



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ANTİFUNGAL VE ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİKTE
BAKIR-GÜMÜŞ / ÇİNKO OKSİT (CuAg/ZnO)
NANOKOMPOZİT PARTİKÜLLERİNİN ÜRETİMİ
VE TEKSTİLDE KULLANIMI**

DEMET KÜÇÜK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

KAHRAMANMARAŞ, 2016

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANTİFUNGAL VE ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİKTE
BAKIR-GÜMÜŞ / ÇİNKO OKSİT (CuAg/ZnO)
NANOKOMPOZİT PARTİKÜLLERİNİN ÜRETİMİ
VE TEKSTİLDE KULLANIMI

DEMET KÜÇÜK

Bu tez,
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ, 2016

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Demet KÜÇÜK tarafından hazırlanan “ANTİFUNGAL VE ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİKTE BAKIR-GÜMÜŞ / ÇİNKO OKSİT (CuAg/ZnO) NANOKOMPOZİT PARTİKÜLLERİNİN ÜRETİMİ VE TEKSTİLDE KULLANIMI” adlı bu tez, jürimiz tarafından 30.05.2016 tarihinde oy birliği ile Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Onur BALCI (DANIŞMAN)
Tekstil Mühendisliği
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Doç. Dr. Cem GÜNEŞOĞLU
Tekstil Mühendisliği (2. Danışman)
Gaziantep Üniversitesi

Prof. Dr. Sebahattin GÜRMEEN
Metalürji Malzeme Mühendisliği
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Gaye KAYA
Tekstil Mühendisliği
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Doç. Dr. Rıza ATAV
Tekstil Mühendisliği
Namık Kemal Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Mustafa ŞEKKELİ
.....
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Demet KÜÇÜK



Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

**ANTİFUNGAL VE ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİKTE BAKIR-GÜMÜŞ / ÇİNKO
OKSİT (CuAg/ZnO) NANOKOMPOZİT PARTİKÜLLERİNİN ÜRETİMİ VE
TEKSTİLDE KULLANIMI
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

DEMET KÜÇÜK

ÖZET

21. yüzyılın devrimi olarak tanımlanan nanoteknoloji maddelerin atomlarını istenilen şekilde düzenlemeyi sağlayarak daha hafif, daha dayanıklı, daha çevre dostu üretimler yapılmasına imkân vermektedir. Bu avantajı nedeniyle nanoteknoloji birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Yapılan çalışmalar ve araştırmalarla nanoteknolojinin faydaları daha fazla ortaya çıkmış ve kullanım alanları genişlemiştir.

Nanoteknolojinin kapsadığı alanlardan biri de tekstildir. Nanoyapılı malzemelerin ve ürünlerin tasarlanmasıyla tekstile yeni bir boyut kazandırılmaya başlanmıştır. Günümüzde kullanılmakta olan güç tutuşur, kendi kendini temizleyen, üzerinde su tutmayan, renk değiştiren ve antibakteriyel kumaşlar gibi kullanıcı dostu ürünlerin geliştirilmesi nanoteknoloji alanındaki gelişmelerin sonucudur.

Gittikçe daha da önem kazanan antibakteriyel kumaşlar özellikle medikal tekstillerde sıkça kullanım fırsatı bulmaktadır. Bu nedenle antibakteriyel tekstil ürünlerinin üretimi ve geliştirilmesine ilgi artmaktadır.

Bu çalışmada ülkemizde ilk kez antifungal ve antibakteriyel özellik sergileyen nano yapıda gümüşü azaltılmış CuAg/ZnO kompozit tozları USP (Ultrasonik Sprey Piroliz) tekniği ile üretilmiş ve üretilen tozlar silindir üstü bıçak kaplama yöntemiyle kumaş yüzeyine aktarılarak, antibakteriyel ve antifungal kumaş eldesi sağlanmaya çalışılmıştır.

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Mayıs / 2016

Danışman: Doç. Dr. Onur BALCI

Sayfa sayısı: 76

**PRODUCTION AND APPLICATION OF COPPER-SILVER/ZINC OXIDE (Cu-Ag/ZnO) NANOCOMPOSITE PARTICLES HAVING ANTIBACTERIAL AND ANTIFUNGAL PROPERTIES
(M.Sc. THESIS)**

DEMET KÜÇÜK

ABSTRACT

Nanotechnology makes it able to product lighter, more durable and more environmentally friendly products by providing to put atoms of substances in order as how it is wanted. Because of this advantage, nanotechnology is being used in many areas. With the studies and researches; the advantages of the nanotechnology came more out and also its usage areas expanded.

One of the areas which nanotechnology includes is textile. It began to add a new dimension to the textiles by designing nanocrystalline substances and products. The nanotechnology is effective to improve environmentally friendly products like flame reterdant fabrics, self-clean fabrics, waterproof fabrics, chromic fabrics and antibacterial fabrics.

The antibacterial fabrics which are getting important day by day, find opportunity especially in medical textiles. For this reason, more the interest in production and development of antibacterial textile materials is growing up.

In this study, for the fist time in our country nanosized, low silver containing, having antifungal and antibacterial properties Cu Ag/ZnO composite powders are produced by USP (Ultrasonic Sprey Pyrolysis) and powders which we produce are aplicated in the University of Kahramanmaraş Sütçü İmam to fabric surface to get antibacterial and antifungal activities by knife on cylinder type coating machine.

University of Kahramanmaraş Sütçü İmam
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Textile Engineering, May / 2016

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Onur BALCI

Page Numbers: 76

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımnda bana büyük destek sağlayan ve yardımlarını hiç esirgemeyen K.S.Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümün'nden değerli hocam Doç. Dr. Onur BALCI ve İ.T.Ü. Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'nden Prof. Dr. Sebahattin GÜR MEN'e teşekkürlerimi arz ederim. Çalışmalarımnda ilgili testlerimde yardımcı olan Uludağ Üniversitesi Mikrobiyoloji Laboratuvar'ndan Doç. Dr. Mehmet ORHAN ve Kayseri Erciyes Üniversitesi Mikrobiyoloji Laboratuvarı'ndan Doç. Dr. Mustafa TUTAK hocalarıma teşekkür ederim. Ayrıca KSÜ/ÜSKİM bünyesindeki çeşitli test ve analizlerimde her zaman yanımda olup yardım eden uzman arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma, 213M267 numaralı TÜBİTAK araştırma projesinin desteğiyle gerçekleştirilmiş olup, TÜBİTAK Mühendislik Araştırma Grubuna sağladıkları destekten dolayı teşekkürlerimi arz ederim. Yüksek Lisans Eğitimim boyunca değerli bilgilerinden faydalandığım K.S.Ü. ve Gaziantep Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerine teşekkür ederim.

Son olarak bugüne kadar her adımda her kararında bana destek olan, yanımda olmasalar bile her zaman varlıklarını, sevgi ve bana olan inançlarını hissedebildiğim canım aileme beni bu günlere getirdikleri için çok teşekkür ederim. Yüksek lisansa başladığımdan beri tüm iyi niyetiyle yanımda olup, deneyimlerini benimle paylaşan sevgili Öğr. Gör. Burcu SANCAR BEŞEN, Ertuğrul DEMİR, Sabiha DEMİR BAKAN ve Elif ALAGÖZ'e teşekkürü bir borç bilirim. Tez kapsamında kullanılan nanopartiküllerin üretiminde ve ilgili konular hakkındaki bilgilendirmelerde yardımcı olan Yüksek Metalürji ve Malzeme Tolga ÇAKMAK ve Arş. Gör. Elif EMİL'e teşekkür ederim. Özellikle her zaman yanımda olan, bana her türlü desteği veren, benimle böyle bir süreçten geçen ve hiçbir zaman şikâyet etmeden birlikte yola devam eden sevgili Özhan ÇOBAN'a sonsuz teşekkürlerimi iletirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tekstilde Nanoteknoloji	2
1.2. Tekstilde Antibakteriyellik	4
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	7
2.1. Önceki Çalışmaların Teze Katkısı	15
2.2. Tezin Önceki Çalışmalardan Farklı Yönleri	15
3. MATERYAL VE METOT	17
3.1. Çalışmanın amacı	17
3.2. Materyal	18
3.2.1. Nanopartikül üretiminde kullanılan kimyasallar	18
3.2.2. Kaplama patının üretiminde kullanılan kimyasallar	19
3.2.3. Kaplama çalışmalarında kullanılan tekstil materyali	19
3.3. Metot	19
3.3.1. Nanopartikül üretimi	19
3.3.2. Kaplama	21
3.3.3. Test yöntemleri	21
3.3.3.1. Nanopartikül ve kumaşların karakterizasyonu	21
3.3.3.1.1. X-ışınları difraksiyonu ile faz analizi (XRD)	22
3.3.3.1.2. Taramalı elektron mikroskobu analizi (SEM)	22
3.3.3.1.3. Antibakteriyel testler	22
3.3.3.1.4. Antifungal testler	22

	<u>Sayfa No</u>
3.3.3.1.5. UV dayanım testi	23
3.3.3.1.6. Kumaşlara uygulanan fiziksel testler	23
3.3.4. Kullanılan cihazlar	24
3.3.5. Yıkama dayanımı çalışması	25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	26
4.1. Nanopartikül karakterizasyonu	26
4.1.1. X-Işınları difraksiyonu ile faz analizi.....	26
4.1.2. Taramalı elektron mikroskobu incelemeleri (SEM-EDS).....	29
4.1.3. Geçirimli elektron mikroskobu incelemeleri (TEM-EDS)	32
4.2. Kumaş karakterizasyonu sonuçları	34
4.2.1. Taramalı elektron mikroskobu analizi (SEM).....	34
4.3. Antibakteriyel test sonuçları	56
4.3.1. Nanopartikül antibakteriyel test sonuçları	56
4.3.2. Kumaş antibakteriyel test sonuçları	57
4.4. Antifungallık sonuçları	59
4.4.1. Nanopartikül antifungallık sonuçları.....	60
4.4.2. Kumaş antifungallık sonuçları	60
4.5. UV dayanımı.....	66
4.6. Fiziksel test sonuçları.....	66
5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME	70
KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ	75

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1.Çeşitli yapıların nanometre cinsinden boyutları [1]	2
Şekil 1.2. Nanoteknoloji ile tekstil yüzeylerine kazandırılabilir özellikler [5].....	4
Şekil 3.1. Tişört örneklerinin AATCC 30 test yöntemine göre <i>Aspergillus niger</i> 'e karşı antimantar etkinlik değerleri (a) Kaplamasız bir hafta kullanılmış tişört (b) Kaplamalı bir hafta kullanılmış tişört (c) Kaplamasız kullanılmamış tişört (d) Kaplamalı kullanılmamış tişört	18
Şekil 3.2. Deneysel düzeneğin genel görünümü 1) Atomizör 2) Atomizör güç kaynağı 3) Soğutma sistemi 4) Fırın 5) Akış ölçer 6) Kuvars tüp 7) Toz toplama şişesi 8) Azot gazı 9)Hidrojen gazı.	20
Şekil 3.3. (a) Laboratuvar tipi silindirik üstü bıçak kumaş kaplama makinası (b) Laboratuvar tipi kurutma makinası.....	21
Şekil 3.4. Titan 510 test cihazı	24
Şekil 3.5. Elmatear dijital yırtılma mukavemeti test cihazı.....	25
Şekil 3.6. Martindale Aşındırma ve Boncuklandırma Test Cihazı.....	25
Şekil 4.1. CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinin XRD paternleri (1 Nolu deneysel çalışma ile üretilmiş nanopartikül).....	26
Şekil 4.2. CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinin XRD paternleri (2 Nolu deneysel çalışma ile üretilmiş nanopartikül).....	27
Şekil 4.3. CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinin XRD paternleri (3 Nolu deneysel çalışma ile üretilmiş nanopartikül).....	27
Şekil 4.4. CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinin XRD paternleri (4 Nolu deneysel çalışma ile üretilmiş nanopartikül).....	28
Şekil 4.5. CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinin XRD paternleri (5 Nolu deneysel çalışma ile üretilmiş nanopartikül).....	28
Şekil 4.6. USP-HR tekniği ile üretilmiş CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerin SEM görüntüleri (a: x20.000 büyütme, b: x50.000 büyütme) ve EDS analizi sonucu (c), (1 nolu toz).....	29
Şekil 4.7. USP-HR tekniği ile üretilmiş CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerin SEM görüntüleri (a: x20.000 büyütme, b: x50.000 büyütme) ve EDS analizi sonucu (c), (2 nolu toz).....	30

Şekil 4.8. USP-HR tekniği ile üretilmiş CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerin SEM görüntüleri (a,b) ve EDS analizi sonucu (c), (3 nolu toz)	30
Şekil 4.9. USP-HR tekniği ile üretilmiş CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerin SEM görüntüleri (a,b) ve EDS analizi sonucu (c), (4 nolu toz)	31
Şekil 4.10. USP-HR tekniği ile üretilmiş CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerin SEM görüntüleri (a,b) ve EDS analizi sonucu (c), (5 nolu toz)	31
Şekil 4.11. TEM görüntüleri ve EDS analizi sonuçları (1 nolu toz)	32
Şekil 4.12. TEM görüntüleri ve EDS analizi sonuçları (2 nolu toz)	33
Şekil 4.13. TEM görüntüleri ve EDS analizi sonuçları (3 nolu toz)	33
Şekil 4.14. %100 pamuklu ağartılmış kumaşa ait SEM görüntüleri	34
Şekil 4.15.%100 pamuklu ağartılmış kumaşa ait EDS analizi sonuçlar.....	34
Şekil 4.16. Toz içermeyen kaplama ile kaplanmış kumaşın SEM görüntüleri	35
Şekil 4.17. Toz içermeyen kaplama ile kaplanmış kumaşın EDS analizi	35
Şekil 4.18. AATCC 30 test yöntemine göre <i>Aspergillus niger</i> 'e karşı antimantar etkinlik değerleri a) Kontrol numunesi b) 1 nolu toz c) 2 nolu toz d) 3 nolu toz e) 4 nolu toz f) 5 nolu toz	60
Şekil 4.19. 1 Nolu Malzeme ile kaplanmış kumaşın AATCC 30 test yöntemine göre <i>Aspergillus niger</i> 'e karşı antimantar etkinlik değerleri (a) Kaplamalı kumaş (b) 5 kez yıkanmış kumaş.....	61
Şekil 4.20. 2 nolu toz ile kaplanmış kumaşın AATCC 30 test yöntemine göre <i>Aspergillus niger</i> 'e karşı antimantar etkinlik değerleri (a) Kaplanmış kumaş (b) 5 kez yıkanmış kumaş.....	62
Şekil 4.21. 3 nolu toz ile kaplanmış kumaşın AATCC 30 test yöntemine göre <i>Aspergillus niger</i> 'e karşı antimantar etkinlik değerleri (a) Kaplanmış kumaş (b) 5 kez yıkanmış kumaş.....	63
Şekil 4.22. 4 nolu malzeme ile kaplanmış kumaşın AATCC 30 test yöntemine göre <i>Aspergillus niger</i> 'e karşı antimantar etkinlik değerleri (a) Kaplanmış kumaş (b) 5 kez yıkanmış kumaş.....	64
Şekil 4.23. 5 nolu malzeme ile kaplanmış kumaşın AATCC 30 test yöntemine göre <i>Aspergillus niger</i> 'e karşı antimantar etkinlik değerleri (a) Kaplanmış kumaş (b) 5 kez yıkanmış	65

Şekil 4.24. Boncuklanma testi yapılmış numunelerin antifungal test sonuçları (R)
Kaplanmış sürtünmeye maruz kalmamış kumaş (P1) 2000 devir sürtünmeye
maruz kalmış kumaş (P2) 4000 devir sürtünmeye maruz kalmış kumaş (P3)
6000 devir sürtünmeye maruz kalmış kumaş 65



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Kullanılmış ve kullanılmamış tişört örneklerinin kaplamalı ve kaplamasız durumlarına ait antibakteriyel aktivite örnekleri	17
Çizelge 3.2. Deneysel çalışmalarda nanopartikül üretimi esnasında kullanılan parametreler	20
Çizelge 3.3. UV dayanım değerlendirme skalası	23
Çizelge 3.4. Boncuklanma değerlendirme dereceleri.....	24
Çizelge 4.1. 1 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait SEM görüntüleri	36
Çizelge 4.2.. 1 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait EDX analizleri	37
Çizelge 4.3. 1 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait X ışınları elementel haritaları	38
Çizelge 4.4. 1 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait XRD grafikleri	39
Çizelge 4.5. 2 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait SEM görüntüleri	40
Çizelge 4.6. 2 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait EDX analizleri	41
Çizelge 4.7. 2 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait X ışınları elementel haritaları	42
Çizelge 4.8. 2 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait XRD grafikleri	43

Çizelge 4.9.	3 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait SEM görüntüleri	44
Çizelge 4.10.	3 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait EDX analizleri	45
Çizelge 4.11..	3 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait X ışınları elementel haritaları	46
Çizelge 4.12.	3 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait XRD grafikleri	47
Çizelge 4.13.	4 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait SEM görüntüleri	48
Çizelge 4.14.	4 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait EDX analizleri	49
Çizelge 4.15.	4 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait X ışınları elementel haritaları	50
Çizelge 4.16.	4 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait XRD grafikleri	51
Çizelge 4.17.	5 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait SEM görüntüleri	52
Çizelge 4.18.	5 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait EDX analizleri	53

Çizelge 4.19. 5 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait X ışınları elementel haritaları	54
Çizelge 4.20. 5 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait XRD grafikleri	55
Çizelge 4.21. ASTM E2149-01 test yöntemine göre <i>Escherichia coli</i> (ATCC 35218)b karşı 24 saat sonrasında antibakteriyel etkinlik değerleri.	57
Çizelge 4.22. Nanotoz içermeyen numunelerin antibakteriyel aktiviteleri	57
Çizelge 4.23. 1, 2, 3, 4 ve 5 nolu tozlarla %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyonlarda kaplanmış ağartılmış numune kumaş ve 5 kez yıkamalı örneklerinin antibakteriyel aktiviteleri	58
Çizelge 4.24. Pilling ve aşınma testi yapılmış numunelerin antibakteriyel test sonuçları ..	59
Çizelge 4.25. Numune kumaşlara ait UV dayanım sonuçları.....	66
Çizelge 4.26. Kaplamasız ve kaplamalı kumaşa ait yırtılma mukavemeti cinsinden sonuçları	67
Çizelge 4.27. Kaplamasız ve kaplamalı kumaşa ait kopma mukavemeti cinsinden sonuçları	67
Çizelge 4.28. Kaplamasız ve kaplamalı kumaşlara ait yırtılma mukavemeti sırasındaki % uzamalar.....	67
Çizelge 4.29. İşlem görmemiş, tozsuz ve toz içerikli numunelerin pilling ve aşınma testi sonunda gramaj değerleri.....	68
Çizelge 4.30. Kaplamasız, tozsuz kaplamalı ve toz içerikli kaplamalı kumaşlara ait boncuklanma test sonuçları	69
Çizelge 4.31. Aşınma testi sonucunda kaplamasız, tozsuz kaplamalı ve toz içerikli kaplamalı numunelerin kütle kayıpları	69

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

EDX	:Elektromanyetik Veri Değişimi
SEM	:Taramalı Elektron Mikroskobu
TEM	:Geçirimli Elektron Mikroskobu
USP-HR	:Ultrasonik Sprey Piroliz-Hidrojen Redüksiyonu
XRD	:X-ışınları Difraksiyonu



1. GİRİŞ

Nano boyutlu metal partikülleri / tozları, ileri teknoloji malzemelerinin vazgeçilmez hammaddeleri olup, uygulama alanları çok değişik sektörlerde yayılmış durumdadır. Nanoteknoloji, günümüzde elektronik sektörü başta olmak üzere tıp, kimya, optik, haberleşme ve biyolojik sistemlerden yeni malzemelere son derece geniş potansiyel uygulamaları ortaya çıkarmaktadır. Bu uygulamaları şu şekilde sıralayabiliriz; ilaçlar, bilgi depolama araçları, gelişmiş seramik ve yalıtkanlar, su arıtma, katalizör, sensörler, gelişmiş polimerler, kendi kendini temizleyen boyalar ve antimikrobiyal (antifungal ve antibakteriyel veya antimold gibi açıklanan farklı özellikler) uygulamalar. Son yıllarda özellikle günlük hayatımız ve toplu yaşama alanlarında antifungal ve antibakteriyel uygulamalar konusu üzerine birçok araştırma ve inceleme yapılmaktadır. İnsan sağlığını olumsuz etkileyen bu organizmalara (Bakteri ve Fungiler) karşı özellikle gümüş ve bakır metal iyonlarının etkisi tartışmasız odak noktası olmuştur. Nanoteknolojinin son dönemlerde önem kazanması ve çeşitli alanlarda kullanılma düşüncesi ile büyük gelişmeler kat edilmiştir. Nano boyuttaki malzemeler ve mekanizmalar ile birçok alanda hayat kolaylaştırıcı buluşlara imza atılmıştır. Nanoteknolojinin kullanıldığı alanlardan biri de tekstildir. Tekstil materyallerine ekstra özellikler katarak günlük yaşamın kalitesini yükseltmesi nedeniyle nanoteknolojiye yönelim artmaktadır.

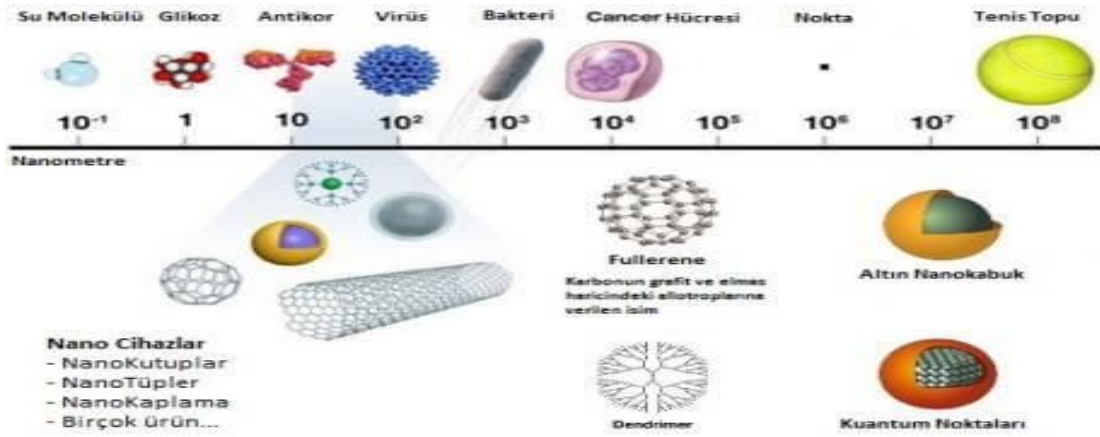
Nanomalzemeler, hacimsel yapılarından farklı ve daha üstün özellikler sergilediğinden yeni nesil nanoyapıların üretiminin, özelliklerinin ve kullanım alanlarının geliştirilmesi üzerine olan ilgi özellikle son on senede önemli derecede artmıştır. Yeni nesil nanomalzemelerin üretimini ve işlevsel olarak kullanımlarını kapsayan bilimsel araştırmalara yapılan destekler ise katlanarak artmaktadır. Bu katkılar sayesinde birçok yeni nanoyapılı sistemler ve nano cihazlar geliştirilmiş olup, özellikle elektronik ve medikal alanlarda son derece duyarlı ve özelleştirilmiş nano katalizörler ve sensörler dizayn edilmektedir. Nanomalzeme üretiminde ve işlevsel olarak kullanımında ise son gelişmeler nanokompozit yapıların tasarımı üzerine odaklanmıştır. İki farklı fonksiyonel içeriğe sahip olan nanokompozitler her iki nanoyapılı malzemenin özelliklerinin kombinasyonu sonucu daha iyi özellikler sergilemektedirler.

Tekstil materyallerinde aranan önemli özelliklerden biri de antibakteriyelliktir. Tekstil materyallerinin gündelik yaşamda sıkça maruz kalınan zararlı mikroorganizmalara karşı koruyucu hale getirilmesi gereklidir. Antibakteriyel özellik kazandırmak amacıyla kullanılan yöntemlerden biri de nano boyuttaki materyalleri tekstil ürünleri bünyesine

katmak olmuştur. Bu alandaki gelişmeler araştırma ve çalışmalarla gelişerek devam etmektedir.

1.1. Tekstilde Nanoteknoloji

Nanoteknoloji son dönemlerde oldukça popülerleşmeye başlayan bir alan olarak yapılan çalışmalar ve farklı araştırmalar ile sıkça gündeme gelmektedir. Nanoteknoloji ismindeki nano kelimesi milyarda bir (1×10^{-9}) anlamındadır. Nanoteknoloji son dönemde daha fazla duyulmaya başladıysa da nano yapılar dünya tarihi kadar eskidir [1]. Şekil 1.1.'de nano boyutun daha iyi anlaşılabilmesi için çeşitli yapıların boyutları verilmiştir.



Şekil 1.1.Çeşitli yapıların nanometre cinsinden boyutları [1]

Nanoteknoloji maddelerin atomlarını istenilen şekilde düzenlemeyi sağlayarak daha hafif, daha dayanıklı, daha çevre dostu üretimler yapılmasına imkân vermektedir. Bu avantajı nedeniyle nanoteknoloji birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Yapılan çalışmalar ve araştırmalarla nanoteknolojinin faydaları daha fazla ortaya çıkmış ve kullanım alanları genişlemiştir.

Nanoteknoloji sayesinde sağlıktan teknolojiye, bilişimden inşaatla birçok alanda yenilikler ve kolaylıklar sunulmuş ve sunulmaktadır. Nanoteknolojiden faydalanılmasıyla birçok alanda önemli gelişmeler yaşanmış ve toplumun hayat kalitesini arttıracak uygulamalara ışık olunmuştur. Bugün kullanımda olan nanotaşıyıcılar, sensörler, nanomakineler gibi birçok işlevsel ürün nanoteknolojinin gelişmesi ile hayatımıza girme olanağı bulmuştur.

Bu gelişmelerden doğan nano yapı malzemelerin ve ürünlerin tasarlanması, üretimi ve işlevsel olarak kullanımına giden yol nanopartikül üretiminden geçmektedir.

Nanopartikül üretimi ile şu anda kullanılmakta olan ve daha sonraki zamanlarda geliştirilecek yaşam standartlarımızı yükseltmeye aday birçok teknoloji sağlanmaktadır.

Nano boyuttaki partiküllerin sahip olduğu geniş yüzey alanı ve yüksek verim onlara eşsiz fizyokimyasal, optik ve biyolojik özellikler katmaktadır. Nanopartiküller organik ve inorganik nanopartiküller olarak sınıflandırılabilir. Organik nanopartiküller genel olarak yüksek sıcaklık ve basınç gibi zor koşullara dayanıklı değildir. Bununla birlikte CuO, ZnO ve TiO₂ gibi inorganik nanopartiküller mikrobiyal saldırılara karşı önemli rol oynamaktadır. CuO nanopartikülleri diğer nanopartiküllere kıyaslandığında yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır, gümüşten ucuzdur, polimerler ile kolayca karıştırılabilir ve daha istikrarlıdır.

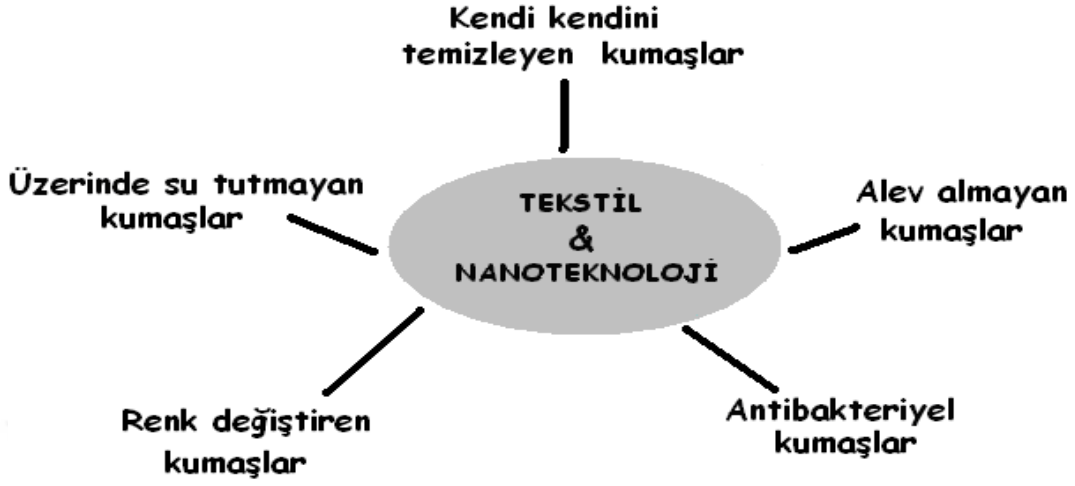
Nano boyuttaki bakır oksitpartikülleri kumaş üzerine kaplandığında gram negatif ve gram pozitif bakterilerine karşı mükemmel antibakteriyellik göstermektedir. Bundan dolayı bakır oksit nanopartiküllerinin kumaşa aktarılmasıyla elde edilen yapılar yara iyileştirme, bakteriyel koruma, kendi kendini temizleme, UV koruması ve bakterilerin bir rol oynadığı ortamlarda hastane kaynaklı enfeksiyon riskini minimuma düşürmek için akıllı kumaş olarak kullanılabilir. Tekstil ürünlerinin çeşitliliği düşünülecek olursa bakteri taşıma ve enfeksiyon geçişi için iletme ne kadar müsait oldukları fark edilebilmektedir. Bundan dolayı antimikrobiyal tekstillerin bağışıklık yetersizliğinden kaynaklı hastalıkların onarılmasında büyük yardımı olabilmektedir [2].

