



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



ÇOK TABAKALI KAPLAMA (LBL) YÖNTEMİ KULLANILARAK SÜPERHİDROFOB PAMUKLU KUMAŞ ÜRETİMİ

Yüksek Lisans Tezi

Solomon Tilahun DESİSA

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Izmir

2021

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**ÇOK TABAKALI KAPLAMA (LBL) YÖNTEMİ
KULLANILARAK SÜPERHİDROFOB PAMUKLU KUMAŞ
ÜRETİMİ**

Solomon Tilahun DESİSA

TEZ DANIŞMAN: Doç. Dr. Eylen Sema DALBAŞI

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Tekstil Teknoloji Yüksek Lisans Programı

Izmir

2021

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Çok Tabakalı Kaplama(Lbl) Yöntemi Kullanılarak Süperhidrofob Pamuklu Kumaş Üretimi” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

08/06/2021

Solomon Tilahun DESİSA

ÖZET**ÇOK TABAKALI KAPLAMA (LBL) YÖNTEMİ KULLANILARAK SÜPERHİDROFOB****PAMUKLU KUMAŞ ÜRETİMİ**

DESİSA, Solomon Tilahun

Yüksek Lisans Tezi, Tekstil Teknolojisi Ana Bilim Dalı

Tez Danışman: Doç. Dr. Eylen Sema DALBAŞI

Haziran 2021, 121 sayfa

Bu tez çalışmasında, farklı kimyasal maddeler kullanılarak iki farklı % 100 pamuklu (normal ve katyonize) kumaşa yeni bir yöntem olan çok tabakalı kaplama (LBL) yöntemi uygulanmıştır. Tezin amacı, çok tabakalı kaplama yöntemi ile TiO_2 , SiO_2 nanopartikülleri ve polidimetilsiloksan polimerleri kullanarak pamuklu kumaş üzerinde süperhidrofob yüzeyler üretmektir. Aplikasyonlardan sonra işlem görmemiş ve işlem görmüş kumaşların test ve analizleri yapılmıştır. Yapılan testler şunlardır: temas açısı ölçümü, hava geçirgenliği, kopma mukavemeti, dairesel eğilme dayanımı, kumaş kalınlığı, yüzey pürüzlülüğü, su, yağ ve kir iticilik testleri. Ayrıca kumaşların yüzey morfolojisi, kimyasal bileşimi, bağlanan fonksiyonel grupların ve yüzey topografisinin karakterize edilmesi için SEM, XPS, FTIR ve AFM analizleri yapılmıştır.

Testler ve analizlerden sonra elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Ayrıca, işlem gören pamuklu kumaşın yıkamaya karşı dayanıklılığı da incelenmiştir. İşlem gören pamuklu kumaşın temas açısı yıkama öncesinde 158° iken 5 yıkama sonrasında $153,07^\circ$ olarak ölçülmüştür. Bu sonuç da, işlem gören kumaşın yıkamaya karşı dayanıklı olduğunu ve süperhidrofob yüzey özelliğini halen taşımakta olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, bu tez çalışmasında çok tabakalı kaplama yöntemiyle üretilen süperhidrofob kaplamaların üretiminin oldukça kolay, verimli, ekonomik, yıkamaya karşı dayanıklı, çevre dostu ve endüstriyel alanda uygulanabilir olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Süperhidrofob yüzeyler, Çok tabakalı kaplama (LBL), Temas açısı, TiO_2 , SiO_2 nanopartiküller, PDMS

ABSTRACT**PRODUCTION OF SUPERHYDROPHOBIC COTTON FABRIC USING THE LAYER-BY-LAYER COATING (LBL) METHOD**

DESİSA, Solomon Tilahun

MSc. In Textile Engineering

Supervisor: Assoc. Dr. Eylen Sema DALBAŞI

June 2021, 121 pages

In this thesis study, a new method, layer-by-layer coating (LBL), where applied to two different 100 % cotton (normal and cationized) fabrics using different chemicals. The aim of the thesis is to produce superhydrophobic surfaces on cotton fabric by using TiO_2 , SiO_2 nanoparticles and polydimethylsiloxane polymers through layer-by-layer coating method. Tests and analyzes of untreated and treated fabrics were carried out after the applications. The performed tests are contact angle measurement, air permeability, tensile strength, circular bending rigidity, fabric thickness, surface roughness, water, oil, and stain repellency tests. In addition, SEM, XPS, FTIR and AFM analyzes were performed to characterize the surface morphology, chemical composition, bonding functional groups and surface topography of the fabrics.

The results obtained after the tests and analysis were evaluated. In addition, the washing resistance of the treated cotton fabric also examined. The contact angle of the treated cotton fabric measured from 158° before washing to 153.07° after five washes. This result showed that the treated fabric was resistant to washing and still had the superhydrophobic surface feature. As a result, in this thesis, it is thought that the production of superhydrophobic coatings produced by the layer-by-layer coating method is a very easy, efficient, economical, wash-resistant, environmentally friendly and industrially applicable.

Keywords: Superhydrophobic surfaces, Layer by layer (LBL), Contact angle, TiO_2 , SiO_2 nanoparticles, PDMS

ÖNSÖZ

Pamuklu kumaşlar son derece hidrofil olduğundan dolayı lif yapısında bulunan hidroksil grupları nedeniyle suyu, lekeleri ve kirleri kolayca emmektedir. Pamuklu kumaşları lekeler, kirlere ve yağmur sularına karşı hidrofob hale getirmek için kumaş yüzeyinde süperhidrofob bir tabaka oluşturmak gerekmektedir. Süperhidrofob yüzeylerin geliştirilmesi konusunda yapılan bilimsel çalışmaların sonuçları, çeşitli endüstriyel ve mühendislik uygulamaları için umut vaat etmektedir. Karın, pencerelerde ve antenlerde birikip yapışmasının önlenmesi, kendi kendini temizleyen trafik levhaları, gemi gövdelerinin sürtünmesinin azaltılması ve hastalıkların bulaşmasının önlenmesi gibi alanlarda, bu teknolojiiden faydalanılmaktadır.

Süperhidrofob yüzeylerin çeşitli sektörlerde kullanım alanları ise şunlardır: Yapı, inşaat, mobilya, ev tekstili, her türlü kaplamalar, biyomedikal ürünler, tarım, çadır bezi, iş kıyafetleri, şemsiyeler, koruyucu giysiler, cerrahi personel kıyafetleri, tıbbi giysiler vb. Tekstil sektöründe ise, süperhidrofob tekstil ürünleri hem teknik tekstiller alanında hem de giysi olarak birçok kullanım alanına sahip olup bu özelliklerden dolayı yüksek performanslı ürünler için büyüyen önemli bir pazar teşkil etmektedir.

Bu tez çalışmasında, tekstil materyali olarak pamuklu dokuma kumaşlar kullanılmıştır. Kimyasal madde olarak polidimetilsiloksan (PDMS), titanyumdioksit TiO_2 ve silisyumdioksit (SiO_2) kullanılarak LBL yöntemiyle aplikasyonlar yapılmıştır. Çok tabakalı kaplama yöntemi (LBL) kullanılarak süperhidrofob özellikte pamuklu kumaş üretimi amaçlanmaktadır. Burada, diğer yöntemlere göre daha çevre dostu, daha düşük maliyetli, daha kolay ve yeni bir teknoloji olan çok tabakalı kaplama yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca, yeni bir aplikasyon yöntemi olan çok tabakalı yöntem (LBL) ile farklı kimyasal maddeler kullanarak pamuklu kumaşa süperhidrofobik özellik kazandırmanın yanı sıra kullanılan maddelerin performansları da birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Süperhidrofobik yüzeyin suyla temas açısının 150° 'den büyük olması hedeflenerek bu hedefe çalışma sonunda ulaşılmıştır. Aplikasyonlardan sonra uygulamanın etkilerini görmek amacıyla birtakım test ve analizler yapılmıştır.

İZMİR

08/06/2021

Solomon Tilahun DESİSA

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
İÇ KAPAK.....	ii
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. SÜPERHİDROFOB YÜZEYLER HAKKINDA GENEL BİLGİ	2
2.1 Çok Tabakalı Kaplama (LBL) Yöntemi	8
2.2 Plazma Yöntemi.....	10
2.3 Daldırma-Kaplama	10
2.4 Kimyasal Buhar Birikimi	11
2.5 Sol-jel Yöntemi	11
2.6 Elektrokimyasal Yöntemler	12
2.7 Sprey Kaplama	12
3. SÜPERHİDROFOB YÜZEYLERİN ELDE EDİLMESİ.....	12
4. ISLATMA MODELLERİ.....	13
4.1 Young modeli.....	15
4.2 Wenzel modeli.....	16
4.3 Cassie ve Baxter modeli	17
5 SÜPERHİDROFOB YÜZEYLERİN TEST VE ANALİZLERİ.....	17
5.1 Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR)	17
5.2 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	18
5.3 X-ışını Fotoelektron Spektroskopisi (XPS).....	19
6. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	20
6.1. Çok tabakalı kaplama (LBL) yöntemi hakkında literatür incelemesi	20
6.2. Tekstilde TiO ₂ nanopartiküllerinin kullanımı hakkında literatür incelemesi	21

6.3. Tekstilde SiO₂ nanopartiküllerinin kullanımı hakkında literatür incelemesi	23
6.4. Tekstilde PDMS polimerinin kullanımı hakkında literatür incelemesi	25
7. GEREÇ VE YÖNTEM	27
7.1 Gereç.....	27
7.1.1 Materyal	27
7.1.2 Kullanılan kimyasal maddeler	27
7.1.3 Kullanılan cihaz ve makineler	28
7.2 Yöntem	28
7.2.1 Katyonizasyon işlemi.....	29
7.2.2 SiO ₂ nanopartiküllerinin sentezlenmesi	30
7.2.3 TiO ₂ nanopartiküllerinin sentezlenmesi.....	30
7.2.4 Çok tabakalı yöntem ile TiO ₂ - SiO ₂ @PDMS malzemelerinin hazırlanması ve kumaşa aplikasyonu.....	31
7.2.5 Çok tabakalı yöntem ile TiO ₂ - TiO ₂ @PDMS malzemelerinin hazırlanması ve kumaşa aplikasyonu.....	35
7.3 Testler.....	39
7.3.1 Temas açısı ölçümü.....	39
7.3.2 Hava geçirgenliği testi	39
7.3.3 Kopma mukavemetinin tayini.....	40
7.3.4 Dairesel eğilme dayanımının tayini	40
7.3.5 Kumaş kalınlığı tayini.....	41
7.3.6 Yüzey pürüzlülüğünün ölçümü.....	41
7.3.7 Su ve yağ iticilik değerinin ölçülmesi.....	42
7.3.8 Kir iticilik değerinin ölçülmesi	43
7.3.9 SEM analizi.....	43
7.3.10 XPS analizi.....	44
7.3.11 FTIR analizi	44

7.3.12	AFM analizi	45
8.	BULGULAR.....	46
8.1	Temas açısı sonuçlarının değerlendirilmesi.....	46
8.1.1	İşlem görmemiş pamuklu kumaşların temas açısı sonuçlarının değerlendirilmesi	46
8.1.2	TiO ₂ - SiO ₂ @ PDMS aplikasyonları yapılan kumaşların temas açısı sonuçlarının değerlendirilmesi	46
8.1.3	TiO ₂ - TiO ₂ @ PDMS aplikasyonları yapılan kumaşların temas açısı sonuçlarının değerlendirilmesi	49
8.1.4	Yıkama sonrası pamuklu kumaşların temas açılarının değerlendirilmesi	52
8.2	Hava geçirgenliği sonuçlarının değerlendirilmesi.....	53
8.3	Kopma mukavemeti sonuçlarının değerlendirilmesi.....	54
8.4	Dairesel eğilme dayanımı sonuçlarının değerlendirilmesi.....	56
8.5	Kumaş kalınlığı sonuçlarının değerlendirilmesi.....	56
8.6	Yüzey pürüzlülüğü sonuçlarının değerlendirilmesi.....	57
8.7	Su ve yağ iticilik sonuçlarının değerlendirilmesi.....	58
8.8	Kir iticilik sonuçlarının değerlendirilmesi.....	58
8.9	SEM analizlerinin değerlendirilmesi.....	61
8.9.1	Normal pamuklu kumaşların SEM analizlerinin değerlendirilmesi	62
8.9.2	Katyonize pamuklu kumaşların SEM analizlerinin değerlendirilmesi	68
8.10	XPS analizlerinin değerlendirilmesi.....	75
8.11	FTIR analizlerinin değerlendirilmesi.....	82
8.12	AFM analizlerinin değerlendirilmesi	86
9.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	88
KAYNAKLAR		91

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Süperhidrofob yüzeylere sahip bazı bitki ve hayvanların görüntüleri	2
Şekil 2.2 Doğada kendi kendini temizleyen yüzeyler ve sem görüntüleri	3
Şekil 2.3 Süperhidrofob yüzeyin kendi kendini temizleme durumu	4
Şekil 2.4 Süperhidrofob yüzeylerin farklı üretim yöntemlerinin şeması.....	7
Şekil 2.5 Lbl yönteminin avantajları	9
Şekil 2.6 Daldırma-kaplama yöntemi	10
Şekil 4.1 Katı bir yüzeyde ıslanma ve temas açısı arasındaki ilişki	14
Şekil 4.2 Farklı sıvıların bir yüzey üzerindeki temas açıları	14
Şekil 4.3 Farklı ıslatma modelleri.....	15
Şekil 4.4 Young denkleminin yüzey gerilimi diyagramı	15
Şekil 5.1 İşlem görmemiş ve işlem görmüş (SFR) pamuklu kumaşların ftir spektrumları	18
Şekil 5.2 Süperhidrofob yüzeye sahip pamuklu kumaşın sem görüntüsü	18
Şekil 6.1 Lbl yöntemiyle pamuklu kumaş üzerine süperhidrofob ve güç tutuşur yüzey üretimi ...	21
Şekil 6.2 Lbl yöntemiyle pet film üzerine TiO ₂ nanopartikül kaplama	22
Şekil 6.3 Lbl ile TiO ₂ nanopartikül katmanlı filmlerin pamuklu kumaş üzerine uygulanması	23
Şekil 6.4 TiO ₂ -SiO ₂ kompozitinin üretimi.....	24
Şekil 6.5 PDMS'nin kimyasal yapısı.....	25
Şekil 7.1 Pamuğun katyonizasyon işlem şeması.....	29
Şekil 7.2 Silika nanopartiküllerinin sentezi	30
Şekil 7.3 TiO ₂ nanopartiküllerinin sentezi.....	31
Şekil 7.4 Normal pamuklu kumaş için çok tabakalı kaplama yöntemi işlem akışı (a planı).....	32
Şekil 7.5 Katyonize pamuklu kumaş için çok tabakalı kaplama yöntemi işlem akışı (b planı) ...	34
Şekil 7.6 Normal pamuklu kumaş için çok tabakalı kaplama yöntemi işlem akışı (c planı).....	36
Şekil 7.7 Katyonize pamuklu kumaş için çok tabakalı kaplama yöntemi işlem akışı (d planı) ...	38
Şekil 7.8 Temas açısı test cihazı	39
Şekil 7.9 Hava geçirgenliği cihazı	39
Şekil 7.10 Kopma mukavemeti cihazı	40

Şekil 7.11 Dairesel eğilme dayanımı cihazı	41
Şekil 7.12 Kumaş kalınlığı test cihazı	41
Şekil 7.13 Mitutoyo SJ 310 yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı	42
Şekil 7.14 Sprey test cihazı ve standardın resimleri	42
Şekil 7.15 Kir iticilik skalası	43
Şekil 7.16 SEM cihazı	44
Şekil 7.17 XPS cihazı	44
Şekil 7.18 FTIRcihazı	44
Şekil 7.19 AFM cihazı	45
Şekil 8.1 İşlem görmemiş kumaş yüzeyinde su damlacık görüntüsü	46
Şekil 8.2 Hava geçirgenlik değerleri	54
Şekil 8.3 Kopma mukevemet değerleri	55
Şekil 8.4 Dairesel eğilme dayanım değerleri	56
Şekil 8.5 Kumaş kalınlık değerleri	57
Şekil 8.6 Yüzey pürüzlülüğü sonuçlarının değerlendirilmesi	57
Şekil 8.7 İşlemsiz ve işlem gören kumaşların çay, kahve ve vişne suyu damlatıldıktan sonra görüntüsü	59
Şekil 8.8 Çay lekesine ait kumaşın kir iticilik değerleri	59
Şekil 8.9 Kahve lekesine ait kumaşın kir iticilik değerleri	60
Şekil 8.10 Vişne suyu lekesine ait kumaşın kir iticilik değerleri	61
Şekil 8.11 İşlem görmemiş pamuklu kumaşın SEM görüntüsü	62
Şekil 8.12 N18 kodlu kumaşın SEM görüntüsü	63
Şekil 8.13 N24 kodlu kumaşın SEM görüntüsü	64
Şekil 8.14 N34 kodlu kumaşın SEM görüntüsü	65
Şekil 8.15 N28 kodlu kumaşın SEM görüntüsü	66
Şekil 8.16 N38 kodlu kumaşın SEM görüntüsü	67
Şekil 8.17 K14 kodlu kumaşın SEM görüntüsü	68
Şekil 8.18 K18 kodlu kumaşın SEM görüntüsü	69
Şekil 8.19 K24 kodlu kumaşın SEM görüntüsü	70
Şekil 8.20 K28 kodlu kumaşın SEM görüntüsü	71
Şekil 8.21 K31 kodlu kumaşın SEM görüntüsü	72

Şekil 8.22 K34 kodlu kumaşın SEM görüntüsü	73
Şekil 8.23 K38 kodlu kumaşın SEM görüntüsü	74
Şekil 8.24 (a) İşlem görmemiş kumaşın XPS spektrumları, o1s (b) ve c 1s (c) 'nin yüksek çözünürlüklü XPS spektrumları.....	75
Şekil 8.25 (a) N38 kodlu kumaşın XPS spektrumları, o1s (b), c 1s (c), Ti2p (d) and Si2p' nin yüksek çözünürlüklü XPS spektrumları.	76
Şekil 8.26 (a) K38 kodlu kumaşın XPS spektrumları, o1s (b), c 1s (c), Ti2p (d) and Si2p' nin yüksek çözünürlüklü XPS spektrumları.	77
Şekil 8.27 (a) NA38 kodlu kumaşın XPS spektrumları, o1s (b), c 1s (c), Ti2p (d) and Si2p' nin yüksek çözünürlüklü XPS spektrumları.	78
Şekil 8.28 (a) KA38 kodlu kumaşın XPS spektrumları, o1s (b), c 1s (c), Ti2p (d) and Si2p' nin yüksek çözünürlüklü XPS spektrumları.	79
Şekil 8.29 TiO ₂ - SiO ₂ @PDMS aplikasyonları yapılan işlem görmüş ve işlem görmemiş kumaşların FTIR grafikleri.....	82
Şekil 8.30 TiO ₂ - TiO ₂ @PDMS aplikasyonları yapılan işlem görmüş ve işlem görmemiş kumaşların FTIR grafikleri.....	84
Şekil 8.31 İşlem görmemiş ve işlem görmüş pamuklu kumaşların AFM görüntüleri.....	86
Şekil 8.32 Yüzey pürüzlülük değerleri	87

TABLOLAR LİSTESİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1 Hidrofil ve hidrofob yüzeylerin özellikleri	4
Tablo 2.2 İslanabilirlik sınıflandırması	6
Tablo 7.1 Deney kumaşlarının fiziksel özellikleri.....	27
Tablo 7.2 Denemelerde kullanılan kimyasal maddeler.....	27
Tablo 7.3 Kullanılan cihazlar ve makineler	28
Tablo 7.4 Katyonizasyon işleminin reçetesi ve işlem şartları.....	29
Tablo 7.5 Normal pamuklu kumaşların çok tabakalı kaplama işlem reçeteleri	32
Tablo 7.6 Katyonize pamuklu kumaşların çok tabakalı kaplama işlem reçeteleri.....	34
Tablo 7.7 Normal pamuklu kumaşların çok tabakalı kaplama işlem reçeteleri	36
Tablo 7.8 Katyonize pamuklu kumaşın çok tabakalı kaplama işlem reçeteleri	38
Tablo 8.1 Su damlası testi ile elde edilen normal pamuklu kumaş üzerinde su emme görüntüsü ve temas açısı değerleri.....	47
Tablo 8.2 Su damlası testi ile elde edilen katyonize pamuklu kumaş üzerinde su emme görüntüsü ve temas açısı değerleri.....	48
Tablo 8.3 Su damlası testi ile elde edilen normal pamuklu kumaş üzerinde su emme görüntüsü ve temas açısı değerleri	50
Tablo 8.4 Su damlası testi ile elde edilen katyonize pamuklu kumaş üzerinde su emme görüntüsü ve temas açısı değerleri.....	51
Tablo 8.5 5 Yıkamadan sonra su emme görüntüsü ve temas açısı değerleri	53
Tablo 8.6 Su iticilik değerleri.....	58
Tablo 8.7 İşlem görmemiş ve işlem görmüş pamuklu kumaşların XPS % element analizi sonuçları	80
Tablo 8.8 TiO ₂ - SiO ₂ @ PDMS aplikasyonları yapılan işlem görmüş ve işlem görmemiş kumaşların FTIR sonuçları	83
Tablo 8.9 TiO ₂ - TiO ₂ @ pdms aplikasyonları yapılan işlem görmüş ve işlem görmemiş kumaşların FTIR sonuçları.....	84

SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

AÇIKLAMA

$\sim$	Yaklaşık
$^{\circ}$	Derece (açı)
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece
$\cos \theta$	Temas açısı
f_1	Faz 1 yüzey fraksiyonu
f_2	Faz 2 yüzey fraksiyonu
L	Sıvı
mJ/m^2	Megajule / metrekare
mL	Mililitre
S	Katı
V	Buhar
WS	Yayılma katsayısı
γ	Yüzey gerilimi
γ_{LV}	Sıvı- buhar yüzey gerilimi
γ_{SL}	Katı-sıvı yüzey gerilimi
γ_{SV}	Katı-buhar yüzey gerilimi
ΔG_s	Serbest Yüzey Enerjisinde Değişim
ΔG_{SL}	Serbest hidrasyon enerjisi
θ^*	Wenzel temas açısı
τ	Su yapışma gerilimi
nm	Nanometre

KISALTMALAR**AÇIKLAMA**

CA	Temas açısı
CuO	Bakır (II) oksit
CVD	Kimyasal buhar birikimi
FTIR	Fourier Transform Kızılötesi Spektroskopisi
LBL	Çok tabakalı kaplama
NPs	Nanoparçacıklar
PAA	Poliakrilik asit
PAH	Poliallilamin hidroklorür
PDMS	Polidimetilsiloksan
PE	Polielektrolitler
PIA	Poliitakonik asi)
SA	Kayma Açısı
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
SFR	Süperhidrofob ve güç tutuşur
SH	Süperhidrofob
SiO ₂	Silisyum dioksit
TEOS	Tetraetoksilan
TiO ₂	Titanyum dioksit
UV	Ultraviyole
WCA	Su temas açısı
XRD	X-ışını Difraktometre Spektrometresi
ZnO	Çinko oksit
XPS	X-ışını Fotoelektron Spektroskopisi
AFM	Atomik Kuvvet Mikroskopisi

1. GİRİŞ

Tekstil endüstrisinde önemli bir yere sahip pamuklu kumaşların fonksiyonel hale getirilmesi son yıllarda artan bir eğilimdir. Pamuklu kumaşlar, liflerin yapısında bulunan hidroksil grupları nedeniyle suyu, lekeleri ve kirleri kolayca emmektedir. Bu kumaşları lekeler, kirlere ve yağmur sularına karşı hidrofob hale getirmek için süperhidrofob aplikasyonlar uygulanmakta ve kumaş yüzeyinde süperhidrofob bir tabaka elde edilmektedir.

Bu tez çalışmasında, süperhidrofob pamuklu kumaşlar üretmek için yeni bir aplikasyon yöntemi olan çok tabakalı kaplama (LBL) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem; yeni bir teknoloji olup yapılan araştırma sayısı çok azdır. Çok tabakalı yöntem, diğer klasik yöntemlere göre uzun reaksiyon süresi ve yüksek enerji tüketimi gerektirmemekte, karmaşık ve hassas aletlere ihtiyaç duymamaktadır. Dolayısıyla uygulaması kolay, düşük maliyetli, çevre dostu ve teknik tekstil alanında özel kumaşların üretimi için uygun bir yöntemdir. Bu tez kapsamında, % 100 pamuklu dokuma kumaşlara, çok tabakalı yöntemle farklı kimyasal yapıdaki mikro ve nano boyutta maddeler applike edilmiştir.

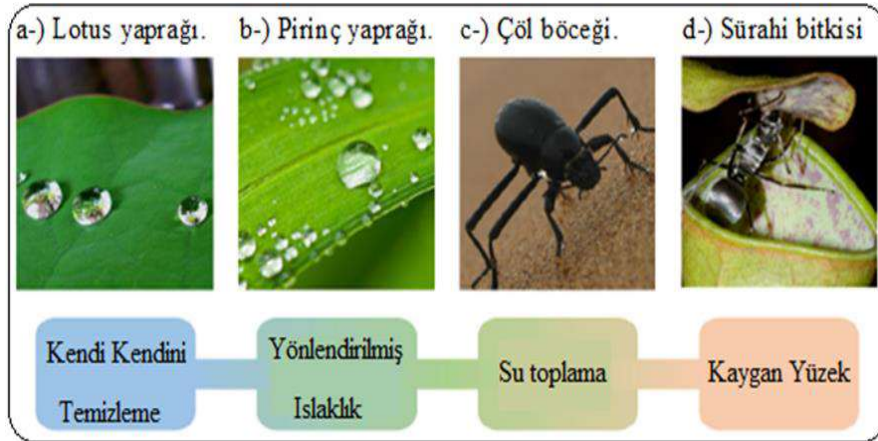
Bu tez çalışmasında, pamuklu kumaşları süperhidrofobik hale getirmek için polidimetilsiloksan, titanyumdioksit ve silisyumdioksit gibi farklı maddeler kullanılarak farklı madde konsantrasyonlarında ve farklı kombinasyonlarda çeşitli aplikasyonlar yapılmıştır. Ayrıca, süperhidrofob yüzeyin yıkamaya karşı dayanımları da araştırılmıştır. İlk aşamada normal pamuklu ve katyonikleştirilen pamuklu kumaşlara çok tabakalı kaplama yöntemi ile tabaka oluşturma işlemi yapılmıştır. Burada; TiO_2 , SiO_2 nanopartikül çözeltilerine PDMS çözeltisi eklenerek çeşitli aplikasyonlar yapılmıştır. Aplikasyonlar sonucunda kumaşlar 1, 4 ve 8 tabaka ile kaplanmıştır. İkinci aşamada ise, normal ve katyonikleştirilen pamuklu kumaşlara çok tabakalı kaplama yöntemi ile TiO_2 , TiO_2 nanopartikül çözeltileri ve bunlara PDMS çözeltisi eklenerek çeşitli aplikasyonlar yapılmıştır. Aplikasyonlar sonucunda kumaşlar 1, 4 ve 8 tabaka ile kaplanmıştır.

Aplikasyonlardan sonra tüm kumaşların şu test ve analizleri yapılmıştır. Su, yağ ve kir iticilik, temas açısı, dairesel eğilme dayanımı, hava geçirgenliği, yüzey pürüzlülüğü, kumaş kalınlığı, kopma mukavemeti, FTIR, SEM, AFM ve XPS analizi. Tüm analizlerden sonra elde edilen sonuçlar birbirleriyle kıyaslanmıştır.

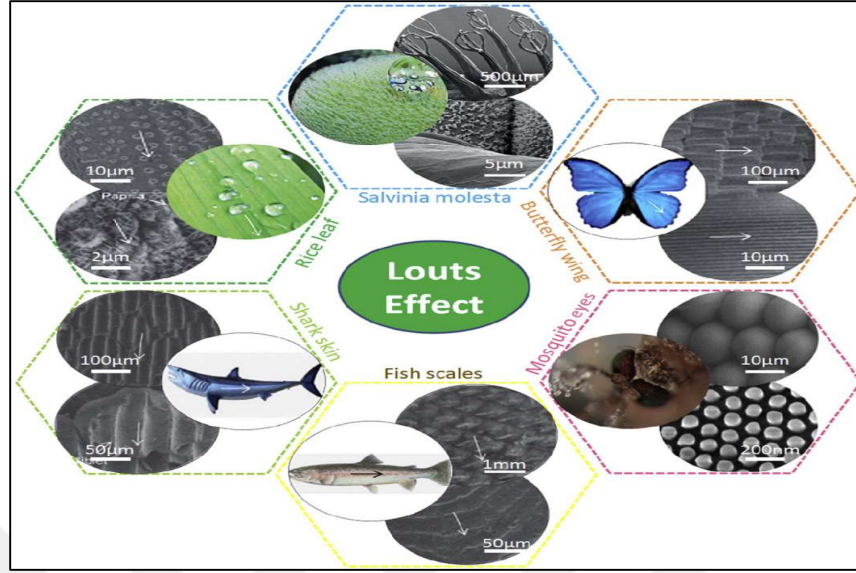
2. SÜPERHİDROFOB YÜZEYLER HAKKINDA GENEL BİLGİ

Doğada süperhidrofob yüzeylere sahip birçok bitki ve hayvan bulunmaktadır (Chen ve ark., 2016; Feng ve ark., 2002; Wang ve ark., 2012) (Şekil 2.1 ve Şekil 2.2.). Lotus yapraklarının yüzeyi Epicuticle balmumu ile kaplıdır ve özel bir yüzey morfolojisine sahiptir. Lotus yapraklarının temas açısı 160 dereceden fazldır. Bundan dolayı, Lotus yapraklarının yüzeyine yerleşen herhangi bir kir parçacığı yüzeye tutanamamakta ve su damlacıklarıyla birlikte kolayca yüzeyden kayarak uzaklaşmaktadır (Zhao ve ark., 2009; Barthlott ve ark., 1997).

Süperhidrofobik lotus yaprakları, kendi kendini temizleme özelliğine sahiptir (Wang ve ark., 2012). Bir diğer canlı, su striderlarıdır. Bunlar su üzerinde yürüyebilme kabiliyetine sahiptir (Gao ve ark., 2004; Peng ve ark., 2016; Shi ve ark., ve ark., 2007). Ayrıca kelebek kanatlarının yönel olarak yapışması (Shi vd., 2011; Zheng vd., 2007), ağustos böceklerinin kendi kendini temizlemesi (Ohko ve ark., 2001; Sunve ark., 2009), sivrisinek gözlerinin buğulanmayı önlemesi (Gao ve ark., 2007), pirinç yaprakları üzerindeki su damlacıklarının konumu (Kwon ve ark., 2014), *Salvinia molesta* (Barthlott ve ark., 2010) ve köpekbalığının derisi (Bixler ve ark., 2012) gibi doğada bulunan birçok canlı da süperhidrofob özellik göstermektedirler (Pan ve ark., 2019).



Şekil 2.1 Süperhidrofob yüzeylere sahip bazı bitki ve hayvanların görüntüleri (Özdemir ve ark., 2018)

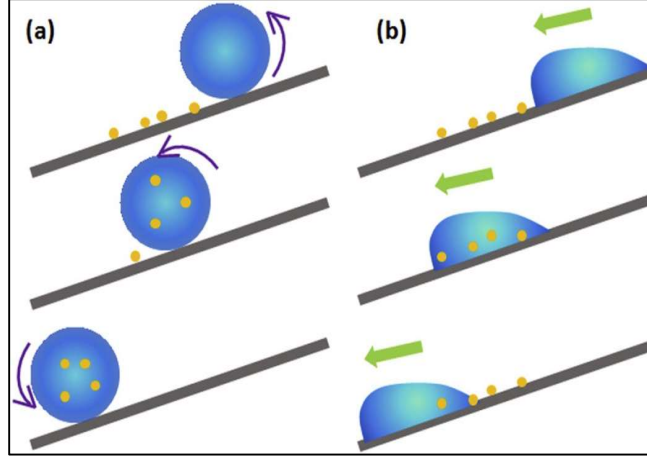


Şekil 2.2 Doğada kendi kendini temizleyen yüzeyler ve SEM görüntüleri (Zhang ve ark., 2016)

Süperhidrofob tekstiller sadece süper su iticilik sağlamamaktadırlar. Aynı zamanda kir itici, biyolojik olarak uyumlu, toksik olmayan ve konforlu tekstillerdir (Drelich ve Marmur, 2014; Zhang ve ark., 2008c).

Süperhidrofobluk (SH), hem substratların yüzey geometrisini hem de kimyasal maddelerin etkileşimleri ile ilgili kompleks bir olaydır (Feng ve ark., 2004). Su temas açıları (WCA) 150° 'den büyük ve 10° 'nin altında kayma açısı (SA) olan süperhidrofob yüzeyler akademik, bilimsel ve endüstriyel alanlarda büyük ilgi çeken bir konudur (Zhao ve ark., 2010). Sıvı ile substrat arasındaki temas açısı ne kadar büyükse, o substrat o kadar süperhidrofob hale gelmektedir. Bununla kalmayıp substratın yüzeyi aynı zamanda, kendi kendini temizleme, kirlenmeye dirençli, iyi bir termal stabiliteye sahip ve asit/alkali direncine sahip hale gelmektedir (Lin ve ark., 2018; Li ve ark., 2015; Feng ve ark., 2002).

Substratın yüzeyi eğer düşük enerjiye sahip ise; sıvı ve substratın yüzeyi arasındaki temas daha düşük olmaktadır. Sonuç olarak, çok yüksek bir temas açısının oluşmasına yol açmaktadır (Şekil 2.3a). Aksine, substratın yüzeyi eğer yüksek enerjiye sahip ise; sıvı ve substratın yüzeyi arasındaki temas daha yüksek olmaktadır. Bu sonuç da çok düşük temas açısının oluşmasına yol açmaktadır (Şekil 2.3b) (Zhang Vd., 2016).



Şekil 2.3 Süperhidrofob yüzeyin kendi kendini temizleme durumu (a) Çok yüksek temas açısına sahip bir yüzeyde damla, kirli partiküllerini temizler, (b) düşük temas açısına sahip bir damla yüzeyi temizleyemez (Zhang ve ark., 2016)

Süperhidrofob tekstil yüzeylerinin üretilmesinde esas amaç, katı substratlar üzerinde farklı aplikasyon yöntemleriyle mikro/nanoyapılar oluşturmaktır (Feng ve ark., 2002). Tablo 2.1’de hidrofil ve hidrofob yüzeylerin özellikleri verilmektedir.

Tablo 2.1 Hidrofil ve hidrofob yüzeylerin özellikleri

(Drelich ve ark., 2011; Drelich ve Marmur, 2014)

Yüzey Tipi	Temas açısı	Su yapışma gerilimi; mJ/m ²	Yayma işi; mJ/m ²	Hidrasyon enerjisi; mJ/m ²
Süperhidrofil	$\sim 0^a$	$\geq 73^b$	≥ 0	≤ -146
Hidrofil	~ 0	≥ 73	≥ 0	≤ -146
Zayıf hidrofil	$(56-65^0) > \theta > 0$	$73 > \tau > (30-40)$	$0 > W_s > - (32-42)$	$-113 > \Delta G_{sl} > -146$
Zayıf hidrofob	$90^0 > \theta > (56-65^0)$	$(30-40) > \tau > 0$	$-(32-42) > W_s > -73$	$-733 > \Delta G_{sl} > -113$
Hidrofob	$120^0 > \theta \geq 90^0$	$0 \geq \tau > -36$	$-73 > W_s > -109$	$-363 > \Delta G_{sl} > -73$
Süperhidrofob	$\theta > 150^{0a}$	$\tau > -63$	$W_s > -136$	$\Delta G_{sl} > -10$

Pamuklu kumaşlar; doğal, yumuşak, konforlu, nefes alabilen, esnek, biyolojik olarak parçalanabilir ve çevre dostu kumaşlardır. Bu nedenlerden dolayı tekstil sektöründe ve farklı sektörlerde en çok kullanılan kumaşlardır (Berendjchi ve ark., 2011; Wu ve ark., 2016; Mai ve ark., 2018; Zhao ve ark., 2013). Pamuğun kimyasal bileşimi selülozdan oluşmaktadır. Pamuk lifinde bol miktarda hidroksil grupları bulunmaktadır. Mikro ölçekli bu hidroksil gruplarına sahip doku sayesinde yüksek emiciliğe ve kolay boyanmaya eğilim göstermektedir (Jing ve ark., 2016; Zhu ve ark., 2017). Pamuklu kumaş kolayca kirlenebildiğinden dolayı, yıkamalarla birlikte yıkama maliyetinin artması ve kumaşın yapısının zamanla bozulması söz konusudur (Chauhan ve ark., 2019). Yüzeydeki çok sayıdaki hidroksil grubu ve dokuma yapısındaki çok sayıda hava boşluğu

nedeniyle, pamuklu kumaş oldukça hidrofildir (Zhou ve ark., 2013; Mai ve ark., 2018; Wang ve ark., 2011). Kendi kendini temizleme özelliği olmadığından dolayı mikrobik saldırılara karşı da pamuklu kumaş zayıf özelliktedir (Szostak-Kotowa, 2004; Chauhan ve ark., 2019). Bu nedenle, pamuklu kumaşları suya, kirlere ve lekelerle karşı dirençli hale getirmek için bazı yüzey modifikasyonları uygulanarak süperhidrofob özellik kazandırılmaktadır (Zhang ve ark., 2013; Li ve ark., 2015; Zhu ve ark., 2017).

Süperhidrofob özellik; kumaşın yüzeyini pürüzlü yaparak ve düşük yüzey gerilimine sahip madde aktararak yapılmaktadır (Zhao ve ark., 2009). Yüzey serbest enerjisi, yüzey pürüzlülüğü ve homojenlik, bir süperhidrofob yüzeyin üretilmesi için en önemli üç gereksinimdir (Jeevahan ve ark., 2018; Zhao ve ark., 2009). Yüzey pürüzlülüğü, katı bir yüzeyin ıslanma davranışının kısıtlanmasında ve süperhidrofob yüzeylerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Zhao ve ark., 2009).

Süperhidrofob yüzeyler elde etmek için, yüzey enerjisi silan grupları gibi yüzey aktifler tarafından azaltılmaktadır. Çünkü silan grupları, yüzey enerjisini azaltma kabiliyetine sahiptir. Silan grupları arasında bir önemli bir bileşik olan floroalkil silanlar, CF_2 ve CF_3 gruplarının varlığı nedeniyle yüzey enerjisini düşürme özelliğine sahiptir (Yao ve He, 2014; Barati Darband ve ark., 2018). Hidrofob monomerler gibi bileşikler aktarılarak kumaşların yüzey gerilimi düşürülmektedir (Sawatari ve ark., 1998; Su ve ark., 2016; Li ve ark., 2007).

Tekstil ürünlerinin yüzey pürüzlülüğünü arttırmak, fotokatalik etki, ultraviyole koruma, anti-bakteriyel ve kendi kendini temizleme özellikleri gibi yeni işlevler kazandırmak için nano boyutta maddelerin aplikasyonları yapılmaktadır (Xiang ve ark., 2017; Deng ve ark., 2014). Tekstil malzemelerinin yüzey gerilimini düşürmek için silika parçacıkları (SiO_2) (Zhao ve ark., 2010), titanyum oksit (TiO_2) (Shi ve ark. 2012), çinko oksit (ZnO nanorodlar) (Zhang ve ark., 2013), Bakır (II) oksit (CuO) (Bliznakov ve ark., 2009), altın parçacıkları (Au) (Wang ve ark., 2007) ve karbon nanotüpler (CNT) (Makowski ve ark., 2014) (Gao ve ark., 2017) gibi birtakım nanopartiküller kumaşlara aktarılmaktadır. Kumaş yüzeyi pürüzlü olduğunda, su ve kir parçacıkları kumaş yüzeyinde tüm yüzey noktalarına temas edememekte ve tutunamayıp kayarak kumaştan uzaklaşmaktadır (Barati Darband ve ark., 2018). Sonuç olarak, kumaş yüzeyinde

oluşturulan pürüzlülük ve düşük yüzey gerilimi sayesinde süperhidrofob özellik elde edilmektedir (Shi ve ark, 2012).

Günümüzde, süperhidrofob malzemelerin üretiminde birçok yöntem kullanılmaktadır. Jeevahan ve ark., süperhidrofob üretim yöntemlerinin normalde iki tipte sınıflandırıldığını belirtmektedir. Bunlar; yukarıdan aşağıya yaklaşım (Top-down approach) ve aşağıdan yukarıya yaklaşımdır (Bottom-up approach) (Jeevahan ve ark., 2018; Liu ve ark. 2011, Li ve ark. 2007). Top-down yaklaşımı; yüzeyin imalatının, dökme malzemelerin aletler ve lazerler yardımıyla oyulması, işlenmesi veya kalıplanmasıyla yapıldığı yaklaşımdır. Top-down yaklaşımlara örnek olarak plazma yöntemi ve dağlama yöntemleri verilebilmektedir. Yukarıdan aşağıya yaklaşımda, hava fraksiyonunu mikro ölçeklerde yapma olasılığı vardır, ancak bu yaklaşımın sakıncası nanoskalalarda kontrol edilememesidir (Jeevahan ve ark., 2018; Liu ve ark., 2011).

Bottom-up yaklaşımında ise, Top-down yaklaşımından daha düşük hava fraksiyonu üretilmektedir. Çünkü çok düşük hava fraksiyonuna sahip yüzeyde, süperhidrofob yüzey üretimi için uygun olan yüksek temas açısı (yaklaşık 180 derece) elde edilmektedir (Jeevahan ve ark., 2018; Hosono ve ark., 2005). Kimyasal buhar biriktirme (CVD) ve elektrokimyasal biriktirme, çok tabakalı (LBL) yöntem ve sol-jel yöntemleri, aşağıdan yukarıya (Bottom-up) üretim yöntemlerinin bir örneğidir (Liu ve ark., 2011; Jeevahan ve ark., 2018; Hosono ve ark, 2005; Jung ve ark., 2008).

