal özellikleriyle övünen ürünleri piyasaya sunmuştur. Dow Microbial Control, Micro-ban, Lululemon, Under Armour vb. şirketler, ter lekesi bırakmayan ve bakteri öldürme teknolojisini garanti eden ürünler üretir. Lululemon, elyaflarına %99,9 saf gümüş yerleştiren X-Static teknolojisini kullanır. Şirketler, antimikrobiyal niteliklerini sağlamak için malzemelerindeki kimyasal enerjiye ve reaksiyonlara güvenirlir [125].

Donear Industries, Welspun India Ltd, RSWM Ltd (Mayur), Arvind Ltd, Vardhman Textiles ve D' Décor gibi şirketler, hazır giyim imalat endüstrisi ve ev mobilya ürünleri için antiviral kumaşlar piyasaya sürdü. Bu kumaşların maliyeti, böyle bir işlem görmemiş kumaşlardan neredeyse yüzde 15 ila 20 daha yüksektir. Aditya Birla grubunun Liva alt markası, antimikrobiyal korumanın, giysiler ve ev tekstillerinde mikropların (Bakteriler ve Virüsler) büyümesini engelleyen ve 50 yıkamadan sonra bile onları %99'a kadar öldüren özel bir viskon bazlı kumaş olduğunu iddia ediyor [126-132].

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Kullanılan Kimyasal Maddeler

Çalışma kapsamında kullanılan kumaş yapıları olarak ribana interlok süprem tarzı kumaşlar tercih edildi. İlgili kumaş yapıları Ilsan Tekstil San. ve Tic. A.Ş. üretim bandı neticesinde üretilmiş olan 30/1 interlok, 30/1 süprem, 28/1 süprem, 30/1 ribana, 20/1 ribana , 30/1 lakost ticari isimlere sahip kumaşlar olarak kullanıldı. Bu yapıların üzerine gerçekleştirilen anti bakteriyel ve antiviral kaplama sol-jel kaplama tekniği ile yapıldı. Sol-jel kaplamalarda kullanılan tetraetil ortosilikat (TEOS), tetra etoksi tetra titanat (TEOT), HCl, NH₃ ve tetrahidrofuran kimyasalları sigma aldrich firmasından temin edildi. Etanol ve THF yapıları %99,9 saflıkta ve su içermeyen yapılar kullanıldı. Biyokimyasal testlerde kullanılan kimyasallarda sigma aldrich firmasından temin edildi. Gliserin ve NaOH gibi kimyasallar merk firmasından sağlandı. Borik asit, boraks, ayrıca merk firmasından alınan kimyasallardır. Kolemanit, üleksit Kütahya Tavşanlı temelli olup Eti Bank Bor İşletmeleri'nden mineral olarak temin edildi. Bor mineralleri değirmeden öğütüldü. 25 mikron altı olarak elekte elendi ve partiküler olarak uygulandı.

3.2 Kullanılan Cihazlar

Çalışma kapsamında yüzey kaplamalarının incelenmesinde öncelikle peklin emler two model FTIR spektrofotometresi kullanıldı. Bu analizler de spektral genişlik 400-4000 cm⁻¹ olarka tercih edildi. Analizlerin ölçüm duyarlılığı 4 cm⁻¹ olarak seçildi. Tüm analizler atr mod kullanılarak gerçekleştirildi. Ayrıca yüzey filmlerinin analizinde Rigaku RadB-Dmax II model x-ray spektrofotometre kullanıldı. Bu analizlerde 2-80 teta analiz aralığı tercih edildi. Analizler 0,2 teta duyarlılıklar gerçekleştirildi. Numuneler 1cm⁻¹ boyutunda kesilerek örnek haznesine yerleştirildi ve yüzeyden xray spektrumları alındı. Kaplanmamış ve kaplanmış kumaş numunelerinin yüzey analizlerinde ayrıca LEO EVO 40 SEM analiz cihazı kullanıldı. Bu analizlerde numune yüzeyi öncelikle baltek marka spatır ile 20 nm altın paladyum kaplandı ve yüzeyde iletken bir tabaka oluştu. Bu sayede yüzeyden net şekilde görüntü elde edildi. Yüzey yapısı ve morfolojisi yüzey kaplama kalınlığı analizlerinde ayrıca

AFM mikroskobik tekniği kullanıldı. AFM analizleri oda sıcaklığı ve koşullarında yaklaşık %30 nem içeren analiz koşullarında gerçekteştirildi. Bu analizlerde nankontak mod analiz tekniği tercih edildi. Analizden önce numuneler yüzeğe çift taraflı bant ile tutturularak gerçekteştirildi.

Çalışma kapsamında numunelerin mekanik analizlerinin gerçekteştirilmesi için mt üniversal mekanik analiz test cihazı kullanıldı. Analizler 1x12 cm test numuneleri şeklinde çekme analizlerine hazırlandı. Test aralığı 10 cm olarak belirlendi. Tüm analizler oda sıcaklığında ve sabit çekme kuvveti kullanılarak kopma kuvveti belirlendi. Her bir ölçüm 3 kez tekrarlanarak ortama standart sapma olarak verildi.

3.3 Bor Minerali Katkılı Kumaş Kaplamalarının Elde Edilmesi

Çalışma kapsamında silatran ve borik asit katkılı aminosilan kaplamalar yapıldı. Daha sonra doğal bor minerallerinin de kumaş yapısına sol-jel temelli kaplamalar ile bağlanması çalışıldı. Çalışma kapsamında öncelikle elde edilen bor minerali temelli yapılarının kimyasal ve yapısal analizleri gerçekteştirildi. Ayrıca bu yapıların hava ve inert azot atmosferinde termogravimetrik analizleri gerçekteştirilerek yanma ve kömürleşme profilleri belirlendi. Ayrıca çalışma kapsamında kullanılan bor minerallerinin işlem öncesinde yapısal ve morfolojik analizleri gerçekteştirildi. Sol-jel temelli kaplama karışımları yapılarak kumaş yüzeylerine kaplandı. Kaplama sonrası elde edilen yapının kimyasal karakterizasyonunda FTIR ve X-ray spektroskopik analizleri gerçekteştirildi. Elde edilen karbon yapıların termal özellikleri Schimadzu TGA50 ve Schimadzu DTA50 cihazları ile belirlendi. Bu analizlerde 10 mg örnek kullanıldı. 10 °C/dak. Isıtma hızında ve statik hava atmosferinde çalışıldı. DTA analizlerinde örnekler 10 mg α -Al₂O₃ referansa karşı analizlendi. Elde edilen numunelerin yüzey özellikleri ve morfolojileri SEM analizleri ile belirlendi. SEM analizlerinde LEO-EVO40 SEM cihazı kullanıldı. Ayrıca elde edilen kaplamaların mekanik özellikleri belirlendi.

Bor minerali temelli kaplamalarda yıkama sonrasında mineral yapısının dağılmayacağı ve kumaş lifleri arasında sağlam ve net bir bağlanma yapacağı sistemler oluşturuldu. Bunun için matriks olarak sol-jelmatriks tercih edildi. Yaptığımız çalışmada Üleksit, Kolemanit ve tinkal bor mineralleri kullandı. Bu çalışmada 30/1 süprem kumaş Beşler 218 lot numaralı, 28/1 süprem kumaş Erdem 4735 lot numaralı, lakost kumaş, 30/1 ribana kumaş 210921 lot numaralı, 20/1 ribana kumaş Beyteks 1980 lot numaralı, interlok

kumaş 221021 lot numaralı kumaşları kullanıldı. Kumaşlar 10 cm en 20 cm boy olacak şekilde kesilerek kaplama numuneleri hazırlandı.

Tekstil elyafları çoğunlukla bitkisel kaynaklı olduğu için zararlı mikroorganizmaların büyümesi için uygun ortamlar oluşturur. Bu durum tekstil malzemesinin ömrünü ve kalitesini olumsuz olarak etkilemektedir. Bu nedenle, geliştirilmiş veya yeni antibakteriyel işlevlere sahip tekstillerin üretimini mümkün kılmak için etkili, uygulanabilir ve çevre dostu antibakteriyel uygulamalar geliştirmeye sürekli olarak ihtiyaç vardır. Son zamanlarda, antibakteriyel ve medikal tekstil ürünlerinde bor temelli malzemelerin kullanımı, giderek artan bir önem kazanmıştır. Bu çalışma kapsamında özellikle direkt mineralik bor kaynakları antibakteriyel ve medikal tekstil yapılarının hazırlanmasında kullanıldı. Bu amaç dahilinde, Si temelli sol-jel ve bor temelli kaplama solüsyonları hazırlandı ve daldırma ile kaplama kullanılarak kumaş yapılara farklı oranlarda kaplandı. Bor kaynağı olarak kolemanit ve üleksit kullanıldı. Elde edilen kumaş yapıların kimyasal bileşen analizi FTIR spektrofotometre ile yapıldı. FTIR spektroskopisi ile yapılan kimyasal bileşim analizi, pamuk numunelerinin yüzeyinde silisyum ve bor varlığını gösterdi. Bor minerali kaplı kumaş yapıların termal özellikleri TGA, DTA ve DSC analizleri ile belirlenirken yüzey özellikleri optik mikroskop ve SEM ile belirlendi. Yapılan kaplamaların mekanik özellikler üzerine etkisi ise mekanik test analiz cihazı ile belirlendi. Ayrıca pamuklu kumaşın yüzeyi sol-jel tekniği ile kaplandıktan sonra antibakteriyel analizleri gerçekleştirildi. Ayrıca, SEM analizi ile işlem görmüş kumaşların yüzey morfolojisi çalışması, pamuk lifleri üzerinde önemli bir homojen ve düzenli bir kaplamanın varlığını göstermiştir. Pamuk numunelerinin yüzeyine kaplamanın uygulanması, özellikle görünümelerini ve kristalliklerini etkilemedi. Ancak, kaplanmış kumaşların iyi bir mekanik dayanıma ve su iticilik özelliklerine sahip olduğunu gösterdi. Çalışma kapsamında öncelikle optimum kaplama koşullarını belirlemek için bor yapısı içermeyen sol-jel kaplamalar yapıldı. Bu sayede yüzeye en iyi tutunan sol-jel karışım oranı belirlendi. Bu deneyler için ilk önce optimum kaplama formülasyonunun belirlenmesinde aşağıdaki işlem basamakları ve Çizelge 3.1'deki karışım oranları uygulandı.

- 1 mL TEOS, 1 mL Su, 6 mL Etanol karıştırılarak üstüne 1 mL Katalizör (%26'lık NH_3) ve 2 mL Gliserin eklendi.
- 3 mL TEOS, 1 mL Su, 6 mL Etanol karıştırılarak üstüne 1 mL Katalizör (%26'lık NH_3) ve 2 mL Gliserin eklendi.

- 5 mL TEOS, 1 mL Su, 6 mL Etanol karıştırılarak üstüne 1 mL Katalizör (%26'lık NH_3) ve 2 mL Gliserin eklendi.
- 10 mL TEOS, 1 mL Su, 6 mL Etanol karıştırılarak üstüne 1 mL Katalizör (%26'lık NH_3) VE 2 mL Gliserin eklendi.

Çizelge 3.1 : Optimum kaplama formülasyonunun belirlenmesi için sol-jel karışım oranları.

Kod	TEOS (mL)	Su (mL)	Etanol (mL)	Katalizör %26'lık NH_3 (mL)	Gliserin (mL)
TEOS-1	1	1	6	1	2
TEOS-2	3	1	6	1	2
TEOS-3	5	1	6	1	2
TEOS-4	10	1	6	1	2

Yapılan bu denemeler sonucunda 5 mL TEOS 1 mL Su 6 mL Etanol karışımı en iyi sonucu vermiştir ve bu nedenle çalışmanın ilerleyen aşamalarında bu oran kullanılarak çalışmaya devam edildi.

3.4 Üleksit Katkılı Kumaş Kaplamalarının Elde Edilmesi

Çalışmanın önceli aşamasında belirlenen 5 mL TEOS:1 mL Su:6 mL Etanol oranına göre sol-jel karışımı hazırlandı. Bu karışımdan her kaba 10 mL olacak şekilde alındı. 4 kaba toplam 40 mL alındı.

- 1 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL alınarak üstüne 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %1 Bor minerali (üleksit) eklendi.
- 2 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL alınarak üstüne 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %3 Bor minerali (üleksit) eklendi.
- 3 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL alınarak üstüne 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %5 Bor minerali (üleksit) eklendi.
- 4 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL alınarak üstüne 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %10 Bor minerali (üleksit) eklendi.

- Karışımlar kaplara hazırlandıktan sonra 4 adet 28/1 süprem kumaşımızı her bir kaba sırayla daldırıldı iyice emilim sağlayınca çıkardık ve alüminyum folyonun üstünde kurutuldu. 5 dk beklendikten sonra 60 °C’deki etüve kuruması için bırakıldı.

Çizelge 3.2 : Süprem kumaş için üleksit temelli kaplama formülasyonunun belirlenmesi için sol-jel karışım oranları.

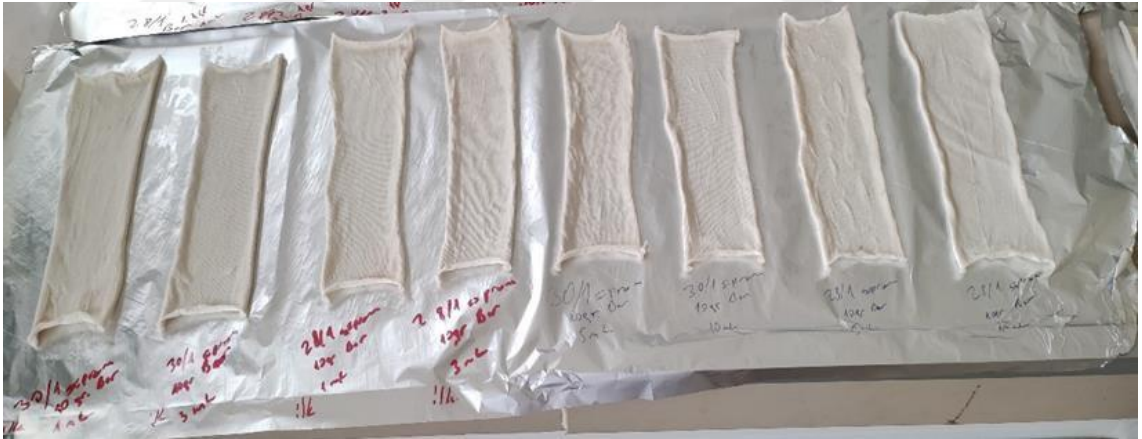
Kod	Kumaş	Sol-jel karışımı	Üleksit %	KATALİZÖR %26’lık NH ₃ (mL)	Gliserin (mL)
S-U-TEOS-1	28/1 Süprem	10	1	1	2
S-U-TEOS-2	28/1 Süprem	10	3	1	2
S-U-TEOS-3	28/1 Süprem	10	5	1	2
S-U-TEOS-4	28/1 Süprem	10	10	1	2
S-U-TEOS-5	30/1 Süprem	10	1	1	2
S-U-TEOS-6	30/1 Süprem	10	3	1	2
S-U-TEOS-7	30/1 Süprem	10	5	1	2
S-U-TEOS-8	30/1 Süprem	10	10	1	2

Daha sonra bu karışım oranları 30/1 süprem kumaş için aşağıdaki işlem adımlarına göre uygulandı ve Şekil 3.1’de görülen kaplamalar elde edildi.

- 1 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26’lık NH₃ katalizörü, 2 mL Gliserin ve %1 Bor minerali (üleksit) eklendi.
- 2 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26’lık NH₃ katalizörü, 2 mL Gliserin ve %3 Bor minerali (üleksit) eklendi.
- 3 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1mL %26’lık NH₃ katalizörü, 2 mL Gliserin ve %5 Bor minerali (üleksit) eklendi.
- 4 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH₃ katalizörü, 2 mL Gliserin ve %10 Bor minerali (üleksit) eklendi.
- Karışımlar kaplara hazırlandıktan sonra 4 adet 30/1 süprem kumaşımızı her bir kaba sırayla daldırıldı iyice emilim sağlayıncaya kadar beklendi. Daha sonra çıkarıp alüminyum folyonun üstünde kurutuldu. 5 dk beklenditen sonra 60 °C’deki etüve kuruması için bırakıldı.

Çalışmanın diğer aşamasında üleksit katkılı sol-jel kaplama interlok kumaş yapısı üzerine uygulandı. 35 mL TEOS 7 mL Su 42 mL Etanol olacak şekilde yeni bir karışım hazırlandı. 80 mL'si 30/1 interlok kumaş için kullanıldı bu kaplamada aşağıdaki işlem basamakları takip edildi (Çizelge 3.1).

- 1 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %1 Bor minerali (üleksit) eklendi.
- 2 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %3 Bor minerali (üleksit) eklendi.
- 3 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %5 Bor minerali (üleksit) eklendi.
- 4 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL alındı. 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %10 Bor minerali (üleksit) eklendi.
- Karışımlar kaplara hazırlandıktan sonra 4 adet interlok kumaşımızı her bir kaba sırayla daldırıldı iyice emilim sağlayınca çıkarıldı ve alüminyum folyonun üstüne serildi. Sonra 60 °C'deki etüve kuruması için bırakıldı (Şekil 3.1).

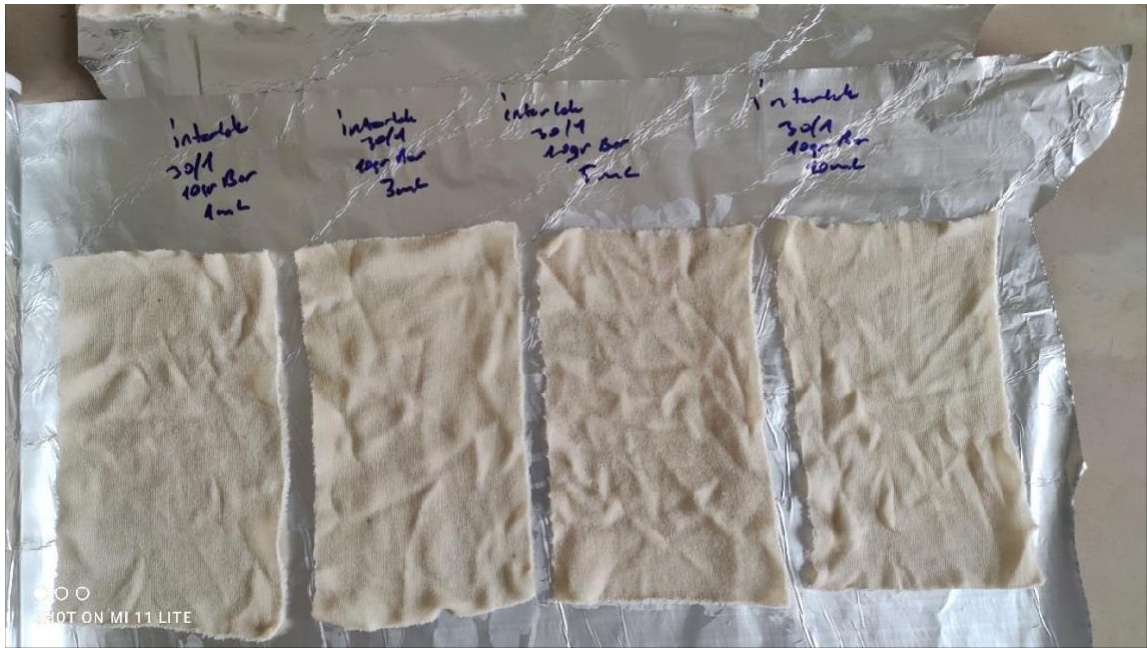


Şekil 3.1 : 28/1 süprem ve 30/1 süprem kumaş yapılarına yapılan üleksit-sol-jel kaplamalar.

İnterlok kumaş yapısına kaplama yapılarak elde edilen kumaş yapıları kurutuldu ve Şekil 3.2'de gösterildi. Bu kumaş yapıları incelendiğinde oldukça homojen ve dayanıklı olduğu görüldü. Bu kumaş yapıları herhangi bir dökülme, kaplamada çatlama ya da kaplama lekesi görülmedi.

Çizelge 3.3 : İnterlok kumaş için üleksit temelli kaplama formülasyonunun belirlenmesi için sol-jel karışım oranları.

Kod	Kumaş	Sol-Jel karışımı	Üleksit %	KATALİZÖR %26'lık NH ₃ (mL)	Gliserin(mL)
I-U-TEOS-1	İnterlok	10	1	1	2
I-U-TEOS-2	İnterlok	10	3	1	2
I-U-TEOS-3	İnterlok	10	5	1	2
I-U-TEOS-4	İnterlok	10	10	1	2



Şekil 3.2 : İnterlok kumaş yapılarına yapılan üleksit-sol-jel kaplamalar.

Çalışmanın diğer aşamasında benzer kaplama Ribana kumaş yapısına uygulandı. Elimizde kalan 40 mL TEOS+Su+Etanol karışımından her bir kaba 10 mL aldık.

- 1 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH₃ katalizörü, 2 mL Gliserin ve %1 Bor minerali (üleksit) eklendi.
- 2 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH₃ katalizörü, 2 mL Gliserin ve %3 Bor minerali (üleksit) eklendi.
- 3 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH₃ katalizörü, 2 mL Gliserin ve %5 Bor minerali (üleksit) eklendi.

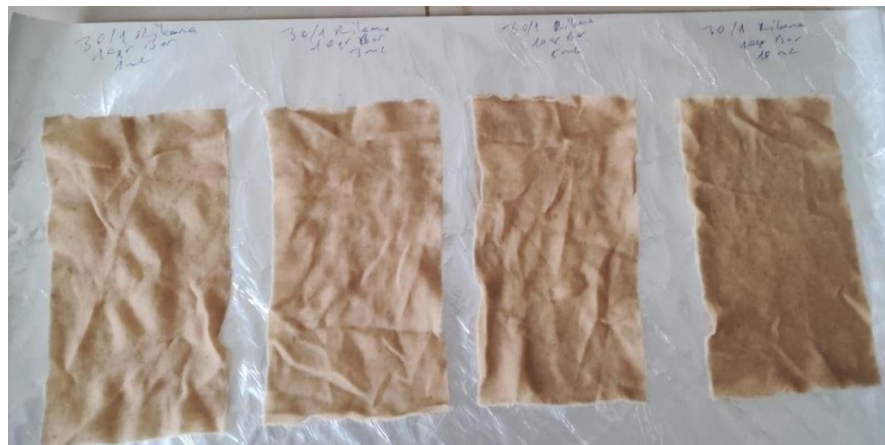
- 4 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %10 Bor minerali (üleksit) eklendi.

Karışımlar kaplara hazırlandıktan sonra 4 adet ribana kumaş her bir kaba sırayla daldırıldı iyice emilim sağlayınca çıkardık ve alüminyum folyonun üstüne serildi. Daha sonra 60 °C'deki etüve kuruması için bırakıldı.

Ribana kumaş yapısına kaplama yapılarak elde edilen kumaş yapıları kurutuldu ve Şekil 3.3'de gösterildi. Bu kumaş yapıları incelendiğinde oldukça homojen ve dayanıklı olduğu görüldü. Bu kumaş yapıları herhangi bir dökülme, kaplamada çatlama ya da kaplama lekesi görülmedi.

Çizelge 3.4 : Ribana kumaş için üleksit temelli kaplama formülasyonunun belirlenmesi için sol-jel karışım oranları.

Kod	Kumaş	Sol-jel karışımı	Üleksit %	KATALİZÖR %26'lık NH_3 (mL)	Gliserin(mL)
R-U-TEOS-1	Ribana	10	1	1	2
R-U-TEOS-2	Ribana	10	3	1	2
R-U-TEOS-3	Ribana	10	5	1	2
R-U-TEOS-4	Ribana	10	10	1	2



Şekil 3.3 : Ribana kumaş yapılarına yapılan üleksit-sol-jel kaplamalar.

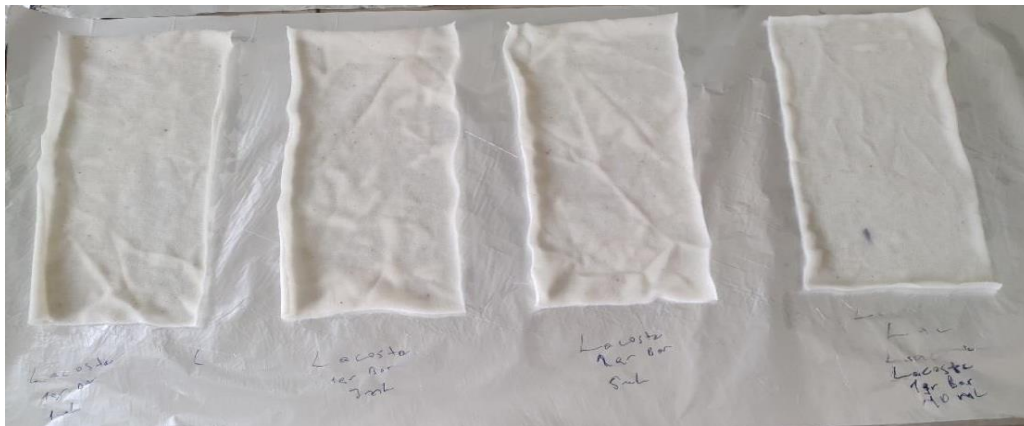
35 mL TEOS, 7 mL Su, 42 mL Etanol olacak şekilde yeni bir karışım hazırladık. 40 mL'sini lakost kumaşımız için kullandık.

- 1 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %1 Bor minerali (üleksit) eklendi.
- 2 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %3 Bor minerali (üleksit) eklendi.
- 3 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %5 Bor minerali (üleksit) eklendi.
- 4 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %10 Bor minerali (üleksit) eklendi.

Karışımlar kaplara hazırlandıktan sonra 4 adet lakost kumaşımızı her bir kaba sırayla daldırıldı iyice emilim sağlayınca çıkardık ve alüminyum folyonun üstüne serdik (Şekil 3.4). Biraz beklendikten sonra 60 °C'deki etüve kuruması için bıraktık.

Çizelge 3.5 : Lakost kumaş için üleksit temelli kaplama formülasyonunun belirlenmesi için sol-jel karışım oranları.

Kod	Kumaş	Sol-jel karışımı	Üleksit %	KATALİZÖR %26'lık NH_3 (mL)	Gliserin(mL)
L-U-TEOS-1	Lakost	10	1	1	2
L-U-TEOS-2	Lakost	10	3	1	2
L-U-TEOS-3	Lakost	10	5	1	2
L-U-TEOS-4	Lakost	10	10	1	2



Şekil 3.4 : Lakost kumaş yapılarına yapılan üleksit-sol-jel kaplamalar.

3.5 Kolemanit Katkılı Kumaş Kaplamalarının Elde Edilmesi

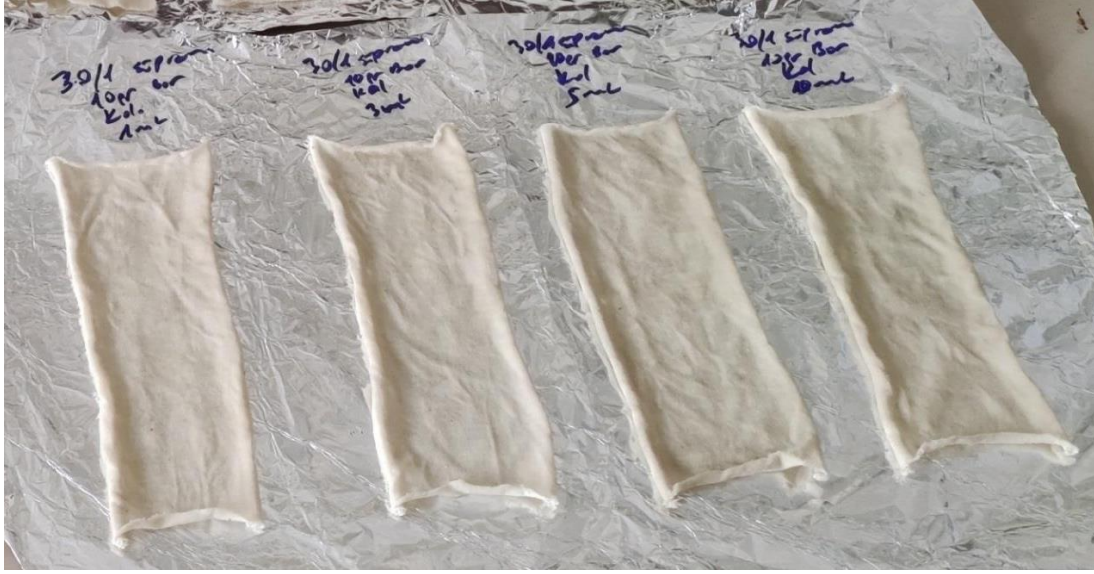
Çalışmanın diğer aşamasında Bor minerali minerali olarak kolemanit kullanıldı. Kumaş yapısı olarak ise sırası ile süprem, interlok ve ribana kumaş yapıları tercih edildi. 35 mL TEOS 7 mL Su 42 mL Etanol olacak şekilde yeni bir karışım hazırlandı. 40 mL'sini süprem kumaş için kullanıldı (Şekil 3.5).

- 1 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %1 Bor minerali (kolemanit) eklendi.
- 2 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %3 Bor minerali (kolemanit) eklendi.
- 3 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %5 Bor minerali (kolemanit) eklendi.
- 4 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %10 Bor minerali (kolemanit) eklendi.

Karışımlar kaplara hazırlandıktan sonra 4 adet süprem kumaşımızı her bir kaba sırayla daldırıldı iyice emilim sağlayınca çıkardık ve alüminyum folyonun üstüne serdik. Biraz beklendikten sonra 60 °C'deki etüve kuruması için bıraktık.

Çizelge 3.6 : Süprem kumaş için kolemanit temelli kaplama formülasyonunun belirlenmesi için sol-jel karışım oranları.