Nanoteknolojinin birçok uygulama alanından birisi tekstildir. Tekstil malzemelerinde nanoteknoloji uygulamaları temelde iki başlıkta incelenebilir:

- Farklı fonksiyonlara sahip nano boyutlarda yeni tekstil malzemeleri üretmek: Bu ürünler; nanolifler, nanotüpler ve nanokompozitlerdir.
- Tekstil materyalinin var olan fonksiyonları ile performanslarını nanoteknoloji yardımı ile geliştirmek: Bu iki şekilde gerçekleştirilebilir:
 - Lif, iplik veya kumaş yüzeyine farklı özellikler kazandıran nanopartiküller, nanokompozitler vb. eklemek,
 - Atom ve moleküllerin yerleri ile oynayarak, ileri teknolojilerle (plazma, sol-jel vb.) ile kaplama yaparak yeni/fonksiyonel yüzey tabakaları elde etmek [3].

Titanyumdioksit, alüminyum oksit, çinko oksit ve magnezyum oksitin sentetik lifler içine ilave edilmesiyle fotokatalitik etki, UV absorblama, elektriksel iletkenlik ve fotooksidasyon etkilerine sahiptirler. Fotooksidasyon özelliği özellikle kimyasal veya biyolojik maddelere karşı koruyucu kumaşlarda dekontaminasyon amaçlı kullanım açısından son derece uygundur. Metal oksitlerin nanopartiküllerine ilişkin yapılan yoğun

çalışmalar askeri alanda ve insan sağlığı alanında kullanımları üzerinde yoğunlaşmıştır. Bunlar arasında antimikrobiyal özellik, kendi kendini temizleyebilme ve UV koruma sayılabilmektedir [4].



Şekil 1.2. Nanoteknoloji ile tekstil yüzeylerine kazandırılacak özellikler [5]

1.2. Tekstilde Antibakteriyellik

Birçok tekstil materyali devamlı olarak hastanelerde, çocuk yuvalarında, otellerde vb topluma açık yerlerde kullanılmaktadır ve bunlar mikroorganizmalar nedeniyle meydana gelen hastalıklara ve enfeksiyonlara karşı iletken rol oynayabilmektedir. Bu nedenle, bulaşıcı maddeler tüketici sağlığı üzerinde potansiyel bir tehlike arz etmektedir. Bunlara bir de mikroorganizmaların güçlenerek büyümesi sebebiyle oluşacak etki eklenirse ortaya ciddi bir tehdit çıkmaktadır. Bu sebeple, özellikle tıbbi tekstillerin (medikal araştırma yapılan yerlerde kullanılan tekstil ürünleri, cerrahi elbiseler, hemşire elbiseleri, hastane perdeleri), yer kaplama ve yatak materyallerinin, havlu ve işçi üniformaları gibi giysilerin antibakteriyel özellik taşımaları gerekmektedir [6].

Tekstil malzemeleri mikroorganizmaların büyümesi için oldukça elverişli ortamlardır. Mikroorganizmalar tekstil yüzeyleri üzerinde aylarca yaşayabilirler. Mikroorganizmalar hem tekstil malzemelerine (mukavemet kaybı, koku, renk değişimi), hem de kullanıcıya zararlı etki yapmaktadır [7].

Geçtiğimiz son yüzyıllarda; enfeksiyonları önlemek amacıyla medikal cihazlar ve yiyecek kapları gibi çeşitli materyalleri antibakteriyel kaplama ve bunun fabrikasyonu konusunda önemli araştırmalar yapılmıştır. Medikal, sağlık koruma, ilaç alanında, hijyenik ürünler ve koruyucu tekstiller için ekonomik, toksik olmayan ve değer katan

çeşitli antimikrobiyal bitim işlemleri geliştirmek için girişimler olmuştur. Metal nanopartiküllerinin geniş uygulamaları sonucunda bu nanopartiküllerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik sentez adımları araştırılmıştır. Çeşitli metal nanopartiküllerinin fiziksel ve kimyasal yolla sentezlenmesi ile bu nanopartiküllerin medikal araştırma alanında kesin toksik etkileri olduğu görülmüştür [8].

Son dönemdeki gelişmelerle birlikte bu nanopartiküllerin daha ucuz üretim yöntemleri geliştirilmiştir. Ayrıca kullanım miktarlarına kısıtlamalar getirilerek daha güvenli kullanımları sağlanmıştır. Bu şekilde kullanım alanları uygulamaları geliştirilip yaygınlaştırılmıştır. Bu da antibakteriyel tekstil alanında büyük bir gelişme sağlanmıştır.

Gümüş iyonlarının antimikrobiyal özellikleri eski çağlardan beri bilinmektedir ve kateterlerde, yanık yaralarında ve dişçilikte yaygın olarak bakteri öldürücü işleviyle kullanılmaktadır. Gümüş nanopartikülleri çeşitli gümüş bazlı bağlar içeren iyonik gümüşten antimikrobiyal aktiviteye sahip olarak sentezlenmektedir. Antimikrobiyal aktiviteye sahip gümüş içerikli materyaller ve kaplamalar hastanelerdeki enfeksiyonları engellemek için tıp alanında kullanılabilir. Gümüş nanopartikülleri içeren lifler kumaşlardaki mikroorganizmaları gidermek için tercih edilebilir. Gümüş nanopartikülleri ayrıca HIV virüslü hücrelere etkili bir sitoprotektif aktivite sergilemektedir. Materyallerin partikül boyutunun küçültülmesi biyoaktivitelerini geliştirici bir araçtır [9].

Antimikrobiyal aktiviteye sahip maddeler içeren materyallerin gelişmesi biyomedikal uygulamaların çeşitlenmesinin önünü açmıştır. Gümüş ve gümüş iyonlarının güçlü antimikrobiyal aktiviteye ve *S. Aureus* ve *E. coli*'yi de içeren yaklaşık 16 çeşit bakteriye karşı kuvvetli biyosidal etkiye sahip oldukları uzun süredir bilinmektedir. Bu nedenden dolayı gümüş bazlı yapılar dişçilik malzemeleri, iyon değişimli lifler ve medikal malzemelerin kaplanması gibi uygulamaları da içeren birçok alanda bakteriyosidal uygulama olarak kullanılmaktadır.

Son zamanlarda teknik uygulamalar için yüksek umut veren ve yeni özellikler vaat eden ultra ince metal partikülleri önemli derecede ilgi görmüştür. Katı gümüş metaliyle karşılaştırıldığında gümüş nano partikülleri geniş spesifik yüzey alanları ve yüzey atomlarının yüksek gerilimi sayesinde daha iyi antibakteriyel aktiviteye sahiptirler [10].

Bakteri öldürücü etkisi dolayısıyla, gümüş yıllardır tüketici ürünleri ve medikal ürünlerde kullanılmaktadır. Kolloidal gümüş ve gümüş nanopartikülleri gümüş iyonlarının yüksek enerji değerleri ve yüksek yüzey alanı nedeniyle artan kullanım oranına sahiptir. Literatürde gümüşten biyolojik beklentiler oldukça fazladır. Daha detaylı bakıldığında görülmektedir ki partikül dispersiyonlarını doğru şekilde hesaplamak için karakterizasyon

metotları gereklidir. Nanopartiküller biyolojik vasıtalarla saf sudan transfer edildiklerinde biyomoleküllerin emilimi ve topaklanma gibi değişiklikler yaşamaktadır. Birçok çalışmayı analiz ettikten sonra gümüşün bakterilere karşı etkisi tipik olarak beklentilerin üstünde, hücrelere karşı etkisi tipik olarak beklenenin altındadır. Tüketici ürünleri, kozmetikler ve medikal ürünlerde kullanılan gümüş uygulamaları ve ayrıca bakterilere karşı dirençleri kritik olarak değerlendirilmelidir [11].



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Önceki çalışmalar bölümünde, tez çalışmasının özüne bağlı olarak nanopartiküller, antibakteriyellik, antifungallık ve nanopartikül malzemeler üzerine yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Lee ve Jeong (2005) yaptıkları çalışmada, tekstil kumaşları için antibakteriyel uygulama amaçlı kullanılan nanoboyutlu gümüş koloidal solüsyonlarının bakteriyostaz ve deri zararsızlığı ile ilgilenmiştir. Nano boyutta gümüş koloidal solüsyonları ve bununla muamele görmüş kumaş, bakteri içeren agar kaplara yerleştirilmiştir ve koloidal solüsyon ve kumaş içerisindeki nano gümüşün antibakteriyel verimliliğini belirlemek için belirli temas sürelerinde bakteri üremesi ölçülmüştür. Nano boyutta gümüş koloidal solüsyonuyla muamele edilerek kumaşın antibakteriyel verimliliği kolaylıkla sağlanmıştır. Deri tahriş testleri sonuçları göstermiştir ki; nanogümüş koloidal solüsyonunun hayvanlar üzerinde deri zararsızlığı vardır. Gümüş nanopartiküllerinin TEM gözlemleri, şekil ve boyut dağılımını göz önüne koymuştur. Gümüş nanopartikülleriyle muamele görmüş kumaşın SEM görüntüleri, partiküllerin kumaş yüzeyinde iyi bir şekilde dağıldığını göstermektedir [12].

Gorenšek ve Recelj (2007)' e ait çalışmada büyük kromojenli reaktif boyaların ve nanogümüşün düşük ağırlıklı pamuklu kumaşın ultraviyole koruma faktörü (UPF) üzerindeki etkisi incelenmiştir. Nanogümüşün pamuklu kumaşın rengi ve antibakteriyel verimliliği üzerine etkisi de ayrıca belirlenmiştir. Düşük ağırlıklı pamuklu kumaşın UPF ölçümü için AATCC 183-1998 test metodu kullanılmıştır. Antibakteriyel aktivite ASTM E 2149-01 test metoduna göre belirlenmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki; soluk kırmızı ve soluk lacivert ile boyanmış nanogümüşlü düşük ağırlıklı pamuklu kumaşın UPF değerlerinde artış olmuştur. 80 nm nanogümüş ile muamele edilmiş pamuklu kumaş *Streptococcus faecalis* ve *S. Aureus* bakterilerinin büyümesini engellemiştir. Nanogümüş ile muamele edilmiş pamuklu kumaşın renginde değişim gözlemlenmiştir[13].

Wei ve diğ. (2008) yaptıkları çalışmada bakır nanokompozit tekstilleri manyeton fişkırlı kaplama ile hazırlamıştır. Değişik kalınlıklarda kaplanmış nanokompozit tekstiller atomik kuvvet mikroskobu (AFM), enerji ayrımlı x ışını analizi ve optoelektronik testlerle araştırılmıştır. AFM sonuçları püskürtme süresi arttıkça lif yüzeyindeki bakır nano yapı formlarının büyüdüğünü göstermiştir. Kaplanmamış tekstillerle kıyaslandığında bakır nano yapıları ile kaplanmış tekstillerin yüzey iletkenliğinin yüksek biçimde arttığı gözlemlenmiştir. Kaplama kalınlığının artması, daha iyi elektriksel iletkenlik

sağlamaktadır. UV/Vis spektrometresiyle yapılan değerlendirmeye göre kaplanmış tekstillerin UV ve görünür ışık kalkanlamasında gözle görülür bir gelişme olmuştur [14].

Gouda ve İbrahim (2008) çalışmalarında ortaya koymuştur ki; pamuk ve polyester liflerini katyonik bakır ile emdirmek ve kaplamak onlara kuvvetli geniş spektrumlu antibakteriyel, antiviral, antifungal ve güve koruyucu özellikler kazandırmaktadır. Bu dayanıklı teknoloji çarşaf, yastık kılıfı, halı gibi dokuma ve dokusuz yüzey ürünlerin, endüstriyel prosedür ve makinelerde hiçbir değişikliğe gerek olmadan bakır oksitle muamele görmüş liflerden toplu üretimine olanak vermektedir. % 3-10 bakır emdirilmiş lif içeren kumaşların biyosidal özellikleri kalıcıdır ve ağır yıkama koşullarından etkilenmemektedir ve son ürünün işlenmesine engel teşkil etmemektedirler (boya, baskı vb.). Bu makalede yazarlar; (i) %10 bakır emdirilmiş lif içeren antifungal çorabın atletin ayağını rahatlattığını, (ii) %10 bakır emdirilmiş lif içeren antimikrobiyal çarşafın klinik ortamındaki bakteri kolonileşmesini azalttığını, ve (iii) bu ürünlerin deri tahrişi ve başka zararlara neden olmadığını ortaya koyan veriler sunmaktadır. Hep birlikte ele alındığında, bu sonuçlar bakır oksit emdirilmiş giysilik ürünlerin yüksek koruyucu ve sağlıklı ürünler olduğunu göstermektedir [15].

Simoncic ve Tomsic'e (2010) ait makalede, tekstilde kullanılan quarter amonyum bileşimi, N-halaminleri, kitosan, polibiguanid, triklosan, metal oksit ve metal asıllı nanopartiküller ve biyoaktif bitki bazlı ürünler içeren modern antibakteriyel ajanlar incelenmiştir. Antimikrobiyal aktiviteleri, toksisiteleri, dayanıklılıkları ve ekolojik olarak kabul görülebilmelerine bakılarak bu ajanlar biyositler ve biyostatlar, kaplama ve bağlanma antimikrobiyal ajanları, kontrollü salınım ve bariyer formlu ajanlar ve zayıf ve iyi yıkama dayanımlı ajanlar olarak sınıflandırılabilir. Antimikrobiyal bitim işlemlerinde çevre dostu yaklaşım nedeniyle birçok araştırmada kaplama antimikrobiyallerinin yerini bağlanma antimikrobiyalleri almıştır. Bağlanma antimikrobiyalleri çoğunlukla akrilat gruplu polimerize quarter amonyum tuzları, bünyesinde quarter amonyum grupları içeren akriltrialkoksisisilanlar, reaktif katyonik boyalar, sıralı çapraz bağlı ajanlar, siklodekstrinli kompleksler ve çeşitli kompozitlerin polimer matrisleri içine gömülmüş kapsüllenmiş nanopartikül ajanlar kullanılarak hazırlanmıştır[16].

Üreyen ve diğ. (2011) çalışmalarında mikroorganizmaların soluduğumuz havada, vücudumuzda, toprakta ve temas ettiğimiz bütün yüzeylerde bulunduğu değinmektedir. Özellikle bakteriler enfeksiyon, hastalık gibi sağlıkla ilgili problemlerin yanında tekstil ürünlerinin bozunmasına ve lekelenmesine de sebep olabilirler. Pamuk gibi doğal lifler gözenekli, hidrofilik yapıları nedeniyle sentetik liflere göre mikroorganizma kökenli

problemlere daha duyarlıdırlar. Öte yandan insan vücudu kendisine doğrudan temas eden giysilerdeki bakterilere ısı, nem ve besin sağlar. Yani bakteri gelişimi için mükemmel bir çevre ve uygun şartları sunar. Tekstil ürünlerinde mikroorganizmaların zararları çok eskiden beri bilindiği için bu alandaki uygulamalar da eskidir [17].

Anita ve diğ. (2011)'e ait olan çalışmada bakır oksit nanopartikülleri; ana malzeme olarak bakır sülfat ve sodyum hidroksit, stabilize ajan olarak çözülebilir nişasta kullanılarak yaş kimyasal metot ile hazırlanmıştır. Bakır oksit nanopartikülleri iyonik katılaştırma metoduyla mikrokapsüllenmiş ve ilk adım olarak pamuklu düz kumaşa uygulanmış, ikinci adım olarak emdirme-fikse metoduyla yine aynı kumaşa uygulanması gerçekleştirilmiştir. Kaplanmış kumaşın antibakteriyel özellikleri kalitatif ve kantitatif olarak AATCC 100 ve 147 test metoduyla araştırılmıştır. Nanopartiküllerin görünüm ve morfolojileri SEM, XRD ve fiziksel ve kimyasal karakterizasyon yöntemleriyle araştırılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki; kaplanmış kumaş yüksek antibakteriyel verimliliğe sahiptir. Bu çalışmada sentezlenen nanopartiküllerin ortalama boyutları 50 nm civarındadır ve kaplanmış kumaş ile kaplanmamış kumaşın fiziksel ve kimyasal özellikleri önemli derecede farklılık göstermektedir. Anlaşılacağı gibi kapsüllenmiş bakır oksit ile kaplanmış kumaş mikroplara karşı fayda sağlamaktadır ve medikal giysilerin üretiminde kullanılabilir [18].

Berendjchi A. ve diğ. (2011) çalışmalarında iki farklı miktara sahip bakır nanopartiküllerinden sol-gel metoduyla silika sol eldesi tartışılmıştır. Pamuklu kumaş örnekleri hazırlanan sol ile emdirilmiş, kurutulmuş ve kürlenmiştir. Hidroksil gruplarını engellemek için bazı örnekler heksadeciltrimetoksisilan ile muamele edilmiştir. Kolloidal silika nanopartiküllerinin minimum boyutu partikül boyut analizatörü ile ölçülmüştür. Elde edilen pamuklu örneklerin yüzey morfolojisi, düzgünlüğü ve hidrofobik özellikleri TEM, SEM, SPM, SWC ve damlama testleriyle ölçülmüştür. Bakır nanopartikülleri içeren tüm yüzeylerin gram negatif ve gram pozitif bakterilerine karşı mükemmel antibakteriyel aktivite gösterdiği belirlenmiştir [19].

Nischala K. ve diğ. (2011) çalışmalarında silika-gümüş çekirdek-kabuk partikülleri basit tek adımlı kimyasal metotla sentezlenip, pamuklu kumaşta antibakteriyel ajan olarak kullanılmıştır. Çok küçük (1-2 nm) gümüş nanopartikülleri boyutu en az 270 nm olan silika çekirdekler üzerine tutturulmuştur. Optimum nano gümüş partikülü yoğunluğu antibakteriyel tekstil uygulamasında antibakteriyellikten sorumlu çekirdek-kabuk partikülünün renginden sorumlu yüzey plazmon rezonansı sönmleyen aynı zamanda iyi antibakteriyel aktivite göstermede verimli olanlar bulunmuştur. Kabuktaki partiküllerin

boyut ve yoğunluğundaki değişimlerin görüntüleri alınmış ve TEM ve yüzey plazmon karakteristikleriyle ölçümleri yapılmıştır. Koloni sayma antibakteriyellik test metodunda mükemmel sonuçlar elde edilmiştir ve en az gümüş içerikli çekirdek-kabuk partikülleri bile 104 cfu konsantrasyondaki bakterilere karşı %100 aktivite göstermiştir. Çekirdek-kabuk partiküller ve pamuklu kumaş arasındaki bağ XPS ile incelenmiştir. Pamuklu kumaş üzerindeki çekirdek-kabuk partiküllerinin 10 yıkamaya dayanıklı oldukları belirlenmiştir. Kaplamalı kumaşın altında ve üstünde bakteri büyümesi gözlemlenmemiştir, aynı zamanda silika ve çekirdek-kabuk partikülleri kumaşa güçlü bağlandığı için migrasyonun önlenmesi sağlanmıştır [20].

Gunalan S. ve diğ. (2012) çalışmalarında yeşil ve kimyasal olarak sentezlenmiş ZnO nanopartiküllerinin çeşitli bakteriyel ve fungal patojenlere karşı antimikrobiyal etkisini saptamayı amaçlamaktadır. Boyutları 40 ve 25 nm olan yeşil ve kimyasal ZnO nanopartiküllerinin çeşitli konsantrasyonlarına çeşitli mikrobiyolojik testler uygulanmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki yeşil ZnO nanopartikülleri, kimyasal ZnO nanopartikülleriyle kıyaslandığında patojenlere karşı daha fazla etki göstermektedir. Ayrıca partikül dozu, uygulama süresi ve sentez metoduyla nanopartikülün verimliliği artmaktadır [22].

Anghel I. ve diğ. (2012)'nin yaptığı çalışmanın amacı, giyilebilir tekstillerin antibiyofilm özelliklerini geliştirmek için deney ortamında monospesifik *Candida albicans* biyofilmlerine karşı test edilmiş fonksiyonel manyetit nanopartiküllerinin potansiyellerini araştırmaktır. 20 nm'yi aşmayacak büyüklükte fonksiyonel manyetitler (Fe_3O_4/C_{18}), sulu oleik asit (C_{18}) ve NaOH çözeltisi içindeki ferik ve ferrus tuzlarının çöktürülmesiyle elde sentezlenmiştir. TEM, XRD, DTA analizleri TGA ile birleştirilerek sentezlenen Fe_3O_4/C_{18} 'in karakterizasyonunda kullanılmıştır. Fonksiyonel giyilebilir tekstil örneği üzerinde geliştirilen fungal biyofilmin yapısı üzerinde çalışmada SEM kullanılmıştır. Optimize edilmiş giyilebilir tekstil örneği *C. Albicans* kolonisine karşı direnç gösterdiği kanıtlanmıştır. Kaplanmamış alanla karşılaştırıldığında bu fonksiyonelleştirilmiş yüzey mikrobiyal kirlenmeyi önlemede etkilidir [23].

Budama L. ve diğ. (2013) çalışmalarında gümüş nanopartikülleri çeşitli gümüş kopolimer oranlarında atom transfer serbest radikal polimerizasyonu (ATRP) metoduyla polistiren-blok-poliakrilik asit (PS-b-PAA) misel tanecikleri içinde sentezlenmiştir. Toluen içerisinde kopolimerin çözülmesiyle oluşturulan PS-b-PAA tanecikleri TEM ve DLS ile karakterize edilmiştir. Gram negatif *E. coli* ve gram pozitif *S. Aureus* bakterilerine karşı gözle görülür bir antibakteriyel aktivite olduğu gözlemlenmiştir. Bu antibakteriyel aktivite *E. coli* için 5 yıkamaya, *S. Aureus* için 20 yıkamaya kadar dayanıklıdır [24].

Khalilabad ve Yazdanshenas (2013)'ın çalışmalarında çinko oksit (ZnO) nanoyapıları antimikrobiyal aktivite ve ultraviyole (UV) koruması sağlamak için basit sulu kimyasal yolla pamuklu kumaş üzerinde in-situ yöntemle sentezlenmiştir. Yüzey morfolojisi ve kimyası; Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve enerji dağınlımlı x-ışınları görüngenölçeri (XRD) cihazları ile karakterize edilmiştir. Antibakteriyel aktivitesi gram-negatif *Klebsiella pneumoniae* ve gram-pozitif *S. Aureus* bakterilerine karşı ölçülmüştür. UV engelleme yeteneği AATCC 183-2004 test metoduna göre ultraviyole koruma faktörü (UPF) 280-400 nm arasında ölçülmesiyle araştırılmıştır. SEM görüntüleri göstermiştir ki; önemli miktarda hiyerarşik ZnO nanoyapıları kumaş yüzeyinde homojen şekilde yerleşmiştir; çoğunluğu demet/çiçek şeklindeki farklı boyutlardaki partiküllerdir. Antibakteriyel sonuçlar göstermiştir ki; ZnO kaplanmış kumaş, belirlenen bakterileri engelleyerek onlara karşı iyi bir antibakteriyel aktivite göstermiştir. Bakteri sayısında azalma olmamasına rağmen bakteriyel aktivite engellenmiştir. ZnO kaplı kumaşın UPF değeri 105,61' e yükselmiştir ki bu da UV ışınımını engellemedeki müthiş yeteneği ispat etmektedir. Yıkama dayanımı da tekrarlanan ev yıkamalarıyla ayrıca onaylanmıştır [25].

Rimbu ve diğ. (2013) çalışmalarında çinko oksit (ZnO)- polyester kompozit tekstil materyallerinin yüzey düzgünlüğü ve su geçirmezlik özelliklerini dikkate almaktadır. ZnO/ %100 polyester kompozit materyallerinin yüzey topografisi ve pürüzlülüğü, kompozit kompozisyonları yanı sıra termal stabilite gibi yüzey özellikleri, farklı konsantrasyonlardaki ZnO dispersiyonlarının su ve metanol içinde aktif ajan olarak işlem görmesi ile çalışılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki; % 3' lük ZnO- tekstil kompozit materyali diğer materyallerle kıyaslandığında su geçirmezliği arttırmaktadır ki konfor özelliklerinde de ayrıca artma gözlemlenmiştir. ZnO modifikasyonlu polyester yüzeyler termal stabilitede çarpıcı bir azalmaya neden olmuştur [26].

Dizaj S. M. ve diğ. (2014) çalışmalarında, metal ve metal oksit nanopartikülleri ile etki mekanizmaları ve son araştırmalara yoğunluk verilmiştir. Gözden geçirilen literatürlere göre metal nanopartiküllerinin antimikrobiyal verimliliğini belirleyen partikül boyutunun temel parametre olduğu görülmüştür. Metal nanopartiküller bakteri direncini yenmede mümkün stratejilerden biri olabilmektedir. Bunun yanı sıra; önümüzdeki çalışmalar metal ve metal oksit nanopartiküllerinin özellikle medikal uygulamalarda antibiyotikler ve dezenfektanlara alternatif olarak kullanılabilmesi için zehirliliğinin minimize edilmesi gerekir [27].

Ibanescu ve diğ. (2014) çalışmalarında isopropanol içinde dağıtılmış ZnO nanopartiküllerinin yüzeylerinde gümüşün indirgenmesiyle Ag/ZnO kompozit

nanopartiküllerinin elde edilmesi incelenmiştir. Hazırlanan kompozit nanopartiküllerinin kristalin yapısı, partikül boyutu ve bant açıklığı enerjisi XRD ve UV-Visible ölçümlüyle ölçülmüştür. ZnO ve Ag/ZnO nanopartiküllerinin uzun süreli stabil kalabilen solüsyonları hazırlanıp, sıvı kaplama maddesi olarak tekstil materyaline GPTMS ve TEOS'dan hazırlanmış organik-inorganik hibrit bağlayıcı maddeler vasıtasıyla uygulanmıştır. Kaplama işlemi pamuklu ve pamuk/polyester karışımı kumaşa emdirme-fikse metodu kullanılarak uygulanmıştır. Hazırlanmış ve kumaş üzerine applike edilmiş nanopartiküllerin fotokatalitik aktiviteleri, metilen blue boyarmaddesinin UV ışına maruz su içerisindeki bozunmasıyla ölçülmüştür. Tekstil materyaline uygulanan nanopartiküllerin antimikrobiyal aktiviteleri gram-negatif *E. Coli* bakterisi ve gram-pozitif *micrococcus luteus* bakterisine karşı ölçülmüştür [28].

Zain N. M. ve diğ. (2014) çalışmalarında gümüş ve bakır nanopartikülleri askorbik asit ve kitosan ile mikrodalga ısıtıcı kullanarak kendi nitrat tuzlarından üretilmiştir. Nitrat konsantrasyonunun artırılması ve kitosan konsantrasyonunun azaltılmasıyla partikül boyutunun arttığı görülmüştür. Yüzeyin zeta potansiyeli 27,8 ile 33,8 mV arasında değişen, pozitif değerlerdedir. Ag, Cu ve Ag, Cu karışımları ile Ag/Cu bimetallik nanopartiküllerinin antibakteriyel *Bacillus subtilis* ve *E. coli*'ye karşı ölçülmüştür. Ölçülen tüm koşullarda *B. Subtilis*'e karşı daha duyarlı olduğu görülmüştür. Aynı partikül boyutunda gümüş nanopartikülleri, bakır nanopartiküllerinden ve karışımlarından daha yüksek aktivite göstermiştir. Aynı Cu nanopartikül konsantrasyonuyla karşılaştırıldığında yüksek yüzey alanından dolayı bakterilere karşı daha ölümcüldür. *B. Subtilis* ve *E. coli*'ye karşı en yüksek antibakteriyel aktivite 0,054 ve 0,076 mg/L MIC değerindeki bimetallik Ag/Cu nanopartiküllerinde saptanmıştır [29].

Farouk A. ve diğ. (2014) ne ait bu çalışmada çinko oksitin antibakteriyel aktivitesi çeşitli yazarlar tarafından sunulmuştur. Bu çalışmada, çeşitli partikül büyüklüklerine sahip ZnO nanopartikülleri katkılı/ile oluşturulmuş organik-inorganik hibrit polimerlerin hazırlanması ve uygulanması sunulmuştur. Burada kullanılan organik-inorganik hibrit polimerler 3-glisidiloksipropiltrimetoksisilan (GPTMS) bazlıdır. ZnO, çinko asetatın farklı solventlerde (metanol, etanol ya da 2-propanol) lityum hidroksit (LiOH. H₂O) kullanılarak hidrolizi ile hazırlanmıştır. Hazırlanan hibrit materyaller %100 pamuklu ve pamuk/polyester (%65/35) karışimli kumaşlara uygulanmıştır. Sol-gel içeren bu hibrit materyallerin atibakteriyel performansı örnek olacak şekilde gram-negatif *E. Coli* bakterisi ve gram-pozitif *Micrococcus luteus* bakterisine karşı araştırılmıştır [30].