Tablo 2.2 Islanabilirlik sınıflandırması (Marmur, 2012; Drelich ve Marmur, 2014)

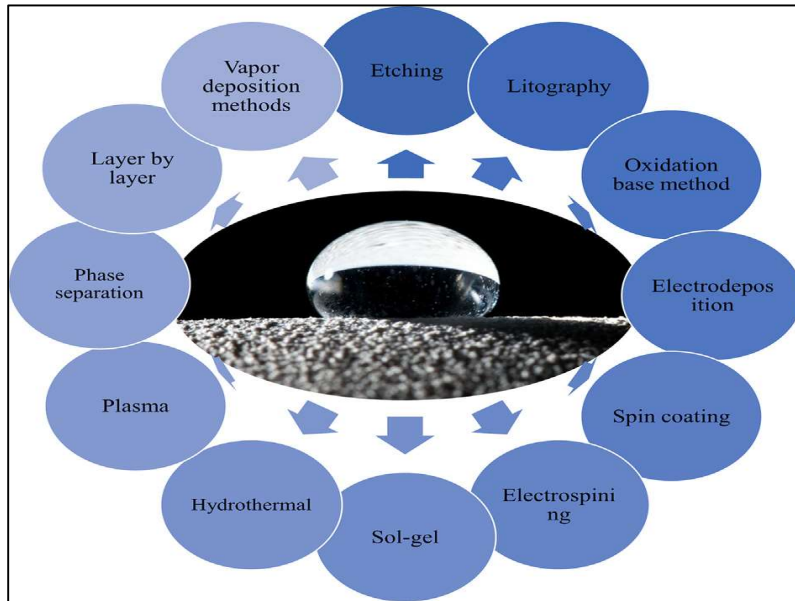
Katı Yüzeyin Pürüzlülük Seviyesi	Islanabilirlik sınıflandırması	Su temas açısı (θ)	Fonksiyon
Pürüzsüz	Hidrofil	$0^\circ \leq \theta_{\text{Pürüzsüz}} < 90^\circ$	İçsel (ortalama) kimyasal özellik; pürüzsüz yüzeyin ıslanması
	Higrofil		
	Hidrofob	$\theta_{\text{Pürüzsüz}} \geq 90^\circ$	
Pürüzlü	Para Hidrofil	$0^\circ < \theta_w < \theta_{\text{Pürüzsüz}}$	Pürüzlü yüzeyin ıslanması (genel olarak)
	Parahigrofil		
	Parahidrofob	$(\theta_w \text{ or } \theta_{CB}) \geq \theta_{\text{Pürüzsüz}}$	
Çok Pürüzlü	Süperhidrofil	$\theta_w = 0^\circ < \theta_{\text{Pürüzsüz}}$	Pürüzlü yüzeyin tamamen ıslatılması
	Süperhigrofil		
	Süperhidrofob	$\theta > \theta_{\text{Pürüzsüz}} > 150^\circ$	Islanamayan yüzey (Lotus efekti)
	Süperhigrofob	$\theta > \theta_{\text{Pürüzsüz}} \geq 90^\circ$	

Süperhidrofob yüzeylerin üretiminde kullanılan aplikasyon yöntemleri şunlardır: Sol-jel yöntemi (Guo ve ark., 2017; Shi ve ark., 2011; Liu ve ark., 2015), buhar biriktirme (Li ve ark.,

2016), plazma tekniği (Zhang ve ark., 2003), elektrospinning tekniği (Sheng ve ark., 2017), kimyasal dağlama (Su ve ark., 2017; Xue ve ark., 2014), faz ayrımı (Gao ve ark., 2018; Han ve ark., 2004), çok tabakalı kaplama (LBL) yöntemi (Zhang ve ark., 2012; Zhang ve ark., 2008; Zhou ve ark., 2013; Nanda ve ark., 2017), daldırma kaplama (Pan ve ark., 2019), spreycaplama (Lei ve ark., 2017; Zhang ve ark., 2014; Li ve ark., 2014) ve elektrokimyasal biriktirme (Zhao ve ark., 2005). Bu yöntemlerde bir kumaş yüzeyi, pürüzlü hale getirilerek süperhidrofob özellik elde edilmektedir.

Kumaş üzerinde süperhidrofob bir yüzey üretmek için tüm yöntemlerin etki prensibi, mikro ölçekli liflerin yüzeyini nano ölçekli parçacıklar ile kaplamak ve daha sonra düşük yüzey enerjisiyle yüzeyi modifiye etmeye dayanmaktadır (Li ve ark., 2017).

Sol-jel yöntemi, kimyasal buhar biriktirme, membran ayırma, yerçekimi ayırma, daldırma kaplama yöntemi, plazma işlemleri, elektrospinning yöntemi, faz ayırma, kimyasal dağlama ve çözücü hidrotermal tekniği gibi su itici yüzeylerin üretilmesi için bu geleneksel yöntemler zaman alıcı, yüksek enerji tüketimi olan, düşük yağ ayrıştırma verimliliğine sahip ve pahalı yöntemlerdir. Ayrıca, bu yöntemler karmaşık reaksiyon koşullarına sahiptir, hassas alet ve cihazların kullanımını gerektiren ve çevre için risk olan toksik flor içeren reaktiflerin kullanıldığı yöntemlerdir (Zhu ve ark., 2017; Pan ve ark., 2019) (Şekil 2.4).



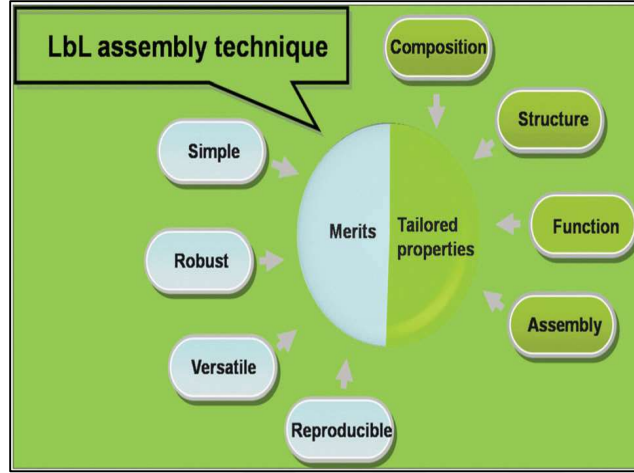
Şekil 2.4 Süperhidrofob yüzeylerin farklı üretim yöntemlerinin şeması (Barati Darband ve ark., 2018)

2.1 Çok Tabakalı Kaplama (LBL) Yöntemi

Çok tabakalı (LBL) kaplama tekniği, ilk olarak G. Decher tarafından ortaya konulmuş olup, çeşitli nano ve mikroyapıların üretilmesinin yanı sıra süperhidrofob yüzeylerin üretilmesinde de kullanılan en yeni yöntemlerden birisidir (Shi ve ark., 2005; Zhao ve ark., 2005'a; Zhang ve ark., 2008c). Çok tabakalı kaplama yöntemi, substratların yüzeyine molekülleri, nanopartikülleri ve polimerleri dahil etmek için ince bir kaplama oluşturan basit, ucuz, zaman kazandıran ve esnek bir yöntemdir. Bu yöntemde, genellikle bir substratın yüzeyine elektrostatik çekim yoluyla pozitif ve negatif yüklü bileşenlerden oluşan nano tabakalar adsorbe edilmektedir (M.M ve ark., 2020).

Çok tabakalı kaplama yönteminde, organik çözeltiler yerine sulu çözeltiler kullanıldığı için çevre dostudur bir yöntemdir (Pan ve ark., 2015). Çok tabakalı kaplama yöntemi, altın iplikler gibi sütunlu alt tabakalar üzerinde süperhidrofob kaplama üretimi yapılan bir yöntemdir. Çünkü bu yöntem, alt tabakanın boyutuna ve şekline bağlı olmayan bir yöntemdir (Shi et al., 2005). LBL yönteminin temel prensibi, kumaş sırasıyla pozitif yüklü ve negatif yüklü çözeltilere daldırılmakta, bu sayede kumaşın yüzeyinde polielektrolitler veya nanopartiküllerin ardışık adsorpsiyonlarını içeren çok katmanlı tabakaların/filmlerin üretimleri yapılmaktadır. Ayrıca, her döngüden sonra yani oluşturulan her tabakadan sonra kumaş mutlaka kurutulmaktadır (Li ve ark., 2012; Jeevahan ve ark., 2018; Abd El-Hady ve ark., 2020).

Çok tabakalı kaplama yönteminde, diğer yöntemlere göre birçok avantaj bulunmaktadır. Burada kaplamanın kalınlığı, substratın boyutu, şekli, yüzey özelliği çok önem taşımamakta yapılan aplikasyon genellikle olumlu sonuçlar vermektedir. Geleneksel yüzey modifikasyon yöntemleriyle karşılaştırıldığında, çok tabakalı kaplama yöntemi daha hızlı, tüm süreç oda sıcaklığında ve atmosferik basınç altında gerçekleşmektedir. İşlem sonrasında süspansiyon banyoları geri dönüşüm yapılarak tekrar kullanılabilir. Çevre dostu, düşük maliyetli ve istenilen şekilde substrat kalınlığının belirlenmesi de bu yöntemin diğer avantajlarıdır (Carosio ve ark., 2015; Ariga ve ark., 2007). Ancak, işleme başlamadan önce mutlaka substratın yüzeyinin iyonite durumu bilinmelidir. Buna göre uygun polielektrolit çözeltilerin belirlenmesi gerekmektedir (Chen ve McCarthy, 1997) (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 LBL yönteminin avantajları (Xiao ve ark., 2016)

Çok tabakalı kaplama yöntemi; pH, sıcaklık, iyonite, elektrolit tipi, solvent ve şarj yoğunluğu, moleküler ağırlık, konsantrasyon ve polielektrolitlerin özellikleri gibi çeşitli parametrelere bağlıdır (Xiao ve ark., 2016). pH, çok katmanlı ince filmlerin bileşimini, yapısını ve çapraz bağ yoğunluğunu etkilemektedir. Sıcaklık, tabakaların kalınlığını, iç yapısını ve stabilitesini etkilemektedir (Xiao ve ark., 2016; Lvov ve ark., 1993). Sıcaklık arttığında, tabakaların şişmesi ile iç içe geçme olabilmekte ve kaplama kalınlığı artmaktadır (Xiao ve ark., 2016; Tan ve ark., 2003). İyonite, tabakaların kararlılığını, geçirgenliğini ve büyümesini etkileyen bir başka temel parametredir (Xiao ve ark., 2016; Büscher ve ark. 2002).

Çok tabakalı kendi kendine montaj ile moleküler katmanlar arka arkaya düz substrat üzerine birirmektedir. Burada, nano boyutlu birtakım maddelerle kalınlığı ayarlanabilen çok tabakalı yapılar kolayca oluşturulmaktadır (Decher, 1997; Tian ve ark., 2016).

Günümüzde bu yeni yöntem (LBL), farklı sektörlerde birçok fonksiyonel ürünün geliştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntem ile süperhidrofob (Zhu ve ark., 2007), ilaç salımı yapan (Saurer ve ark., 2010), antibakteriyel (Dubas ve ark., 2006), gaz bariyerine sahip (Priolo ve ark., 2010), kendi kendine dekontaminat olan (Grandcolas ve ark., 2011), yük depolayan (Jeon ve ark., 2013), elektroiletken (Tian ve ark., 2016), antimikrobiyal (Dvoracek ve ark., 2009), yansıma önleyen (Zhang ve ark., 2008), fotokatalitik etkiye sahip (Lin ve ark., 2004), biyosensing özelliğine sahip (Takahashi ve ark., 2012), güç tutuşur ürünler (Lin ve ark., 2019),) üretilmektedir (Ariga ve ark., 2007).

Genel olarak, LBL yöntemi ile farklı sektörlerde çok farklı malzemelere sınırsız sayıda uygulamalar yapılabilinmektedir (Xiao ve ark., 2016). Süperhidrofob yüzeyin üretiminde; yük transfer etkileşimleri, elektrostatik etkileşimler, halojen bağları, hidrojen bağları, koordinasyon bağları, katyon-dipol etkileşimleri ve bunların kombinasyonel etkileşimleri gibi birçok kimyasal etkileşim bulunmaktadır (Li ve ark., 2012; Jeevahan ve ark., 2018).

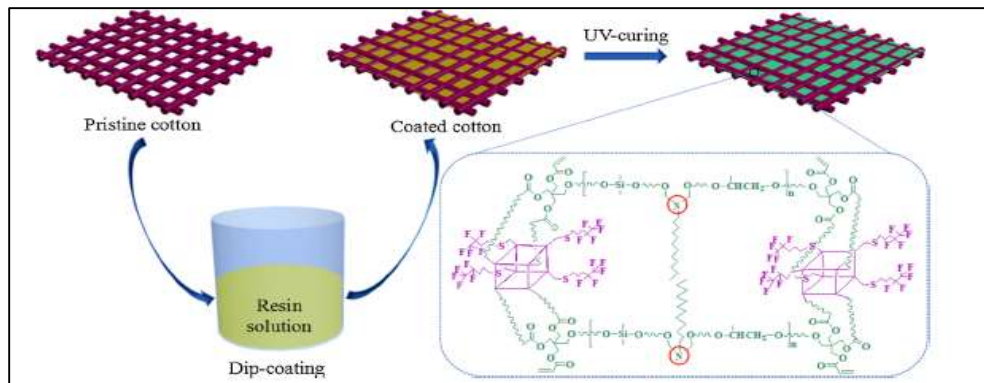
LBL yönteminde; düzlemsel, silindirik, gözenekli ve kolloidal parçacıklardan oluşan çok farklı substratlar kullanılmaktadır. Bu teknik; polimerler, peptitler, karbon nanotüpler, killer, boyalar, metal oksitler gibi çok çeşitli maddelerin kullanılmasına olanak sağlamaktadır (Borges ve Mano, 2014).

2.2 Plazma Yöntemi

Plazma tekniği, süperhidrofob yüzeylerin üretilmesi için çok yönlü, kolay ve başarılı bir tekniktir. Bu yöntemde hem yüzey enerjisini azaltmak hem de yüzeyin pürüzlülüğünü aynı anda arttırmak için bir şans vardır. Oksijen plazması kullanarak, süperhidrofob bir yüzey üretmek kolaydır, ancak dayanıklılık bu yöntemin ana problemidir. Plazma tekniği kullanarak substrat yüzeyi pürüzlü olacak şekilde uygulamalar yapılmaktadır. Bu nedenle, yüzey pürüzlülüğü bir plazma kaplamasında önemli faktördür (Barati Darband ve ark., 2018; Zhang ve ark., 2008c).

2.3 Daldırma-Kaplama

Daldırma-kaplama yöntemi, en eski ve ucuz bir yöntemdir. Bu kaplama yönteminde, bir taşıyıcı belirli bir hızda işlem çözeltisine daldırılmakta, aynı hızda çıkarılmakta işlem sonunda bir film kaplaması elde edilmektedir (Şekil 2.6) (Ultav, 2014).



Şekil 2.6 Daldırma-kaplama yöntemi (Chen ve ark., 2019)

2.4 Kimyasal Buhar Birikimi

Kimyasal buhar biriktirme yönteminde buhar fazında yüzey üzerine aplikasyon yapılmaktadır. Bu yöntemde süperhidrofob yüzey, polimerizasyon işlemi ile üretilmektedir (Ozaydin-Ince vd., 2011). Bu yöntemde pürüzlü yüzeyler veya pürüzlü bir yüzey üzerinde ince bir hidrofob tabaka üretilmektedir. Kimyasal buhar birikimi yönteminde, doğrudan buhar fazındaki maddeler ile katı ince filmler oluşturulmaktadır. Isı, ışık, plazma ve kimyasal maddelerin kullanımı burada önemli faktörlerdir (Şimşek, 2017).

Kimyasal buhar birikiminin dezavantajı; çatılar, duvarlar ve arabalar gibi büyük nesneler üzerinde süperhidrofob yüzeylerin üretiminin uzun zaman alması ve dış mekan malzemeleri için de bu yöntemin uygun olmamasıdır (Li ve ark., 2014; Jeevahan ve ark., 2018).

2.5 Sol-jel Yöntemi

Sol-jel yöntemi, potansiyel olarak daha yüksek saflıkta, homojenitesi fazla, düşük sıcaklık, ve ekonomiklik gibi avantajları nedeniyle elyaf yüzey modifikasyonunda ve mineral kaplamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. İşlem kolay, kontrol edilebilir ve büyük ölçekli üretime uygundur (Zhang ve ark., 2016; Liu ve ark., 2011). Ayrıca, çoğu kaplama ve film sol-gel yöntemi kullanılarak geliştirilmiştir (Hench ve West, 1990). Burada, farklı morfolojiler ve yüzey enerjileri elde etmek için öncül çözeltilerin bileşimi, hidroliz ve poli-yoğuşma süreçleri gibi değişkenler kontrol edilebilir olmalıdır. Sol-jel yöntemi, cam üzerinde şeffaf süperhidrofob kaplamaların üretimi için kullanılır (Shang ve ark., 2005). Bir çözücü varlığında hidroliz reaksiyonundan bir sol hazırlanır ve solun çözücü üzerine aktarılmasından sonra bir jel oluşmaktadır. Sol tarafından oluşturulan substrat yüzeyinin özellikleri, sol ve fonksiyonel sol gruplarının işlenmesine bağlıdır (Sas ve ark., 2012; Jeevahan ve ark., 2018). Sol-jel yöntemi, halihazırda sol-jel işleminde karıştırılmış düşük yüzey enerjili malzemelere sahip olduğundan, süperhidrofobluk elde etmek için son işlem (hidrofobizasyon) genellikle gerekli değildir (Drelich ve Marmur, 2014). Bununla birlikte, sol-jel yönteminin çok yavaş olması ve işlenmesi için uzun bir süreye ihtiyaç duyması gibi dezavantajları vardır, yapı doğru kontrol edilememekte, düşük mekanik mukavemete ve solvent kirliliğine sahiptir. Bu dezavantajlar, süperhidrofob ve başka bir yüzey modifikasyonunun hazırlanmasında olası uygulamaları büyük ölçüde sınırlamaktadır (Zhang ve ark., 2016).

2.6 Elektrokimyasal Yöntemler

Elektrokimyasal yöntemler, yüzeylerde hem yüzey pürüzlülüğünü hem de yüzey morfolojisini kontrol etme yeteneğine sahiptir. Bu yöntemin hızlı, tekrarlanabilir ve iğneler, çubuklar, tabakalar, tüpler, lifler, şeritler, koniler, çiçeğe benzer yapılar gibi çok çeşitli yüzey morfolojilerini üretme gibi büyük bir avantajı vardır (Jeevahan ve ark., 2018). Elektrokimyasal yöntem; kolay, hızlı ve yüksek oranda tekrarlanabilir özelliktedir. Elektrokimyasal yöntemler kullanarak iğneler, lifler, tüpler, dendritler ve tabakalar gibi farklı morfolojiler üretmek mümkündür (Barati Darband ve ark., 2018; Darmanin ve ark., 2013). LBL gibi, elektrokimyasal biriktirme işlemi de substratın boyutundan ve şeklinden bağımsızdır (Shi ve ark., 2005). Elektrokimyasal biriktirme (Jiang ve ark., 2005), anodik oksidasyon (Shibuichi ve ark., 1998), polimerizasyon reaksiyonları (Yan ve ark., 2005), ve galvanik hücrelerin reaksiyonu (Wang ve ark., 2006'a) gibi dört yaygın teknik ile süperhidrofob yüzeyler üretilebilmektedir (Jeevahan ve ark., 2018). Yüzey pürüzlülüğü ve yüzey morfolojisi, birçok yöntemde süreçte kontrol edilmesi gereken ana konulardır. Bununla birlikte araştırmacılar elektrokimyasal biriktirmede ek olarak, birikintilerin büyüme kinetiğini kontrol etmenin başka bir yolu olduğunu ve bunların farklı morfolojilere sahip geniş yüzeyler elde etmelerine izin verdiğini belirtmektedirler (Barati Darband ve ark., 2018).

2.7 Sprey Kaplama

Püskürtme-kaplama basit bir yöntemdir. Burada, bir substrat yüzeyine üretilen ince damlacıkların nodülden püskürtülmesi ile kaplama yapılmaktadır (Ultav, 2014).

3. SÜPERHİDROFOB YÜZEYLERİN ELDE EDİLMESİ

Günümüzde, süperhidrofob yüzeyler ile ilgili çalışmalar, potansiyel pratik uygulamalar nedeniyle büyük ilgi görmüştür. Süperhidrofob yüzeylere aynı zamanda farklı özellikler de kazandırabilmektedir. Bunlara örnek olarak; yüksek korozyon direnci (Wang ve ark., 2014), şeffaflık (Yokoi ve ark., 2015), yağ-su ayırıcı (Jiang ve ark., 2018), yansıma önleyici (Liu ve ark., 2015), iletken (Mittal ve ark., 2015), güç tutuşur (Lin ve ark., 2019), UV koruma sağlayan (Xue ve ark., 2011), ve sürtünmeyi azaltan (Bhushan ve ark., 2011) verilebilir.

Bina camı, arabaların ön camları, sürtünmeyi azaltmada, su geçirmezlikte, kirlenmeyi önlemede, yapışmayı önlemede, boyalarda, antibakteriyel uygulamalar gibi birçok uygulama

alanlarında süperhidrofob yüzeyler kullanılmaktadır (Shi ve ark., 2012; Parkin ve ark., 2005; Xu ve ark., 2009). Yağmurluklar, leke tutmaz ürünler, su itici dış mekan malzemeleri ve kompozitlerdeki lif takviyeli malzemeler süperhidrofob malzemelerin işlevsel uygulamalarıdır (Wang ve diğerleri, 2014).

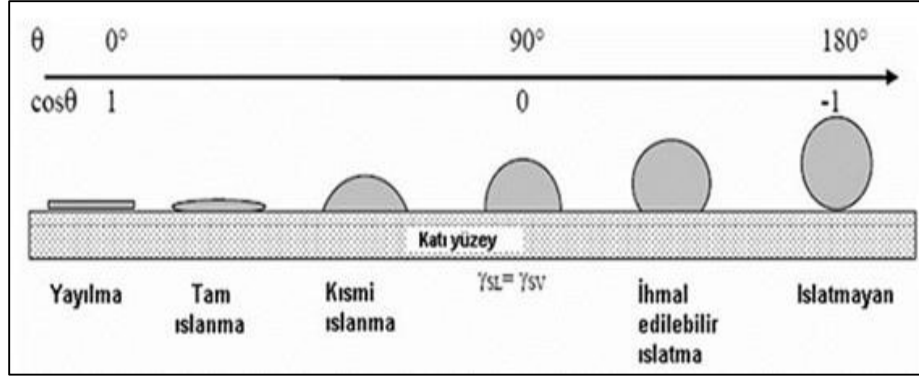
Süperhidrofob pamuklu kumaş, yüksek ayırma verimi ile yağ/su karışımlarının ayrıştırılması için kullanılmaktadır. Bu kumaş aynı zamanda yıkamaya karşı dayanıklıdır. Süperhidrofob ve süperoleofil pamuklu kumaşlar, pratik yağ/su ayırma ve kendi kendini temizleme özelliklerine sahiptirler (Jiang ve diğerleri, 2018).

Temel süperhidrofob kaplamalar, yüzeylerin korozyon direncini de arttırmaktır. Yüzey ile koroziyon ortam arasında bir hava tabakası oluşturarak korozyonu azaltmak mümkündür. Çünkü süperhidrofobik yüzey, koroziyon iyonları ile yüzey arasındaki teması önleyebilmektedir. Süperhidrofob yüzeyler mekanik ve kimyasal stabiliteye de sahiptir. Kaplanmış bazı yüzeyler ise, kimyasal ortama maruz kaldıktan sonra süperhidrofob özelliklerini yitirir ve uzun vadeli bir stabilite gösterememektedirler (Barati Darband ve ark., 2018; Forooshani ve ark., 2017).

4. ISLATMA MODELLERİ

Sıvı, katı bir yüzeye damlatıldığında adhesif kuvvetlerin etkisiyle tam olarak yayılarak o yüzeyi ıslatmaktadır. Sıvı ile katı arasındaki temas açısı küçüldüğünde katının yüzeyi ıslanmaktadır (Görgülüer. 2019). En büyük veya en küçük temas açısı, sıvının katı yüzeye yayılmasına bağlıdır. Sıvı ne kadar fazla yayılmadan kalırsa açı o kadar büyük olur. Katı yüzey tamamen ıslak ise $0^\circ < \theta < 180^\circ$ (Özdemir, 2017).

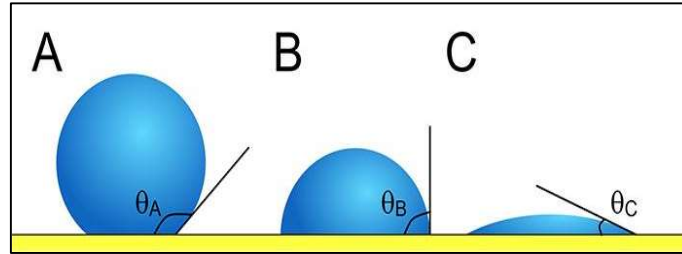
Sıvı ile katı arasındaki temas açısı sıfır derece ($\theta=0^\circ$) olduğunda, ıslatmaya mükemmel ıslatma denir. $\theta < 90^\circ$ ise sıvının katı yüzeyi ıslattığı, $\theta > 90^\circ$ ise sıvının katı yüzeyi ıslatmadığı belirtilmektedir. Temas açısı 90° 'den ($\theta \leq 90^\circ$) küçük veya eşit olan bir yüzeye hidrofil veya ıslak yüzey denir. Temas açısı 90° 'den ($\theta \geq 90^\circ$) yüksek veya buna eşit bir temas açısına hidrofob veya ıslanmamış yüzey denir (Şekil 4.1) (Özdemir, 2017).



Şekil 4.1 Katı bir yüzeyde ıslanma ve temas açısı arasındaki ilişki (Özdemir, 2017; Saleem, 2015)

Katı yüzeylerin bir sıvıyla ıslanma davranışı genellikle temas açısı (CA) ile karakterize edilmektedir. Temas açısı, bir su damlasının pürüzsüz, düz, sert ve üniform bir yüzeye damlatıldığında ölçülmektedir (Liu ve Yang, 2017).

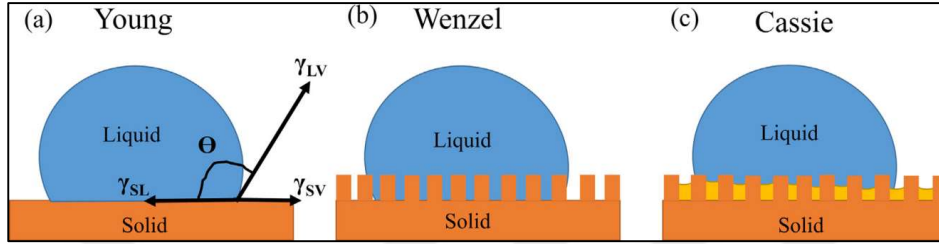
Temas açısı, sıvının ıslatma özelliğinin bir göstergesi olan sıvı-katı arayüz ve sıvı-buhar arayüzünün kesişimi tarafından oluşturulan açı olarak tanımlanabilmektedir. Temas açısını ölçmek için iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlar tansiyometre ve gonyometredir. Sıvı bir yüzeyde ya dağılmadan durur, ya dağılabilir ve ya da katı yüzeyi ıslatabilir (Şekil 4.2) (Şimşek, 2017; Özdemir, 2017; Görgülüer. 2019).



Şekil 4.2 Farklı sıvıların bir yüzey üzerindeki temas açıları (Özdemir, 2017; Görgülüer. 2019)

Katı, sıvı ve gaz arayüzü arasındaki ilişkiye odaklanan üç farklı teorik model vardır. Bunlar Young, Wenzel ve Cassie ve Baxter modelleridir (Şekil 4.3). Hem Wenzel hem de Cassie ve Baxter modelleri, katı yüzeylerin ıslanma durumundaki pürüzlülüğü açıklamaktadır (Cassie ve Baxter, 1944; Wenzel, 1936). Bununla birlikte, her iki modelin de kendi prensipleri vardır. Wenzel modeli yüzey pürüzlülüğünün katının mevcut yüzey alanını arttırdığını kabul ederken, Cassie modeli pürüzlü bir yüzeyin su itici doğasının sıvı damlacığının altında kalan mikroskobik hava ceplerinden kaynaklandığını öne sürmektedir (Cassie ve Baxter, 1944; Wenzel, 1936; Li ve diğerleri 2019).

Cassie – Baxter modeli, süperhidrofob yüzeyler elde etmek için Wenzel modeline göre daha fazla tercih edilmektedir. Hem Wenzel hem de Cassie-Baxter modeli, hava fraksiyonu düşük ve θ_Y (temas açısı) yüksekse süperhidrofobluğun sağlanabileceğini belirtmektedir (Jeevahan ve diğerleri, 2018).

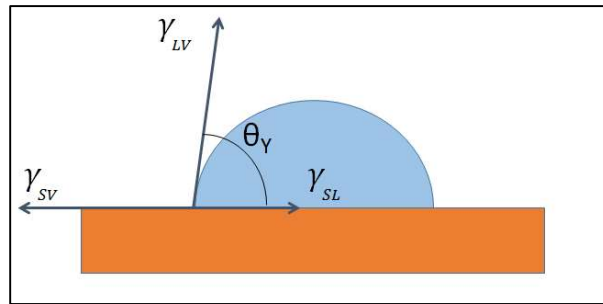


Şekil 4.3 Farklı ıslatma modelleri (a) Düz bir substrat üzerinde bir sıvı damlası (Young modeli). (b) Sıvı ve pürüzlü alt tabaka arasındaki ıslak temas (Wenzel'in modeli). (c) Sıvı ve pürüzlü alt tabaka arasındaki ıslanmayan temas (Cassie'nin modeli) (Barati Darband ve diğerleri, 2018)

4.1 Young modeli

Young modeli, 1805 yılında Thomas Young tarafından açıklanan ilk modeldir. Bu modelde ıslatma, bir katının yüzey serbest enerjisi ile sıvının katı yüzeyine yayılıp yayılmayacağını belirleyen kohezyon ve yapışma kuvvetleri arasındaki etkileşim ile tanımlanmaktadır. Tam ıslanma gerçekleşmezse, sistemin yüzey enerjisinin bir fonksiyonu olan temas açısının yüksek olması söz konusudur (Barati Darband vd., 2018; Özdemir, 2017).

Adhesiv kuvvetlerinin kohezyon kuvvetinden daha yüksek olduğu yüzeylerde sıvılar yüzeyi ıslatır, kohezyon kuvvetinin adhesiv kuvvetinden daha yüksek olduğu yüzeylerde sıvılar yüzeyi ıslatmaz (Özdemir, 2017; Görgülüer. 2019). Katı bir yüzeyin bir sıvı tarafından ıslanma durumu Young denklemiyle hesaplanabilmektedir (Şekil 4.4) (Liu ve Yang, 2017).



Şekil 4.4 Young denkleminin yüzey gerilimi diyagramı (Liu ve Yang, 2017)

$$\gamma_{SV} = \gamma_{SL} + \gamma_{LV} \cos \theta_Y \dots\dots\dots \text{Denklem. 1}$$

Burada, γ yüzey gerilimidir ve birim alan başına enerjiyi temsil edilmekte, γ_{SV} , γ_{SL} , γ_{LV} arayüzey yüzey gerilimlerini ifade eder ve θ_Y temas açısı olarak kabul edilmektedir (Liu ve Yang, 2017).

Yukarıdaki denklemden, yüzey enerjisinin temas açısı ile doğru orantılı olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle, denklemden Young açısının katı-sıvı-gaz arayüzündeki serbest enerji yüzeylerinin termodinamik dengesi tarafından üretildiği sonucuna varılmaktadır. Gerçek yüzeyler genellikle farklı yüzey koşullarına sahip olduğundan ve katının yüzey pürüzlülüğü ıslanabilirliğin belirlenmesinde önemli bir rol oynadığından, pratikte temas açısı durumlarının çoğu Young denklemiyle tam olarak açıklanamamaktadır (Barati Darband ve diğerleri, 2018).

Young denklemi yalnızca termodinamik ideal sistemi dikkate almaktadır. Ancak yüzey pürüzlülüğü konusunda, kimyasal heterojenlik, şişme gibi bazı faktörleri de dikkate almak gerekmektedir (Liu ve Yang, 2017).

4.2 Wenzel modeli

1936'da açıklanan Wenzel denklemi, yüzeyin doğasına bağlı olarak yalnızca pürüzlülüğün ıslanabilirliği değiştirdiğini açıklamaktadır (Wenzel, 1936). Wenzel modelinde, sıvı damla altında hava bulunmadan tüm pürüzlü katı yüzeye temas etmektedir. Sıvı ve katı yüzey arasındaki temas alanı daha büyük olduğundan, katı yüzey boyunca sıvı hareketinde büyük bir zorluk vardır (Jeevahan ve diğerleri, 2018).

$$r(\gamma_{sv}-\gamma_{sl}) = \gamma_{lv} \cos \theta^*_w \dots\dots\dots \text{Denklem .2}$$

Burada, θ^*_w Wenzel'in yüzey pürüzlülüğünden etkilenen temas açısı ve r pürüzlülük parametresidir. Wenzel denkleminde yüzey pürüzlülüğü ve yüzey enerjisi, temas açısı ile ilişkilendirilmektedir. Bu nedenle, düz yüzeyin temas açısı ($\theta > 90$) olduğunda yüzey pürüzlülüğü temas açısını artırır ve ($\theta < 90$) ise yüzey pürüzlülüğündeki artış temas açısını azaltır. Wenzel modeli sadece homojen bir yüzey üzerinde çalışan bir modeldir; heterojen yüzeylere uygulanamamaktadır (Blossey, 2003; Wenzel, 1936; Barati Darband ve diğerleri, 2018). Wenzel modelinde eğer katı yeterince pürüzlü ise sıvının katı yüzeye yayılacağına dair herhangi bir beklenti yoktur (David, 2008).

4.3 Cassie ve Baxter modeli

Cassie ve Baxter, 1944'te homojen olmayan yüzeyler için, sıvı damlasının katı bir yüzeyle tam temas etmediği veya yalnızca altındaki hava tabakasıyla temas ettiği bir model açıkladılar (Jeevahan et al., 2018). Bu model iki bölümden oluşmaktadır. Birinci kısım, temas açısı θ_1 olan bir yüzey fraksiyonu f_1 içerir ve diğer kısım θ_2 ile f_2 içerir (Cassie ve Baxter, 1944).

$$\cos\theta = f_1\cos\theta_1 + f_2\cos\theta_2 \dots \dots \dots \text{Denklem . 3}$$

Burada θ , Cassie ve Baxter modelindeki temas açısı ve f_i , temas açısı θ_i ($f_1 + f_2 = 1$) olan yüzey alanının fraksiyonudur. Cassie ve Baxter'in modelinde, sıvı ile katı arasındaki temas sadece pürüzlülük uçlarında ve sıvının altında hava ceplerinin hapsediği varsayılmaktadır. Yüzeyler hava tarafından hapsediği için yüzeyin sıvı ile ıslatılamayacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla katı ve sıvı arasında hava sıkışır ve h_2 180 olacaktır. Bu nedenle denklem şöyledir:

$$\cos\theta_{CB} = f_s(\cos\theta + 1) - 1 \dots \dots \dots \text{Denklem 4}$$

f_s , fraksiyonel katı yüzeydir (Barati Darband ve diğerleri, 2018).

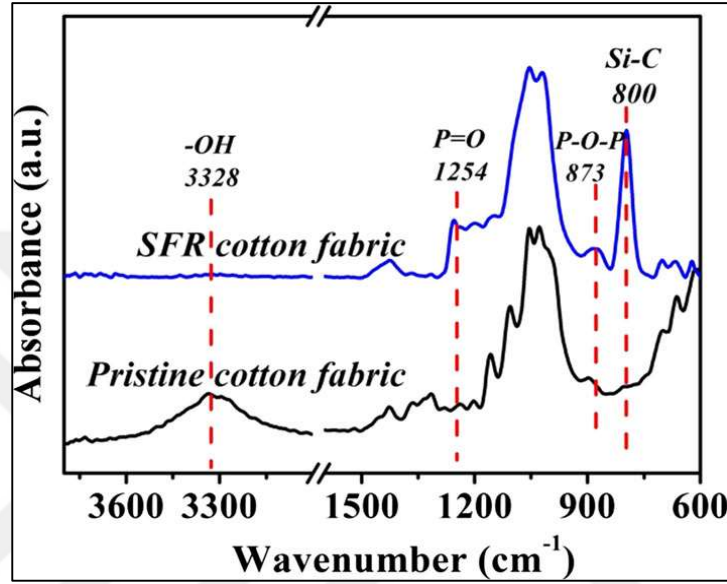
5 SÜPERHİDROFOB YÜZEYLERİN TEST VE ANALİZLERİ

Tekstil ürünlerine süperhidrofob özellik kazandırıldıktan sonra bu ürünlerin yüzey özelliklerinin hedeflenen performansı sağlayıp sağlamadığının belirlenmesi için malzemenin test ve analiz edilmesi gerekmektedir. Yüzeyin süperhidrofob olup olmadığını saptayan ilk test temas açısının ölçümüdür. Bundan başka yapılan farklı analizler hakkında bu bölümde genel bilgi verilmektedir.

5.1 Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR)

Fonksiyonel grup materyallerini belirlemek için FTIR spektroskopisi kullanılmaktadır. Numune içerisindeki organik, inorganik, katı, sıvı ve gaz moleküllerinin kantitatif ve kalitatif analizlerini çok hızlı bir şekilde yapmak mümkündür. Her bir fonksiyonel grup, belirli bir dalga boyunun enerjisini ve spektrumdaki zirveleri absorblamaktadır. Dolayısıyla fonksiyonel grupların spektrumda kendi pik noktaları belli olduğu için test sonuçları oldukça kolay bir şekilde yorumlanabilmektedir (Ultav, 2014).

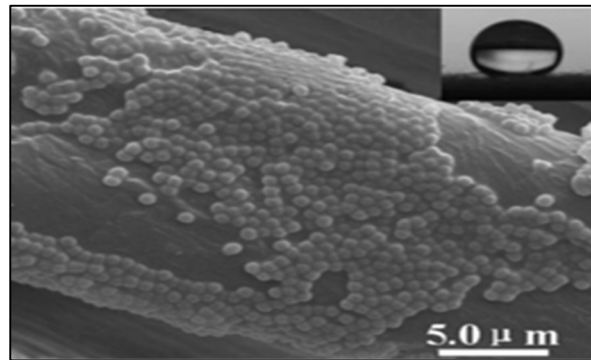
FTIR analizi; kimya, biyoloji, gıda, eczane, malzeme, jeoloji ve çevre gibi birçok alanda kullanılan bir analizdir. Ayrıca polimer filmler, lifler, su, proteinler, düşük moleküler kütleli hidrokarbonlar, ilaçlar, tarım, gıda, metal ve petrol ürünlerinin de analizleri yapılmaktadır (Şekil 5.1) (Ultav, 2014; Hanke, 2001).



Şekil 5.1 İşlem görmemiş ve işlem görmüş (SFR) pamuklu kumaşların FTIR spektrumları (Lin ve diğerleri, 2018)

5.2 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

SEM, tekstil malzemesinin fotoğraflarını çekerek yüzey yapısını karakterize etmek için kullanılan güçlü ve çok yönlü bir cihazdır (Şekil 5.2). Görüntüyü 100.000 kat büyütebilmektedir. Nitel ve nicel analizler için iletken malzemeler ve EDS kullanılmaktadır. Katı örneklerin yüzeyinde çeşitli sinyaller üretmek için odaklanmış yüksek enerjili elektron demeti kullanılmaktadır (Ultav, 2014; Hanke, 2001).



Şekil 5.2 Süperhidrofob yüzeye sahip pamuklu kumaşın SEM görüntüsü (Zhang ve diğerleri, 2012)

5.3 X-ışını Fotoelektron Spektroskopisi (XPS)

X-ışını Fotoelektron Spektroskopisi, bir vakum ortamında malzemenin kimyasal yapısı hakkında bilgi edinmek için kullanılan hassas bir cihazdır. Madde, düşük enerjili monokromatik röntgen kaynağının altına yerleştirilmektedir. Elektronların uyarma ve bağlanma enerjisi saptanmaktadır. Bu enerji her element için özeldir. Her element farklı bir tepe noktasına sahiptir (Ultav, 2014; Hanke, 2001).



6. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

6.1. Çok tabakalı kaplama (LBL) yöntemi hakkında literatür incelemesi

Chen ve arkadaşları, polielektrolitlerin (polialilamin hidroklorür ve polisodyum stiren sülfonat) varlığında çok tabakalı kaplama (LBL) yöntemi uygulayarak polietilen tereftalatın (PET) yüzey modifikasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Polielektrolitlerin varlığında yapılan kaplama ile kaplanan tabakaların son derece ince olduğu (2-6Å) ve substrat yüzey kimyasından etkilendiği saptanmıştır. Bu nedenle, polielektrolit çözeltilerin iyonik kuvvetinin doğru bir şekilde ayarlanması gerektiğine dair bir sonuca varılmıştır (Chen ve ark, 1997).

Polowinski araştırmasında, çok tabakalı kaplama tekniğiyle pozitif (polialilamin hidroklorür) ve negatif polielektrolit (poliakrilik asit) içeren çözeltiler kullanarak nonwoven polipropilen kumaşların yüzeyinde çok katmanlı bir yüzey oluşturmuştur (Połowiński, 2005).

Polowinski başka bir araştırmasında, çok tabakalı kaplama tekniğiyle polipropilen ve poliester nonwoven kumaşlara aplikasyonlar yapmıştır. Burada, kumaş yüzeyinde karmaşık tabakalar üretmek için poliakrilik asit, poliitakonik asit, polialilamin hidroklorür ve poli N-dimetil aminoetil metakrilat kullanmıştır (Polowinski (2007).

Zhao ve arkadaşlarının çalışmasına, LBL yöntemiyle 2-hidroksi-4-metoksibenzofenon-5-sülfonik asit (HMBS) molekülleri ve hibrit katmanlı çift hidroksit (LDH) nanoplatelet kullanarak pamuklu kumaş üzerinde süperhidrofob ve UV koruma sağlayan bir yüzey üretmişlerdir (Zhao ve ark, 2013).

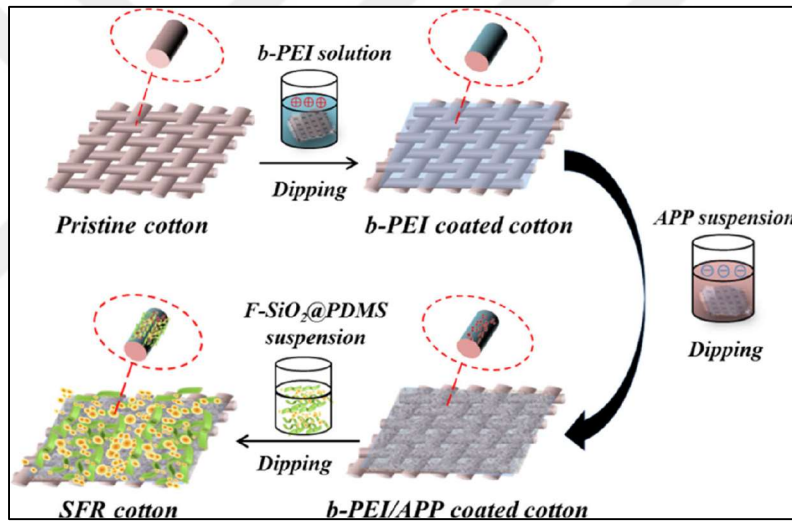
Pan ve arkadaşları, negatif yüklü (fosforil polivinilalkol) ve pozitif yüklü bileşenler (kitosan) içeren yarı biyo-esaslı maddeler ile LBL yöntemi kullanarak pamuklu kumaşlara güç tutuşurluk özelliği kazandırmışlardır. Yanma testleri yapılan kumaşların güç tutuşurluk performansı yüksek çıkmıştır. Bu yöntemin çevre dostu bir teknik olarak da avantajlı olduğu açıklanmıştır (Pan ve ark, 2015).

Carosio ve arkadaşları, LBL yönteminde kaplama parametrelerinin morfolojik, termooksidatif, termal stabilite ve yanıcılık gibi pamuklu kumaşın özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir (Carosio ve ark, 2015).