Kod	Kumaş	Sol-jel karışımı	Kolemanit %	KATALİZÖR %26'lık NH_3 (mL)	Gliserin(mL)
S-K-TEOS-1	30/1 Süprem	10	1	1	2
S-K-TEOS-2	30/1 Süprem	10	3	1	2
S-K-TEOS-3	30/1 Süprem	10	5	1	2
S-K-TEOS-4	30/1 Süprem	10	10	1	2



Şekil 3.5 : 30/1 süprem kumaş yapılarına yapılan kolemanit-sol-jel kaplamalar.

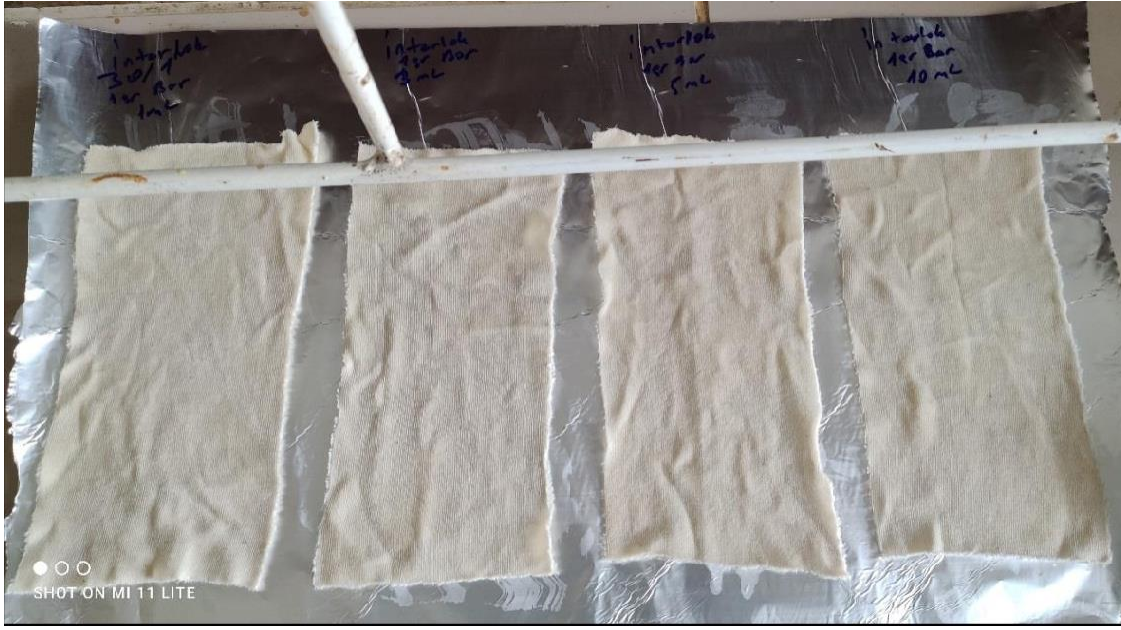
Daha sonra interlok kumaş yapılarına kolemanit temelli sol-jel kaplamalar yapıldı. Bu kaplamalarda aşağıdaki işlem adımları kullanıldı. Kaplama oranları Çizelge 3.6’de verildi. Elde edilen kaplamalar Şekil 3.5’de gösterildi.

- 1 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL alındı 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %1 Bor minerali (kolemanit) eklendi.
- 2 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL alındı 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %3 Bor minerali (kolemanit) eklendi.
- 3 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL alındı 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %5 Bor minerali (kolemanit) eklendi.
- 4 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL alındı 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %10 Bor minerali (kolemanit) eklendi.

Karışımlar kaplara hazırlandıktan sonra 4 adet interlok kumaş her bir kaba sırayla daldırıldı iyice emilim sağlayınca çıkarıldı ve alüminyum folyonun üstüne serildi (Şekil 3.6). Daha sonra 65 °C’deki etüve kuruması için bırakıldı.

Çizelge 3.7 : İnterlok kumaş için kolemanit temelli kaplama formülasyonunun belirlenmesi için sol-jel karışım oranları.

Kod	Kumaş	Sol-jel karışımı	Kolemanit %	KATALİZÖR %26'lık NH ₃ (mL)	Gliserin(mL)
I-K-TEOS-1	İnterlok	10	1	1	2
I-K-TEOS-2	İnterlok	10	3	1	2
I-K-TEOS-3	İnterlok	10	5	1	2
I-K-TEOS-4	İnterlok	10	10	1	2



Şekil 3.6 : İnterlok kumaş yapılarına yapılan kolemanit-sol-jel kaplamalar.

35 mL TEOS 7 mL Su 42 mL Etanol olacak şekilde yeni bir karışım hazırlandı ve elde edilen karışıma farklı yüzdelerde kolemanit katkılanarak Ribana kumaş yapısına kaplandı (Şekil 3.7). Kaplamalarda aşağıdaki işlem adımları ve Çizelge 3.8'deki karışım oranları kullanıldı.

- 1 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH₃ katalizörü, 2 mL Gliserin ve %1 Bor minerali (kolemanit) eklendi.
- 2 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH₃ katalizörü, 2 mL Gliserin ve %3 Bor minerali (kolemanit) eklendi.

- 3 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %5 Bor minerali (kolemanit) eklendi.
- 4 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %10 Bor minerali (kolemanit) eklendi.

Karışımlar kaplara hazırlandıktan sonra 4 adet 30/1 ribana kumaşımızı her bir kaba sırayla daldırıldı iyice emilim sağlayınca çıkardık ve alüminyum folyonun üstüne serildi. Daha sonra 60 °C'deki etüvde kurutuldu.

Çizelge 3.8 : Ribana kumaş için kolemanit temelli kaplama formülasyonunun belirlenmesi için sol-jel karışım oranları.

Kod	Kumaş	Sol-jel karışımı	Kolemanit %	KATALİZÖR %26'lık NH_3 (mL)	Gliserin(mL)
R-K-TEOS-1	Ribana	10	1	1	2
R-K-TEOS-2	Ribana	10	3	1	2
R-K-TEOS-3	Ribana	10	5	1	2
R-K-TEOS-4	Ribana	10	10	1	2



Şekil 3.7 : Ribana kumaş yapılarına yapılan kolemanit-sol-jel kaplamalar.

- 1 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %1 Bor minerali (kolemanit) eklendi.
- 2 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH_3

katalizörü, 2 mL Gliserin ve %3 Bor minerali (kolemanit) eklendi.

- 3 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH_3

katalizörü, 2 mL Gliserin ve %5 Bor minerali (kolemanit) eklendi.

- 4 nolu kaba TEOS+Su+Etanol karışımından 10 mL aldık 1 mL %26 lık NH_3 katalizörü, 2 mL Gliserin ve %10 Bor minerali (kolemanit) eklendi.

Karışımlar kaplara hazırlandıktan sonra 4 adet lakost kumaşımızı her bir kaba sırayla daldırıldı iyice emilim sağlayınca çıkardık ve alüminyum folyonun üstüne serdik (Şekil 3.8). Biraz beklendikten sonra 65 °C'deki etüve kuruması için bıraktık.

Çizelge 3.9 : Lakost kumaş için kolemanit temelli kaplama formülasyonunun belirlenmesi için sol-jel karışım oranları.

Kod	Kumaş	Sol-jel karışımı	Kolemanit %	KATALİZÖR %26'lık NH_3 (mL)	Gliserin(mL)
L-K-TEOS-1	Lakost	10	1	1	2
L-K-TEOS-2	Lakost	10	3	1	2
L-K-TEOS-3	Lakost	10	5	1	2
L-K-TEOS-4	Lakost	10	10	1	2



Şekil 3.8 : Lakost kumaş yapılarına yapılan kolemanit-sol-jel kaplamalar.

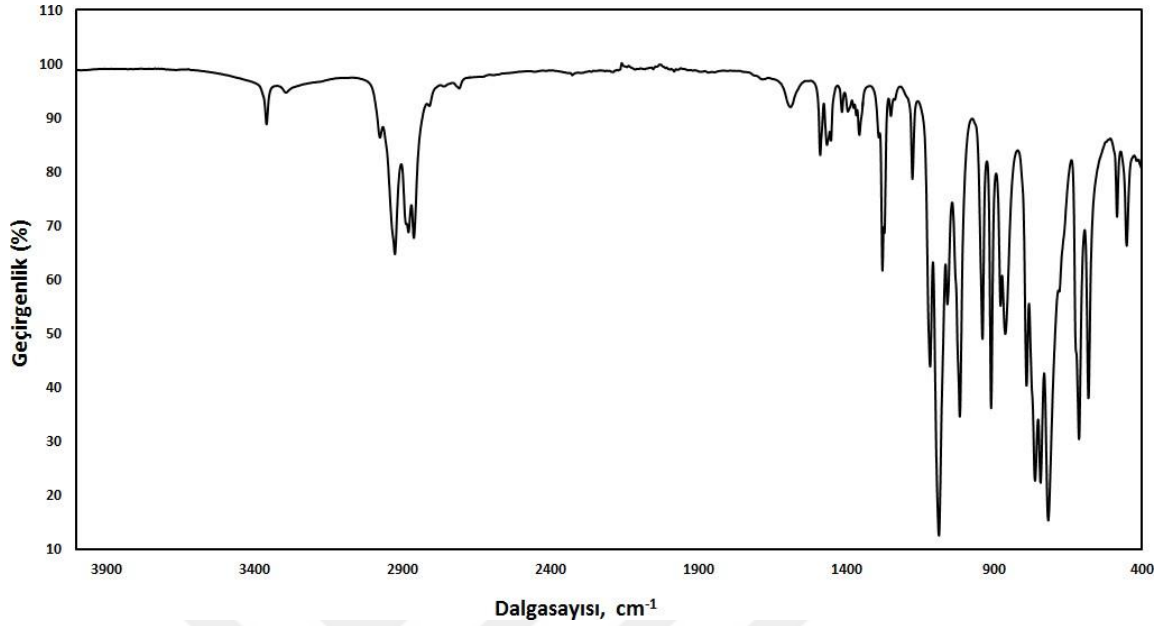
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Silatran yapıların elde edilerek anticlovir, ganciclovir vb. virus etken maddeler ile yüzeyde kullanılması yenilikçi bir yaklaşımdır. Benzer şekilde hidroliz ve kondenzasyon parametrelerinin kontrol edildiği yapıların pamuklu yüzeylerde kullanılması ile antibakteriyel, antiviral, antifouling özellikli yapıların elde edilmesi ve medical ürünlerde etkili olarak kullanılabilecek olması yenilikçi ürün yaklaşımıdır. Bu basamakta elde edilecek ürünün zwitter iyonik yapı haline farklı bileşikler kullanılarak getirilmesi ile özellikle medical alanda kullanılan maske,önlük, yarabandı vb. özellikli organ nakli hastalarında ve operasyonlarında, yanık tedavilerinde ve virüs ile etkileşimde yaygın olarak kullanılabilmek potansiyeline sahip olacaktır. Bu alanda yerli ürün bulunmamaktadır. Elde edilecek bu basamaktaki ürünle nanosilika ve zwitteriyonik yapılu bileşiğin aynı anda kullanılacak olması özellikle Si-RNA etkileşimlerinde etkili olacak ve antiviral özellikli yapı da antifouling ve antibakteriyel yapı yanında elde edilecektir. Yapısal olarak viral etki zwitter iyonik yapılar ile lipid etkileşiminin yanı sıra nanosilika türevleri ile de sağlanmış olacaktır. Geliştirilmesi planlanan ürünlerde proje kapsamında tıbbi tekstil ürünleri sol-jel metodu kullanılarak elde edildi. Sol-Jel yapılar özellikle daldırarak kaplama tekniği kullanılarak elde edildi. Kumaş yapılarına özellikle sol-jel yapılar içerisine 25 mesh altı olarak öğütülmüş doğal kolemanit veya üleksit yapılar katkılanarak antibakteriyel ve anti- viral özellikli tekstil ürünleri elde edildi. Elde edilen yapılar FTIR tekniği ile yapısal olarak karakterize edildi. Kaplama yüzeyleri optik mikroskop ve SEM teknikleri ile incelendi. Ayrıca antibakteriyel özellikleri incelendi. Sonuç olarak elde edilen Bor minerali temelli tekstil yüzeyleri bazı enfeksiyon hastalıklarının önlenmesinde yada yayılmasında etkili olabilir.

4.1 Hidrolitik Kararlı Silatran Yapıların Sentezi ve Silatranların Yüzey ve Kumaş Uygulamaları

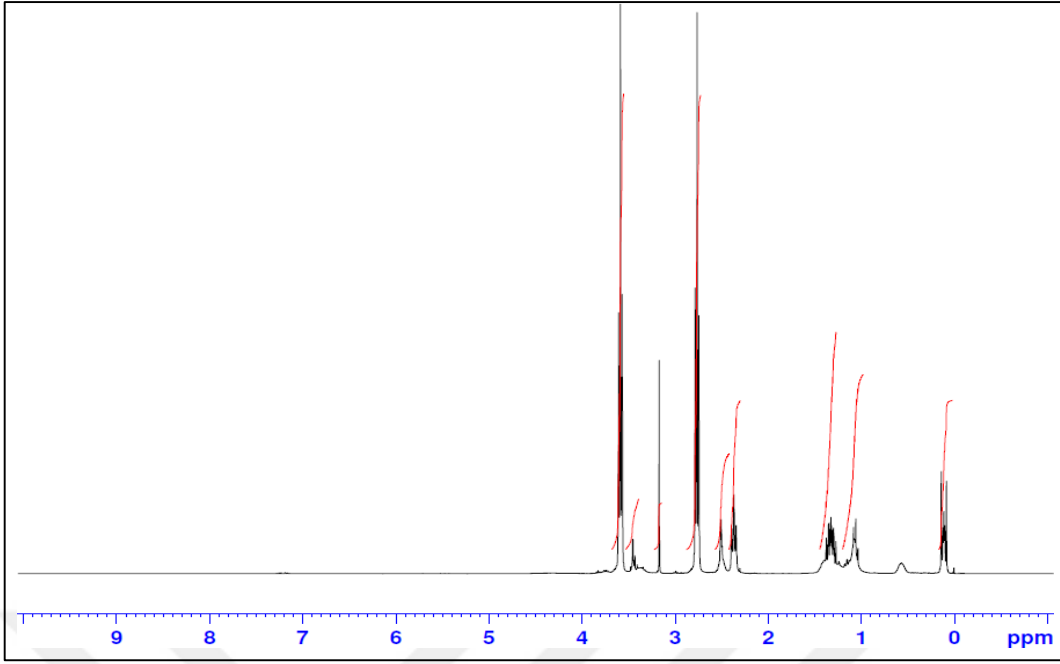
Hidrolitik kararlı silatran yapıların sentezi ve silatranların yüzey ve kumaş uygulamaları gerçekleştirildi. İş paketi dâhilinde hidrolitik kararlı silatran yapıları sentezlendi. Bu silatran yapıların sentezinde öncelikle (3- aminopropil)trietoksisilan, trietanolamin ile yaklaşık 85 °C’de tolüen içerisinde 27 saat reflaks edildi. Bu süre sonunda

oluşan ürün hekzan içerisinde çöktürüldü ve ürünün ^1H -NMR ve FTIR analizleri gerçekleştirildi elde edilen FTIR analizi Şekil 4.1’de verilmiştir.



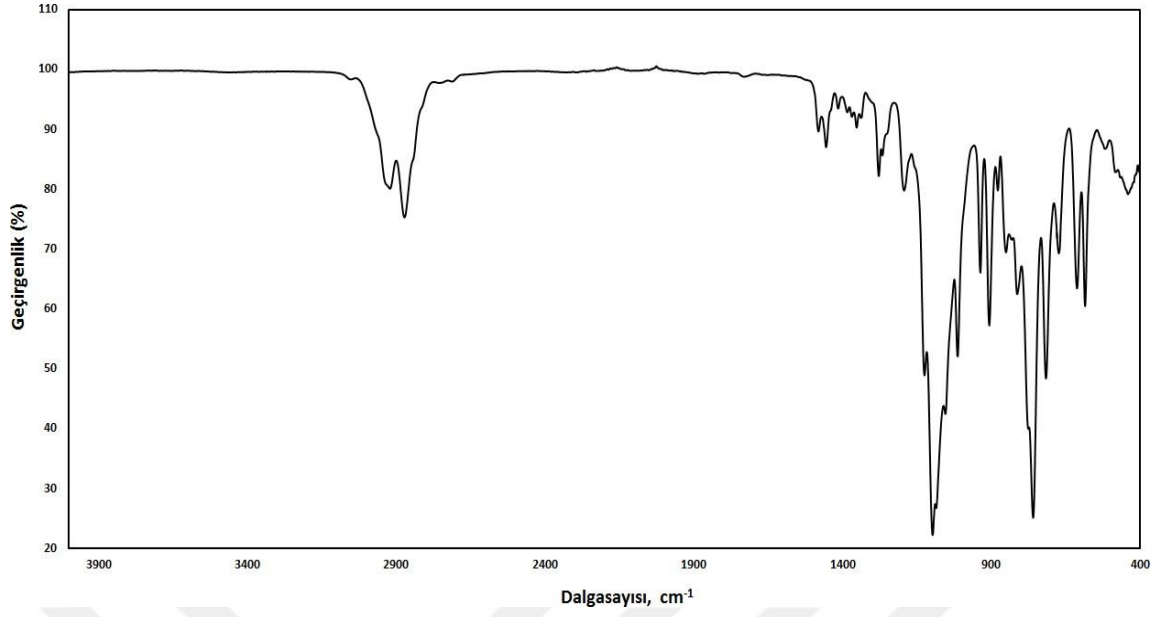
Şekil 4.1 : (3-aminopropil)triethoksisilan’dan elde edilen silatran yapısına ait FTIR spektrumu.

Şekil 4.1’deki FTIR spektrumuna bakıldığında spektrum üzerinde özellikle CH_2 ünitelerinden kaynaklı olarak $2804\text{-}2950\text{ cm}^{-1}$ aralığında C-H gerilme titreşimleri görülmektedir. 1277 cm^{-1} ’de C-C gerilme titreşimleri görülmektedir. $1028\text{-}1110\text{ cm}^{-1}$ ’de Si-O-Si piki görülmektedir. 716 , 613 ve 582 cm^{-1} ’de C-H asimetrik gerilme titreşimi, C-H sallanma (rocking) ve C-H düzlem dışı eğilme pikleri görülmektedir. Ayrıca amin grubundan kaynaklı olarak $3242\text{-}3462\text{ cm}^{-1}$ aralığında NH_2 grubuna ait pikler görülmekte ve 1450 cm^{-1} ’de C-N gerilme titreşimi istenilen silatran oluşumunu ispatlamaktadır. FTIR ile karakterize edilen silatran yapısı daha detaylı olarak NMR analizi ile de doğrulandı. (3-aminopropil)triethoksisilan’dan elde edilen silatran yapısına ait NMR spektrumu Şekil 4.2’de verildi. Şekil 4.2’de sentezlenen silatran yapısına ait NMR spektrumu görülmektedir. Bu NMR spektrumunda NH_2 , CH_2 ve kafes yapısındaki CH_2 ünitelerine ait 3 grup pik görülmektedir. Bu pikler içinde lineer $\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2$ bir multipler olarak, kafes yapısında bulunan $\text{CH}_2\text{-CH}_2$ yapısının dubletin dubleti olarak, amin grubundan kaynaklı pikler ise 415 ppm ’de görülmektedir.

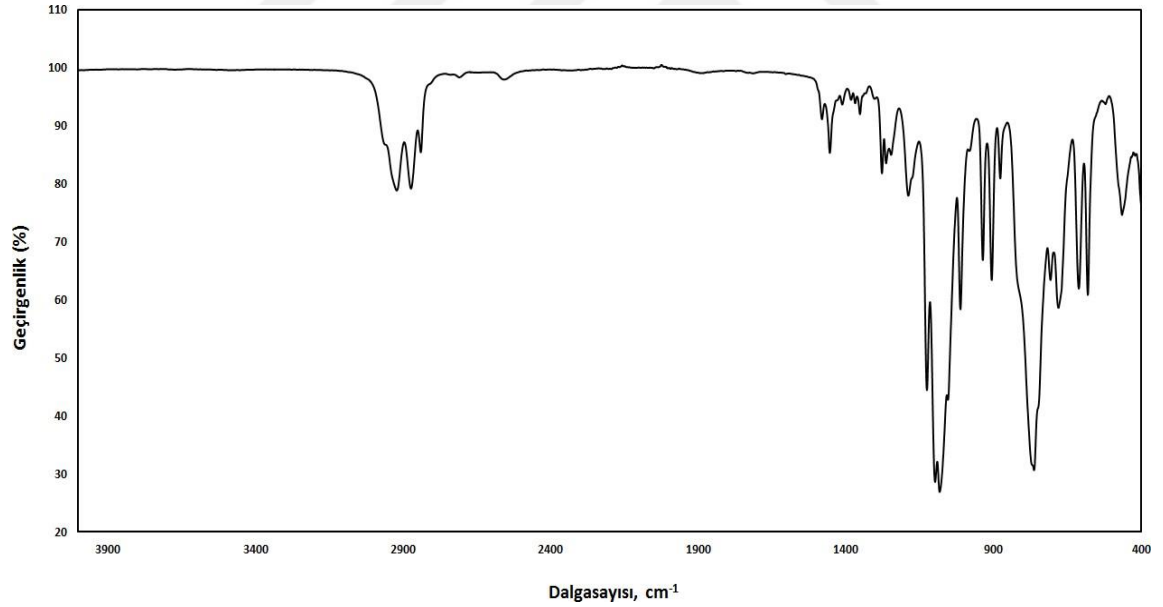


Şekil 4.2 : (3-aminopropil)triethoksisilan'dan elde edilen silatran yapısına ait ^1H -NMR spektrumu.

Silatran yapısı proje kapsamında 3-aminopropil triethoksisilan yerine glimo ve (3-merkaptopropil)trimetoksisilan yapıları kullanılarak çeşitlendirildi. Her iki yapıda yukarıda anlatıldığı yöntemle silatrana dönüştürüldü ve elde edilen yapıların FTIR spektrumları Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te, ^1H -NMR spektrumları ise Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'de verilmiştir. Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'teki spektrumlar incelendiğinde $1000\text{-}1100\text{ cm}^{-1}$ aralığında Si-O-Si pikleri net olarak görülmektedir. Ayrıca alifatik C-H grubuna ait pikler $2800\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$ aralığında C-H gerilme titreşimi görülmektedir. Yine C-H gruplarından kaynaklı 750 , 690 ve 580 cm^{-1} 'de ise sırası ile asimetrik gerilme titreşimi, C-H sallanma (rocking) ve C-H düzlem dışı eğilme pikleri belirgin olarak görülmektedir. Bu pikler haricinde fonksiyonel gruplardan kaynaklı olarak Şekil 4.3'deki 3-glisiidoksipropiltrimetoksisilan yapısından kaynaklanan 936 cm^{-1} ve 907 cm^{-1} 'de epoksi halkası piki görülmektedir. Şekil 4.4'teki merkaptto-fonksiyonel gruptan kaynaklı olarak 1200 cm^{-1} 'de C-S gerilme titreşimi ise elde edilen silatran yapıların istenildiği şekilde sentezlendiğini ispatlamaktadır.

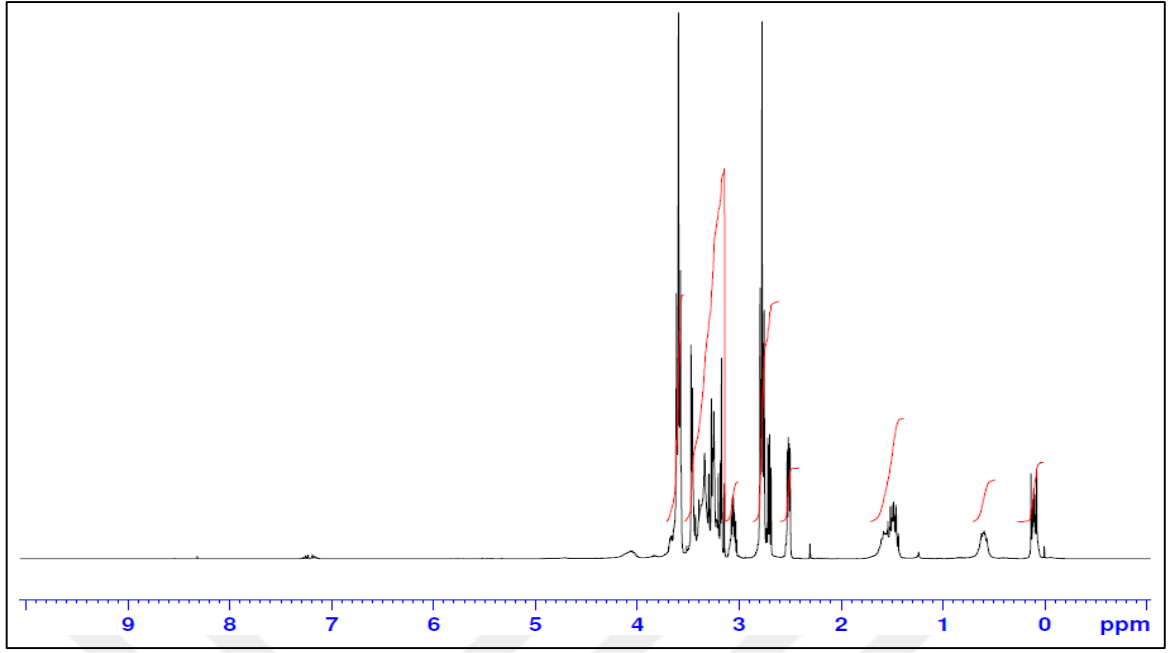


Şekil 4.3 : 3-glisidoksipropiltrimetoksisilan'dan elde edilen silatran yapısına ait FTIR spektrumu.

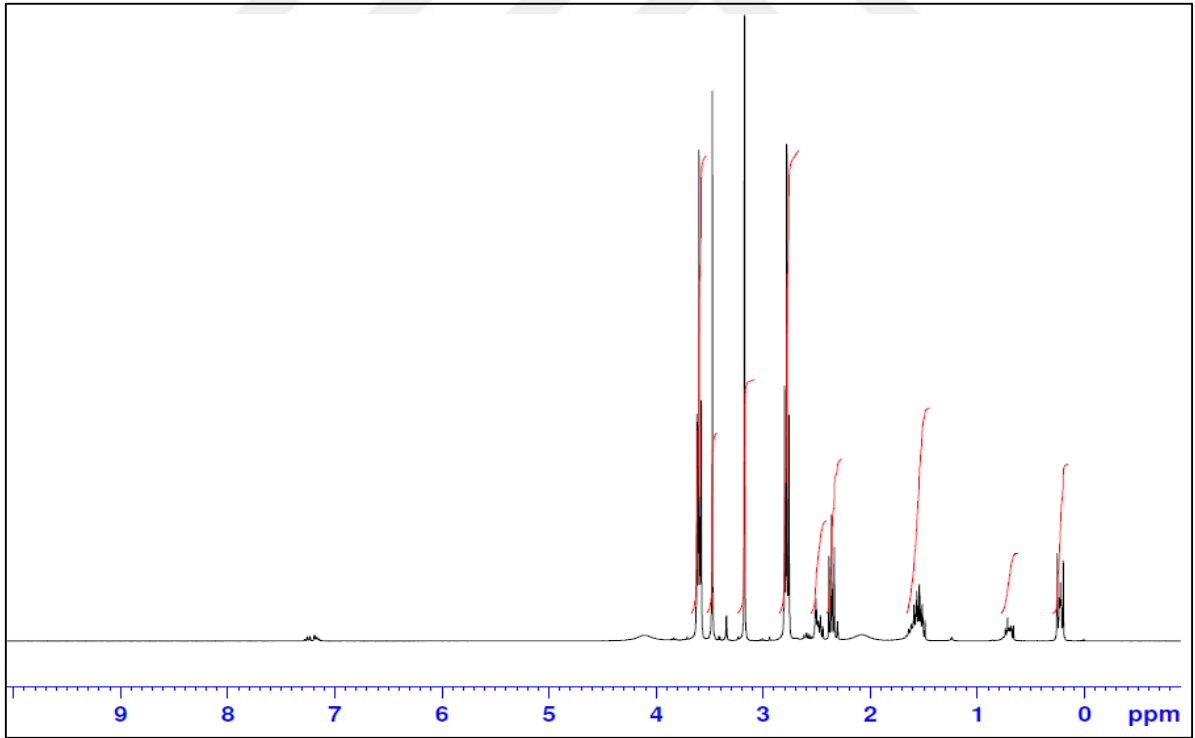


Şekil 4.4 : 3-(Mercapto)propiltrimethoksisilane'dan elde edilen silatran yapısına ait FTIR spektrumu.

Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'de sırası ile 3-glisidoksipropiltrimetoksisilan ve 3-(Mercapto)propiltrimethoksisilane'dan elde edilen silatran yapılarına ait ^1H -NMR spektrumları verildi. Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'deki NMR spektrumlarında istenilen yapının elde edildiğini ispatlar şekilde 4 temel pik grubu net olarak görülmektedir.



Şekil 4.5 : 3-glisidoksipropiltrimetoksisilan'dan elde edilen silatran yapısına ait ¹H-NMR spektrumu.