Ata ve Sirkecioğlu (2015) alışmalarında inorganik malzemelerde antibakteriyel etki, çok uzun yıllardan beri antibakteriyel özellikleri bilinen gümüş, bakır, çinko ve benzeri metal iyonlarla belirtmişlerdir. Gümüş nitrat zeltisinin dezenfektant olarak yaygın kullanıldığı bilinmektedir. Ancak gümüş nitratin zelti halinde kullanılması zor ve belirli uygulamalarla sınırlıdır. Geniş antibakteriyel spektruma ve yüksek antibakteriyel etkinliğe sahip gümüş, çinko ve bakır iyonlarının mikro gözenekli, geniş yüzey alanlara sahip inorganik yapılara yerleştirilebilmesi ile bu tür zorluklar ve sınırlamalar aşılabilmiştir. Geniş yüzey alanları, mikro gözenekleri, kimyasal ve ısıl kararlılıkları ve yüksek iyon değiştirebilme kapasiteleri ile zeolitler iyon değişimi yoluyla antibakteriyel etki gösteren metal iyonlarının yerleştirilebileceği malzemelerin başında gelmektedir [31].

zyzer ve diğ. (Erişim tarihi: 2015) alışmalarında kuvvetli antimikrobiyal etkisinden dolayı gümüş katkılanmış ve kaplanmış teknik kumaşlar son zamanlarda yoğun ilgi çekmekte olduğunu belirtmektedir. Bunun sebebi yükselen hayat standartları ve bazı bakteri türlerinin antibiyotiklere karşı artan bir direnç göstermesi ve gümüşün 650 çeşit bakteriye karşı etkili olduğunun görülmesidir. Son zamanlarda yapılan araştırmalar göstermiştir ki, gümüş nanoparçacıklarının antibakteriyel aktiviteleri, kimyasal bağ yapan (chemisorbed) Ag bağı iledir ki bunlar gümüş nanokümelerinin yüzeylerinde, oksijene hassas olmasına rağmen kolayca oluşurlar. Ancak, gümüş nanokmelerinden bakteriye gümüş iyonları iletim mekanizmasının daha fazla araştırmaya ihtiyaı vardır. Nanoyapılı gümüş ile yüzeyi modifiye edilmiş lifler akıllı fonksiyonel kumaşlar yapmak için kullanılabilir ki bunların antibakteriyel malzemelerden, iletken koruyuculara ve elektronik sensörlere kadar uzanan büyük potansiyel uygulamaları vardır[32].

Chernousova ve Epple (2013) bakteri öldürücü etkisi dolayısıyla, gümüş yıllardır tüketiciler ürünleri ve medikal ürünlerde kullanılmaktadır. Kolloidal gümüş ve gümüş nanopartikülleri gümüş iyonlarının yüksek enerji değerleri ve yüksek yüzey alanı nedeniyle artan kullanım oranına sahiptir. Bu zelliklerin de ötesinde, özel nano efekt mevcut verilerden ayrılamaz. Literatürde gümüşten biyolojik beklentiler oldukça fazladır. Daha detaylı düşünce göstermektedir ki partikül dispersiyonlarını doğru şekilde hesaplamak için karakterizasyon metotları gereklidir. Nanopartiküller biyolojik vasıtalarla saf sudan transfer edildiklerinde biyomoleküllerin emilimi ve topaklanma gibi değişikler yaşamaktadır. Birçok çalışmayı analiz ettikten sonra gümüşün bakterilere karşı etkisi tipik olarak beklentilerin üstünde, hücrelere karşı etkisi tipik olarak beklenenin altındadır. Tüketiciler rnleri, kozmetikler ve medikal ürünlerde kullanılan gümüş uygulamaları ve ayrıca bakterilere karşı dirençleri kritik olarak değerlendirilmelidir [33].

Çerkez İ. (2015) çalışmasında, antimikrobiyal malzemeler ve antibakteriyel tekstiller hakkında bilgiler verilmiştir. Antimikrobiyal bileşiklerden N-halamin hakkında bilgiler verilip eldesi ve kullanım alanları belirtilmiş ve kumaşa kaplama yöntemleri anlatılmıştır. N-halamin ile kaplanmış (Kimyasal Bağlanma (çapraz bağlanma), Kimyasal Bağlanma (reaktif kopolimer), Fiziksel Bağlanma (Dipol etkileşimleri), Fiziksel Bağlanma (Layer-By-Layer kaplama), Layer-By-Layer N-halamin kaplaması) pamuklu kumaşın karakterizasyonu, yıkama haslıkları, antimikrobiyal etki, kumaş mukavemeti ve buruşmazlığı araştırılmıştır [7].

Akalın M. (2015) çalışmasında, sağlık alanında tekstillerin kullanımı, nanoteknolojinin sağlık tekstillerinde kullanımı, nanoteknolojinin sağlık alanında kullanımı konularından bahsedilmiştir. Sağlık alanında kullanılan tekstil ürünleri hakkında bilgiler verilerek nanoteknolojinin kullanımı ve önemine değinilmiştir. Tekstil materyaline akıllılık sağlayan yardımcıları (Biyo sensörler, fonksiyonel bandajlar, sensörler ve bu sensörlerden elde edilen verileri yorumlayabilen komponentler) anlatılmıştır. İnteraktif tekstil materyalleri (faz değiştiren materyaller), nanolifler ile üretim yöntemleri anlatılmıştır. Nano yenilikler ve tıptaki kullanım alanları hakkında örnekler verilmiştir [34].

Simončić ve Klemenčić (2015) çalışmalarında koloidal gümüş, gümüş tuzları ve gümüş tozunu da içeren bileşimlerinin tekstil liflerinin kimyasal olarak geliştirilmesi amaçlı kullanımı araştırmaktadır. Uygulama yolları, hazırlanmalarının kimyasal metotları ve kuvvetleri ile her bir uygulama prosesinin güçlükleri araştırılmıştır. Koloidal gümüş nanopartikülleri solüsyonlarının hazırlanmasında kullanılan en önemli katkıların ve bu katkıların koloidal gümüş özellikleri üzerindeki etkileri tartışılmıştır. Bunun da ötesinde tekstil lifi bünyesi içerisindeki gümüşün antibakteriyel mekanizması da bilhassa sunulmuştur. Uygulama işlemi ile ilgili farklı faktörler ve liflerin kendi özellikleri gümüşün tekstilde antimikrobiyal ajan olarak kullanılması bağlamında verilmiştir [35].

Pietrzak ve diğ. (2015) çalışmalarında gümüş nanopartiküllerinin püskürtülmesinin pamuklu kumaş için etkili bir dezenfeksiyon ve koruma metodu olup olmadığının araştırılmasını amaçlamışlardır. Çalışma dezenfeksiyon sonuçlarında mikroorganizma sayısında gerilmeye bağlı olarak % 32-100 arasında azalma olduğunu göstermiştir. Gümüş nanopartiküllerinin püskürtülmesi hali hazırda kullanılan tekstil materyallerinin dezenfeksiyon işlemine alternatif olabilir [36].

El-Ebissy ve diğ. (2015)'e ait çalışmada 50 nm boyutundaki nano çinko oksit ile emdirme-fikse metodu kullanılarak pamuklu, polyester ve pamuklu/polyester (65/35) karışımli kumaşlar farklı konsantrasyonlarda kaplanmışır. Muamele görmüş örneklerin

ana avantajı; birim hacim için yüzey alanını arttıran ve böylece uygulama konsantrasyonunu yükselten düşük ağırlıktır. Muamele görmüş örnekler sırasıyla; geniş açılı x ışını kırınımı (XRD) , mekanik testler (gerilme dayanımı ve uzama katsayısı) ve termal özellikler yani kırınimsal taramalı kalorimetre (DSC) ile ölçüm görmüştür. Polyester ile karşılaştırıldığında muamele görmüş pamuklu kumaşın kristal parametrelerinin değişim davranışında büyük farklılıklar gözlemlenmiştir. Muamele görmüş pamuklu kumaştaki en yüksek yoğunluk ve d-aralığı %0,25 konsantrasyonla uygulanan çinko oksittedir [37].

2.1. Önceki Çalışmaların Teze Katkısı

Literatür taramasıyla önceki çalışmaların bulunması ve bu çalışmaların okunup, içselleştirilmesiyle Cu, Ag ve Zn partikülleri hakkında bilgi düzeyi geliştirilmiştir. Ayrıca bu partiküllerin nano düzeydeki etkinlikleri de kavranmıştır. Bunun yanında malzemelerin karakterizasyon yöntemleri, aktarılması ve uygulanacak testler ile ilgili de önemli verilere ulaşılmıştır. Önceki çalışmaların araştırılması ayrıca tezin bu çalışmalardan farklarını ortaya koymada da önem teşkil etmektedir.

2.2. Tezin Önceki Çalışmalardan Farklı Yönleri

Bu tezde, yüksek saflıktaki metal tuzlarının başlangıç çözeltilerinden yola çıkarak küresel morfolojiye sahip, gümüş oranı REACH (Registration, Evaluation, Restriction and Authorisation of Chemicals, EC1907/2006) yönetmeliği çerçevesinde azaltılmış CuAg / ZnO nanokompozit partiküllerinin USP-HR yöntemi ile tek adımda nano boyutta üretilmesi, partikül karakterizasyonu çalışmaları ile antifungal ve antibakteriyel özelliklerinin farklı kaplama tekniği ile dokuma yüzeyde belirlenmesi ve tekstil endüstrisinde kullanım potansiyelinin araştırılması amaçlanmıştır.

Ülkemizde ilk kez antifungal ve antibakteriyel özellik sergileyen nano yapıda gümüşü azaltılmış CuAg / ZnO kompozit tozları USP tekniği ile üretilmiştir. CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinin farklı karakterizasyon teknikleri (XRD ve SEM) kullanılarak yapısal karakterizasyon çalışmaları gerçekleştirilmiş olup, partiküllerin antibakteriyellik ve antifungal aktivitesi ölçülmüştür. Karakterizasyon işleminden sonra seçilen nanopartiküller kaplama tekniği ile farklı özellikteki dokuma kumaşa aktarılmıştır. Silindir üstü bıçak kaplama tekniği ile aplikasyon yapılmıştır. Kaplama işlemi poliüretan esaslı bir kaplama maddesi ile gerçekleştirilmiştir.

Kaplama sonrası kumaşların antibakteriyellik (ASTM E 2149), antifungallık (AATCC 30), UV koruma gibi analizleri yapılmıştır. Bu analizler yıkama öncesi ve yıkama sonrası olarak tekrarlanmıştır. Kumaşlara ilave edilen bu ileri teknoloji malzemenin etkisi araştırılırken, aynı zamanda bu uygulamanın kumaşın karakteristik performans özelliklerine etkisi de incelenmiştir.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışmanın amacı

Bu çalışmada ülkemizde ilk kez antifungal ve antibakteriyel özellik sergileyen nano yapıda gümüşü azaltılmış CuAg/ZnO kompozit tozları tek adımda REACH Tüzüğüne (Registration, Evaluation, Restriction and Authorisation of Chemicals - EC1907/2006) uygun olarak USP (Ultrasonik Sprey Proliz) tekniği ile İstanbul Teknik Üniversitesi Metalürji Malzeme Mühendisliği'nde üretilmiş ve üretilen tozlar silindir üstü bıçak kaplama yöntemiyle kumaş yüzeyine kaplanarak antibakteriyel ve antifungal kumaş eldesi sağlanmaya çalışılmıştır.

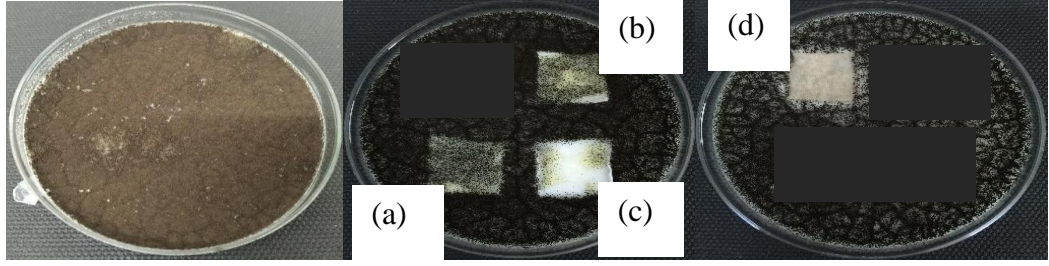
Antibakteriyel uygulamaların önemini vurgulamak ve günlük kıyafetlerin antibakteriyel ve antifungal olma ihtiyaçlarını göstermek adına çalışma kapsamında bir mağazadan alınan 2 adet tişörtten (%95 pamuk- %5 elastan mamül edilmiş) biri hiç kullanılmamış, diğeri ise bir hafta süre ile kullanıldıktan sonra elde edilen nanopartikül malzemelerle 10 gr ağırlığında hazırlanan %5'lik nanopartikül toz içeren (1, 2, 3, 4 ve 5 nolu tozlardan eşit miktarda kullanılarak 50 gr/kg oranında hazırlanmıştır.) kaplama ile kaplanmış ve antimantar testi yapılmıştır. Çizelge 3.1.'de bu tişört örneklerine ait antibakteriyel aktivite sonuçları verilmektedir.

Çizelge 3.1. Kullanılmış ve kullanılmamış tişört örneklerinin kaplamalı ve kaplamasız durumlarına ait antibakteriyel aktivite örnekleri

Numune Adı	Antibakteriyel Aktivite
Kontrol Örneği	+ 53,85
Kaplamasız kullanılmamış tişört	+192,31
Kaplamalı kullanılmamış tişört	-99,94
Kaplamasız kullanılmış tişört	+284,62
Kaplamalı kullanılmış tişört	-100,00

Çizelge 3.1. incelendiğinde kaplamasız örnekler antibakteriyel çıkmamışken kaplamalı örnekler yüksek antibakteriyel aktivite göstermiştir. Çizelge incelendiğinde, ortaya çıkan bir diğer sonuç, giysi kullanılmasa bile rafta üzerinde bakteri/mantar üreyebilmektedir. Giysinin insan teni ile teması sonrası bu üreme artmaktadır.

Şekil 3.1'de bu tişört örneklerine ait antimantar test sonuçları verilmektedir.



Şekil 3.1. Tişört örneklerinin AATCC 30 test yöntemine göre *Aspergillus niger*'e karşı antimantar etkinlik değerleri (a) Kaplamasız bir hafta kullanılmış tişört (b) Kaplamalı bir hafta kullanılmış tişört (c) Kaplamasız kullanılmamış tişört (d) Kaplamalı kullanılmamış tişört

Antimantar etkinlik açısından tişört numunelerinin yüzeyleri incelendiğinde kaplamasız örnekler üzerinde mantar üremesi görülmekte iken kaplamalı örnekler üzerinde mantar üremesine rastlanmamıştır.

Çizelge 3.1. ve Şekil 3.1. incelendiğinde tekstil yüzeylerine antibakteriyel ve antifungal aktivite sağlayan maddelerin aktarılmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu ihtiyaç o kadar üst düzeydedir ki ürün kullanılmasa, beklese bile bakteri ve mantar üremesine uygun ortamı yaratmaktadır.

Bu verilerden yola çıkılarak, çalışmada üzerinde bakteri ve mantar üremeyen giysilerin üretilmesi için yeni bir malzeme geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu malzemenin belirli standartlara uyması da diğer bir inceleme konusudur.

3.2. Materyal

3.2.1. Nanopartikül üretiminde kullanılan kimyasallar

- Gümüş Nitrat (AgNO_3): Gümüş nitrat tuzu, nanokompozit tozun gümüş içeriği için başlangıç tuzu.
- Bakır Nitrat [$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$]: Bakır nitrat tuzu, nanokompozit tozun bakır içeriği için başlangıç tuzu.
- Çinko Nitrat [$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$]: Çinko nitrat tuzu, nanokompozit tozun çinko içeriği için başlangıç tuzu.
- Saf su: Gümüş nitrat, bakır nitrat ve çinko nitrat tuzları ile karıştırılıp başlangıç çözeltileri hazırlanmıştır.
- Etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$): Tozların toplandığı kap içerisinde kullanılmıştır.
- Azot gazı: İnert ortam sağlamak amacıyla kullanılmıştır.
- Hidrojen gazı: Fırın ortamında redüksiyon amacıyla kullanılmıştır.

3.2.2. Kaplama patının üretiminde kullanılan kimyasallar

- Binder (PU 1330-Rudolf Duraner): %60 lık bir Poliüretan.
- Fiksator (RUCO-COAT FX 8011-Rudolf Duraner): %30 luk bloke alifatik izosiyonat bazlı çapraz bağlayıcı.
- Köpük kesici (TH 821-Rudolf Duraner): Kıvamlaştırma sağlayan kimyasal, toz ürünlerde viskoziteyi arttırdığı için th 821 ilavesi toz üründen sonra karıştırıcı altında(1000 rpm) yavaş yavaş ilave edilerek kullanılmaktadır.
- Saf su: Kaplama patının oluşumu için kullanılan bileşenlerden biridir.
- Nanokompozit malzeme (CuAg/ZnO): USP-HR yöntemiyle üretilen antibakteriyel özellik kazandırmak amaçlı kullanılmış olan nanokompozit tozdur.

3.2.3. Kaplama çalışmalarında kullanılan tekstil materyali

Çalışmada kullanılan kumaş, KİPAŞ Tekstil'den temin edilmiştir. Ön terbiyesi yapılmış, %100 pamuklu kumaş, bezayağı konstrüksiyonuna sahiptir. Ne 30/1 pamuk ipliğinden dokunmuş kumaşın garamajı 162 gr/cm^2 , çözgü sıklığı 42 tel/cm, atkı sıklığı ise 26 tel/cm'dir.

3.3. Metot

Nanopartiküller USP yöntemiyle İstanbul Teknik Üniversitesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'nde üretilmiştir. Üretilen nanopartiküller, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde silindir üstü bıçak kaplama yöntemiyle kumaşa aktarılmıştır.

3.3.1. Nanopartikül üretimi

Deneyel çalışmalarda, CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinin üretimi için başlangıç çözeltilerinin hazırlanmasında yüksek saflıkta gümüş nitrat (AgNO_3), bakır nitrat [$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$] ve çinko nitrat [$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$] tuzları kullanılmıştır. Partikül boyutu üzerinde etkin olan farklı konsantrasyonlardaki bakır-gümüş-çinko nitrat başlangıç çözeltileri saf su kullanılarak hazırlanmıştır. Çözeltilerin hazırlanmasında manyetik karıştırıcıdan faydalanılmıştır. Üretilen tozların toplandığı toplama (gaz yıkama) şişelerinde %99,9 saflıkta etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) kullanılmıştır. CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinin yüksek saflıktaki metal tuzlarının çözeltilerinden USP-HR yöntemi ile üretimi için kurulan deney düzeneğinin fotoğrafı Şekil 3.2'de verilmiştir. Çözeltinin

atomizasyonu için RBI (Ramine Baghai Instrumentation) firmasından temin edilen Pyrosol 7901 model 1,3 MHz frekanslı ultrasonik atomizör kullanılmıştır. Atomizör Polyscience 9006 model su soğutmalı termostat vasıtasıyla soğutulmuştur. Şekil 3.2.'de verilen USP-HR sisteminde; inert ortam sağlamak için yüksek saflıkta azot gazı kullanılmıştır. Başlangıç çözeltisinin atomizasyonu sonucu oluşan aerosol, fırın ortamına yüksek saflıkta hidrojen gazı ile taşınmış ve fırın ortamında termal parçalanma ve redüksiyona uğratılmıştır. Kimyasal reaksiyonun gerçekleştiği fırın şekilde gösterilen Nabertherm marka R 50/250/12 model tek bölge max. 1200°C'ye çıkabilen 250 mm ısıtma zonlu tüp fırındır. Sisteme verilen gazların akış debisini ölçmek için Aalborg ve Agilent marka akış ölçerlerden faydalanılmıştır. Oluşan aerosol damlacıklarının atomizörden fırına, fırından da toplama şişelerine taşınması için 700 mm uzunlukta ve 20 mm çapında kuvars tüp ve çeşitli bağlantı ekipmanlarından faydalanılmıştır.



Şekil 3.2. Deney düzeneğinin genel görünümü 1) Atomizör 2) Atomizör güç kaynağı 3) Soğutma sistemi 4) Fırın 5) Akış ölçer 6) Kuvars tüp 7) Toz toplama şişesi 8) Azot gazı 9)Hidrojen gazı.

USP-HR tekniği ile CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinin üretimine ait çalışma parametreleri ayrıntılı olarak Çizelge 3.2.'te verilmiştir.

Çizelge 3.2. Deneysel çalışmalarda nanopartikül üretimi esnasında kullanılan parametreler

Malzeme No	Ag ⁺ Kons.(M)	Cu ²⁺ Kons.(M)	Zn ²⁺ Kons.(M)	Sıcaklık (°C)	N ₂ Debisi (ml/dak)	H ₂ Debisi (ml/dak)	Frekans (MHz)
1	0,025	0,1	0,1	600	250	500	1,3
2	0,025	0,2	0,2				
3	0,1	0,1	0,1				
4	0,025	0,2	0,4				
5	0,025	0,4	0,1				

3.3.2. Kaplama

Tez kapsamında, toplam toz miktarına oranla %5, %2,5, %1,25 ve %0,625'lik (toplam pat miktarı içerisindeki miktarına göre 50gr/kg, 25 gr/kg, 12,5 gr/kg ve 6,25 gr/kg oranında) derişimde CuAg/ZnO nanopartikülleri içeren, miktarı 10 gr olacak şekilde farklı kaplama patları hazırlanmıştır. CuAg/ZnO nanopartikülleri kaplama patına ilave edilmeden önce ultrasonik homojenizatör ile karıştırılarak pat içerisinde düzgün bir nanopartikül dağılımı ve aglomerasyonun engellenmesi amaçlanmıştır. Hazırlanan bu patlar ve içerisinde CuAg/ZnO içermeyen referans pat numune kumaşa aktarılmıştır. Aplikasyon, laboratuvar tipi kaplama makinasında, silindir üstü bıçak kaplama tekniği ile yapılmıştır. Aktarım sonrası kumaşlara laboratuvar tipi ramöz makinasında 165°C'da, 2 dakika fiksaj yapılmıştır.

Şekil 3.3.'te kaplama uygulamasının gerçekleştirildiği ATAC marka laboratuvar tipi silindir üstü bıçak kaplama makinası ve fikse işleminin yapıldığı laboratuvar tipi kurutma makinası görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 3.3. (a) Laboratuvar tipi silindir üstü bıçak kumaş kaplama makinası (b) Laboratuvar tipi kurutma makinası

3.3.3. Test yöntemleri

Üretilen nanopartiküller ve bu tozların kaplama yoluyla aktarıldığı kumaşlar ile bunların 5 yıkamalı uygulamalarının, tez amacına uygunluğunu belirlemek için kullanılan test yöntemleri ve prensipleri bu bölümde incelenmiştir.

3.3.3.1. Nanopartikül ve kumaşların karakterizasyonu

USP-HR tekniğiyle üretilen nanokompozit partiküllerin, kaplama yoluyla nanopartikül aktarılan kumaşların ve 5 kez yıkanmış numunelerin karakterizasyon çalışmaları bu bölümde ayrıntılı olarak verilmiştir. Sentezlenen partiküllerin ve kaplama

yoluyla nanopartikül aktarılan kumaşlar ve 5 kez yıkanmış numunelerin karakterizasyonları şu şekilde yapılmıştır.

3.3.3.1.1. X-ışınları difraksiyonu ile faz analizi (XRD)

USP-HR tekniği ile üretilmiş CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinin karakterizasyon çalışmaları kapsamında faz ve kristal yapı analizi İstanbul Teknik Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği'nde, Philips marka 1700 temelli X-ışınları difraktometresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. X-ışınları kırınım ölçümleri, $2\theta = 0^\circ - 90^\circ$ aralığında sürekli tarama yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

Nanokompozit materyal içeren kaplama patı ile kaplanmış kumaşların x-ışınları difraksiyonu analizi Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fizik Bölümü'nde grafit monokromatörlü Bruker D8 Advance cihazında gerçekleştirilmiştir.

3.3.3.1.2. Taramalı elektron mikroskopu analizi (SEM)

USP-HR tekniği ile üretilmiş CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinin karakterizasyon çalışmaları kapsamında SEM analizi Jeol Marka FEG-SEM cihazıyla İstanbul Teknik Üniversitesi'nde gerçekleştirilmiştir.

Nanokompozit materyal içeren kaplama patı ile kaplanmış kumaşların SEM analizi Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi ÜSKİM alt yapısında bulunan Zeiss Evo LS10 SEM-EDX cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

3.3.3.1.3. Antibakteriyel testler

USP-HR tekniği ile üretilmiş CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinin ve bu partiküller ile hazırlanan kaplama patıyla kaplanmış kumaşların antifungal testleri Bursa Uludağ Üniversitesi Mikrobiyoloji Laboratuvarı'nda ASTM E 2149-01 standardına göre *Escherichia coli* (ATCC 35218)b bakterisine karşı ölçülmüştür [38, 39].

3.3.3.1.4. Antifungal testler

USP-HR tekniği ile üretilmiş CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinin ve bu partiküller ile hazırlanan kaplama patıyla kaplanmış kumaşların antibakteriyel testleri Bursa Uludağ Üniversitesi'nde AATCC 30 test yöntemine göre *Aspergillus niger*'e karşı ölçülmüştür [40].

3.3.3.1.5. UV dayanım testi

USP-HR tekniği ile üretilmiş CuAg/ZnO nanokompozit partikülleri içeren kaplama patıyla kaplanmış kumaşların UV dayanım testi UV Standart 801'e göre Gaziantep Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir. Çizelge 3.3.'te UV dayanım sonuçları için değerlendirme skalası verilmektedir.

Çizelge 3.3. UV dayanım değerlendirme skalası

Ultraviole Koruma Derecesi (UPF) Aralıkları	Koruma Kategorisi	% Ultraviole Işın Engelleme Oranı
UPF 15-24	İyi	93,3-95,9
UPF 25-39	Çok İyi	96,0-97,4
UPF 40-50+	Mükemmel	97,5-98+

3.3.3.1.6. Kumaşlara uygulanan fiziksel testler

USP-HR tekniği ile üretilmiş CuAg/ZnO nanokompozit partikülleri içeren kaplama patıyla kaplanmış kumaşların kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti, boncuklanma ve aşınma değerleri Matesa Tekstil kalite kontrol laboratuvarında, standart test şartları altında ölçülmüştür.

Kopma mukavemeti testi, James H. Heal marka Titan 510 model test cihazı ile EN ISO 13934-1 test metoduna göre ölçülmüştür [41].

Yırtılma mukavemeti testi, Elmatear dijital yırtılma mukavemeti test cihazı ile EN ISO 13937-1 test metoduna göre ölçülmüştür [42].

Pilling testi TS EN ISO 12945-2 standardıyla, aşınma testi ise BS 5690 standardıyla, 8 kafalı Martindale Aşındırma ve Boncuklandırma Test Cihazı ile ölçülmüştür. Aşındırma testinde 9 kgf'lik kuvvet uygulanmıştır [43, 44].

Çizelge 3.4.'de bulgular kısmında ele alınacak boncuklanma testi için değerlendirme kriterleri gösterilmektedir.

Çizelge 3.4. Boncuklanma değerlendirme dereceleri

Derece	Tanımı
5	Değişme yok
4	Hafif bir tüylenme ve/veya kısmen oluşmuş boncuklanma
3	Orta düzeyde tüylenme ve/veya orta düzeyde boncuklanma
2	Belirgin bir tüylenme ve/veya belirgin boncuklanma
1	Yoğun yüzey tüylenmesi ve/veya etkin boncuklanma

3.3.4. Kullanılan cihazlar

Kopma mukavemeti testi James H. Heal marka Titan 510 model test cihazı ile yapılmıştır. Şekil 3.4. 'te James H. Heal marka Titan 510 model test cihazı görülmektedir.



Şekil 3.4. Titan 510 test cihazı

Yırtılma mukavemeti testi Elmatear Digital Tear Tester yırtılma mukavemeti test cihazı ile ölçülmüştür. Şekil 3.5'te Elmatear Digital Tear Tester cihazı görülmektedir.



Şekil 3.5. Elmatear dijital yırtılma mukavemeti test cihazı

Pilling ve abrasion testi 8 kafalı Martindale Aşındırma ve Boncuklandırma Test Cihazı ile ölçülmüştür. Şekil 3.6.'da Martindale Aşındırma ve Boncuklandırma Test Cihazı görülmektedir.



Şekil 3.6. Martindale Aşındırma ve Boncuklandırma Test Cihazı

3.3.5. Yıkama dayanımı çalışması

Farklı konsantrasyonlarda kaplama patı aktarılarak elde edilen kumaşlara, 5 tekrarlı yıkama dayanımı testi uygulanmıştır. Bu testin uygulanmasındaki amaç, uygulanan nanopartiküllerin yıkamaya karşı dayanıklılığının ölçülmesidir.