Tian ve arkadaşlarının çalışmasında,LBL yöntemiyle pamuklu kumaşa grafen oksit (GO) ve kitosan (CS) aktararak kumaşa ultraviyole koruma özelliği sağlamışlardır (Tian ve ark, 2016).

Yang ve arkadaşları, LBL yöntemiyle kağıda triklorometilsilan, katyonik nişasta ve sodyum alginat aktararak kağıdın yüzeyinde flor içermeyen süperhidrofob bir yüzey üretmişlerdir. Kaplanmış kağıdın, temas açısı $161,7^\circ$ olup kendi kendini temizleme özelliğine de sahiptir. İşlem sonrasında gerilme mukavemeti de % 6,8 artmıştır (Yang ve ark, 2017).

Lin ve arkadaşları, LBL yöntemiyle polietilenimin (b-PEI), amonyum polifosfat (APP) ve florlu silika@ polidimetilsiloksan (F-SiO₂@-PDMS) maddeleriyle pamuklu kumaşlar üzerinde süperhidrofob ve güç tutuşur yüzeyler üretilmişlerdir (Şekil 6.1)(Lin ve ark, 2018).



Şekil 6.1 LBL yöntemiyle pamuklu kumaş üzerine süperhidrofob ve güç tutuşur yüzey üretimi (Lin ve ark., 2018).

M.M ve arkadaşları, LBL yöntemiyle negatif yüklü ZnO/SiO₂ nanopartiküller ve katyonik elektrolit PDDA kullanarak pamuklu kumaşlar üzerinde süperhidrofob ve UV koruyucu yüzeyler üretilmişlerdir (M.M ve ark, 2020).

Lee ve arkadaşları, LBL yöntemiyle pozitif yüklü TiO₂ nanopartikülleri ve negatif yüklü SiO₂ nanopartikülleri kullanarak yansımayı önleme, buğulanmayı önleme (süper hidrofil) ve kendi kendini temizleme özelliklerine sahip yüzeyler üretilmişlerdir (Lee ve ark., 2006).

6.2. Tekstilde TiO₂ nanopartiküllerinin kullanımı hakkında literatür incelemesi

Kamegawa ve arkadaşları, TiO₂ nanopartikülleri ve PTFE kullanarak substrat üzerinde fotokatalitik etkiye sahip süperhidrofob yüzeyler üretmişlerdir (Kamegawa ve ark, 2012).

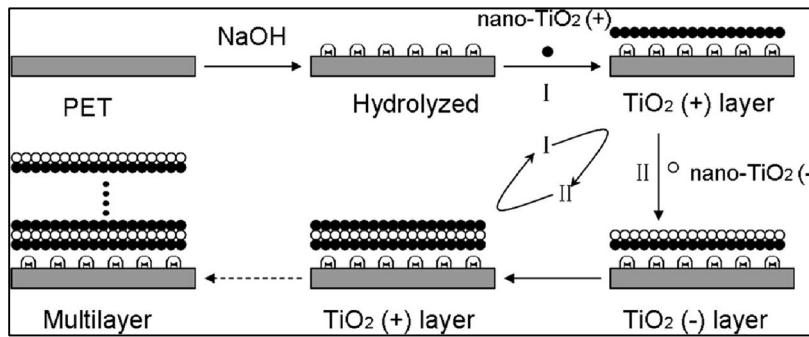
Lai ve arkadaşları, elektrokimyasal biriktirme tekniği ile TiO_2 kullanarak temas açısı 160° olan süperhidrofob ve kendi kendini temizleyen malzemeler üretmişlerdir (Lai ve ark, 2012).

Shi ve arkadaşları, sol-jel yöntemiyle ince bir TiO_2 film ve oktadekanthiol (ODT) kullanarak pamuklu kumaşı modifiye etmişler ve kumaş üzerinde süperhidrofob yüzeyler üretmişlerdir. Pamuklu kumaşın temas açısı 151° olarak ölçülmüştür (Shi ve ark, 2012).

Kim ve arkadaşları, tek aşamalı basit bir yöntemle polidimetilsiloksan (PDMS) polimer ve TiO_2 nanopartiküller kullanarak cam üzerinde süperhidrofob yüzey üretmişlerdir. Camın temas açısı 170° olarak ölçülmüştür. Bu araştırma, TiO_2 üzerine PDMS kaplamanın oldukça kararlı ve fotokatalitik bozunmaya karşı dirençli olduğunu ortaya koymuştur (Kim ve ark, 2013).

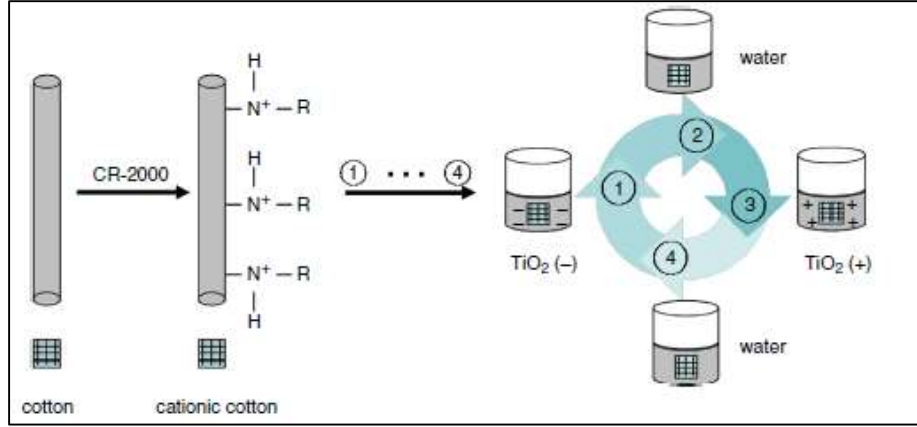
Wang ve arkadaşları, cam tabakalar üzerinde TiO_2 kaplamalı süperhidrofob bir yüzey üretmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda, şeffaflık ve düşük yapışma sağlanmıştır. Temas açısı 157° olup, 2° 'lik kayma açısı ve iyi sıçrama performansı elde edilmiştir (Wang ve ark, 2014).

Cheng ve arkadaşları, LBL yöntemiyle zıt yüklü titanyum dioksit (TiO_2) nanopartikülleri kullanarak polietilen tereftalat üzerine başarıyla aplikasyon yapmışlardır. TiO_2 nanopartikül çözeltisinin katyonik ve anyonik yükü, pH değeri ayarlanarak kontrol edilmiştir (Cheng ve ark, 2017).



Şekil 6.2 LBL yöntemiyle PET film üzerine TiO_2 nanopartikül kaplama (Cheng ve diğerleri., 2017)

Cheng ve arkadaşları, LBL yöntemiyle katyonize pamuklu kumaşların yüzeyine karşıt yüklü TiO_2 nanopartikülleri applike ederek dayanıklı ve UV koruma sağlayan pamuklu kumaş üretmişlerdir. TiO_2 çözeltilerin pH'ını ayarlayarak pozitif veya negatif yüklü hale getirmişlerdir (Cheng ve ark, 2018)

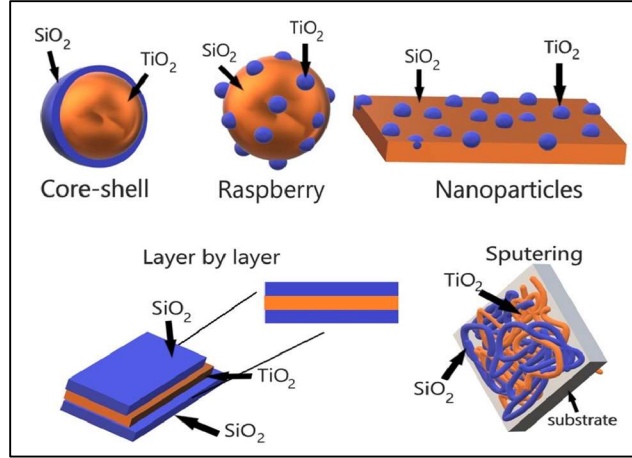


Şekil 6.3 LBL ile TiO_2 nanopartikül katmanlı filmlerin pamuklu kumaş üzerine uygulanması (Cheng ve diğerleri., 2018).

Foorginezhad ve arkadaşları, oktavini-polihedral oligomerik silseskuiokzan/polidimetilsiloksan (POSS/PDMS) nanokompozit ve TiO_2 nanopartikülleri kullanarak püskürtme yöntemi ile pamuklu kumaş üzerine süperhidrofob yüzey üretmişlerdir. Püskürtme tekniğinin zaman kazandıran, düşük maliyetli, çevre dostu ve süperhidrofob yüzey elde etmek için güvenli bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. TiO_2 kaplı yüzey üzerine ağırlıkça % 0,024 OV-POSS/PDMS nanokompozit kapladıktan sonra, temas açısı 168° olarak ölçülmüştür (Foorginezhad ve ark, 2019).

6.3. Tekstilde SiO_2 nanopartiküllerinin kullanımı hakkında literatür incelemesi

Silisyum dioksit (SiO_2) yarı iletken bir bileşiktir. Düşük toksisite, yüksek termal stabilite ve hem amorf hem de kristal bölgelere sahiptir. SiO_2 ve TiO_2 çeşitli substrat yüzeylerine aktarılmakta ve kompozit üretiminde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Şekil 6.4) (Pacchioni, G ve ark., 2012; Rosales ve ark., 2020).



Şekil 6.4 TiO₂-SiO₂ kompozitinin üretimi (Rosales ve ark, 2020)

Luo ve arkadaşları, daldırma-kaplama yöntemi ile polidimetilsiloksan (PDMS), silika (SiO₂) nanopartiküller ve poliviniliden florür (PVDF) kullanarak bakır ağ üzerinde süperhidrofob yüzey üretmişlerdir. Bu araştırmada PDMS, adhesif madde olarak işlev görmektedir. SiO₂ nanopartikülleri ve PVDF mikropartikülleri yüzey pürüzlülüğünü oluşturmayı sağlamaktadırlar. Yüzeyin temas açısı 160,1°, ve kayma açısı ise 2,5°'dir. Üretilen yüzey; kendi kendini temizleme özelliğine, asit ve baza karşı dirence ve zımpara kağıdı ile aşınmaya karşı mekanik stabiliteye sahiptir (Luo ve ark, 2018).

Saleem, silika (SiO₂) nanopartiküller, polidimetilsiloksan (PDMS) ve metifenil reçine polimerleri kullanarak cam substrat üzerinde süperhidrofob yüzeyler üretmişlerdir (Saleem, MS 2015).

Huang ve arkadaşları, püskürtme yöntemiyle selüloz nanokristaller (CNC/SiO₂ çubuklar) kullanarak süperhidrofob kaplamalar üretmişlerdir. Kaplanmış yüzey, UV radyasyonuna ve asit ve alkaliye karşı dirence sahip olup, kendi kendini temizleme ve yağ-su ayırma gibi özellikler göstermiştir (Huang ve ark, 2019).

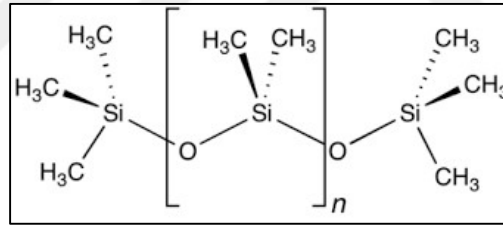
Peng ve arkadaşları, daldırma-kaplama yöntemiyle mikro-nano ölçekli bir SiO₂/epoksi reçine kullanarak kompozit, cam, ahşap ve kumaş gibi çeşitli yüzeyler üzerinde süperhidrofob kaplamalar üretmişlerdir. Kaplanmış yüzey; kendi kendini temizleme, buzlanmayı önleme ve yüksek termal stabilite gibi özelliklere de sahiptir (Peng ve ark, 2018).

6.4. Tekstilde PDMS polimerinin kullanımı hakkında literatür incelemesi

Polidimetilsiloksan (PDMS), katkı maddesine ihtiyaç duymadan tekstil liflerine kolayca bağlanabilen bir maddedir. PDMS; şablon, yalıtkan ve mikroakışkanlar olarak kullanılan bir tür silikon kauçuktur (Jin ve ark, 2015).

PDMS; reaktif, toksik olmayan, ucuz, kumaşların mekanik performanslarını iyileştiren ve yüksek elastikiyete sahip bir maddedir. Ayrıca, yüksek emme kapasitesine (ağırlıkça~ %70-80) sahip olup geri dönüştürülebilir bir maddedir. En önemlisi de birçok sektörde ana hammadde olarak kullanılması ve çevre dostu olmasıdır (Jin ve ark, 2015; Cao ve ark, 2016; Jin ve ark, 2005; Saleem, 2015).

PDMS, çapraz bağlı yapısı ile dayanıklı ve hidrofob bir polimer madde olup, üstün mekanik özelliklerinden dolayı yaygın uygulama alanına sahiptir (Jin ve ark, 2005; Wang ve ark, 2019). Şekil 6.5’de PDMS’nin kimyasal yapısı verilmiştir.



Şekil 6.5 PDMS’nin kimyasal yapısı (Saleem, 2015)

Yang ve arkadaşları, TiO₂ ve SiO₂ nanopartiküllerini PDMS ile kombine edip kaplama üretmişlerdir. PDMS’nin düşük yüzey gerilimine sahip olduğu belirtilerek, PDMS/TiO₂ nanopartikül kaplamalarının PDMS/SiO₂ nanopartikül kaplamalarından daha iyi kendi kendini temizleme özelliği olduğu bulunmuştur. Çünkü TiO₂ nanopartiküllerin fotokatalitik özelliği sayesinde organik kirliliklerin giderilmesi mümkün olmuştur. Süperhidrofob yüzeyin dayanıklılığı ise, PDMS/TiO₂ nanopartikül kaplamalarında daha fazladır (Yang ve ark, 2016).

Jin ve arkadaşları, süperhidrofob ve süperoleofil polidimetilsiloksan ile kaplanmış pamuklu kumaşlar üretmişlerdir. Kumaş yüzeyi, ağırlıkça % 70-80’e kadar yağ emme kapasitesine sahip olup, mekanik stabilitesi de yüksektir (Jin ve ark, 2015).

Lin ve arkadaşları, LBL yöntemiyle polietilenimin (b-PEI), amonyum polifosfat (APP) ve florlu silika@ polidimetilsiloksan (F-SiO₂@-PDMS) maddeleriyle pamuklu kumaşlar üzerinde süperhidrofob ve güç tutuşur yüzeyler üretilmişlerdir. Kaplanmış kumaşın, temas açısı 158°'dir (Lin ve ark, 2018).

Pan ve arkadaşlarının çalışmalarında, daldırma-kaplama yöntemiyle PDMS ve bakır stearat kullanarak pamuklu kumaş üzerinde dayanıklı süperhidrofob yüzey üretilmişlerdir. PDMS, düşük yüzey gerilimine sahip olduğundan dolayı adhesiv ve hidrofob bir maddedir. Kaplanmış pamuklu kumaşın temas açısı, 158° olup, çözücülere karşı kimyasal stabiliteye, UV korumaya, mekanik dayanıklılığa, yüksek ayırma verimliliğine (sudan gelen yağlar) ($\geq$ % 90) ve yeniden kullanılabilir olma gibi özelliklere sahiptir (Pan ve ark, 2019).

Wang ve arkadaşları, püskürtme yöntemi ile PDMS/TiO₂ kullanarak cam, kauçuk, pamuk, ve kağıt üzerine çok işlevli yüzeyler kaplamışlardır. Bu süperhidrofob yüzeylerin UV ve güneş ışığına karşı dayanıklılığı da yüksektir. Bu yüksek dayanıklılığın substratlara çapraz bağlanan PDMS'den kaynaklandığı belirtilmiştir. Süperhidrofob özellik, UV ışığı altında 7 gün, dış ortam koşullarında 3 ay güneş ışığına maruz kaldıktan sonra hala etkisini kaybetmemiştir. Kaplanan yüzey aynı zamanda korozyona ve yüksek sıcaklıklara da dayanıklıdır. Ayrıca, bu yüzeylerin hava ve yağ geçirgenliği yüksek olduğundan dolayı yağ-su ayrımı için de kullanılabilir olduğu belirtilmiştir (Wang ve ark, 2019).

Zhu ve arkadaşları, daldırma-kaplama yöntemiyle ZnO nanopartikülleri üzerine PDMS maddesini tabakalar şeklinde monte ederek pamuklu kumaşlarda flor içermeyen süperhidrofob yüzeyler üretilmişlerdir. Yüzeyin temas açısı 160°'dir. Ayrıca bu süperhidrofob yüzeyler; UV-koruma, kendi kendini temizleme, yüksek aşınma direnci, yıkama dayanıklılığı ve yağ-su ayrımı gibi özelliklere de sahiptir. Bu yöntemin düşük maliyetli, çevre dostu ve büyük ölçekli üretime uygun olduğu da belirtilmiştir (Zhu ve ark, 2017).

7. GEREÇ VE YÖNTEM

7.1 Gereç

7.1.1 Materyal

Bu tez çalışmasında, Batı Basma Firma'sından temin edilen ön terbiye işlemleri yapılmış % 100 pamuklu dokuma kumaş kullanılmıştır. Bu kumaşın fiziksel özellikleri Tablo 7.1'de verilmiştir.

Tablo 7.1 Deney kumaşlarının fiziksel özellikleri

Doku tipi		Bezayağı
Gramaj (g/m ²)		246,7
İplik no (Nm)	Çözü no	Nm 19
	Atkı no	Nm 18
Sıklık (tel/cm)	Çözü sıklığı	22
	Atkı sıklığı	20
Kopma mukavemeti (N)	Çözü	685,55
	Atkı	744,95
Kopma uzaması (%)	Çözü	12,57
	Atkı	19,09
Beyazlık derecesi (Berger'e göre, (%))		74,9

7.1.2 Kullanılan kimyasal maddeler

Tablo 7.2'de, tez çalışmasında tüm deneylerde kullanılan kimyasal maddelere ait bilgiler verilmiştir.

Tablo 7.2 Denemelerde kullanılan kimyasal maddeler

Kimyasal Maddeler	Kimyasal Yapıları	Safılık Derecesi	Firma
Tetraetilortosilikat (TEOS)	Si(OC ₂ H ₅) ₄	% 98	Sigma-Aldrich
Titan-IV-Isopropoksit (TTIP)	Ti[OCH(CH ₃) ₂] ₄	% 97	Sigma-Aldrich
Polidimetilsiloksan (PDMS)	(C ₂ H ₅ O ₂ Si) _n	Viskosite 2550-3570 cSt	Sigma-Aldrich
Etanol	C ₂ H ₅ OH	% 95	Tekkim Kimya
Hidroklorik asit	HCl	% 37	Smyras
Nitrik asit	HNO ₃	% 65	Carlo Erba Reagents
Reacel ZF CAT (Çapraz bağlayıcı)	Modifiye gliksal reçine	-	Bozzetto Kimya

Hydrocol KNR (Katyonikleştirme maddesi)	Reaktif kuaterner amonyum bileşiği	-	Rudolf-Duraner
Sodyum hidroksit	NaOH	Katı	
Biomegapal D40	Noniyonik yüzey aktif madde		Bozzetto Kimya

7.1.3 Kullanılan cihaz ve makineler

Denemelerde kullanılan cihazlar ve makineler Tablo 7.3'te verilmiştir.

Tablo 7.3 Kullanılan cihazlar ve makineler

Cihaz veya makine adı	Amaç	Marka ve modeli
Laboratuar Tipi Fular Makinesi	Kumaş emdirme metoduyla aplikasyonlarında kullanılmıştır.	Ernstbenz
Laboratuar Tipi Kurutma Makinesi	Kurutma ve fiksaj için kullanılmıştır.	Ataç GK40
Temas Açısı Ölçüm Cihazı	Katı yüzeylerin bir sıvıyla yaptığı temas açısının belirlenmesi için kullanılmıştır.	KSV Cam 101
Hava Geçirgenliği Test Cihazı	Kumaşların hava geçirgenlik değerlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.	FX3300 Textest
Mukavemet Test Cihazı	Kumaşlarda kopma mukavemetlerinin ölçülmesinde kullanılmıştır.	Zwick Z010
Dairesel Eğilme Dayanımı Test Cihazı	Kumaşların dairese eğilme dayanımı ölçümünde kullanılmıştır.	SDL Atlas
Kumaş Kalınlığı Test Cihazı	Kumaşların kalınlık ölçümünde kullanılmıştır.	SDL Atlas FX44
Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı	Kumaşların yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesi için kullanılmıştır.	Mitutoyo SJ 310
Su İticilik Test Cihazı	Kumaşların su iticilik değerlerinin ölçümünde kullanılmıştır.	Sprey test cihazı
Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	Kumaşların yüzey morfolojilerinin görüntülenmesinde kullanılmıştır.	Thermo Scientific Apreo S
XPS cihazı	Yüzeylerin kimyasal yapılarını ortaya çıkarmak için kullanılmıştır.	Thermo Scientific K- Alpha
FTIR cihazı	Yüzeylerin kimyasal yapısının belirlenmesi için kullanılmıştır.	Perkin Elmer Spectrum Two
AFM cihazı	Kumaşların yüzey topografisinin incelenmesinde kullanılmıştır.	BRUKER Dimension Edge with ScanAsyst
Çamaşır makinesi	Kumaşların yıkanmasında kullanılmıştır.	Arçelik 8143YCM model çamaşır makinesinde
Kumaş kurutma makinesi	Kumaşların kurutulmasında kullanılmıştır.	Arçelik 2772KT model kurutucuda

7.2 Yöntem

Bu tez çalışmasında, pamuklu kumaşlara uygulanan çok tabakalı kaplama (LBL) işlemleri için birtakım ön hazırlık işlemleri yapılmıştır. Burada ilk olarak denemelerde kullanılan pamuklu kumaşlar iki gruba ayrılmıştır. İlki normal pamuklu kumaş iken, ikincisi katyonikleştirilmiş

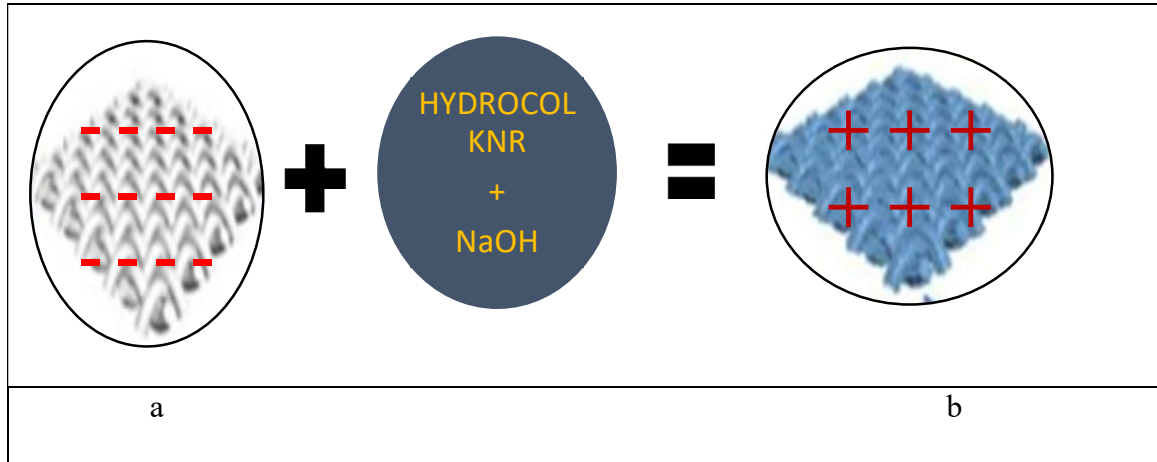
pamuklu kumaştır. Dolayısıyla ikinci grup pamuklu kumaşlar katyonikleştirme işlemlerine tabi tutulmuştur. Daha sonra çok tabakalı kaplama işlemlerinde kullanılacak çözeltiler hazırlanmıştır. Bunlar, SiO_2 ve TiO_2 nanopartiküllerinin sentezlendiği deney çözeltileridir.

7.2.1 Katyonizasyon işlemi

Çok tabakalı kaplama işlemlerini kumaşa uygulamak için kumaş yüzeyinde katyonik (+) veya anyonik (–) yüklü iyonların bulunması gerekmektedir. Bu sebeple, pamuklu kumaşlara Ernstbenz marka laboratuvar tipi fulard cihazında emdirme yöntemine göre katyonikleştirme maddesi applike edilmiştir. İşlem sonucunda kumaş yüzeyinde katyonik (+) iyonlar elde edilmiştir. Pad-batch aplikasyon yöntemiyle uygulanan bu katyonizasyon işleminin reçetesi ve işlem şartları Tablo 7.4’de verilmiştir. Şekil 7.1’de pamuklu kumaşın katyonizasyon işlemine ait şeması verilmiştir.

Tablo 7.4 Katyonizasyon işleminin reçetesi ve işlem şartları

Reçete	İşlem şartları	Yıkama işlemleri
250 g/l HYDROCOL KNR 85 g/l NaOH (% 50’lik)	Emdirme (A_F : % 80)→ folyeye sarıp oda sıcaklığında 24 saat bekletme → Yıkama → Kurutma (120°C -2 dk)	Soğuk yıkama→1 g/l yıkama maddesi ile soğuk yıkama → 60°C yıkama → Asetik asit ile asitleme



Şekil 7.1 Pamuğun katyonizasyon işlem şeması (a.İşlem görmemiş pamuklu kumaş, b.Katyonize pamuklu kumaş)

7.2.2 SiO₂ nanopartiküllerinin sentezlenmesi

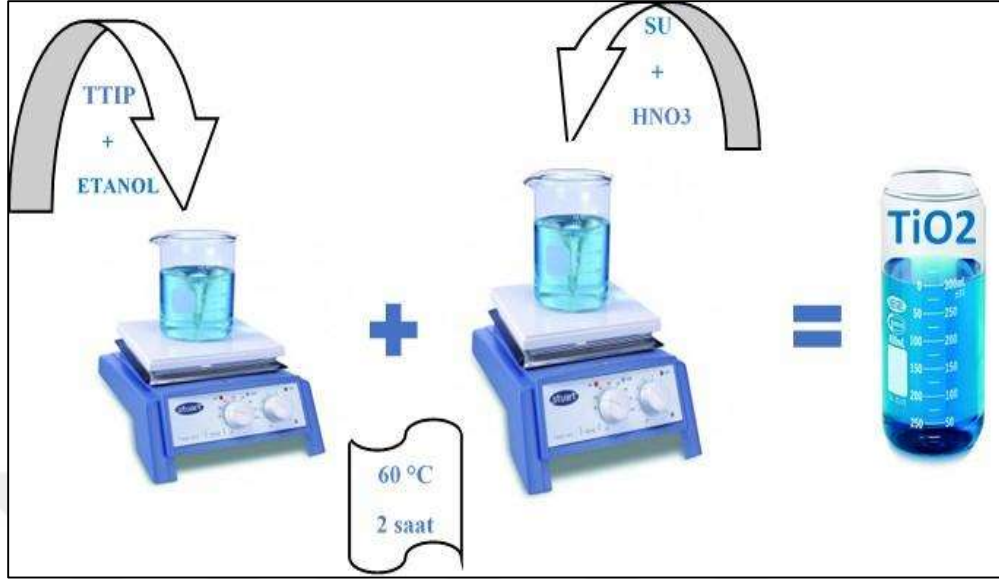
Silika nanopartikülleri elde etmek için hazır silika maddeleri kullanmadan TEOS bileşiğinden çözeltiler hazırlanmıştır. Bu çözelti Şekil 7.2’de gösterildiği gibi hazırlanarak SiO₂ nanopartiküllerinin bulunduğu çözelti elde edilmiştir. Bu çözeltide, 120 mL Tetraetil ortosilikat (TEOS)(%98), 180 mL Etanol ve 2 mL sodyum hidroksit (NaOH) karıştırılmıştır. Bu çözelti, manyetik karıştırıcıda 60°C’de 2 saat karıştırıldıktan sonra iki hafta stabil halde bekletilmiştir.



Şekil 7.2 Silika nanopartiküllerinin sentezi

7.2.3 TiO₂ nanopartiküllerinin sentezlenmesi

TiO₂ nanopartikülleri elde etmek için hazır maddeler kullanmadan TTIP bileşiğinden çözeltiler hazırlanmıştır. Bu çözelti Şekil 7.3’te gösterildiği gibi hazırlanarak TiO₂ nanopartiküllerinin bulunduğu çözelti elde edilmiştir. Bu çözeltide, 20 mL Titan-IV-Isopropoksit (TTIP), 100 mL Etanol, 300 mL deiyonize su ve 6 mL Nitrik asit (HNO₃)(% 65) karıştırılmıştır. İkinci yöntem için sadece Nitrik asit yerine 6mL Sodyum hidroksit(NaOH) kullanılmıştır. Bu çözelti, manyetik karıştırıcıda 60°C’de 2 saat karıştırıldıktan sonra iki hafta stabil halde bekletilmiştir.



Şekil 7.3 TiO_2 nanopartiküllerinin sentezi

7.2.4 Çok tabakalı yöntem ile TiO_2 - SiO_2 @PDMS malzemelerinin hazırlanması ve kumaşa aplikasyonu

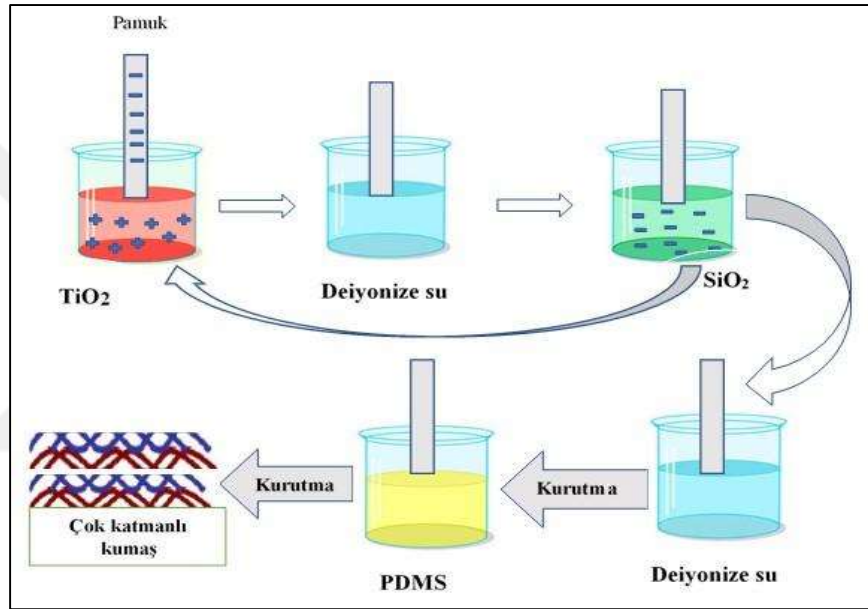
7.2.4.1 Çok tabakalı yöntem ile normal pamuklu kumaş aplikasyonları

Çok tabakalı kaplama yönteminde yapılan çalışmalar incelendiğinde; her biri farklı yüke sahip bir dizi elektrolit çözeltisine kumaş daldırılarak belli bir süre bu çözeltide bekletilmektedir. Bu tez çalışmasında, ilk olarak ön terbiye işlemleri yapılan başka herhangi bir işlem uygulanmayan pamuklu kumaş kullanılmıştır. Bu pamuklu kumaş anyonik (-) yüke sahiptir.

Çok tabakalı kaplama yönteminde bu kumaşın ilk temas edeceği çözelti katyonik olan TiO_2 çözeltisidir. TiO_2 nanopartiküllerinin sentezi ile elde edilen çözeltiden 50 mL TiO_2 alınarak pH ölçümü yapılmıştır. pH, 2,5 çıkmıştır. Bu çözeltiye belli miktarlarda (1gr) PDMS direkt eklenmiş ve manyetik karıştırıcıda 60°C 'de 15 dk karıştırılmıştır. SiO_2 nanopartiküllerinin sentezi ile elde edilen çözeltiden ise, 50 mL SiO_2 alınmış, 1 M NaOH çözeltisinden 2 mL eklenerek pH ölçümü yapılmıştır. pH, 10,5 çıkmıştır. Bu çözeltiye belli miktarlarda (1 gr) PDMS direkt eklenmiş ve manyetik karıştırıcıda 60°C 'de 15 dk karıştırılmıştır. İkinci olarak SiO_2 ile hazırlanan anyonik çözeltiye kumaş daldırılmıştır.

En son olarak hazırlanan PDMS çözeltisine kumaş daldırılmıştır. Bu PDMS çözeltisi, 50 mL etanole % 10 çapraz bağlayıcı karıştırılarak hazırlanmıştır. Bu çözeltideki PDMS konsantrasyonları 1, 2 ve 3 gr olmak üzere her deneyde değiştirilmiştir. Normal pamuklu kumaşlara çok tabakalı kaplama yöntemi ile tabaka oluşturma işlemi oda sıcaklığında yapılmıştır.

Şekil 7.5’de tüm işlem akışı verilmiş olup, burada kumaşlar TiO_2 , SiO_2 nanopartikül çözeltilerinde ve PDMS çözeltisi içinde 5 dakika bekletilmiş olup aralarda saf suda 2,5 dakika yıkanmıştır. Şekil 7.4’de gösterilen 1 döngü sonrası kumaş 1 tabaka ile kaplanmıştır. Bu tezde; kumaşlar 1, 4 ve 8 tabaka ile kaplanmıştır. Her tabaka sonrası pamuklu kumaşlarda gerekli tabaka elde edildikten sonra 80°C ’de 10 dakika kurutma işlemi yapılmıştır. Tüm tabaka tamamlandıktan sonra 150°C ’de 30 dakika kondenzasyon yani fiksaj işlemi gerçekleştirilmiştir. Normal pamuklu kumaşların çok tabakalı kaplama işlemlerine ait bilgiler Tablo 7.5’te verilmiştir.



Şekil 7.4 Normal pamuklu kumaş için çok tabakalı kaplama yöntemi işlem akışı (A planı)

Tablo 7.5 Normal pamuklu kumaşların çok tabakalı kaplama işlem reçeteleri

A Planı: Normal Pamuklu Kumaş							
No.	Numune Kodları	TiO_2 (+)	PDMS (gr)	SiO_2 (-)	PDMS (gr)	PDMS (gr)	Tabaka sayısı
1	N11	50 mL	1	50 mL	1	1	1
2	N14	50 mL	1	50 mL	1	1	4
3	N18	50 mL	1	50 mL	1	1	8
4	N21	50 mL	1	50 mL	1	2	1
5	N24	50 mL	1	50 mL	1	2	4
6	N28	50 mL	1	50 mL	1	2	8
7	N31	50 mL	1	50 mL	1	3	1
8	N34	50 mL	1	50 mL	1	3	4
9	N38	50 mL	1	50 mL	1	3	8

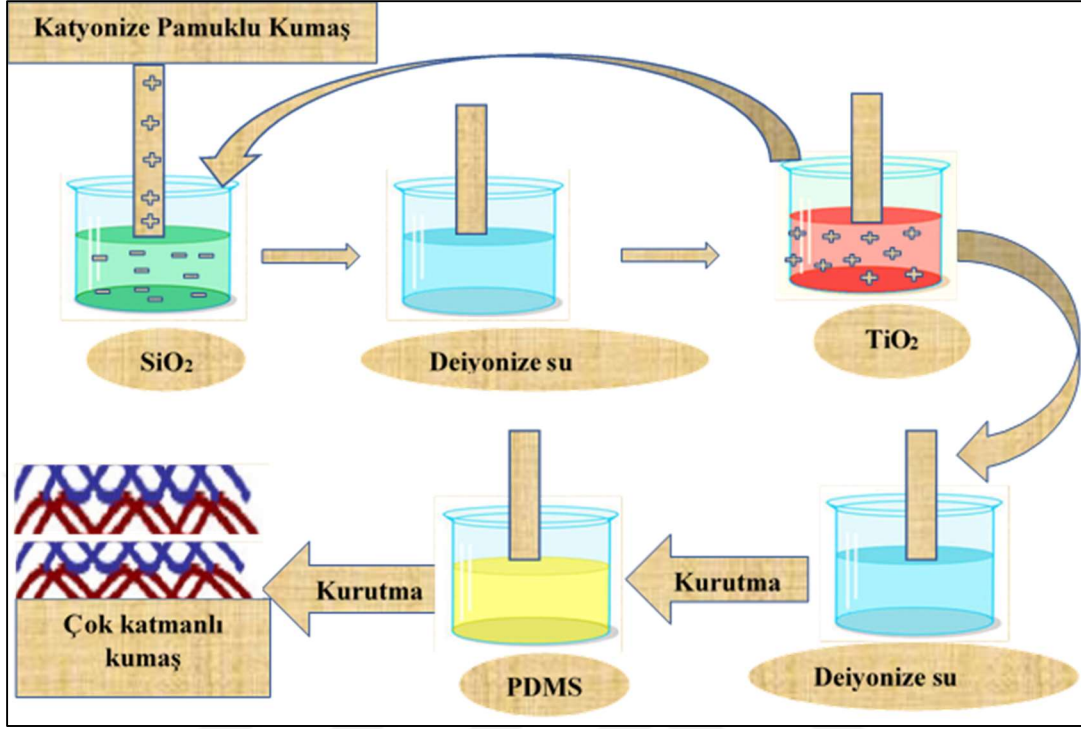
7.2.4.2 Çok tabakalı yöntem ile katyonize pamuklu kumaş aplikasyonları

Pamuklu kumaşlara Ernstbenz marka laboratuvar tipi fulard cihazında emdirme yöntemine göre katyonikleştirme maddesi applike edilmiştir. İşlem sonucunda kumaş yüzeyinde katyonik (+) iyonlar elde edilmiştir.

Çok tabakalı kaplama yönteminde bu kumaşın ilk temas edeceği çözelti anyonik olan SiO_2 çözeltisidir. SiO_2 nanopartiküllerinin sentezi ile elde edilen çözeltiden 50 mL SiO_2 alınarak pH ölçümü yapılmıştır. pH, 10,5 çıkmıştır. Bu çözeltiye belli miktarlarda (1 gr) PDMS direkt eklenmiş ve manyetik karıştırıcıda 60°C 'de 15 dk karıştırılmıştır. TiO_2 nanopartiküllerinin sentezi ile elde edilen çözeltiden ise, 50 mL TiO_2 alınmış, 1 M HCl çözeltisinden 2 mL eklenerek pH ölçümü yapılmıştır. pH, 2,5 çıkmıştır. Bu çözeltiye belli miktarlarda (1 gr) PDMS direkt eklenmiş ve manyetik karıştırıcıda 60°C 'de 15 dk karıştırılmıştır.

İkinci olarak TiO_2 ile hazırlanan katyonik çözeltiye kumaş daldırılmıştır. En son olarak hazırlanan PDMS çözeltisine kumaş daldırılmıştır. Bu PDMS çözeltisi, 50 mL etanole % 10 çapraz bağlayıcı karıştırılarak hazırlanmıştır. Bu çözeltideki PDMS konsantrasyonları 1, 2 ve 3 gr olmak üzere her deneyde değiştirilmiştir. Katyonize pamuklu kumaşlara çok tabakalı kaplama yöntemi ile tabaka oluşturma işlemi oda sıcaklığında yapılmıştır. Şekil 7.5'te tüm işlem akışı verilmiş olup, burada kumaşlar TiO_2 , SiO_2 nanopartikül çözeltilerinde ve PDMS çözeltisi içinde 5 dakika bekletilmiş olup aralarda saf suda 2,5 dakika yıkanmıştır. Şekil 7.5'te gösterilen 1 döngü sonrası kumaş 1 tabaka ile kaplanmıştır. Bu kez de; kumaşlar 1, 4 ve 8 tabaka ile kaplanmıştır.

Her tabaka sonrası pamuklu kumaşlarda gerekli tabaka elde edildikten sonra 80°C 'de 10 dakika kurutma işlemi yapılmıştır. Tüm tabaka tamamlandıktan sonra 150°C 'de 30 dakika kondenzasyon yani fiksaj işlemi gerçekleştirilmiştir. Katyonize pamuklu kumaşların çok tabakalı kaplama işlemlerine ait bilgiler Tablo 7.6'da verilmiştir.



Şekil 7.5 Katyonize pamuklu kumaş için çok tabakalı kaplama yöntemi işlem akışı (B planı)

Tablo 7.6 Katyonize pamuklu kumaşların çok tabakalı kaplama işlem reçeteleri

B Planı: Katyonize Pamuklu Kumaş							
No.	Numune Kodları	TiO ₂ (-)	PDMS (gr)	SiO ₂ (+)	PDMS (gr)	PDMS (gr)	Tabaka sayısı
1	K11	50 mL	1	50 mL	1	1	1
2	K14	50 mL	1	50 mL	1	1	4
3	K18	50 mL	1	50 mL	1	1	8
4	K21	50 mL	1	50 mL	1	2	1
5	K24	50 mL	1	50 mL	1	2	4
6	K28	50 mL	1	50 mL	1	2	8
7	K31	50 mL	1	50 mL	1	3	1
8	K34	50 mL	1	50 mL	1	3	4
9	K38	50 mL	1	50 mL	1	3	8

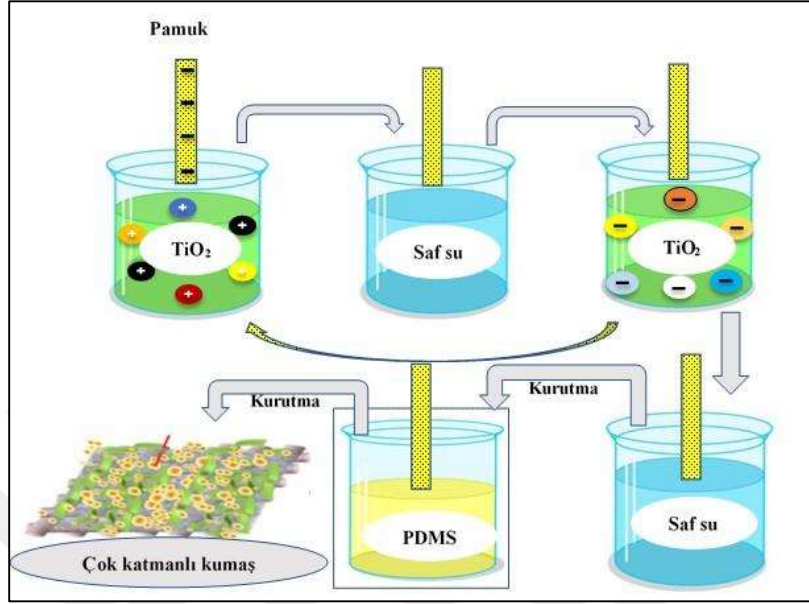
7.2.5 Çok tabakalı yöntem ile TiO_2 - $\text{TiO}_2@\text{PDMS}$ malzemelerinin hazırlanması ve kumaşa aplikasyonu

7.2.5.1 Çok tabakalı yöntem ile normal pamuklu kumaş aplikasyonları

Bu yöntemde, ilk olarak ön terbiye işlemleri yapılan başka herhangi bir işlem uygulanmayan pamuklu kumaş kullanılmıştır. Bu pamuklu kumaş anyonik (-) yüke sahiptir. Çok tabakalı kaplama yönteminde bu kumaşın ilk temas edeceği çözelti katyonik (+) olan TiO_2 çözeltisidir. İkinci temas edeceği çözelti ise anyonik (-) TiO_2 çözeltisidir. TiO_2 nanopartiküllerinin sentezi ile elde edilen çözeltiden 50 mL TiO_2 alınarak pH ölçümü yapılmıştır. pH, 2,5 çıkmıştır. Bu çözeltiye belli miktarlarda (1gr) PDMS direkt eklenmiş ve manyetik karıştırıcıda 60°C 'de 15 dk karıştırılmıştır.