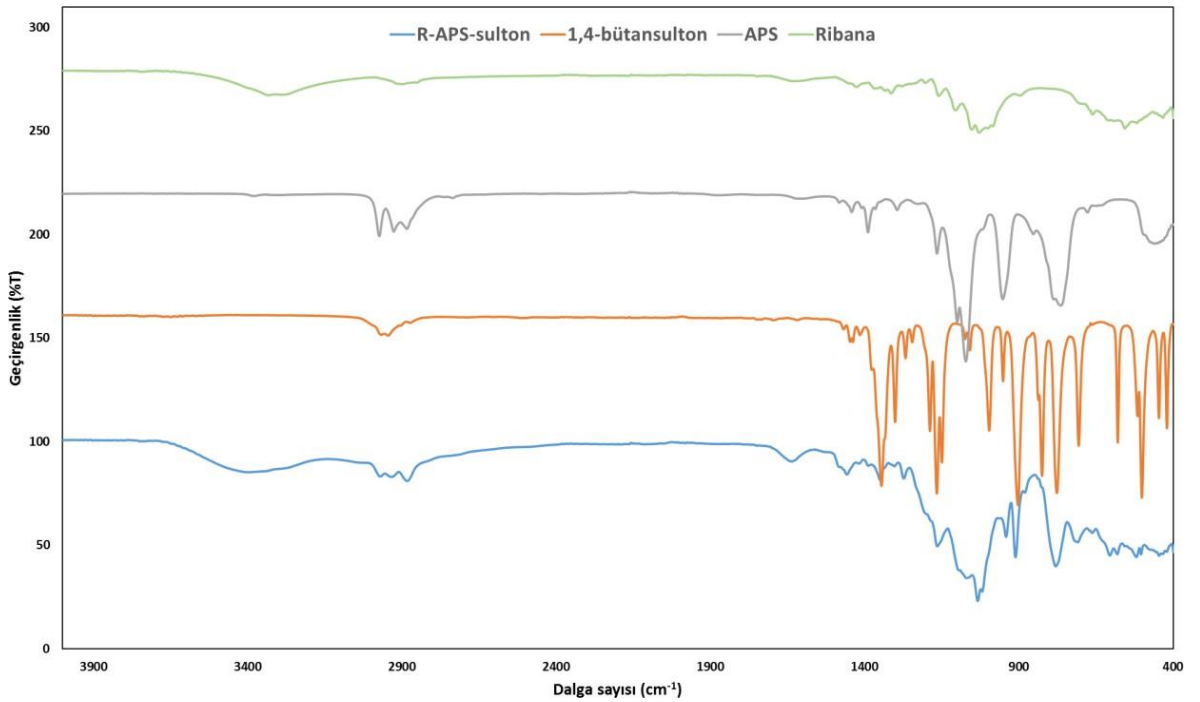
Şekil 4.6 : 3-(Mercapto)propiltrimethoksisilane'dan elde edilen silatran yapısına ait ¹H-NMR spektrumu.

Çalışma kapsamında antibakteriyel özellik sağlayacak saf silatran grupları sentezlendikten sonra elde edilen zwitter iyonların selüloz yüzeylerine bağlanması

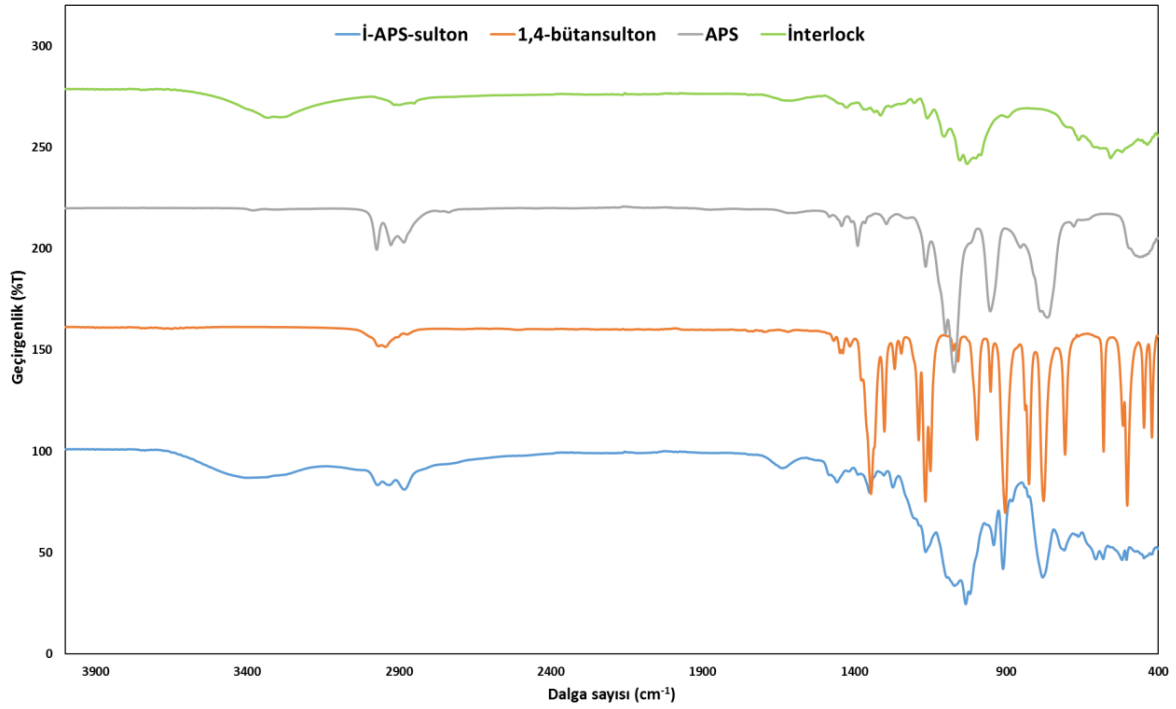
gerçekleştirildi. Bu sayede selülozik kumaş yüzeylerinde zwitter iyonik antibakteriyel özellikli yüzey yapıları elde edilmiş oldu. Bu yüzeylerin eldesi sırasında 2 farklı yapı ve 3 farklı kumaş kullanıldı. 1.yüzey kaplama işleminde (3-aminopropil)triethoksisilan kullanıldı. Elde edilen silatran yapısı, Süprem, Ribana ve İnterlok kumaşlara kaplandı. 2.tarz kaplamalarda ise borik asit katkılı yüzey kaplamaları elde edildi.

Amino-silatran yapısı ile gerçekleştirilen kumaş kaplamaları:

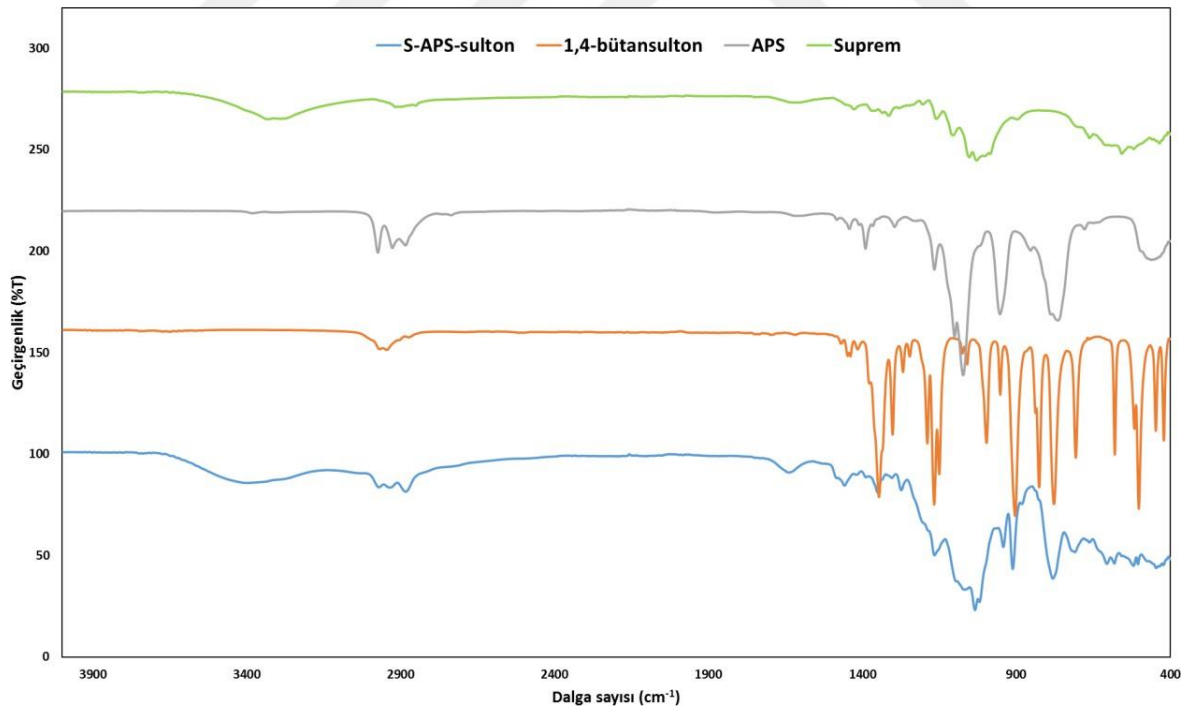
Bir önceki aşamada gerçekleştirilen silatran yapısı Ribana, İnterlok ve Süprem kumaşlara kaplandı. Sırası ile Ribana, İnterlok ve Süprem kumaşlardan elde edilen kumaş yapıları Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.7 : Ribana kumaş, APS, 1,4-bütan sülton ve Zwitter iyonik yapı bağlı ribana kumaş yapılarına ait FTIR spektrumu.



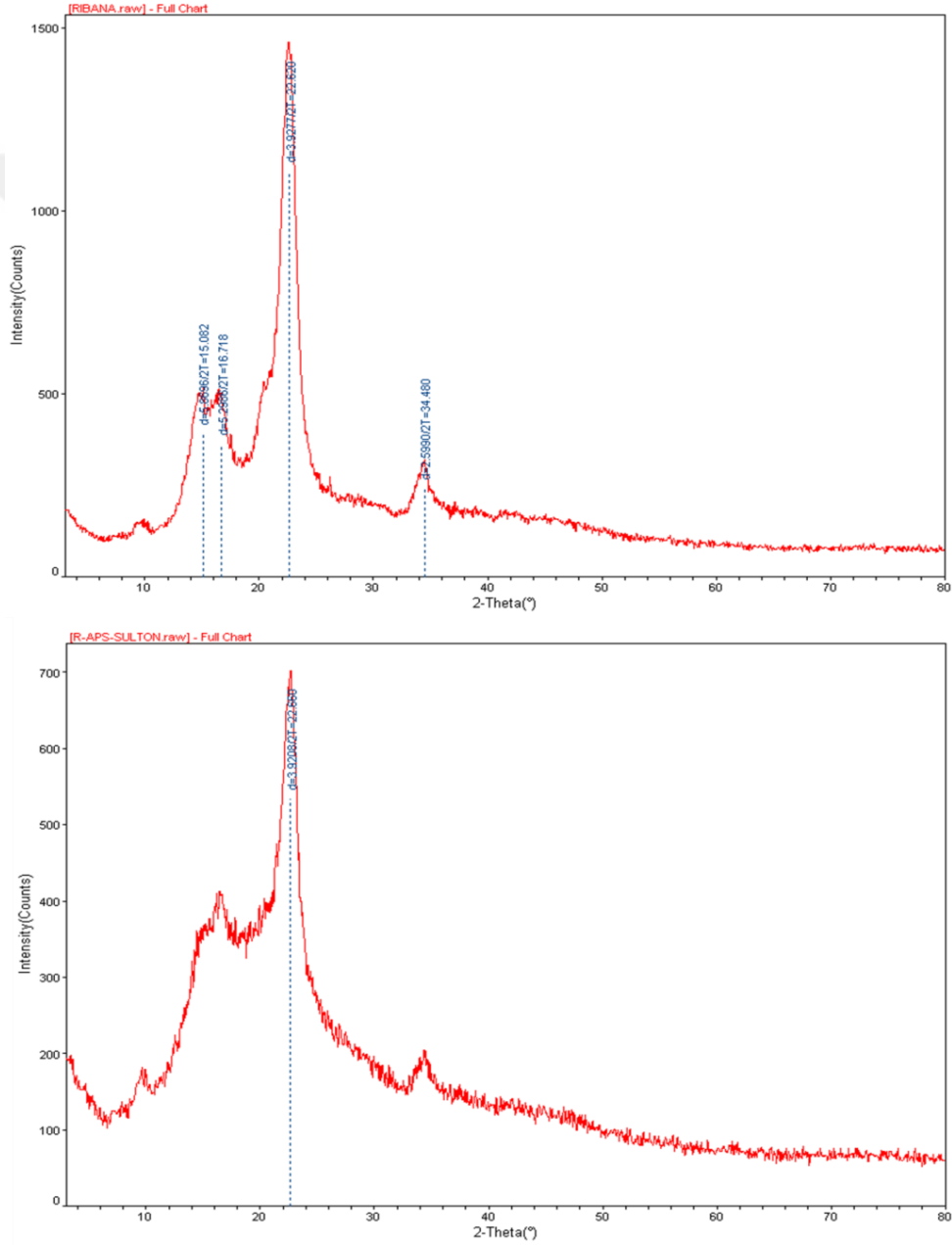
Şekil 4.8 : İnterlok kumaş, APS, 1,4-bütan sulton ve Zwitter iyonik yapı bağlı interlok kumaş yapılarına ait FTIR spektrumu.



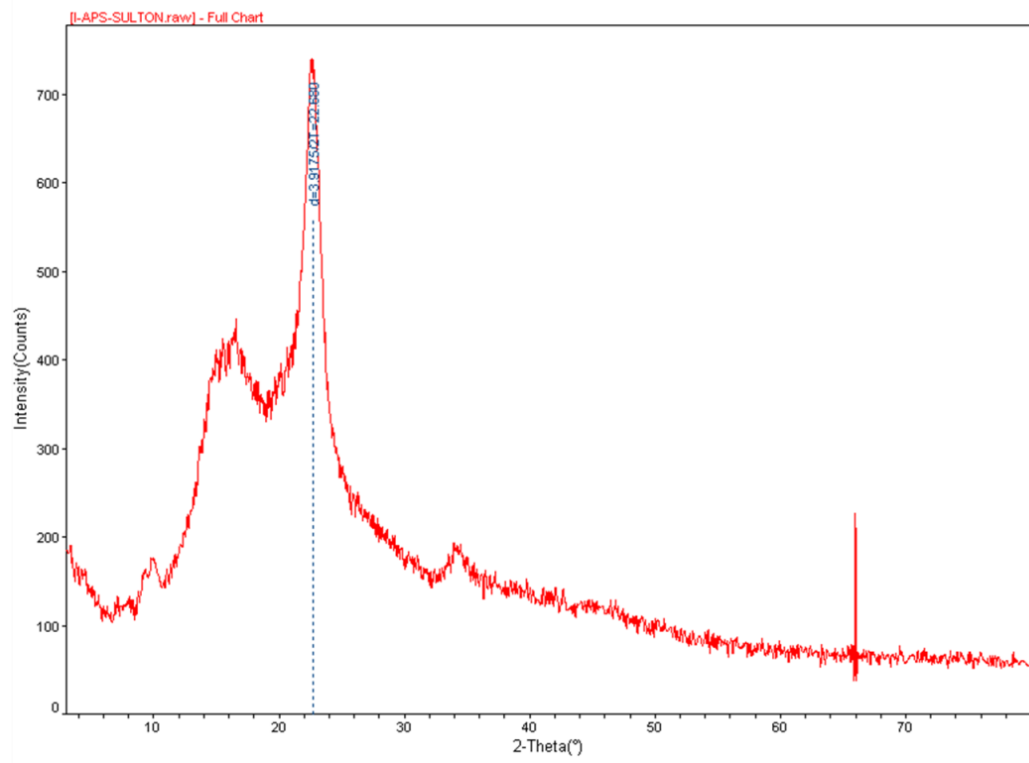
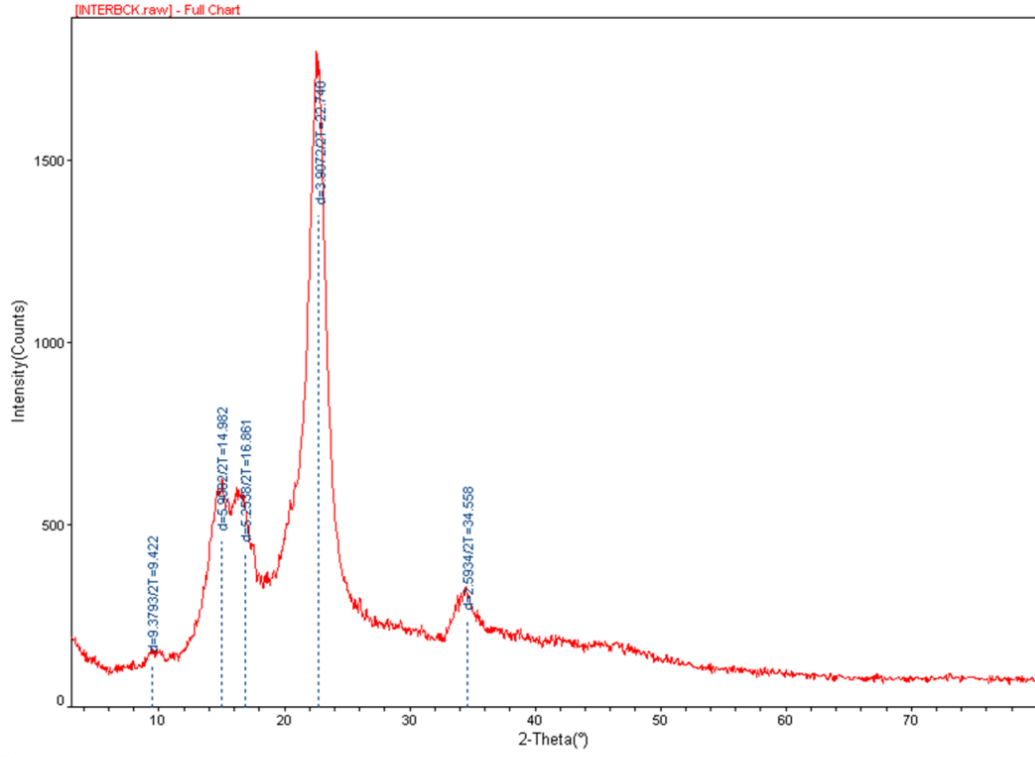
Şekil 4.9 : Süprem kumaş, APS, 1,4-bütan sulton ve Zwitter iyonik yapı bağlı süprem kumaş yapılarına ait FTIR spektrumu.

Şekil 4.7'deki Ribana kumaş yapısına ait kaplamada saf Ribana kumaşta özellikle selüloz yapısından kaynaklı pikler görülmektedir. 1000-1100 cm^{-1} 'de C-O-C, 1313 cm^{-1} 'de

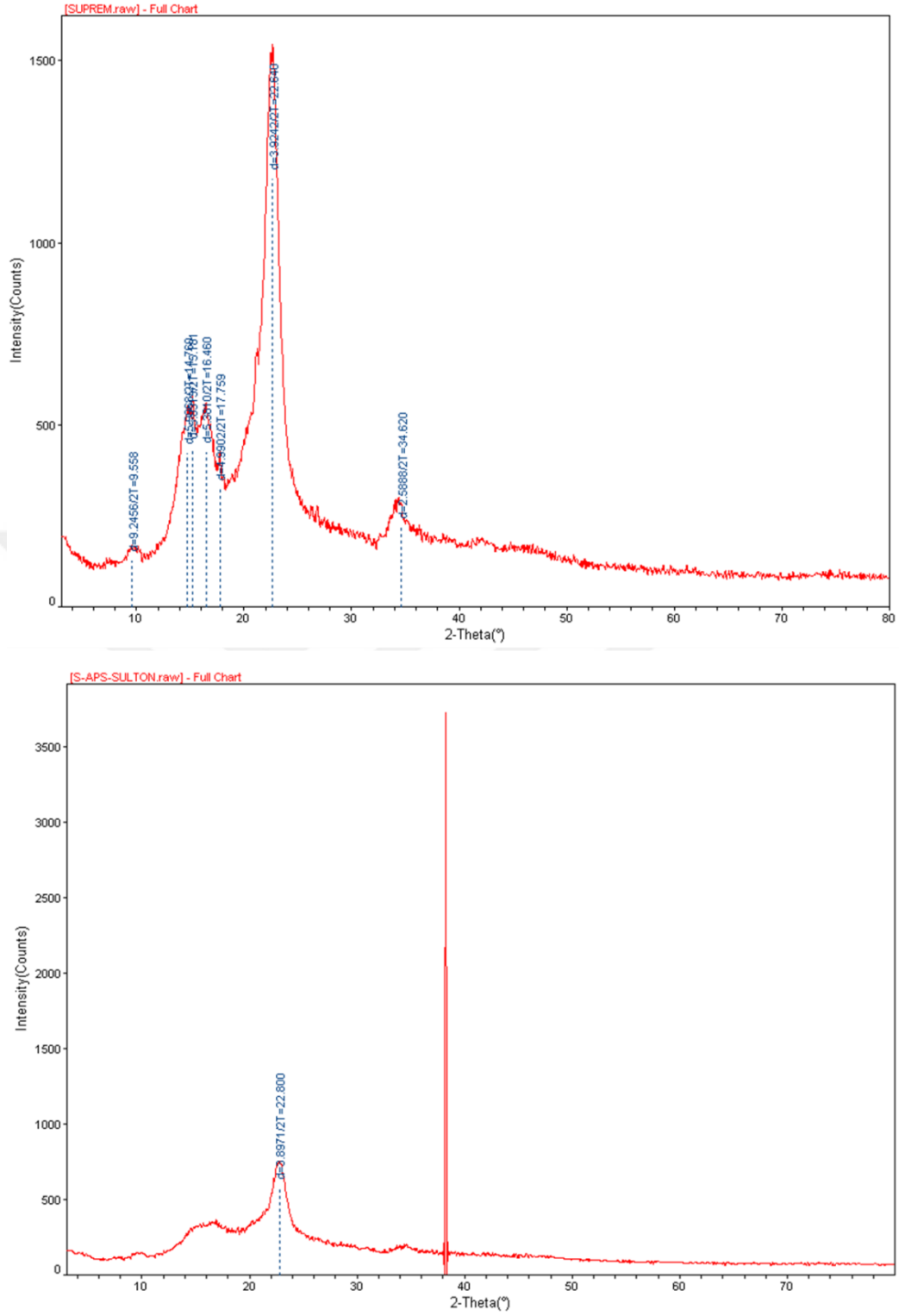
C-C, 2850-2950 cm^{-1} arasında C-H ve yüzey hidroksillerinden kaynaklı olarak 3000-3600 cm^{-1} aralığında OH grupları H bağı görülmektedir. Bu yapılar üzerine APS-sulton yapıları uygulandığında sulton yapısından kaynaklı olarak 952 cm^{-1} 'de ve 1390 cm^{-1} 'de keskin pikler kumaş yapısında görülmektedir. Benzer değişimler Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da net olarak görülmüştür. Özellikle her 3 şekilde de 1000-11000 cm^{-1} 'deki pikin genişlemesi S=O piklerinin varlığı ve C-S piklerinin netleşmesi istenilen zwitter iyonik kumaş yapılarının sentezlendiğini ispatlamaktadır. Bu kumaş yapılarına ait XRD spektrumları Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.10 : Ribana kumaş (üst) ve Zwitter iyonik yapı bağlı ribana kumaş (alt) yapılarına ait XRD spektrumu.

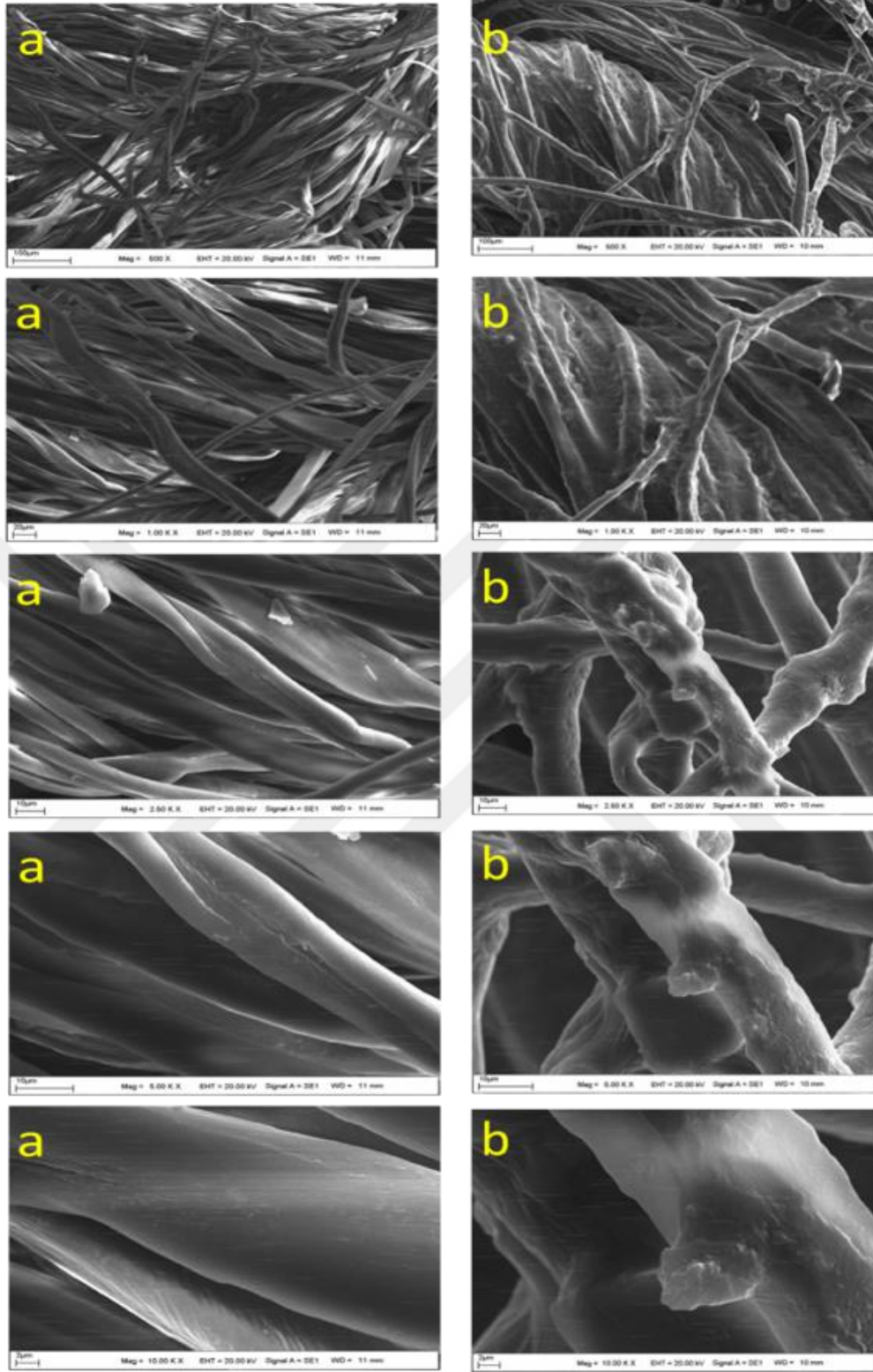


Şekil 4.11 : İnterlok kumaş (üst) ve Zwitter iyonik yapı bağlı interlok kumaş (alt) yapılarına ait XRD spektrumu.

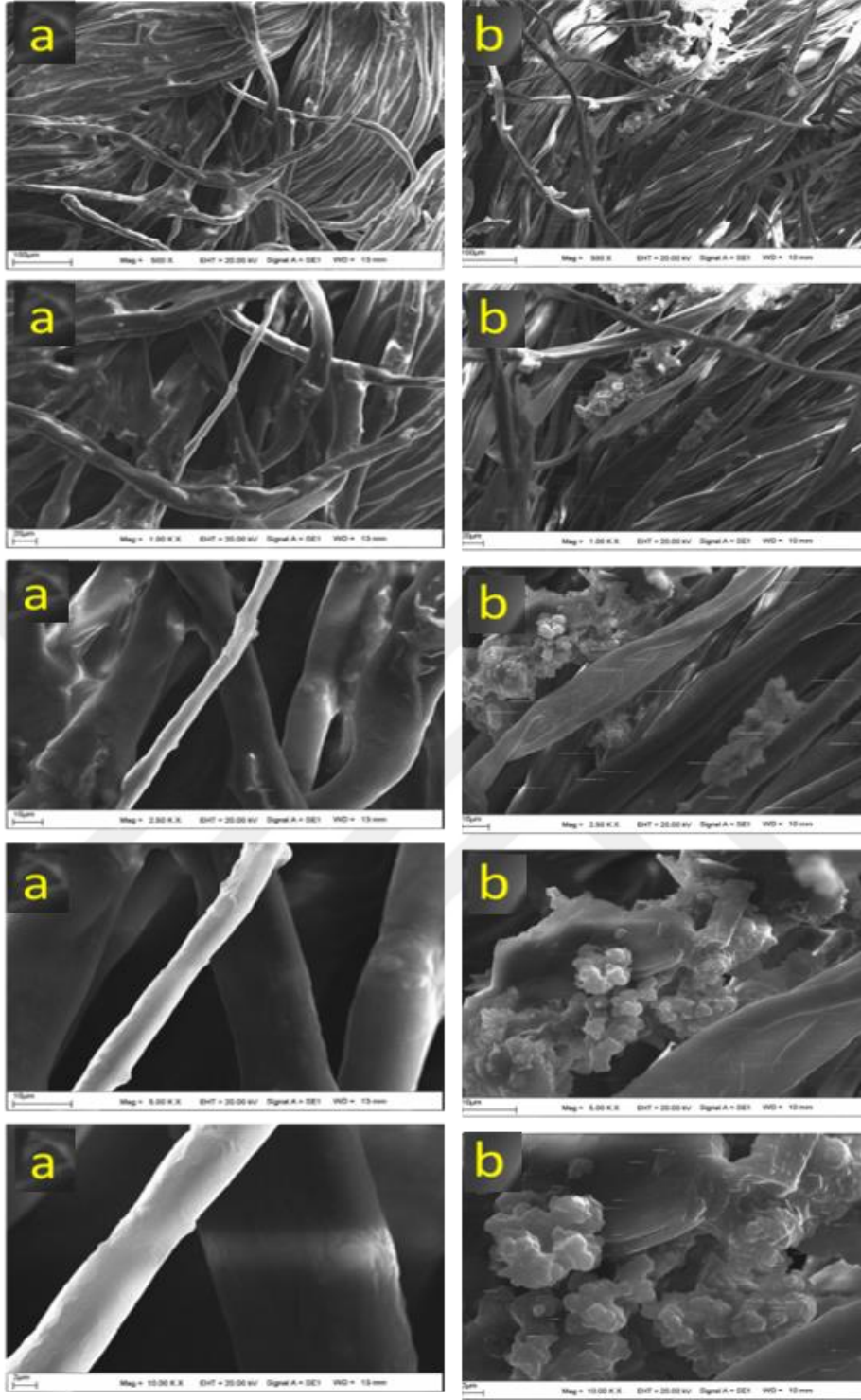


Şekil 4.12 : Süprem kumaş (üst) ve Zwitter iyonik yapı bağlı süprem kumaş (alt) yapılarına ait XRD spektrumu.