Yıkama dayanımı testi ATAÇ marka yıkama dayanımı test cihazında, TS EN ISO 105 C06 test metodu ile gerçekleştirilmiştir [45]. Yıkama reçetesi ve yıkama şartları şu şekildedir:

- 4 g/l ECE fosfat referans deterjan
 - 1 g/l sodyum perborat
- Flotte Oranı: 1:50
Çalışma Süresi: 30 dakika
Yıkama sıcaklığı: 40°C

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

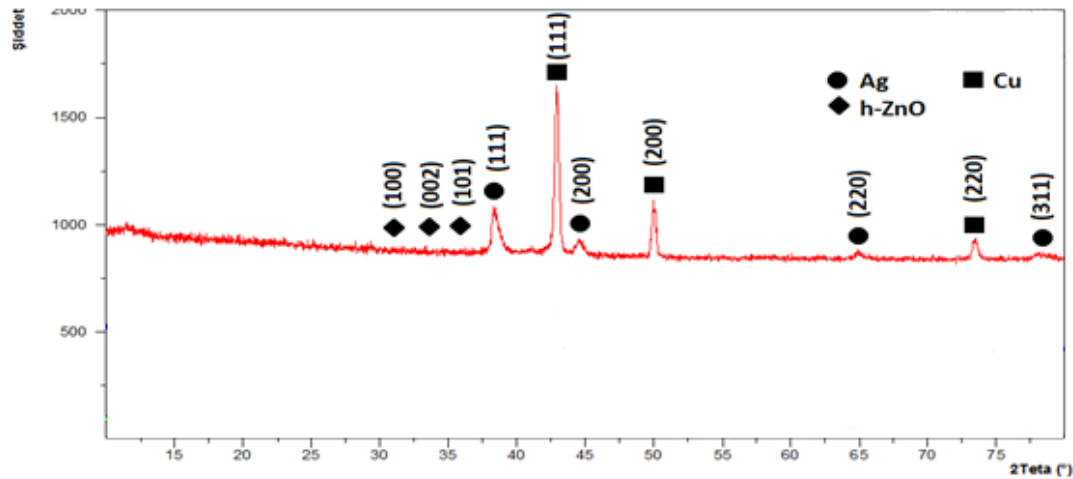
Nanopartikül ve aplikasyon uygulamalarından elde edilen numune kumaşlara ait karakterizasyon, antibakteriyel ve antifungal değerlendirme ile fiziksel test değerleri ölçülerek, sonuçların değerlendirmesi bu bölümde yapılmıştır.

4.1. Nanopartikül karakterizasyonu

Çizelge 3.2.'de belirtilen koşullarda üretilmiş nanokompozit partiküllerin yapısal karakterizasyon çalışmalarıyla; faz bileşimi, morfolojisi ve boyut dağılımına ait sonuçlar aşağıda tartışılmıştır. Üretilen nanopartiküllerin karakterizasyonu ile ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilerek, nanopartiküllerin düzgünlüğü, morfolojik ve kimyasal yapıları irdelenmiştir.

4.1.1. X-Işınları difraksiyonu ile faz analizi

Çizelge 3.2.'de tanımlanmış 1 nolu çalışma koşullarında üretilmiş CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinin X-ışınları difraksiyonu ile faz analizi diyagramı Şekil 4.1'de verilmiştir.

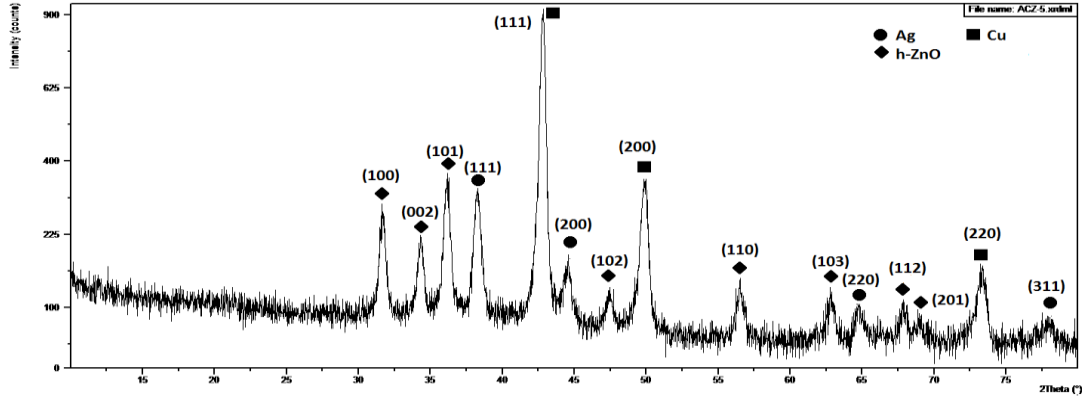


Şekil 4.1. CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinin XRD paternleri (1 Nolu deneysel çalışma ile üretilmiş nanopartikül)

Şekil 4.1'de verilen XRD paternleri incelendiğinde gümüş miktarının 0,025 M değerine düşürüldüğü, Cu ve Zn oranlarının 0,1M olduğu başlangıç çözeltilerinden üretilen partiküllerin XRD paternlerinde özellikle 43°'de en şiddetli pik olarak görünen Cu pikinin şiddeti azalarak devam etse de 50° ve 74°'de tekrar görülmektedir. ZnO pikleri ise düşük

şiddetteki pikler ile 30° ve 40° arasında görülmektedir. Sonuç incelendiğinde, 1 nolu tozda belirlenen reçete ve uygulama şartlarında, yapısında Ag, Cu ve ZnO içeren, nanokompozit malzeme üretilebilmiştir.

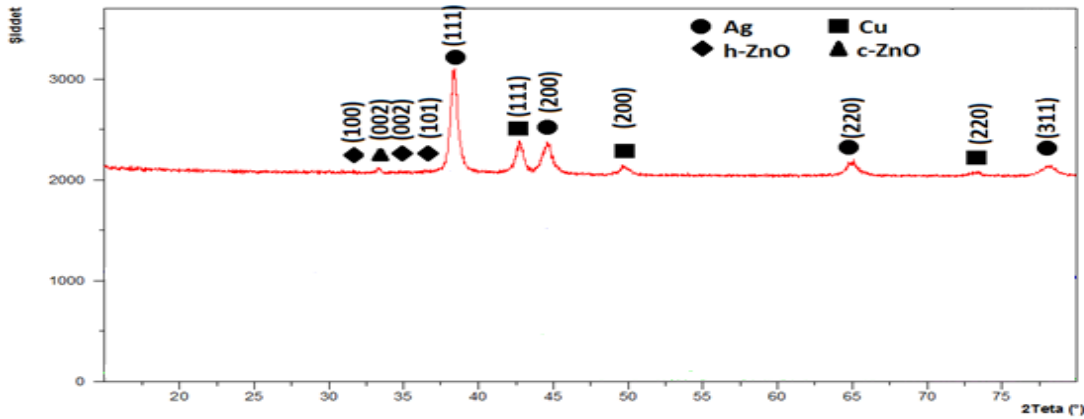
Çizelge 3.2.'de tanımlanmış 2 nolu çalışma koşullarında üretilmiş partiküllere ait XRD analizi diyagramı Şekil 4.2.'de verilmiştir.



Şekil 4.2. CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinin XRD paternleri (2 Nolu deneysel çalışma ile üretilmiş nanopartikül)

Şekil 4.2.'de verilen verilen difraksiyon şekli incelendiğinde; Ag, Cu ve ZnO fazlarını içeren kompozit yapının başarıyla üretildiği ve yapıda başka bir fazın bulunmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 1'de tanımlanmış 3 nolu çalışma koşullarında üretilmiş partiküllere ait X-ışınları faz analizi diyagramları Şekil 4.3.'de verilmiştir.

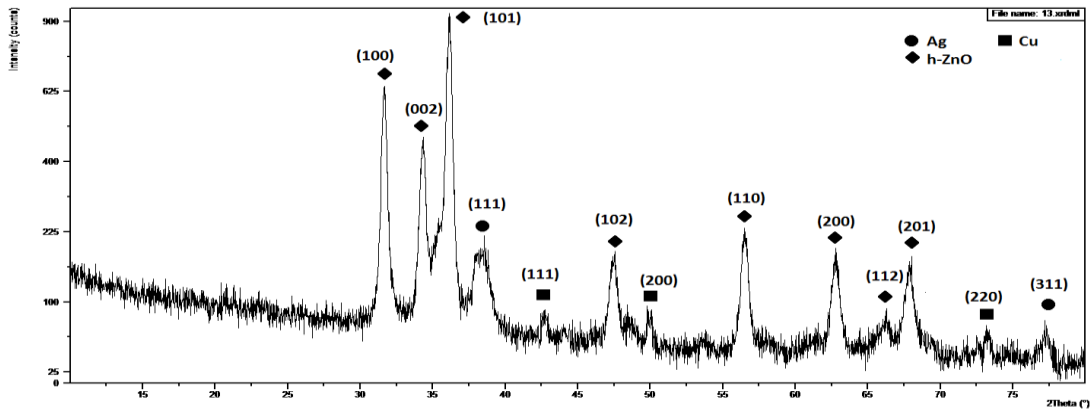


Şekil 4.3. CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinin XRD paternleri (3 Nolu deneysel çalışma ile üretilmiş nanopartikül)

Şekil 4.3.'te verilen verilen difraksiyon paternleri incelendiğinde; 2θ değerlerine göre yaklaşık 38° , 44° , 65° ve 78° değerlerinde gözlemlenen pikler, yüzey merkezli kübik yapılu gümüşü ifade ederken, 43° , 50° ve 74° değerlerinde belirlenen pikler ise yüzey

merkezli kübik yapıya sahip bakır tanımlanmaktadır. XRD paternlerinden Ag, Cu ve ZnO fazlarını içeren kompozit yapının başarıyla üretildiği ve yapıda başka bir fazın bulunmadığı belirlenmiştir. Bazı konsantrasyon değerlerinde elde edilen paternlerde ZnO'ye ait piklerin tespitinde zorlanılmıştır. Bunun sebebi ise numune hazırlama aşamasında karşılaşılan bir takım kısıtlamalardan dolayı düşük şiddetler elde edilmesi ve bazı piklerin gürültü bölgesi içinde kalması olarak gösterilebilir

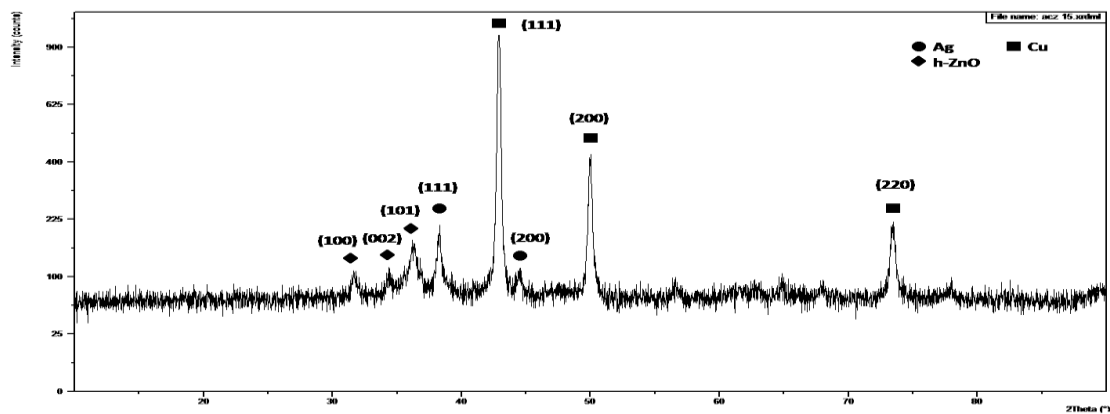
Çizelge 3.2.'de tanımlanmış 4 nolu çalışma koşullarında üretilmiş partiküllere ait XRD analizi diyagramları Şekil 4.4.'de verilmiştir.



Şekil 4.4. CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinin XRD paternleri (4 Nolu deneysel çalışma ile üretilmiş nanopartikül)

Şekil 4.4.'te verilen verilen difraksiyon paterni incelendiğinde; Ag, Cu ve ZnO fazlarını içeren kompozit yapının başarıyla üretildiği ve yapıda başka bir fazın bulunmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 3.2.'de tanımlanmış 5 nolu çalışma koşullarında üretilmiş partiküllere ait XRD analizi diyagramları Şekil 4.5.'de verilmiştir.



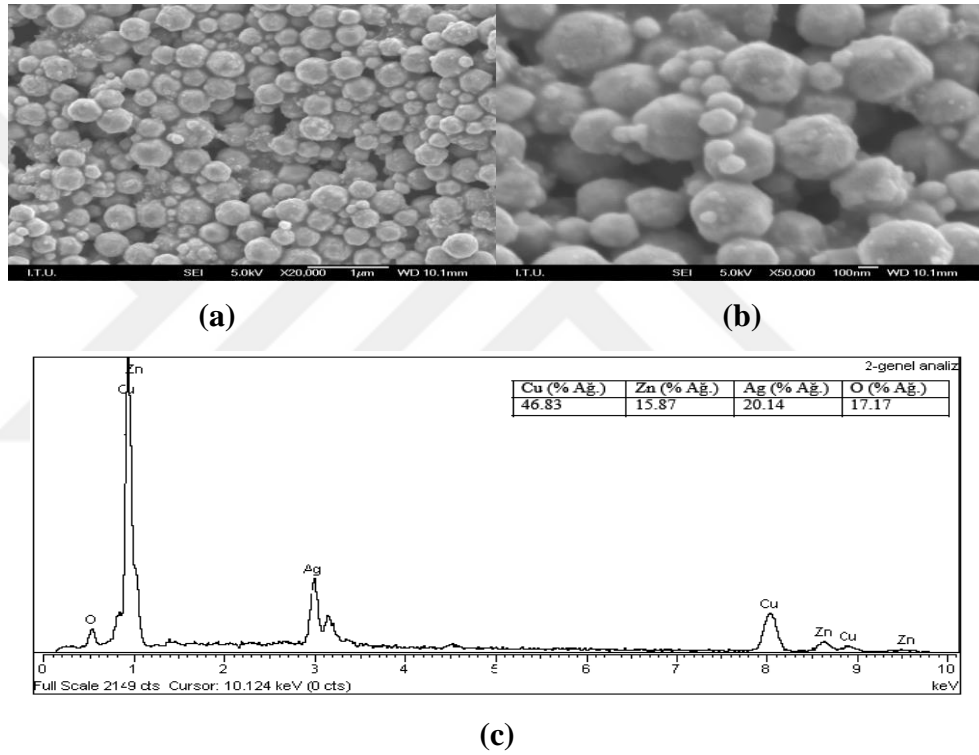
Şekil 4.5. CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinin XRD paternleri (5 Nolu deneysel çalışma ile üretilmiş nanopartikül)

Şekil 4.5’de verilen difraksiyon paternleri incelendiğinde; Ag, Cu ve ZnO fazlarını içeren nanokompozit yapının başarıyla üretildiği tespit edilmiştir.

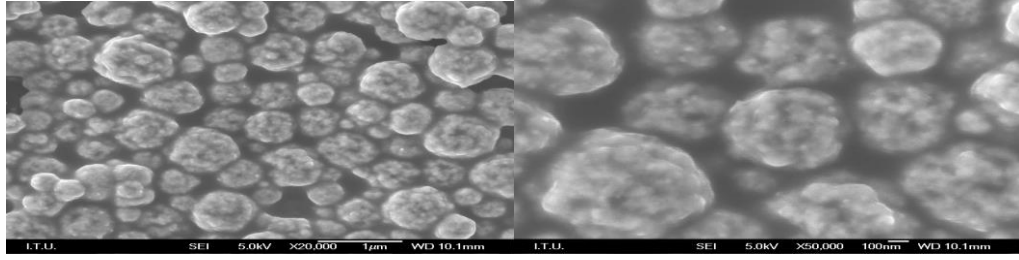
Genel olarak XRD sonuçlarına bakıldığında üretilen tozların içerdiği Ag, Cu ve ZnO elementlerinin varlığı ispatlanmaktadır.

4.1.2. Taramalı elektron mikroskobu incelemeleri (SEM-EDS)

USP-HR tekniği ile farklı konsantrasyon değerlerine sahip başlangıç çözeltilerinden üretilmiş CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinin boyut, morfoloji ve kimyasal bileşimleri taramalı elektron mikroskobu (SEM-EDS) incelenmiştir. Elde edilen SEM görüntüleri ve EDS analiz sonuçları Şekil 4.6.-4.10.’da verilmiştir.

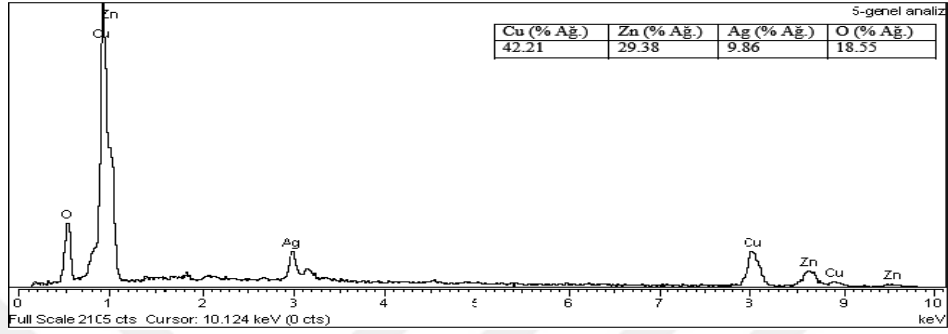


Şekil 4.6. USP-HR tekniği ile üretilmiş CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerin SEM görüntüleri (a: x20.000 büyütme, b: x50.000 büyütme) ve EDS analizi sonucu (c), (1 nolu toz)



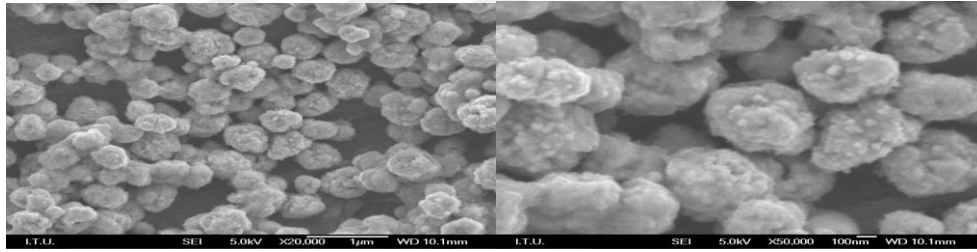
(a)

(b)



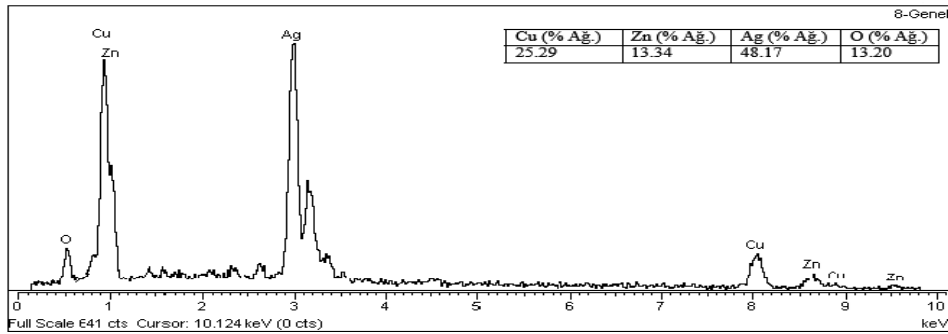
(c)

Şekil 4.7. USP-HR tekniği ile üretilmiş CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerin SEM görüntüleri (a: x20.000 büyütme, b: x50.000 büyütme) ve EDS analizi sonucu (c), (2 nolu toz)



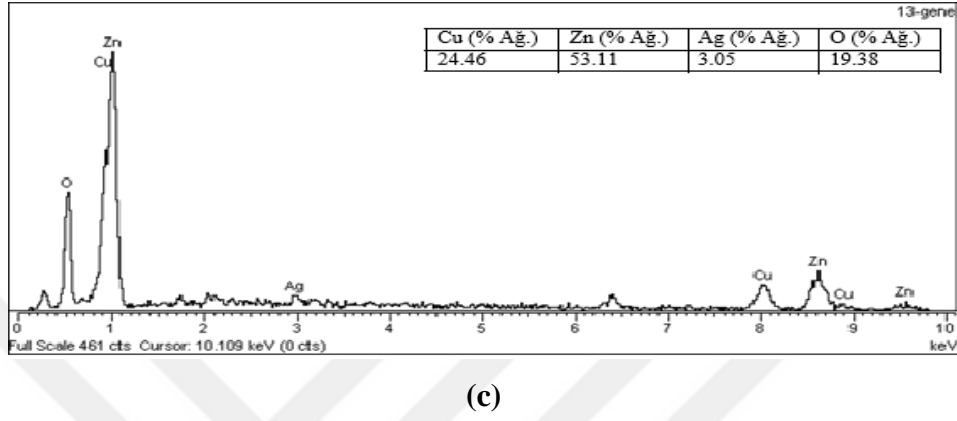
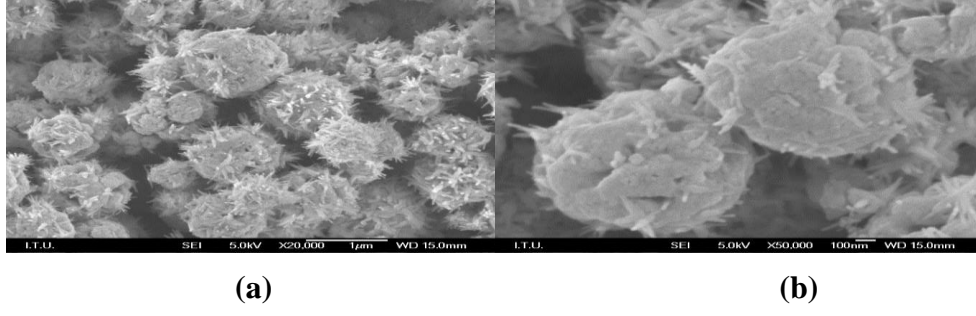
(a)

(b)

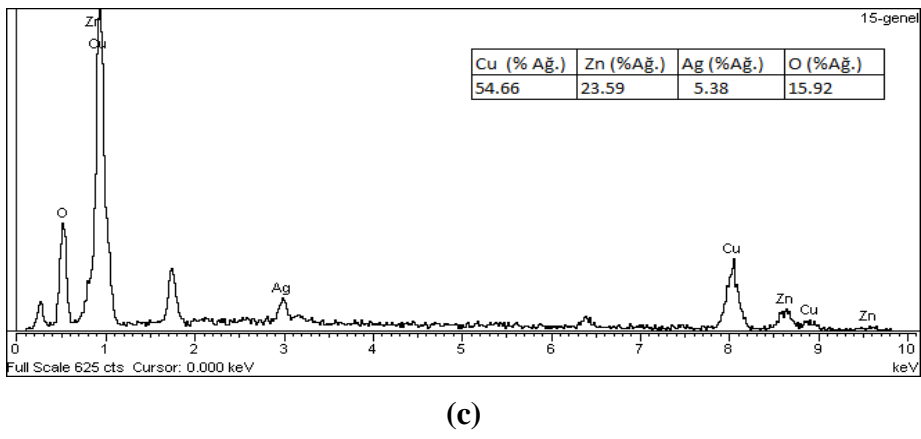
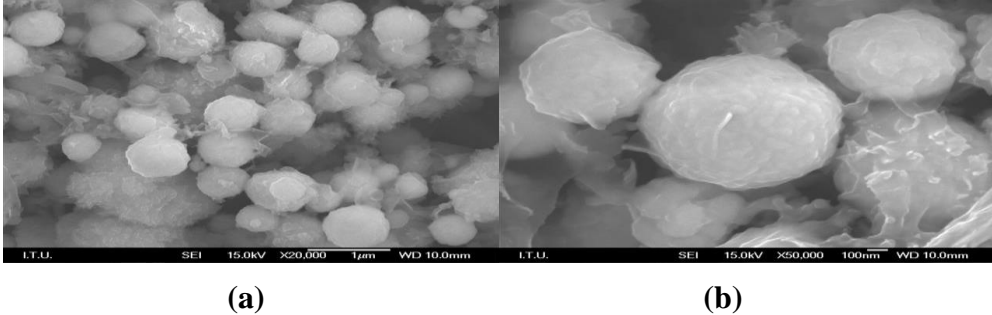


(c)

Şekil 4.8. USP-HR tekniği ile üretilmiş CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerin SEM görüntüleri (a,b) ve EDS analizi sonucu (c), (3 nolu toz)



Şekil 4.9. USP-HR tekniği ile üretilmiş CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerin SEM görüntüleri (a,b) ve EDS analizi sonucu (c), (4 nolu toz)



Şekil 4.10. USP-HR tekniği ile üretilmiş CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerin SEM görüntüleri (a,b) ve EDS analizi sonucu (c), (5 nolu toz)

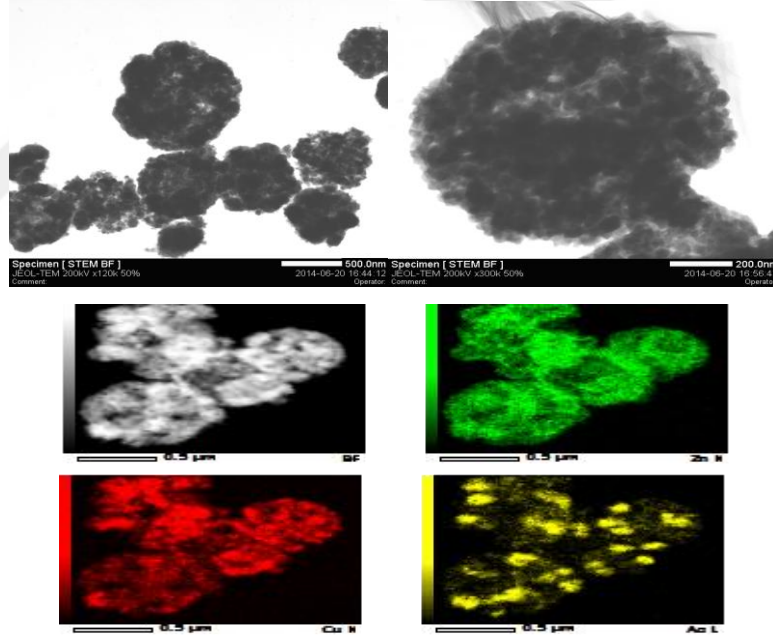
Şekil 4.6.-4.10'da verilen SEM görüntüleri ve EDS analizleri incelendiğinde; USP yöntemi için karakteristik olan 10-50 nm arası partikül boyutuna sahip birincil partiküller

ve birincil partiküllerin bir araya gelmesiyle oluşan ikincil partiküller nanokompozit yapıda tespit edilmiştir. Bununla birlikte CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinde homojen yapı gözlemlenmiş olup, EDS analizi sonucunda nanokompozit partikül yapısında Cu, Ag, Zn ve O'den başka elemente rastlanılmamıştır.

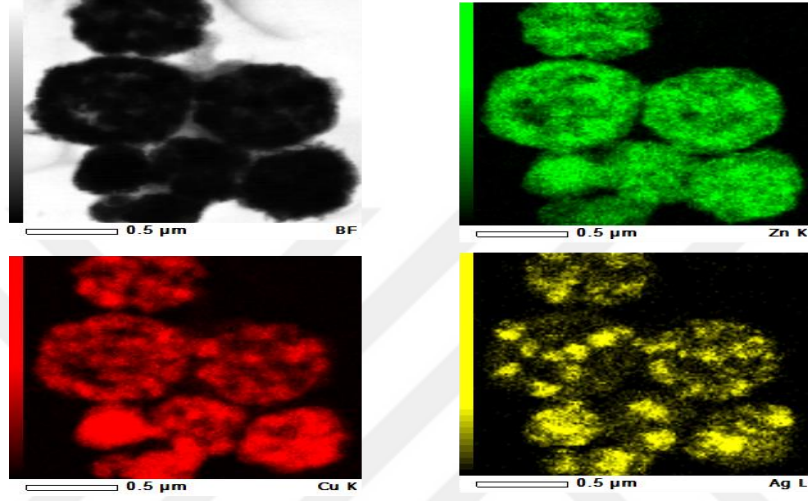
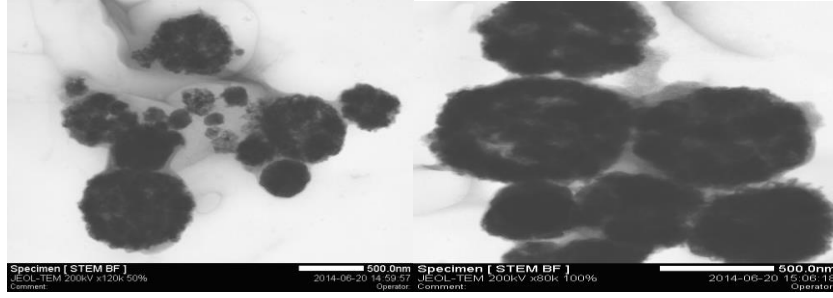
Çizelge 3.2.'de verilen reçetelere göre değerlendirme yaptığımızda 3 nolu tozun üretiminde Ag konsantrasyonunun artırılmasıyla piklerde Ag yönünden yükselme görülmektedir. Bu sonuçla üretilen partiküllerin boyutları ve görünüşleri üzerinden başlangıç çözeltilerinin etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

4.1.3. Geçirimli elektron mikroskobu incelemeleri (TEM-EDS)

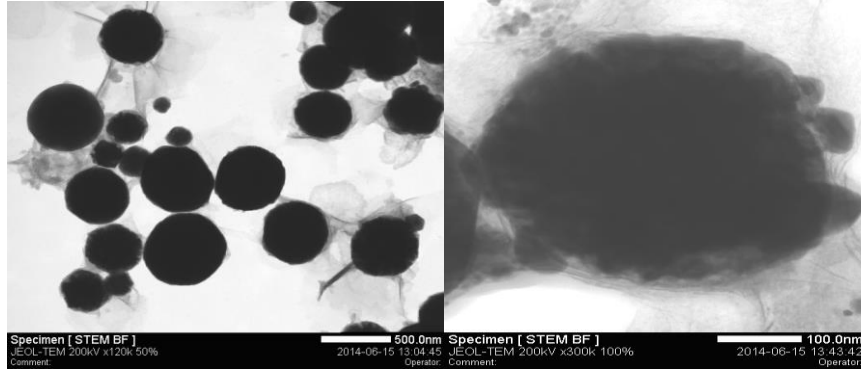
Çizelge 3.2.'de gösterilen çalışma koşullarında üretilen CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinin istenilen yapıda üretilebilirliği incelemek amacıyla farklı başlangıç çözeltilerinden 600° C'de nanokompozit partikül üretimi gerçekleştirilen tozların TEM ve EDS görüntüleri Şekil 4.11.-Şekil 4.13.'de görülmektedir.