Kumaş, birinci çözeltiye daldırılmış 5 dk bekletilmiş, saf suda 2,5 dk daldırılmış ve sonra ikinci TiO_2 çözeltisine daldırılarak 5 dk bekletilmiştir. TiO_2 ikinci çözeltisinde, TiO_2 nanopartiküllerinin sentezi ile 50 mL TiO_2 alınmış, 1 M NaOH çözeltisinden 2 mL eklenerek pH ölçümü yapılmıştır. pH, 10,5 çıkmıştır. Bu çözeltiye belli miktarlarda (1 gr) PDMS direkt eklenmiş ve manyetik karıştırıcıda 60°C 'de 15 dk karıştırılmıştır. İkinci olarak TiO_2 ile hazırlanan anyonik çözeltiye kumaş daldırılmıştır. En son olarak hazırlanan PDMS çözeltisine kumaş daldırılmış olup, kumaş bu çözeltide 5 dk bekletilmiştir. Bu PDMS çözeltisi, 50 mL etanole % 10 çapraz bağlayıcı karıştırılarak hazırlanmıştır. Bu çözeltideki PDMS konsantrasyonları 1, 2 ve 3 gr olmak üzere her deneyde değiştirilmiştir. Normal pamuklu kumaşlara çok tabakalı kaplama yöntemi ile tabaka oluşturma işlemi oda sıcaklığında yapılmıştır.

Şekil 7.6'da tüm işlem akışı verilmiş olup, burada kumaşlar TiO_2 , TiO_2 nanopartikül çözeltiğinde ve PDMS çözeltisi içinde 5 dakika bekletilmiş olup aralarda saf suda 2,5 dakika yıkanmıştır. Şekil 7.6'da gösterilen 1 döngü sonrası kumaş 1 tabaka ile kaplanmıştır. Bu yöntemde; kumaşlar 1, 4 ve 8 tabaka ile kaplanmıştır. Her tabaka sonrası pamuklu kumaşlarda gerekli tabaka elde edildikten sonra 80°C 'de 10 dakika kurutma işlemi yapılmıştır. Tüm tabaka tamamlandıktan sonra 150°C 'de 30 dakika kondenzasyon yani fiksaj işlemi gerçekleştirilmiştir. Normal pamuklu kumaşların çok tabakalı kaplama işlemlerine ait bilgiler Tablo 7.7'de verilmiştir.



Şekil 7.6 Normal pamuklu kumaş için çok tabakalı kaplama yöntemi işlem akışı (C planı)

Tablo 7.7 Normal pamuklu kumaşların çok tabakalı kaplama işlem reçeteleri

C Planı: Normal Pamuklu Kumaş							
No.	Numune Kodları	TiO_2 (+)	PDMS (gr)	TiO_2 (-)	PDMS (gr)	PDMS (gr)	Tabaka sayısı
1	NA11	50 mL	1	50 mL	1	1	1
2	NA14	50 mL	1	50 mL	1	1	4
3	NA18	50 mL	1	50 mL	1	1	8
4	NA21	50 mL	1	50 mL	1	2	1
5	NA24	50 mL	1	50 mL	1	2	4
6	NA28	50 mL	1	50 mL	1	2	8
7	NA31	50 mL	1	50 mL	1	3	1
8	NA34	50 mL	1	50 mL	1	3	4
9	NA38	50 mL	1	50 mL	1	3	8

7.2.5.2 Çok tabakalı yöntem ile katyonize pamuklu kumaş aplikasyonları

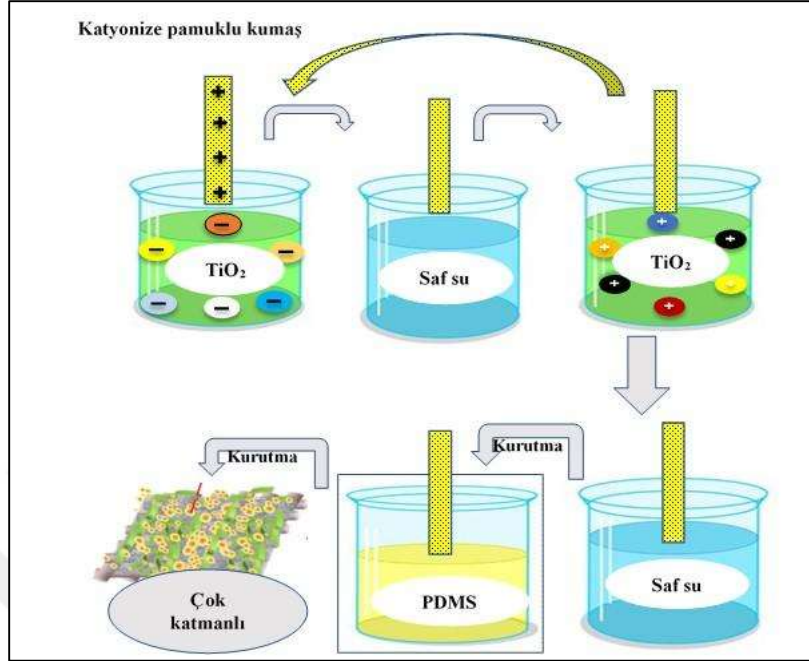
Burada pamuklu kumaşlara Ernstbenz marka laboratuvar tipi fulard cihazında emdirmeye yöntemine göre katyonikleştirme maddesi applike edilmiştir. İşlem sonucunda kumaş yüzeyinde katyonik (+) iyonlar elde edilmiştir. Çok tabakalı kaplama yönteminde bu kumaşın ilk temas

edeceği çözelti anyonik olan (-) TiO_2 çözeltisidir. İkinci temas edeceği çözelti ise katyonik (+) TiO_2 çözeltisidir.

TiO_2 nanopartiküllerinin sentezi ile elde edilen çözeltiden 50 mL TiO_2 alınarak pH ölçümü yapılmıştır. pH, 10,5 çıkmıştır. Bu çözeltiye belli miktarlarda (1 gr) PDMS direkt eklenmiş ve manyetik karıştırıcıda 60°C 'de 15 dk karıştırılmıştır. İkinci TiO_2 nanopartiküllerinin sentezi ile elde edilen çözeltiden ise, 50 mL TiO_2 alınmış, 1 M HCl çözeltisinden 2 mL eklenerek pH ölçümü yapılmıştır. pH, 2,5 çıkmıştır. Bu çözeltiye belli miktarlarda (1 gr) PDMS direkt eklenmiş ve manyetik karıştırıcıda 60°C 'de 15 dk karıştırılmıştır.

İkinci olarak TiO_2 ile hazırlanan katyonik çözeltiye kumaş daldırılmıştır. En son olarak hazırlanan PDMS çözeltisine kumaş daldırılmıştır. Bu PDMS çözeltisi, 50 mL etanole % 10 çapraz bağlayıcı karıştırılarak hazırlanmıştır. Bu çözeltideki PDMS konsantrasyonları 1, 2 ve 3 gr olmak üzere her deneyde değiştirilmiştir. Katyonize pamuklu kumaşlara çok tabakalı kaplama yöntemi ile tabaka oluşturma işlemi oda sıcaklığında yapılmıştır. Şekil 7.7'de tüm işlem akışı verilmiş olup, burada kumaşlar TiO_2 , TiO_2 nanopartikül çözeltilerinde ve PDMS çözeltisi içinde 5 dakika bekletilmiş olup aralarda saf suda 2,5 dakika yıkanmıştır. Şekil 7.7'de gösterilen 1 döngü sonrası kumaş 1 tabaka ile kaplanmıştır. Bu yöntemde de, kumaşlar 1, 4 ve 8 tabaka ile kaplanmıştır.

Her tabaka sonrası pamuklu kumaşlarda gerekli tabaka elde edildikten sonra 80°C 'de 10 dakika kurutma işlemi yapılmıştır. Tüm tabaka tamamlandıktan sonra 150°C 'de 30 dakika kondenzasyon yani fiksaj işlemi gerçekleştirilmiştir. Katyonize pamuklu kumaşların çok tabakalı kaplama işlemlerine ait bilgiler Tablo 7.8'de verilmiştir.



Şekil 7.7 Katyonize pamuklu kumaş için çok tabakalı kaplama yöntemi işlem akışı (D planı)

Tablo 7.8 Katyonize pamuklu kumaşın çok tabakalı kaplama işlem reçeteleri

D Planı: Katyonize Pamuklu Kumaş							
No.	Numune Kodları	TiO_2 (-)	PDMS (gr)	TiO_2 (+)	PDMS (gr)	PDMS (gr)	Tabaka sayısı
1	KA11	50 mL	1	50 mL	1	1	1
2	KA14	50 mL	1	50 mL	1	1	4
3	KA18	50 mL	1	50 mL	1	1	8
4	KA21	50 mL	1	50 mL	1	2	1
5	KA24	50 mL	1	50 mL	1	2	4
6	KA28	50 mL	1	50 mL	1	2	8
7	KA31	50 mL	1	50 mL	1	3	1
8	KA34	50 mL	1	50 mL	1	3	4
9	KA38	50 mL	1	50 mL	1	3	8

7.3 Testler

7.3.1 Temas açısı ölçümü

Tüm kumaşların temas açıları, KSV Cam 101 model cihazda su damlası yöntemi kullanılarak oda sıcaklığında ölçülmüştür. Kumaşın üzerine şırınga yardımı ile bir damla saf su damlatılmaktadır. Bu damlanın kumaş yüzeyine düştüğü andaki görüntüsü kamera sistemi ile çekilmektedir. Saf su damlasının kumaş yüzeyi ile arasındaki temas açısı ise, Young modeline uygun formülasyonda hesaplanmaktadır. Bu test, bitiminde kumaşın farklı yerlerinden temas açıları ölçülmüştür. Şekil 7.8’de temas açısı ölçüm cihazı resmi görülmektedir



Şekil 7.8 Temas açısı test cihazı

7.3.2 Hava geçirgenliği testi

Hava geçirgenliği testi, TS 391 EN ISO 9237 standardına göre FX3300 Textest marka cihazda 20 cm^2 ölçüm alanında ve 100 Pa basınç farklılığında gerçekleştirilmiştir. Şekil 7.9’da hava geçirgenliği test cihazı resmi görülmektedir (TS 391 EN ISO 9237 standardı, 1999).



Şekil 7.9 Hava geçirgenliği cihazı

7.3.3 Kopma mukavemetinin tayini

Kumaşların kopma mukavemeti leri, TS EN ISO 13934-1 standardına göre Şerit metodu ile Zwick Z010 marka test cihazında 100 mm/dk test hızında, 5 N ön gerginlik ve 200 mm çeneler arası mesafede yapılmıştır. Şekil 7.10'da kopma mukavemeti ölçüm cihazı resmi görülmektedir (TS EN ISO 13934-1 standardı, 2013).



Şekil 7.10 Kopma mukavemeti cihazı

7.3.4 Dairesel eğilme dayanımının tayini

Dairesel eğilme dayanımı testi, ASTM D4032 standardına göre SDL Atlas marka dairesel eğilme dayanımı cihazında yapılmıştır Şekil 7.11'de dairesel eğilme dayanımı test cihazı resmi görülmektedir (ASTM D4032 standardı, 2016).



Şekil 7.11 Dairesel eğilme dayanımı cihazı

7.3.5 Kumaş kalınlığı tayini

Kumaşın kalınlık tayini, TS 7128 EN ISO 5084 standardına göre SDL ATLAS FX44 marka kumaş kalınlık ölçüm cihazında yapılmıştır Şekil 7.12’de kumaş kalınlık test cihazı resmi görülmektedir (TS 7128 EN ISO 5084 standardı, 1998).



Şekil 7.12 Kumaş kalınlığı test cihazı

7.3.6 Yüzey pürüzlülüğünün ölçümü

Kumaşların yüzey pürüzlülüğü testi, JIS B0601 standardına göre Mitutuyo SJ 310 marka yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazında yapılmıştır (JIS B0601 standardı, 2001). Mitutuyo Sj 310 yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı, hassas elmas uç vasıtasıyla kumaş yüzeyinde belirlenen aralıkta

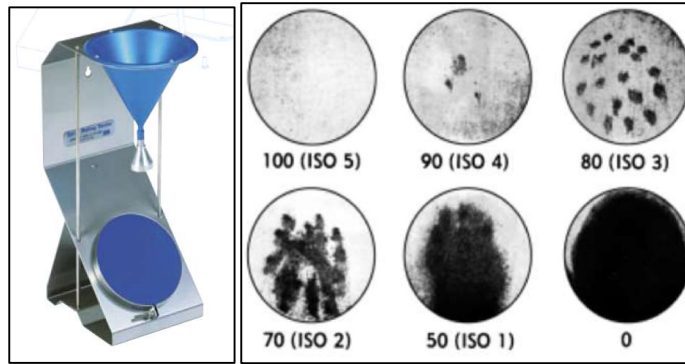
gidip gelme hareketi yaparak yüzeydeki girinti çıkıntı değerlerini göstermektedir. Elmas ucun hareket etmesi için öncelikle cihazda kalibrasyon ayarı yapılmaktadır. Tez çalışması kapsamında hareket mesafesi 8 mm olarak belirlenmiştir. Kumaş yüzey pürüzlülüğünü ölçerken elde edilen yüzey profilinden çok çeşitli değerler hesaplanabilmektedir. Bu değerler arasında R_v değeri, bir örnekleme uzunluğundaki maksimum derinlik olarak tanımlanmaktadır. Şekil 7.13'te yüzey pürüzlülüğü test cihazı resmi görülmektedir.



Şekil 7.13 Mitutoyo SJ 310 yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı

7.3.7 Su ve yağ iticilik değerinin ölçülmesi

Su iticilik testi, AATCC TM 22 standardına göre Spray Test cihazında yapılmıştır. 250 ml saf su, 30 saniyede 15 cm yükseklikten 45°'lik eğimdeki kumaş örneğinin yüzeyine boşaltılmaktadır. Test bitiminde yüzeyin ıslanma durumu, standart resimlere göre gözle bakılarak değerlendirilmekte ve not verilmektedir (AATCC TM22 standardı, 2017). Şekil 7.14'te Spray test cihazı ve standardın resimleri görülmektedir.

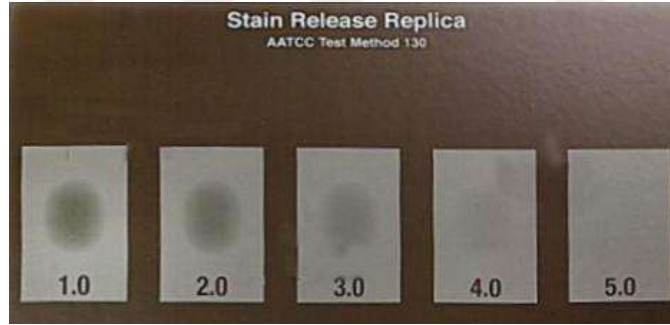


Şekil 7.14 Spray test cihazı ve standardın resimleri

Yağ iticilik testi, AATCC TM118-2013 standardına göre yapılmıştır. Bu karışımlar sırası ile düşük yağ iticilik değerinden yükseğine doğru olmak üzere kumaş üzerine damlatılmaktadır. Sıra ile yapılan damlatmada 30 saniye sonra yağ damlasının kumaş tarafından emildiğinin bir önceki basamağı yağ iticilik değeri olarak alınmaktadır (AATCC TM118 standardı, 2013).

7.3.8 Kir iticilik değerinin ölçülmesi

Kir iticilik testi, AATCC TM130-2018 standardına göre yapılmıştır. Her kumaştan 7,5x7,5 cm boyutunda dörder adet numune kesilmektedir. Bu numunelere çay, kahve ve vişne suyu lekelerinden 5 damla kumaşa damlatılmaktadır. 25 dakika bekletilmektedir. Daha sonra, kumaşlar 30°C ön yıkamasız programda 100 gr Colormatik deterjanla 12 dk Arçelik 8143YCM model çamaşır makinesinde yıkanmaktadır. Makinada toplam kumaş ağırlığı 2 kg'dır. 1 ve 5 kez yıkamadan sonra kumaşlar Arçelik 2772KT model kurutucuda 15 dakika programında kurutulmaktadır. Daha sonra 1 ve 5 kez yıkanan numuneler standardın özel skalası ile değerlendirilmektedir. 1: en kötü, 5: en iyi kir iticilik değeridir (AATCC TM130 standardı, 2018). Şekil 7.15'te kir iticilik skalası görülmektedir.



Şekil 7.15 Kir iticilik skalası

Kirlerin hazırlanması:

Çay lekesinin hazırlanması:

10 g/l çay, 2 g/l şeker ılık suda 20 dk demlenmektedir. Sonra 5 damla kumaşa damlatılmaktadır.

Kahve lekesinin hazırlanması:

10 g/l kahve ılık suya eklenmektedir. Sonra 5 damla kumaşa damlatılmaktadır.

7.3.9 SEM analizi

Şekil 7.16'daki Thermo Scientific Apreo S marka SEM cihazında kumaşların yüzey morfolojileri görüntülenmiştir.



Şekil 7.16 SEM cihazı

7.3.10 XPS analizi

Kumaşların kimyasal yapılarını ortaya çıkarmak için XPS analizi yapılmıştır. Şekil 7.17'deki Thermo Scientific K- Alpha marka XPS cihazının görüntüsü verilmiştir.



Şekil 7.17 XPS cihazı

7.3.11 FTIR analizi

Kumaşların kimyasal yapısının belirlenmesi için FTIR analizi yapılmıştır. Şekil 7.18'deki Perkin Elmer Spectrum Two marka FTIR cihazının görüntüsü verilmiştir.



Şekil 7.18 FTIR cihazı

7.3.12 AFM analizi

Kumaşların yüzey topografisinin incelenmesi için AFM analizi yapılmıştır. şekil 7.19'daki BRUKER Dimension Edge with ScanAsyst marka AFM cihazında kumaşların yüzey topografisinin görüntülenmiştir.



şekil 7.19 AFM cihazı

8. BULGULAR

Çok tabakalı kaplama yöntemi kullanılarak pamuklu kumaşlara aplikasyonlar yapılmıştır. Bu aplikasyonlardan sonra tüm kumaş numunelerinin testleri (temas açısı, hava geçirgenliği, kopma mukavemeti, dairesel eğilme dayanımı, kumaş kalınlığı, yüzey pürüzlülüğü, su, yağ ve kir iticilik testi) ve karakterizasyon analizleri (SEM, XPS, FTIR ve AFM) gerçekleştirilmiştir. Elde edilen tüm sonuçlar bu bölümde değerlendirilmiştir.

8.1 Temas açısı sonuçlarının değerlendirilmesi

8.1.1 İşlem görmemiş pamuklu kumaşların temas açısı sonuçlarının değerlendirilmesi



Şekil 8.1 İşlem görmemiş kumaş yüzeyinde su damlacık görüntüsü

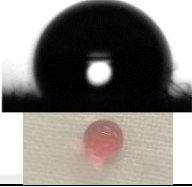
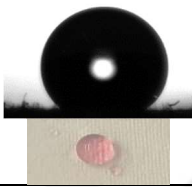
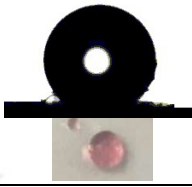
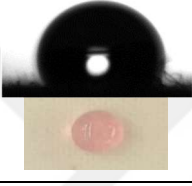
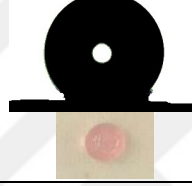
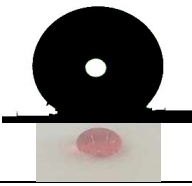
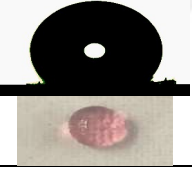
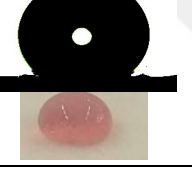
Şekil 8.1'de görüldüğü gibi, işlem görmemiş kumaşın ölçülen temas açısı $21,38^\circ$ 'dir. Bu kumaşa test sırasında 1 adet su damlası damlatılmış olup, kumaş bu damlayı hemen emmiştir. Dolayısıyla kumaş tamamen hidrofil özelliktedir.

8.1.2 TiO_2 - SiO_2 @ PDMS aplikasyonları yapılan kumaşların temas açısı sonuçlarının değerlendirilmesi

Bu çalışmada, SiO_2 ve TiO_2 nanopartiküllerinin orijinal hidrofil çözeltisi, PDMS çözeltisine kovalent olarak bağlandıktan sonra süperhidrofob hale gelmiştir. TiO_2 ve SiO_2 nanopartikülleri, manyetik bir karıştırıcıda 1 gr PDMS polimeri ile karıştırılmıştır. Bu nedenle, orijinal hidrofil TiO_2 ve SiO_2 partikülleri, aşılınmış PDMS prepolimeriyle birlikte süperhidrofob hale gelmiştir.

8.1.2.1 Normal pamuklu kumaşların temas açısı sonuçlarının değerlendirilmesi

Tablo 8.1 Su damlası testi ile elde edilen normal pamuklu kumaş üzerinde su emme görüntüsü ve temas açısı değerleri

Normal pamuklu kumaşta su emme ve temas açısı değerleri ve görüntüsü (A planı)					
PDMS miktarı (gr)	Tabaka sayısı				
	1	4	8		
1	N11 TA= 135,7° 	N14 TA= 147° 	N18 TA= 153° 		
2	N21 TA= 136° 	N24 TA= 150° 	N28 TA= 154° 		
3	N31 TA= 146,7° 	N34 TA= 152° 	N38 TA= 155° 		

LBL yöntemiyle işlem görmüş normal pamuklu kumaşların N11, N14 ve N18 numunelerinde, TiO_2 (50mL), SiO_2 (50mL) nanopartiküllerin miktarı ve PDMS miktarı (1 gr) sabit iken, tabaka sayısı farklıdır (Tablo 8.1). LBL yöntemi uygulanarak N11, 1 tabaka, N14, 4 tabaka ve N18, 8 tabaka olarak kumaşlara aplikasyon yapılmıştır. Bu numunelerin temas açlarına bakıldığında; tabaka sayısının artması ile temas açılarının arttığı görülmektedir. N21, N24 ve N28 numuneleri, TiO_2 (50mL) ve SiO_2 (50mL) nanopartiküllerin miktarı sabit ve PDMS miktarı (2 gr) sabit olarak yine 1, 4 ve 8 tabaka uygulanmış numunelerdir. Burada da yine tabaka sayısının artması ile temas açılarının arttığı görülmektedir. N31, N34 ve N38 numuneleri, TiO_2 (50mL) ve SiO_2 (50mL) nanopartiküllerin miktarı sabit ve PDMS miktarı (3 gr) sabit olarak yine 1, 4 ve 8 tabaka uygulanmış numunelerdir. Burada da yine tabaka sayısının artması ile temas açılarının arttığı görülmektedir.

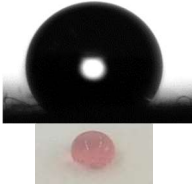
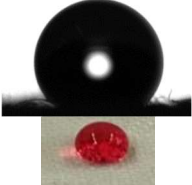
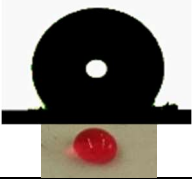
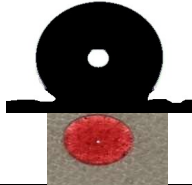
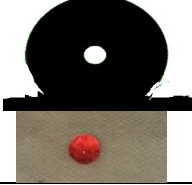
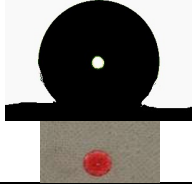
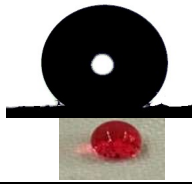
N11, N21 ve N31 numunelerinde, TiO_2 (50mL) ve SiO_2 (50mL) nanopartiküllerin miktarı ve tabaka sayısı sabit iken PDMS miktarı gittikçe artmaktadır. Yani N11'de 1 gr PDMS

kullanılırken, N21’de 2 gr, N31’de 3 gr PDMS kullanılmıştır. Sonuçta, PDMS miktarının artması temas açılarını artırmıştır. Aynı sonuç; N14, N24, N34 ve N18, N28 ve N38 numunelerinde de elde edilmiştir. Yani, 1, 4 ve 8 tabakalı numunelerde de PDMS miktarının artması ile temas açıları artırmıştır.

Tablo 8.1’de de görüldüğü gibi en yüksek temas açısı N38 kodlu numunede elde edilmiştir. Bu numunede hem PDMS miktarı en yüksek (3 gr) hem de tabaka sayısı en fazladır (8 tabaka). Bunun nedeni, TiO_2 ve SiO_2 maddelerinin liflerin yüzeyinde pürüzlülük yaratmasıdır. Ayrıca PDMS maddesi yüksek hidrofob etkiye ve düşük yüzey enerjisine sahip olduğundan aynı zamanda pamuklu kumaşa sıkı bir bağla bağlandığından kumaş yüzeyinde süperhidrofob bir etki sağlanmıştır.

8.1.2.2 Katyonize pamuklu kumaşların temas açısı sonuçlarının değerlendirilmesi

Tablo 8.2 Su damlası testi ile elde edilen katyonize pamuklu kumaş üzerinde su emme görüntüsü ve temas açısı değerleri

Katyonize pamuklu kumaşa su emme ve temas açısı değerleri ve görüntüsü (B planı)			
PDMS miktarı (gr)	Tabaka sayısı		
	1	4	8
1	K11 TA= 147,6° 	K14 TA= 150,94° 	K18 TA= 151,94° 
2	K21 TA= 148,56° 	K24 TA= 152° 	K28 TA= 152,93° 
3	K31 TA= 151,6° 	K34 TA= 153° 	K38 TA= 158° 

Tablo 8.2’de, LBL yöntemiyle işlem görmüş katyonize pamuklu kumaşların temas açılarına ait veriler görülmektedir. K11, K14 ve K18 numunelerinde, TiO_2 (50mL), SiO_2 (50mL)

nanopartiküllerin miktarı ve PDMS miktarı (1 gr) sabit iken, tabaka sayısı farklıdır. LBL yöntemi uygulanarak K11, 1 tabaka, K14, 4 tabaka ve K18, 8 tabaka olarak kumaşlara aplikasyon yapılmıştır. Temas açılarına bakıldığında; tabaka sayısının artması ile temas açılarının arttığı görülmektedir. K21, K24 ve K28 numuneleri, TiO_2 (50mL) ve SiO_2 (50mL) nanopartiküllerin miktarı sabit ve PDMS miktarı (2 gr) sabit olarak yine 1, 4 ve 8 tabaka uygulanmış numunelerdir. Burada da yine tabaka sayısının artması ile temas açılarının arttığı görülmektedir. K31, K34 ve K38 numuneleri, TiO_2 (50mL) ve SiO_2 (50mL) nanopartiküllerin miktarı sabit ve PDMS miktarı (3 gr) sabit olarak yine 1, 4 ve 8 tabaka uygulanmış numunelerdir. Burada da yine tabaka sayısının artması ile temas açılarının arttığı görülmektedir.

K11, K21 ve K31 numunelerinde, TiO_2 (50mL) ve SiO_2 (50mL) nanopartiküllerin miktarı ve tabaka sayısı sabit iken PDMS miktarı gittikçe artmaktadır. Yani K11’de 1 gr PDMS kullanılırken, K21’de 2 gr, K31’de 3 gr PDMS kullanılmıştır. Sonuçta, PDMS miktarının artması temas açılarını artırmıştır. Aynı sonuç; K14, K24, K34 ve K18, K28 ve K38 numunelerinde de elde edilmiştir. Yani, 1, 4 ve 8 tabakalı numunelerde de PDMS miktarının artması ile temas açıları artırmıştır.

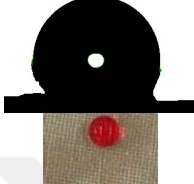
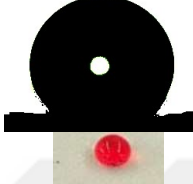
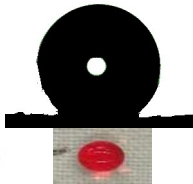
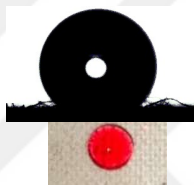
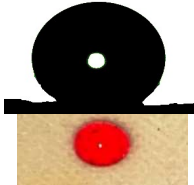
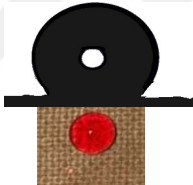
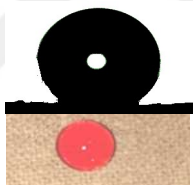
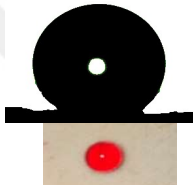
Tablo 8.2’de de görüldüğü gibi en yüksek temas açısı K38 kodlu numunede elde edilmiştir. Bu numunede hem PDMS miktarı en yüksek (3 gr) hem de tabaka sayısı en fazladır (8 tabaka). Bunun nedeni, TiO_2 ve SiO_2 maddelerinin liflerin yüzeyinde pürüzlülük yaratmasıdır. Ayrıca PDMS maddesi yüksek hidrofob etkiye ve düşük yüzey enerjisine sahip olduğundan aynı zamanda pamuklu kumaşa sıkı bir bağla bağlandığından kumaş yüzeyinde süperhidrofob bir etki sağlanmıştır.

8.1.3 TiO_2 - TiO_2 @ PDMS aplikasyonları yapılan kumaşların temas açısı sonuçlarının değerlendirilmesi

Bu çalışmada, anyonik TiO_2 ve katyonik TiO_2 nanopartiküllerinin bulunduğu orijinal hidrofıl çözeltiler hazırlanarak, bunlar PDMS çözeltisine kovalent olarak bağlanmışlardır. Sonuçta süperhidrofob çözeltiler elde edilmiştir. Anyonik TiO_2 ve katyonik TiO_2 nanopartikülleri, manyetik karıştırıcıda 1 gr PDMS prepolimeri ile karıştırılmıştır. Bu nedenle, orijinal hidrofıl anyonik TiO_2 ve katyonik TiO_2 partikülleri, aşılansmış PDMS prepolimeriyle birlikte süperhidrofob hale gelmiştir.

8.1.3.1 Normal pamuklu kumaşların temas açısı sonuçlarının değerlendirilmesi

Tablo 8.3 Su damlası testi ile elde edilen normal pamuklu kumaş üzerinde su emme görüntüsü ve temas açısı değerleri

Normal pamuklu kumaşta su emme ve temas açısı değerleri ve görüntüsü (C planı)			
PDMS miktarı (gr)	Tabaka sayısı		
	1	4	8
1	NA11 TA= 142,6° 	NA14 TA = 151° 	NA18 TA=154° 
2	NA21 TA= 147° 	NA24 TA= 151,47° 	NA28 TA= 155,6° 
3	NA31 TA= 147,7° 	NA34 TA= 154,79° 	NA38 TA= 156,28° 

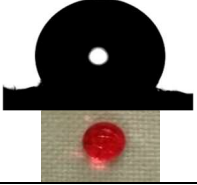
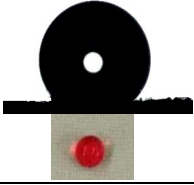
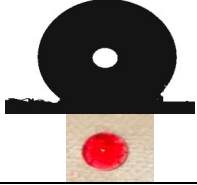
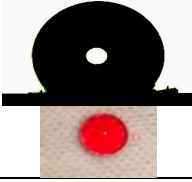
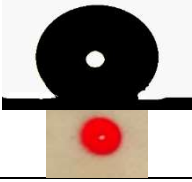
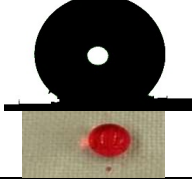
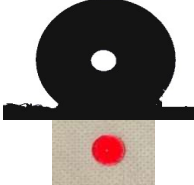
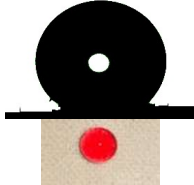
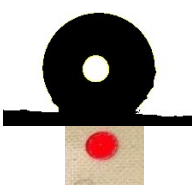
LBL yöntemiyle işlem görmüş normal pamuklu kumaşların NA11, NA14 ve NA18 numunelerinde, katyonik TiO₂ (50mL), anyonik TiO₂ (50mL) nanopartiküllerin miktarı ve PDMS miktarı (1 gr) sabit iken, tabaka sayısı farklıdır (Tablo 8.3). LBL yöntemi uygulanarak NA11, 1 tabaka, NA14, 4 tabaka ve NA18, 8 tabaka olarak kumaşlara aplikasyon yapılmıştır. Bu numunelerin temas açlarına bakıldığında; tabaka sayısının artması ile temas açılarının arttığı görülmektedir. NA21, NA24 ve NA28 numuneleri, TiO₂ (50mL) nanopartiküllerin miktarı sabit ve PDMS miktarı (2 gr) sabit olarak yine 1, 4 ve 8 tabaka uygulanmış numunelerdir. Burada da yine tabaka sayısının artması ile temas açılarının arttığı görülmektedir. NA31, NA34 ve NA38 numuneleri, TiO₂ (50mL) nanopartiküllerin miktarı sabit ve PDMS miktarı (3 gr) sabit olarak yine 1, 4 ve 8 tabaka uygulanmış numunelerdir. Burada da yine tabaka sayısının artması ile temas açılarının arttığı görülmektedir.

NA11, NA21 ve NA31 numunelerinde, TiO_2 (50mL) nanopartiküllerin miktarı ve tabaka sayısı sabit iken PDMS miktarı gittikçe artmaktadır. Yani NA11’de 1 gr PDMS kullanılırken, NA21’de 2 gr, NA31’de 3 gr PDMS kullanılmıştır. Sonuçta, PDMS miktarının artması temas açılarını artırmıştır. Aynı sonuç; NA14, NA24, NA34 ve NA18, NA28 ve NA38 numunelerinde de elde edilmiştir. Yani, 1, 4 ve 8 tabakalı numunelerde de PDMS miktarının artması ile temas açıları artırmıştır.

Tablo 8.3’de de görüldüğü gibi en yüksek temas açısı NA38 kodlu numunede elde edilmiştir. Bu numunede hem PDMS miktarı en yüksek (3 gr) hem de tabaka sayısı en fazladır (8 tabaka). Bunun nedeni, TiO_2 maddesinin liflerin yüzeyinde pürüzlülük yaratmasıdır. Ayrıca PDMS maddesi yüksek hidrofob etkiye ve düşük yüzey enerjisine sahip olduğundan aynı zamanda pamuklu kumaşa sıkı bir bağla bağlandığından kumaş yüzeyinde süperhidrofob bir etki sağlanmıştır.

8.1.3.2 Katyonize pamuklu kumaşların temas açısı sonuçlarının değerlendirilmesi

Tablo 8.4 Su damlası testi ile elde edilen katyonize pamuklu kumaş üzerinde su emme görüntüsü ve temas açısı değerleri

Katyonize pamuklu kumaşta su emme ve temas açısı değerleri ve görüntüsü (D planı)			
PDMS miktarı (gr)	Tabaka sayısı		
	1	4	8
1	KA11 TA = 145° 	KA14 TA = 150.5° 	KA18 TA = 152° 
2	KA21 TA = 148.72° 	KA24 TA = 151° 	KA28 TA = 152° 
3	KA31 TA = 149.4° 	KA34 TA = 154.4° 	KA38 TA = 157° 

LBL yöntemiyle işlem görmüş katyonize pamuklu kumaşların KA11, KA14 ve KA18 numunelerinde, anyonik TiO_2 (50mL), katyonik TiO_2 (50mL) nanopartiküllerin miktarı ve PDMS miktarı (1 gr) sabit iken, tabaka sayısı farklıdır (Tablo 8.4). LBL yöntemi uygulanarak KA11, 1 tabaka, KA14, 4 tabaka ve KA18, 8 tabaka olarak kumaşlara aplikasyon yapılmıştır. Bu numunelerin temas açılarına bakıldığında; tabaka sayısının artması ile temas açılarının arttığı görülmektedir. KA21, KA24 ve KA28 numuneleri, TiO_2 (50mL) nanopartiküllerin miktarı sabit ve PDMS miktarı (2 gr) sabit olarak yine 1, 4 ve 8 tabaka uygulanmış numunelerdir. Burada da yine tabaka sayısının artması ile temas açılarının arttığı görülmektedir. KA31, KA34 ve KA38 numuneleri, TiO_2 (50mL) nanopartiküllerin miktarı sabit ve PDMS miktarı (3 gr) sabit olarak yine 1, 4 ve 8 tabaka uygulanmış numunelerdir. Burada da yine tabaka sayısının artması ile temas açılarının arttığı görülmektedir.

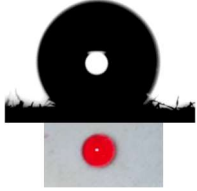
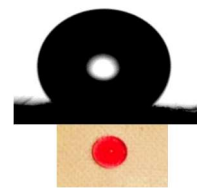
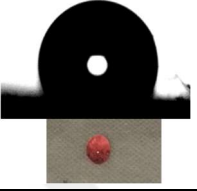
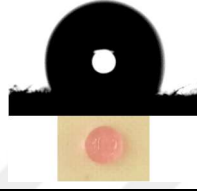
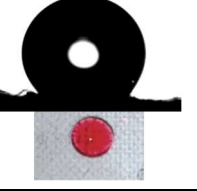
KA11, KA21 ve KA31 numunelerinde, TiO_2 (50mL) nanopartiküllerin miktarı ve tabaka sayısı sabit iken PDMS miktarı gittikçe artmaktadır. Yani KA11’de 1 gr PDMS kullanılırken, KA21’de 2 gr, KA31’de 3 gr PDMS kullanılmıştır. Sonuçta, PDMS miktarının artması temas açılarını artırmıştır. Aynı sonuç; KA14, KA24, KA34 ve KA18, KA28 ve KA38 numunelerinde de elde edilmiştir. Yani, 1, 4 ve 8 tabakalı numunelerde de PDMS miktarının artması ile temas açıları artırmıştır.

Tablo 8.4’de de görüldüğü gibi en yüksek temas açısı KA38 kodlu numunede elde edilmiştir. Bu numunede hem PDMS miktarı en yüksek (3 gr) hem de tabaka sayısı en fazladır (8 tabaka). Bunun nedeni, TiO_2 maddesinin liflerin yüzeyinde pürüzlülük yaratmasıdır. Ayrıca PDMS maddesi yüksek hidrofob etkiye ve düşük yüzey enerjisine sahip olduğundan aynı zamanda pamuklu kumaşa sıkı bir bağla bağlandığından kumaş yüzeyinde süperhidrofob bir etki sağlanmıştır.

8.1.4 Yıkama sonrası pamuklu kumaşların temas açılarının değerlendirilmesi

Temas açıları 150° ve üstü çıkan numunelerin yıkama dayanımlarına bakmak için standart yıkamalar yapılmıştır. Bu numunelerin temas açıları Tablo 8.5’te verilmiştir.

Tablo 8.5 5 yıkamadan sonra su emme görüntüsü ve temas açısı değerleri

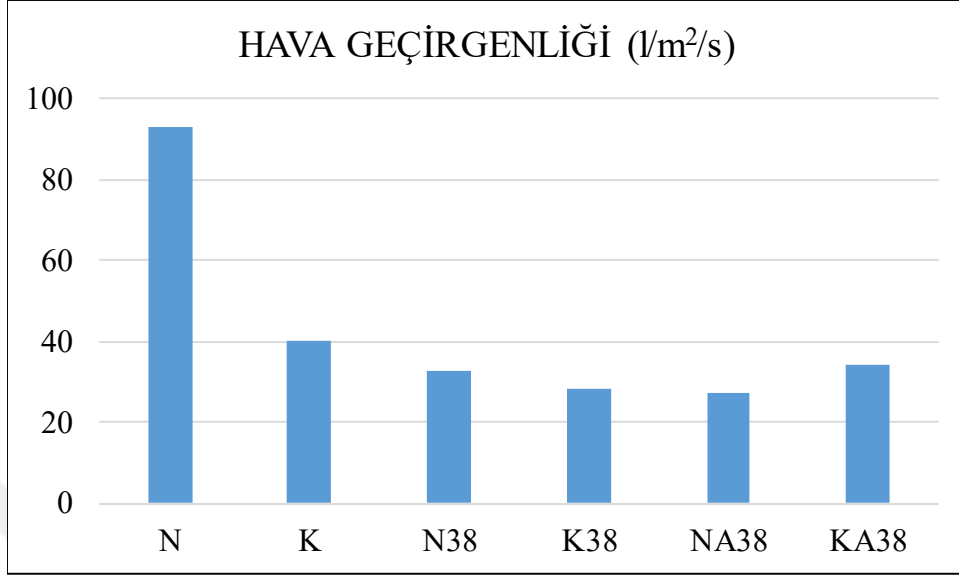
5 yıkama sonrası	N38 TA=150,94° 	NA38 TA=151,16° 	KA38 TA= 152,13° 
	K31 TA= 148,56° 	K34 TA= 149,79° 	K38 TA= 153,07° 

N38 kodlu numunenin temas açısı yıkama öncesi 155° iken 5 yıkama sonrasında temas açısı 150,94°'ye düşmüştür. NA38 kodlu numunenin temas açısı yıkama öncesi 156,28° iken 5 yıkama sonrasında temas açısı 151,16°'ye düşmüştür. KA38 kodlu numunenin temas açısı yıkama öncesi 157° iken 5 yıkama sonrasında temas açısı 152,13°'ye düşmüştür. K38 kodlu numunenin temas açısı yıkama öncesi 158° iken 5 yıkama sonrasında temas açısı 153,07°'ye düşmüştür. 5 yıkama sonrasında temas açıları yaklaşık 4-5° düşmüştür. Ancak bu düşüşler çok fazla değildir. Bu kumaşlar hala süperhidrofob özelliktedir.

K31 kodlu numunenin temas açısı yıkama öncesi 151,6° iken 5 yıkama sonrasında temas açısı 148,56°'ye düşmüştür. K34 kodlu numunenin temas açısı yıkama öncesi 153° iken 5 yıkama sonrasında temas açısı 149,79°'a düşmüştür. K38 kodlu numunenin temas açısı yıkama öncesi 158° iken 5 yıkama sonrasında temas açısı 153,07°'ye düşmüştür. 5 yıkama sonrasında temas açıları yaklaşık 3-5° düşmüştür. Ancak bu düşüşler de çok fazla değildir. Bu kumaşlar da hala süperhidrofob özelliktedir. Ayrıca burada, tabaka sayısı arttıkça yine temas açılarında çok belirgin düşüşler görülmemiştir.

8.2 Hava geçirgenliği sonuçlarının değerlendirilmesi

Temas açıları en yüksek çıkan işlem gören kumaşların, işlemsiz normal pamuklu ve işlemsiz katyonize pamuklu kumaşların hava geçirgenlik değerlerine ait grafik Şekil 8.2'de verilmiştir.