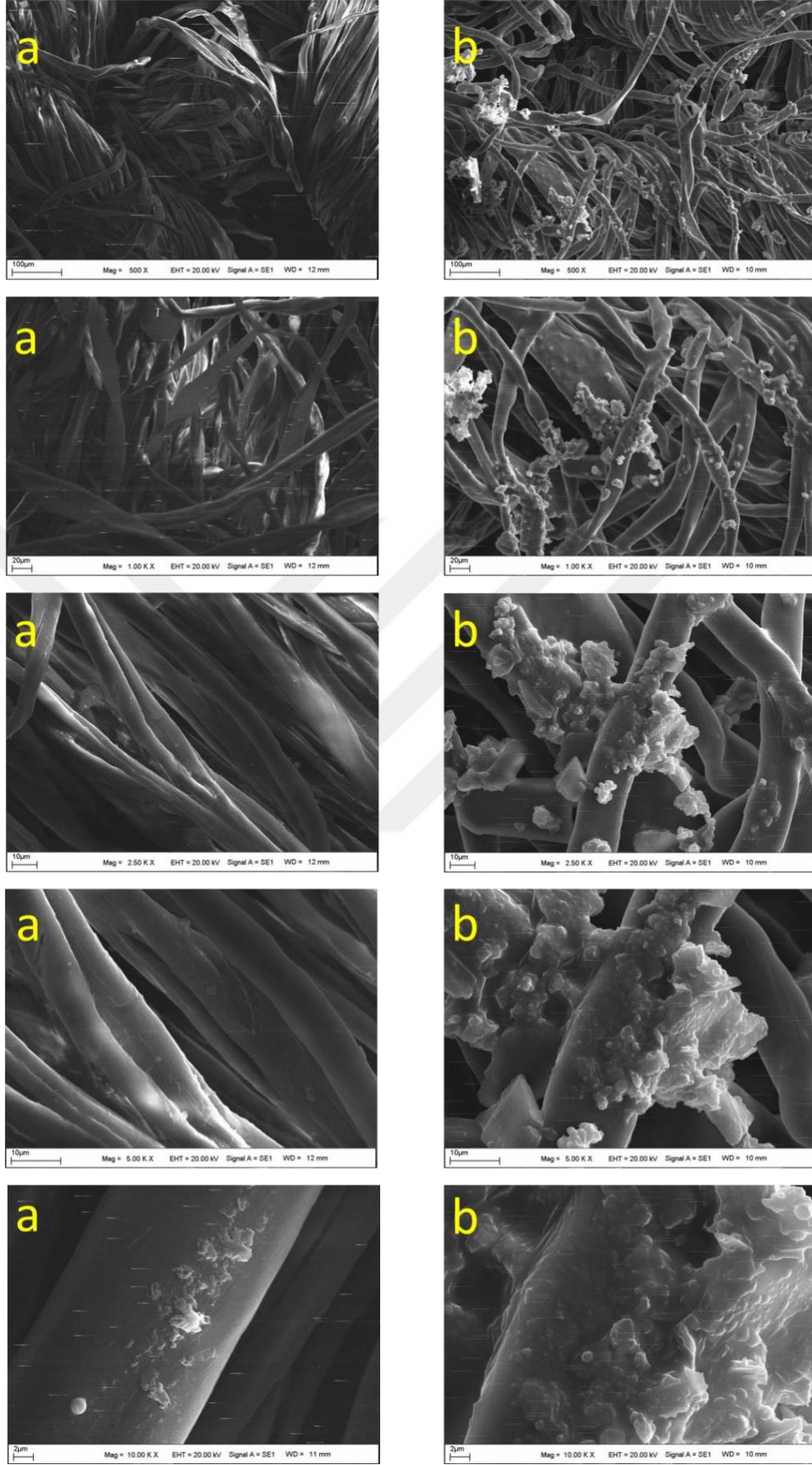
Kumaş yapılarının SEM görüntüleri kaplanmış saf kumaş yapıları ile kıyaslamalı olarak Şekil 4.13, Şekil 4.14 ve Şekil 4.15’de verilmiştir. Bu SEM görüntüleri ile de kaplamaların etkinliği net olarak görülmektedir.



Şekil 4.13 : Ham süprem kumaş (a) ve Zwitter iyonik yapı bağlı süprem kumaş (b) yapılarına ait SEM görüntüleri.



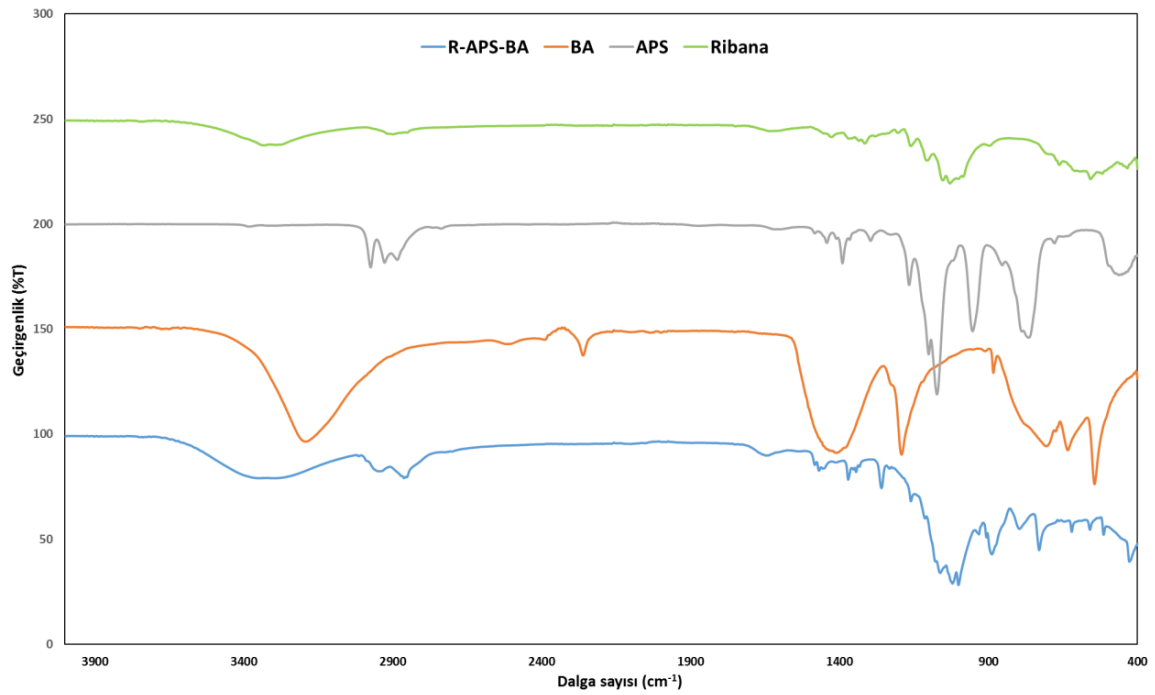
Şekil 4.14 : Ham interlok kumaş (a) ve Zwitter iyonik yapı bağlı interlok kumaş (b) yapılarına ait SEM görüntüleri.



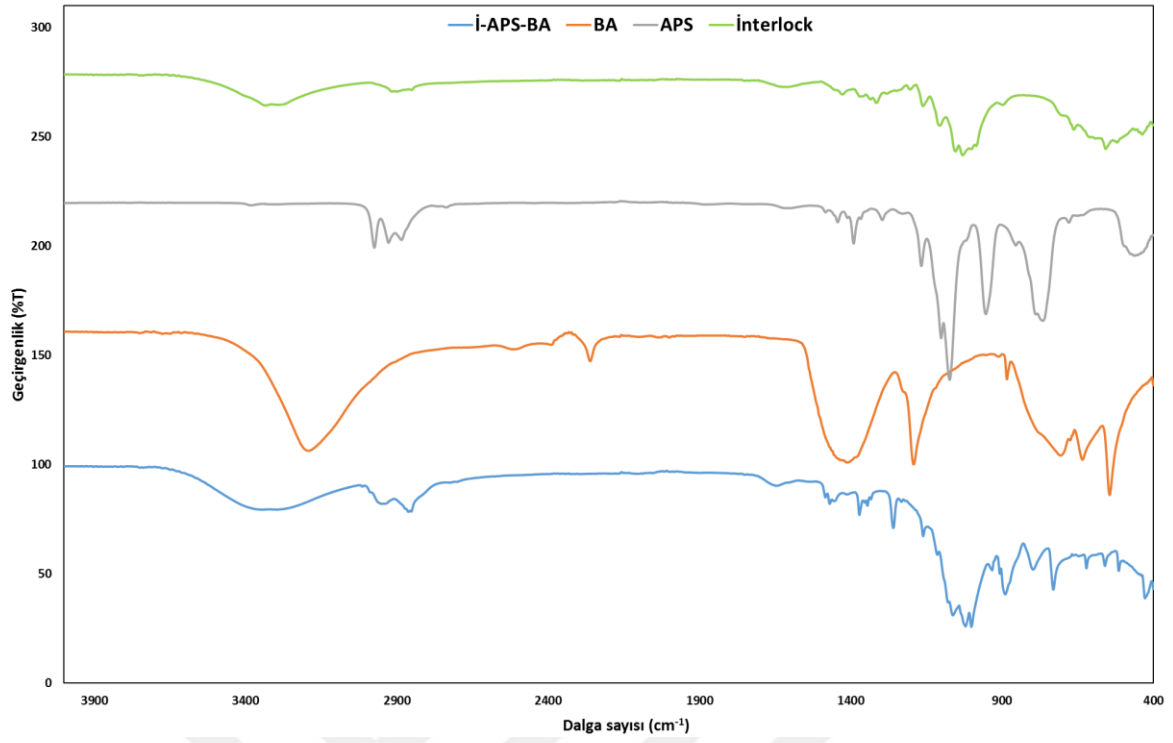
Şekil 4.15 : Ham ribana kumaş (a) ve Zwitter iyonik yapı bağlı ribana kumaş (b) yapılarına ait SEM görüntüleri.

4.2 Borik Asit Temelli Kumaş Kaplamalarının Elde Edilmesi

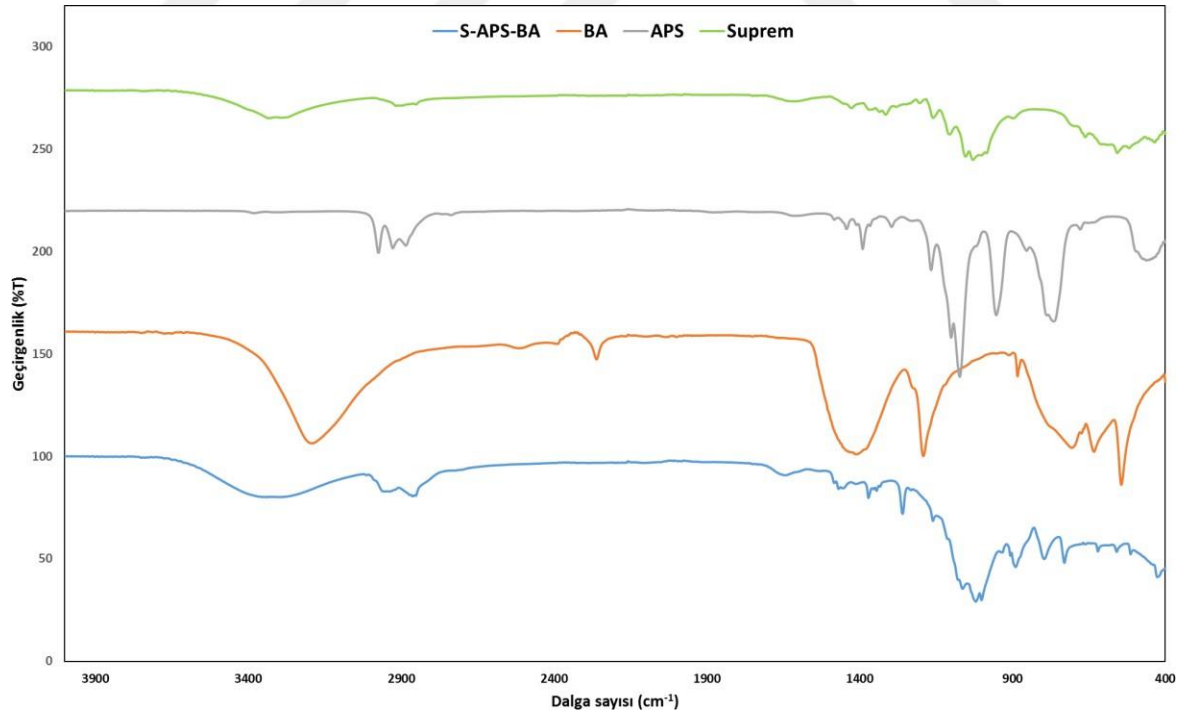
Çalışma kapsamında antibakteriyel özellikleri güçlendirmek için borik asit yapıları katkılanarak bor temelli kumaş yapıları elde edilmiştir. Bu yapılara ait FTIR spektrumları Şekil 4.16, Şekil 4.17 ve Şekil 4.18’ de verilmiştir. Saf kumaş yapısı ile kaplanmış kumaş yapısı kıyaslandığında özellikle 1095 cm^{-1} ’de B-O-C ve yaklaşık 1200 cm^{-1} ’de O-B-O pikleri istenilen yapıların elde edildiğini ispatlamaktadır. Şekil 4.19 ve 4.20’deki Süprem ve İnterlok kumaş türlerindeki benzer değişimler her 3 kumaş türünde de istenilen yapının elde edildiğini kanıtlamaktadır.



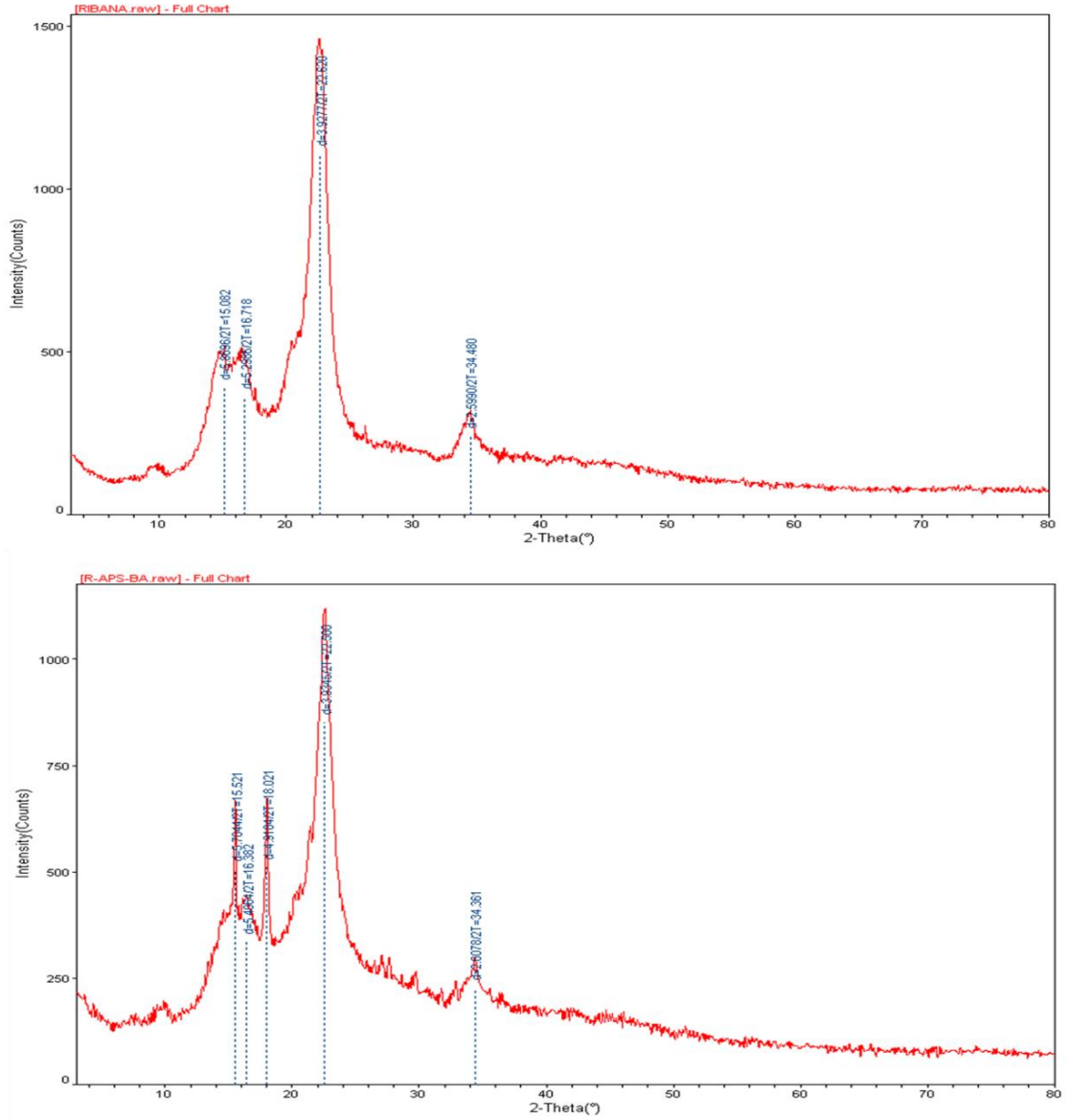
Şekil 4.16 : Ribana kumaş, APS, 1,4-bütan sülton ve borik asit temelli ribana kumaş kaplamalarına ait FTIR spektrumu.



Şekil 4.17 : İnterlok kumaş, APS, 1,4-bütan sültan ve borik asit temelli interlok kumaş kaplamalarına ait FTIR spektrumu.

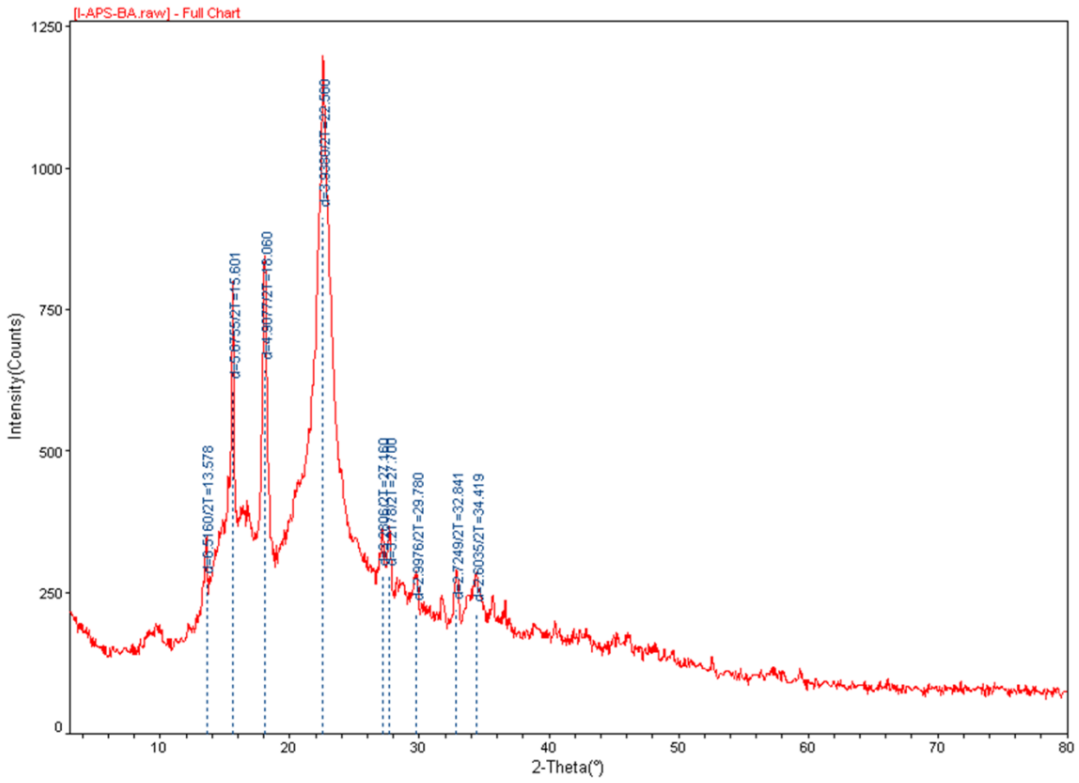
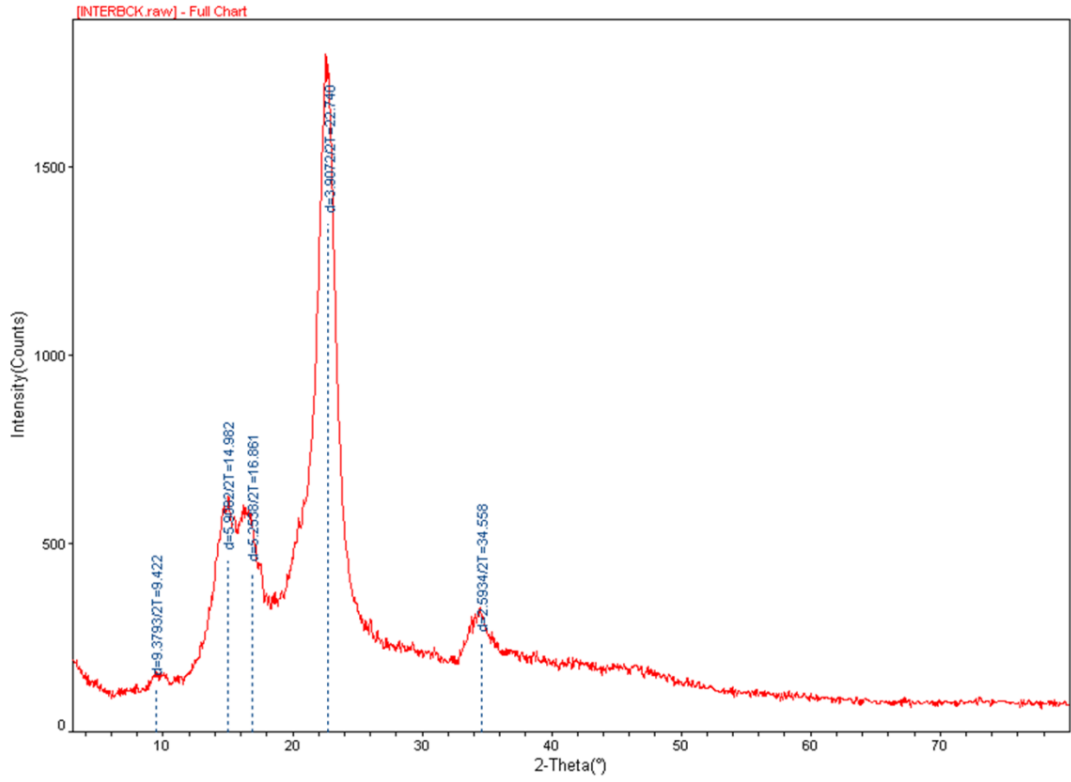


Şekil 4.18 : Süprem kumaş, APS, 1,4-bütan sültan ve borik asit temelli süprem kumaş kaplamalarına ait FTIR spektrumu.

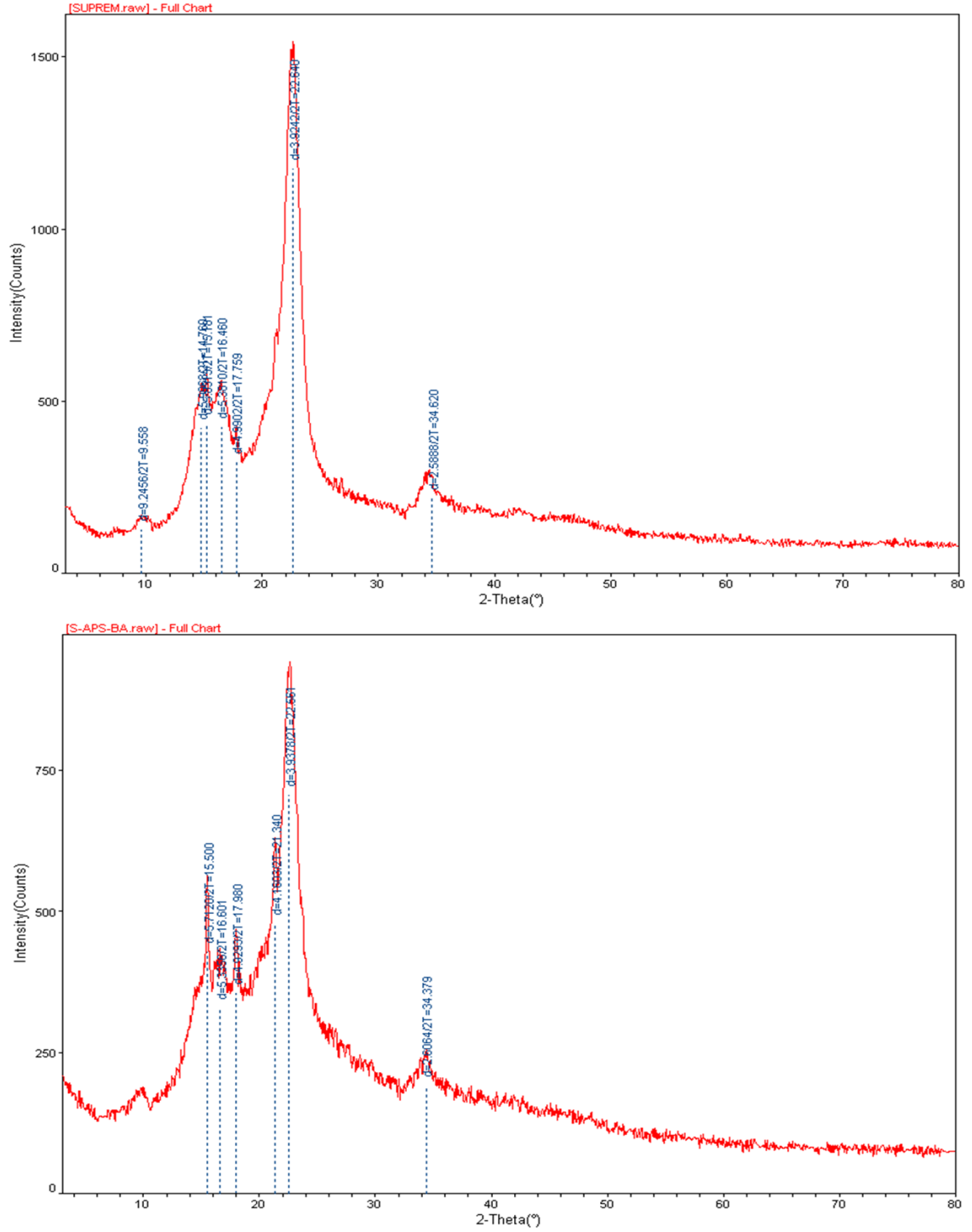


Şekil 4.19 : Ribana kumaş (üst) ve borik asit temelli ribana kumaş (alt) kaplamalarına ait XRD spektrumu.

Şekil 4.16'daki Ribana kumaş yapısına ait kaplamada saf Ribana kumaşta özellikle selüloz yapısından kaynaklı pikler görülmektedir. $1000-1110\text{ cm}^{-1}$ 'de C-O-C, 1317 cm^{-1} 'de C-C, $2845-2956\text{ cm}^{-1}$ arasında C-H ve yüzey hidroksillerinden kaynaklı olarak $3000-3600\text{ cm}^{-1}$ aralığında OH grupları H bağı görülmektedir. Bu yapılar üzerine APS-sulton yapıları uygulandığında sulton yapısından kaynaklı olarak 952 cm^{-1} 'de ve 1390 cm^{-1} 'de keskin pikler kumaş yapısında görülmektedir. Benzer değişimler Şekil 4.17 ve Şekil 4.18'da net olarak görülmüştür. Özellikle her 3 şekilde de $1000-1100\text{ cm}^{-1}$ 'deki pikin genişlemesi S=O piklerinin varlığı ve C-S piklerinin netleşmesi istenilen zwitter iyonik kumaş yapılarının sentezlendiğini ispatlamaktadır. Bu kumaş yapılarına ait XRD spektrumları Şekil 4.19, Şekil 4.20 ve Şekil 4.21'de verilmiştir.