Şekil 4.11. TEM görüntüleri ve EDS analizi sonuçları (1 nolu toz)



Şekil 4.12. TEM görüntüleri ve EDS analizi sonuçları (2 nolu)



Şekil 4.13. TEM görüntüleri ve EDS analizi sonuçları (3 nolu toz)

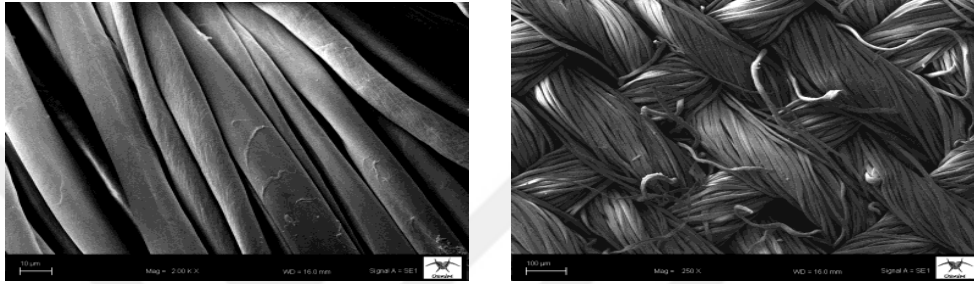
Şekil 4.9.-4.10. ve 4.11.'de verilen TEM görüntüleri partiküllerin nanokristallerin agregasyonu ile oluştuğu ve bu ikincil partiküllerin küresel morfolojiye sahip olduğunu göstermektedir. EDS haritalama sonuçlarından Cu, Ag ve Zn'nın yapı içerisinde homojen olarak dağıldığı belirlenmiştir.

4.2. Kumaş karakterizasyonu sonuçları

Çizelge 3.2.'de belirtilen koşullarda üretilen nanopartiküllerin kaplama yoluyla aktarıldığı kumaşların ve bunların 5 kez yıkama sonrası oluşan numunelerinin karakterizasyonu yapılmıştır.

4.2.1. Taramalı elektron mikroskobu analizi (SEM)

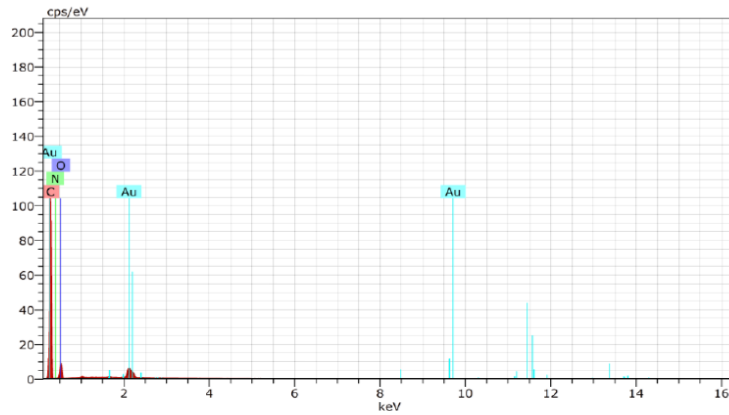
Şekil 4.14.'te kaplama yapılmamış ağartılmış %100 pamuklu kumaşa ait SEM görüntüleri verilmektedir.



Şekil 4.14. %100 pamuklu ağartılmış kumaşa ait SEM görüntüleri

Şekil 4.14.'de de görüldüğü gibi işlem görmemiş kumaş üzerinde herhangi bir bulguya rastlanmamıştır. Elyaf klasik pamuk lifi özelliği göstermektedir.

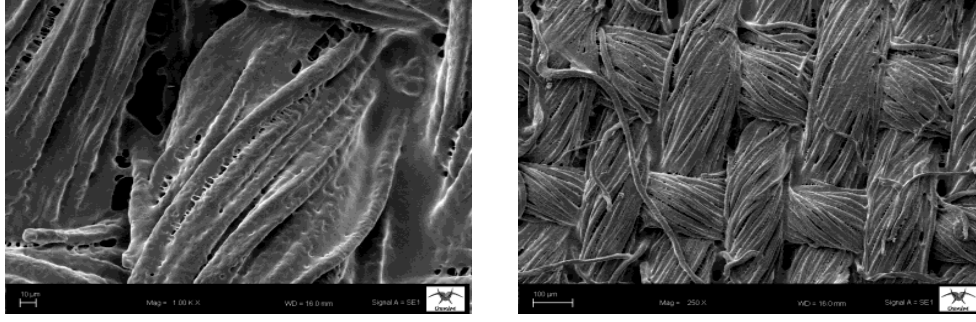
Şekil 4.15.'te ağartılmış %100 pamuklu kumaşa ait EDS analizi sonucu verilmektedir.



Şekil 4.15.%100 pamuklu ağartılmış kumaşa ait EDS analizi sonuçlar

Şekil 4.15.'te de görüldüğü gibi işlem görmemiş kumaşa ait EDS analizi sonucunda uygulanan altın kaplama ve selülozik life ait temel yapıtaşlar dışında bulguya rastlanmamıştır.

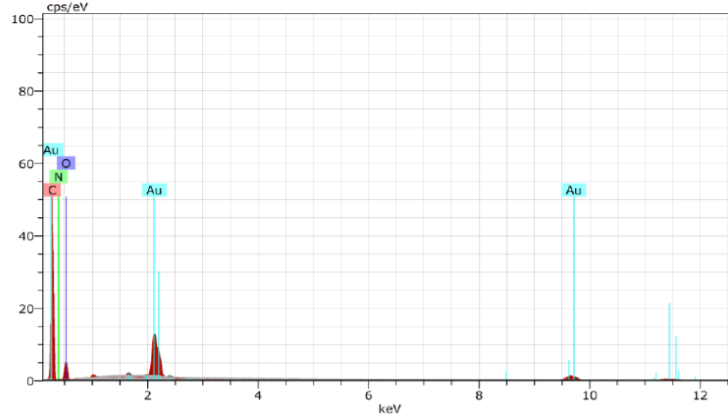
Şekil 4.16.'da toz içermeyen kaplama ile üretilmiş, referans olarak değerlendirilebilecek kumaşa ait SEM görüntüleri verilmektedir.



Şekil 4.16. Toz içermeyen kaplama ile kaplanmış kumaşın SEM görüntüleri

Şekil 4.16.'da verilen toz içermeyen kaplama ile kaplanmış kumaşa ait SEM görüntülerine bakıldığında yüzeydeki kaplama patının görüntüsü görülmektedir. Patın liflerin arasındaki boşlukları doldurduğu ve lifin üst yüzeyine yapıştığı tespit edilmiştir.

Şekil 4.17.'de toz içermeyen kaplama ile kaplanmış kumaşa ait EDS analizi verilmektedir.


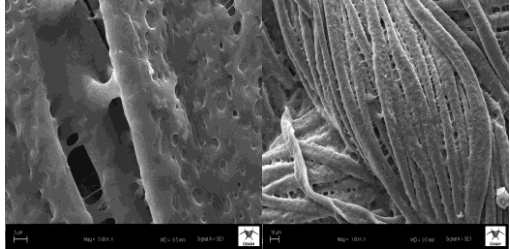
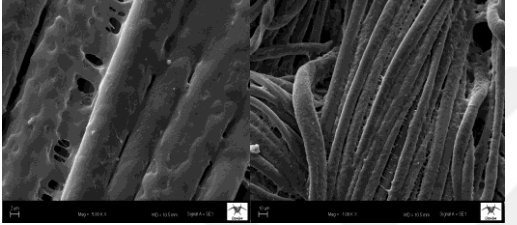


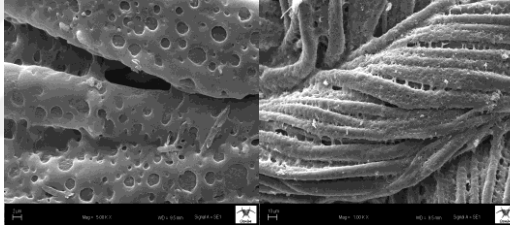
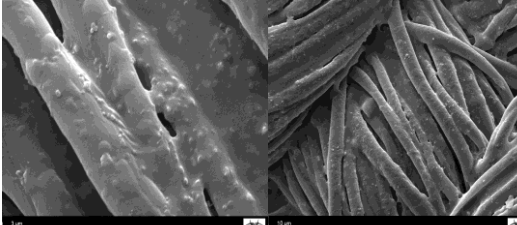
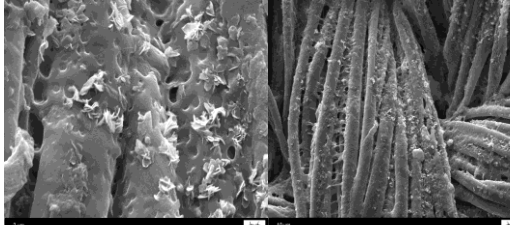


Şekil 4.17. Toz içermeyen kaplama ile kaplanmış kumaşın EDS analizi

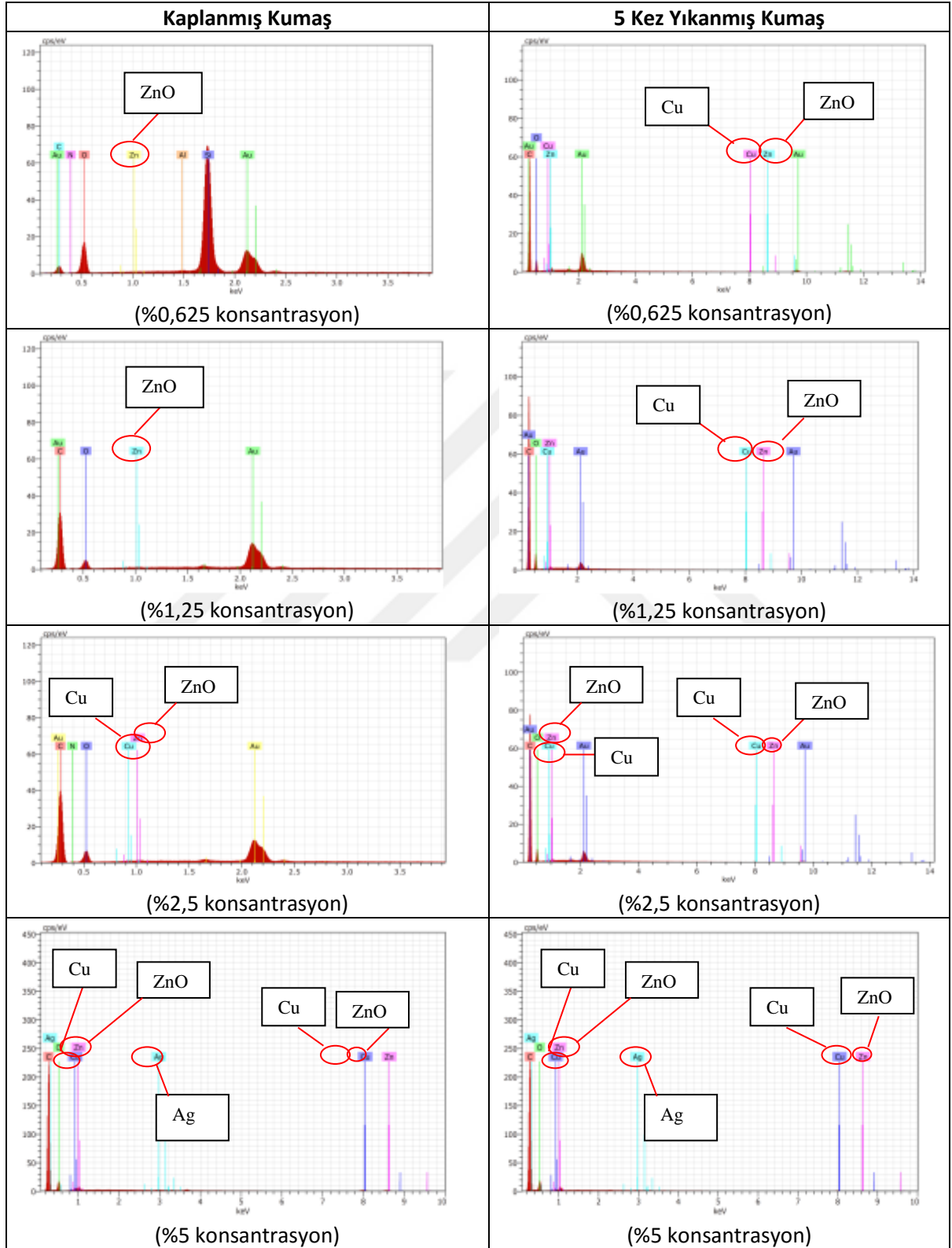
Şekil 4.17.'de verilen toz içermeyen kaplama ile kaplanmış kumaşa ait EDS analizinde altın kaplama, selüloz lifi ve kaplama patının kimyasal içeriği dışında bulguya rastlanmamaktadır.

1 nolu deneysel çalışma koşullarında üretilmiş (bkz. Çizelge 3.2.) CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinden hareketle farklı konsantrasyondaki kaplama patından ağartılmış %100 pamuklu kumaşa kaplanmış ve sonrasında 5 kez yıkamaya tabi tutulmuş numunelerin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri, EDS analizi, X ışınları elementel haritası ve XRD grafikleri sırasıyla Çizelge 4.1., Çizelge 4.2., Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4.'te verilmiştir.

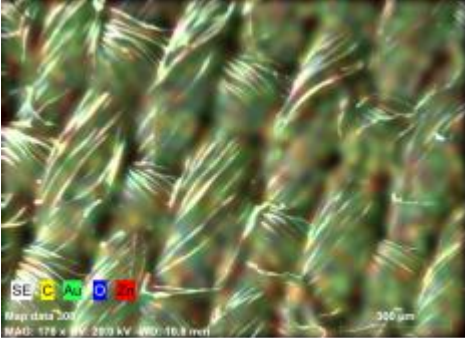

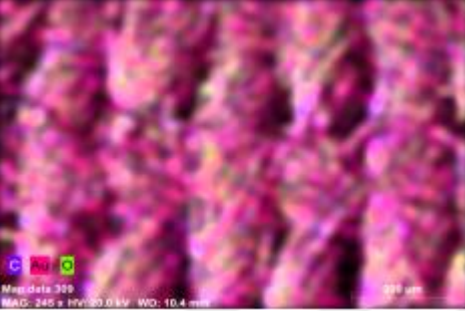

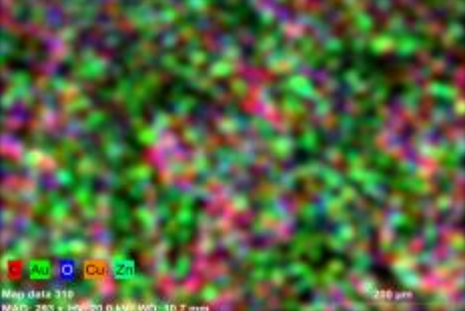

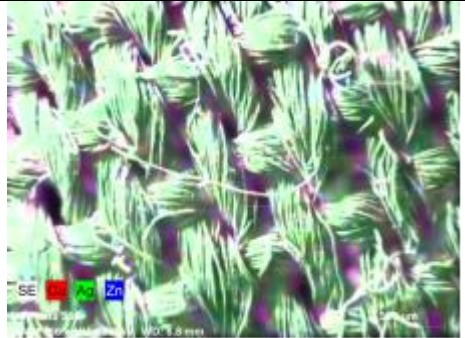
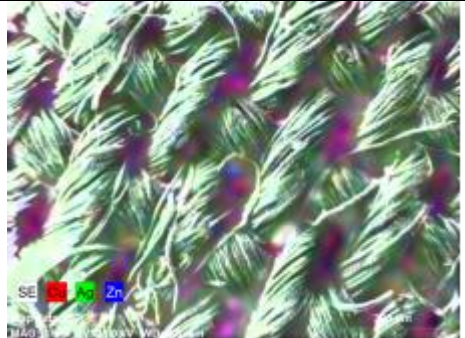
Çizelge 4.1. 1 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait SEM görüntüleri

Kaplanmış Kumaş	5 Kez Yıkanmış Kumaş
 <p>(%0,625 konsantrasyon)</p>	 <p>(%0,625 konsantrasyon)</p>
 <p>(%1,25 konsantrasyon)</p>	 <p>(%1,25 konsantrasyon)</p>
 <p>(%2,5 konsantrasyon)</p>	 <p>(%2,5 konsantrasyon)</p>
 <p>(%5 konsantrasyon)</p>	 <p>(%5 konsantrasyon)</p>

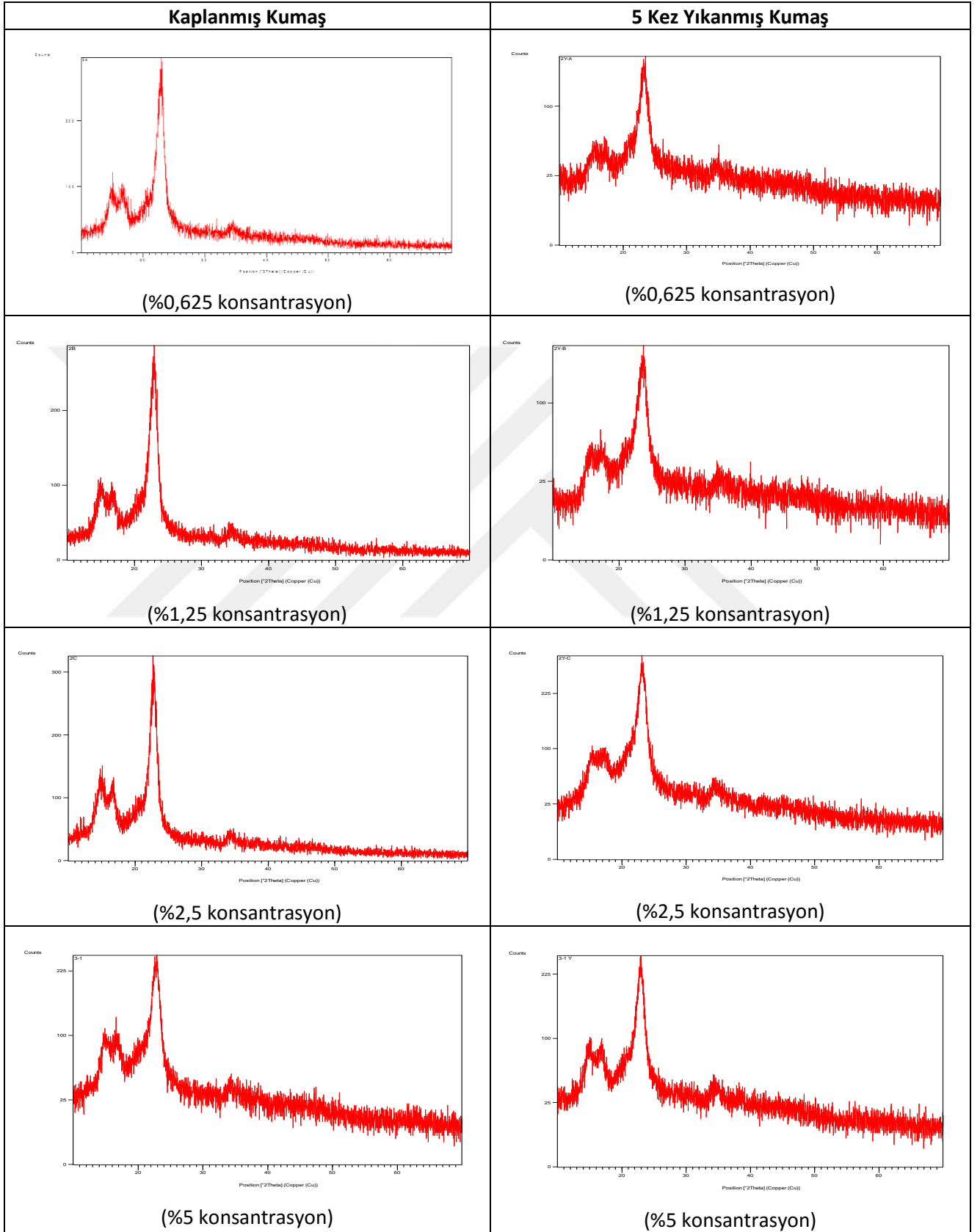
Çizelge 4.2.. 1 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait EDX analizleri



Çizelge 4.3. 1 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait X ışınları elementel haritaları


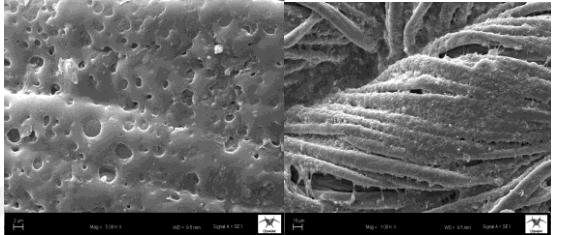
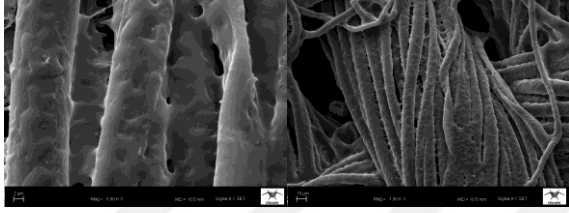


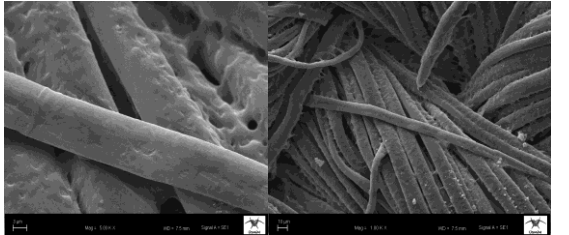
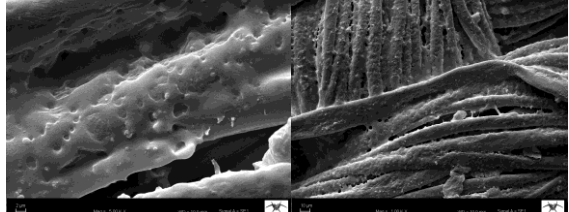
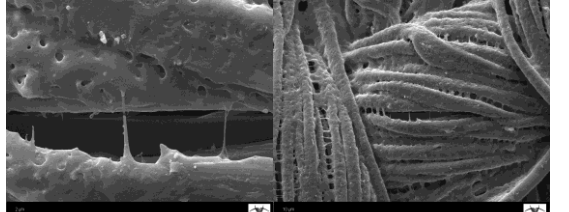
Kaplanmış Kumaş	5 Kez Yıkanmış Kumaş
 <p data-bbox="368 712 659 745">(%0,625 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="971 712 1262 745">(%0,625 konsantrasyon)</p>
 <p data-bbox="368 1064 659 1097">(%1,25 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="971 1064 1262 1097">(%1,25 konsantrasyon)</p>
 <p data-bbox="368 1420 659 1453">(%2,5 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="971 1420 1262 1453">(%2,5 konsantrasyon)</p>
 <p data-bbox="368 1803 659 1836">(%5 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="971 1803 1262 1836">(%5 konsantrasyon)</p>

Çizelge 4.4. 1 nolu tozun (bkz Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait XRD grafikleri

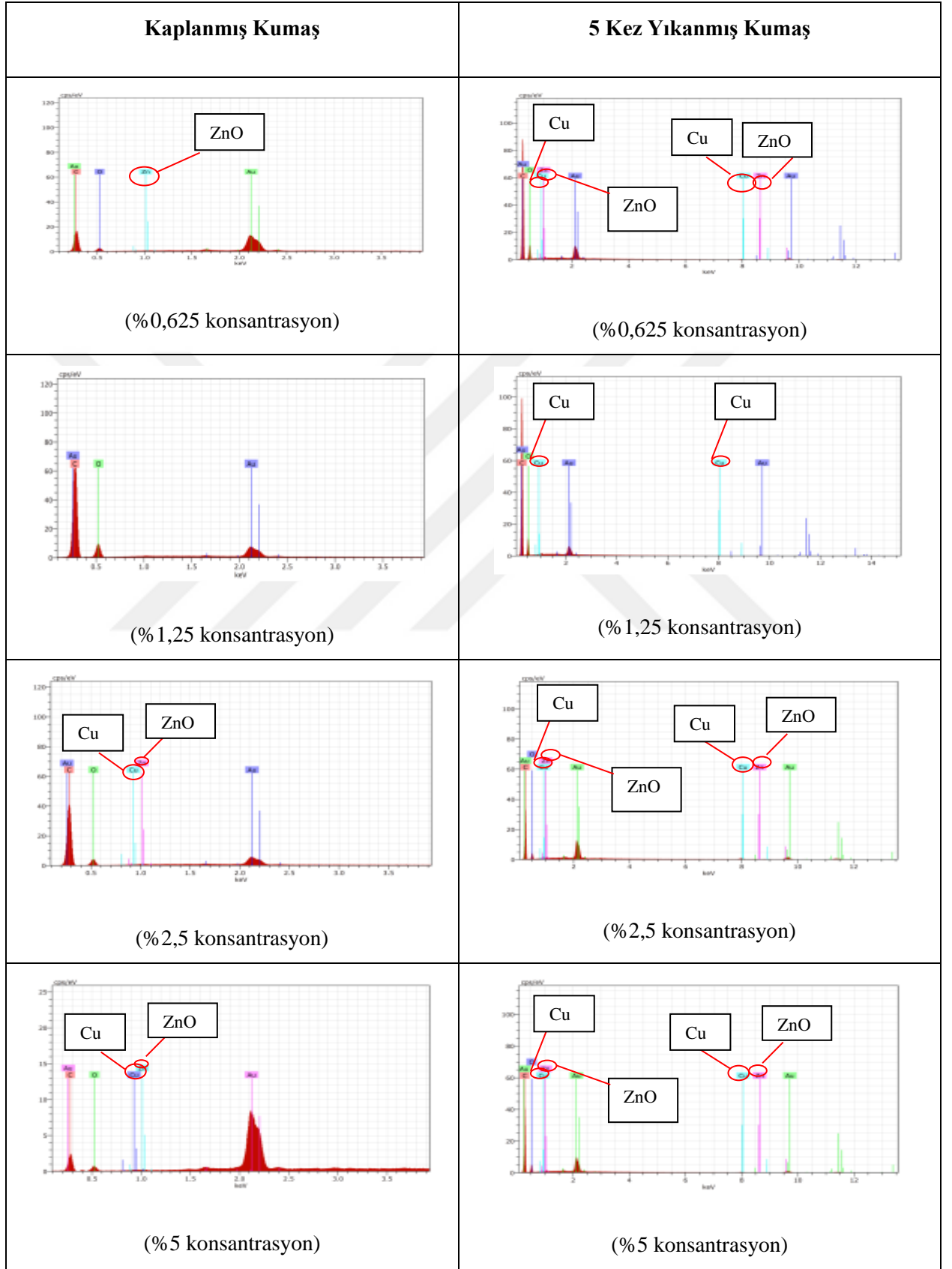


2 nolu tozun aktarıldığı numunelerin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri, EDX analizi, X ışınları elementel haritası ve XRD grafikleri Çizelge 4.5., Çizelge 4.6., Çizelge 4.7. ve Çizelge 4.8.'de verilmektedir.