Şekil 8.2 Hava geçirgenlik değerleri

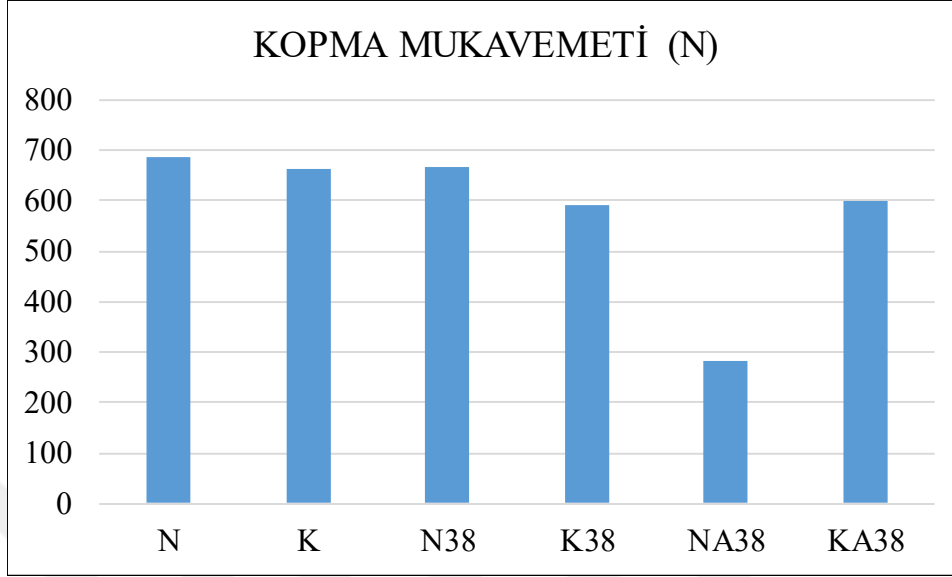
*Not: N: Normal (işlemsiz) pamuklu kumaş, K: Katyonize pamuklu kumaş

Şekil 8.2’de incelendiğinde; işlemsiz normal pamuklu kumaşın hava geçirgenlik değerinin diğer kumaşların hava geçirgenlik değerlerine göre daha yüksek çıktığı görülmüştür. Hem katyonize yapılan kumaşın hem de diğer çok tabakalı katman yöntemiyle işlem gören tüm kumaşların hava geçirgenlik değerleri oldukça fazla düşmüştür. Bunun nedeni, kumaşların kimyasal yaş işlemler sırasında boydan ve enden çekmesidir.

Genel olarak hava geçirgenlik testi sonuçları, çok tabakalı film kaplı kumaşlarda tabaka sayısının artmasıyla ve PDMS miktarının artmasıyla kumaşların hava geçirgenlik değerlerinin azaldığını göstermektedir. İşlem görmüş pamuklu kumaş için hava geçirgenliğinin işlem görmemiş pamuklu kumaştan daha az olduğu görülebilmektedir. Bununla ilgili literatürde bulunan araştırmalar incelendiğinde benzer sonuçlar görülmüştür (Riaz ve ark, 2019; Zhu ve ark, 2017).

8.3 Kopma mukavemeti sonuçlarının değerlendirilmesi

Temas açıları en yüksek çıkan işlem gören kumaşların, işlemsiz normal pamuklu ve işlemsiz katyonize pamuklu kumaşların ait grafik Şekil 8.3’te verilmiştir.



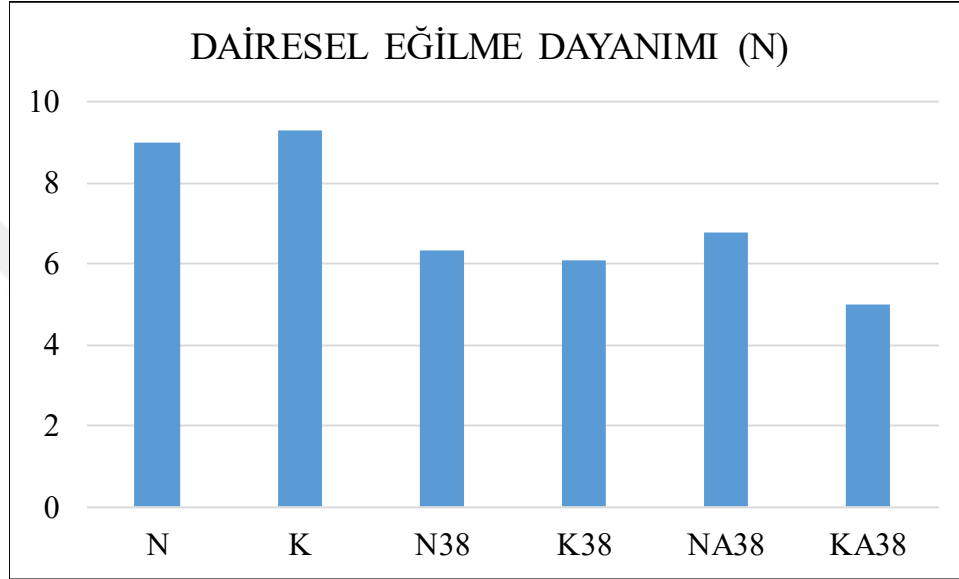
Şekil 8.3 Kopma mukavemet değerleri

Çok tabakalı kaplama işlemi için hazırlık sırasında kumaş katyonikleştirme işleminde Hydrocol KNR ve NaOH maddeleri kullanılmıştır. LBL işlemlerinde ise, nanopartikül dispersiyonlarına anyonik ve katyonik karakter kazandırmak için HCl ve NaOH kullanılmıştır. Bu hazırlanan çözeltilerde, kumaşlar her tabaka oluşumunda 5 dakika bekletilmiştir. Şekil 8.3 incelendiğinde; işlemsiz pamuklu kumaşın kopma mukavemeti değerinin diğer kumaşların kopma mukavemeti değerlerine göre daha yüksek çıktığı görülmüştür. Çok tabakalı kaplama yöntemiyle işlem gören tüm kumaşların kopma mukavemeti değerleri düşmüştür bunun nedeni çözeltinin içindeki asit nedeniyle kumaşın mukavemeti değişmiştir. En çok düşen mukavemet NA38 kodlu numunededir.

Asitlere karşı pamuk liflerinin dayanımı oldukça düşüktür (Uğur, 2010 ; Cook J. G., 1993). Cheng ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, pamuklu kumaşların katyonik modifiye edici maddelerle işlem görmesi ve sodyum hidroksitin elyaf mukavemetine zarar vermesi nedeniyle katyonize pamuğun yanı sıra kaplanmış pamuğun kopma mukavemeti ve uzaması biraz azalmıştır (Cheng ve ark, 2018). Kopma mukavemetinin düşmesinin ikinci bir nedeni ise, aktarılan TiO_2 ve SiO_2 nanopartikülleri ve PDMS sayesinde iplikler kayganlaştığı için test sırasında kopma anında lifler birbirine tutunamamakta, güç birliği yapamamakta ve bunun sonucunda kopma mukavemeti düşmektedir.

8.4 Dairesel eğilme dayanımı sonuçlarının değerlendirilmesi

Temas açıları en yüksek çıkan işlem gören kumaşların, işlemsiz normal pamuklu ve işlemsiz katyonize pamuklu kumaşların dairesel eğilme dayanımı değerlerine ait grafik Şekil 8.4’de verilmiştir.

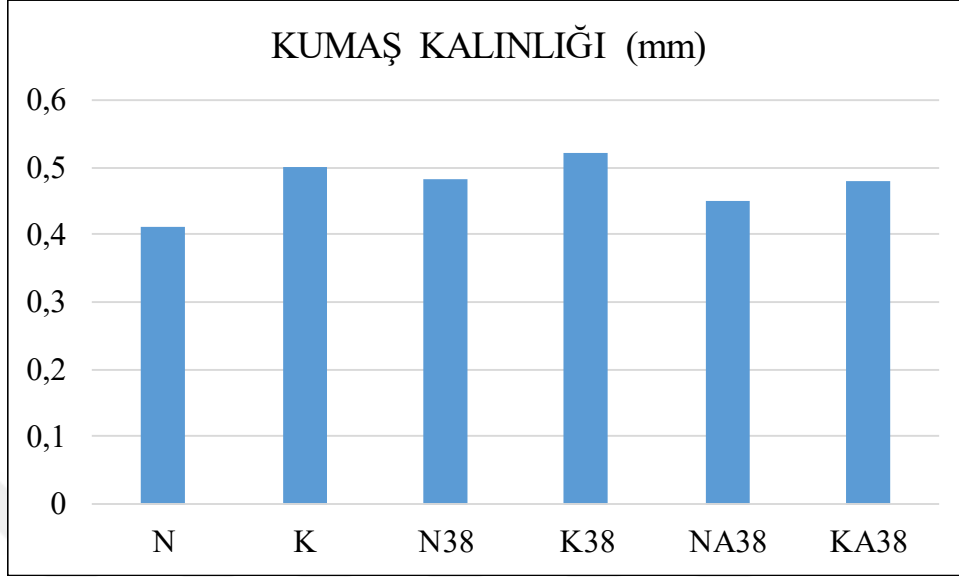


Şekil 8.4 Dairesel eğilme dayanım değerleri

Şekil 8.4 incelendiğinde işlemsiz normal ve katyonize pamuklu kumaşların dairesel eğilme dayanım değerinin diğer kumaşların dairesel eğilme dayanım değerlerine göre daha yüksek çıktığı görülmüştür. Dairesel eğilme dayanımının yüksek olması kumaşın sertliğinin arttığını göstermektedir. Sonuçta, en sert tuşeye sahip kumaşlar işlemsiz normal ve katyonize pamuklu kumaşlardır. Çok tabakalı kaplama yöntemiyle işlem gören tüm kumaşların tuşesi işlem görmemiş kumaşlara göre daha yumuşaktır. Bu sonuç da, LBL aplikasyonlarının kumaşların tuşe özellikleri üzerine olumlu etki sağladığını göstermektedir. Tuşenin işlem sonrasında daha yumuşak olmasının nedeni, kumaşlara siloksan içeren PDMS maddesinin aktarılmış olmasıdır.

8.5 Kumaş kalınlığı sonuçlarının değerlendirilmesi

Temas açıları en yüksek çıkan işlem gören kumaşların, işlemsiz normal pamuklu ve işlemsiz katyonize pamuklu kumaşların kalınlık değerlerine ait grafik Şekil 8.5’te verilmiştir.

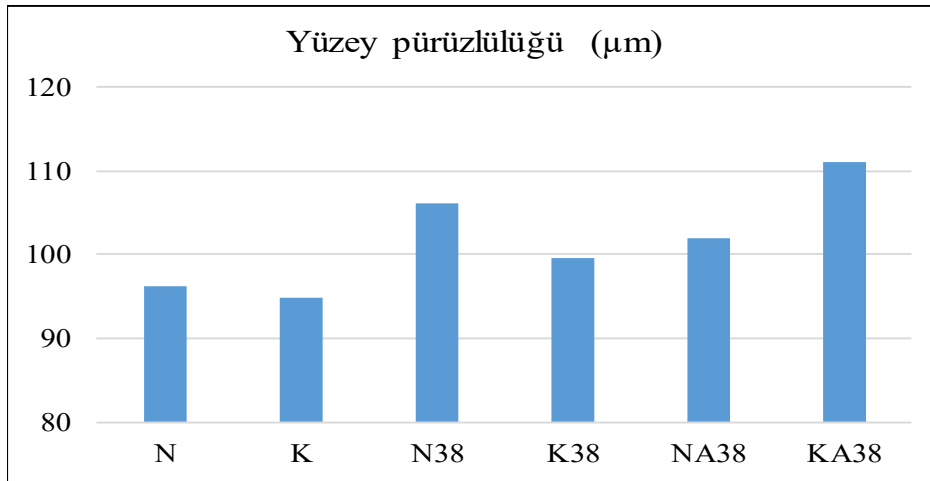


Şekil 8.5 Kumaş kalınlık değerleri

Şekil 8.5 incelendiğinde; işlemsiz normal pamuklu kumaşın kalınlık değerinin diğer kumaşların kalınlık değerlerine göre daha düşük çıktığı görülmüştür. İşlem görmemiş katyonize kumaş, katyonikleştirme işlemine tabi tutulduğundan dolayı bir miktar kalınlığı artmıştır. LBL yöntemiyle yapılan aplikasyonlar sonucunda işlem gören tüm kumaşların da kalınlıkları artmıştır. Bunun nedeni, kumaşların kimyasal yaş işlemler sırasında boydan ve enden çekerek toplanmasıdır.

8.6 Yüzey pürüzlülüğü sonuçlarının değerlendirilmesi

Temas açıları en yüksek çıkan işlem gören kumaşların, işlemsiz normal pamuklu ve işlemsiz katyonize pamuklu kumaşların yüzey pürüzlülük değerlerine ait grafik Şekil 8.6'da verilmiştir.



Şekil 8.6 Yüzey pürüzlülüğü sonuçlarının değerlendirilmesi

Şekil 8.6 incelendiğinde; işlemsiz normal ve katyonize pamuklu kumaşların yüzey pürüzlülük değerlerinin işlem gören tüm kumaşların yüzey pürüzlülük değerlerine göre daha düşük çıktığı görülmüştür. LBL yöntemiyle yapılan aplikasyonlar sonucunda işlem gören tüm kumaşların dolayısıyla liflerin yüzeyinde titanyum ve silisyum nanopartiküllerle pürüzlülük oluşturulduğundan dolayı bu kumaşların yüzey pürüzlülük değerleri artmıştır. Bu kumaşlar, 8 tabaka ile kaplanmış olduğundan yüzey pürüzlülük değerlerindeki artış grafikte de belirgin bir şekilde görülmektedir. Bu artış, yaklaşık % 7-19 arasındadır. İşlem gören bu kumaşların SEM analizlerindeki fotoğraflarında da liflerin yüzeyindeki pürüzlülükler açık bir şekilde görülmektedir (Bkz 8.9).

8.7 Su ve yağ iticilik sonuçlarının değerlendirilmesi

Temas açıları en yüksek çıkan işlem gören kumaşların, işlemsiz normal pamuklu ve işlemsiz katyonize pamuklu kumaşların su iticilik değerleri Tablo 8.5'te verilmiştir. Bu kumaşların yağ iticilik özellikleri saptanmamıştır.

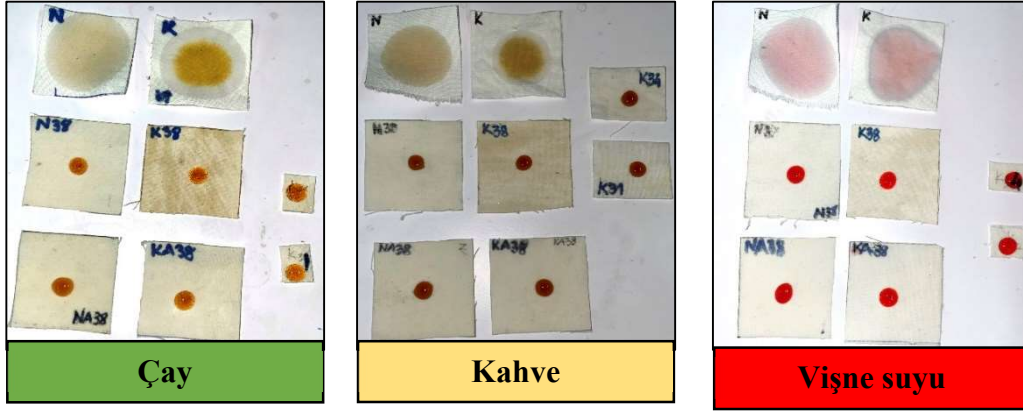
Tablo 8.6 Su iticilik değerleri

Kumaş kod	Su iticilik değeri
N	0
K	0
N38	95
K38	95
NA38	95
KA38	90

Çok tabakalı kaplama yöntemiyle yapılan aplikasyonlarda kumaşların su itici özelliği saptanmıştır. Su iticilik testi sonucunda işlem gören tüm kumaşların su iticilik değerleri 90-95 olarak ölçülmüştür. Bu rakamlar oldukça yüksek rakamlar olup, temas açısı sonuçlarından da görüldüğü üzere tüm işlem gören kumaşların süperhidrofob bir kumaş yüzeyine sahip olduğu kanıtlanmıştır.

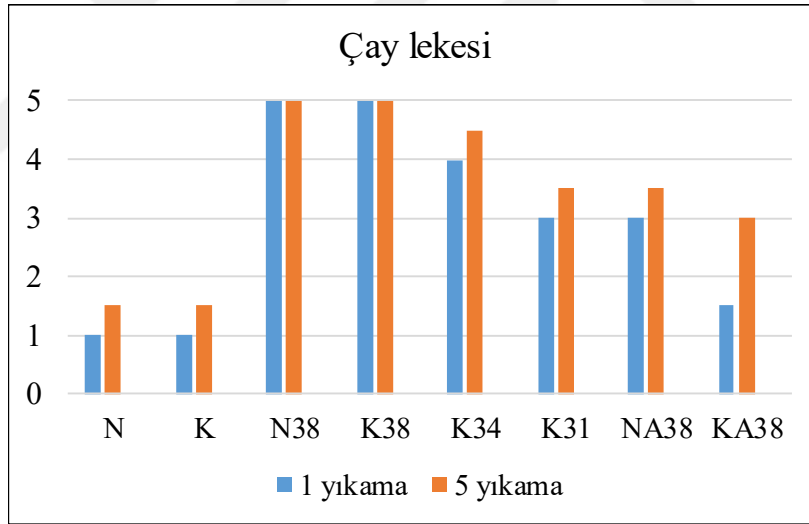
8.8 Kir iticilik sonuçlarının değerlendirilmesi

Temas açıları en yüksek çıkan işlem gören kumaşların, işlemsiz normal pamuklu ve işlemsiz katyonize pamuklu kumaşların çay, kahve ve vişne suyu sıvıları damlatıldıktan sonraki görünümüleri Şekil 8.7'de verilmiştir.



Şekil 8.7 İşlemsiz ve işlem gören kumaşların çay, kahve ve vişne suyu damlatıldıktan sonra görüntüsü

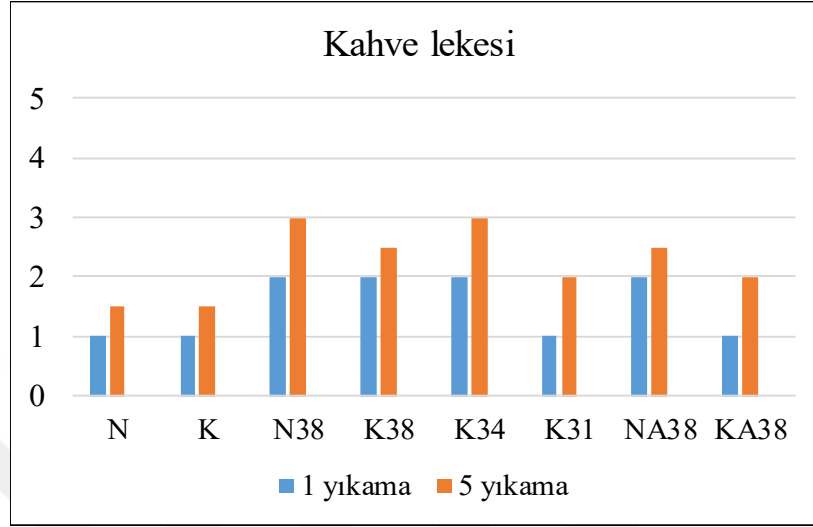
Temas açıları en yüksek çıkan işlem gören kumaşların, işlemsiz normal pamuklu ve işlemsiz katyonize pamuklu kumaşların çay, kahve ve vişne suyu sıvıları damlatıldıktan sonraki kir iticilik değerlerine ait grafikler Şekil 8.8, 8.9 ve 8.10’da verilmiştir.



Şekil 8.8 Çay lekesine ait kumaşın kir iticilik değerleri

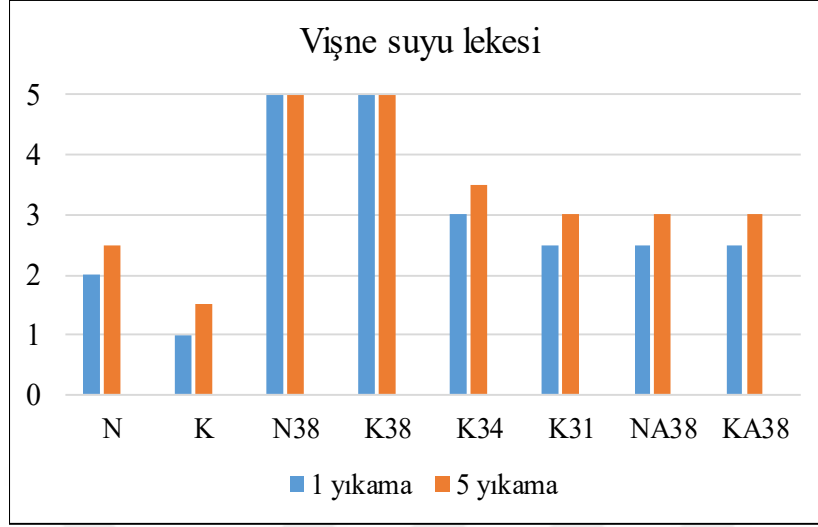
Çay lekesi ile kirlenen daha sonra 1 kez yıkanan işlemsiz kumaşların kir iticilik değerleri 1 iken, LBL işlemi gören tüm kumaşların kir iticilik değerleri artmıştır. En yüksek kir iticilik değeri olan 5 rakamı, N38 ve K38 kodlu numunelerde elde edilmiştir. Yüksekten düşüğe doğru şu şekilde sıralanmaktadır; N38,K38>K34>K31,NA38>KA38. Tabaka sayısı arttıkça kir iticilik değeri artmıştır. K38,8 tabaka, K34 4 tabaka, K31 1 tabaka olup en yüksek kir iticilik değeri 8 tabaka ile kaplanan K38 kodlu numunede elde edilmiştir. Çay lekesi ile kirlenen daha sonra 5 kez yıkanan işlemsiz kumaşların kir iticilik değerleri 1,5 iken, LBL işlemi gören tüm kumaşların kir iticilik değerleri artmıştır. Bu artış, 1 kez yıkanan numunelere göre daha fazla olmuştur. NA38 ve KA38

kodlu numunelerin kir iticilik değerlerinin diğerlerine göre düşük olmasının nedeni, bu numunelerde silisyum oksit kullanılmamasıdır.



Şekil 8.9 Kahve lekesine ait kumaşın kir iticilik değerleri

Kahve lekesi ile kirletilen daha sonra 1 kez yıkanan işlemsiz kumaşların kir iticilik değerleri 1 iken, LBL işlemi gören tüm kumaşların kir iticilik değerleri artmıştır. En yüksek kir iticilik değeri olan 3 rakamı, N38 ve K34 kodlu numunelerde elde edilmiştir. Yüksekten düşüğe doğru şu şekilde sıralanmaktadır; N38,K34>K38,NA38>K31,KA38. Tabaka sayısı arttıkça kir iticilik değeri doğrusal olarak olmasa dahi artmıştır. En yüksek kir iticilik değeri 8 tabaka ile kaplanan K38 kodlu numunede elde edilmiştir. Kahve lekesi ile kirletilen daha sonra 5 kez yıkanan işlemsiz kumaşların kir iticilik değerleri 1,5 iken, LBL işlemi gören tüm kumaşların kir iticilik değerleri artmıştır. Bu artış, 1 kez yıkanan numunelere göre daha fazla olmuştur. KA38 kodlu numunenin kir iticilik değerlerinin diğerlerine göre düşük olmasının nedeni, bu numunelerde silisyum oksit kullanılmamasıdır. Sonuçta, kahve lekesi çay lekesine göre daha ağır bir leke olduğu için kahve lekesine karşı işlem gören kumaşların kir iticilik özelliği daha azdır.

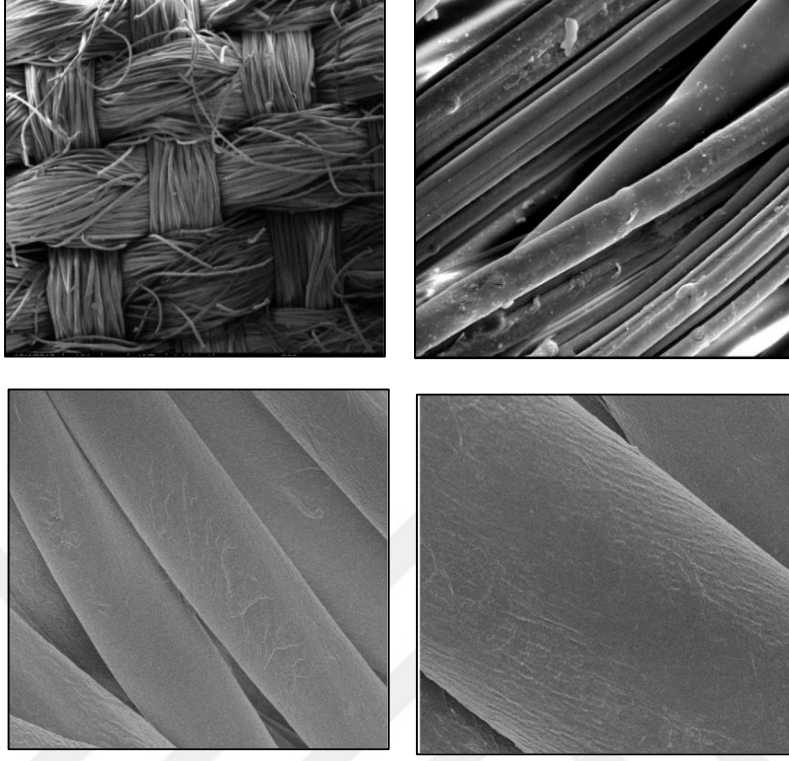


Şekil 8.10 Vişne suyu lekesine ait kumaşın kir iticilik değerleri

Vişne suyu lekesi ile kirletilen daha sonra 1 kez yıkanan işlemsiz kumaşların kir iticilik değerleri 2-1 arasında iken, LBL işlemi gören tüm kumaşların kir iticilik değerleri artmıştır. En yüksek kir iticilik değeri olan 5 rakamı, N38 ve K38 kodlu numunelerde elde edilmiştir. Yüksekten düşüğe doğru şu şekilde sıralanmaktadır; N38,K38>K34>K31,NA38,KA38. Tabaka sayısı arttıkça kir iticilik değeri artmıştır. En yüksek kir iticilik değeri 8 tabaka ile kaplanan K38 kodlu numunede elde edilmiştir. Vişne suyu lekesi ile kirletilen daha sonra 5 kez yıkanan işlemsiz kumaşların kir iticilik değerleri 2,5-1,5 arasında iken, LBL işlemi gören tüm kumaşların kir iticilik değerleri artmıştır. Bu artış, 1 kez yıkanan numunelere göre daha fazla olmuştur. NA38 ve KA38 kodlu numunelerin kir iticilik değerlerinin diğerlerine göre düşük olmasının nedeni, bu numunelerde silisyum oksit kullanılmamasıdır.

8.9 SEM analizlerinin değerlendirilmesi

İşlem görmemiş pamuklu kumaşın ve çok tabakalı kaplama aplikasyonlarından sonra temas açısı 150° ve üstü çıkan pamuklu kumaşların SEM analizleri yapılmıştır. SEM analizlerine ait görüntüler aşağıdaki şekillerde verilmiştir.

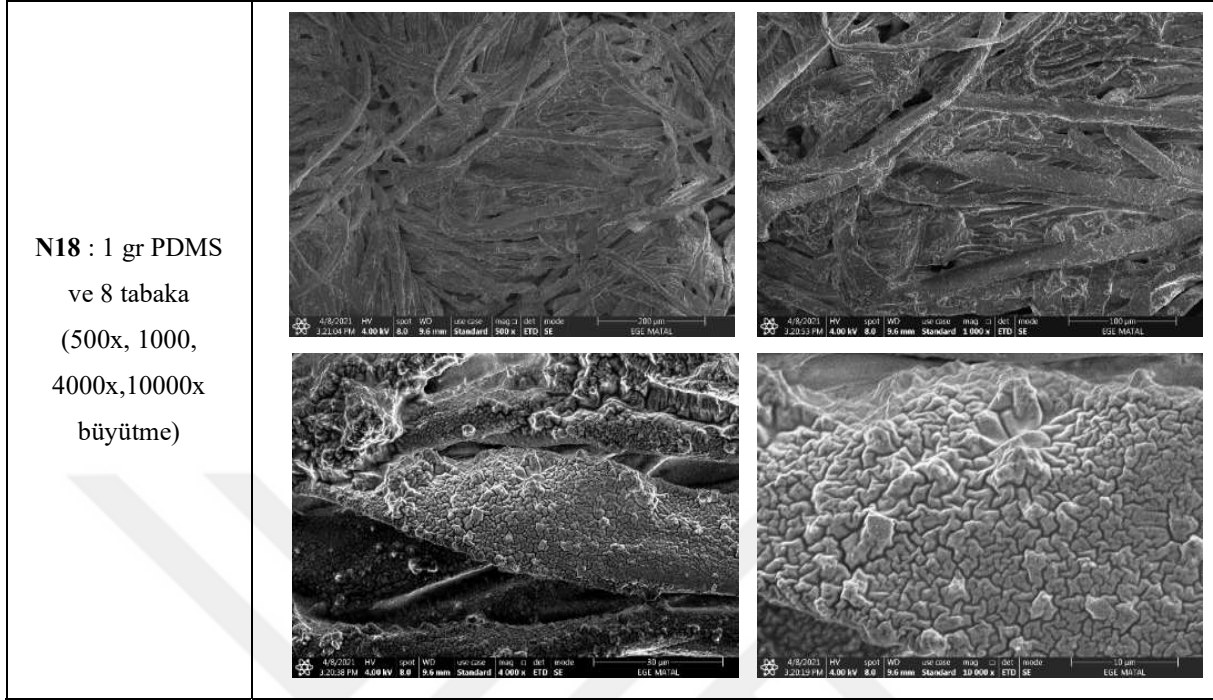


Şekil 8.11 İşlem görmemiş pamuklu kumaşın SEM görüntüsü

Şekil 8.11’deki işlem görmemiş pamuklu kumaşın iplik ve lif görüntüleri incelendiğinde; iplik ve lif yüzeylerinin düzgün olduğu ve herhangi bir pürüzlü görünümün olmadığı görülmektedir.

8.9.1 Normal pamuklu kumaşların SEM analizlerinin değerlendirilmesi

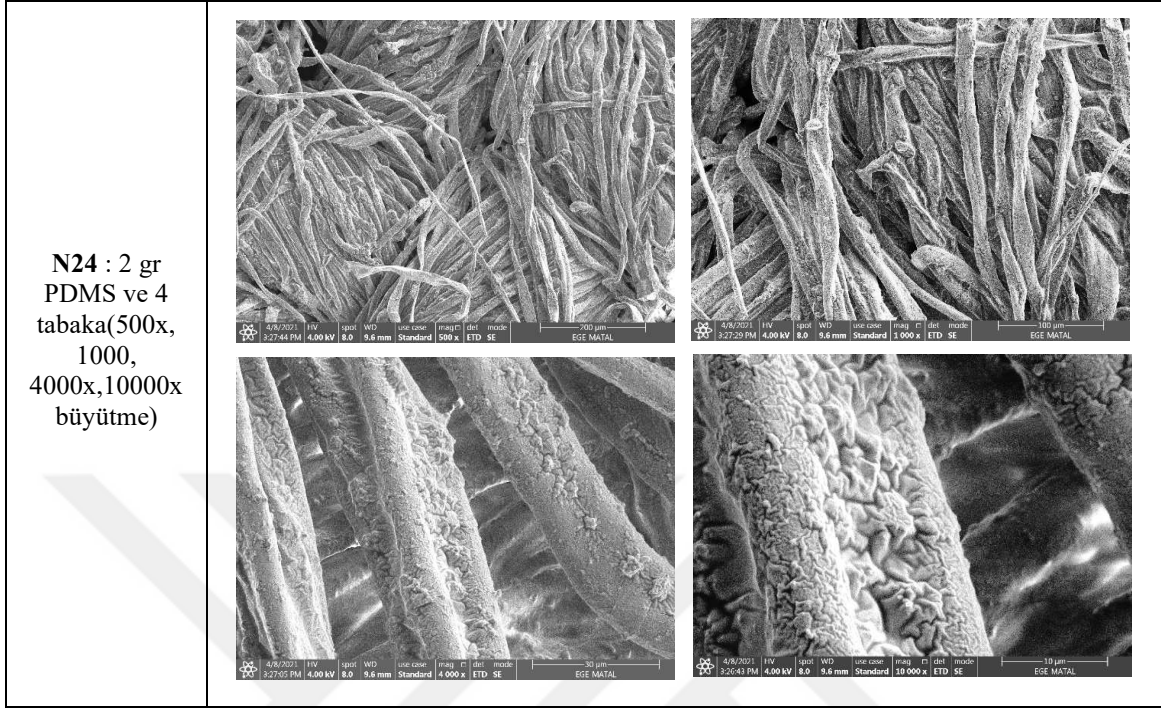
Çok tabakalı kaplama aplikasyonlarından sonra temas açısı 150° ve üstü çıkan pamuklu kumaşların SEM analizleri yapılmıştır. SEM analizlerine ait görüntüler aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



Şekil 8.12 N18 kodlu kumaşın SEM görüntüsü

Şekil 8.12’de, SiO_2 ve TiO_2 nanokürecikleri kumaş yüzeyinde belirgin bir şekilde görülmekte ve liflerin yüzeyinde pürüzlülük görüntüsü saptanmaktadır. N18 kodlu kumaştaki liflerin yüzeyinde çok küçük nano boyutta tanecikler olduğu görülmüştür. 4000 ve 10.000 kez büyütülen görüntülerde TiO_2 ve SiO_2 nanopartiküllerinin homojen dağılımı görülmektedir (Şimşek, 2017).

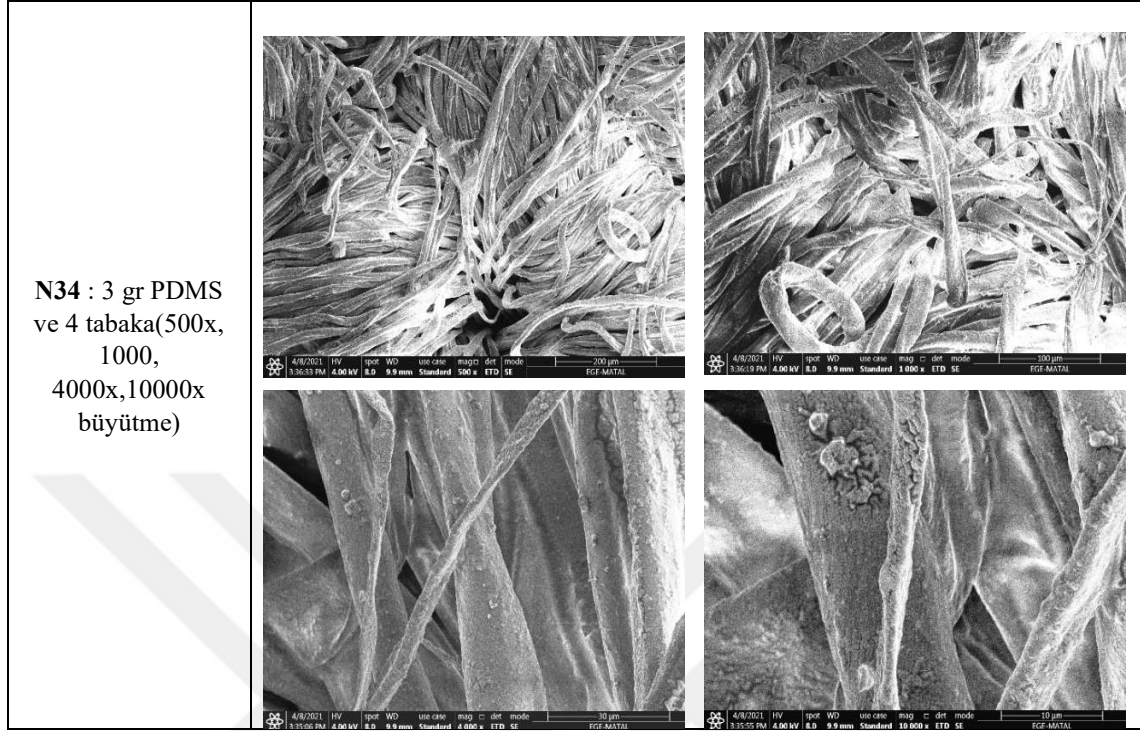
1 gr PDMS aktarılan ve 8 tabakalı olan N18 kodlu kumaşa, PDMS miktarı düşük olmasına rağmen lif yüzeyinde çok fazla pürüzlülük sağlanmıştır. Bunun nedeni, tabaka sayısının fazla olmasıdır (Gong ve ark, 2020).



Şekil 8.13 N24 kodlu kumaşın SEM görüntüsü

Şekil 8.13'te, N24 kodlu kumaşın ipliklerinin ve liflerinin yüzeyinde SiO_2 ve TiO_2 nano boyutta tanecikler açık bir şekilde görülmektedir. 4000 ve 10.000 kez büyütülen görüntülerde bu nanopartiküllerin homojen dağılımı görülmektedir (Şimşek, 2017).

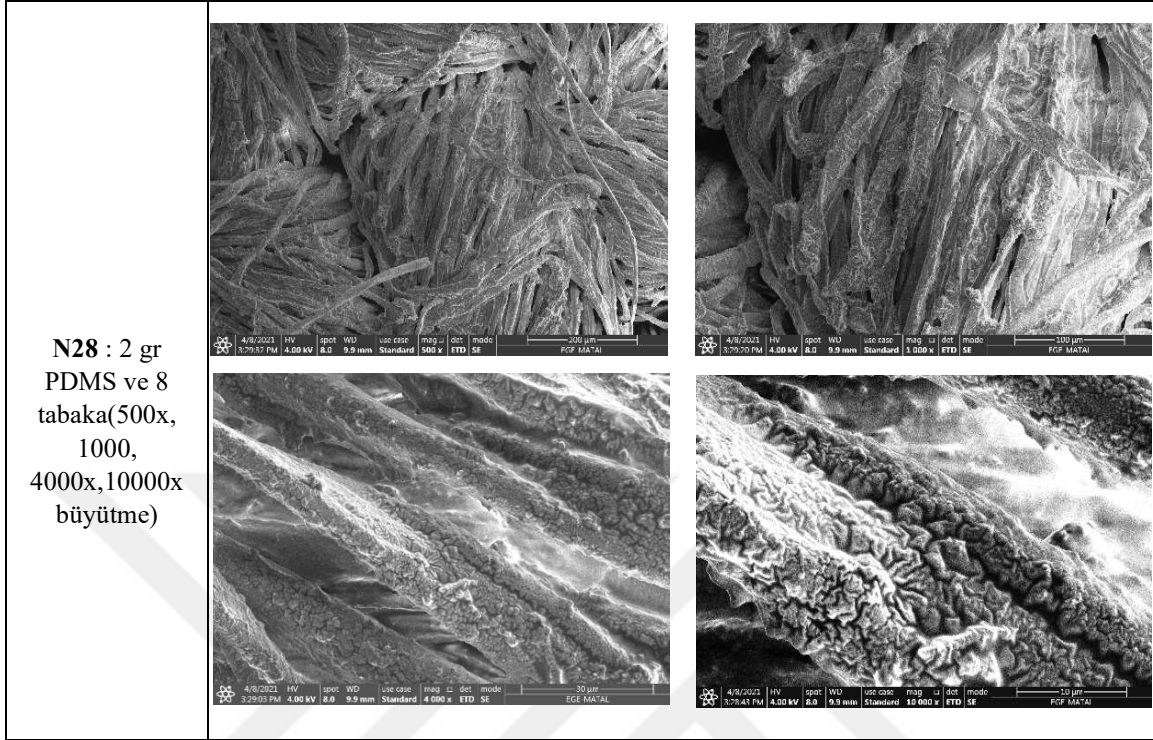
2 gr PDMS aktarılan ve 4 tabakalı N24 kodlu kumaşın SEM görüntüleri, N18 kodlu kumaşın görüntüleriyle kıyaslandığında daha az yüzey pürüzlülüğüne sahip olduğu saptanmıştır. PDMS miktarı (2 gr PDMS) artmasına rağmen ve tabaka sayısının düşük olması yüzey pürüzlülüğünü azaltmıştır (Gong ve ark, 2020).



Şekil 8.14 N34 kodlu kumaşın SEM görüntüsü

Şekil 8.14’de görüldüğü gibi SiO_2 ve TiO_2 nanokürecikleri yine lif ve iplik yüzeyinde net olarak görülmektedir. 4000 ve 10.000 büyütme görüntülerinde TiO_2 ve SiO_2 nanopartiküllerinin homojen olarak dağıldığı görülmektedir (Şimşek, 2017).

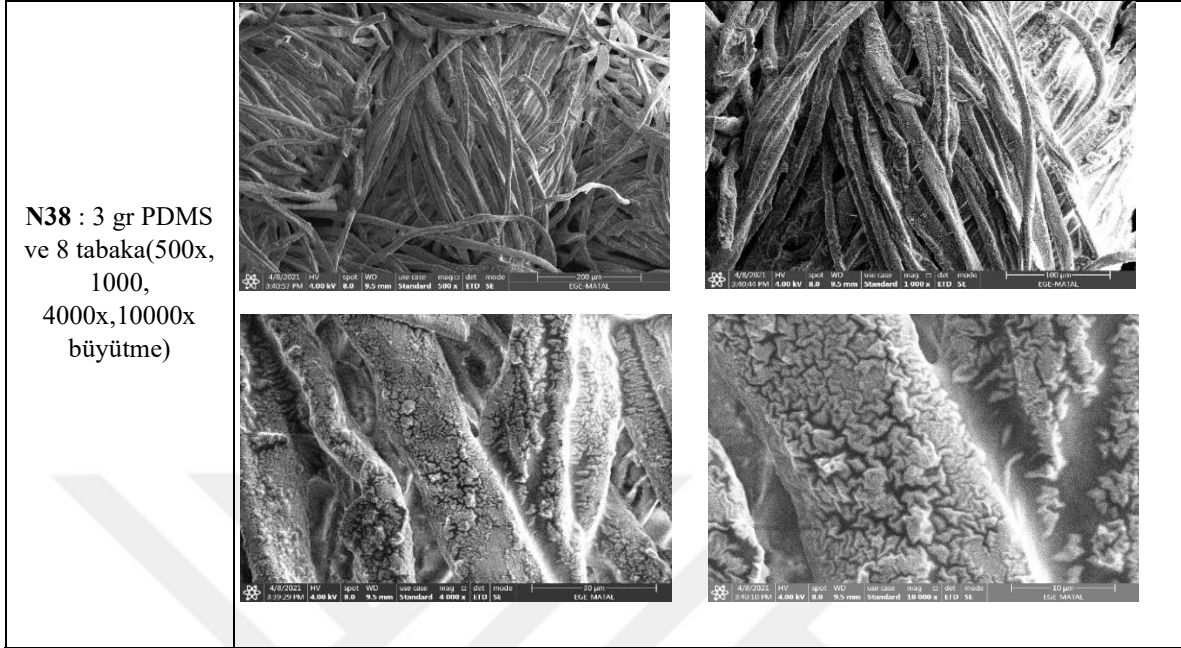
3 gr PDMS aktarılan ve 4 tabakalı N34 kodlu kumaş, N18 ve N24 kodlu kumaşa göre daha az yüzey pürüzlülüğüne sahiptir. PDMS miktarının (3 gr PDMS) artması ve tabaka sayısının azalması yüzey pürüzlülüğünde azalmaya sebep olmuştur (Gong ve ark, 2020).