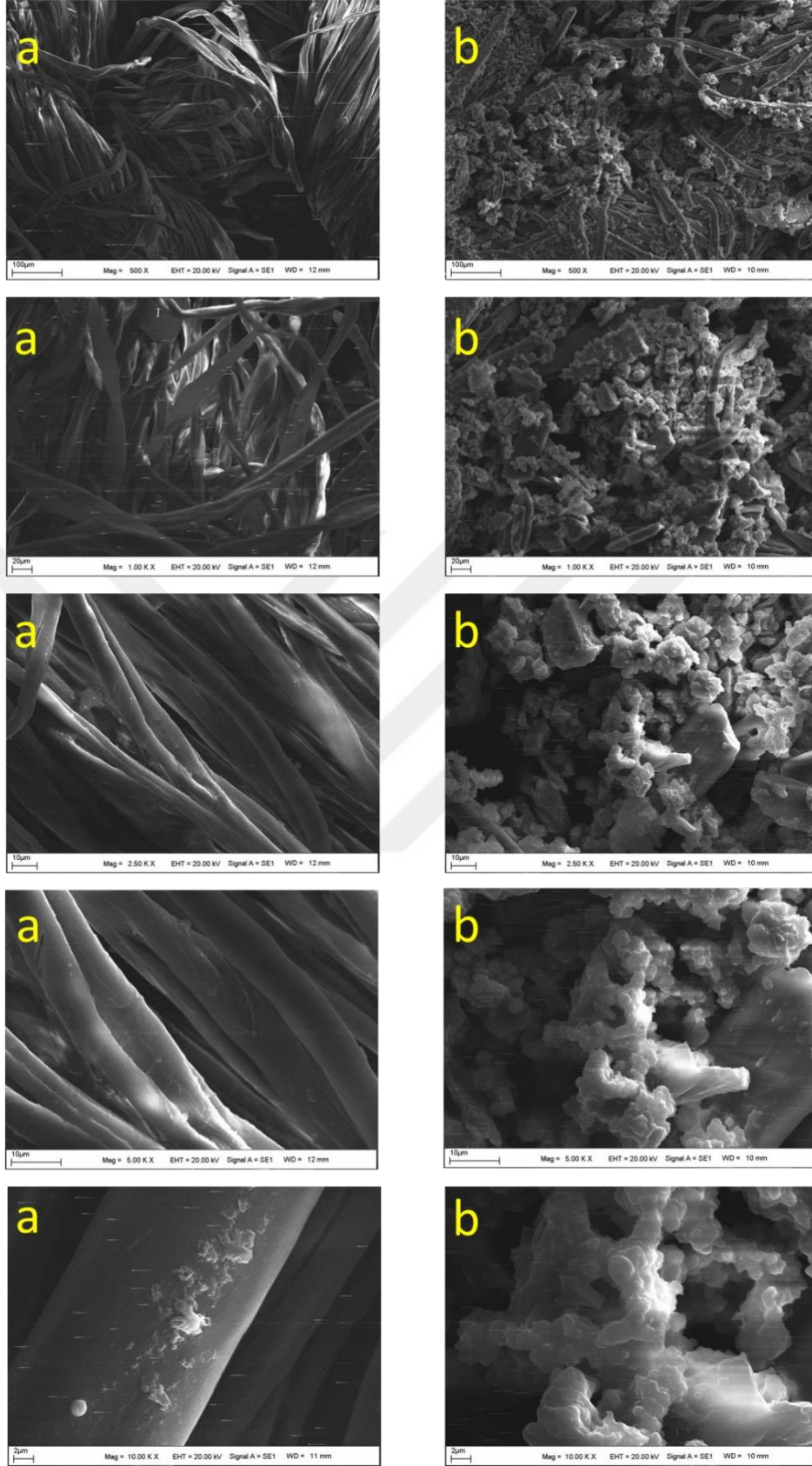


Şekil 4.20 : İnterlok kumaş (üst) ve borik asit temelli interlok kumaş (alt) kaplamalarına ait XRD spektrumu.

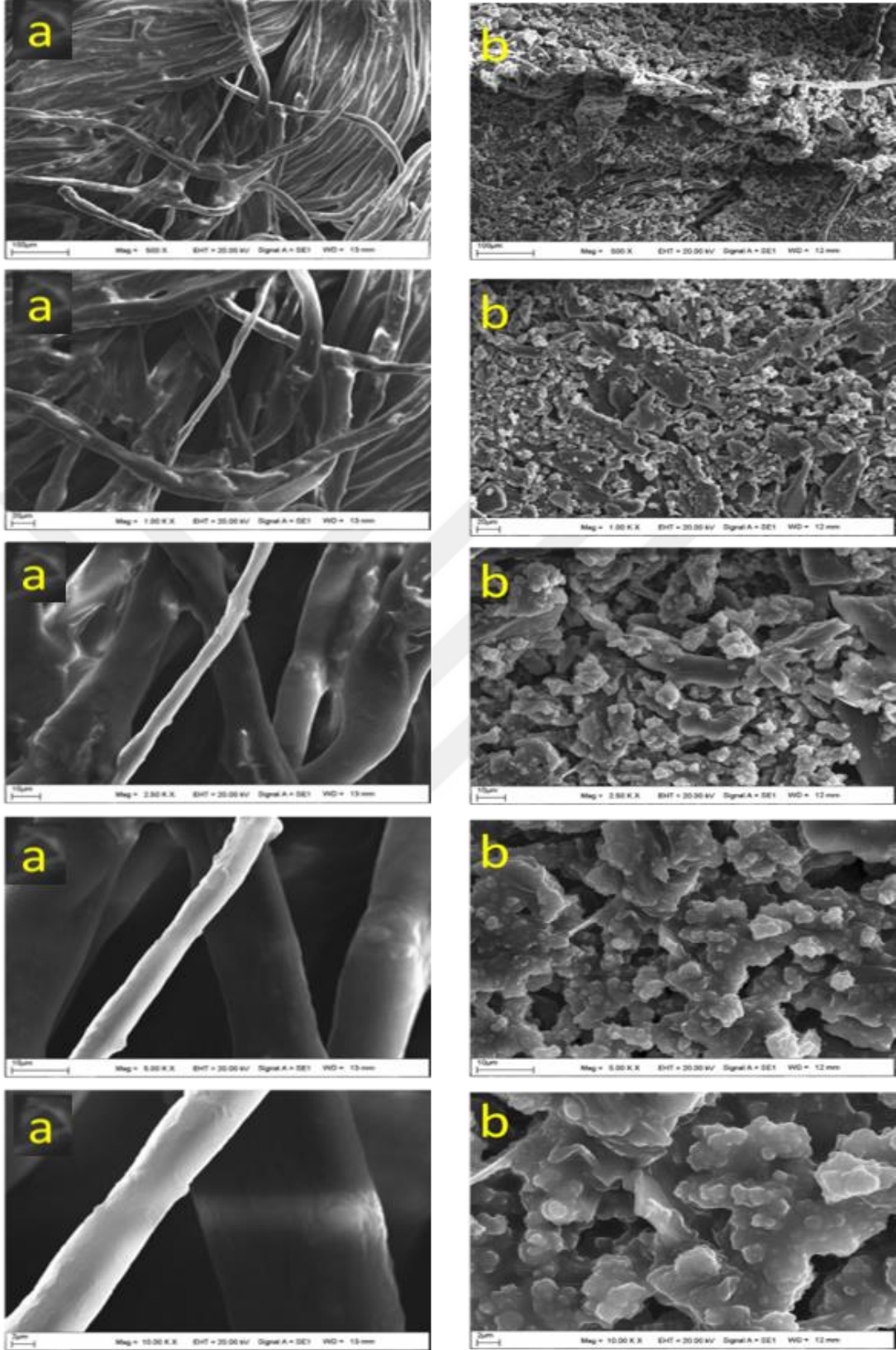


Şekil 4.21 : Süprem kumaş (üst) ve borik asit temelli süprem kumaş (alt) kaplamalarına ait XRD spektrumu.

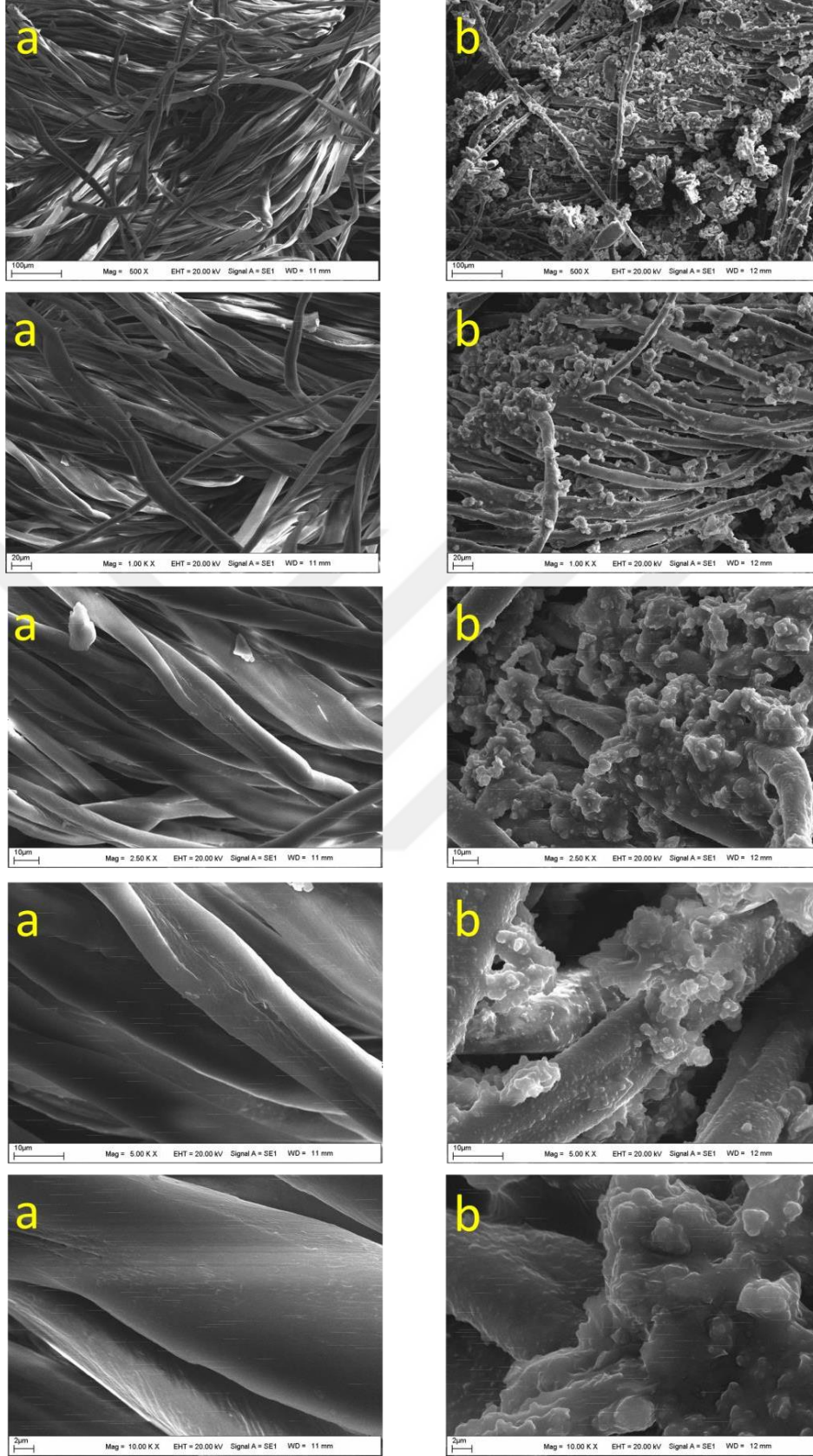
Kumaş yapılarının SEM görüntüleri kaplanmış saf kumaş yapıları ile kıyaslamalı olarak Şekil 4.22, Şekil 4.23 ve Şekil 4.24’de verilmiştir. Bu SEM görüntüleri ile de kaplamaların etkinliği net olarak görülmektedir.



Şekil 4.22 : Ham ribana kumaş (a) ve borik asit temelli ribana kumaş (b) kaplamalarına ait SEM görüntüleri.



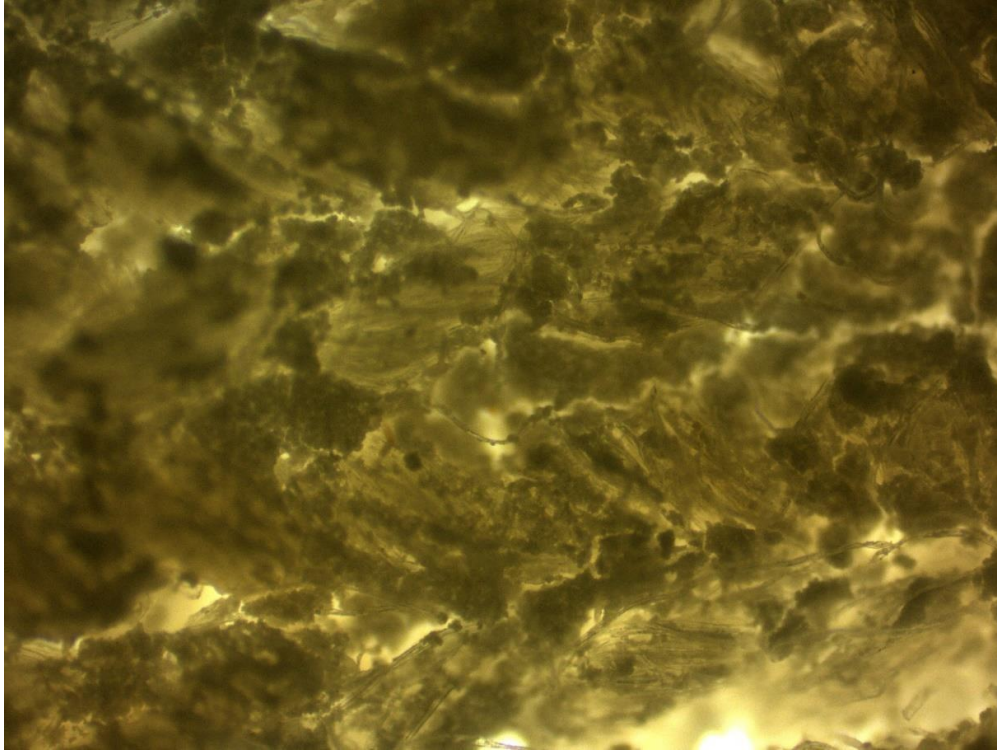
Şekil 4.23 : Ham interlok kumaş (a) ve borik asit temelli interlok kumaş (b) kaplamalarına ait SEM görüntüleri.



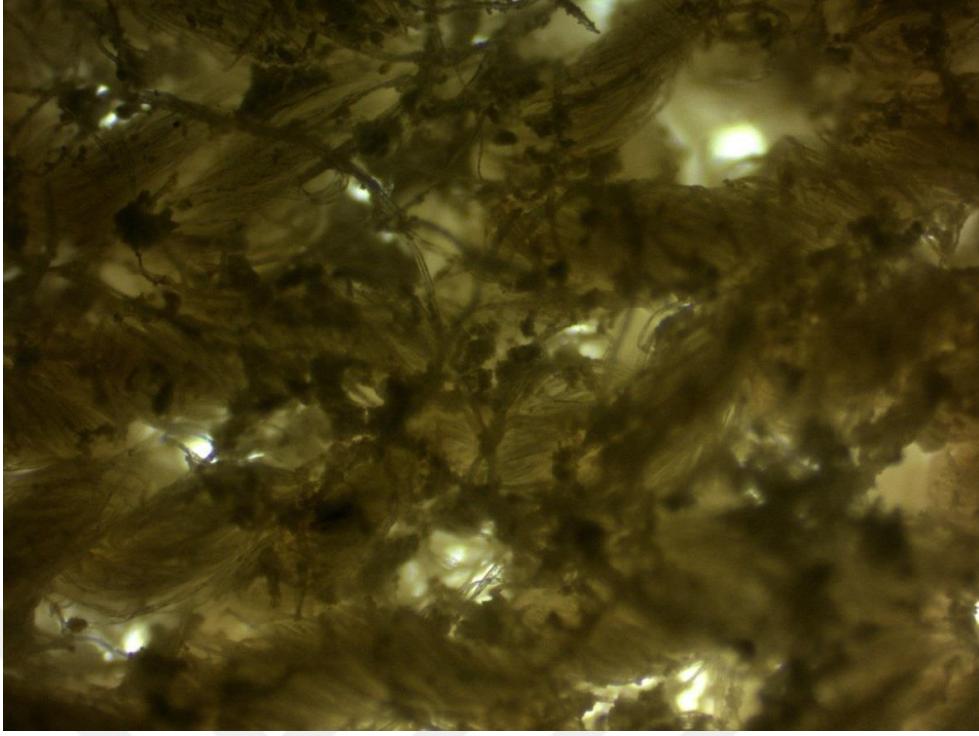
Şekil 4.24 : Ham süprem kumaş (a) ve borik asit temelli süprem kumaş (b) kaplamalarına ait SEM görüntüleri.

Çalışma kapsamında üleksit ve kolemanit temelli kaplama yapılan kumaş yapıları kuruduktan sonra ilk önce optik mikroskopta 5x ve 10x büyütme ile incelendi. İnceleme sonrasında elde edilen görüntülerden bazıları Şekil 4.25, Şekil 4.26, Şekil 4.27 ve Şekil 4.28’de verildi. Bu şekillerde kaplamadaki bor minerali yapısı arttıkça kümelenme ve kumaş yapısında boşluklar arasında bor yapılarının birikmesi görüldü. Optik mikroskop incelemelerinden ideal bir kaplama için %1, %3 ve %5 kaplamaların optimum olduğu görüldü.

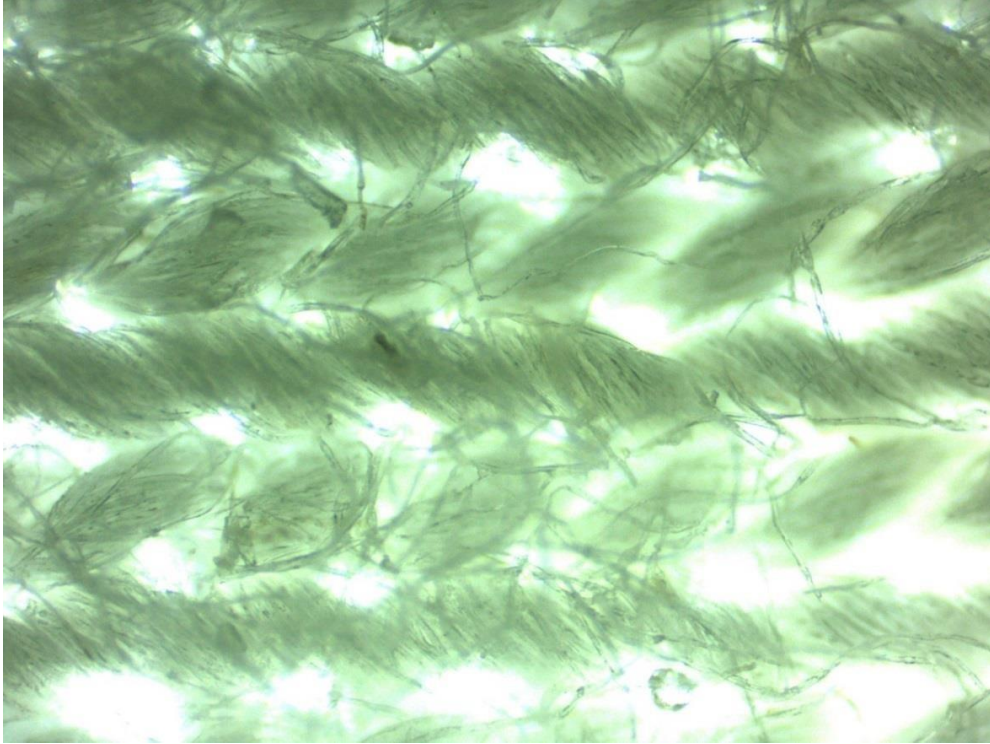
Çalışma kapsamında bor minerali temelli kaplamaların kimyasal ve yüzey yapısına etkisi FTIR cihazı ile belirlendi. Mikroskop ve FTIR cihazlarında işlem bittikten sonra bütün kumaşlarımız 1,5 cm eninde kesilerek çekme testleri yapıldı kayıt edildi. Elde edilen analiz sonuçlarından bazıları Şekil 4.29 ve Şekil 4.30’de verildi. Tüm kumaş kaplamaları için bu analizler gerçekleştirilmiştir.



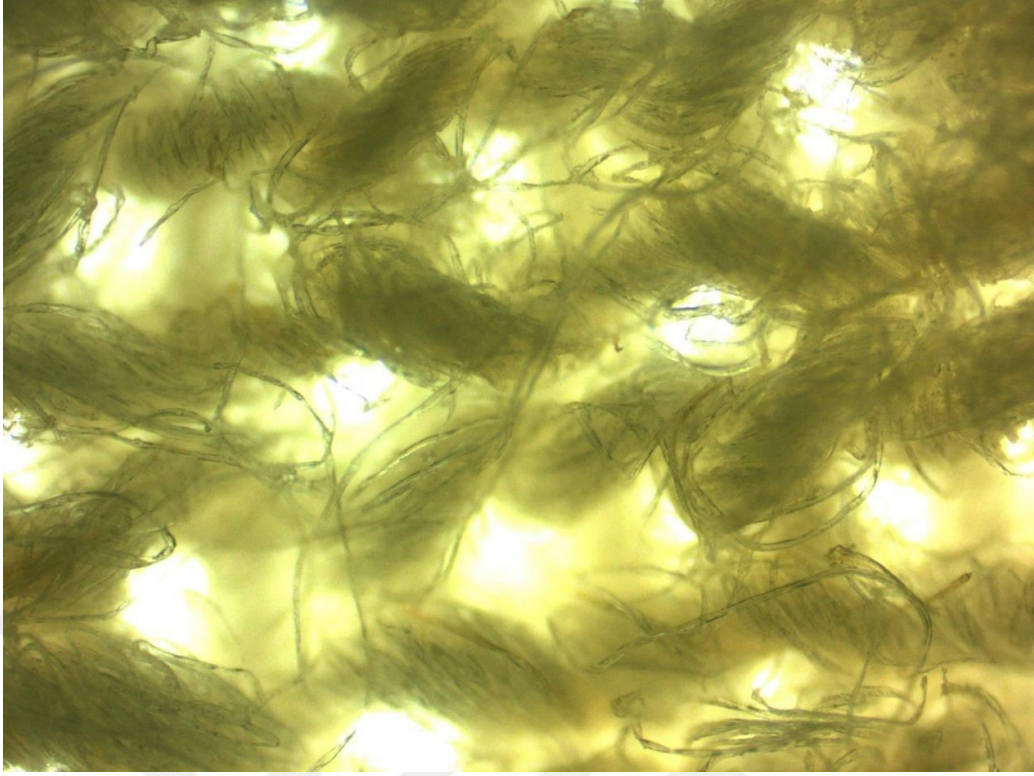
Şekil 4.25 : 20/1 ribana %10 üleksit temelli kaplamaya ait 5x büyütme optik mikroskop görüntüsü.



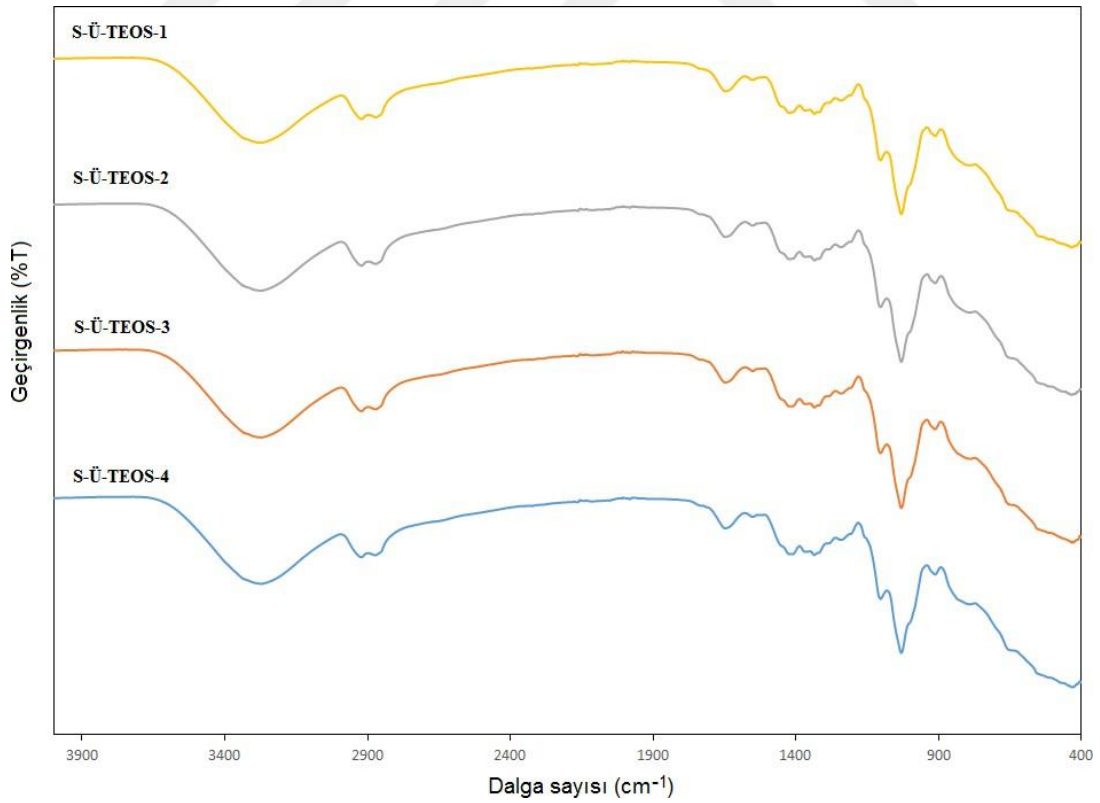
Şekil 4.26 : 30/1 ribana %1 üleksit temeli kaplamaya ait 5x büyütmeli optik mikroskop görüntüsü.



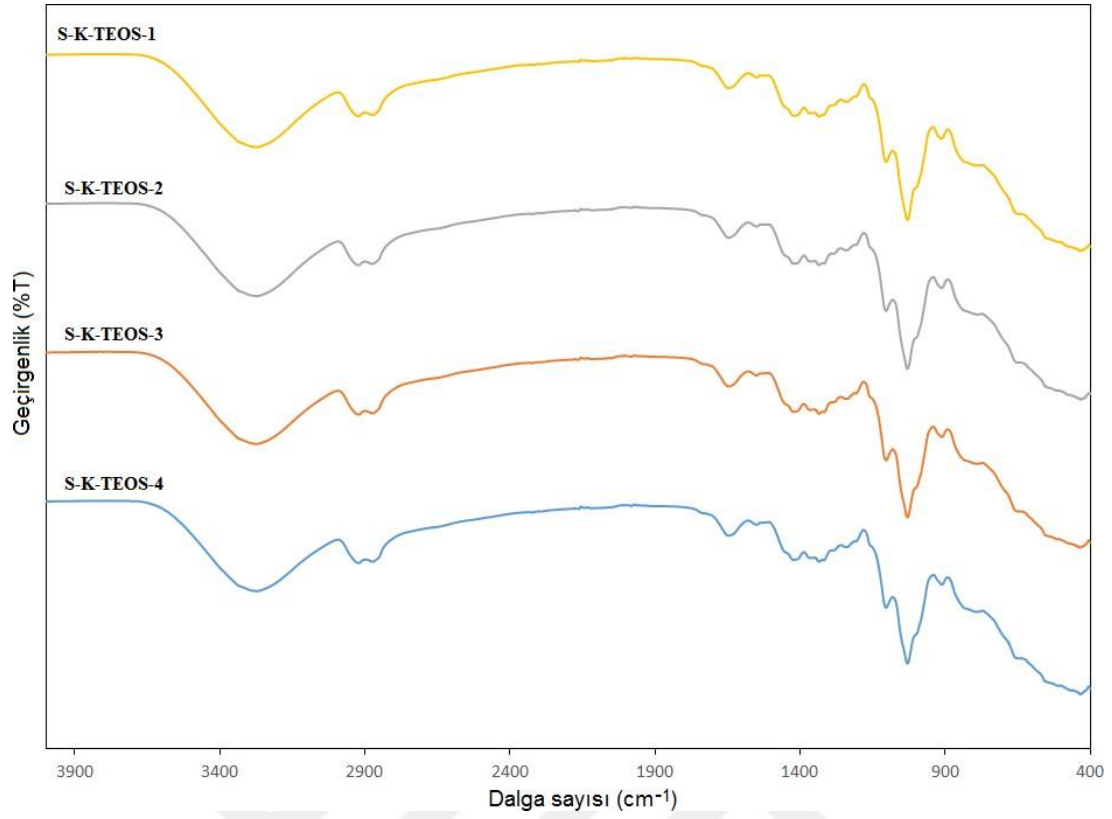
Şekil 4.27 : 28/1 süprem %10 kolemanit temeli kaplamaya ait 5x büyütmeli optik mikroskop görüntüsü.



Şekil 4.28 : 30/1 ribana %1 kolemanit temeli kaplamaya ait 5x büyütmeli optik mikroskop görüntüsü.



Şekil 4.29 : Süprem kumaş yüzeyine üleksit yapıli kaplamalara ait FTIR spektrumları.

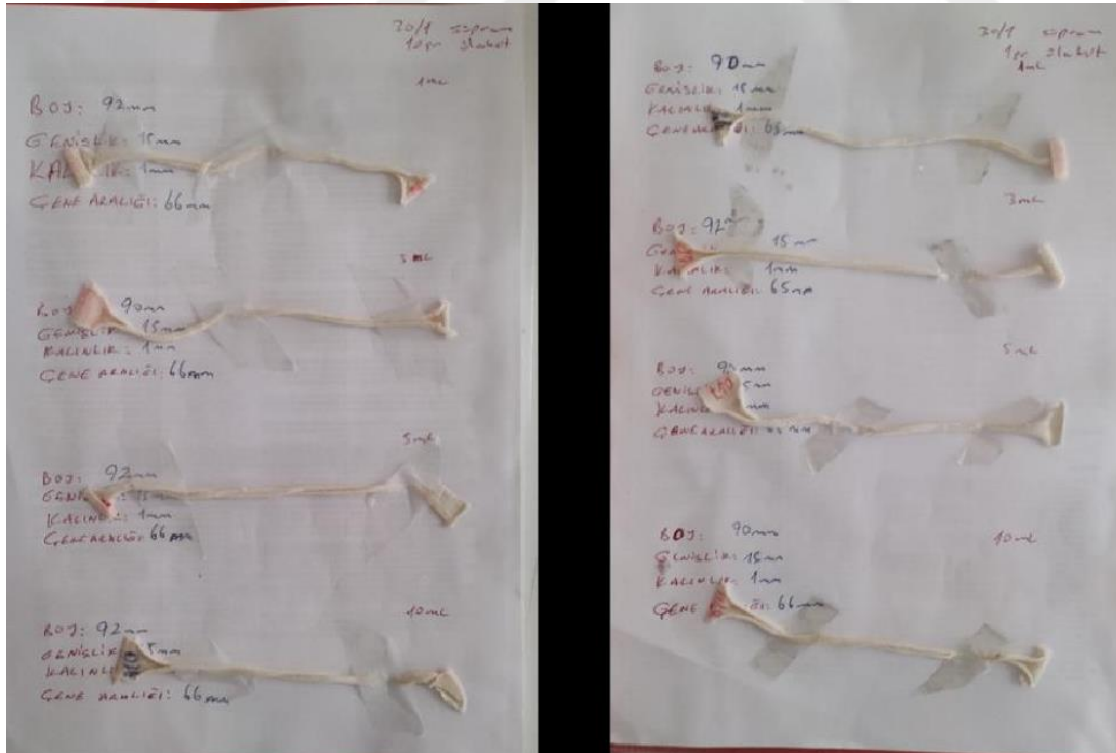


Şekil 4.30 : Süprem kumaş yüzeyine kolemanit yapıli kaplamalara ait FTIR spektrumları.