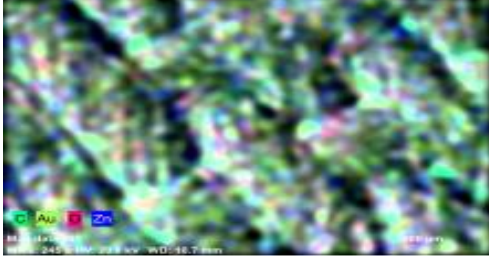
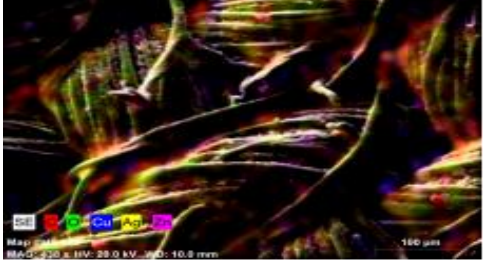
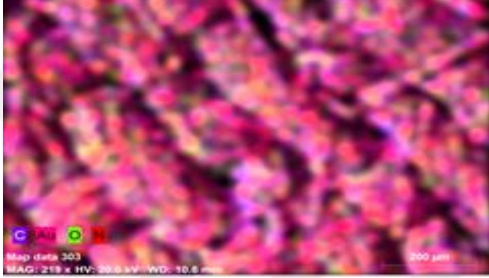



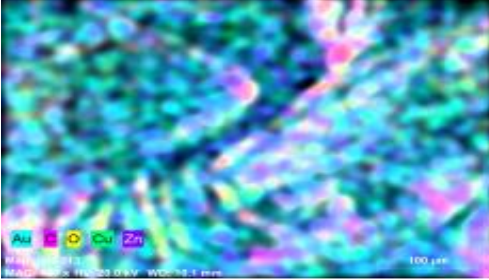

Çizelge 4.5. 2 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait SEM görüntüleri

Kaplanmış Kumaş	5 Kez Yıkanmış Kumaş
 <p>(%0,625 konsantrasyon)</p>	 <p>(%0,625 konsantrasyon)</p>
 <p>(%1,25 konsantrasyon)</p>	 <p>(%1,25 konsantrasyon)</p>
 <p>(%2,5 konsantrasyon)</p>	 <p>(%2,5 konsantrasyon)</p>
 <p>(%5 konsantrasyon)</p>	 <p>(%5 konsantrasyon)</p>

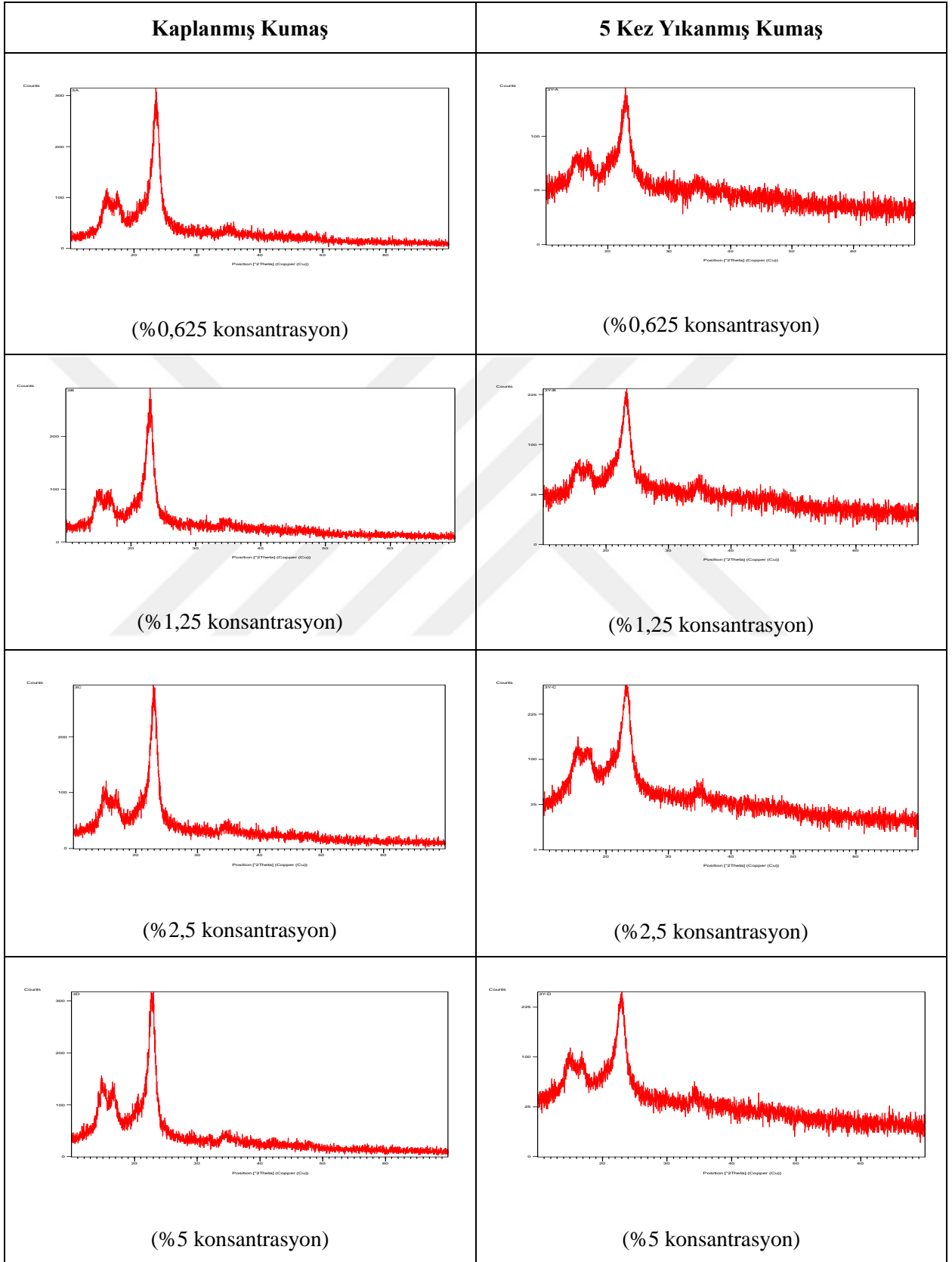
Çizelge 4.6. 2 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait EDX analizleri



Çizelge 4.7. 2 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmışları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait X ışınları elementel haritaları

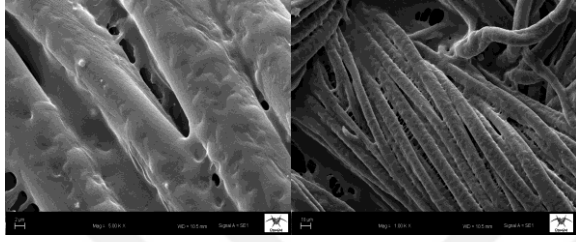
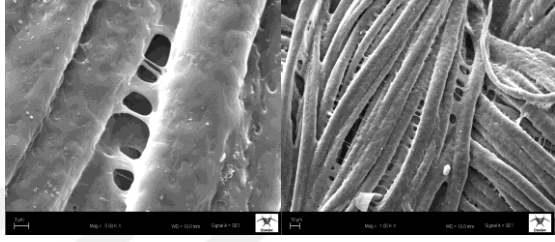

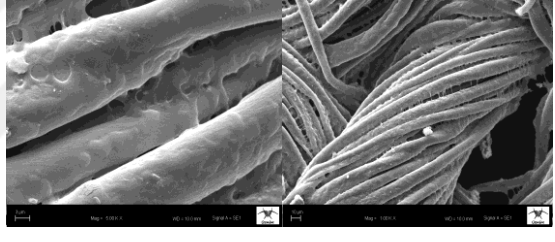

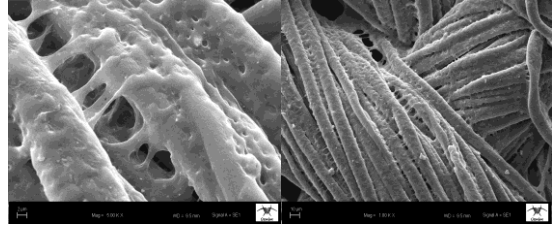


Kaplanmış Kumaş	5 Kez Yıkanmış Kumaş
 <p data-bbox="454 696 746 734">(%0,625 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="1096 696 1388 734">(%0,625 konsantrasyon)</p>
 <p data-bbox="454 1052 746 1090">(%1,25 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="1096 1052 1388 1090">(%1,25 konsantrasyon)</p>
 <p data-bbox="454 1406 746 1444">(%2,5 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="1096 1406 1388 1444">(%2,5 konsantrasyon)</p>
 <p data-bbox="454 1760 746 1798">(%5 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="1096 1760 1388 1798">(%5 konsantrasyon)</p>

Çizelge 4.8. 2 nolu tozun (bkz Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait XRD grafikleri

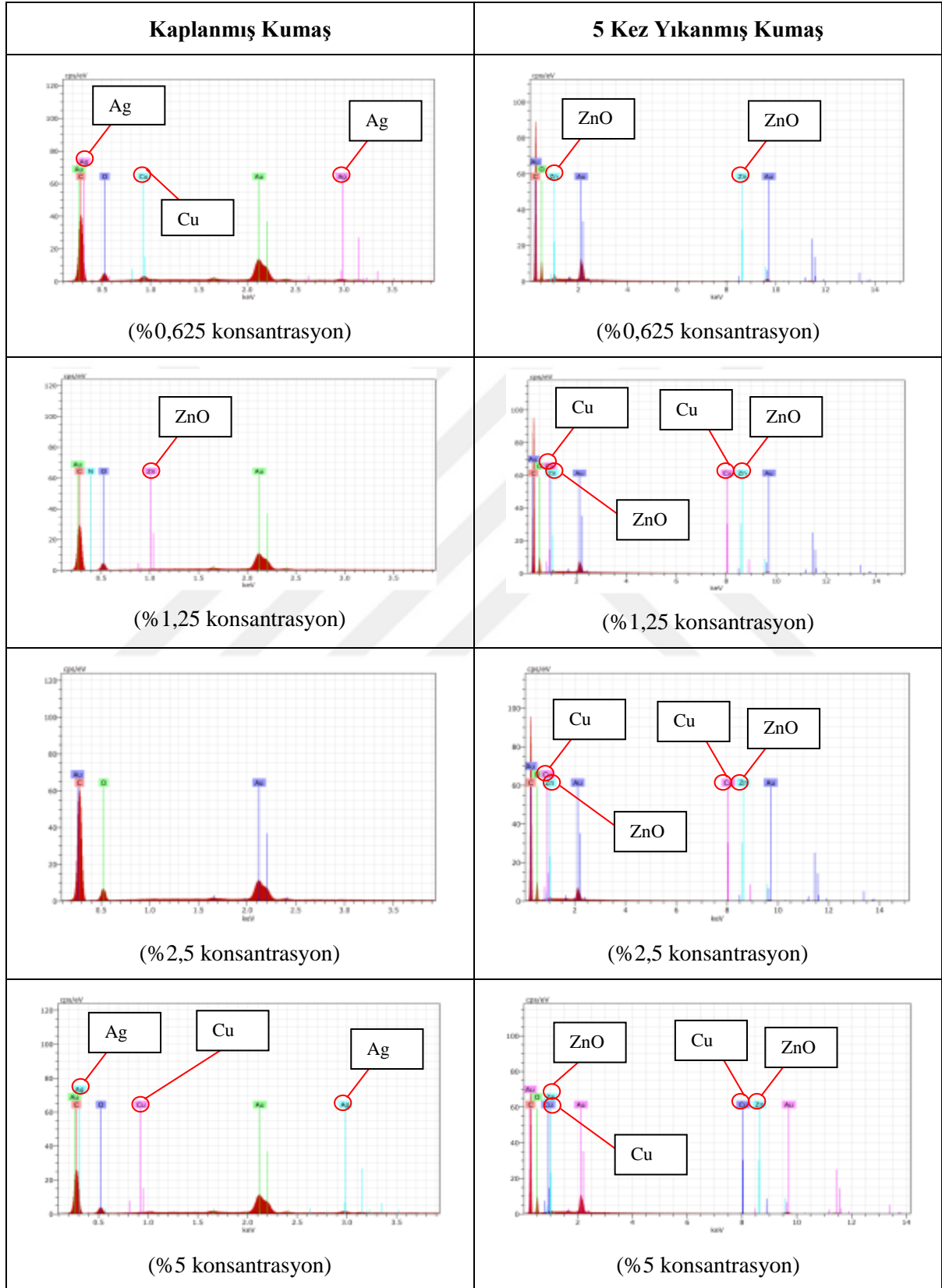


3 nolu tozun numunelerin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri, EDX analizi, X ışınları elementel haritası ve XRD grafikleri Çizelge 4.9., Çizelge 4.10., 4.11. ve Çizelge 4.12.'de gösterilmektedir.


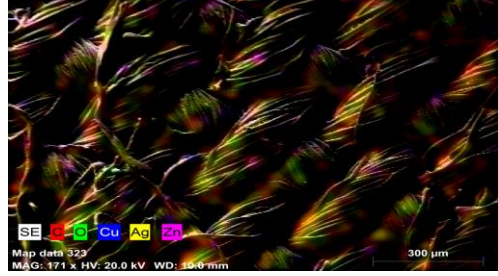



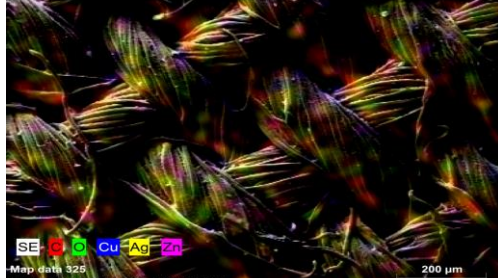
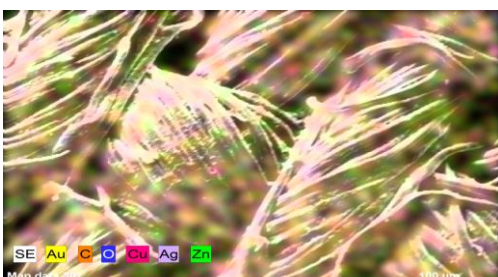
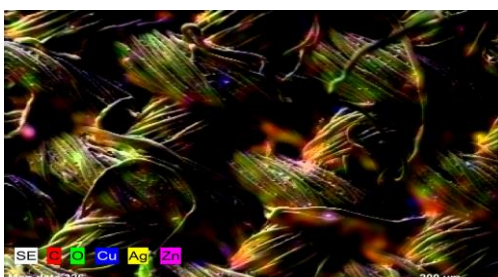
Çizelge 4.9. 3 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait SEM görüntüleri

Kaplanmış Kumaş	5 Kez Yıkanmış Kumaş
 <p>(%0,625 konsantrasyon)</p>	 <p>(%0,625 konsantrasyon)</p>
 <p>(%1,25 konsantrasyon)</p>	 <p>(%1,25 konsantrasyon)</p>
 <p>(%2,5 konsantrasyon)</p>	 <p>(%2,5 konsantrasyon)</p>
 <p>(%5 konsantrasyon)</p>	 <p>(%5 konsantrasyon)</p>

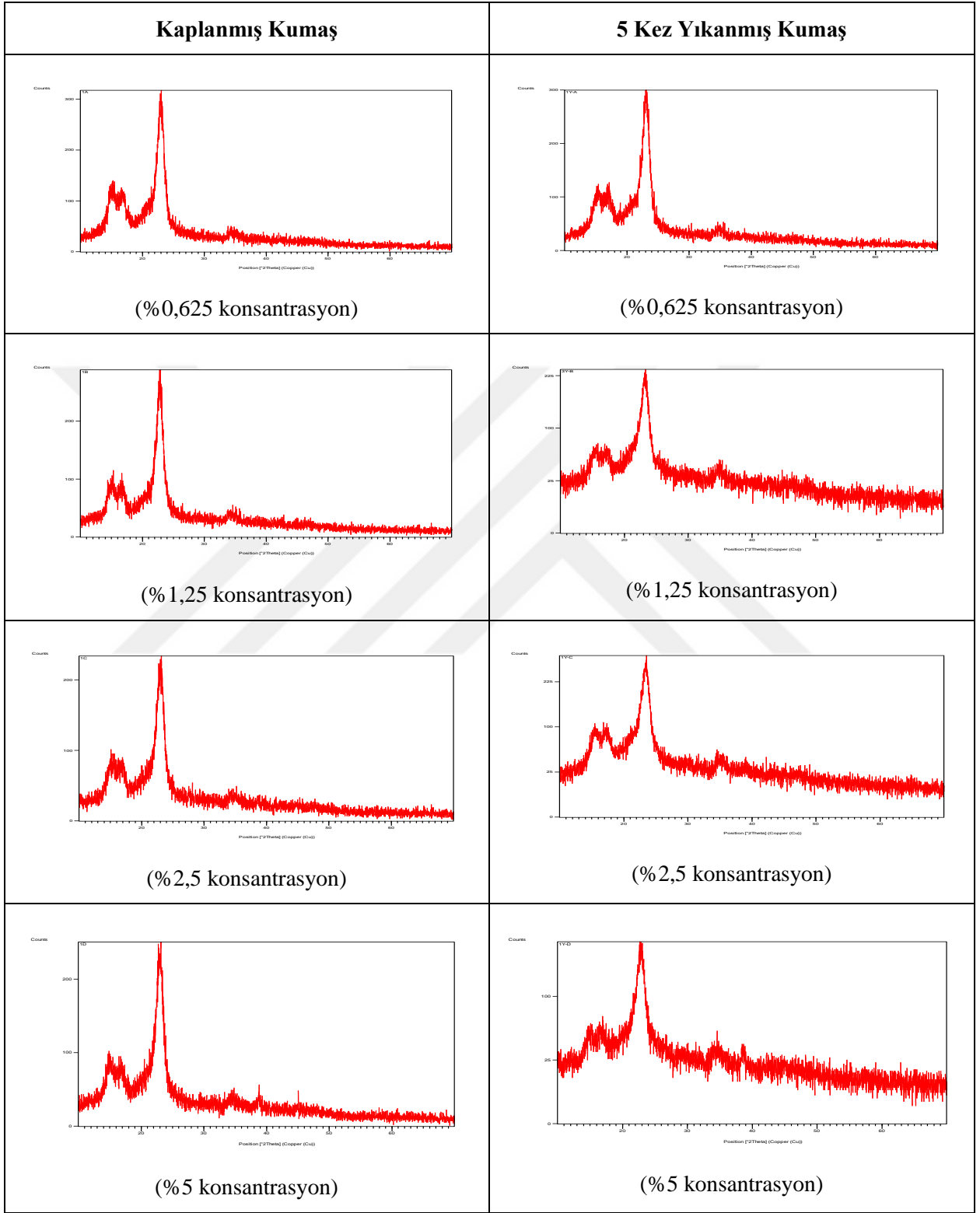
Çizelge 4.10. 3 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait EDX analizleri



Çizelge 4.11.. 3 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmışları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait X ışınları elementel haritaları

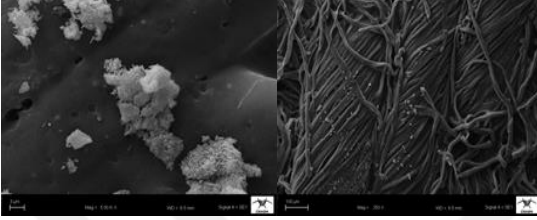
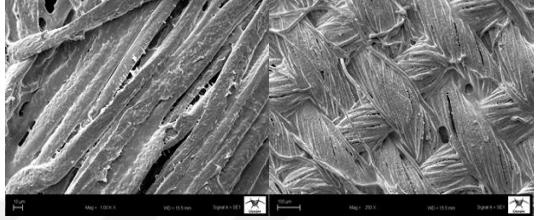
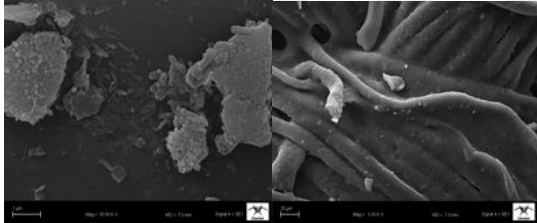

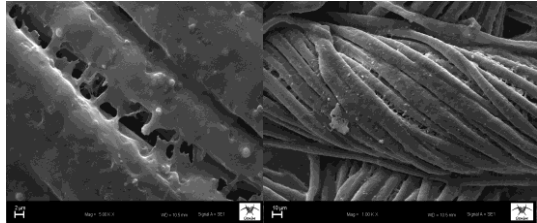
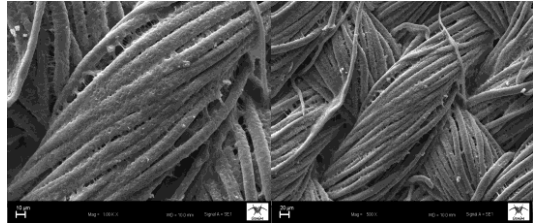
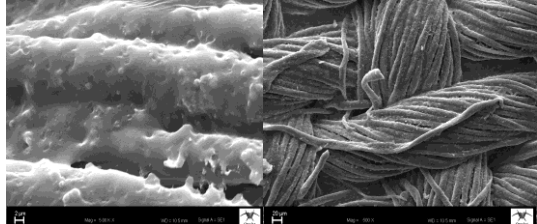
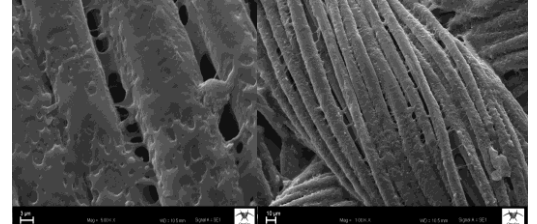
Kaplanmış Kumaş	5 Kez Yıkanmış Kumaş
 <p data-bbox="379 712 671 745">(%0,625 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="1003 712 1295 745">(%0,625 konsantrasyon)</p>
 <p data-bbox="379 1070 671 1104">(%1,25 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="1003 1070 1295 1104">(%1,25 konsantrasyon)</p>
 <p data-bbox="379 1435 671 1469">(%2,5 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="1003 1435 1295 1469">(%2,5 konsantrasyon)</p>
 <p data-bbox="379 1809 671 1843">(%5 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="1003 1809 1295 1843">(%5 konsantrasyon)</p>

Çizelge 4.12. 3 nolu tozun (bkz Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait XRD grafikleri

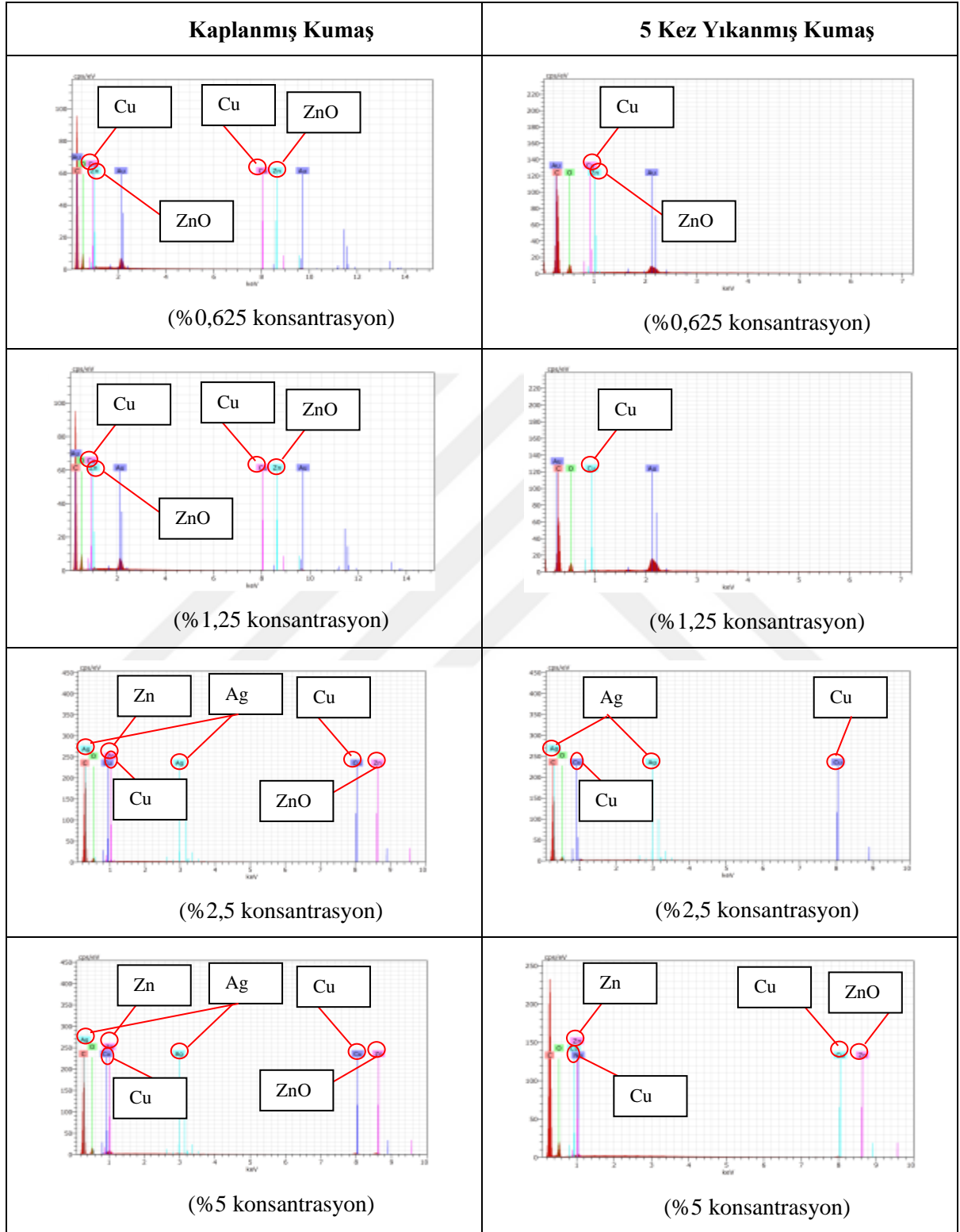


4 nolu tozun numunelerin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri, EDX analizi, X ışınları elementel haritası ve XRD grafikleri Çizelge 4.13., Çizelge 4.14., Çizelge 4.15. ve Çizelge 4.16.'da görülmektedir.