Şekil 8.15 N28 kodlu kumaşın SEM görüntüsü

Şekil 8.15’te, SiO_2 ve TiO_2 nanokürecikleri kumaş yüzeyinde pürüzlülük yaratmıştır. N28 kodlu kumaşın liflerinin yüzeyinde çok küçük nano boyutta tanecikler olduğu görülmüştür. 4000 ve 10.000 kez büyütülen görüntülerde TiO_2 ve SiO_2 nanopartiküllerinin homojen dağılımı tespit edilmiştir (Şimşek, 2017).

2 gr PDMS aktarılan ve 8 tabakalı N28 kodlu kumaş, N18 kodlu kumaşa göre daha az yüzey pürüzlülüğüne sahiptir. Bunun nedeni, PDMS miktarının (2 gr PDMS) artması ile kumaşın yüzeyindeki pürüzlülüğün azalmasıdır (Gong ve ark, 2020). Diğer taraftan N28 kodlu kumaş, N24 ve N34 kodlu kumaşa göre daha yüksek yüzey pürüzlülüğüne sahiptir. Bunun nedeni ise, N28 kodlu kumaşın tabaka sayısının diğerlerinden daha yüksek (8 tabakalı) olmasıdır.



Şekil 8.16 N38 kodlu kumaşın SEM görüntüsü

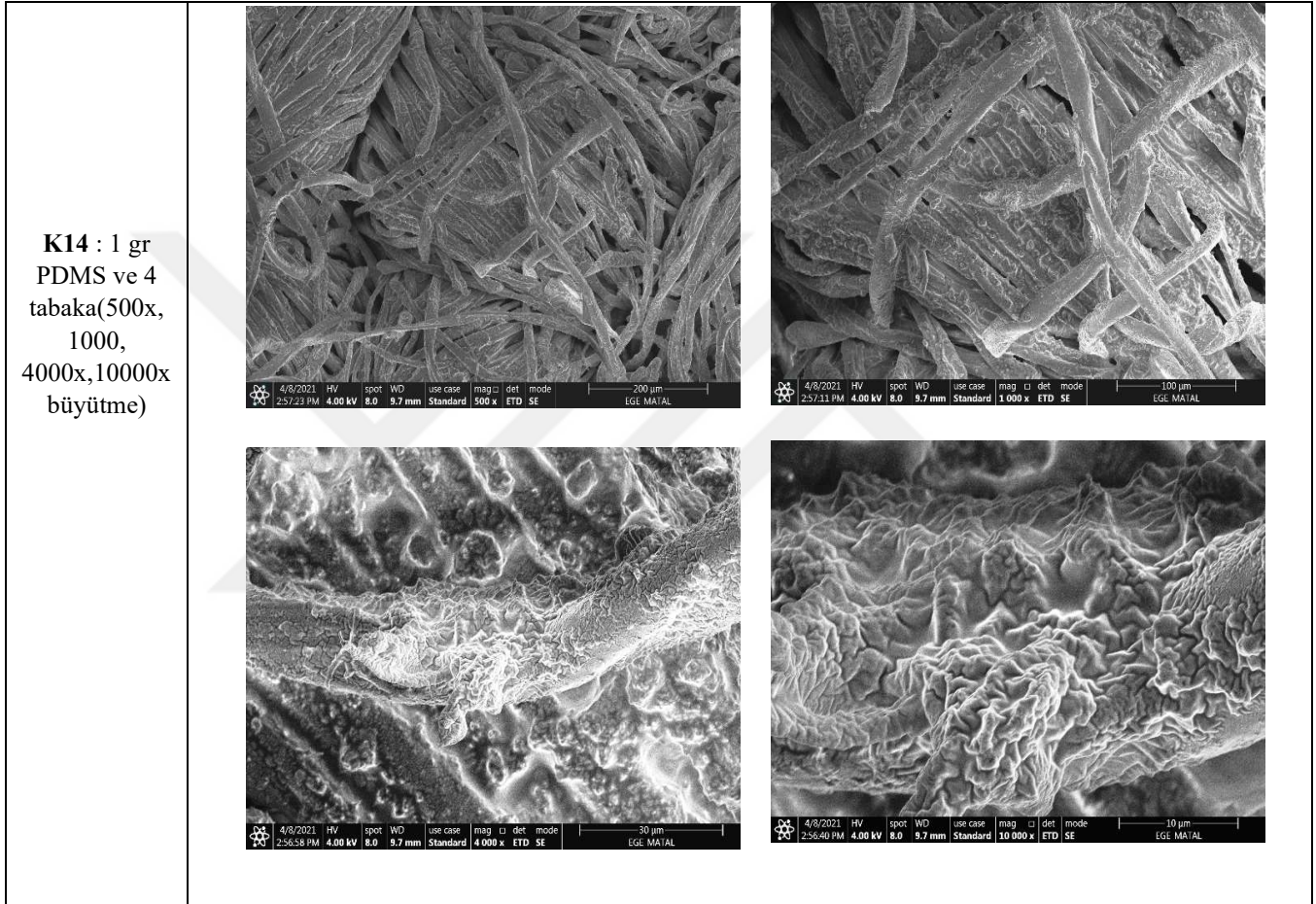
Şekil 8.16’da, SiO_2 ve TiO_2 nanokürecikleri kumaş yüzeyinde pürüzlülük yaratmıştır. N38 kodlu kumaşın liflerinin yüzeyinde çok küçük nano boyutta tanecikler olduğu görülmüştür. 4000 ve 10.000 kez büyütülen görüntülerde TiO_2 ve SiO_2 nanopartiküllerinin homojen dağılımı tespit edilmiştir (Şimşek, 2017).

3 gr PDMS aktarılan ve 8 tabakalı N38 kodlu kumaş, N18 ve N28 kodlu kumaşlara göre daha az yüzey pürüzlülüğüne sahiptir. Bunun nedeni, tabaka sayısının aynı olmasına rağmen PDMS miktarının (3 gr PDMS) artması ile yüzey pürüzlülüğünün azalmasıdır. Diğer taraftan N38 kodlu kumaş, N24 ve N34 kodlu kumaşa göre daha yüksek yüzey pürüzlülüğüne sahiptir. Bunun nedeni ise, tabaka sayısının yüksek olmasıdır (Gong ve ark, 2020).

Genel olarak N18, N24, N28, N34, N38 kodlu kumaşların SEM görüntüleri incelendiğinde; nanopartikül yoğunluğu (en yoğunundan en düşüğe doğru) ve yüzey pürüzlülüğü (en pürüzlüden en az pürüzlülüğe doğru) açısından şu şekilde bir sıralama yapılabilmektedir; $\text{N18} > \text{N28} > \text{N38} > \text{N24} > \text{N34}$. Bunun nedeni ise, tabaka sayısı en fazla olan yani 8 tabakalı kumaşlarda nanopartikül yoğunluğunun ve yüzey pürüzlülüğünün daha fazla olmasıdır. Ayrıca, PDMS miktarının azalması da nanopartikül yoğunluğunu ve yüzey pürüzlülüğünü artırmıştır (Uğur, 2010).

8.9.2 Katyonize pamuklu kumaşların SEM analizlerinin değerlendirilmesi

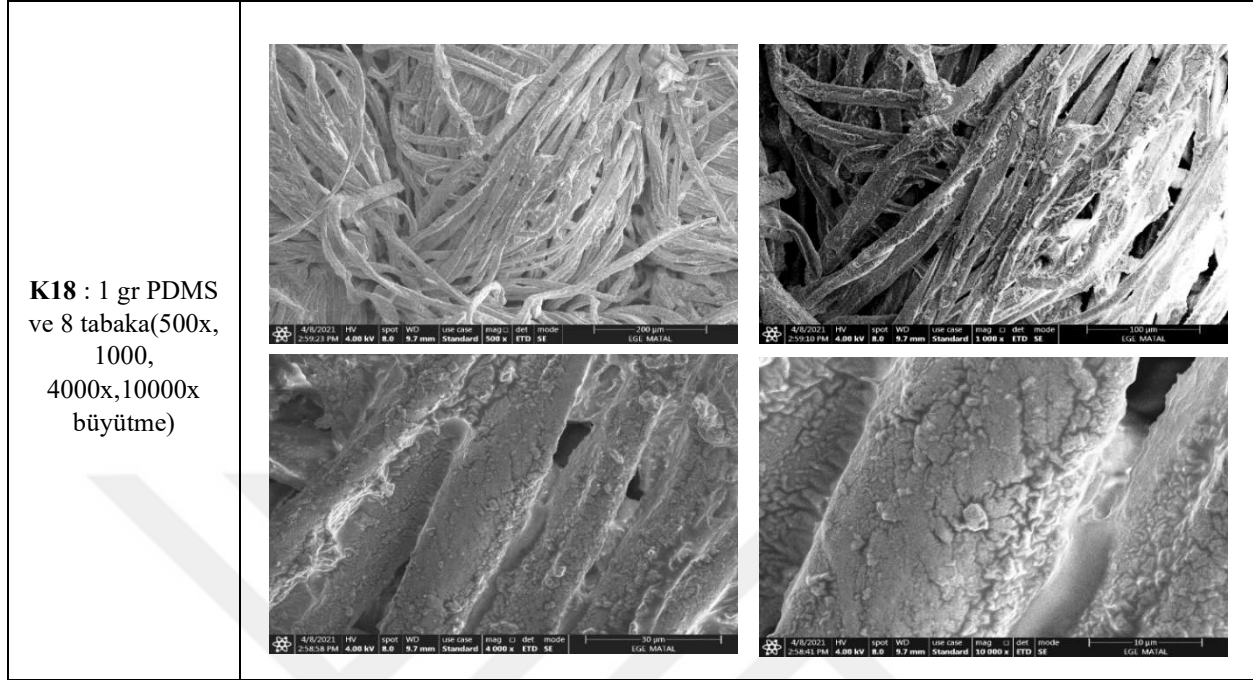
Çok tabakalı kaplama aplikasyonlarından sonra temas açısı 150° ve üstü çıkan katyonize pamuklu kumaşların SEM analizleri yapılmıştır. SEM analizlerine ait görüntüler aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



Şekil 8.17 K14 kodlu kumaşın SEM görüntüsü

Şekil 8.17’de, SiO_2 ve TiO_2 nanokürecikleri kumaş yüzeyinde pürüzlülük yaratmıştır. K14 kodlu kumaşın liflerinin yüzeyinde çok küçük nano boyutta tanecikler olduğu görülmüştür. 4000 ve 10.000 kez büyütülen görüntülerde TiO_2 ve SiO_2 nanopartiküllerinin homojen dağılımı tespit edilmiştir (Şimşek, 2017).

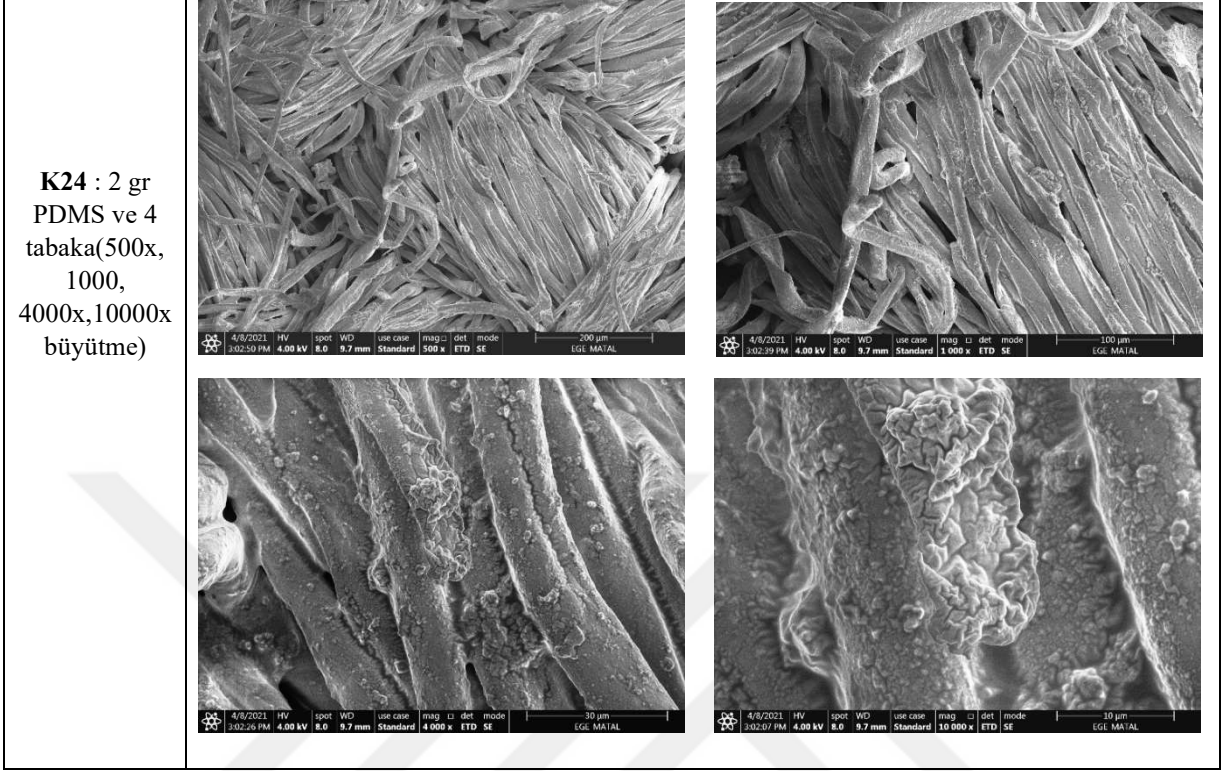
1 gr PDMS aktarılan ve 4 tabakalı olan K14 kodlu kumaşa, PDMS miktarı düşük olmasına rağmen lif yüzeyinde çok fazla pürüzlülük sağlanmıştır. Bunun nedeni, tabaka sayısının fazla olmasıdır (Gong ve ark, 2020).



Şekil 8.18 K18 kodlu kumaşın SEM görüntüsü

Şekil 8.18’de, SiO_2 ve TiO_2 nanokürecikleri kumaş yüzeyinde pürüzlülük yaratmıştır. K18 kodlu kumaşın liflerinin yüzeyinde çok küçük nano boyutta tanecikler olduğu görülmüştür. 4000 ve 10.000 kez büyütülen görüntülerde TiO_2 ve SiO_2 nanopartiküllerinin homojen dağılımı tespit edilmiştir (Şimşek, 2017).

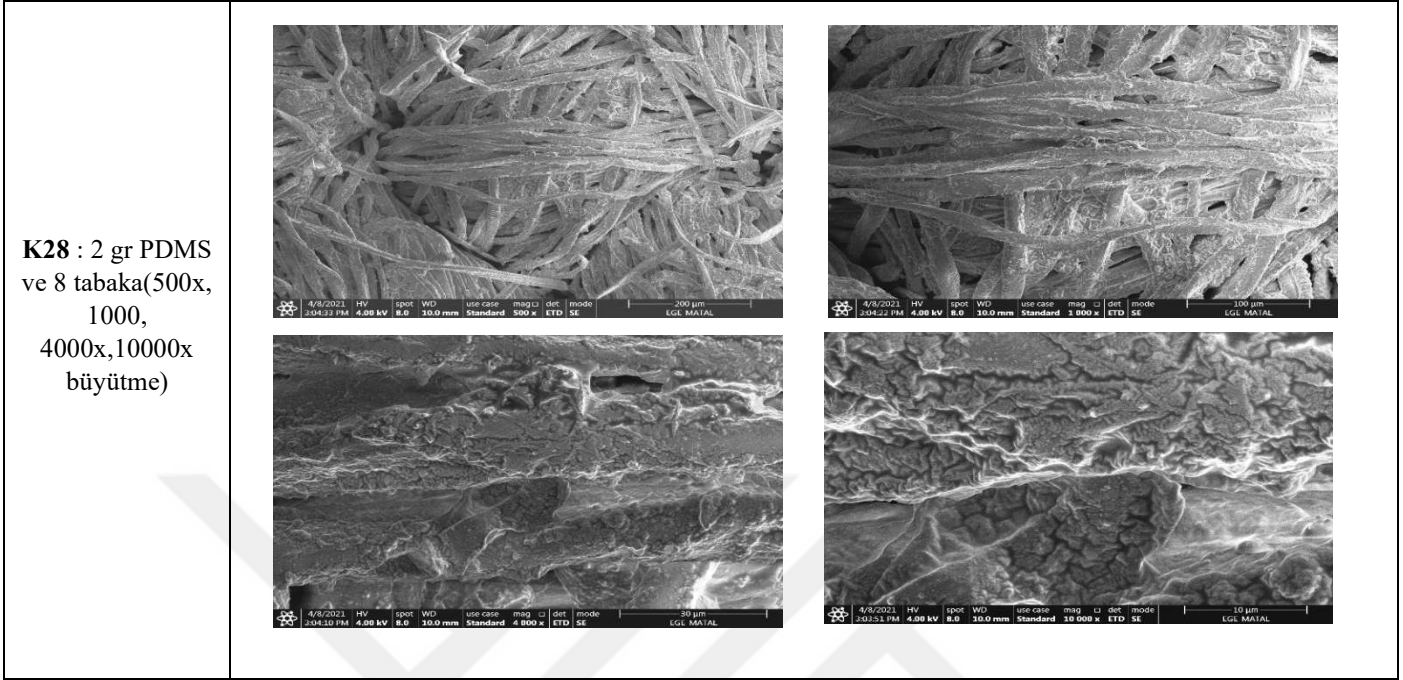
1 gr PDMS aktarılan ve 8 tabakalı olan K18 kodlu kumaşa, PDMS miktarı düşük olmasına rağmen lif yüzeyinde çok fazla pürüzlülük sağlanmıştır. Bunun nedeni, tabaka sayısının fazla olmasıdır (Gong ve ark, 2020). K18 ve K14 kodlu kumaşların SEM görüntüleri arasında belirgin bir farklılık gözlenmemiştir.



Şekil 8.19 K24 kodlu kumaşın SEM görüntüsü

Şekil 8.19’da, SiO_2 ve TiO_2 nanokürecikleri kumaş yüzeyinde pürüzlülük yaratmıştır. K24 kodlu kumaşın liflerinin yüzeyinde çok küçük nano boyutta tanecikler olduğu görülmüştür. 4000 ve 10.000 kez büyütülen görüntülerde TiO_2 ve SiO_2 nanopartiküllerinin homojen dağılımı tespit edilmiştir (Şimşek, 2017).

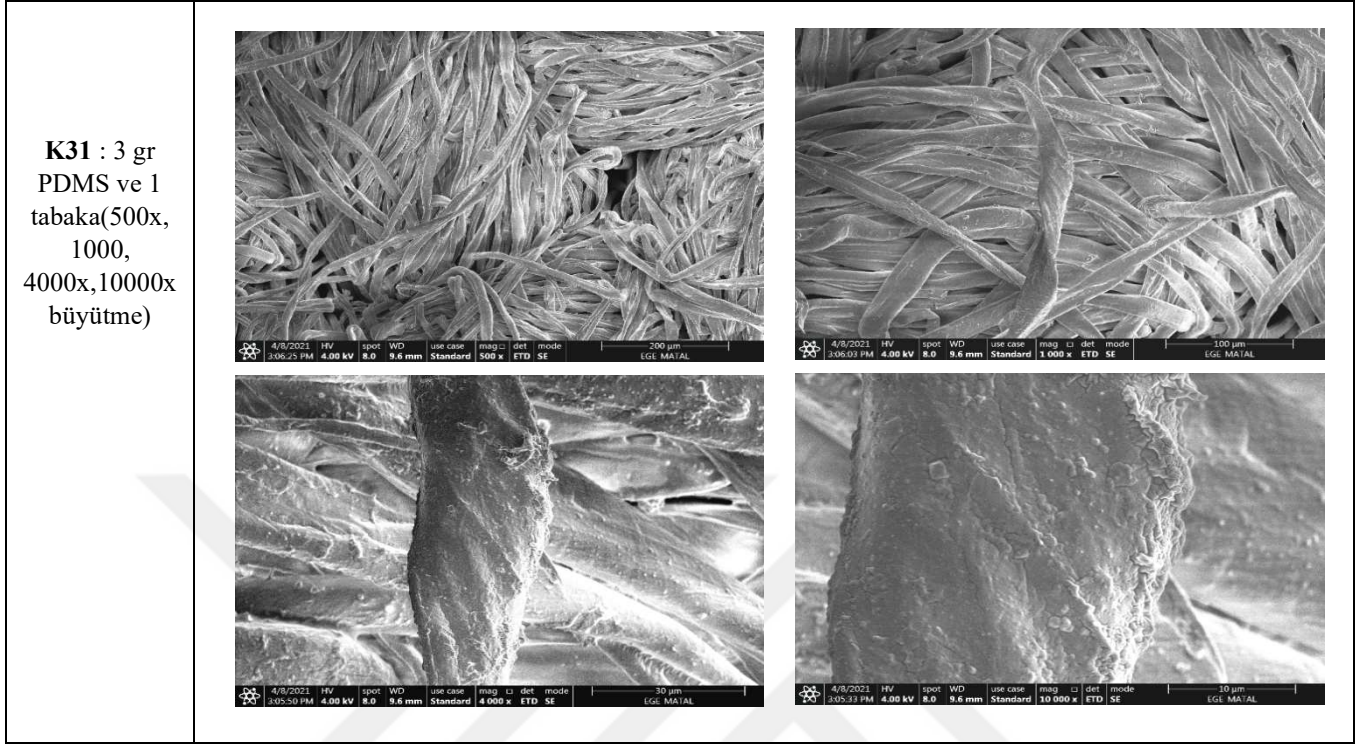
2 gr PDMS aktarılan ve 4 tabakalı K24 kodlu kumaş, K14 kodlu kumaşa göre daha az yüzey pürüzlülüğüne sahiptir. PDMS miktarının (2 gr PDMS) artması ile kumaşın yüzeyinde pürüzlülük azalmıştır (Gong ve ark, 2020).



Şekil 8.20 K28 kodlu kumaşın SEM görüntüsü

Şekil 8.20’de, SiO_2 ve TiO_2 nanokürecikleri kumaş yüzeyinde pürüzlülük yaratmıştır. K28 kodlu kumaşın liflerinin yüzeyinde çok küçük nano boyutta tanecikler olduğu görülmüştür. 4000 ve 10.000 kez büyütülen görüntülerde TiO_2 ve SiO_2 nanopartiküllerinin homojen dağılımı tespit edilmiştir (Şimşek, 2017).

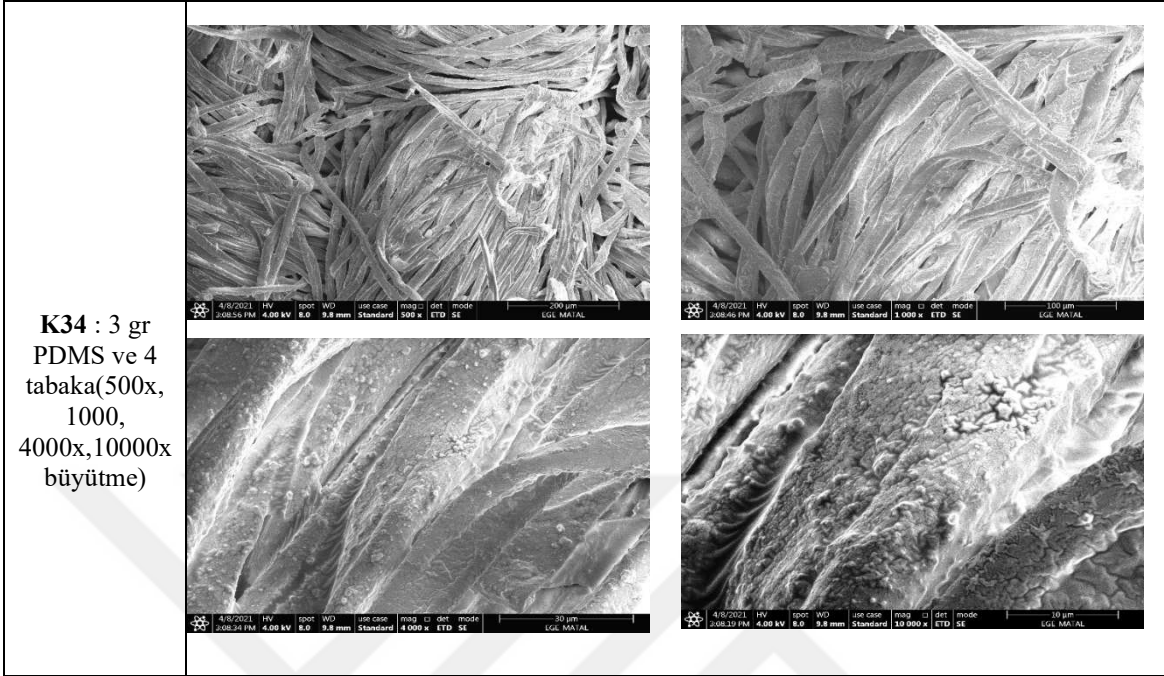
2 gr PDMS aktarılan ve 8 tabakalı K28 kodlu kumaş, K18 ve K14 kodlu kumaşa göre daha az yüzey pürüzlülüğüne sahiptir. Bunun nedeni, PDMS miktarının (2 gr PDMS) artmasıdır. Öte yandan K28 kodlu kumaş, K24 kodlu kumaşa göre daha yüksek yüzey pürüzlülüğüne sahiptir. Burada tabaka sayısının artması yani 8 tabaka olması ana etkindir (Gong ve ark, 2020).



Şekil 8.21 K31 kodlu kumaşın SEM görüntüsü

Şekil 8.21’de, SiO_2 ve TiO_2 nanokürecikleri kumaş yüzeyinde pürüzlülük yaratmıştır. K31 kodlu kumaşın liflerinin yüzeyinde çok küçük nano boyutta tanecikler olduğu görülmüştür. 4000 ve 10.000 kez büyütülen görüntülerde TiO_2 ve SiO_2 nanopartiküllerinin homojen dağılımı tespit edilmiştir (Şimşek, 2017).

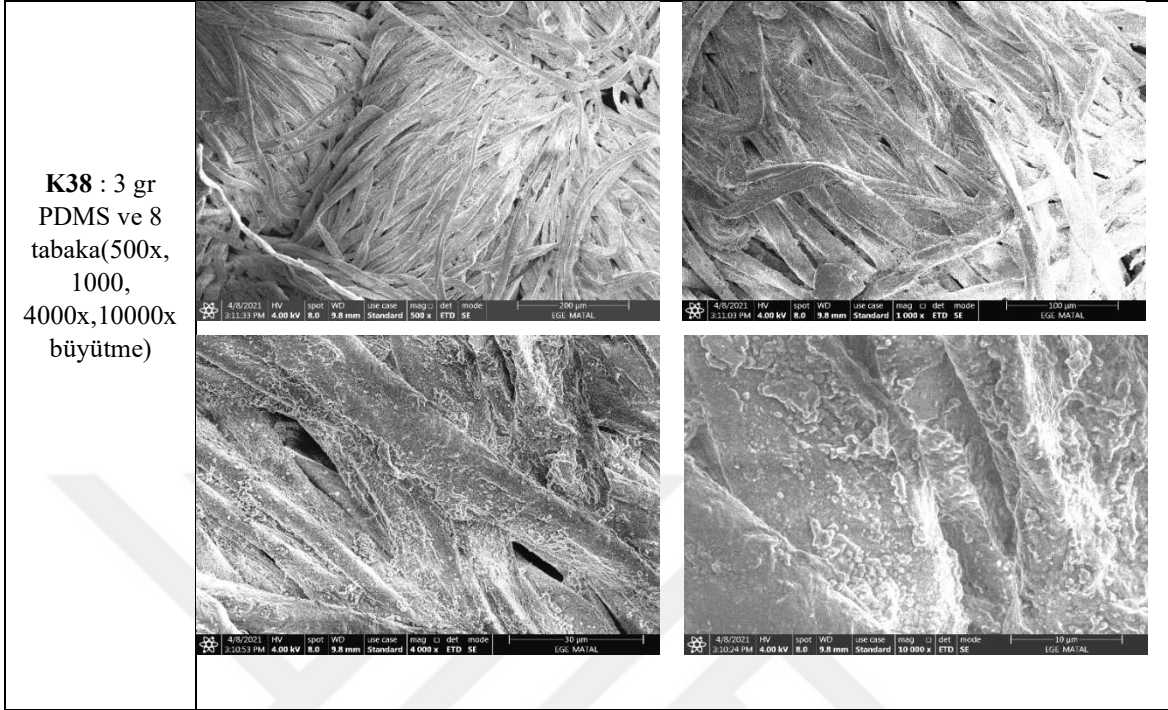
3 gr PDMS aktarılan ve 1 tabakalı K31 kodlu kumaş, K14, K18, K24 ve K28 kodlu kumaşlara göre daha az yüzey pürüzlülüğüne sahiptir. PDMS miktarının (3 gr PDMS) artması ve tabaka sayısının da aynı zamanda düşük olması esas nedenlerdir (Gong ve ark, 2020).



Şekil 8.22 K34 kodlu kumaşın SEM görüntüsü

Şekil 8.22’de, SiO_2 ve TiO_2 nanokürecikleri kumaş yüzeyinde pürüzlülük yaratmıştır. K34 kodlu kumaşın liflerinin yüzeyinde çok küçük nano boyutta tanecikler olduğu görülmüştür. 4000 ve 10.000 kez büyütülen görüntülerde TiO_2 ve SiO_2 nanopartiküllerinin homojen dağılımı tespit edilmiştir (Şimşek, 2017).

3 gr PDMS aktarılan ve 4 tabakalı K34 kodlu kumaş, K14, K18, K24 ve K28 kodlu kumaşlara göre daha az yüzey pürüzlülüğüne sahiptir. Bunun nedeni, PDMS miktarının (3 gr PDMS) artması ve tabaka sayısının daha düşük olmasıdır. Ancak, K34 kodlu kumaş K31 kodlu kumaşa göre biraz yüksek yüzey pürüzlülüğüne sahiptir. Bu da 4 tabakalı olmasından kaynaklanmaktadır (Gong ve ark, 2020).



Şekil 8.23 K38 kodlu kumaşın SEM görüntüsü

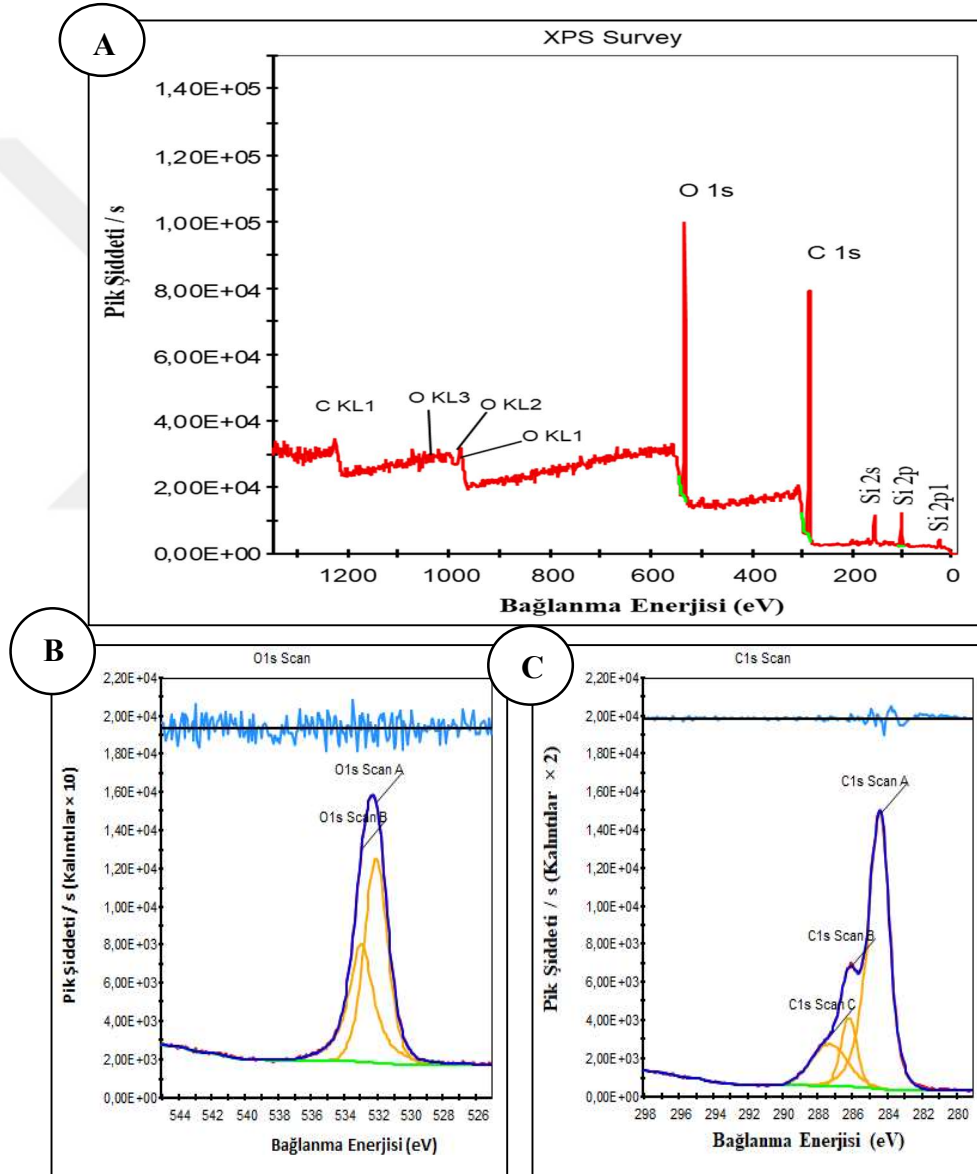
Şekil 8.23’de, SiO_2 ve TiO_2 nanokürecikleri kumaş yüzeyinde pürüzlülük yaratmıştır. K38 kodlu kumaşın liflerinin yüzeyinde çok küçük nano boyutta tanecikler olduğu görülmüştür. 4000 ve 10.000 kez büyütülen görüntülerde TiO_2 ve SiO_2 nanopartiküllerinin homojen dağılımı tespit edilmiştir (Şimşek, 2017).

3 gr PDMS aktarılan ve 8 tabakalı K38 kodlu kumaş, K14, K18, K24 ve K28 kodlu kumaşlara göre daha az yüzey pürüzlülüğüne sahiptir. PDMS miktarının (3gr PDMS) artması ana etkindir. Diğer yandan, K38 kodlu kumaş, K31 ve K34 kodlu kumaşa göre daha yüksek kumaş pürüzlülüğüne sahiptir. Bu da 8 tabakalı olmasından kaynaklanmaktadır (Gong ve ark, 2020).

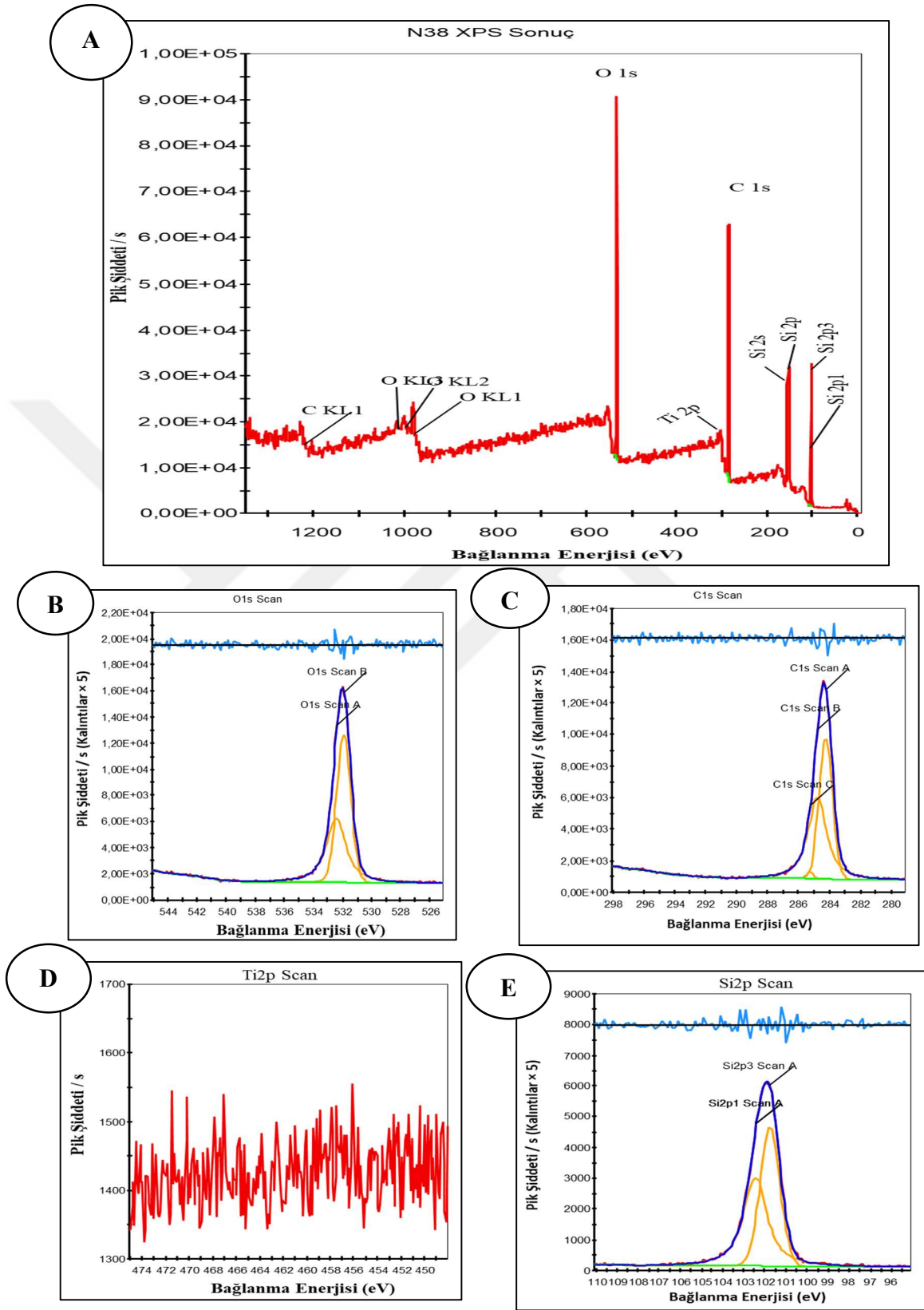
Genel olarak K14, K18, K24, K28, K31, K34, K38 kodlu kumaşların SEM görüntüleri incelendiğinde; nanopartikül yoğunluğu (en yoğunundan en düşüğe doğru) ve yüzey pürüzlülüğü (en pürüzlüden en az pürüzlülüğe doğru) açısından şu şekilde bir sıralama yapılabilmektedir; $\text{K18}=\text{K14}>\text{K28}>\text{K24}>\text{K38}>\text{K34}>\text{K31}$. Bunun nedeni ise, tabaka sayısı en fazla olan yani 8 tabakalı kumaşlarda nanopartikül yoğunluğunun ve yüzey pürüzlülüğünün daha fazla olmasıdır. Ayrıca, PDMS miktarının azalması da nanopartikül yoğunluğunu ve yüzey pürüzlülüğünü artırmıştır (Uğur, 2010).

8.10 XPS analizlerinin değerlendirilmesi

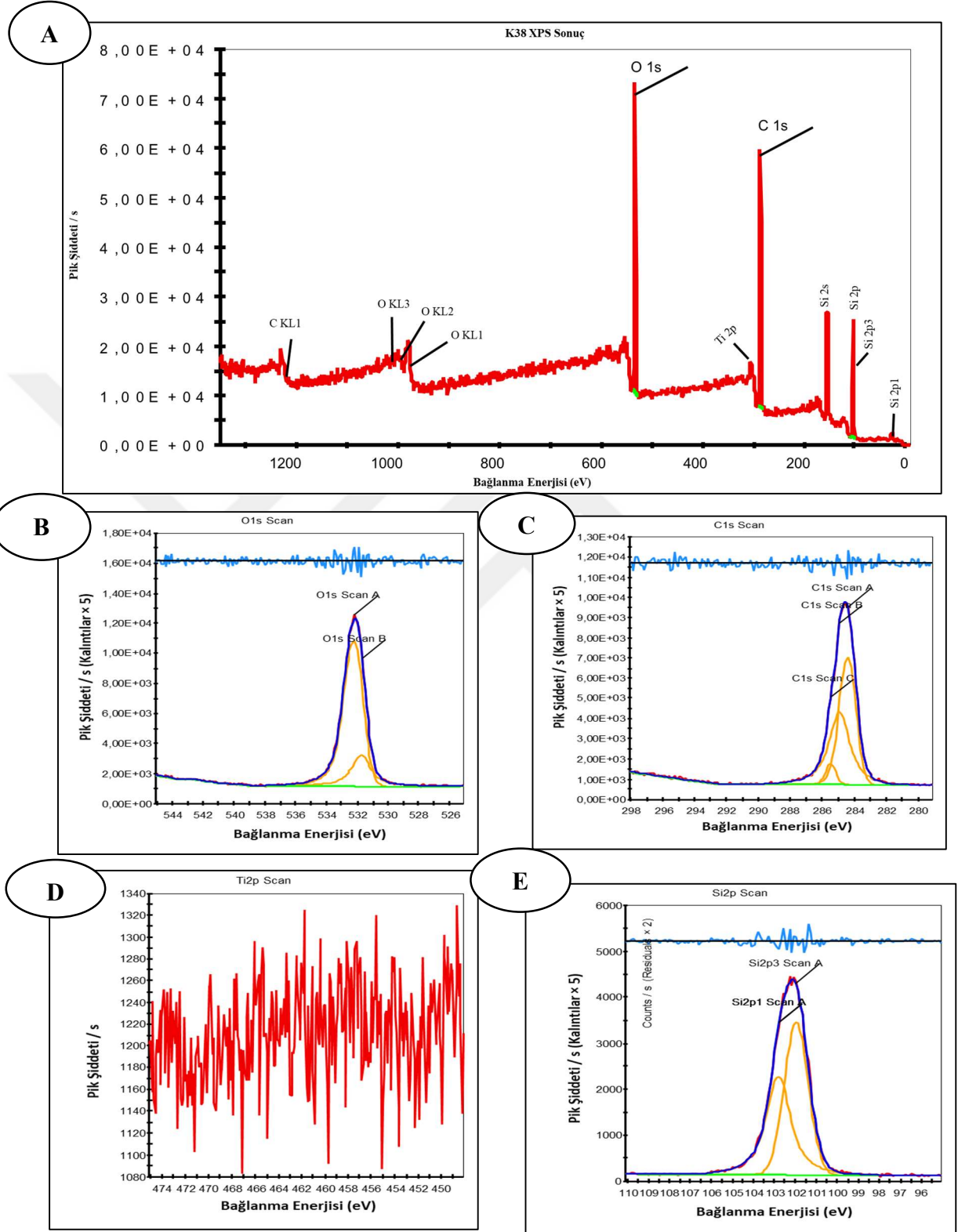
Çok tabakalı kaplama uygulamalarından sonra temas açısı 150° ve üstü çıkan pamuklu kumaşların XPS analizleri yapılmıştır. Bu kumaşların yüzeylerinin kimyasal yapısının karakterize edilmesi yapılan XPS analizlerine ait grafikler aşağıdaki şekillerde verilmiştir. İşlem görmemiş kumaşın (İG) grafikleri Şekil 8.24'de verilmiştir.