Çekme testi; örge kumaşlara uygulanan ani ve şiddetli çekme kuvveti ile atkı veya çözgü doğrultusunda kuvvet uygulandığında kopma ve yırtılmaya karşı gösterdiği dayanıklılığı ölçme işlemidir. Çalışma kapsamında kaplama yapılan kumaş yapıların mekanik dayanımlarını belirlemek için universal mekanik test cihazı ile çekme işlemi gerçekleştirildi. (Şekil 4.31 ve Şekil 4.32)

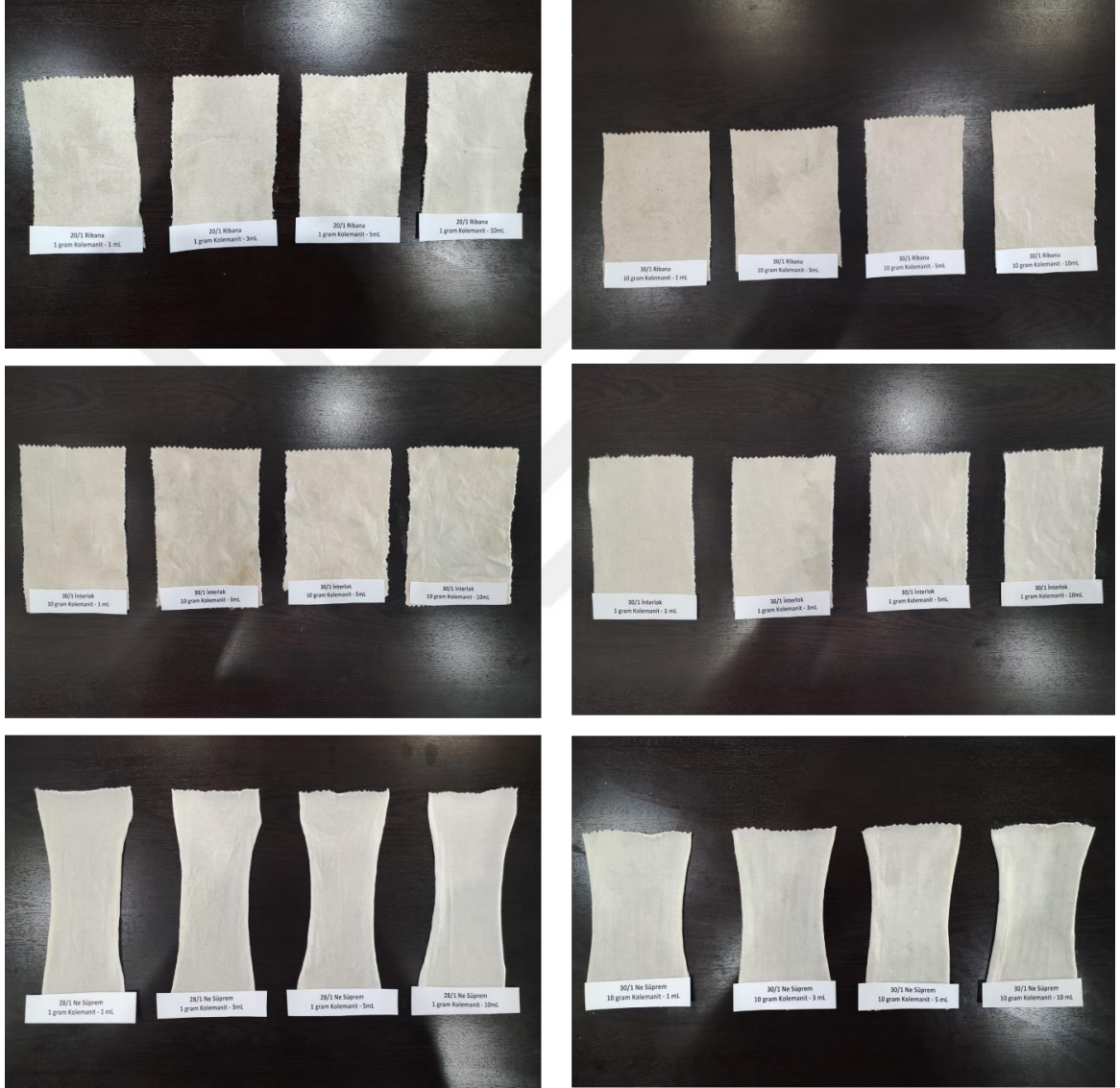


Şekil 4.31 : Süprem kumaş yüzeyine üleksit (sağ) ve kolemanit (sol) katkılı sol-jel kaplı kumaş yapılarının çekme test görüntüleri.

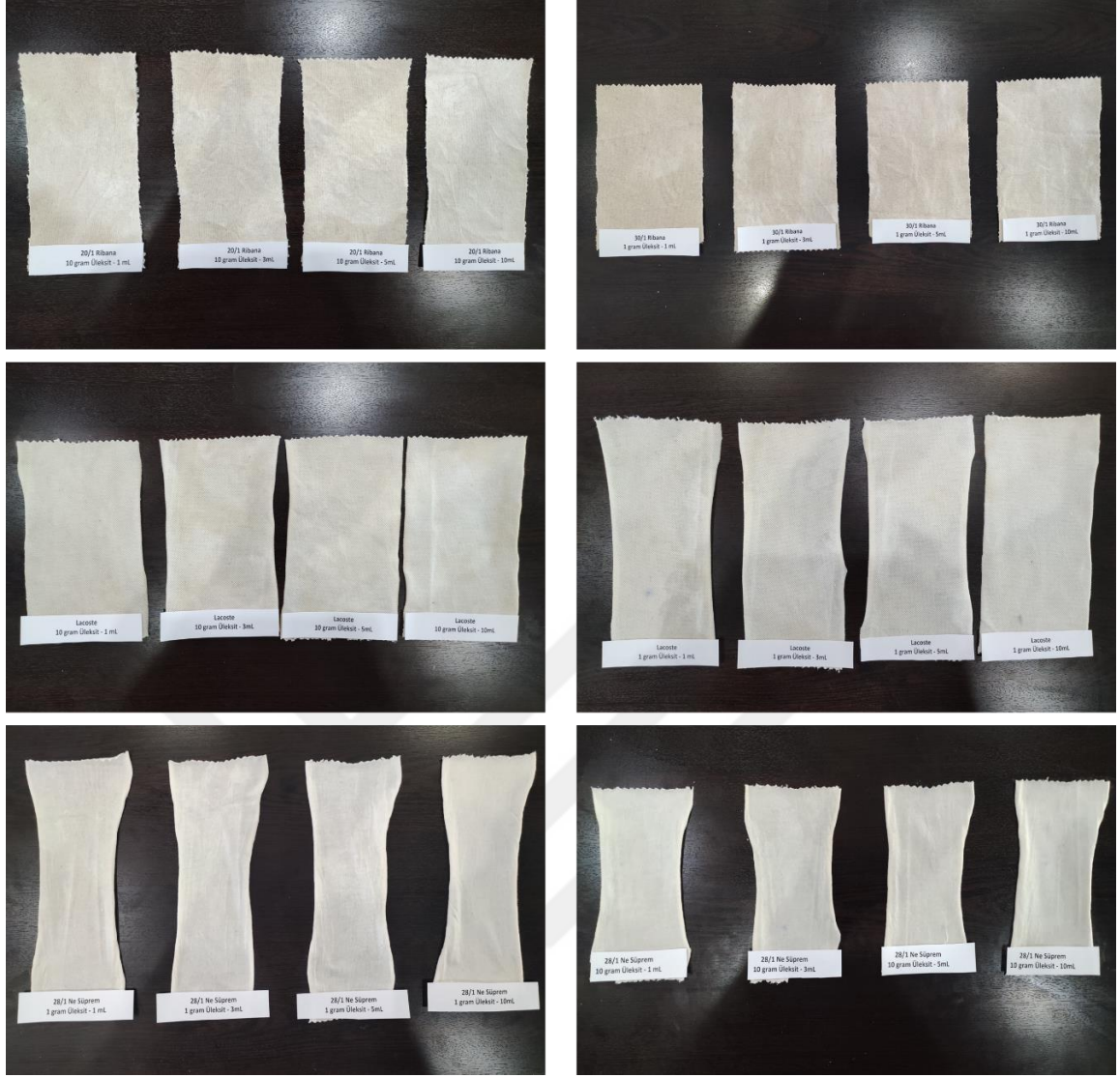


Şekil 4.32 : Süprem kumaş yüzeyine üleksit (sağ) ve kolemanit (sol) katkılı sol-jel kaplı kumaş yapılarının çekme test sonrası görüntüleri.

Üleksit ve Kolemanit katkılı sol-jel kaplı kumaş yapıları 2 cm uzunluk ve 1,5 cm eninde kesildi hazır bir şekilde SEM laboratuvarına gönderildi. SEM analizleri gerçekleştirildi. Ayrıca her bir kaplama yıkama işlemi ile yıkanarak kaplamaların kalıcılıkları kontrol edildi. Yıkama sonrasında elde edilen kumaş yapıları Şekil 4.33 ve Şekil 4.34’da verildi. Yıkama sonrası kaplamaların yüzeyde devamlılığı belirlendi. Her hangi bir dökülme solma yada ağırlık kaybı yaşanmadı.

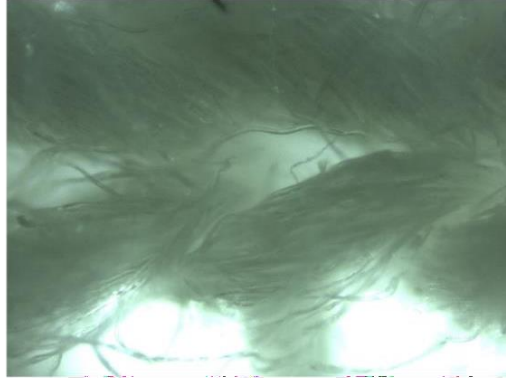
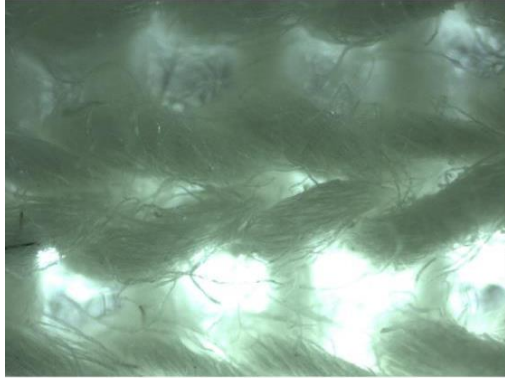


Şekil 4.33 : Kolemanit ile elde edilen Kumaş kaplamaların yıkama sonrası görüntüleri.

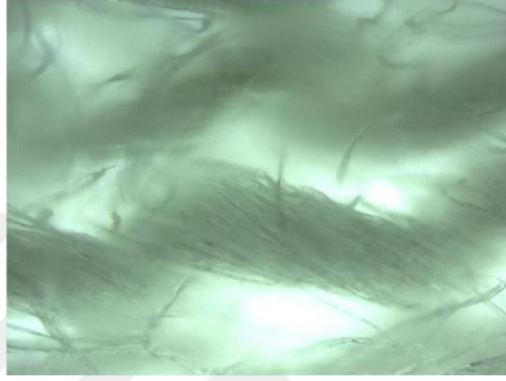
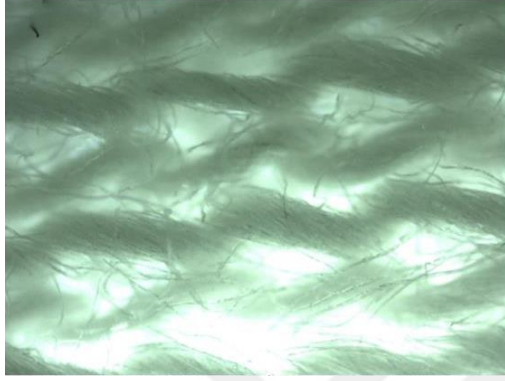


Şekil 4.34 : Üleksit ile elde edilen kumaş kaplamaların yıkama sonrası görüntüleri.

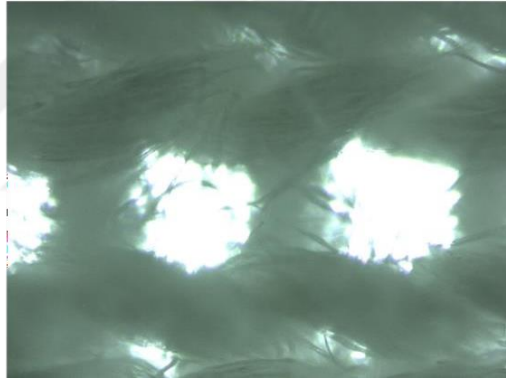
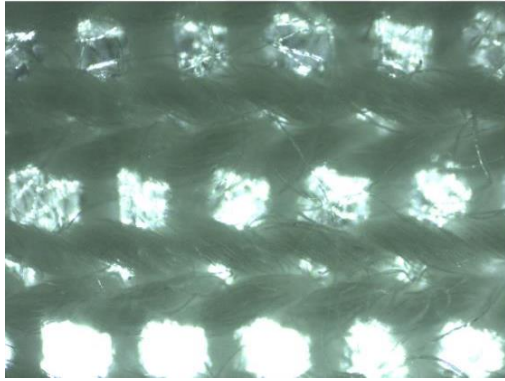
Elde edilen tüm kaplanmış yapıların FTIR ve mekanik analizleri tamamlandı. FTIR analizleri değerlendirildiğinde sol-jel yapı sayesinde bor mineral ve bileşiklerinin başarılı bir şekilde kumaş yüzeyine bağlandığı görüldü.



Ribana

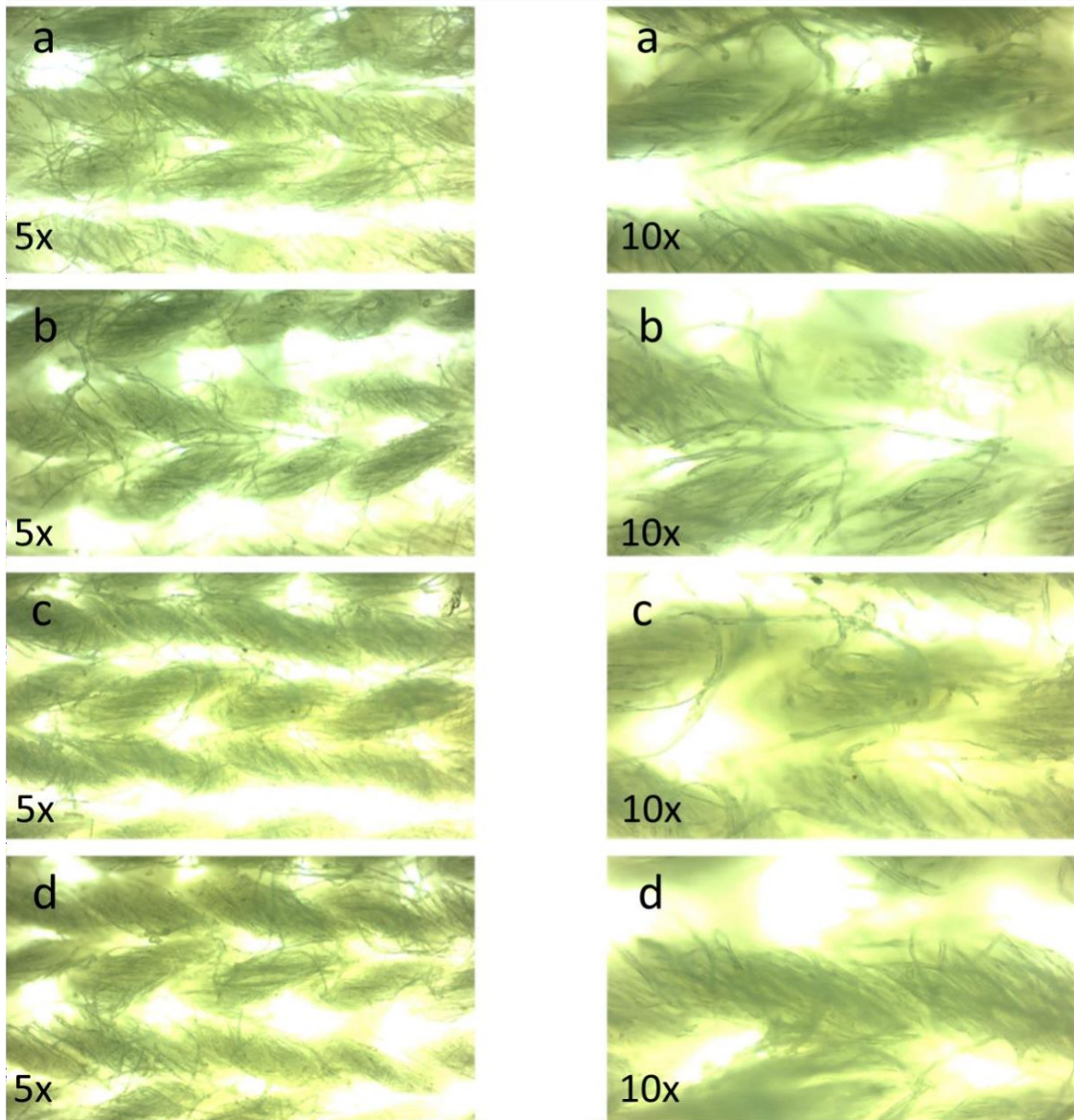


İnterlok

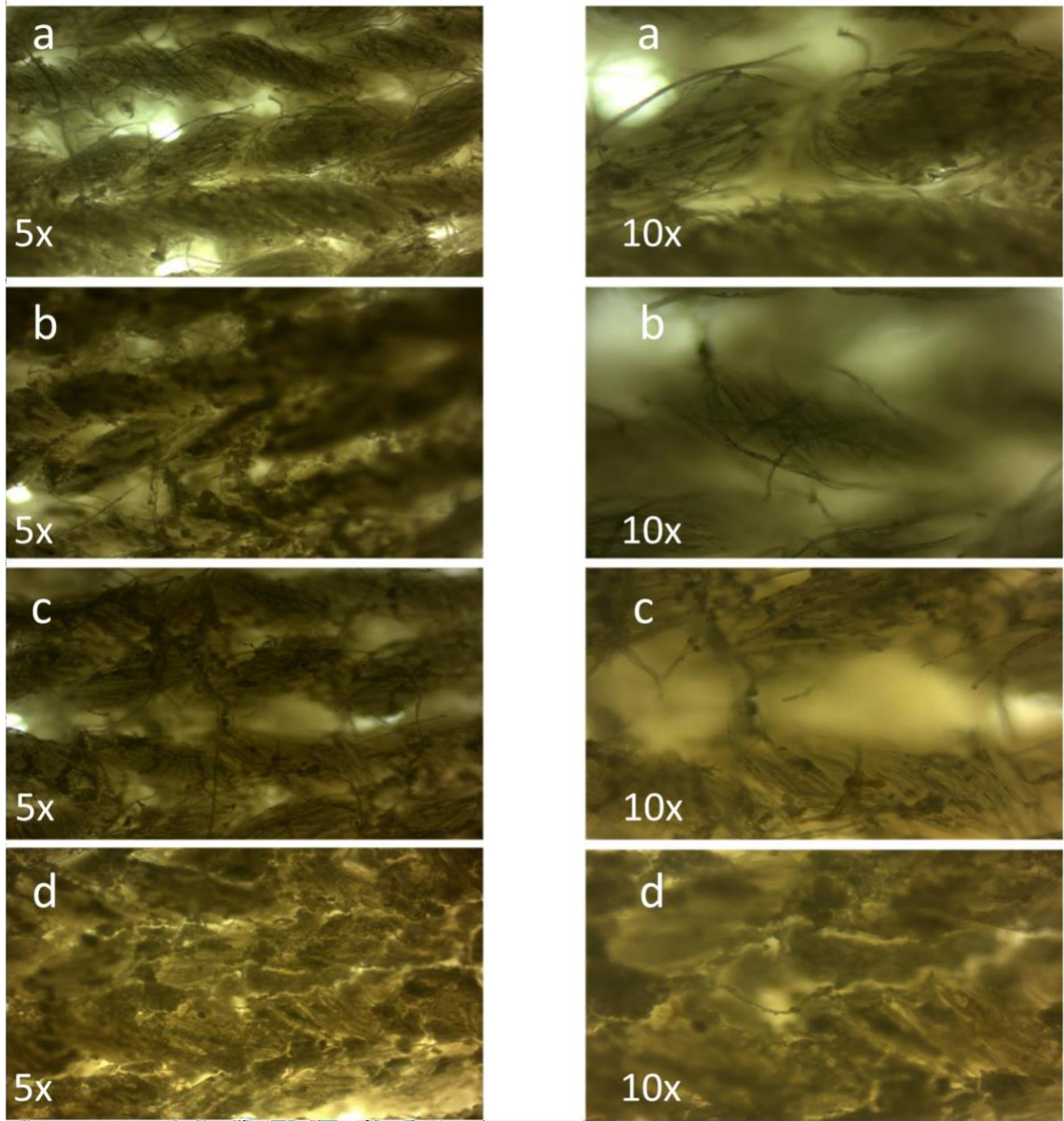


Süprem

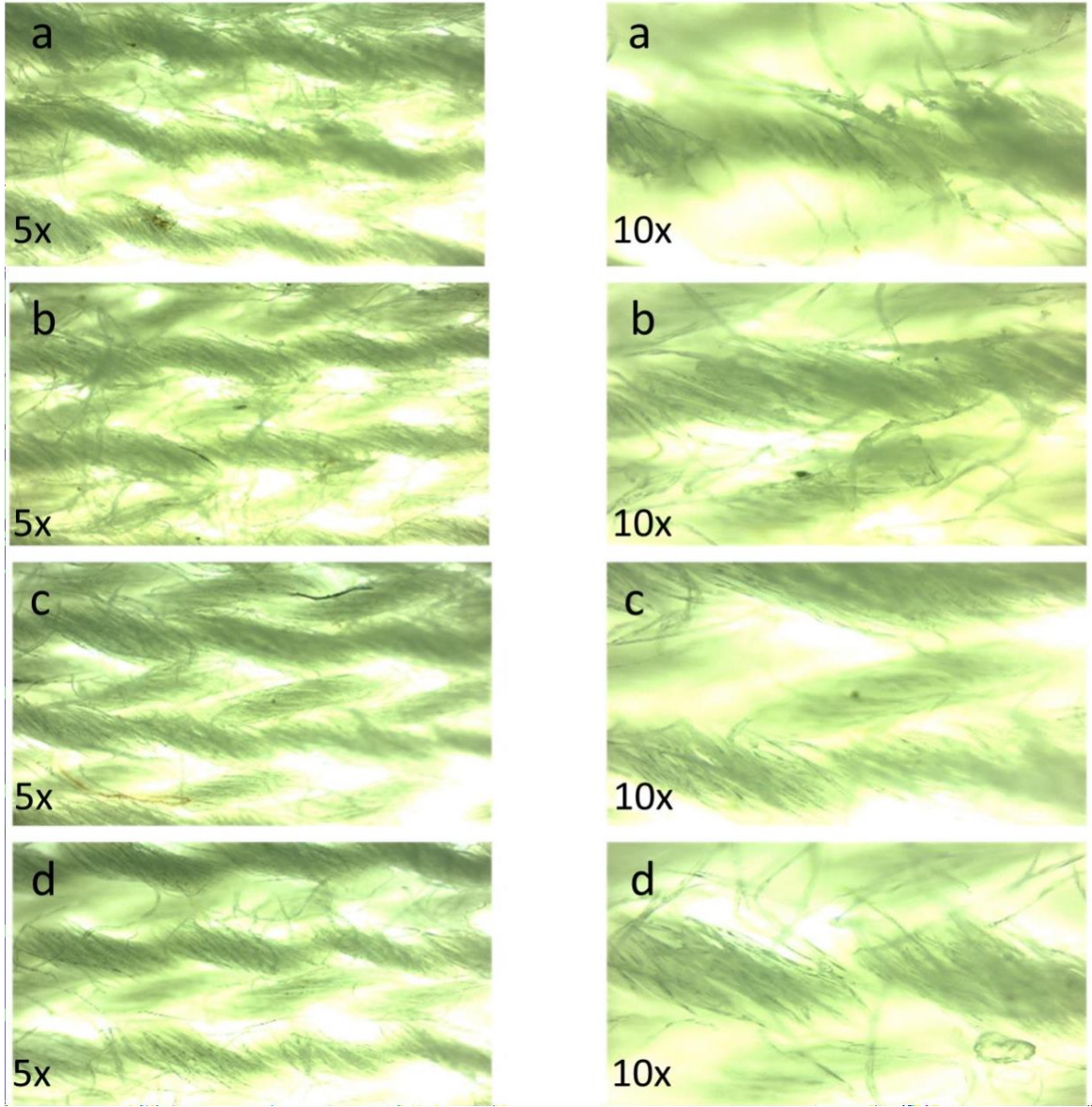
Şekil 4.35 : Ribana, interlok ve süprem kaplanmamış ham kumaş yapılarının optik mikroskop görüntüleri.



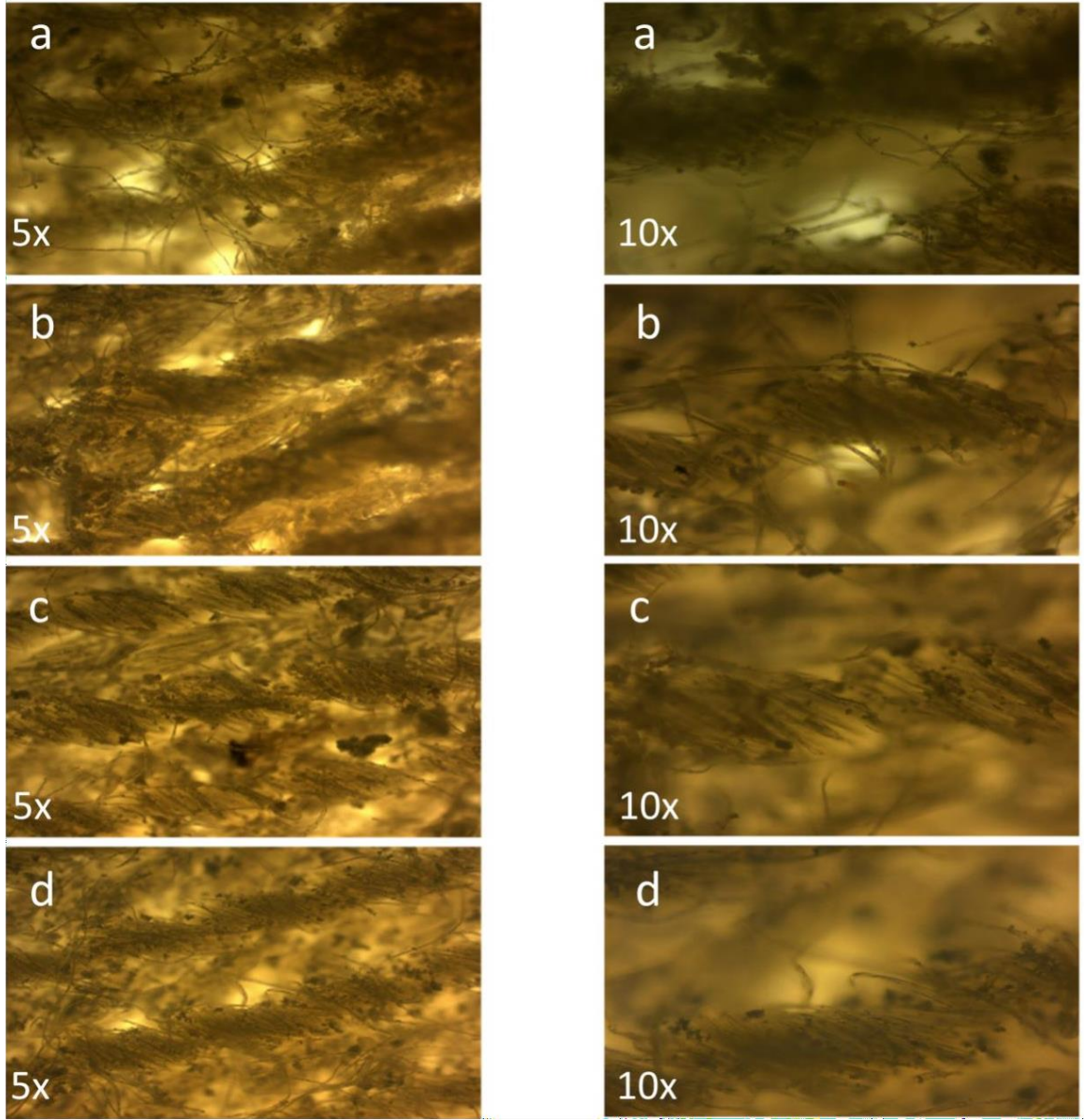
Şekil 4.36 : Ribana, üzerine kolemanit kaplanmış kumaş yapılarının optik mikroskop görüntüleri (a; R-K-TEOS-1, b; R-K-TEOS-2, c; R-K-TEOS-3, d; R-K-TEOS-4).