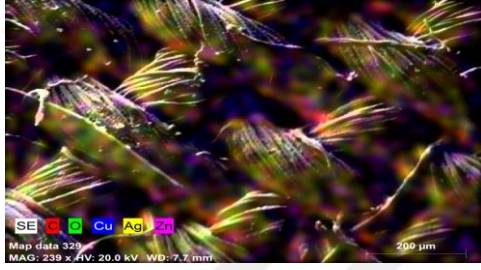


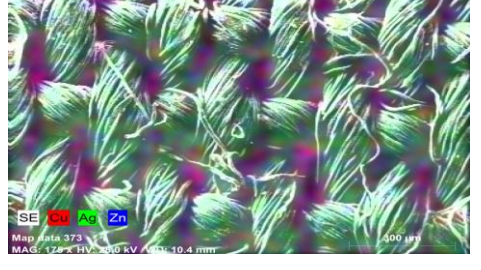


Çizelge 4.13. 4 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait SEM görüntüleri

Kaplanmış Kumaş	5 Kez Yıkanmış Kumaş
 <p>(%0,625 konsantrasyon)</p>	 <p>(%0,625 konsantrasyon)</p>
 <p>(%1,25 konsantrasyon)</p>	 <p>(%1,25 konsantrasyon)</p>
 <p>(%2,5 konsantrasyon)</p>	 <p>(%2,5 konsantrasyon)</p>
 <p>(%5 konsantrasyon)</p>	 <p>(%5 konsantrasyon)</p>

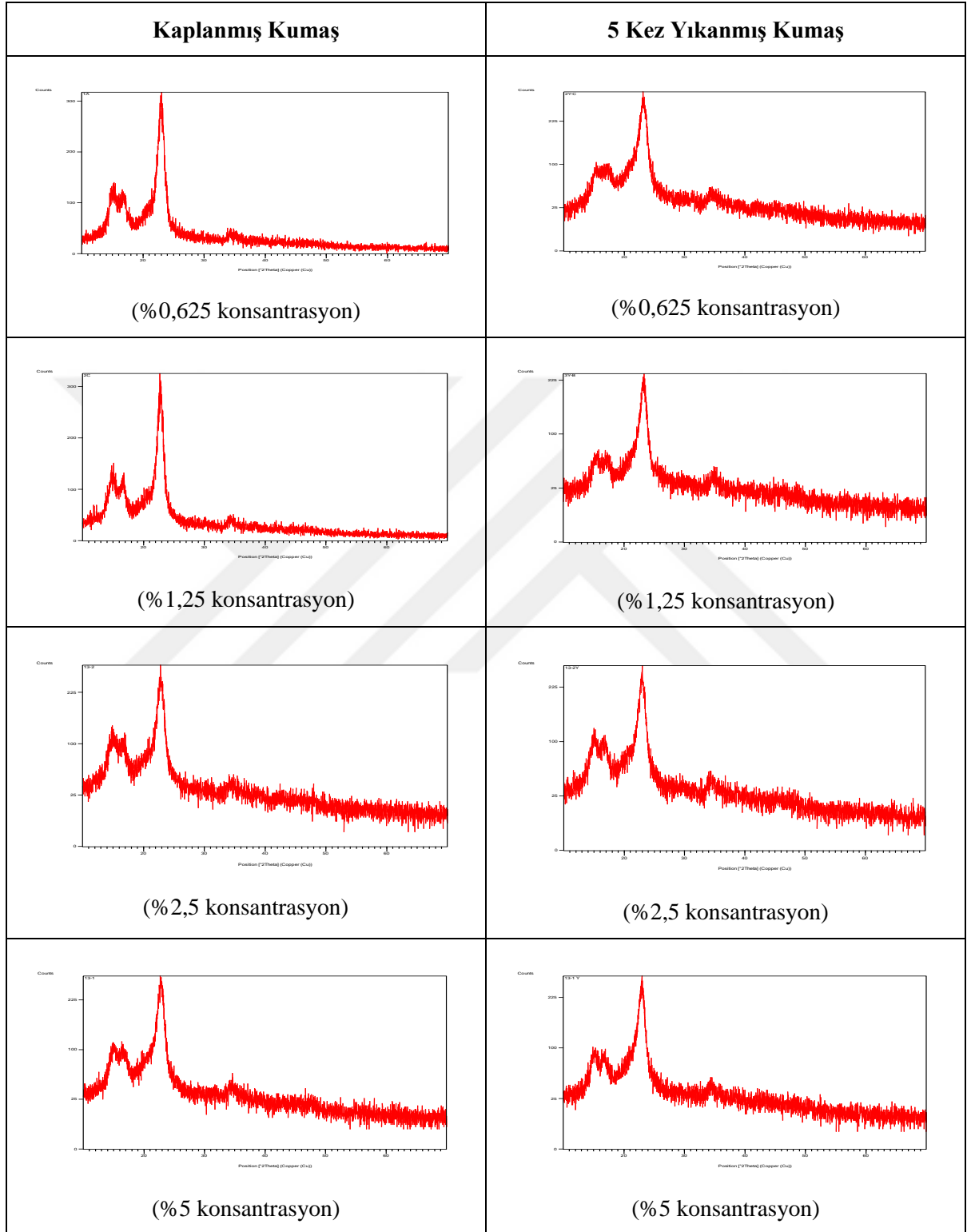
Çizelge 4.14. 4 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait EDX analizleri



Çizelge 4.15. 4 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait X ışınları elementel haritaları

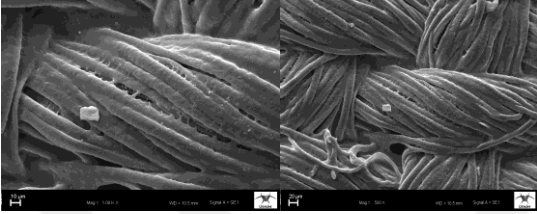



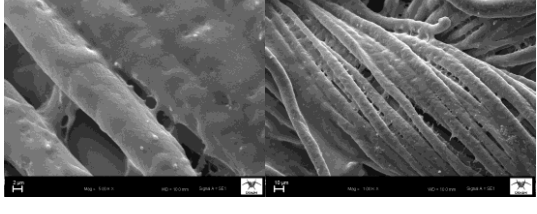
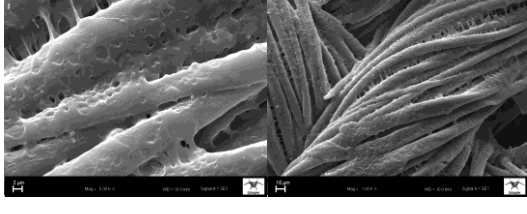
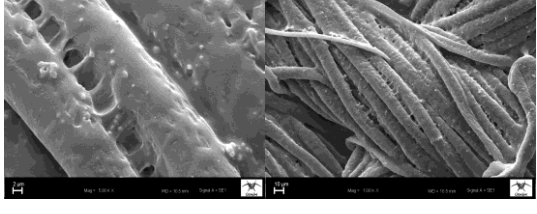
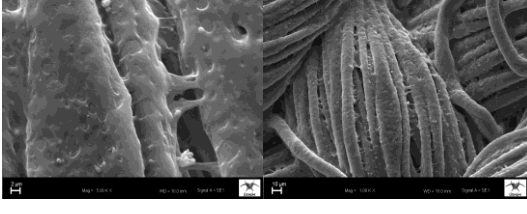
Kaplanmış Kumaş	5 Kez Yıkanmış Kumaş
 <p data-bbox="368 696 660 734">(%0,625 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="975 696 1267 734">(%0,625 konsantrasyon)</p>
 <p data-bbox="368 1050 660 1088">(%1,25 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="975 1050 1267 1088">(%1,25 konsantrasyon)</p>
 <p data-bbox="368 1404 660 1442">(%2,5 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="975 1404 1267 1442">(%2,5 konsantrasyon)</p>
 <p data-bbox="368 1758 660 1796">(%5 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="975 1758 1267 1796">(%5 konsantrasyon)</p>

Çizelge 4.16. 4 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait XRD grafikleri

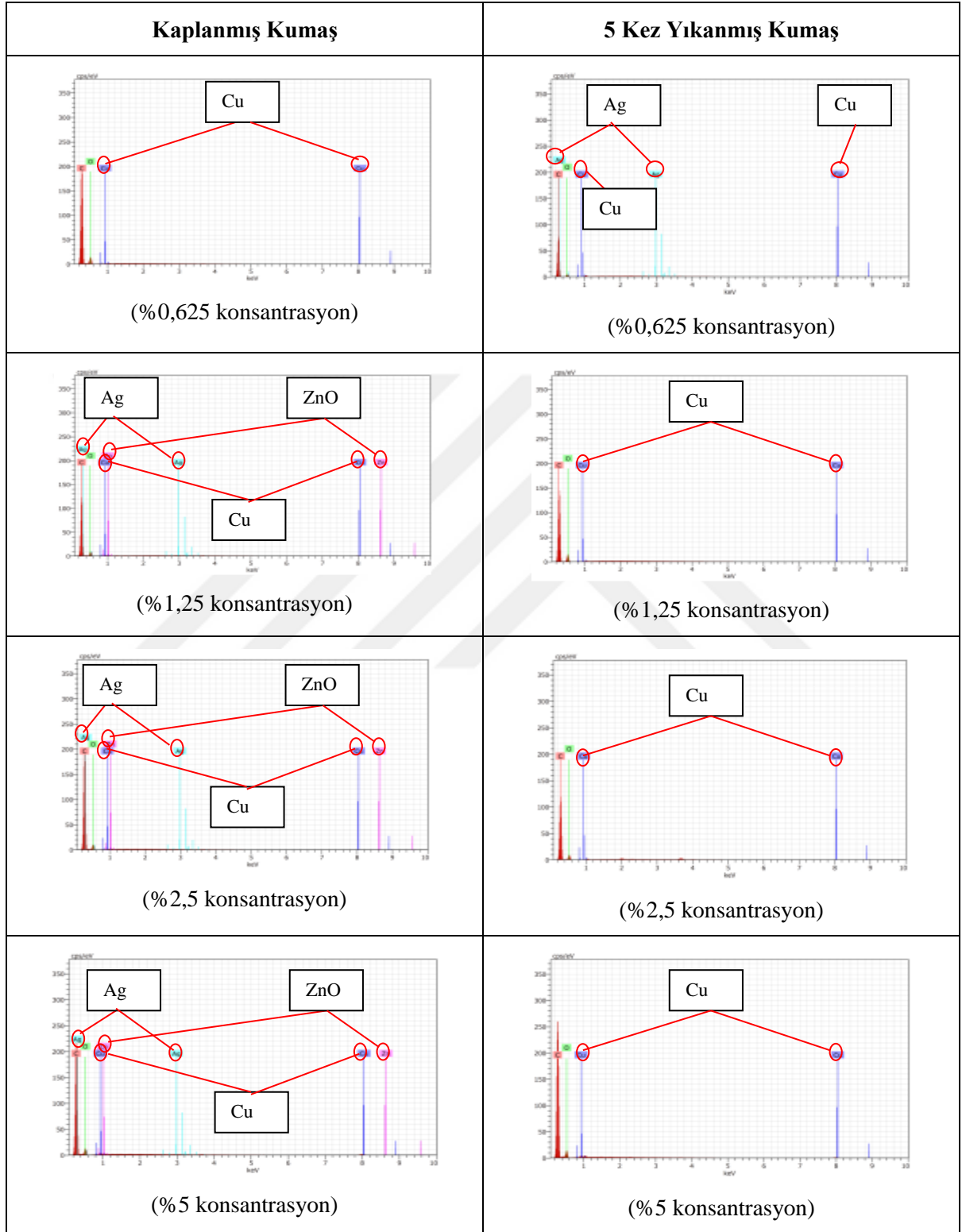


5 nolu tozun numunelerin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri, EDX analizi, X ışınları elementel haritası ve XRD grafikleri Çizelge 4.17., Çizelge 4.18., Çizelge 4.19. ve Çizelge 4.20.'de görülmektedir.

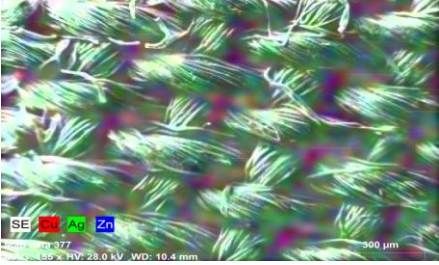
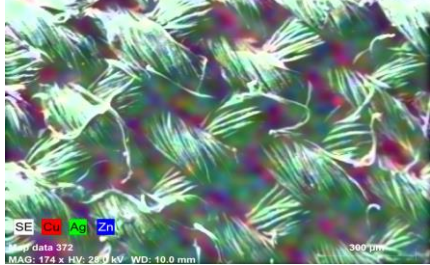
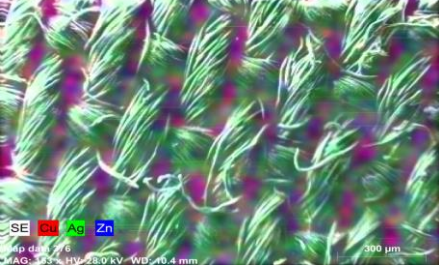
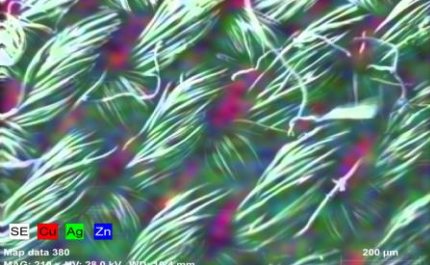

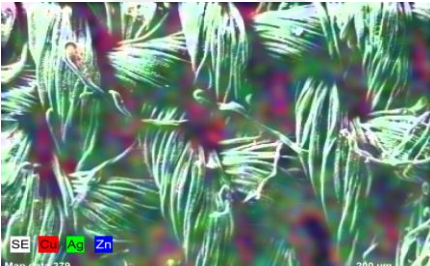
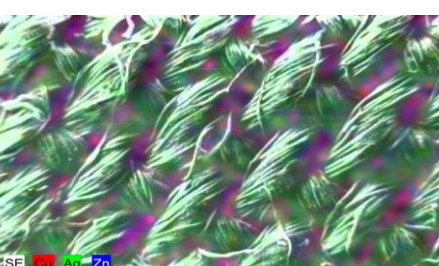
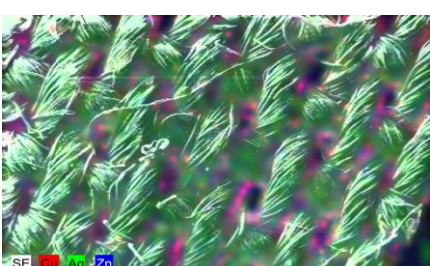
Çizelge 4.17. 5 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait SEM görüntüleri

Kaplanmış Kumaş	5 Kez Yıkanmış Kumaş
 <p data-bbox="368 824 660 862">(%0,625 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="970 824 1262 862">(%0,625 konsantrasyon)</p>
 <p data-bbox="373 1115 655 1153">(%1,25 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="975 1115 1257 1153">(%1,25 konsantrasyon)</p>
 <p data-bbox="379 1408 649 1447">(%2,5 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="979 1408 1252 1447">(%2,5 konsantrasyon)</p>
 <p data-bbox="389 1706 639 1744">(%5 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="991 1706 1241 1744">(%5 konsantrasyon)</p>

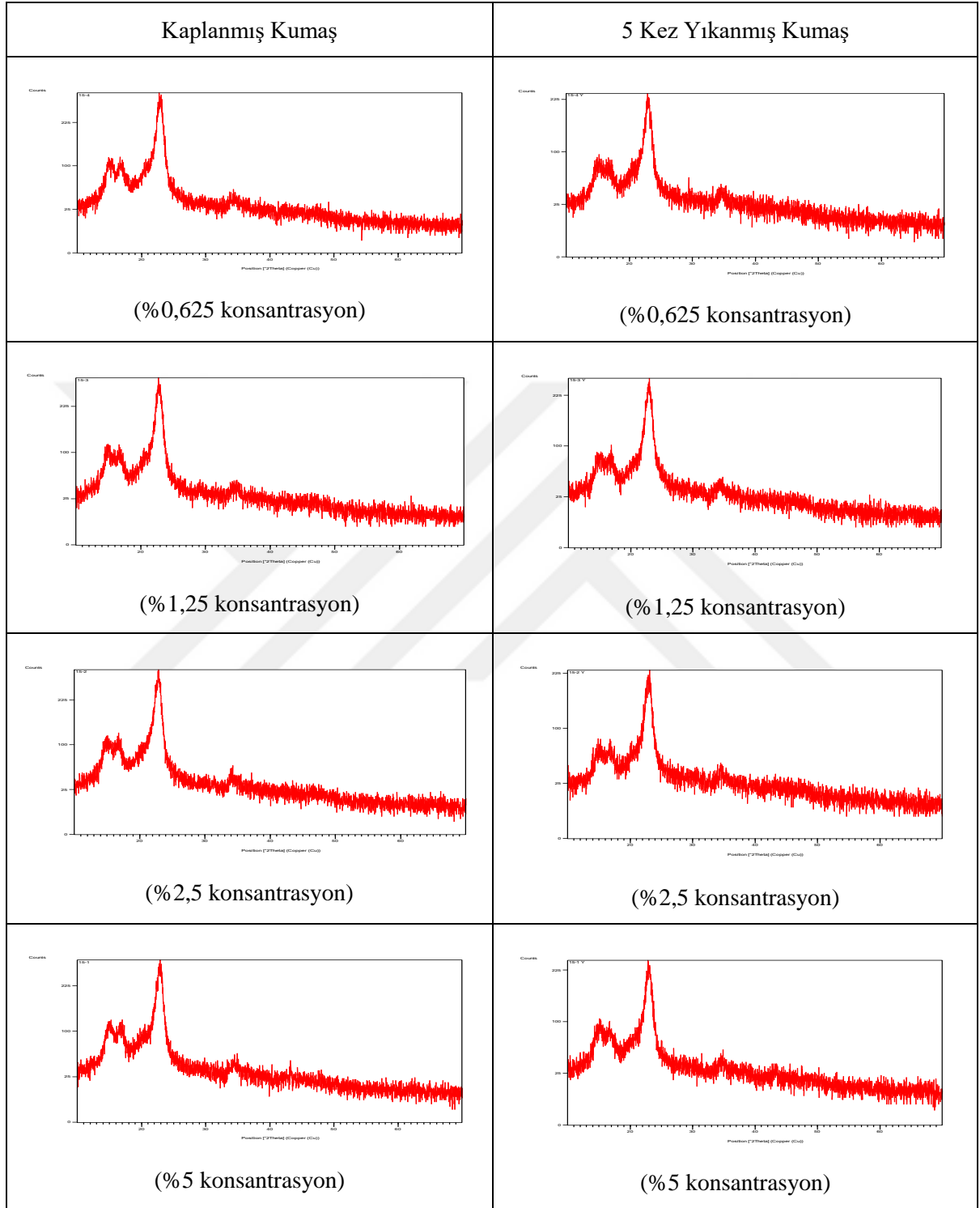
Çizelge 4.18. 5 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait EDX analizleri



Çizelge 4.19. 5 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait X ışınları elementel haritaları

Kaplanmış Kumaş	5 Kez Yıkanmış Kumaş
 <p data-bbox="368 696 660 734">(%0,625 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="970 696 1262 734">(%0,625 konsantrasyon)</p>
 <p data-bbox="373 1046 651 1084">(%1,25 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="975 1046 1252 1084">(%1,25 konsantrasyon)</p>
 <p data-bbox="378 1395 644 1433">(%2,5 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="979 1395 1246 1433">(%2,5 konsantrasyon)</p>
 <p data-bbox="389 1771 633 1809">(%5 konsantrasyon)</p>	 <p data-bbox="991 1771 1235 1809">(%5 konsantrasyon)</p>

Çizelge 4.20. 5 nolu tozun (bkz. Çizelge 3.2.) %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyondaki kaplanmaları ve 5 kez yıkanmış denemelerine ait XRD grafikleri



Sonuçlar değerlendirildiğinde; Çizelge 4.1., Çizelge 4.5., Çizelge 4.9., Çizelge 4.13. ve Çizelge 4.17.'deki SEM görüntülerinde üretilen tozun kaplama patı vasıtasıyla kumaş yüzeyine başarı ile aktarıldığı ve konsantrasyon artışıyla kumaşlar üzerindeki toz yoğunluğunun arttığı görülmektedir. Yıkama sonrasında tozların kumaş üzerinde kaldığı ve konsantrasyon artışıyla miktarının benzer şekilde arttığı görülmektedir.

Çizelge 4.2., Çizelge 4.6., Çizelge 4.10., Çizelge 4.14. ve Çizelge 4.18.'de numune kumaşlara ait EDX analizlerinde, toz içeriğinde var olan, sentez esnasında kullanılan başlangıç çözeltilerinde bulunan Ag, Zn ve Cu elementlerinin varlığı tespit edilmiştir. Ayrıca yıkama sonrasında da elementlerin varlığı belirlenmiş olup, bu yıkama dayanımını işaret etmektedir.

Çizelge 4.3., Çizelge 4.7., Çizelge 4.11., Çizelge 4.15. ve Çizelge 4.19.'da X ışınları elementel haritalarında toz içeriğinde var olan Ag, Zn ve Cu elementleri kumaş üstüne aktarılmış nanotozun varlığını ispatlamaktadır. Ayrıca yıkama sonrasında da elementlerin tespit edilmiş olması; aplikasyon için yıkama dayanımını işaret etmektedir.

Çizelge 4.4., Çizelge 4.8., Çizelge 4.12., Çizelge 4.16. ve Çizelge 4.20.'de verilen XRD grafiklerine bakıldığında 30°-40° arasındaki piklerle ZnO, 43°, 50° ve 74°'deki piklerle Cu ve 38°, 44°, 66° ve 78°'deki piklerle ise Ag elementlerinin varlığı ispat edilmiştir. EDS sonuçlarında olduğu gibi XRD grafikleri de kumaş üstüne başarıyla aktarılmış tozların varlığını göstermektedir.

4.3. Antibakteriyel test sonuçları

Üretilen nanotozların ve bu tozlarla kaplanıp, 5 kez yıkanmış kumaşların antibakteriyel aktiviteleri ASTM E 2149-01 standardına göre ölçülerek değerlendirilmesi yapılmıştır.

4.3.1. Nanopartikül antibakteriyel test sonuçları

1, 2, 3, 4 ve 5 nolu deneyler sonucunda üretilmiş CuAg/ZnO nanokompozit tozlarının antibakteriyel test ölçümleri, Çizelge 4.21.'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.21. ASTM E2149-01 test yöntemine göre *Escherichia coli* (ATCC 35218)b karşı 24 saat sonrasında antibakteriyel etkinlik değerleri.

Numune Kodu	24 Saat Sonrasında Antibakteriyel Etkinlik Sonuçları % Bakteri Azalması
Kontrol Örneği	+89,24
İşlem Görmemiş Kumaş	+ 140,96
1 Nolu Nanokompozit Tozlar	- 100,00
2 Nolu Nanokompozit Tozlar	- 100,00
3 Nolu Nanokompozit Tozlar	- 100,00
4 Nolu Nanokompozit Tozlar	-100,00
5 Nolu Nanokompozit Tozlar	-100,00

Çizelge 4.21.'de verilen sonuçlar incelendiğinde, başlangıç çözeltileri fark etmeksizin, tozların üst seviyede antibakteriyel çıktığı belirlenmiştir. Başlangıç çözeltilerindeki Ag, Cu ve ZnO tozlarının miktarının değişmesi aktivite başarısını etkilememiştir.

4.3.2. Kumaş antibakteriyel test sonuçları

Çizelge 4.22.'de karşılaştırma yapılabilmesi için kontrol numunesi, kaplamasız kumaş ve nantoz içermeyen pat ile kaplanmış kumaşa ait antibakteriyel aktivite sonuçları görülebilmektedir.

Çizelge 4.22. Nanotoz içermeyen numunelerin antibakteriyel aktiviteleri

Numune Tanımı	24 Saat Sonrasında Antibakteriyel Etkinlik Sonuçları % Bakteri Azalması
Kontrol Örneği	+ 53,85
Kaplamasız Kumaş	+ 140,96
Tozsuz Kaplamalı Kumaş	+160,52

Çizelge 4.22.'de görüldüğü üzere kontrol örneği, kaplamasız kumaş ve toz içermeyen kaplama uygulanmış kumaş antibakteriyel aktiviteye sahip değildir. Numuneler üzerinde bakterinin üreyebileceği uygun ortam oluşmuştur.

1, 2, 3, 4 ve 5 nolu tozlarla %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyonlarda kaplanmış numune kumaşın ve 5 kez yıkamalı örneklerinin antibakteriyel aktiviteleri Çizelge 4.23.'te verilmiştir.

Çizelge 4.23. 1, 2, 3, 4 ve 5 nolu tozlarla %0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyonlarda kaplanmış ağartılmış numune kumaş ve 5 kez yıkamalı örneklerinin antibakteriyel aktiviteleri

Deney No	% Konsantrasyon	Kaplanmış Kumaşın 24 Saat	5 Kez Yıkanmış Kumaşın 24
		Sonrasında Antibakteriyel Etkinlik Sonuçları % Bakteri Azalması	Saat Sonrasında Antibakteriyel Etkinlik Sonuçları % Bakteri Azalması
1	%0,625	-100,00	-100,00
	%1,25	-100,00	-100,00
	%2,5	-100,00	-100,00
	%5	-100,00	-100,00
2	%0,625	-100,00	-100,00
	%1,25	-99,89	-100,00
	%2,5	-99,91	100,00
	%5	-99,96	100,00
3	%0,625	-100,00	-100,00
	%1,25	-99,85	-100,00
	%2,5	-99,71	-100,00
	%5	-100,00	-100,00
4	%0,625	-100,00	-100,00
	%1,25	-100,00	-100,00
	%2,5	-100,00	-100,00
	%5	-100,00	-100,00
5	%0,625	-100,00	-99,86
	%1,25	-100,00	-100,00
	%2,5	-100,00	-99,93
	%5	-100,00	-100,00

Çizelge 4.23.'te de görüldüğü gibi tüm konsantrasyonlardaki kaplamalı kumaşlar ve bunların 5 kez yıkamalı örnekleri yüksek antibakteriyel aktiviteye sahiptir. Bu sonuçlardan tozların sentezlenme koşulları ve kaplama patındaki kullanım konsantrasyonlarının

antibakteriyel aktiviteleri üzerinde etkisinin olmadığı görülmektedir. Tozların tüm koşullar ve konsantrasyonlarda yüksek antibakteriyel etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Antibakteriyel aktivite üzerine yürütülen bir diğer çalışma yıkama dayanımının yanı sıra mekanik hareket dayanımının ölçülmesi olmuştur. Bu amaçla kaplama yoluyla toz aktarılmış kumaşlar Martindale cihazında boncuklanma testi yapılmış gibi sürtünme hareketine maruz bırakılmıştır.

Böylece sürtünme hareketine karşı, kumaşların antibakteriyel aktivite değişimi test edilmiştir. Sürtünme hareketi 6000 devir sürdürülmüş olup, belirli ara noktalarda numuneler alınmıştır.

Çizelge 4.24.'te pilling ve aşınma testi yapılmış numunelere ait antibakteriyel test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.24. Pilling ve aşınma testi yapılmış numunelerin antibakteriyel test sonuçları

Numune	% Bakteri Azalması
Kontrol Örneği	163,74
Referans Kumaş (Sürtünme hareketine maruz kalmamış)	-96,70
800 Devirdeki Numune (Aşınma)	-99,34
1600 Devirdeki Numune (Aşınma)	-99,56
2400 Devirdeki Numune (Aşınma)	-99,51
3200 Devirdeki Numune (Aşınma)	-99,53
2000 Devirdeki Numune (Boncuklanma)	-99,67
4000 Devirdeki Numune (Boncuklanma)	-99,36
6000 Devirdeki Numune (Boncuklanma)	-99,62

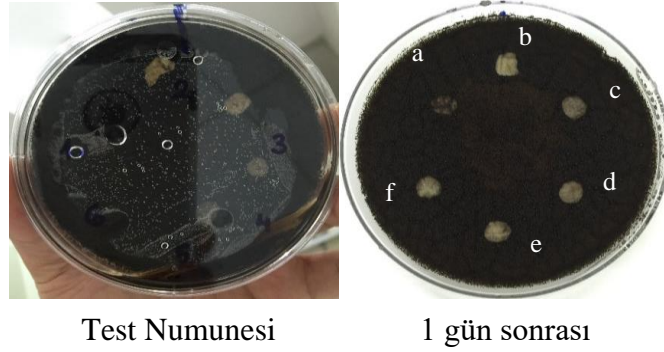
Çizelge 4.24.'te de görüldüğü gibi toz içerikli pat ile kaplanmış kumaşların pilling ve aşınma testi sonrası devir sayısı fark etmeksizin yüksek antibakteriyel etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç yapılan aplikasyonun sürtünmeye karşı dirençli olduğu ve sürtünmeyle özelliğini kaybetmediğini göstermektedir.

4.4. Antifungallık sonuçları

Üretilen nanotozların ve bu tozlarla kaplanmış ve sonrasında 5 kez yıkanmış kumaşların antifungal değerleri ölçülerek değerlendirilmesi yapılmıştır.

4.4.1. Nanopartikül antifungallık sonuçları

1, 2, 3, 4 ve 5 nolu CuAg/ZnO nanokompozit partiküller AATCC 30'a göre antifungal aktivite testine tabi tutulmuştur. Şekil 4.18.'de 1, 2, 3, 4 ve 5 nolu tozlara ait antifungal test sonucu verilmektedir.

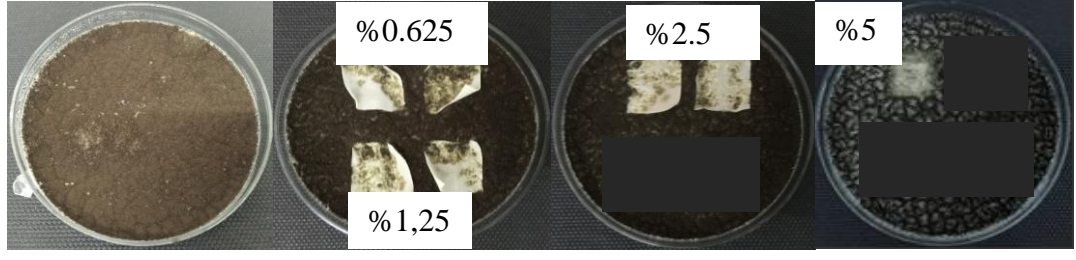


Şekil 4.18. AATCC 30 test yöntemine göre *Aspergillus niger*'e karşı antimantar etkinlik değerleri **a)** Kontrol numunesi **b)** 1 nolu toz **c)** 2 nolu toz **d)** 3 nolu toz **e)** 4 nolu toz **f)** 5 nolu toz

Şekil 4.18.'de de görüldüğü gibi üretilen tozlar ve kontrol numunesi karşılaştırıldığı zaman, kontrol numunesinde mantar üremesi gözlemlenirken tozların altı ve çevresinde mantar üremesine rastlanmamıştır. Bu göz önüne alındığında, tozların yapılarındaki bileşenlere bağlı olarak antifungal etkiye sahip olduğu söylenebilmektedir.

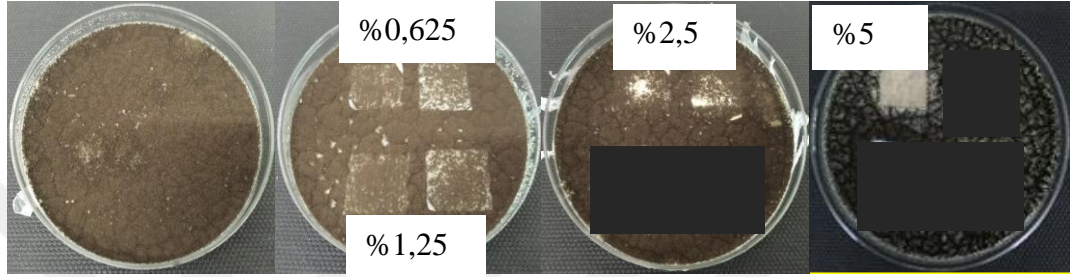
4.4.2. Kumaş antifungallık sonuçları

1 nolu malzeme ile kaplanmış ve 5 kez yıkanmış kumaşın AATCC 30 test yöntemine göre *Aspergillus niger*'e karşı antimantar etkinlik değerleri Şekil 4.19'da gösterilmiştir.