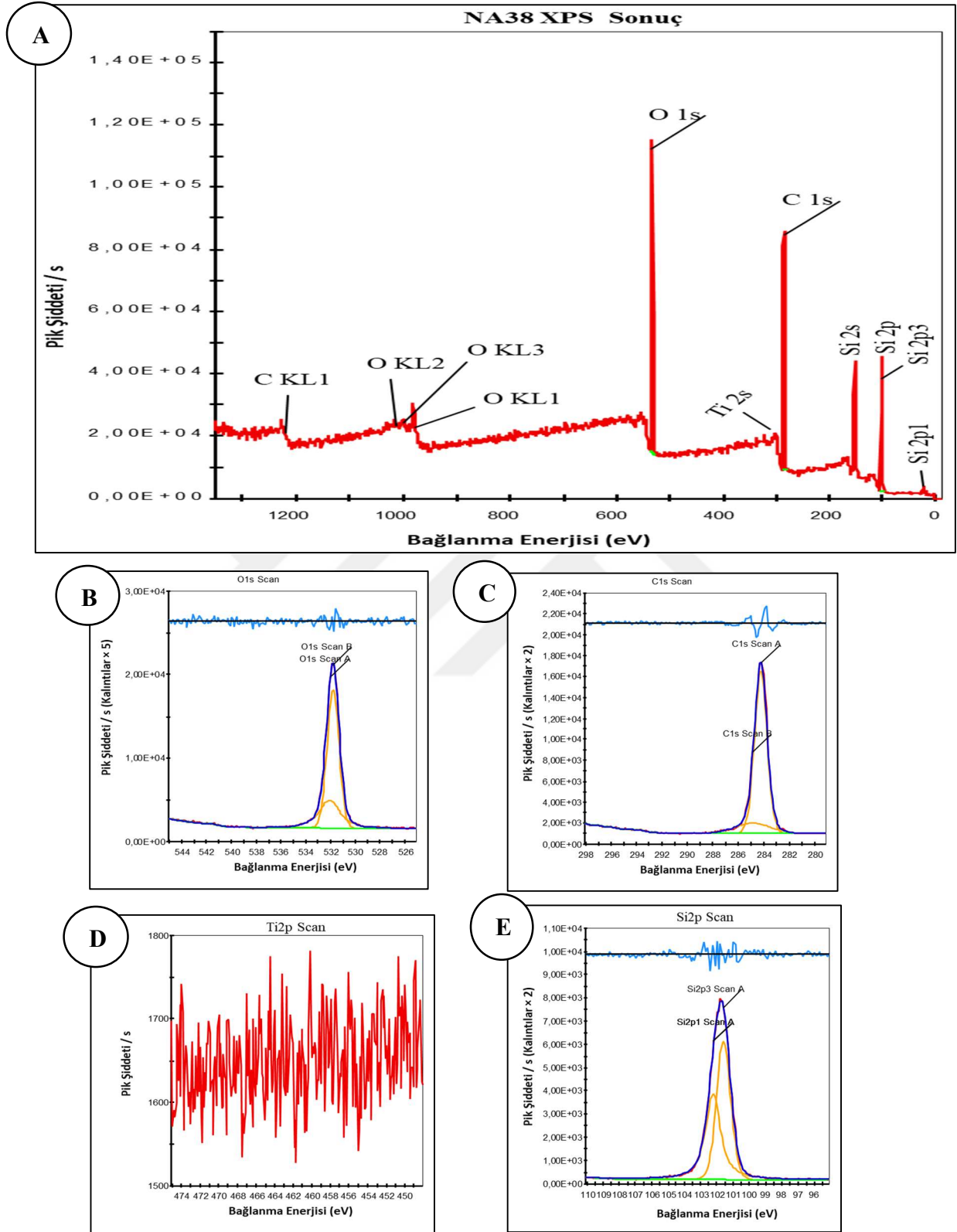
Şekil 8.24 (a) İşlem görmemiş kumaşın XPS spektrumları, O 1s (b) ve C 1s (c) 'nin yüksek çözünürlüklü XPS spektrumları



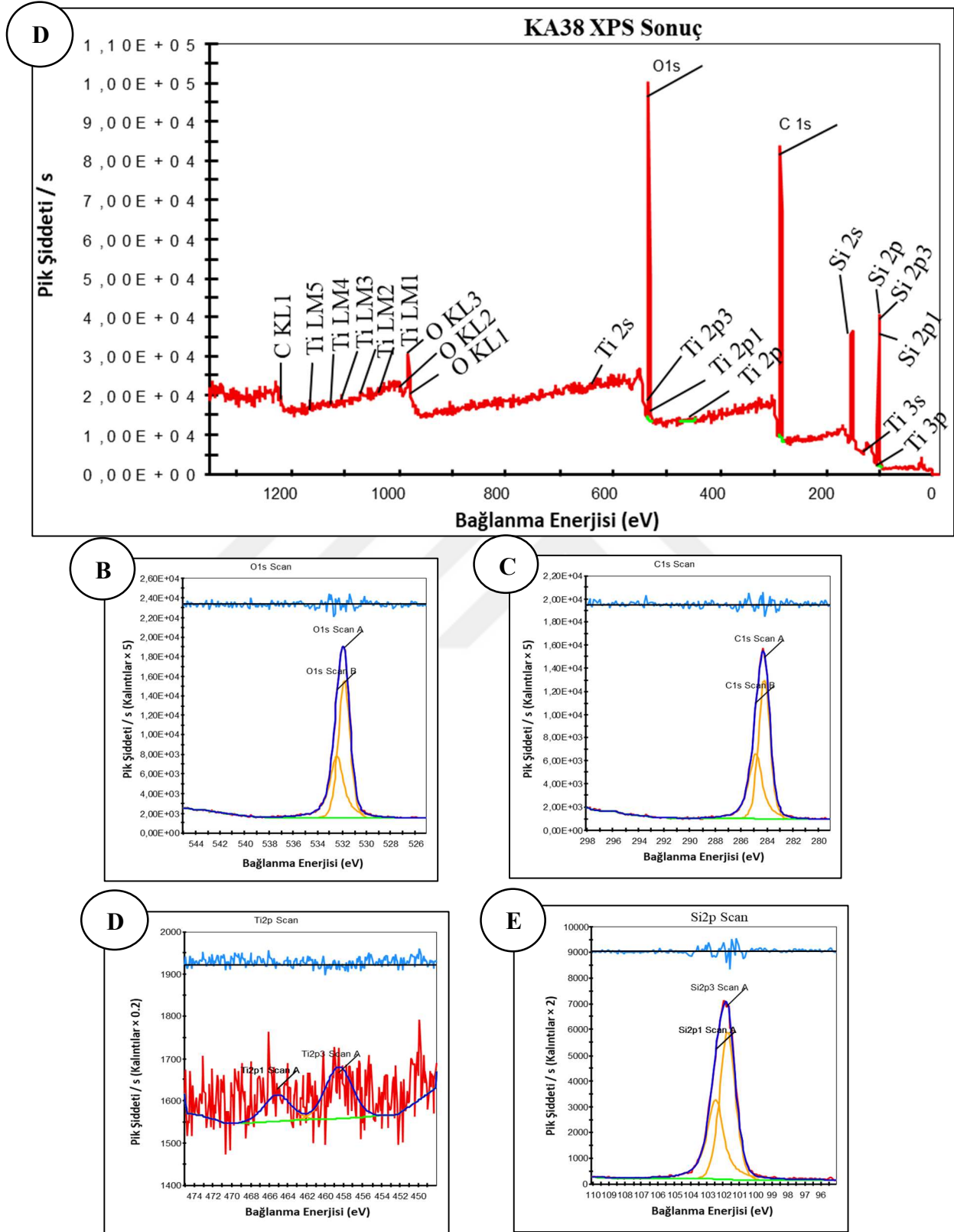
Şekil 8.25 (a) N38 kodlu kumaşın XPS spektrumları, O1s (b), C 1s (c), Ti2p (d) and Si2p' nin yüksek çözünürlüklü XPS spektrumları.



Şekil 8.26 (a) K38 kodlu kumaşın XPS araştırma spektrumları, O1s (b), C 1s (c), Ti2p (d) and Si2p' nin yüksek çözünürlüklü XPS spektrumları.



Şekil 8.27 (a) NA38 kodlu kumaşın XPS spektrumları, O1s (b), C 1s (c), Ti2p (d) and Si2p' nin yüksek çözünürlüklü XPS spektrumları.



Şekil 8.28 (a) KA38 kodlu kumaşın XPS spektrumları, O1s (b), C 1s (c), Ti2p (d) and Si2p' nin yüksek çözünürlüklü XPS spektrumları.

Tablo 8.7 İşlem görmemiş ve işlem görmüş pamuklu kumaşların XPS % element analizi sonuçları

Numune Kodları	Element	% Miktar	Dalga Boyu Aralığı
İG	Oksijen(O)	22,97	545 - 532.19
	Karbon(C)	59,71	298 - 284,97
	Silisyum(Si)	7,01	108,88 - 101,87
N38	Oksijen(O)	21,67	538.84 - 532,19
	Karbon(C)	44,48	291.73 - 284,47
	Silisyum(Si)	22,98	109.39 - 102,24
	Titanyum(Ti)	0,3	475 - 455.88
K38	Oksijen(O)	22,75	539.2 - 532.37
	Karbon(C)	43,5	290.52 - 285
	Silisyum(Si)	23,23	110 - 102,43
	Titanyum(Ti)	0,3	475 - 455,88
NA38	Oksijen(O)	21,62	538.95 - 532,16
	Karbon(C)	45,66	290.81 - 284.42
	Silisyum(Si)	22,55	107.39 - 102.13
	Titanyum(Ti)	3,3	475 - 456
KA38	Oksijen(O)	19,87	539.13 - 532.27
	Karbon(C)	42,73	290.59 - 284.93
	Silisyum(Si)	26,58	108,03 - 102.31
	Titanyum(Ti)	3,3	475 - 455.88

Şekil 8.24’de, XPS spekturumu incelediğinde, işlem görmemiş kumaş yüzeyinde zaten bir miktar Si bulunmaktadır. İşlem görmemiş pamuklu kumaş yüzeyinde bulunan silisyum, işlem sırasında kumaş üzerine aktarıldığı düşünülmektedir. Şekil 8.25’te, işlem görmüş pamuklu kumaşların 0-1200 eV aralığındaki spektrumları verilmiştir. Pamuklu kumaş yüzeyinde Si bulunmasına rağmen çok tabakalı kaplama uygulamadan önce kumaşın hidrofob özellikte olmadığı belirgindir (Bilgesu, 2014). Tablo 8.7’de görüldüğü gibi 284,97 ve 532,39 eV enerji değerlerinde görülen karakteristik pikler selülozda bulunan sırasıyla C ve O atomları içeriğini göstermektedir

Şekil 8.25’te XPS spekturumu incelediğinde, N38 kodlu kumaşın element içeriklerindeki farklılıklar tespit edilmiş olup, N38 kodlu çok tabakalı yöntemle kaplanan pamuklu kumaşların 0-1200 eV aralığındaki spektrumları verilmiştir. Tablo 8.7’de görüldüğü gibi 284,47 ve 532,19 eV

enerji değerlerinde görülen karakteristik pikler selülozda bulunan sırasıyla C ve O atomları içeriğini göstermektedir. N38 kodlu kumaşın işlemi sırasında selüloz liflerinde oluşan içeriği 455,88 eV ve 102,22 eV değerlerinde görülen karakteristik pikler sırasıyla Titanyum (Ti) ve Silisyum (Si) atomlarını göstermektedir.

Şekil 8.26'da, XPS spekturumu incelediğinde, K38 kodlu kumaşın element içeriklerindeki farklılıklar tespit edilmiştir. K38 kodlu çok tabakalı filmle kaplanan pamuklu kumaşların 0-1200 eV aralığındaki spektrumlar verilmiştir. Tablo 8.7'de görüldüğü gibi 285 ve 532,37 eV enerji değerlerinde görülen karakteristik pikler selülozda bulunan sırasıyla C ve O atomları içeriğini göstermektedir. K38 kodlu kumaşın işlemi sonrasında selüloz liflerinde oluşan içeriği 455,88 eV ve 102,43 eV değerlerinde görülen karakteristik pikler sırasıyla Titanyum (Ti) ve Silisyum (Si) atomlarını göstermektedir.

Şekil 8.27'de, XPS spekturumu incelediğinde, NA38 kodlu kumaşın element içeriklerindeki farklılıklar tespit edilmiştir. NA38 kodlu çok tabakalı filmle kaplanan pamuklu kumaşların 0-1200 eV aralığındaki spektrumlar verilmiştir. Tablo 8.7'de görüldüğü gibi 284,42 ve 532,16 eV enerji değerlerinde görülen karakteristik pikler selülozda bulunan sırasıyla C ve O atomları içeriğini göstermektedir. NA38 kodlu kumaşın işlem sonrasında selüloz liflerinde oluşan içeriği 456 eV ve 102,13 eV değerlerinde görülen karakteristik pikler sırasıyla Titanyum (Ti) ve Silisyum (Si) atomları içeriğini göstermektedir. Ti 2p zirvesi NA38 kodlu kumaşta belirgindir. Bunun nedeni, kumaşın NA38 kodunun yüzeylerindeki TiO_2 'nin PDMS tarafından kaplanmış olmasıdır. Literatürde de bu sonuca benzer sonuçlara ulaşılmıştır (Wang ve ark, 2021).

Şekil 8.28'de, XPS spekturumu incelediğinde, KA38 kodlu kumaşın element içeriklerindeki farklılıklar tespit edilmiştir. Şekil 8.28'de görüldüğü gibi KA38 kodlu çok tabakalı filmle kaplanan pamuklu kumaşların 0-1200 eV aralığındaki spektrumlar verilmiştir. Tablo 8.7'de görüldüğü gibi 284,93 ve 532,27 eV enerji değerlerinde görülen karakteristik pikler selülozda bulunan sırasıyla C ve O atomları içeriğini göstermektedir. K38 kodlu kumaşın işlem sonrasında selüloz liflerinde oluşan içeriği 455,88 eV ve 102,31 eV değerlerinde görülen karakteristik pikler selülozda bulunan sırasıyla Titanyum (Ti) ve Silisyum(Si) atomları içeriğini göstermektedir.

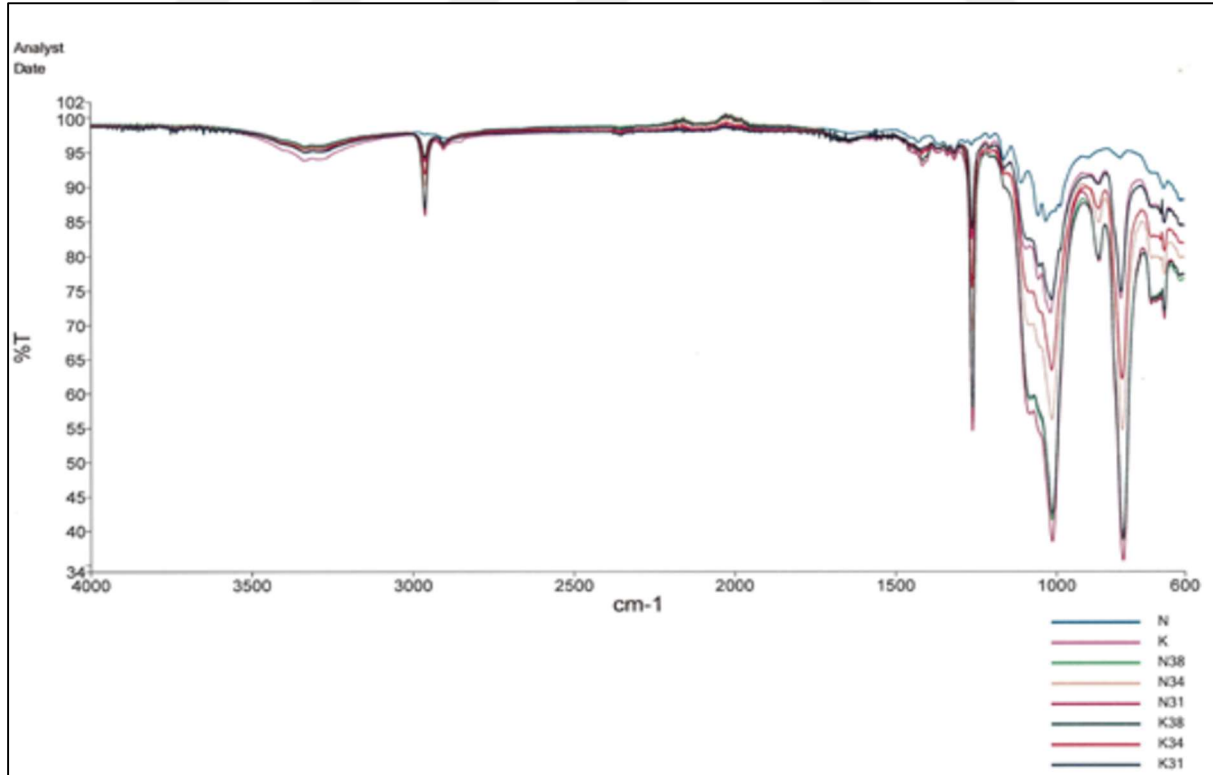
Genel olarak XPS % element analizi sonuçları incelendiğinde, NA38 ve KA38 kodlu kumaşların Titanyum element içeriği % 3,3 iken, N38 ve K38 kodlu kumaşların Titanyum element

içeriği % 0,3'dır. Silisyum (Si) element içeriğine bakıldığında, işlem gören tüm numunelerde aynı oran çıkmıştır.

N38, K38, NA38 ve KA38 kodlu kumaşların XPS analizinde Silisyumun atomik yüzdesi sırasıyla % 22,98, 23,23, 22,55 26,58 olduğu görülmektedir. Si elementi yüksekten düşüğe doğru şu şekilde sıralanmaktadır; KA38>K38>N38>NA38. Oksijen (O) elementi içeriği, pamuklu kumaşın yüzeyinde bulunan OH⁻ gruplarından kaynaklanmış olup, tabaka sayısındaki artışla beraber OH⁻ gruplarına bağlanan SiO₂ ve TiO₂ nanopartikül miktarı da artmıştır. Sonuçta, O elementi içeriği de artmıştır (Uğur, 2010).

8.11 FTIR analizlerinin değerlendirilmesi

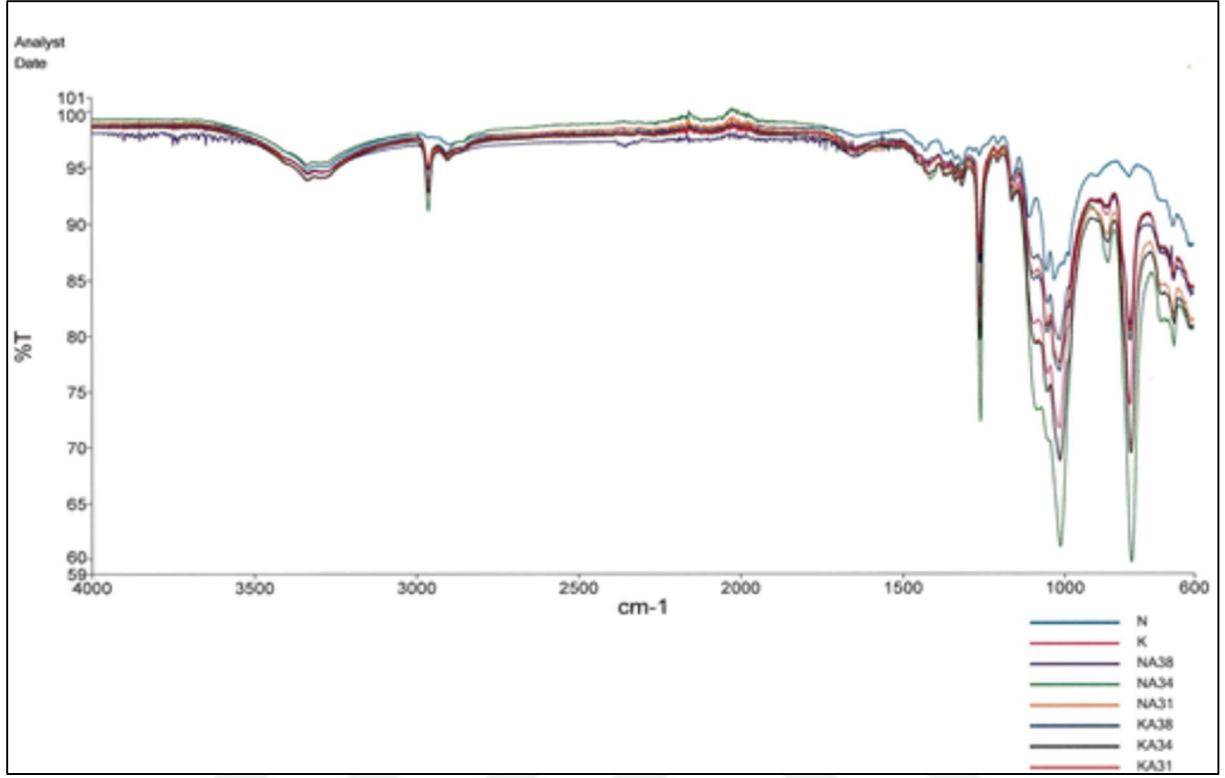
Çok tabakalı kaplama aplikasyonlarından sonra temas açısı 150° ve üstü çıkan pamuklu kumaşların ve işlem görmemiş kumaşların FTIR analizleri yapılmıştır. FTIR analizlerine ait görüntüler aşağıdaki şekillerde verilmiştir. FTIR spektrumu 4000-600 cm⁻¹ aralığında yansıma modunda elde edilmiştir.



Şekil 8. 29 TiO₂ - SiO₂ @ PDMS aplikasyonları yapılan işlem görmüş ve işlem görmemiş kumaşların FTIR grafikleri

Tablo 8.8 TiO₂ - SiO₂ @ PDMS aplikasyonları yapılan işlem görmüş ve işlem görmemiş kumaşların FTIR sonuçları

Numune Kodları	Pikler (cm ⁻¹)	Bağ	Referans	Numune Kodları	Pikler (cm ⁻¹)	Bağ	Referans
N	3329	O-H	Munajad vd., 2018	K	3335	O-H	León vd., 2017
	1314	C6'da CH ₂ sallanan titreşim	Fan vd., 2012		2963	C-H gerilmesi	Duan vd., 2011
	1160	C-O-C simetrik	Fan vd., 2012		1259	C-O gerilmesi	León vd., 2017
	1054	C-O-C esneme emilimi	Duan vd., 2011		1015	C-O-C yoğun emilim	Duan vd., 2011
	1030	(C-C, C-O ve C-O-C titreşimleri)	Liang vd., 2013; Uğur, 2010		796	Si-C gerilmesi	Johnson vd., 2013
N31	3336	O-H	León vd., 2017	K31	661	Si-O-C bağı	Oh vd., 2010
	2963	C-H gerilmesi	Duan vd., 2011		3336	O-H	León vd., 2017
	1413	CH, CH ₂ ve CH ₃	León vd., 2017		2963	C-H gerilmesi	León vd., 2017
	1258	Si-CH ₃	Hwang vd., 2001		1259	Si-CH ₃	Hwang vd., 2001
	1010	Si-O-Si	Dalod vd., 2017		1013	Si-O gerilmesi	Sartori 1997]
	864	Si-CH ₃	Kızılcıcan vd., 2014		795	Si-OH gerilmesi	Toskas vd., 2011
	790	Si-O-Si simetrik	Adamo vd., 2010		672	Si-CH ₃ simetrik	Cai vd., 2010
N34	660	Ti-O-Ti bağı	Foorginezhad vd., 2019	K34	660	Ti-O-Ti bağı	Foorginezhad vd., 2019
	3336	O-H	León vd., 2017		3336	O-H	León vd., 2017
	2963	C-H gerilmesi	Duan vd., 2011		2963	C-H gerilmesi	Duan vd., 2011
	1258	Si-CH ₃	Hwang vd., 2001		1258	Si-CH ₃	Hwang vd., 2001
	1011	Si-O-Si simetrik	Khan vd., 2019		1012	Si-O-Si ağları PDMS'de	Khan vd., 2019
	864	Si-CH ₃	Kızılcıcan vd., 2014		865	C-Si-C	Gong vd., 2020
	660	Ti-O-Ti bağı	Foorginezhad vd., 2019		792	Si-O-Si simetrik	Zhao vd., 2010
N38	791	Si-C gerilmesi	Duan vd., 2011	K38	660	Ti-O-Ti bağı	Foorginezhad vd., 2019
	3335	OH ⁻	León vd., 2017		3336	OH ⁻	León vd., 2017
	2963	C-H gerilmesi	Duan vd., 2011		2963	C-H gerilmesi	Duan vd., 2011
	1413	CH, CH ₂ ve CH ₃	León vd., 2017		1413	CH, CH ₂ ve CH ₃	León vd., 2017
	1258	Si-CH ₃	Hwang vd., 2001		1258	Si-CH ₃	Hwang vd., 2001
	1010	Si-O-Si	Dalod vd., 2017		1010	Si-O-Si	Dalod vd., 2017
	864	Si-CH ₃	Kızılcıcan vd., 2014		864	Si-CH ₃	Kızılcıcan vd., 2014
N38	790	Si-O-Si simetrik	Adamo vd., 2010	K38	790	Si-O-Si simetrik	Adamo vd., 2010
	660	Ti-O-Ti bağı	Foorginezhad vd., 2019		700	Si-C ₆ H ₅ grubu	Cai vd., 2010
					660	Ti-O-Ti bağı	Foorginezhad vd., 2019



Şekil 8.30 TiO_2 - $\text{TiO}_2 @ \text{PDMS}$ aplikasyonları yapılan işlem görmüş ve işlem görmemiş kumaşların FTIR grafikleri

Tablo 8.9 TiO_2 - $\text{TiO}_2 @ \text{PDMS}$ aplikasyonları yapılan işlem görmüş ve işlem görmemiş kumaşların FTIR sonuçları

Numune Kodları	Pikler (cm^{-1})	Bağ	Referans	Numune Kodları	Pikler (cm^{-1})	Bağ	Referans
N	3329	O-H	Munajad vd., 2018	K	3335	O-H	León vd., 2017
	1314	C6'da CH_2 sallanan	Fan vd., 2012		2963	C-H gerilmesi	Duan vd., 2011
	1160	C-O-C simetrik	Fan vd., 2012		1259	C-O gerilmesi	León vd., 2017
	1054	C-O-C esneme	Duan vd., 2011		1015	C-O-C	Duan vd., 2011
	1030	C – O – C gerilmesi	Liang vd., 2013		796	Si-C gerilmesi	Johnson vd., 2013
NA31	3336	O-H	León vd., 2017	KA31	661	Si-O-C bağı	Oh vd., 2010
	2963	C-H gerilmesi	Duan vd., 2011		3338	O-H	León vd., 2017
	1259	Si- CH_3	Hwang vd., 2001		2962	C-H gerilmesi	Duan vd., 2011
	1013	Si-O gerilmesi	Sartori 1997		1259	Si- CH_3	Hwang vd., 2001
	795	Si-OH gerilmesi	Toskas vd., 2011		1014	Si-O gerilmesi	Sartori 1997]
	672	Si- CH_3 simetrik	Cai vd., 2010		796	Si-C gerilmesi	Johnson vd., 2013
	660	Ti-O-Ti bağı	Foorginezhad vd., 2019		660	Ti-O-Ti bağı	Foorginezhad vd., 2019
NA34	3336	O-H	León vd., 2017	KA34	3337	O-H	León vd., 2017
	2963	C-H gerilmesi	Duan vd., 2011		2963	C-H gerilmesi	Duan vd., 2011
	1258	Si- CH_3	Hwang vd., 2001		1259	Si- CH_3	Hwang vd., 2001
	1012	Si-O-Si ağları PDMS'de	Khan vd., 2019		1013	Si-O gerilmesi	Sartori 1997]
					864	Si- CH_3	Kızılcan vd., 2014
					794	Si-OH gerilmesi	Toskas vd., 2011

	865	C-Si-C	Gong vd., 2020		660	Ti-O-Ti bağı	Foorginezhad vd., 2019
	792	Si-O-Si simetrik	Zhao vd., 2010		3338	O-H	León vd., 2017
	660	Ti-O-Ti bağı	Foorginezhad vd., 2019		2963	C-H gerilmesi	Duan vd., 2011
	3336	O-H	León vd., 2017		1259	Si-CH ₃	Hwang vd., 2001
	2963	C-H gerilmesi	Duan vd., 2011		1014	Si-O gerilmesi	Sartori 1997]
	1413	CH, CH ₂ ve CH ₃	León vd., 2017		795	Si-OH gerilmesi	Toskas vd., 2011
	1258	Si-CH ₃	Hwang vd., 2001		660	Ti-O-Ti bağı	Foorginezhad vd., 2019
	1010	Si-O-Si	Dalod vd., 2017				
	864	Si-CH ₃	Kızılcan vd., 2014				
	790	Si-O-Si simetrik	Adamo vd., 2010				
	700	Si-C ₆ H ₅ grubu	Cai vd., 2010				
	660	Ti-O-Ti bağı	Foorginezhad vd., 2019				

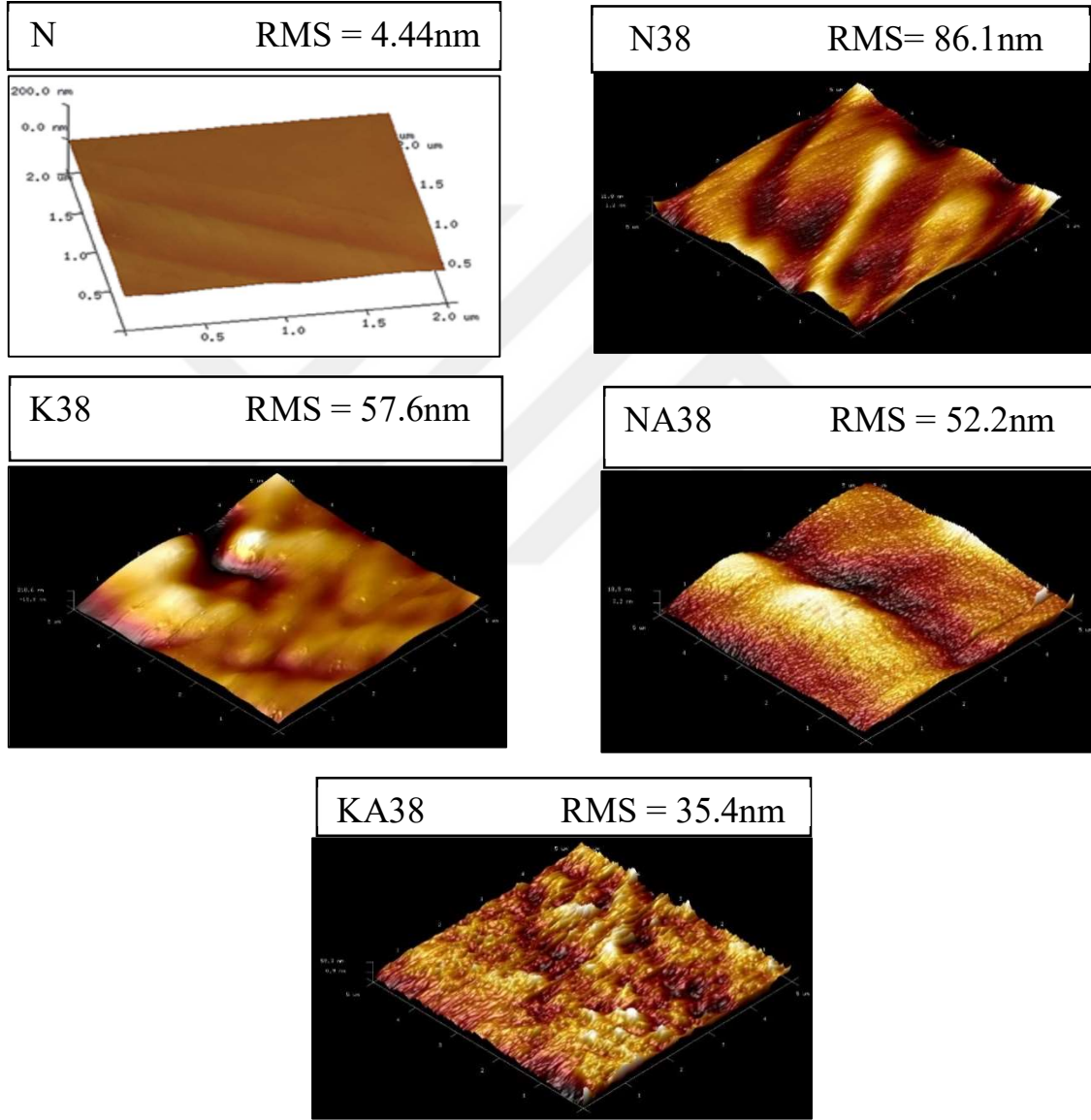
Tablo 8.8’de ve Tablo 8.9’da, işlem görmemiş ve temas açıları en yüksek çıkan işlem gören kumaşların FTIR analizlerine ait sonuçlar verilmiştir. 3329-3336 cm⁻¹ arasında merkezlenen geniş bant, selülozda bulunan hidroksil (OH⁻) fonksiyonel gruplarına aittir. Katyonizasyon işlemi sırasında kullanılan HYDROCOL KNR çözeltisinin selülozun OH⁻ ile reaksiyona girmesinden dolayı, bu bandın % geçirgenlik değerinde bir miktar artış olmuştur. 1030 cm⁻¹’de bir pik veren kuvvetli absorpsiyon bandı selülozun (C-O-C titreşimleri) fonksiyonel gruplarına aittir (Liang ve ark, 2013; Uğur, 2010).

C-H germe absorpsiyonu ~ 2800-3000 cm⁻¹’de bulunur ve C-O-C germe absorpsiyonu 1030 cm⁻¹, 1054 cm, 1160 ve 1015 cm⁻¹’de bulunur. Bu absorpsiyon pikleri, tipik selüloz yapısı ile uyumludur (Fan vd., 2012; Duan vd., 2011; Liang vd., 2013). 864 ve 865 cm⁻¹’deki pikler, PDMS ve SiO₂’e aittir (Gong ve ark., 2020). 1011 cm⁻¹ ve 1012 cm⁻¹’deki absorpsiyon pikleri, PDMS’deki Si-O-Si gruplarının simetrik gerilme titreşimlerini göstermektedir. Bu spektral değişiklikler, hidrofob PDMS’nin kumaşın yüzeyine başarıyla bağlandığını göstermektedir. 700 cm⁻¹’deki absorpsiyon piki, güçlü bir bağ olan Si-C₆H₅ grubuna aittir (Cai vd., 2010). C-H, Si-CH₃ ve Si-O-Si bağlarının tespit edilmesi, TiO₂ ve SiO₂ nanopartiküllerinin de kumaşa başarılı bir şekilde apliedildiğini göstermektedir. Ti-O-Ti bağı 660 cm⁻¹’de ve Si-O-Si bağı 792 cm⁻¹, 1012 cm⁻¹, 790 cm⁻¹ ve 1010 cm⁻¹’de tespit edilmiştir. 1255-1266 cm⁻¹’deki pikler PDMS’den kaynaklanan Si-CH₃ titreşimine aittir. -CH₂/CH₃’ten kaynaklanan CH pikleri ise, 2958-2968 cm⁻¹ arasında tespit edilmiştir.

FTIR analizleri sonucunda elde edilen tüm sonuçlar; LBL yöntemiyle TiO₂, SiO₂ nanopartiküllerinin ve PDMS’nin kumaşlara başarılı bir şekilde bağlandığını göstermektedir.

8.12 AFM analizlerinin değerlendirilmesi

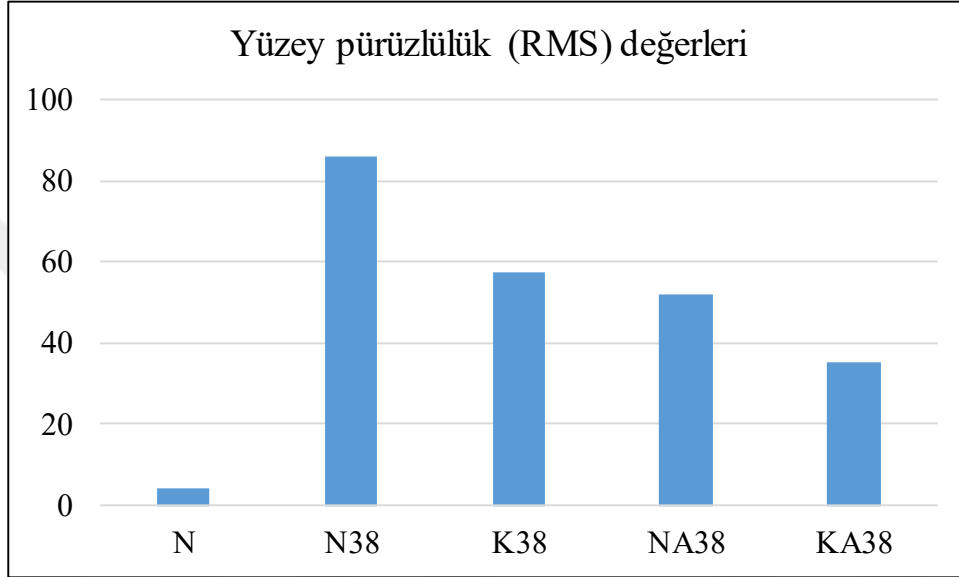
Çok tabakalı kaplama aplikasyonlarından sonra temas açısı 150° ve üstü çıkan pamuklu kumaşların AFM analizleri yapılmıştır. AFM analizlerine ait görüntüler aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



Şekil 8.31 İşlem görmemiş ve işlem görmüş pamuklu kumaşların AFM görüntüleri

Şekil 8.31 incelendiğinde, işlem görmemiş kumaşın yüzeyi oldukça düzgün ve pürüzsüz görünmekte iken işlem gören tüm kumaş numunelerinin yüzeyleri çok pürüzlü görünmektedir.

Şekil 8.32’de, işlem görmemiş ve işlem gören pamuklu kumaşların AFM analizi sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerine ait grafik verilmiştir.



Şekil 8.32 Yüzey pürüzlülük değerleri

Şekil 32 incelendiğinde, işlem görmemiş kumaşın yüzey pürüzlülük değerinin en düşük olduğu görülmektedir. Çok tabakalı kaplama yöntemi uygulanan kumaşların hepsinin yüzey pürüzlülük değerleri, işlemsiz kumaştan daha yüksek çıkmıştır. Yüzey pürüzlülük değeri en yüksekten düşüğe doğru şu şekilde sıralanmaktadır. N38>K38>NA38>KA38.

Hem Şekil 8.31’de hem de Şekil 8.32’de görüldüğü gibi çok tabakalı kaplama yöntemiyle yapılan aplikasyonlardan sonra kumaş numunelerinin yüzeyine nano boyutta pürüzlülük kazandırılmıştır. Bu sonuç da, temas açısı ve SEM görüntülerini desteklemektedir. Yani, AFM analizi sonucunda da çok tabakalı kaplama yöntemi uygulanan kumaşların yüzeyi pürüzlendirilerek süperhidrofob yüzey özelliği kazandırıldığı kanıtlanmıştır.

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tezin amacı, yeni bir yöntem olan çok tabakalı kaplama yöntemi ile TiO_2 , SiO_2 nanopartikülleri ve polidimetilsiloksan polimerleri kullanarak pamuklu kumaşlar üzerinde süperhidrofob yüzeyler üretmektir. Aplikasyonlardan sonra işlem görmemiş ve işlem görmüş kumaşların test ve analizleri yapılmıştır. Yapılan testler ve analizler şunlardır: temas açısı ölçümü, hava geçirgenliği, kopma mukavemeti, dairesel eğilme dayanımı, kumaş kalınlığı, yüzey pürüzlülüğü, su, yağ ve kir iticilik testleri, SEM, XPS, FTIR ve AFM analizleri. Yapılan testler ve analizler sonrasında elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

❖ Temas açısı sonuçları incelendiğinde; LBL yöntemiyle işlem görmüş K38, KA38, NA38 ve N38 kodlu numunelerin açıları 150° ve üstü olup, açıların yüksek çıkmasının nedeni; hem PDMS miktarının yüksek (3 gr) hem de tabaka sayısının yüksek (8 tabaka) olmasıdır. Ayrıca, bu kumaşlarda, TiO_2 ve SiO_2 maddeleri liflerin yüzeyinde çok fazla pürüzlülük yaratmış ve PDMS maddesi pamuklu kumaşa sıkı bir bağla bağlanarak kumaş yüzeyinde süperhidrofob etki yaratmıştır. Yıkama sonrası pamuklu kumaşların sonuçları incelendiğinde; 5 yıkama sonrasında temas açıları yaklaşık $3-5^\circ$ düşmüştür. Bu düşüşler çok fazla değildir. Bu kumaşlar hala süperhidrofob özelliktedir.

❖ Hava geçirgenliği sonuçları incelendiğinde; işlem görmüş tüm pamuklu kumaşların hava geçirgenlik değerleri oldukça fazla düşmüştür. Bunun nedeni, kumaşların kimyasal yaş işlemler sırasında boydan ve enden çekmesidir.

❖ Kopma mukavemeti sonuçları incelendiğinde; işlem görmüş kumaşların mukavemet değerlerinin işlem görmemiş kumaşlarınkine göre daha düşük olduğu görülmüştür. Mukavemet düşmesinin nedeni, kullanılan çözeltilerin içindeki asit ve bazdır. En çok mukavemeti düşen NA38 kodlu numunedir. Kopma mukavemetinin düşmesinin ikinci bir nedeni ise, aktarılan TiO_2 ve SiO_2 nanopartikülleri ve PDMS sayesinde iplikler kayganlaştığı için test sırasında kopma anında lifler birbirine tutunamamakta, güç birliği yapamamakta ve bunun sonucunda kopma mukavemeti düşmektedir.

❖ Dairesel eğilme dayanımı sonuçlarına bakıldığında; LBL aplikasyonları sonucunda kumaşların tuşe özellikleri olumlu yönde etkilenmiş olup tuşe yumuşamıştır. Ayrıca, tuşenin işlem sonrasında daha yumuşak olmasının nedeni ise, kumaşlara siloksan içeren PDMS maddesinin aktarılmış olmasıdır.

❖ Kumaş kalınlığı sonuçları incelendiğinde; LBL yöntemiyle yapılan aplikasyonlar sonucunda işlem gören tüm kumaşların kalınlıkları artmıştır. Bunun nedeni, kumaşların kimyasal yaş işlemler sırasında boydan ve enden çekerek toplanmasıdır.