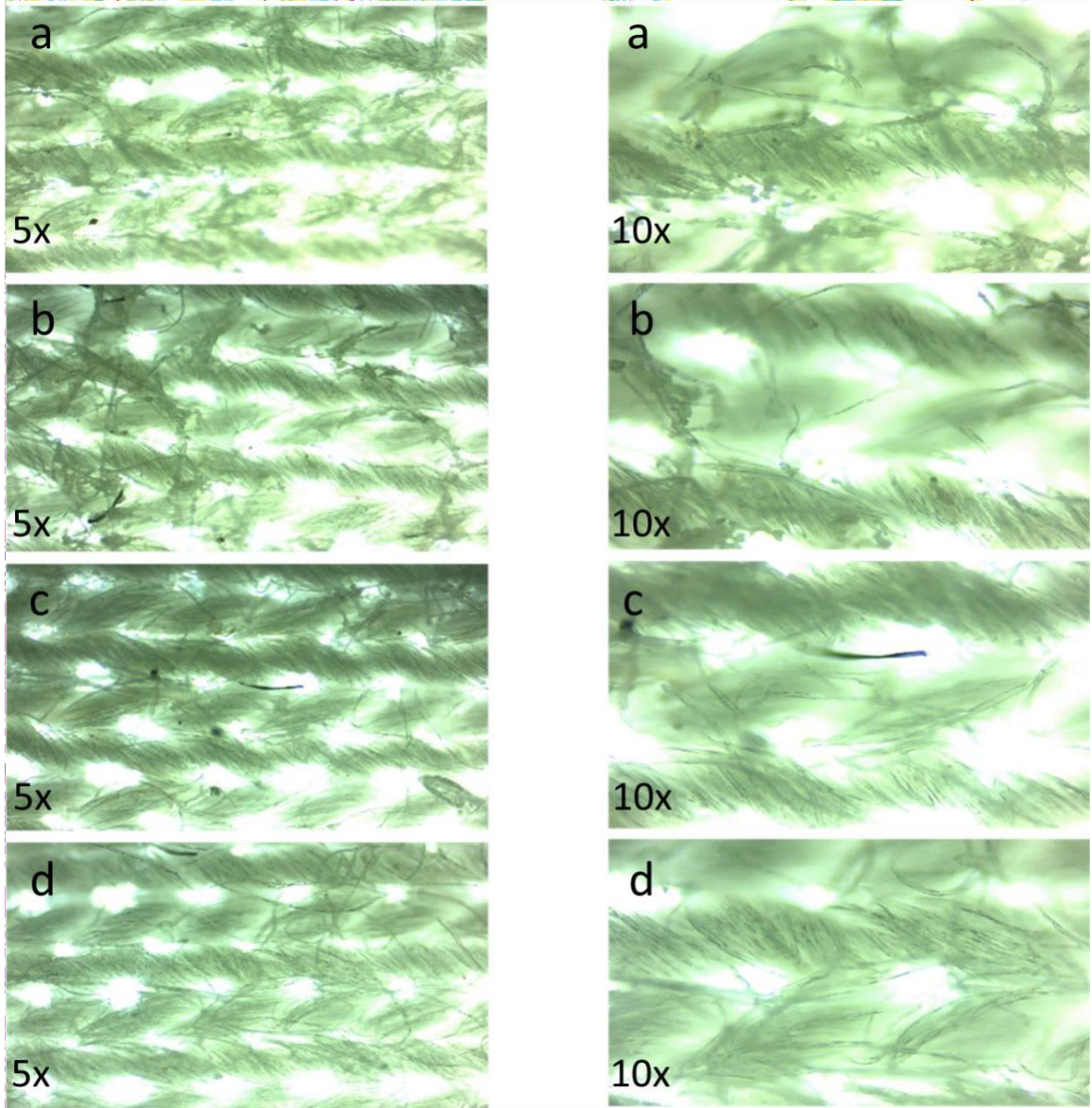
Şekil 4.37 : Ribana, üzerine üleksit kaplanmış kumaş yapılarının optik mikroskop görüntüleri (a; R-Ü-TEOS-1, b; R-Ü-TEOS-2, c; R-Ü-TEOS-3, d; R-Ü-TEOS-4).



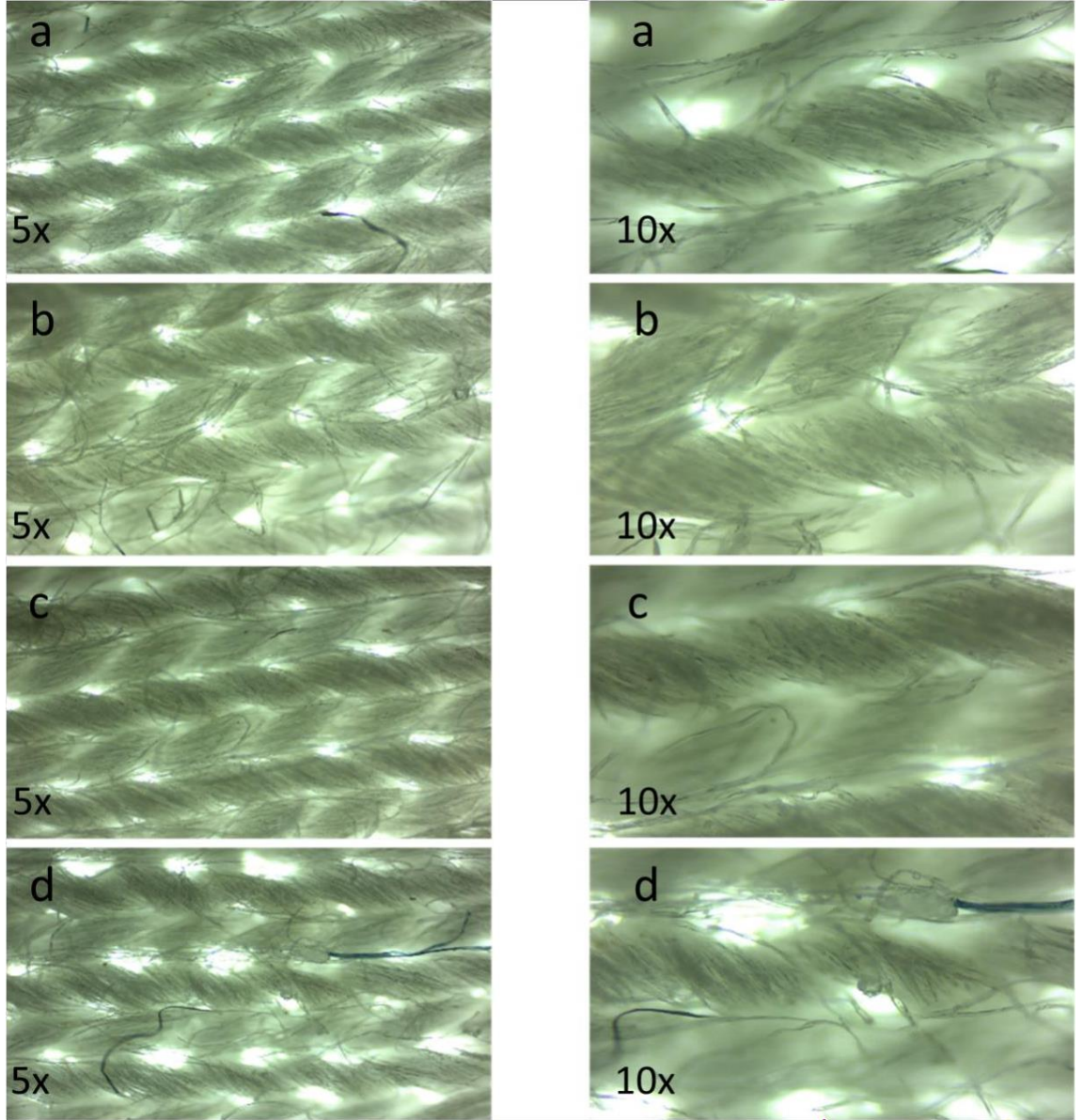
Şekil 4.38 : İnterlok, üzerine kolemanit kaplanmış kumaş yapılarının optik mikroskop görüntüleri (a; I-K-TEOS-1, b; I-K-TEOS-2, c; I-K-TEOS-3, d; I-K-TEOS-4).



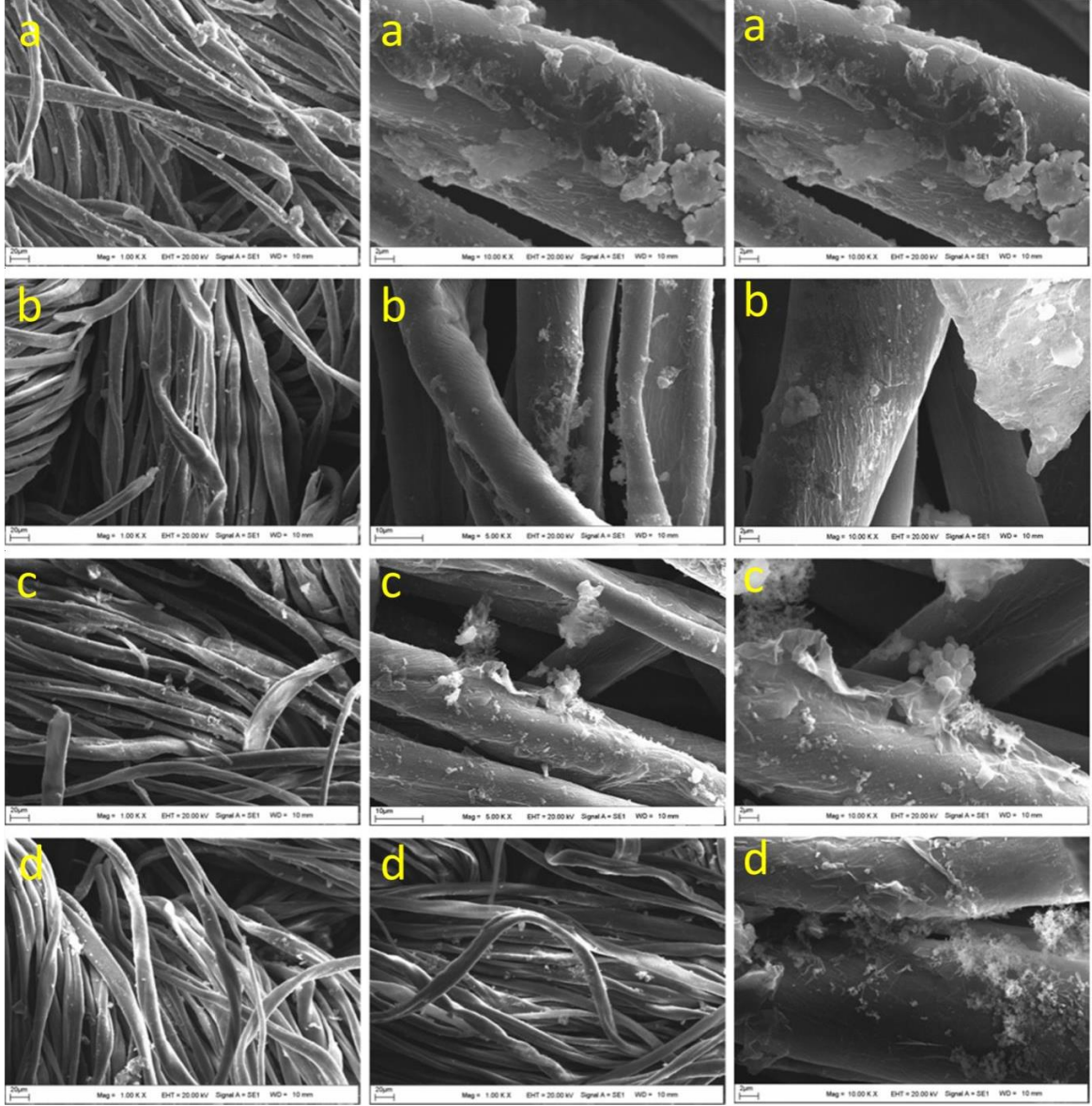
Şekil 4.39 : İnterlok, üzerine üleksit kaplanmış kumaş yapılarının optik mikroskop görüntüleri (a; I-U-TEOS-1, b; I-U-TEOS-2, c; I-U-TEOS-3, d; I-U-TEOS-4).



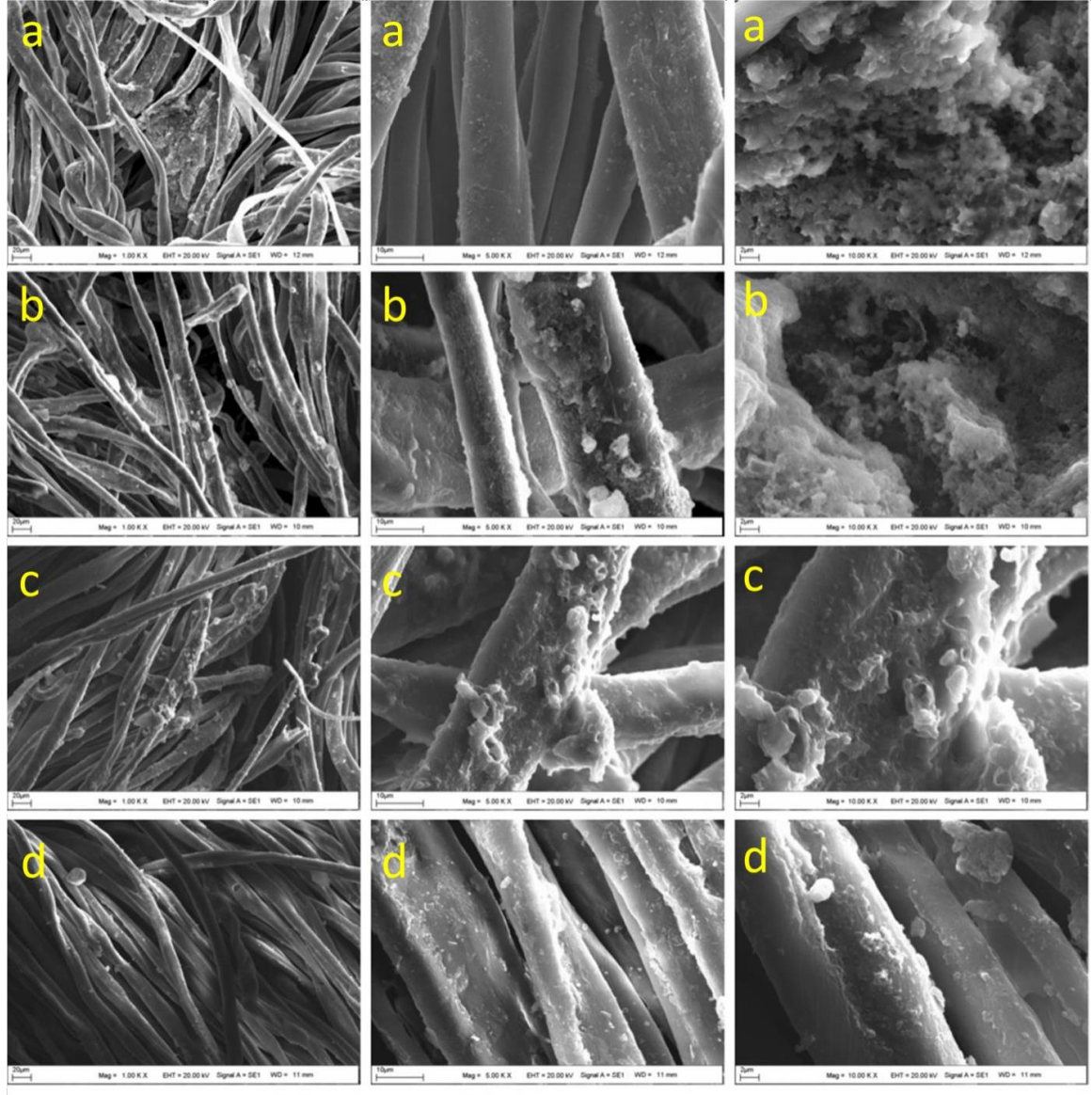
Şekil 4.40 : Süprem, üzerine kolemanit kaplanmış kumaş yapılarının optik mikroskop görüntüleri (a; S-K-TEOS-1, b; S-K-TEOS-2, c; S-K-TEOS-3, d; S-K-TEOS-4).



Şekil 4.41 : Süprem, üzerine üleksit kaplanmış kumaş yapılarının optik mikroskop görüntüleri (a; S-U-TEOS-1, b; S-U-TEOS-2, c; S-U-TEOS-3, d; S-U-TEOS-4).



Şekil 4.42 : Antibakteriyel olarak kaplanmış süprem kumaş yapılarının SEM görüntüleri (a; S-K-TEOS-1, b; S-K-TEOS-2, c; S-K-TEOS-3, d; S-K-TEOS-4).



Şekil 4.43 : Antibakteriyel olarak kaplanmış süprem kumaş yapılarının SEM görüntüleri (a; S-U-TEOS-1, b; S-U-TEOS-2, c; S-U-TEOS-3, d; S-U-TEOS-4).

Şekil 4.35–Şekil 4.43’teki yüzey analizlerinden kumaş yüzeyine gerçekleştirilen kaplamaların yüzeyde olumsuz bir birikim yada topaklanma yapmadığı görülmüştür. Bu durum özellikle kumaşların kullanımı esnasında bor temelli yapıların sol-jel yapı ile kumaşa bağlanmasının efektif ve uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Antimikrobiyal tekstillerin geliştirilmesi için sentetik ve doğal kumaşlar kullanılmıştır. Antimikrobiyal özellikler, kimyasalların, metal bazlı NP'lerin, bitki ve hayvan türevli bileşiklerin, boyaların ve mordanların uygulanmasıyla sağlanabilir. Kaplanmış kumaşlar, bakteri, mantar ve virüslere karşı dar veya geniş bir yelpazede antibakteriyel özellikler gösterebilir. MIC ve IC50 değerleri, kaplanacak antimikrobiyal bileşik miktarını değerlendirmek için kullanılabilir ve bu da hazırlanan tekstillerin verimliliğini ve fiyatını etkiler. Sentetik kimyasallar ve metal nanoparçacık bazlı antimikrobiyal tekstiller etkilidir, ancak çevreye sızabilecek kimyasalların kesin etkisi hakkında çok sınırlı bilgi bulunduğundan çevreye zarar vermeye yönelik bir tehdit gibi görünmektedir. Bu nedenle, gelecekteki araştırmalar, doğal antimikrobiyal ajanların potansiyelini keşfetmeye yönelik olmalıdır. Yerli antimikrobiyal tekstillerin uygulaması arttıkça, antimikrobiyal tekstillerin bertarafı ve işlenmesi için iyi planlanmış ve yönetilen bir sistem olmalıdır. Bunun plastik atık yönetimi gibi bir sorun haline gelmemesi için tutarlı ve sağlam bir çözüm şarttır.

Son birkaç yılda müşterinin koku kontrolü ve mikroorganizmaların korunmasına ilişkin konfor, hijyen ve esenlik arzusu, antimikrobiyal tekstillerin yaygınlaşması için büyük ve hızla artan bir pazar yarattı. Bu makalede tartışıldığı gibi, imalat sanayileri, organik ve inorganik bileşikler dahil olmak üzere izole antimikrobiyal ajanlar olarak veya elyaf veya kumaş formunda antimikrobiyal ürün markalarını piyasaya sürerek bu talebe tepki gösterdi. Bu maddeler, bitirme aşamasında uygulanabilir veya sentetik elyaflara dahil edilebilir. Ajan ve lifler arasında kimyasal bir reaksiyon sağlamak için, reaktif gruplara sahip ajanlar, ara ürünler olarak çapraz bağlama ajanları kullanmak ve fonksiyonel grupların konsantrasyonunu arttırmak için tekstil liflerine ön işlem uygulamak önemlidir. Ürünlerin etkinliği ve dayanıklılığı, tekstil elyafının polimer tipine, etken maddeye ve üretimde kullanılan bitirme veya birleştirme tekniğine bağlıdır.

Antimikrobiyal tekstillerle ilgili avantajlara rağmen, ajanlar tarafından teşvik edilen bakteri direnci, toksik parçalanma ürünleri ve bunun sonucunda insan sağlığı ve çevre dengesi üzerindeki riskler büyük bir endişe kaynağı olmuştur. Antimikrobiyal tekstillerle ilgili uzun vadeli faydalar ve potansiyel problemler, faydaları aşan problemlerden kaçınmak

için aynı anda dikkate alınmalı ve yakından izlenmelidir. Bu nedenle gelecekte, daha çevre dostu teknikler geliştirmek ve zararlı etkiler olmaksızın potansiyel antimikrobiyal aktivite ortaya koyan “yeşil” ajanların, yani doğal bazlı bileşiklerin kullanımını teşvik etmek için araştırmacılar ve üreticiler tarafından daha fazla çaba sarf edilmelidir. Gelecekteki başka bir öneri, ajanların mikro kapsüllemesini keşfetmektir. Bu, tekstil matrisi üzerindeki dayanıklılıklarını iyileştirebilir ve aynı anda insan ve çevre güvenlik seviyesini iyileştirebilir.

Yapılan çalışmada medikal alanda kullanılmak üzere yüzey modifiye tekstil yapıları geliştirilmiştir. Bu kaplamalarda iki temel strateji kullanılmış olup birinci stratejide antibakteriyel ve antifungal yapıların eş zamanlı olarak yüzeye bağlanması yöntemi tercih edildi. İki aşamalı gerçekleştirilen bu sistemde önce sinatren yapıların hazırlandı ve daha sonra sol-jel reaksiyonları ile kumaş yüzeyine tutturulmuştur bu sayede yüzeyde bulunan antibakteriyel ajan sürekli olarak etkinlik gösterecek ve yüzey antibakteriyel ve antifungal özelliği hiç kaybetmeyecektir. İkinci temel yaklaşımda ise öncelikle antibakteriyel bir yüzey TEOS ve APS kullanılarak yüzeye bağlandı. APS üzerine 1-4 bütansulton bileşiği ile saf silatran grupları sentezlendikten sonra elde edilen zwitter iyonların selüloz yüzeyine bağlanması gerçekleştirildi. Bu sayede selülozik kumaş yüzeylerinde zwitter iyonik antibakteriyel özellikli yüzey yapıları elde edilmiş oldu. Sentezlenen zwitter iyonik silatranlara borik asit eklenerek bor katkılı antibakteriyel yüzey kaplamaları gerçekleştirildi.

Çalışma kapsamında ham kumaş yapısı ve ona bağlı bütün modifikasyonlar detaylı karakterizasyon yöntemi kullanılarak öncelikle FTIR analizleri kullanıldı ham pamuk yapısının FTIR analizinde yüzey hidroksil grupları C-O-C grupları takip edildi. Yüzey hidroksil grupları $3000-3600\text{ cm}^{-1}$ aralığında hidrojen bağından kaynaklı olarak geniş bir pik vermektedir. Bu pik özellikle yüzey modifikasyonunda modifiye edici ajanın bağlı olmasında kullanıldığı için oldukça önem arz etmektedir. Ayrıca bu pikin şiddetindeki değişim yüzeye bağlı bir grubun varlığını da ispatlamaktadır. O nedenle çalışma kapsamında bu pik şiddetindeki azalma düzenli olarak takip edildi. Diğer önemli bir pik ise C-O pikidir. Bu pik üzerinde yüzey modifikasyon ajanın bağlı olduğu durumda gerek şiddetinde gerekse konumunda önemli değişimler meydana gelir. Çalışmada bu nedenle $1210-1280\text{ cm}^{-1}$ ve 1100 cm^{-1} C-O pikleri ayrı ayrı takip edildi. Sonuç olarak yüzeyde silatran grubu bağlanması ve antibakteriyel ajan immobilazyonunda bu piklerin şiddetinde dramatik değişiklikler meydana geldi. Bu değişiklikler yüzeye yaptığımız modifikasyonları bize ispatlamaktadır. Birinci tür modifikasyonlarda yüzeyde yoğun bir organik grup artışı olmaktadır. Buna bağlı

olarak modifiye edilmiş ve edilmemiş kumaş yüzeyinde infrared spektrum açısından bariz değişiklikler olmaktadır. 1360 cm^{-1} C-C 1440 cm^{-1} C-N ve 1600 cm^{-1} C-O pikleri yapıdaki modifikasyonları bize ispatlamaktadır. Sonuç olarak infrared analizi yüzeye bağlı grupları net olarak göstermekte ve her iki tip modifikasyonun başarılı olduğunu bize ispatlamıştır.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen tekstil modifikasyonlarının diğer bir analizi ise optik mikroskop ile gerçekleştirildi. Bu basit analiz yönteminde atkı ve çözgü boyutları boyutlar arasındaki boşluklar fiber çapları ve fiberler üzerindeki oluşmuş yığılmalar tespit edildi. Modifikasyondan önce sürem ribana ve interlok türü kumaşlarda fiber çapları örme tipine uygun olarak gözlemlendi ancak modifikasyondan sonra normal sol jel kaplamalarda zamanla fiber boyutunun arttığı fiber yüzeyinde topaklanmanın başladığı hatta çok yüksek boyutlarda yüzeyde ince bir film tabakası oluştuğu görüldü. Antibakteriyel ajan immobilizasyonunda ise sadece fiber çaplarında ve fiber boşluklarda bir artış tespit edilmiştir. Bu artışlar yüzeydeki modifikasyonun varlığını bize ispatlamaktadır. Kumaş yüzeyinde gerçekleştirilen modifikasyonun belirlemenin en temel yöntemi SEM analizidir. çalışmada her iki tip modifikasyonda SEM analizi gerçekleştirildi. Çalışmada farklı büyütmelerde SEM analizi her kumaş türünde gerçekleştirildi. Modifikasyon öncesinde fiber çap ve boyutlar 7 mikron görüldü modifikasyon sonrasında bu boyutlar 9,5 mikron belirlendi. Ayrıca yüzey yapısı ve morfolojisi incelendiğinde TEOS oranı arttıkça yüzeyde topaklanmalar, birikmeler ve boşluk yapılarında önemli azalmalar görüldü. Tüm bu değişimler yüzeydeki sol-jel kaplamanın varlığını ispatlamaktadır. SEM analizleri ayrıca ideal kaplama oranında yüzde 1 yada yüzde 3 civarında olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmada özellikle kumaş yapılarına ait termal analizler detaylı bilgi vermektedir. Özellikle TGA analizlerinde saf kumaş yapısında selülozik pamuk yapısına kaynaklı olarak 200 ile 400 °C arasında net bir kütle kaybı görülmektedir. Özellikle organik grup bağlı yapılarda 100 ve 200 °C aralığında ikinci bir kütle kaybı yapıda görülmektedir. Ayrıca antiviral yüklenmiş yapılarda ise 90 °C başlayan bir kütle kaybı görüştür. Bu kütle kaybın görülmesi yapıdaki organik grup varlığını ispatlamıştır. Çalışmada yüzeye bağlanmış gruplar kumaş yapısını hidrofilikliğini de değiştirmektedir. Özellikle yüzeye bağlanmış organik gruplar ham kumaş yapısında yüzey hidrofilikliği yaklaşık 30-50 derece arttı buda yapının ıslanabilirliğini ispatlamaktadır. Çalışmada diğer önemli bulguda yapılan yüzey modifikasyonu ile kumaşların mekanik özelliklerinin etkilenmemesidir yada olumlu yönden etkilenmesi beklenir bu çalışmada modifiye edilmemiş yada modifiye edilmiş bütün kumaşların üniversal çekme testle yapıldı bu testler sonucunda yüzeydeki sol jel kaplamalar

ile mekanik özelliklerin olumlu yönde etkilendiği ve kumaşın mekanik dayanıklılığı arttı yüzeydeki organik grupların ise etkisi tespit edilememiştir.

Sonuç olarak çalışmada önemli bir antiviral ajan olan APS temelli kumaş kaplamaları gerçekleştirildi. APS yapısı gerek yüzeyde gerekse de serbest molekül olarak antiviral ajan olduğundan dolayı tercih edildi ve kumaş yüzeyine bağlandı. Gerekli enstrümental ile yapılan bağlanmanın tekniği detaylı olarak ispatlandı. Bu çalışma benzer türdeki çalışma için bir örnek teşkil etmekte olup farklı modifiye edici ajanlar yada farklı antiviral ilaçlar kullanılarak alternatifler geliştirilebilir. Ayrıca kumaş türleri de pamuk türü kumaşlardan polyester ve poliamit türü kumaşlara da örnek teşkil edebilir.