❖ Yüzey pürüzlülüğü sonuçları incelendiğinde; LBL yöntemiyle yapılan aplikasyonlar sonucunda işlem gören tüm kumaşların yüzeyinde titanyum ve silisyum nanopartiküllerle pürüzlülük oluşturulduğundan dolayı, yüzey pürüzlülük değerleri artmıştır.

❖ Su ve yağ iticilik sonuçları incelendiğinde; çok tabakalı kaplama yöntemiyle yapılan aplikasyonlarda kumaşların su iticilik değerleri 90-95 olarak ölçülmüştür. Bu rakamlar oldukça yüksek rakamlar olup, temas açısı sonuçlarından da görüldüğü üzere tüm işlem gören kumaşların süperhidrofob yüzeye sahip olduğu kanıtlanmıştır. Ancak, bu kumaşların yağ iticilik özellikleri saptanmamıştır.

❖ Çay, kahve ve vişne suyu lekeleri ile kirletilen LBL işlemi görmüş kumaşların kir iticilik değerleri yüksek çıkmıştır. Tabaka sayısı arttıkça kumaşın kir iticilik özelliği daha da artmıştır.

❖ SEM görüntüleri incelendiğinde; çok tabakalı kaplama aplikasyonlarından sonra numunelerin yüzey yapılarının değiştiği ve liflerin yüzeyinde çok fazla pürüzlü yapıların oluştuğu görülmüştür. Nanopartikül yoğunluğu (en yoğunundan en düşüğe doğru) ve yüzey pürüzlülüğü (en pürüzlüden en az pürüzlülüğe doğru) açısından normal pamuklu kumaşlar için $N18 > N28 > N38 > N24 > N34$ şeklinde sıralama yapılırken, katyonize pamuklu kumaşlar için $K18 = K14 > K28 > K24 > K38 > K34 > K31$ şeklinde sıralama yapılabilinmektedir. Bu sonuçların nedeni, tabaka sayısı en fazla olan yani 8 tabakalı kumaşlarda nanopartikül yoğunluğunun ve yüzey pürüzlülüğünün daha fazla olmasıdır. Ayrıca, PDMS miktarının azalması da nanopartikül yoğunluğunu ve yüzey pürüzlülüğünü artırmıştır.

❖ XPS analizlerinin sonuçlarına bakıldığında; çok tabakalı kaplama aplikasyonları uygulanan numunelerin hepsinde Ti ve Si elementlerinin varlığı tespit edilmiştir. Sonuçta, LBL yöntemiyle TiO_2 , SiO_2 nanopartiküllerinin ve PDMS'nin kumaşlara başarılı bir şekilde aktarıldığı saptanmıştır.

❖ Çok tabakalı kaplama aplikasyonları uygulanan numunelere applike edilen TiO_2 , SiO_2 nanopartiküllerinin ve PDMS maddelerinin selüloz liflerine bağlanıp bağlanmadığına dair bilgiye ve kanıtlara ulaşmak amacıyla FTIR analizleri yapılmıştır. FTIR analiz sonuçları incelendiğinde; LBL yöntemiyle TiO_2 , SiO_2 nanopartiküllerinin ve PDMS'nin kumaşlara başarılı bir şekilde bağlandığı tespit edilmiştir.

❖ AFM analizleriyle işlem görmemiş ve işlem gören kumaşların yüzey topografileri incelenmiştir. İşlem görmemiş pamuklu kumaşın yüzeyi düzgün bir yapıya sahip iken, LBL işlemi gören tüm kumaşların yüzeyinde nano boyutta pürüzlü yapılar olduğu görülmüştür.



KAYNAKLAR

AATCC TM22 standardı, 2017

(AATCC TM118 standardı, 2013).

Abd El-Hady, M. M., Sharaf, S., & Farouk, A. (2020). Highly hydrophobic and UV protective properties of cotton fabric using layer by layer self-assembly technique. *Cellulose*, 27(2), 1099-1110.

Hwang, J. M., Yeo, C. S., & Kim, Y. H. (2001). Preparation and Characterization of Sol-Gel Derived $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2\text{-PDMS}$ Composite Films. *Bulletin of the Korean Chemical Society*, 22(12), 1366-1370.

Pant, B., Pant, H. R., & Park, M. (2020). Fe $_{1-x}$ S modified TiO $_2$ NPs embedded carbon nanofiber composite via electrospinning: a potential electrode material for supercapacitors. *Molecules*, 25(5), 1075.

Munajad, A., & Subroto, C. (2018). Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy analysis of transformer paper in mineral oil-paper composite insulation under accelerated thermal aging. *Energies*, 11(2), 364.

Adamo, I., Ghisoli, C., & Caucia, F. (2010). A contribution to the study of FTIR spectra of opals. *Neues Jahrbuch für Mineralogie-Abhandlungen*, 63-68.

Ariga, K., Hill, J. P., & Ji, Q. (2007). Layer-by-layer assembly as a versatile bottom-up nanofabrication technique for exploratory research and realistic application. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 9(19), 2319-2340.

ASTM D4032 standardı, 2016

Barati Darband, G., Aliofkhazraei, M., Khorsand, S., Sokhanvar, S., & Kaboli, A. (2018). Science and engineering of superhydrophobic surfaces: Review of corrosion resistance, chemical and mechanical stability. *Arab. J. Chem.*

Barthlott, W., & Neinhuis, C. (1997). Purity of the sacred lotus or escape from contamination in biological surfaces. *Planta*, 202(1), 1-8.

Barthlott, W., Schimmel, T., Wiersch, S., Koch, K., Brede, M., Barczewski, M., ... & Bohn, H. F. (2010). The *Salvinia* paradox: superhydrophobic surfaces with hydrophilic pins for air retention under water. *Advanced Materials*, 22(21), 2325-2328.

- Berendjchi, A., Khajavi, R., & Yazdanshenas, M. E. (2011). Fabrication of superhydrophobic and antibacterial surface on cotton fabric by doped silica-based sols with nanoparticles of copper. *Nanoscale research letters*, 6(1), 594.
- Bhushan, B., & Jung, Y. C. (2011). Natural and biomimetic artificial surfaces for superhydrophobicity, self-cleaning, low adhesion, and drag reduction. *Progress in Materials Science*, 56(1), 1-108.
- BiLGESU, P. D. A. Y. (2014). G  zdc ULTAV taraflndan httlrlnan “SUPEtIIDR () FOBİK TEKSTİL YUZEYLERİNİN.
- Bixler, G. D., & Bhushan, B. (2012). Bioinspired rice leaf and butterfly wing surface structures combining shark skin and lotus effects. *Soft matter*, 8(44), 11271-11284.
- Bliznakov, S., Liu, Y., Dimitrov, N., Garnica, J., & Sedev, R. (2009). Double-scale roughness and superhydrophobicity on metalized Toray carbon fiber paper. *Langmuir*, 25(8), 4760-4766.
- Blossey, R. (2003). Self-cleaning surfaces—virtual realities. *Nature materials*, 2(5), 301-306.
- Borges, J., & Mano, J. F. (2014). Molecular interactions driving the layer-by-layer assembly of multilayers. *Chemical reviews*, 114(18), 8883-8942.
- B scher, K., Graf, K., Ahrens, H., & Helm, C. A. (2002). Influence of adsorption conditions on the structure of polyelectrolyte multilayers. *Langmuir*, 18(9), 3585-3591.
- Cai, D., Neyer, A., Kuckuk, R., & Heise, H. M. (2010). Raman, mid-infrared, near-infrared and ultraviolet–visible spectroscopy of PDMS silicone rubber for characterization of polymer optical waveguide materials. *Journal of Molecular Structure*, 976(1-3), 274-281.
- Cao, C., Ge, M., Huang, J., Li, S., Deng, S., Zhang, S., ... & Lai, Y. (2016). Robust fluorine-free superhydrophobic PDMS–ormosil@ fabrics for highly effective self-cleaning and efficient oil–water separation. *Journal of Materials Chemistry A*, 4(31), 12179-12187.
- Carosio, F., Negrell-Guirao, C., Di Blasio, A., Alongi, J., David, G., & Camino, G. (2015). Tunable thermal and flame response of phosphonated oligoallylamines layer by layer assemblies on cotton. *Carbohydrate polymers*, 115, 752-759.
- Cassie, A. B. D., & Baxter, S. (1944). Wettability of porous surfaces. *Transactions of the Faraday society*, 40, 546-551.
- Chauhan, P., Kumar, A., & Bhushan, B. (2019). Self-cleaning, stain-resistant and anti-bacterial superhydrophobic cotton fabric prepared by simple immersion technique. *Journal of colloid and interface science*, 535, 66-74.

- Chen, K., Zhou, J., Ge, F., Zhao, R., & Wang, C. (2019). Smart UV-curable fabric coatings with self-healing ability for durable self-cleaning and intelligent oil/water separation. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 565, 86-96.
- Chen, L., Guo, Z., & Liu, W. (2016). Biomimetic multi-functional superamphiphobic FOTS-TiO₂ particles beyond lotus leaf. *ACS applied materials & interfaces*, 8(40), 27188-27198.
- Chen, W., & McCarthy, T. J. (1997). Layer-by-layer deposition: a tool for polymer surface modification. *Macromolecules*, 30(1), 78-86.
- Cheng, D., Cai, G., Wu, J., Ran, J., & Wang, X. (2017). UV protective PET nanocomposites by a layer-by-layer deposition of TiO₂ nanoparticles. *Colloid and Polymer Science*, 295(11), 2163-2172.
- Cheng, D., He, M., Cai, G., Wang, X., Ran, J., & Wu, J. (2018). Durable UV-protective cotton fabric by deposition of multilayer TiO₂ nanoparticles films on the surface. *Journal of Coatings Technology and Research*, 15(3), 603-610.
- Dalod, A. R., Grendal, O. G., Blichfeld, A. B., Furtula, V., Pérez, J., Henriksen, L., ... & Einarsrud, M. A. (2017). Structure and optical properties of titania-PDMS hybrid nanocomposites prepared by in situ non-aqueous synthesis. *Nanomaterials*, 7(12), 460.
- Darmanin, T., de Givenchy, E. T., Amigoni, S., & Guittard, F. (2013). Superhydrophobic surfaces by electrochemical processes. *Advanced materials*, 25(10), 1378-1394.
- David, Q. (2008). Wetting and roughness. *Annu Rev Mater Res*, 38, 71-99.
- Decher, G. (1997). Fuzzy nanoassemblies: toward layered polymeric multicomposites. *science*, 277(5330), 1232-1237.
- Deng, Z. Y., Wang, W., Mao, L. H., Wang, C. F., & Chen, S. (2014). Versatile superhydrophobic and photocatalytic films generated from TiO₂-SiO₂@ PDMS and their applications on fabrics. *Journal of materials chemistry A*, 2(12), 4178-4184.
- Drelich, J., & Marmur, A. (2014). Physics and applications of superhydrophobic and superhydrophilic surfaces and coatings. *Surface Innovations*, 2(4), 211-227.
- Drelich, J., Chibowski, E., Meng, D. D., & Terpilowski, K. (2011). Hydrophilic and superhydrophilic surfaces and materials. *Soft Matter*, 7(21), 9804-9828.
- Duan, W., Xie, A., Shen, Y., Wang, X., Wang, F., Zhang, Y., & Li, J. (2011). Fabrication of superhydrophobic cotton fabrics with UV protection based on CeO₂ particles. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 50(8), 4441-4445.

- Dubas, S. T., Kumlangdudsana, P., & Potiyaraj, P. (2006). Layer-by-layer deposition of antimicrobial silver nanoparticles on textile fibers. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 289(1-3), 105-109.
- Dvoracek, C. M., Sukhonosova, G., Benedik, M. J., & Grunlan, J. C. (2009). Antimicrobial behavior of polyelectrolyte– surfactant thin film assemblies. *Langmuir*, 25(17), 10322-10328.
- Fan, M., Dai, D., & Huang, B. (2012). Fourier transform infrared spectroscopy for natural fibres. *Fourier transform-materials analysis*, 3, 45-68.
- Feng, L., Li, S., Li, Y., Li, H., Zhang, L., Zhai, J., ... & Zhu, D. (2002). Super-hydrophobic surfaces: from natural to artificial. *Advanced materials*, 14(24), 1857-1860.
- Feng, X., Feng, L., Jin, M., Zhai, J., Jiang, L., & Zhu, D. (2004). Reversible super-hydrophobicity to super-hydrophilicity transition of aligned ZnO nanorod films. *Journal of the American Chemical Society*, 126(1), 62-63.
- Forooshani, H. M., Aliofkhazraei, M., & Rouhaghdam, A. S. (2017). Superhydrophobic aluminum surfaces by mechanical/chemical combined method and its corrosion behavior. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 72, 220-235
- Foorginezhad, S., & Zerafat, M. M. (2019). Fabrication of stable fluorine-free superhydrophobic fabrics for anti-adhesion and self-cleaning properties. *Applied Surface Science*, 464, 458-471.
- Gao, S., Dong, X., Huang, J., Li, S., Li, Y., Chen, Z., & Lai, Y. (2018). Rational construction of highly transparent superhydrophobic coatings based on a non-particle, fluorine-free and water-rich system for versatile oil-water separation. *Chemical Engineering Journal*, 333, 621-629.
- Gao, X., & Guo, Z. (2017). Biomimetic superhydrophobic surfaces with transition metals and their oxides: a review. *Journal of Bionic Engineering*, 14(3), 401-439.
- Gao, X., & Jiang, L. (2004). Water-repellent legs of water striders. *Nature*, 432(7013), 36-36.
- Gao, X., Yan, X., Yao, X., Xu, L., Zhang, K., Zhang, J., ... & Jiang, L. (2007). The dry-style antifogging properties of mosquito compound eyes and artificial analogues prepared by soft lithography. *Advanced Materials*, 19(17), 2213-2217.
- Gong, X., & He, S. (2020). Highly durable superhydrophobic polydimethylsiloxane/silica nanocomposite surfaces with good self-cleaning ability. *ACS omega*, 5(8), 4100-4108.
- Görgülüer, H. (2019) gümüş nanopartikül katkılı tio2 kaplayarak süperhidrofobik kumaş üretilmesi (master's dissertation, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

- Grandcolas, M., Sinault, L., Mosset, F., Louvet, A., Keller, N., & Keller, V. (2011). Self-decontaminating layer-by-layer functionalized textiles based on WO₃-modified titanate nanotubes. Application to the solar photocatalytic removal of chemical warfare agents. *Applied Catalysis A: General*, 391(1-2), 455-467.
- Guo, F., Wen, Q., Peng, Y., & Guo, Z. (2017). Simple one-pot approach toward robust and boiling-water resistant superhydrophobic cotton fabric and the application in oil/water separation. *Journal of Materials Chemistry A*, 5(41), 21866-21874.
- Han, J. T., Lee, D. H., Ryu, C. Y., & Cho, K. (2004). Fabrication of superhydrophobic surface from a supramolecular organosilane with quadruple hydrogen bonding. *Journal of the American Chemical Society*, 126(15), 4796-4797.
- Hanke, L. D. (2001). Handbook of analytical methods for materials. Materials Evaluation and Engineering, Inc, 15-16.
- Hench, L. L., & West, J. K. (1990). The sol-gel process. *Chemical reviews*, 90(1), 33-72.
- Hosono, E., Fujihara, S., Honma, I., & Zhou, H. (2005). Superhydrophobic perpendicular nanopin film by the bottom-up process. *Journal of the American Chemical Society*, 127(39), 13458-13459.
- Iler, R. K. (1966). Multilayers of colloidal particles. *Journal of colloid and interface science*, 21(6), 569-594.
- Jeevahan, J., Chandrasekaran, M., Joseph, G. B., Durairaj, R. B., & Mageshwaran, G. J. J. O. C. T. (2018). Superhydrophobic surfaces: a review on fundamentals, applications, and challenges. *Journal of Coatings Technology and Research*, 15(2), 231-250.
- Jeon, J. W., O'Neal, J., Shao, L., & Lutkenhaus, J. L. (2013). Charge storage in polymer acid-doped polyaniline-based layer-by-layer electrodes. *ACS applied materials & interfaces*, 5(20), 10127-10136.
- JIS B0601 standard₁, 2001
- Jiang, B., Chen, Z., Sun, Y., Yang, H., Zhang, H., Dou, H., & Zhang, L. (2018). Fabrication of superhydrophobic cotton fabrics using crosslinking polymerization method. *Applied Surface Science*, 441, 554-563.
- Jiang, Y., Wang, Z., Yu, X., Shi, F., Xu, H., Zhang, X., ... & Dehaen, W. (2005). Self-assembled monolayers of dendron thiols for electrodeposition of gold nanostructures: toward fabrication

- of superhydrophobic/superhydrophilic surfaces and pH-responsive surfaces. *Langmuir*, 21(5), 1986-1990.
- Jin, M., Feng, X., Xi, J., Zhai, J., Cho, K., Feng, L., & Jiang, L. (2005). Super-hydrophobic PDMS surface with ultra-low adhesive force. *Macromolecular rapid communications*, 26(22), 1805-1809.
- Jin, Y., Jiang, P., Ke, Q., Cheng, F., Zhu, Y., & Zhang, Y. (2015). Superhydrophobic and superoleophilic polydimethylsiloxane-coated cotton for oil–water separation process: An evidence of the relationship between its loading capacity and oil absorption ability. *Journal of hazardous materials*, 300, 175-181.
- Jing, L. I., Yan, Z. H. A. O., Mingqiao, G. E., Sida, F. U., & Tong, L. I. N. (2016). Superhydrophobic and luminescent cotton fabrics prepared by dip-coating of APTMS modified SrAl₂O₄: Eu²⁺, Dy³⁺ particles in the presence of SU8 and fluorinated alkyl silane. *Journal of Rare Earths*, 34(7), 653-660.
- Johnson, L. M., Gao, L., Shields IV, C. W., Smith, M., Efimenko, K., Cushing, K., ... & López, G. P. (2013). Elastomeric microparticles for acoustic mediated bioseparations. *Journal of nanobiotechnology*, 11(1), 1-8.
- Jung, Y. C., & Bhushan, B. (2008). Dynamic effects of bouncing water droplets on superhydrophobic surfaces. *Langmuir*, 24(12), 6262-6269.
- Kamegawa, T., Shimizu, Y., & Yamashita, H. (2012). Superhydrophobic surfaces with photocatalytic self-cleaning properties by nanocomposite coating of TiO₂ and polytetrafluoroethylene. *Advanced Materials*, 24(27), 3697-3700.
- Ke, Q., Jin, Y., Jiang, P., & Yu, J. (2014). Oil/water separation performances of superhydrophobic and superoleophilic sponges. *Langmuir*, 30(44), 13137-13142.
- Khan, M. J., Singh, R., Joshi, K. B., & Vinayak, V. (2019). TiO₂ doped polydimethylsiloxane (PDMS) and *Luffa cylindrica* based photocatalytic nanosponge to absorb and desorb oil in diatom solar panels. *RSC advances*, 9(39), 22410-22416.
- Kızılcın, N., & Mermutlu, M. (2014). In situ preparation of cyclohexanone formaldehyde resin/layered silicate nanocomposites. *Journal of Applied Polymer Science*, 131(6).
- Kim, K. D., Seo, H. O., Sim, C. W., Jeong, M. G., Kim, Y. D., & Lim, D. C. (2013). Preparation of highly stable superhydrophobic TiO₂ surfaces with completely suppressed photocatalytic activity. *Progress in Organic Coatings*, 76(4), 596-600.

Kimya Dergisi, Sayı 2– Sayfa 36.

Kwon, D. H., Huh, H. K., & Lee, S. J. (2014). Wettability and impact dynamics of water droplets on rice (*Oryza sativa* L.) leaves. *Experiments in fluids*, 55(3), 1691.

Lai, Y., Tang, Y., Gong, J., Gong, D., Chi, L., Lin, C., & Chen, Z. (2012). Transparent superhydrophobic/superhydrophilic TiO₂ 2-based coatings for self-cleaning and anti-fogging. *Journal of Materials Chemistry*, 22(15), 7420-7426.

Lee, D., Rubner, M. F., & Cohen, R. E. (2006). All-nanoparticle thin-film coatings. *Nano letters*, 6(10), 2305-2312.

Lei, S., Shi, Z., Ou, J., Wang, F., Xue, M., Li, W., ... & Zhang, J. (2017). Durable superhydrophobic cotton fabric for oil/water separation. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 533, 249-254.

León, A., Reuquen, P., Garín, C., Segura, R., Vargas, P., Zapata, P., & Orihuela, P. A. (2017). FTIR and Raman characterization of TiO₂ nanoparticles coated with polyethylene glycol as carrier for 2-methoxyestradiol. *Applied Sciences*, 7(1), 49.

Li, J., Kang, R., Tang, X., She, H., Yang, Y., & Zha, F. (2016). Superhydrophobic meshes that can repel hot water and strong corrosive liquids used for efficient gravity-driven oil/water separation. *Nanoscale*, 8(14), 7638-7645.

Li, S., Huang, J., Chen, Z., Chen, G., & Lai, Y. (2017). A review on special wettability textiles: theoretical models, fabrication technologies and multifunctional applications. *Journal of Materials Chemistry A*, 5(1), 31-55.

Li, S., Huang, J., Ge, M., Cao, C., Deng, S., Zhang, S., ... & Lai, Y. (2015). Robust flower-like TiO₂@ cotton fabrics with special wettability for effective self-cleaning and versatile oil/water separation. *Advanced Materials Interfaces*, 2(14), 1500220.

Li, X. M., Reinhoudt, D., & Crego-Calama, M. (2007). What do we need for a superhydrophobic surface? A review on the recent progress in the preparation of superhydrophobic surfaces. *Chemical Society Reviews*, 36(8), 1350-1368.

Li, Y., Chen, S., Wu, M., & Sun, J. (2014). All spraying processes for the fabrication of robust, self-healing, superhydrophobic coatings. *Advanced Materials*, 26(20), 3344-3348.

Li, Y., Wang, X., & Sun, J. (2012). Layer-by-layer assembly for rapid fabrication of thick polymeric films. *Chemical Society Reviews*, 41(18), 5998-6009.

- Liang, J., Zhou, Y., Jiang, G., Wang, R., Wang, X., Hu, R., & Xi, X. (2013). Transformation of hydrophilic cotton fabrics into superhydrophobic surfaces for oil/water separation. *Journal of the Textile Institute*, 104(3), 305-311.
- Lin, D., Zeng, X., Li, H., & Lai, X. (2018). Facile fabrication of superhydrophobic and flame-retardant coatings on cotton fabrics via layer-by-layer assembly. *Cellulose*, 25(5), 3135-3149.
- Lin, D., Zeng, X., Li, H., Lai, X., & Wu, T. (2019). One-pot fabrication of superhydrophobic and flame-retardant coatings on cotton fabrics via sol-gel reaction. *Journal of colloid and interface science*, 533, 198-206.
- Lin, T., Wang, H., Wang, H., & Wang, X. (2004). The charge effect of cationic surfactants on the elimination of fibre beads in the electrospinning of polystyrene. *Nanotechnology*, 15(9), 1375.
- Liu, J., Huang, W., Xing, Y., Li, R., & Dai, J. (2011). Preparation of durable superhydrophobic surface by sol-gel method with water glass and citric acid. *Journal of sol-gel science and technology*, 58(1), 18-23.
- Liu, S., Liu, X., Latthe, S. S., Gao, L., An, S., Yoon, S. S., ... & Xing, R. (2015). Self-cleaning transparent superhydrophobic coatings through simple sol-gel processing of fluoroalkylsilane. *Applied Surface Science*, 351, 897-903.
- Liu, X., Xu, Y., Chen, Z., Ben, K., & Guan, Z. (2015). Robust and antireflective superhydrophobic surfaces prepared by CVD of cured polydimethylsiloxane with candle soot as a template. *RSC Advances*, 5(2), 1315-1318.
- Liu, Y. (2017). *Fabrication and Applications of Multifunctional Superhydrophobic Surfaces Based on Surface Chemistry and Morphology*.
- Luo, Z., Li, Y., Duan, C., & Wang, B. (2018). Fabrication of a superhydrophobic mesh based on PDMS/SiO₂ nanoparticles/PVDF microparticles/KH-550 by one-step dip-coating method. *RSC advances*, 8(29), 16251-16259.
- Lvov, Y., Decher, G., & Moehwald, H. (1993). Assembly, structural characterization, and thermal behavior of layer-by-layer deposited ultrathin films of poly (vinyl sulfate) and poly (allylamine). *Langmuir*, 9(2), 481-486.
- Mai, Z., Xiong, Z., Shu, X., Liu, X., Zhang, H., Yin, X., ... & Chen, D. (2018). Multifunctionalization of cotton fabrics with polyvinylsilsesquioxane/ZnO composite coatings. *Carbohydrate polymers*, 199, 516-525.

- Makowski, T., Kowalczyk, D., Fortuniak, W., Jeziorska, D., Brzezinski, S., & Tracz, A. (2014). Superhydrophobic properties of cotton woven fabrics with conducting 3D networks of multiwall carbon nanotubes, MWCNTs. *Cellulose*, 21(6), 4659-4670.
- Marmur, A. (2012). Hydro-hygro-oleo-omni-phobic? Terminology of wettability classification. *Soft Matter*, 8(26), 6867-6870.
- Mittal, N., Deva, D., Kumar, R., & Sharma, A. (2015). Exceptionally robust and conductive superhydrophobic free-standing films of mesoporous carbon nanocapsule/polymer composite for multifunctional applications. *Carbon*, 93, 492-501.
- Nanda, D., Varshney, P., Satapathy, M., Mohapatra, S. S., & Kumar, A. (2017). Self-assembled monolayer of functionalized silica microparticles for self-cleaning applications A Physicochemical and engineering aspects.
- Oh, T., & Choi, C. K. (2010). Comparison between SiOC thin films fabricated by using plasma enhance chemical vapor deposition and SiO₂ thin films by using fourier transform infrared spectroscopy. *J. Korean Phys. Soc*, 56(4), 1150-1155.
- Ohko, Y., Saitoh, S., Tatsuma, T., & Fujishima, A. (2001). Photoelectrochemical anticorrosion and self-cleaning effects of a TiO₂ coating for type 304 stainless steel. *Journal of the Electrochemical Society*, 148(1), B24-B28.
- Ozaydin-Ince, G., Coclite, A. M., & Gleason, K. K. (2011). CVD of polymeric thin films: applications in sensors, biotechnology, microelectronics/organic electronics, microfluidics, MEMS, composites and membranes. *Reports on Progress in Physics*, 75(1), 016501.
- ÖZDEMİR, F., RAMAZANOĞLU, D., & TUTUŞ, A. (2018). Akıllı Malzemeler için Biyomimetik Yüzey Tasarımları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(3), 664-676.
- Özdemir, Gültekin. (2017) Sıvıların Islatma Yetenekleri ve Temas Açısı, İnovatif
- Pacchioni, G., Skuja, L., & Griscom, D. L. (Eds.). (2012). Defects in SiO₂ and related dielectrics: science and technology (Vol. 2). Springer Science & Business Media.
- Pan, G., Xiao, X., & Ye, Z. (2019). Fabrication of stable superhydrophobic coating on fabric with mechanical durability, UV resistance and high oil-water separation efficiency. *Surface and Coatings Technology*, 360, 318-328.
- Pan, H., Song, L., Hu, Y., & Liew, K. M. (2015). An eco-friendly way to improve flame retardancy of cotton fabrics: layer-by-layer assembly of semi-biobased substance. *Energy Procedia*, 75, 174-179.

- Parkin, I. P., & Palgrave, R. G. (2005). Self-cleaning coatings. *Journal of materials chemistry*, 15(17), 1689-1695.
- Peng, L., Meng, Y., & Li, H. (2016). Facile fabrication of superhydrophobic paper with improved physical strength by a novel layer-by-layer assembly of polyelectrolytes and lignosulfonates-amine. *Cellulose*, 23(3), 2073-2085.
- Połowiński, S. (2005). Polyelectrolyte layer-by-layer processed coated textiles. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 13(6), 50.
- Połowiński, S. (2007). Deposition of polymer complex layers onto nonwoven textiles. *Journal of applied polymer science*, 103(3), 1700-1705.
- Priolo, M. A., Gamboa, D., Holder, K. M., & Grunlan, J. C. (2010). Super gas barrier of transparent polymer– clay multilayer ultrathin films. *Nano letters*, 10(12), 4970-4974.
- Rao, K. S., El-Hami, K., Kodaki, T., Matsushige, K., & Makino, K. (2005). A novel method for synthesis of silica nanoparticles. *Journal of colloid and interface science*, 289(1), 125-131.
- Riaz, S., Ashraf, M., Hussain, T., & Hussain, M. T. (2019). Modification of silica nanoparticles to develop highly durable superhydrophobic and antibacterial cotton fabrics. *Cellulose*, 26(8), 5159-5175.
- Rosales, A., & Esquivel, K. (2020). SiO₂@ TiO₂ Composite Synthesis and Its Hydrophobic Applications: A Review. *Catalysts*, 10(2), 171.
- Saleem, M. S. (2015). Development of Super Hydrophobic Surfaces using Silica Nanoparticles.
- Sas, I., Gorga, R. E., Joines, J. A., & Thoney, K. A. (2012). Literature review on superhydrophobic self-cleaning surfaces produced by electrospinning. *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*, 50(12), 824-845.
- Saurer, E. M., Flessner, R. M., Sullivan, S. P., Prausnitz, M. R., & Lynn, D. M. (2010). Layer-by-layer assembly of DNA-and protein-containing films on microneedles for drug delivery to the skin. *Biomacromolecules*, 11(11), 3136-3143.
- Sawatari, C., Sekiguchi, Y., & Yagi, T. (1998). Durable water-repellent cotton fabrics prepared by low-degree substitution of long chain alkyl groups. *Textile research journal*, 68(7), 508-514.
- Shang, H. M., Wang, Y., Limmer, S. J., Chou, T. P., Takahashi, K., & Cao, G. Z. (2005). Optically transparent superhydrophobic silica-based films. *Thin Solid Films*, 472(1-2), 37-43.

- Sheng, J., Xu, Y., Yu, J., & Ding, B. (2017). Robust fluorine-free superhydrophobic amino-silicone oil/SiO₂ modification of electrospun polyacrylonitrile membranes for waterproof-breathable application. *ACS applied materials & interfaces*, 9(17), 15139-15147.
- SHI, Y., FENG, X., YANG, W., WANG, Y., & WU, D. (2011). Large yellow spot mosquitos favor humid conditions and display superhydrophobic properties on their wings and legs. *Chinese Science Bulletin*, 56(16), 1241-1245.
- Shi, F., Niu, J., Liu, J., Liu, F., Wang, Z., Feng, X. Q., & Zhang, X. (2007). Towards understanding why, a superhydrophobic coating is needed by water striders. *Advanced Materials*, 19(17), 2257-2261.
- Shi, F., Wang, Z., & Zhang, X. (2005). Combining a layer-by-layer assembling technique with electrochemical deposition of gold aggregates to mimic the legs of water striders. *Advanced Materials*, 17(8), 1005-1009.
- Shi, Y., Wang, Y., Feng, X., Yue, G., & Yang, W. (2012). Fabrication of superhydrophobicity on cotton fabric by sol-gel. *Applied Surface Science*, 258(20), 8134-8138.
- Shi, Y., Wang, Y., Feng, X., Yue, G., & Yang, W. (2012). Fabrication of superhydrophobicity on cotton fabric by sol-gel. *Applied Surface Science*, 258(20), 8134-8138.
- Shibuichi, S., Yamamoto, T., Onda, T., & Tsujii, K. (1998). Super water-and oil-repellent surfaces resulting from fractal structure. *Journal of Colloid and Interface Science*, 208(1), 287-294.
- Su, B., Tian, Y., & Jiang, L. (2016). Bioinspired interfaces with superwettability: from materials to chemistry. *Journal of the American Chemical Society*, 138(6), 1727-1748.
- Su, X., Li, H., Lai, X., Zhang, L., Liang, T., Feng, Y., & Zeng, X. (2017). Polydimethylsiloxane-based superhydrophobic surfaces on steel substrate: fabrication, reversibly extreme wettability and oil-water separation. *ACS applied materials & interfaces*, 9(3), 3131-3141.
- Sun, M., Watson, G. S., Zheng, Y., Watson, J. A., & Liang, A. (2009). Wetting properties on nanostructured surfaces of cicada wings. *Journal of Experimental Biology*, 212(19), 3148-3155.
- Szostak-Kotowa, J. (2004). Biodeterioration of textiles. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 53(3), 165-170.
- Şimşek, B. (2017). Nanoyapılı süperhidrofobik tekstil yüzeyi modifikasyonu için başlatıcı kimyasal buhar biriktirme (iCVD) yöntemi ile poli (hekzafloro bütül akrilat) ince filmlerin sentezi (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

- Takahashi, S., Sato, K., & Anzai, J. I. (2012). Layer-by-layer construction of protein architectures through avidin–biotin and lectin–sugar interactions for biosensor applications. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 402(5), 1749-1758.
- Tamayo, A., & Rubio, J. (2010). Structure modification by solvent addition into TEOS/PDMS hybrid materials. *Journal of non-crystalline solids*, 356(33-34), 1742-1748.
- Tan, H. L., McMurdo, M. J., Pan, G., & Van Patten, P. G. (2003). Temperature dependence of polyelectrolyte multilayer assembly. *Langmuir*, 19(22), 9311-9314.
- Tian, M., Hu, X., Qu, L., Du, M., Zhu, S., Sun, Y., & Han, G. (2016). Ultraviolet protection cotton fabric achieved via layer-by-layer self-assembly of graphene oxide and chitosan. *Applied Surface Science*, 377, 141-148.
- Toskas, G., Cherif, C., Hund, R. D., Laourine, E., Fahmi, A., & Mahltig, B. (2011). Inorganic/organic (SiO₂)/PEO hybrid electrospun nanofibers produced from a modified sol and their surface modification possibilities. *ACS applied materials & interfaces*, 3(9), 3673-3681.
- TS 391 EN ISO 9237 standardı, 1999
- TS 7128 EN ISO 5084 standardı, 1998
- TS EN ISO 13934-1 standardı, 2013
- Uğur, Ş. S. (2010). Çok tabakalı kaplama yöntemi ile tekstil materyallerinin fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi (Doctoral dissertation, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü).
- ULTAV, G. (2014). Süperhidrofobik tekstil yüzeylerinin oluşturulması ve karakterizasyonu (master's thesis, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Wang, C. H., Song, Y. Y., Zhao, J. W., & Xia, X. H. (2006). Semiconductor supported biomimetic superhydrophobic gold surfaces by the galvanic exchange reaction. *Surface science*, 600(4), 38-42.
- Wang, H., Xue, Y., Ding, J., Feng, L., Wang, X., & Lin, T. (2011). Durable, self-healing superhydrophobic and superoleophobic surfaces from fluorinated-decyl polyhedral oligomeric silsesquioxane and hydrolyzed fluorinated alkyl silane. *Angewandte Chemie International Edition*, 50(48), 11433-11436.

- Wang, P., Zhang, D., Qiu, R., Wan, Y., & Wu, J. (2014). Green approach to fabrication of a superhydrophobic film on copper and the consequent corrosion resistance. *Corrosion Science*, 80, 366-373.
- Wang, X., Ding, H., Sun, S., Zhang, H., Zhou, R., Li, Y., ... & Wang, J. (2021). Preparation of a temperature-sensitive superhydrophobic self-cleaning SiO₂-TiO₂@ PDMS coating with photocatalytic activity. *Surface and Coatings Technology*, 408, 126853.
- Wang, T., Hu, X., & Dong, S. (2007). A general route to transform normal hydrophilic cloths into superhydrophobic surfaces. *Chemical Communications*, (18), 1849-1851.
- Wang, Y., Li, B., & Xu, C. (2012). Fabrication of superhydrophobic surface of hierarchical ZnO thin films by using stearic acid. *Superlattices and Microstructures*, 51(1), 128-134.
- Wang, Y., Li, B., Liu, T., Xu, C., & Ge, Z. (2014). Controllable fabrication of superhydrophobic TiO₂ coating with improved transparency and thermostability. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 441, 298-305.
- Wenzel, R. N. (1936). Resistance of solid surfaces to wetting by water. *Industrial & Engineering Chemistry*, 28(8), 988-994.
- Wu, M., Ma, B., Pan, T., Chen, S., & Sun, J. (2016). Silver-nanoparticle-colored cotton fabrics with tunable colors and durable antibacterial and self-healing superhydrophobic properties. *Advanced Functional Materials*, 26(4), 569-576.
- Xiang, T., Ding, S., Li, C., Zheng, S., Hu, W., Wang, J., & Liu, P. (2017). Effect of current density on wettability and corrosion resistance of superhydrophobic nickel coating deposited on low carbon steel. *Materials & Design*, 114, 65-72.
- Xiao, F. X., Pagliaro, M., Xu, Y. J., & Liu, B. (2016). Layer-by-layer assembly of versatile nanoarchitectures with diverse dimensionality: a new perspective for rational construction of multilayer assemblies. *Chemical Society Reviews*, 45(11), 3088-3121.
- Xu, Q. F., & Wang, J. N. (2009). A superhydrophobic coating on aluminium foil with an anti-corrosive property. *New Journal of Chemistry*, 33(4), 734-738.
- Xue, C. H., Li, Y. R., Zhang, P., Ma, J. Z., & Jia, S. T. (2014). Washable and wear-resistant superhydrophobic surfaces with self-cleaning property by chemical etching of fibers and hydrophobization. *ACS applied materials & interfaces*, 6(13), 10153-10161.

- Xue, C. H., Yin, W., Jia, S. T., & Ma, J. Z. (2011). UV-durable superhydrophobic textiles with UV-shielding properties by coating fibers with ZnO/SiO₂ core/shell particles. *Nanotechnology*, 22(41), 415603.
- Yan, H., Kurogi, K., Mayama, H., & Tsujii, K. (2005). Environmentally Stable Super Water-Repellent Poly (alkylpyrrole) Films. *Angewandte Chemie International Edition*, 44(22), 3453-3456.
- Yang, S. J., Chen, X., Yu, B., Cong, H. L., Peng, Q. H., & Jiao, M. M. (2016). Self-cleaning superhydrophobic coatings based on PDMS and TiO₂/SiO₂ nanoparticles. *Integrated Ferroelectrics*, 169(1), 29-34.
- Yang, C., & Yang, C. (2014). Preparation of TiO₂ particles and surface silanization modification for electronic ink. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 25(8), 3285-3289.
- Yao, L., & He, J. (2014). Recent progress in antireflection and self-cleaning technology—From surface engineering to functional surfaces. *Progress in Materials Science*, 61, 94-143.
- Yokoi, N., Manabe, K., Tenjimbayashi, M., & Shiratori, S. (2015). Optically transparent superhydrophobic surfaces with enhanced mechanical abrasion resistance enabled by mesh structure. *ACS applied materials & interfaces*, 7(8), 4809-4816.
- Zhang, J., France, P., Radomyselskiy, A., Datta, S., Zhao, J., & van Ooij, W. (2003). Hydrophobic cotton fabric coated by a thin nanoparticulate plasma film. *Journal of applied polymer science*, 88(6), 1473-1481.
- Zhang, L., Li, Y., Sun, J., & Shen, J. (2008). Layer-by-layer fabrication of broad-band superhydrophobic antireflection coatings in near-infrared region. *Journal of colloid and interface science*, 319(1), 302-308.
- Zhang, M., & Wang, C. (2013). Fabrication of cotton fabric with superhydrophobicity and flame retardancy. *Carbohydrate polymers*, 96(2), 396-402.
- Zhang, M., Feng, S., Wang, L., & Zheng, Y. (2016). Lotus effect in wetting and self-cleaning. *Biotribology*, 5, 31-43.
- Zhang, M., Wang, S., Wang, C., & Li, J. (2012). A facile method to fabricate superhydrophobic cotton fabrics. *Applied Surface Science*, 261, 561-566.
- Zhang, X., Shi, F., Niu, J., Jiang, Y., & Wang, Z. (2008). Superhydrophobic surfaces: from structural control to functional application. *Journal of Materials Chemistry*, 18(6), 621-633.

- Zhang, Y., Ge, D., & Yang, S. (2014). Spray-coating of superhydrophobic aluminum alloys with enhanced mechanical robustness. *Journal of colloid and interface science*, 423, 101-107.
- Zhao, K., Liu, K. S., Li, J. F., Wang, W. H., & Jiang, L. (2009). Superamphiphobic CaLi-based bulk metallic glasses. *Scripta materialia*, 60(4), 225-227.
- Zhao, N., Shi, F., Wang, Z., & Zhang, X. (2005). Combining layer-by-layer assembly with electrodeposition of silver aggregates for fabricating superhydrophobic surfaces. *Langmuir*, 21(10), 4713-4716.
- Zhao, N., Xie, Q., Weng, L., Wang, S., Zhang, X., & Xu, J. (2005). Superhydrophobic surface from vapor-induced phase separation of copolymer micellar solution. *Macromolecules*, 38(22), 8996-8999.
- Zhao, Y., Tang, Y., Wang, X., & Lin, T. (2010). Superhydrophobic cotton fabric fabricated by electrostatic assembly of silica nanoparticles and its remarkable buoyancy. *Applied Surface Science*, 256(22), 6736-6742.
- Zhao, Y., Xu, Z., Wang, X., & Lin, T. (2013). Superhydrophobic and UV-blocking cotton fabrics prepared by layer-by-layer assembly of organic UV absorber intercalated layered double hydroxides. *Applied surface science*, 286, 364-370.
- Zheng, Y., Gao, X., & Jiang, L. (2007). Directional adhesion of superhydrophobic butterfly wings. *Soft Matter*, 3(2), 178-182.
- Zhou, H., Wang, H., Niu, H., Gestos, A., & Lin, T. (2013). Robust, self-healing superamphiphobic fabrics prepared by two-step coating of fluoro-containing polymer, fluoroalkyl silane, and modified silica nanoparticles. *Advanced Functional Materials*, 23(13), 1664-1670.
- Zhou, X., Zhang, Z., Xu, X., Men, X., & Zhu, X. (2013). Fabrication of super-repellent cotton textiles with rapid reversible wettability switching of diverse liquids. *Applied surface science*, 276, 571-577.
- Zhu, T., Li, S., Huang, J., Mihailiasa, M., & Lai, Y. (2017). Rational design of multi-layered superhydrophobic coating on cotton fabrics for UV shielding, self-cleaning and oil-water separation. *Materials & Design*, 134, 342-351.

TEŞEKKÜR

Tez konusunun seçimi, denemelerin yönlendirilmesi, tezin düzenlenmesi, tezin hazırlanması, testlerin yapılması ve sonuçlarının değerlendirilmesi sırasında bana başından sonuna kadar yol gösteren danışman hocama Doç.Dr. Eylene Sema DALBAŞI'na (Ege Üniversitesi), verilerin değerlendirilmesinde yardımcı olan hocam Doç. Dr. Ahmet Çay'a (Ege Üniversitesi) ve testleri yaparken desteklerini esirgemeyerek bana yardımcı olan tüm teknikerlere teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, 21790 proje numaralı “Çok tabakalı kaplama (LBL) yöntemi kullanılarak süperhidrofob pamuklu kumaş üretimi” isimli Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) kapsamında sağlanan destekle gerçekleştirilmiş olup, bu desteklerinden dolayı BAP Birimine teşekkür ederim.

08/06/2021