KAYNAKLAR

- [1] **Sanders D., Grunden A., Dunn R.R.** (2021) A review of clothing microbiology: the history of clothing and the role of microbes in textiles. *Biol. Lett.*, **17**, 2020.0700, 1-13.
- [2] **Lipp-Symonowicz B., Sztajnowski S., Wojciechowska D.** (2011) New commercial fibres called “bamboo fibres” - Their structure and properties. *Fibres Text East Eur.*, **84**, 18–23
- [3] **Rajendran R.** (2010) Biotechnological application in textile Industry—Antimicrobial textiles. In: Maheshwari D.K., Dubey R.C., Saravanamuthu R. (eds) *Industrial Exploitation of Microorganisms*. I K International Publishing House, New Delhi, India, p 129
- [4] **Epstein L.** (2014) Fifty years since silent spring. *Annu Rev Phytopathol*, **52**, 377–402.
- [5] **Morris H., Murray R.** (2020) *Medical textiles Text Prog.*, **52**, 1–127.
- [6] **Iyigundogdu Z.U., Demir O., Asutay A.B., Sahin F.** (2017) Developing novel antimicrobial and antiviral textile products. *Appl. Biochem. Biotechnol.*, **181**, 1155–1166.
- [7] **Nadi A., Boukhriss A., Bentis A. et al** (2018) Evolution in the surface modification of textiles: a review. *Text Prog.*, **50**, 67–108.
- [8] **Mahltig, B., Fiedler, D., & Bottcher, H.** (2004). Antimicrobial sol-gel coatings. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, **32(1)**, 219-222.
- [9] **Mahltig, B., Haufe Helfried., & Bottcher, H.** (2005). Functionalisation of textiles by inorganic sol-gel coatings. *Journal of Materials Chemistry*, **15**, 4385-4398.
- [10] **Román L.E., Gomez E.D., Solís J.L., Gómez M.M.** (2020) Antibacterial cotton fabric functionalized with copper oxide nanoparticles. *Molecules*, **25**, 5802.
- [11] **Bshena O., Heunis T.D., Dicks L.M., Klumperman B.** (2011) Antimicrobial fibers: Therapeutic possibilities and recent advances. *Future Med. Chem.*, **3**, 1821–1847.
- [12] **Simoncic B., Tomsic B.** (2010) Structures of novel antimicrobial agents for textiles—A review. *Text. Res. J.*, **80**, 1721–1737.
- [13] **Bartels V.** (2011) *Handbook of Medical Textiles*; Elsevier: Cambridge, UK.
- [14] **Weinstein R.A.** (2001) Controlling antimicrobial resistance in hospitals: Infection control and use of antibiotics. *Emerg. Infect. Dis.* **2001**, **7**, 188–192.
- [15] **Upadhyay A., Upadhyaya I., Kollanoor-Johny A., Venkitanarayanan K.** (2014) Combating pathogenic microorganisms using plant-derived antimicrobials: A minireview of the mechanistic basis. *BioMed Res. Int.*, **2014**, 761741.
- [16] **Savoia D.** (2012) Plant-derived antimicrobial compounds: Alternatives to antibiotics. *Future Microbiol.*, **7**, 979–990.
- [17] **Nwosu V.C.** (2001) Antibiotic resistance with particular reference to soil microorganisms. *Res. Microbiol.*, **152**, 421–430.
- [18] **Shishoo R.** (2007) *Plasma Technologies for Textile*; Elsevier: Cambridge, UK,.

- [19] **McCarthy B.J.** (1995). Biocides for use in the textile industry. In: Rossmoore, H.W. (eds) Handbook of Biocide and Preservative Use. Springer, Dordrecht.
- [20] **Glazer A.N., Nikaido H.** (2007) Microbial Biotechnology: Fundamentals of Applied Microbiology; Cambridge University Press: Cambridge, MA, USA,.
- [21] **Rahman M.A., Ahsan, T., Islam, S.** (2010) Antibacterial and antifungal properties of the methanol extract from the stem of *Argyrea argentea*. *Bangladesh J. Pharmacol.*, **5**, 41–44.
- [22] **Russell A.D., Furr R., Maillard J.-Y.** (1997) Microbial susceptibility and resistance to biocides. *ASM News*, **63**, 481–487.
- [23] **Abdou E. S., Elkholy S. S., Elsabee, M. Z., Mohamed, E.** (2008). Improved antimicrobial activity of polypropylene and cotton nonwoven fabrics by surface treatment and modification with chitosan, *J. of Appl. Polym. Sci.*, **108(4)**, 2290–2296.
- [24] **Yao C., Li X., Neoh K., Shi Z., Kang E.** (2008) Surface modification and antibacterial activity of electrospun polyurethane fibrous membranes with quaternary ammonium moieties. *J. Membr. Sci.*, **320**, 259–267.
- [25] **Yao C., Neoh K., Shi Z.-L., Kang E.** (2010) Antibacterial poly(D,L-lactide)(pdl) fibrous membranes modified with quaternary ammonium moieties. *Chin. J. Polym. Sci.*, **28**, 581–588.
- [26] **Hegstad K., Langsrud S., Lunestad B.T., Scheie A.A., Sunde M., Yazdankhah S.P.** (2010) Does the wide use of quaternary ammonium compounds enhance the selection and spread of antimicrobial resistance and thus threaten our health? *Microb. Drug Resist.*, **16**, 91–104.
- [27] **Cai Z., Sun G.** (2004) Antimicrobial finishing of acrilan fabrics with cetylpyridinium chloride. *J. Appl. Polym. Sci.*, **94**, 243–247.
- [28] **Cai Z., Sun G.** (2005) Antimicrobial finishing of acrilan fabrics with cetylpyridinium chloride: Affected properties and structures. *J. Appl. Polym. Sci.*, **97**, 1227–1236.
- [29] **Santos Moraes D., Guedes R. M., Ascensão Lopes M.** (2016) Antimicrobial Approaches for Textiles: From Research to Market, *Materials*, **498**, 1–21.
- [30] **Yazdankhah S.P., Scheie A.A., Høiby E.A., Lunestad B.-T., Heir E., Fotland T.Ø., Naterstad K., Kruse H.** (2006) Triclosan and antimicrobial resistance in bacteria: An overview. *Microb. Drug Resist.*, **12**, 83–90.
- [31] **Xu F.F., Imlay J.A.** (2012) Silver (i), mercury (ii), cadmium (ii), and zinc (ii) target exposed enzymic iron-sulfur clusters when they toxify *Escherichia coli*. *Appl. Environ. Microbiol.*, **78**, 3614–3621.
- [32] **Palza H.** (2015) Antimicrobial polymers with metal nanoparticles. *Int. J. Mol. Sci.*, **16**, 2099–2116.
- [33] **Kong M., Chen X.G., Xing K., Park H.J.** (2010) Antimicrobial properties of chitosan and mode of action: A state of the art review. *Int. J. Food Microbiol.*, **144**, 51–63.
- [34] **Varesano A., Vineis C., Aluigi A., Rombaldoni F.** (2011) Antimicrobial polymers for textile products. *Sci. Microb. Pathog. Commun. Curr. Res. Technol. Adv.*, **3**, 99–110.

- [35] **Chadeau E., Brunon C., Degraeve P., Léonard D., Grossiord C., Bessueille F., Cottaz A., Renaud F., Ferreira I., Darroux C.** (2012) Evaluation of antimicrobial activity of a polyhexamethylene biguanide-coated textile by monitoring both bacterial growth (iso 20743/2005 standard) and viability (live/dead baclight kit). *J. Food Saf.*, **32**, 141–151.
- [36] **Orhan M., Kut D., Gunesoglu C.** (2007) Use of triclosan as antibacterial agent in textiles. *Indian J. Fibre Text. Res.*, **32**, 114–118.
- [37] **Chen G., Haase H., Mahltig B.** (2019) Chitosan-modified silica sol applications for the treatment of textile fabrics: a view on hydrophilic, antistatic and antimicrobial properties. *J Sol-Gel Sci Technol.*, **91**, 461–470.
- [38] **Bonaldi R.R.** (2018) Functional finishes for high-performance apparel. In: *High-Performance Apparel*. Elsevier, pp 129–156.
- [39] **Zhou C.-E., Kan C., Yuen C.M. et al** (2016) Plasma treatment applied in the pad-dry-cure process for making rechargeable antimicrobial cotton fabric that inhibits *S. Aureus*. *Text Res. J.*, **86**, 2202–2215.
- [40] **Brzezinski S., Jasiorski M., Maruszewski K., et al** (2007) Bacteriostatic textile-polymeric coat materials modified with nanoparticles. *Polimery* 52:362–366. 362.
- [41] **Vasileva-Tonkova E., Staneva D., Medel S. et al** (2019) Antimicrobial, antibiofilm and cytotoxicity activity of a new acridine hyperbranched polymer in solution and on cotton fabric. *Fibers Polym.*, **20**, 19–24..
- [42] **Sadalage P.S., Nimbalkar M.S., Sharma K.K.K. et al** (2020) Sustainable approach to almond skin mediated synthesis of tunable selenium microstructures for coating cotton fabric to impart specific antibacterial activity. *J. Colloid Interface Sci.*, **569**, 346–357.
- [43] **Singh N., Sahu O.** (2019) Sustainable cyclodextrin in textile applications. In: *The Impact and Prospects of Green Chemistry for Textile Technology*. Elsevier, pp 83–105
- [44] **Benltoufa S., Miled W., Trad M. et al** (2020) Chitosan hydrogel-coated cellulosic fabric for medical end use: Antibacterial properties, basic mechanical and comfort properties. *Carbohydr Polym.*, **227**, 115352.
- [45] **Akalin G.O., Oztuna Taner O., Taner T.** (2022) The preparation, characterization and antibacterial properties of chitosan/pectin silver nanoparticle films. *Polym. Bull.*, **79**, 3495–3512
- [46] **Brzeziński S., Malinowska G., Kowalczyk D., et al** (2012) Antibacterial and fungicidal coating of textile-polymeric materials filled with bioactive nano- and submicro-particles. *Fibres Text East Eur.*, **90**, 70-77.
- [47] **Jones, R.D.; Jampani, H.B.; Newman, J.L.; Lee, A.S.** (2000) Triclosan: A review of effectiveness and safety in health care settings. *Am. J. Infect. Control.*, **28**, 184–196.
- [48] **Mansfield R.G.** (2002) Keeping it fresh. *Text. World*, **152**, 42.
- [49] **Russell A.** (2004) Bacterial adaptation and resistance to antiseptics, disinfectants and preservatives is not a new phenomenon. *J. Hosp. Infect.*, **57**, 97–104.

- [50] **Latch D.E., Packer J.L., Arnold W.A., McNeill K.** (2003) Photochemical conversion of triclosan to 2,8-dichlorodibenzo-p-dioxin in aqueous solution. *J. Photochem. Photobiol. A Chem.*, **158**, 63–66.
- [51] **Buth J.M., Steen P.O., Sueper C., Blumentritt D., Vikesland P.J., Arnold W.A., McNeill K.** (2010) Dioxin photoproducts of triclosan and its chlorinated derivatives in sediment cores. *Environ. Sci. Technol.*, **44**, 4545–4551.
- [52] **Hasan J., Crawford R.J., Ivanova E.P.** (2013) Antibacterial surfaces: The quest for a new generation of biomaterials. *Trends Biotechnol.*, **31**, 295–304.
- [53] **Dastjerdi R., Montazer M.** (2010) A review on the application of inorganic nano-structured materials in the modification of textiles: Focus on anti-microbial properties. *Colloids Surf. B Biointerfaces*, **79**, 5–18.
- [54] **Raghupathi K.R., Koodali R.T., Manna, A.C.** (2011) Size-dependent bacterial growth inhibition and mechanism of antibacterial activity of zinc oxide nanoparticles. *Langmuir*, **27**, 4020–4028.
- [55] **Farouk A., Moussa S., Ulbricht M., Textor T.** (2012) ZnO nanoparticles-chitosan composite as antibacterial finish for textiles. *Int. J. Carbohydr. Chem.*, **2012**, 693629.
- [56] **Yetisen A.K., Qu H., Manbachi A., Butt H., Dokmeci M.R., Hinestroza J.P., Skorobogatiy M., Khademhosseini A., Yun S.H.** (2016) Nanotechnology in textiles, *ACS Nano*, **10**(3), 3042-3068
- [57] **Morais D., Rodrigues M., Lopes M., Coelho M., Maurício A.C., Gomes R., Amorim I., Ferraz M., Santos J., Botelho C.** (2013) Biological evaluation of alginate-based hydrogels, with antimicrobial features by ce (iii) incorporation, as vehicles for a bone substitute. *J. Mater. Sci. Mater. Med.*, **24**, 2145–2155.
- [58] **Badawy M.E., Rabea E.I.** (2011) A biopolymer chitosan and its derivatives as promising antimicrobial agents against plant pathogens and their applications in crop protection. *Int. J. Carbohydr. Chem.*, **2011**, 460381.
- [59] **Wang X., Du Y., Fan L., Liu H., Hu Y.** (2005) Chitosan-metal complexes as antimicrobial agent: Synthesis, characterization and structure-activity study. *Polym. Bull.*, **55**, 105–113.
- [60] **Knittel D., Schollmeyer E.** (2006) Chitosans for permanent antimicrobial finish on textiles. *Lenzing. Ber.*, **85**, 124–130.
- [61] **Lim S.-H., Hudson S.M.** (2004) Application of a fiber-reactive chitosan derivative to cotton fabric as an antimicrobial textile finish. *Carbohydr. Polym.*, **56**, 227–234.
- [62] **Zhou C., Wang M., Zou K., Chen J., Zhu Y., Du J.** (2013) Antibacterial polypeptide-grafted chitosan-based nanocapsules as an “armed” carrier of anticancer and antiepileptic drugs. *ACS Macro Lett.*, **2**, 1021–1025.
- [63] **Kong M., Chen X.-G., Xue Y.-P., Liu C.-S., Yu L.-J., Ji Q.-X., Cha D.S., Park H.J.** (2008) Preparation and antibacterial activity of chitosan microshperes in a solid dispersing system. *Front. Mater. Sci. China*, **2**, 214–220.

- [64] **No H.K., Kim S.H., Lee S.H., Park N.Y., Prinyawiwatkul W.** (2006) Stability and antibacterial activity of chitosan solutions affected by storage temperature and time. *Carbohydr. Polym.*, **65**, 174–178.
- [65] **Shahid M., Mohammad F.** (2013) Perspectives for natural product based agents derived from industrial plants in textile applications—A review. *J. Clean. Prod.*, **57**, 2–18.
- [66] **Cowan M.M.** (1999) Plant products as antimicrobial agents. *Clin. Microbiol. Rev.*, **12**, 564–582.
- [67] **Venugopala K.N., Rashmi V., Odhav B.** (2013) Review on natural coumarin lead compounds for their pharmacological activity. *BioMed Res. Int.*, **2013**, 563–568.
- [68] **Kheeree N., Sangvanich P., Puthong S., Karnchanatat A.** (2010) Antifungal and antiproliferative activities of lectin from the rhizomes of curcuma amarissima roscoe. *Appl. Biochem. Biotechnol.*, **162**, 912–925.
- [69] **Sobczak M., Debek C., Oledzka E., Kozłowski R.** (2013) Polymeric systems of antimicrobial peptides—Strategies and potential applications. *Molecules*, **18**, 14122–14137.
- [70] **Gouveia I.C.** (2010) Nanobiotechnology: A new strategy to develop non-toxic antimicrobial textiles. In *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology*; Formatex: Badajoz, Spain,; pp. 407–414.
- [71] **Rokitskaya T.I., Kolodkin N.I., Kotova E.A., Antonenko Y.N.** (2011) Indolicidin action on membrane permeability: Carrier mechanism versus pore formation. *Biochim. Biophys. Acta BBA Biomembr.*, **1808**, 91–97.
- [72] **Breidenstein E.B., Courvalin P., Meziane-Cherif D.** (2015) Antimicrobial activity of plectasin nz2114 in combination with cell wall targeting antibiotics against vana-type enterococcus faecalis. *Microb. Drug Resist.*, **21**, 373–379.
- [73] **Kyung K., Lee Y.** (2001) Antimicrobial activities of sulfur compounds derived from s-alk (en) yl-l-cysteine sulfoxides in allium and brassica. *Food Rev. Int.*, **17**, 183–198
- [74] **Gao Y., Cranston R.** (2008) Recent advances in antimicrobial treatments of textiles. *Text. Res. J.*, **78**, 60–72.
- [75] **Zanoaga M., Tanasa F.** (2014)bAntimicrobial reagents as functional finishing for textiles intended for biomedical applications. I. Synthetic organic compounds. *Chem. J. Mold.*, **9**, 14–32.
- [76] **Bueno J.** (2015) Antimicrobial Models in Nanotechnology. In: *Nanotechnology in Diagnosis, Treatment and Prophylaxis of Infectious Diseases*. Elsevier, pp 19–38
- [77] **Khatami M., Sharif I., Nobre M.A.L. et al** (2018) Waste-grass-mediated green synthesis of silver nanoparticles and evaluation of their anticancer, antifungal and antibacterial activity. *Green Chem. Lett. Rev.*, **11**, 125–134.
- [78] **Cuce M., Kilinc M., Kilinc N. et al** (2020) Color, fastness and antimicrobial properties of wool fabrics dyed with helichrysum arenarium subsp. *Aucheri Extract J Nat Fibers.*, **19**, 797-809.

- [79] **Igal K., Vázquez P.** (2020) Antimicrobial Fabrics Impregnated with Ag Particles Included in Silica Matrices. In: Waste in Textile and Leather Sectors. *IntechOpen*, 1-21.
- [80] **Nabipour H., Wang X., Rahman M.Z. et al** (2020) An environmentally friendly approach to fabricating flame retardant, antibacterial and antifungal cotton fabrics via self-assembly of guanazolemetal complex. *J. Clean. Prod.*, **273**, 122832.
- [81] **Sharma J.L., Dhayal V., Sharma R.K.** (2021) White-rot fungus mediated green synthesis of zinc oxide nanoparticles and their impregnation on cellulose to develop environmental friendly antimicrobial fibers. *Biotech.*, **11**, 269.
- [82] **Tzanov T.** (2017) Pre-commercial lines for production of surface nanostructured antimicrobial and anti-biofilm textiles, medical devices and water treatment membranes, Horizon 2020, Grant agreement ID: 720851
- [83] **Jaśkiewicz M., Janczura A., Nowicka J., Kamysz W.** (2019) Methods used for the eradication of staphylococcal biofilms. *Antibiotics*, **8**, 174.
- [84] **Staneva D., Vasileva-Tonkova E., Yordanova S. et al** (2020) Spectral characterization, antimicrobial and antibiofilm activity of poly(propylene imine) metallodendrimers in solution and applied onto cotton fabric. *Int J Polym. Anal. Charact.*, **25**, 374–384.
- [85] **Wang L., Natan M., Zheng W. et al** (2020) Small molecule-decorated gold nanoparticles for preparing antibiofilm fabrics. *Nanoscale Adv.*, **2**, 2293–2302.
- [86] **Ren T., Dormitorio T.V., Qiao M. et al** (2018) N-halamine incorporated antimicrobial nonwoven fabrics for use against avian influenza virus. *Vet. Microbiol.*, **218**, 78–83.
- [87] **Seino S., Imoto Y., Kosaka T. et al** (2016) Antiviral activity of silver nanoparticles immobilized onto textile fabrics synthesized by radiochemical process. *MRS Adv* 1:705–710.
- [88] **Otto D.P., de Villiers M.M.** (2020) Layer-by-layer nanocoating of antiviral polysaccharides on surfaces to prevent coronavirus infections. *Molecules*, **25**, 3415.
- [89] **Montagut A.M., Granados A., Lazurko C. et al** (2019) Triazine mediated covalent antibiotic grafting on cotton fabrics as a modular approach for developing antimicrobial barriers. *Cellulose*, **26**, 7495–7505.
- [90] **Gu J., Yuan L., Zhang Z. et al** (2018) Non-leaching bactericidal cotton fabrics with well-preserved physical properties, no skin irritation and no toxicity. *Cellulose*, **25**, 5415–5426.
- [91] **Saif M.J., Zia K.M., Rehman F. et al** (2015) An eco-friendly, permanent and non-leaching antimicrobial coating on cotton fabrics. *J Text Inst* 106:907–911.
- [92] **Li Z., Chen J., Cao W. et al** (2018) Permanent antimicrobial cotton fabrics obtained by surface treatment with modified guanidine. *Carbohydr. Polym.*, **180**, 192–199.
- [93] **Khattab T.A., Fouda M.M.G., Abdelrahman M.S. et al** (2019) Development of illuminant glow-in-the-dark cotton fabric coated by luminescent composite

- with antimicrobial activity and ultraviolet protection. *J. Fluoresc.*, **29**, 703–710.
- [94] **Shahid-ul-Islam B.B.S., Verma D.** (2019) Facile synthesis of chitosan-silver nanoparticles onto linen for antibacterial activity and free-radical scavenging textiles. *Int. J. Biol. Macromol.*, **133**, 1134–1141.
- [95] **Fadavi F., Abdulkhani A., Hamzeh Y. et al** (2019) Photodynamic antimicrobial cellulosic material through covalent linkage of protoporphyrin IX onto lyocell fibers. *J. Wood Chem. Technol.*, **39**, 57–74.
- [96] **Syed Zameer Ahmed S., Balu N., Khader S.Z.A., et al** (2020) Fabrication and evaluation of bamboo fabric coated with extracts of *Curcuma longa*, *Centella asiatica* and *Azadirachta indica* as a wound dressing material. *Adv Tradit Med.*, **23**, 83-95.
- [97] **Franco A.R., Fernandes E.M., Rodrigues M.T. et al** (2019) Antimicrobial coating of spider silk to prevent bacterial attachment on silk surgical sutures. *Acta Biomater.*, **99**, 236–246.
- [98] **Aslanidou D., Karapanagiotis I.** (2018) Superhydrophobic, superoleophobic and antimicrobial coatings for the protection of silk textiles. *Coatings*, **8**, 101.
- [99] **Dong Y., Gu J., Wang P., Wen H.** (2019) Developed functionalization of wool fabric with extracts of *Lycium ruthenicum* Murray and potential application in healthy care textiles. *Dye Pigment*, **163**, 308–317.
- [100] **Sadeghi-Kiakhan M., Hashemi E., Gharanjig K.** (2020) Treating wool fibers with chitosan-based nano-composites for enhancing the antimicrobial properties. *Appl. Nanosci.*, **10**, 1219–1229.
- [101] **Hwang S.-H., Kim Y.K., Seo H.-J. et al** (2019) The morphological effects of ZnO upon the antimicrobial and deodorant activities of polyethylene terephthalate/ZnO composite filaments. *J. Nanosci. Nanotechnol.*, **19**, 7721–7728.
- [102] **Amani A., Montazer M., Mahmoudirad M.** (2019) Synthesis of applicable hydrogel corn silk/ZnO nanocomposites on polyester fabric with antimicrobial properties and low cytotoxicity. *Int. J. Biol. Macromol.*, **123**, 1079–1090.
- [103] **Lee G., Lee J., Kang C.** (2019) Strong and sustainable chemical bonding of TiO₂ on nylon surface using 3-mercaptopropyltrimethoxysilane (3-MPTMS): analysis of antimicrobial and decomposition characteristics of contaminants. *J. Coatings. Technol. Res.*, **16**, 1399–1409.
- [104] **Mofdfar M., Kim E.S., Larkin E.L. et al** (2019) Antimicrobial activity of silver containing crosslinked poly(Acrylic Acid) fibers. *Micromachines*, **10**, 829.
- [105] **Yıldız Varan N., Eryuruk S.H.** (2018) The effects of quat-silane antimicrobials on the physical and mechanical properties of cotton and cotton/elastane fabrics used for clothing. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, **460**, 012004.
- [106] **Song C., Strazar, et al** (2019) Chemical, thermo-mechanical and antimicrobial properties of DBD plasma treated disinfectant-impregnated wipes during storage. *Polymers (Basel)*, **11**, 1769.

- [107] **Chen W., Chen J., Li L. et al** (2019) Wool/acrylic blended fabrics as next-generation photodynamic antimicrobial materials. *ACS Appl. Mater. Interfaces.*, **11**, 29557–29568.
- [108] **Khan A.M., Islam M.M., Khan M.M.R.** (2020) Chitosan incorporation for antibacterial property improvement of jute-cotton blended denim fabric. *J. Text. Inst.*, **111**, 660–668.
- [109] **Han S., Yang Y.**, (2005) Antimicrobial activity of wool fabric treated with curcumin. *Dye Pigment*, **64**, 157–161.
- [110] **Reddy N., Han S., Zhao Y., Yang Y.** (2013) Antimicrobial activity of cotton fabrics treated with curcumin. *J. Appl. Polym. Sci.*, **127**, 2698–2702.
- [111] **Prusty A.K., Das T., Nayak A., Das N.B.** (2010) Colourimetric analysis and antimicrobial study of natural dyes and dyed silk. *J. Clean. Prod.*, **18**, 1750–1756.
- [112] **Bisht G., Srivastava S., Kulshreshtha R. et al** (2020) Applications of red pigments from psychrophilic *Rhodonellum psychrophilum* GL8 in health, food and antimicrobial finishes on textiles. *Process Biochem.*, **94**, 15–29.
- [113] **İşmal Ö.E., Yıldırım L.** (2019) Metal mordants and biomordants. In: *The Impact and Prospects of Green Chemistry for Textile Technology*. Elsevier, pp 57–82
- [114] **El-Khatib E.M., Ali N.F., El-Mohamedy R.S.R.** (2020) Influence of Neem oil pretreatment on the yeing and antimicrobial properties of wool and silk fibers with some natural dyes. *Arab. J. Chem.*, **13**, 1094–1104.
- [115] **Ganesan P., Karthik T.** (2017) Analysis of colour strength, colour fastness and antimicrobial properties of silk fabric dyed with natural dye from red prickly pear fruit. *J. Text. Inst.*, **108**, 1173–1179.
- [116] **Uzkul H., Alkan R.** (2018) Antimicrobial Properties of Silk Fabrics Dyed with Green Walnut Shell (*Juglans regia* L.). *Kocaeli J. Sci. Eng.*, **1**, 28–32.
- [117] **Abd El Aty A.A., El-Bassyouni G.T., Abdel-Zaher N.A., Guirguis O.W.** (2018) Experimental study on antimicrobial activity of silk fabric treated with natural dye extract from neem (*Azadirachta indica*) leaves. *Fibers Polym.*, **19**, 1880–1886.
- [118] **Emam H.E., Darwesh O.M., Abdelhameed R.M.** (2018) In-growth metal organic framework/synthetic hybrids as antimicrobial fabrics and its toxicity. *Colloids Surfaces B Biointerfaces.*, **165**, 219–228.
- [119] **Sun Y., Sun G.** (2002) Durable and regenerable antimicrobial textile materials prepared by a continuous grafting process. *J. Appl. Polym. Sci.*, **84**, 1592–1599.
- [120] **El-Ola S.M.A** (2008) Recent developments in finishing of synthetic fibers for medical applications. *Des. Monomers. Polym.*, **11**, 483–533.
- [121] **Bhattacharjee S., Joshi R., Chughtai A.A., Macintyre C.R.** (2019) Graphene modified multifunctional personal protective clothing. *Adv. Mater. Interfaces.*, **6**, 1900622.
- [122] **Swar S., Máková V., Horáková J. et al** (2020) A comparative study between chemically modified and copper nanoparticle immobilized Nylon 6 films to

explore their efficiency in fighting against two types of pathogenic bacteria. *Eur. Polym. J.*, **122**, 109392.

- [123] **Buşilă M., Muşat V., Textor T., Mahltig B.** (2015) Synthesis and characterization of antimicrobial textile finishing based on Ag:ZnO nanoparticles/chitosan biocomposites. *RSC Adv*, **5**, 21562–21571.
- [124] **Massella D., Argenziano M., Ferri A., Guan J., Giraud S., Cavalli R., Barresi A.A., Salaün F.** (2019) Bio-functional textiles: combining pharmaceutical nanocarriers with fibrous materials for innovative dermatological therapies. *Pharmaceutics*, **11**, 403.
- [125] **Atanasova D., Staneva D., Grabchev I.** (2021) Textile materials modified with stimuli-responsive drug carrier for skin topical and transdermal delivery. *Mater (Basel)*, **14**, 930.
- [126] **Fenton C., Al-Salama Z.T.** (2021) Fabrics can greatly improve or exacerbate atopic dermatitis. *Drugs Ther Perspect*, **37**, 157–161.
- [127] **Elnaggar M., Emam H., Fathalla M., et al** (2021) Chemical synthesis of silver nanoparticles in its solid state: highly efficient antimicrobial cotton fabrics for wound healing properties. *Egypt J Chem.*, **64**, 2697 – 2709.
- [128] **Hedayati N., Montazer M., Mahmoudirad M., Toliyat T.** (2020) Ketoconazole and Ketoconazole/ β -cyclodextrin performance on cotton wound dressing as fungal skin treatment. *Carbohydr Polym*, **240**, 116267.
- [129] **El-Naggar M.E., Shaarawy S., Hebeish A.A.** (2018) Bactericidal finishing of loomstate, scoured and bleached cotton fibres via sustainable in-situ synthesis of silver nanoparticles. *Int J Biol Macromol*, **106**, 1192–1202
- [130] **Shahid-ul-Islam S.-I., Butola B.S., Mohammad F.** (2016) Silver nanomaterials as future colorants and potential antimicrobial agents for natural and synthetic textile materials. *RSC Adv*, **6**, 44232–44247.
- [131] **Jeremiah S.S., Miyakawa K., Morita T. et al** (2020) Potent antiviral effect of silver nanoparticles on SARS-CoV-2. *Biochem Biophys Res Commun*, **533**, 195–200.
- [132] **Limpiteprakan P., Babel S.** (2016) Leaching potential of silver from nanosilver-treated textile products. *Environ Monit Assess*, **188**, 156.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Ayşegül DİRİER

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 1999, Gazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü

MESLEKİ DENEYİM:

- 1998-1999 Kayseri Birlik Mensucat fabrikasında Lab.şefi olarak çalıştım.
- 1999-2001 Kayseri Paksan Ambalaj San. Tic. Ltd. Sorumlu Müdür olarak çalıştım.
- 2004-2007 Eucons Danışmanlık firmasında Proje Koordinatörü olarak çalıştım.
- 2007-2013 Tadım Yemek Fabrikasında Sorumlu Müdür olarak çalıştım.
- 2013-..... Ilsan Tekstil San ve Tic A.Ş.'de Kalite Güvence Sorumlusu ve iş güvenliği uzmanı olarak çalışmaya başladım. 2018 yılında Ilsan Tekstil Ar-Ge Müdürlüğü görevine getirildim.2023 yılında Ilsan Tekstilde Genel Koordinatörlük görevine getirildim ve bu göreve devam etmekteyim.

YÜKSEK LİSANS VEYA DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN ÇALIŞMALAR

- **Özkan S., Dirier A., Seçkin T.** (2022 June) Bor Temelli Tekstillerin Üretimi ve Fizikokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi, VIII. Uluslararası Katılımlı Polimer Bilim ve Teknoloji Kongresi, (pp.178) Malatya / TÜRKİYE
- **Dirier A., Seçkin T.** (2022 June) Bor Mineralleri Temelli Antibakteriyel Tekstil Yapıların Hazırlanması ve Fizikokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi, VIII. Uluslararası Katılımlı Polimer Bilim ve Teknoloji Kongresi, (pp.179) Malatya / TÜRKİYE