Kontrol Örneği % 0,625 ve % 1,25 % 2,5 % 5

(a)



Kontrol Örneği %0.625 ve % 1.25 %2.5 %5

(b)

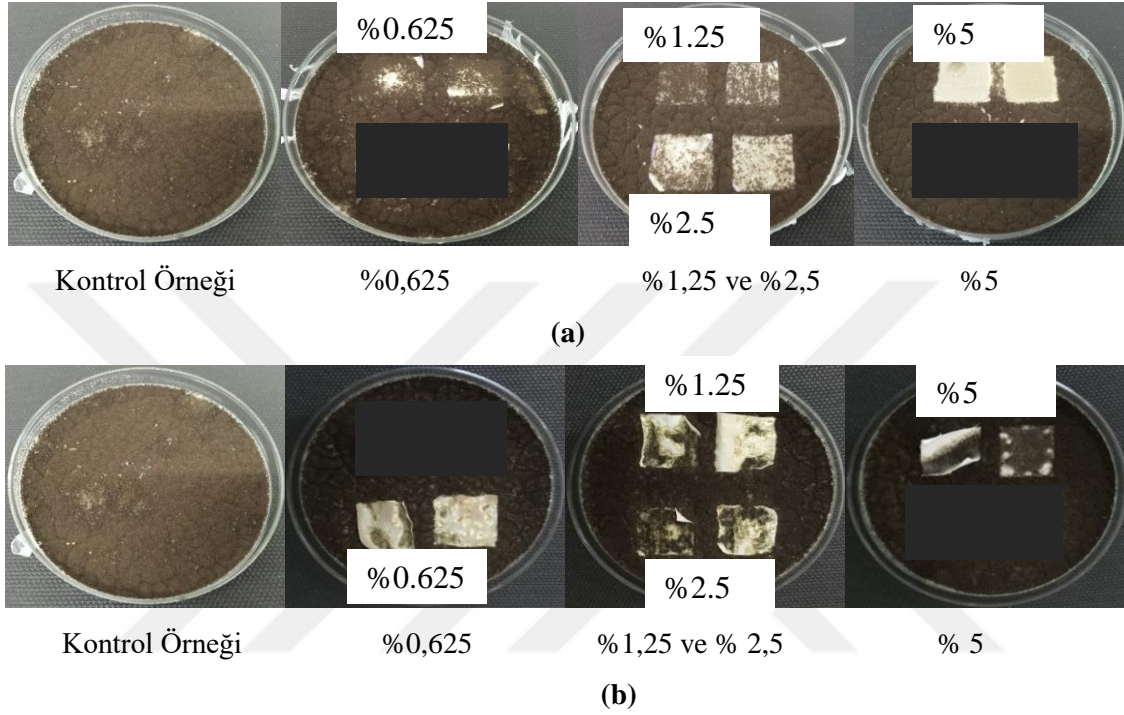
Şekil 4.19. 1 Nolu Malzeme ile kaplanmış kumaşın AATCC 30 test yöntemine göre *Aspergillus niger*'e karşı antimantar etkinlik değerleri (a) Kaplamalı kumaş (b) 5 kez yıkanmış kumaş

Kabul edilebilir antimantar etkinlik elde edebilmek için mantar ile doğrudan temas eden örneğin çevresinde ve üzerinde altında herhangi bir mantar üremesi olmamalıdır. % 0,625, % 1,25 ve % 2,5 konsantrasyonunda kaplanmış ağartılmış %100 pamuklu kumaşların yüzeylerine bakıldığında, mantar üremesi görülmektedir. Bu nedenle test edilen % 0,625, % 1,25 ve % 2,5 konsantrasyonunda kaplanmış numune kumaşların, *Aspergillus niger* türü mantara karşı yeteri derecede antimantar etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir. Kontrol örneğine göre değerlendirme yapıldığında, kaplama işlemine bağlı olarak, kumaşların üst yüzeylerindeki mantar varlığının azaldığı görülmüştür. Yüzey tamamen antifungal olmasa da mantar üremesine direnç göstermeye ve mantar kayıplarına neden olmaya başlamıştır. Bununla birlikte şekil 4.19.-a'daki görüntüler; nanokompozit toz konsantrasyonunun artışıyla mantar üremesinde nispeten bir azalma olduğunu göstermektedir.

Şekil 4.19.-b'de verilen 5 kez yıkanmış kumaş numuneleri yüzeylerinde mantar üremesi tespit edilmiştir. Bu nedenle test edilen kumaşların *Aspergillus niger* türü mantara karşı antimantar etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir. Ancak kontrol numunesine göre

mantar üremesinde azalma görülmesi yüzeyin direnç kazandığına önemli bir işarettir. Ayrıca 4.19. (a) ve 4.19. (b) kıyaslandığında yıkama ile antifungal aktivitenin bir miktar azaldığı tespit edilmiştir.

2 nolu malzeme ile kaplanmış ve 5 kez yıkanmış kumaşın AATCC 30 test yöntemine göre *Aspergillus niger*'e karşı antimantar etkinlik değerleri Şekil 4.20.'de gösterilmiştir.



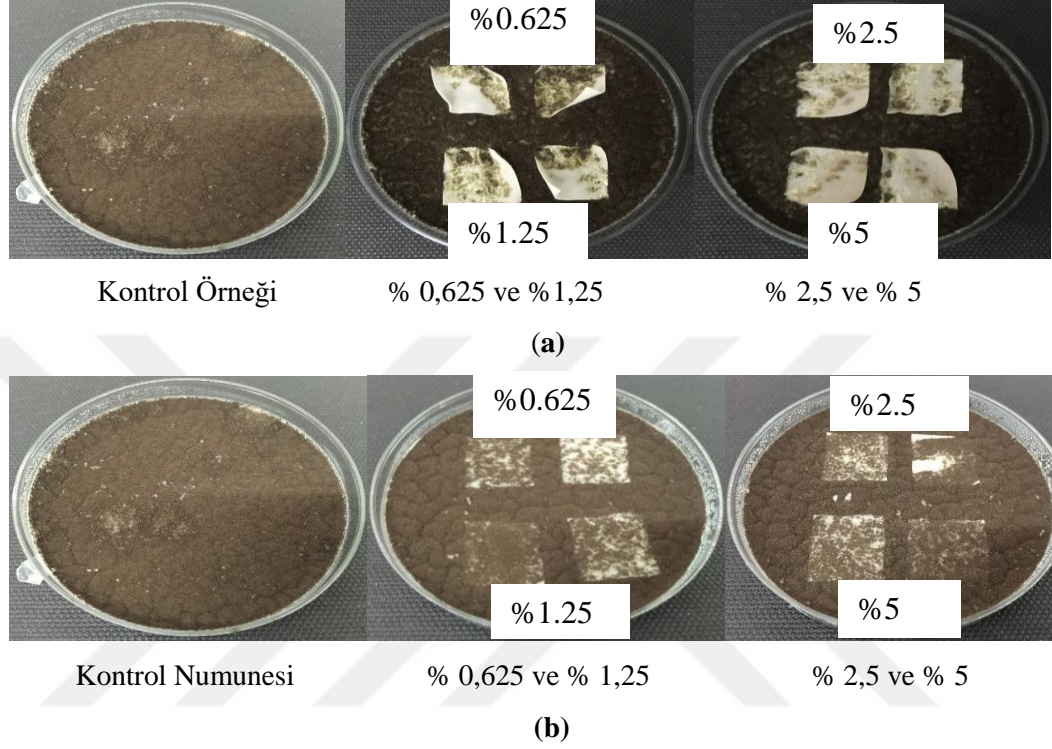
Şekil 4.20. 2 nolu toz ile kaplanmış kumaşın AATCC 30 test yöntemine göre *Aspergillus niger*'e karşı antimantar etkinlik değerleri (a) Kaplanmış kumaş (b) 5 kez yıkanmış kumaş

Şekil 4.20.-a'daki kaplanmış kumaşların yüzeylerine bakıldığında, mantar üremesi görülmüştür. Bu nedenle test edilen kumaşların, *Aspergillus niger* türü mantara karşı tamamiyle antimantar etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte % 5 konsantrasyonda kaplanmış kumaşın yüzeyinde mantar üremesi görülmemiştir ve bu kumaş *Aspergillus niger* türü mantara karşı antimantar etkiye sahiptir. Ayrıca antimantar aktivitesinin nanotoz konsantrasyonunun artışına bağlı olarak geliştiği belirlenmiştir. Şekil 4.20. (a) incelendiğinde, %0,625'lik derişimdeki kaplamadaki gibi bir mantar üreme direnci ve mantar kaybı tespit edilmiştir. %0,625, %1,25 ve %2,5 uygulamalarında tam anlamıyla antimantar aktivite elde edilmese de direnç artırılmıştır.

Şekil 4.20.-b'de görülen farklı konsantrasyon değerlerinde kaplanmış ve 5 kez yıkanmış ağartılmış numunelerin yüzeylerine bakıldığında mantar üremesi görülmüştür.

Şekil 4.20. (a) ve (b) kıyaslandığında Bu nedenle yıkamanın antimantar aktiviteyi azalttığı tespit edilmiştir.

3 nolu malzeme ile kaplanmış ve 5 kez yıkanmış kumaşın AATCC 30 test yöntemine göre *Aspergillus niger*'e karşı antimantar etkinlik değerleri Şekil 4.21.'de gösterilmiştir.

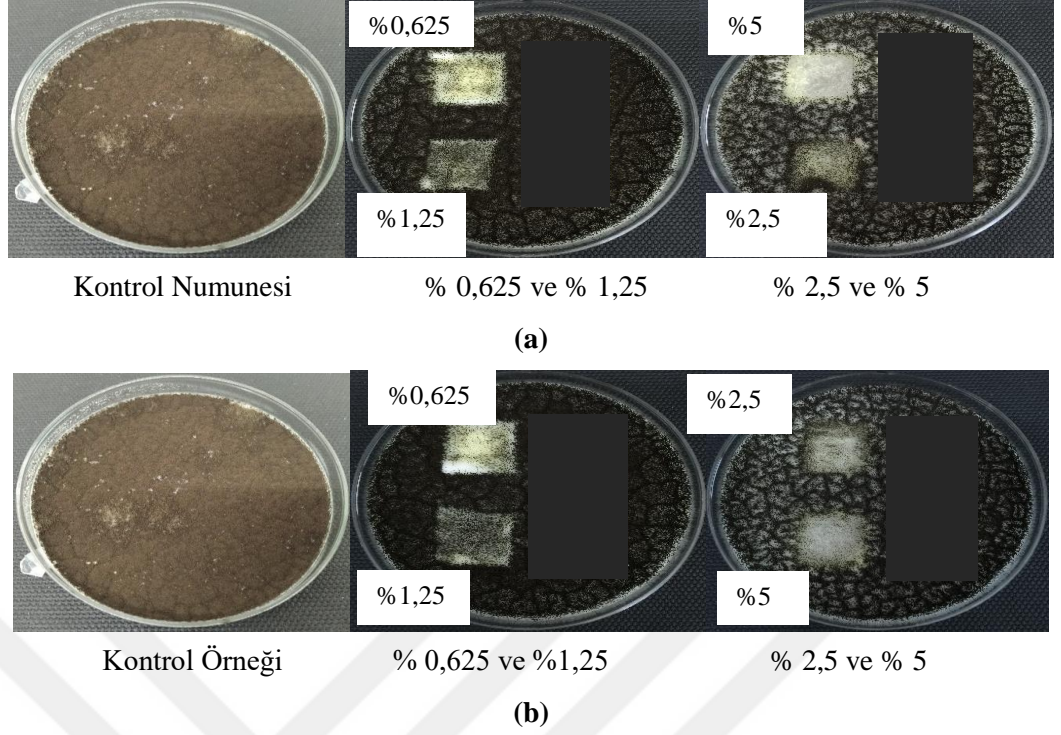


Şekil 4.21. 3 nolu toz ile kaplanmış kumaşın AATCC 30 test yöntemine göre *Aspergillus niger*'e karşı antimantar etkinlik değerleri (a) Kaplanmış kumaş (b) 5 kez yıkanmış kumaş

Şekil 4.21.-a'da görüldüğü gibi antimantar etkinlik açısından kumaş numunelerinin yüzeyleri incelendiğinde; düşük miktarda mantar üremesi görülmekte ve kumaşların, *Aspergillus niger* türü mantara karşı antimantar etkiye, sınırlı derecede sahip olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.21. (a)'da görüldüğü gibi tozun pat içerisindeki derişiminin artması aktiviteyi önemli ölçüde etkilemiştir.

Şekil 4.21.-b'de verilmekte olan kaplanmış ve 5 kez yıkanmış kumaş numunelerin yüzeylerine bakıldığında mantar üremesi görülmüştür. Bu sonuç tozun ve aplikasyonun yıkama dayanımı olmadığını göstermektedir.

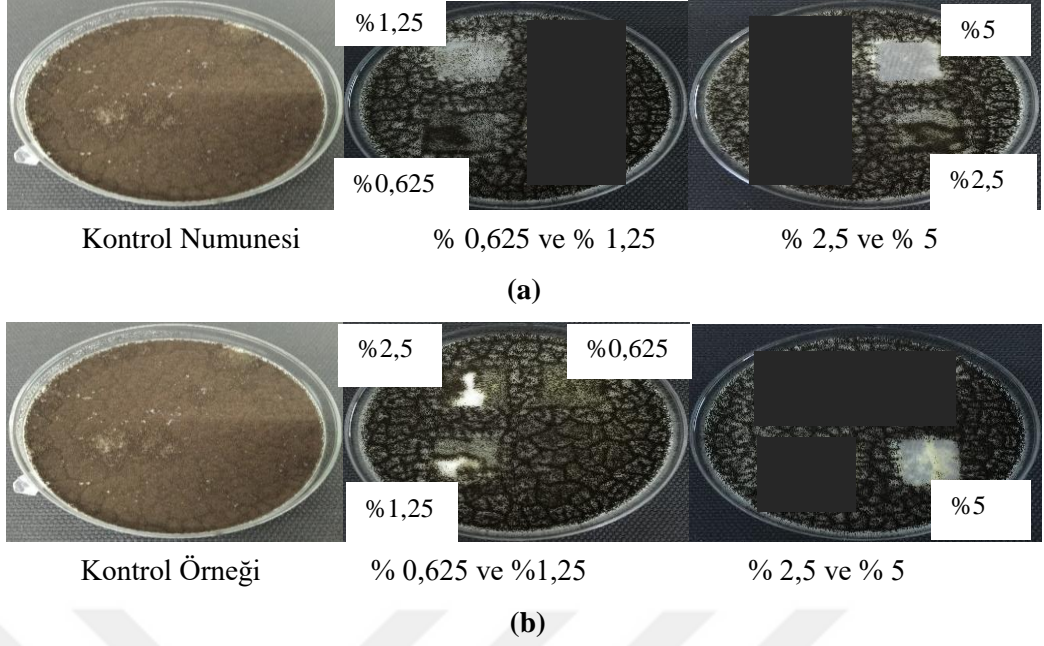
% 0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyonunda 4 nolu malzeme ile (bknz. Çizelge 3.2.) kaplanmış ve 5 kez yıkanmış kumaşın AATCC 30 test yöntemine göre *Aspergillus niger*'e karşı antimantar etkinlik değerleri Şekil 4.22.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.22. 4 nolu malzeme ile kaplanmış kumaşın AATCC 30 test yöntemine göre *Aspergillus niger*'e karşı antimantar etkinlik değerleri (a) Kaplanmış kumaş (b) 5 kez yıkanmış kumaş

Şekil 4.22. incelendiğinde kontrol örneğinde yüksek miktarda mantar üremesi olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.22.-a'da verilen sonuçlardan antimantar etkinlik açısından kumaş numunelerinin yüzeyleri incelendiğinde; mantar üremesi görülmekte ve kumaşların, *Aspergillus niger* türü mantara karşı %0,625- %1,25 ve %2,5 konsantrasyonlardaki örneklerin antimantar etkiye sahip olmadığı, fakat %5 konsantrasyondaki örneğin antimantar olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.22.- (b) incelendiğinde ürünlerin yıkama dayanımına da sahip olduğu belirlenmiştir.

% 0,625, %1,25, %2,5 ve %5 konsantrasyonunda 5 nolu malzeme ile (bkz. Tablo 3.2.) kaplanmış ve 5 kez yıkanmış kumaşın AATCC 30 test yöntemine göre *Aspergillus niger*'e karşı antimantar etkinlik değerleri Şekil 4.23'de gösterilmiştir.

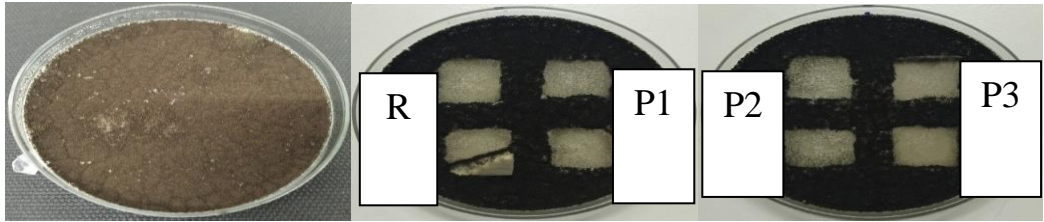


Şekil 4.23. 5 nolu malzeme ile kaplanmış kumaşın AATCC 30 test yöntemine göre *Aspergillus niger*'e karşı antimantar etkinlik değerleri (a) Kaplanmış kumaş (b) 5 kez yıkanmış

Şekil 4.23. (a)'da görüldüğü üzere antimantar etkinlik açısından kumaş numunelerinin yüzeyleri incelendiğinde, mantar üremesi görülmekte ve kumaşların, *Aspergillus niger* türü mantara karşı %0,625, %1,25 ve %2,5 konsantrasyonlardaki örneklerin antimantar etkiye sahip olmadığı fakat %5 konsantrasyondaki örneğin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.23. (b)'de verilen sonuçlar incelendiğinde yıkama dayanımının sınırlı olduğu, ancak derişim artışı ile dayanımın da yükseldiği tespit edilmiştir.

Şekil 4.24.'de boncuklanma testine tabi tutulmuş numunelerin antifungal test sonuçları verilmektedir.



Şekil 4.24. Boncuklanma testi yapılmış numunelerin antifungal test sonuçları (R) Kaplanmış sürtünmeye maruz kalmamış kumaş (P1) 2000 devir sürtünmeye maruz kalmış kumaş (P2) 4000 devir sürtünmeye maruz kalmış kumaş (P3) 6000 devir sürtünmeye maruz kalmış kumaş

Şekil 4.24.'de verilen antifungal test sonuçlarına bakıldığında devir yükselmesinin antifungallığa etkisi olmadığı görülmektedir. Kaplanmış numuneler devir farkı olmaksızın tüm kumaşların üst seviyede olmasa da antibakteriyel etkiye sahip olduğu görülmektedir.

4.5. UV dayanımı

Elde edilen tozlardan eşit miktarlarda alınarak, numunelere %5 ve %10 toz konsantrasyonunda kaplaması yapılmıştır. Toz içermeyen kaplama ile kaplanmış ve kaplama işlemi yapılmamış referans numunelerle karşılaştırılacak şekilde UV dayanım testi yapılmıştır. Çizelge 4.25.'de verilen numune kumaşlara ait UV dayanım sonuçları Çizelge 3.3.'e göre yorumlanabilir.

Çizelge 4.25. Numune kumaşlara ait UV dayanım sonuçları

Numune Adı	Ortalama Ultraviole Koruma Değeri	Derecelendirilmiş Ultraviole Koruma Değeri	Ortalama Ultraviole A Geçirgenliği	Ortalama Ultraviole B Geçirgenliği
Kaplamasız Kumaş	6,4	5	22,9	13,5
Nanopartikül İçermeyen Kaplamalı Kumaş	12,1	10	15,6	6,2
% 5 Konsantrasyonda Kaplanmış Kumaş	48,3	50+	3,9	1,6
%10 Konsantrasyonda Kaplanmış Kumaş	154,4	50+	1,4	0,5

Çizelge 4.25.'de verilen sonuçlar değerlendirildiğinde, derecelendirilmiş Ultraviole Koruma Değerlerine (UPF) bakıldığında, kaplamalı kumaşların mükemmel derecede koruma değerine sahip oldukları gözlemlenmektedir. Ortalama UPF değerinin de kaplamayla ve kaplamanın konsantrasyonunun artmasıyla arttığı görülmektedir. Ayrıca zararlı ışınlar Ultraviole A ve Ultraviole B geçirimi de kaplama ve kaplama konsantrasyonunun artmasıyla azaldığı ispat edilmektedir.

4.6. Fiziksel test sonuçları

Kaplama yapılmamış numune kumaşa, nanotoz içermeyen kaplanmış kumaşa ve %5 konsantrasyonda nanotoz içeren kaplama patı ile kaplanmış kumaşa ait yırtılma mukavemeti sonuçları Çizelge 4.26.'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.26. Kaplamasız ve kaplamalı kumaşa ait yırtılma mukavemeti cinsinden sonuçları

Kaplamasız Kumaş (gf)		Nanotoz İçermeyen Kaplamalı Kumaş (gf)		Nanotoz İçeren Kaplamalı Kumaş (gf)	
Atkı	Çözü	Atkı	Çözü	Atkı	Çözü
1429.75	1416	793.25	925.5	778.6	1082.6

Özellikle atkı yönünde olmak üzere yırtılma mukavemetinde kaplama sonrasında düşüş görülmektedir.

Kumaşlara ait kopma mukavemeti sonuçları Çizelge 4.27.'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.27. Kaplamasız ve kaplamalı kumaşa ait kopma mukavemeti cinsinden sonuçları

Kaplamasız Kumaş		Nanotoz İçermeyen Kaplamalı Kumaş (kgf)		Nanotoz İçeren Kaplamalı Kumaş (kgf)	
Atkı	Çözü	Atkı	Çözü	Atkı	Çözü
41.25	81.75	27	71.275	24	91.25

Sonuçlara bakıldığında atkı yönündeki kopma mukavemetinde düşüş görülürken çözü yönündeki kopma mukavemetinde artış görülmektedir.

Çizelge 4.28.'de kaplamasız ve kaplamalı kumaşlara ait kopma uzaması değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.28. Kaplamasız ve kaplamalı kumaşlara ait yırtılma mukavemeti sırasındaki % uzamalar

Kaplamasız Kumaş		Nanotoz İçermeyen Kaplamalı Kumaş		Nanotoz İçeren Kaplamalı Kumaş	
Atkı	Çözü	Atkı	Çözü	Atkı	Çözü
% 20.26	% 10.67	%17.46	%10.42	% 15.51	% 10.04

Sonuçlara baktığımızda atkı yönündeki % uzamada düşüş görülürken çözü yönündeki uzamada hemen hemen bir değişiklik olmamıştır.

Çizelge 4.29.İşlem görmemiş, tozsuz ve toz içerikli numunelerin pilling ve aşınma testi sonunda gramaj değerleri

Numune	İşlem Görmemiş Kumaş (gram)	Tozsuz Kaplamalı Kumaş (gram)	Toz İçerikli Kaplamalı Kumaş (gram)
Referans	162	183	186
2000 Devirdeki Numune	162	183	186
4000 Devirdeki Numune	162	182	185
6000 Devirdeki Numune	160	181	185
800 Devirdeki Numune	162	182	183
1600 Devirdeki Numune	162	182	183
2400 Devirdeki Numune	160	181	183
3200 Devirdeki Numune	160	180	182

Çizelge 4.29. incelendiğinde, 3200 devir sonunda numunelerin gramaj değerlerinde önemli değişimler tespit edilmemiştir. Boncuklanma testi sonrası numunelerin antibakteriyel ve antifungallık açısından kalıcı aktivite göstermesinin nedenlerinden biri de sürtünme etkisi sonrası malzemelerin yüzeyde tutunmaya devam etmesiyle açıklanabilmektedir.

Çizelge 4.30.'da kaplamasız, tozsuz kaplamalı ve toz içerikli kaplamalı kumaşların boncuklanma test sonuçları verilmektedir.

Çizelge 4.30. Kaplamasız, tozsuz kaplamalı ve toz içerikli kaplamalı kumaşlara ait boncuklanma test sonuçları

Numune	İşlem Görmemiş Kumaş	Tozsuz Kaplamalı Kumaş	Toz İçerikli Kaplamalı Kumaş
Referans	5	5	5
2000 Devirdeki Numune	4	5	5
4000 Devirdeki Numune	4	4	4
6000 Devirdeki Numune	3	4	4

Çizelge 4.30.'de verilen sonuçlara göre beklendiği üzere kaplama işlemi boncuklanma oluşumunu azaltmıştır. Devir artışına bağlı olarak yüzeyde boncuk oluşum eğilimi artmıştır. Boncuk oluşum eğilimini nanotoz varlığı etkilememiştir.

Çizelge 4.31.'de aşınma testi sonucunda kaplamasız, tozsuz kaplamalı ve toz içerikli kaplamalı numunelerin kütle kayıpları verilmektedir.

Çizelge 4.31. Aşınma testi sonucunda kaplamasız, tozsuz kaplamalı ve toz içerikli kaplamalı numunelerin kütle kayıpları

Numune	İşlem Görmemiş Kumaş (% değişim)	Tozsuz Kaplamalı Kumaş (% değişim)	Toz İçerikli Kaplamalı Kumaş (%değişim)
Referans	%0.113	%0.102	%0.101
800 Devirdeki Numune	%0.121	%0.104	%0.105
1600 Devirdeki Numune	%0.124	%0.107	%0.106
2400 Devirdeki Numune	%0.127	%0.111	%0.109
3200 Devirdeki Numune	%0.129	%0.115	%0.112

Çizelge 4.31.'de verilen sonuçlar değerlendirildiğinde, kaplama işlemi kütle kaybını azaltsa da devir arttıkça kütle kaybının devam ettiği sonucuna varılmaktadır. Kaplama patındaki toz varlığı bu performansı olumsuz etkilememiştir.

5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Tezin amacı daha önce de belirtildiği gibi antifungal ve antibakteriyel özellik sergileyen nano yapıda gümüşü azaltılmış CuAg/ZnO kompozit tozları USP (Ultrasonik Sprey Proliz) tekniği ile üretimi ve sonrasında silindir üstü kaplama yöntemiyle numune kumaşa aktarımının sağlanmasıdır.

Tezin amacı doğrultusunda İstanbul Teknik Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği'nde nanokompozit tozlarının eldesi sağlanmıştır. Tozların istendiği gibi eldesi karakterizasyon sonuçlarından da görülmektedir.

Tez boyunca üretilen Cu/Ag/ZnO nanokompozit tozlarla numune kumaşa çeşitli konsantrasyonlarda kaplama yapılmıştır. Kaplanmış, 5 kez yıkanmış ve fiziksel testlere tabi tutulmuş numunelere ve numunelerin antibakteriyel ve antifungal aktiviteleri ölçülmüştür. Tezin amacında da belirtildiği gibi antibakteriyel ve antifungal aktiviteyi artırıcı etki sağlanmaya çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda karakterizasyon, antibakteriyel ve antifungal testleri yapılarak elde edilen numunelerin uygunluğu ölçülmüştür.

Üretilen tozları içeren kaplamalarla elde edilen numunelere sonrasında yıkama işlemi ve fiziksel testler uygulanarak toz içerikli kaplamaların dayanımına bakılmıştır. Aynı zamanda bu uygulamalar sonunda numunelerin antibakteriyel ve antifungal aktivitelerinin devamlılığı ispatlanmaya çalışılmıştır.

Tez kapsamında yapılan uygulamalar, testler ve sonuçları doğrultusunda:

1. Tez amacında belirtilen tişört çalışması göstermiştir ki; kullanım sonrası bakterilere karşı direnci azalan materyalin antibakteriyel aktivitesi kaplama sayesinde artmıştır.
2. USP-HR tekniği ile üretilmiş CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinin %100 pamuklu kasarlı kumaş tekstil yüzeyine kaplanmasında bıçak üstü kaplama tekniği kullanılmış ve hazırlanan patin kumaş yüzeyini homojen ve yapışkan bir karakterde kapladığı görülmüştür. EDX analizlerinde kumaşı ve patı oluşturan elementlerin dışında hiçbir şeye rastlanmamıştır. Bu grup ürünlerin karakterizasyonunda yapıda herhangi bir safsızlığa rastlanmamış olup, EDX analizlerindeki Au pikleri, kumaşlara uygulanan ön işlem sonucunda (Au Kaplama) tespit edilmiştir.
3. CuAg/ZnO nanokompozit partiküllerinden hareketle farklı konsantrasyondaki kaplama patından, numune kumaşa kaplanmış ve sonrasında 5 kez yıkamaya tabi tutulmuş numunelerin yüzeyinde taramalı elektron mikroskobu, EDX analizi ve X

ışınları elementel haritası çalışmaları ile yüzeyde Cu, Ag, Zn ve oksijen elementleri tespit edilebilmiştir.

4. Tüm konsantrasyonlarda kaplanmış ağartılmış %100 pamuklu kumaşlar yüksek antibakteriyel özellik göstermişlerdir.
5. 1, 2, 3, 4 ve 5 nolu malzemeler ile yapılan kaplamalarda, pat içerisindeki partikül konsantrasyonunun artışına bağlı olarak antibakteriyel ve antifungal aktivite sonuçlarında artış gözlemlenmiştir.
6. %5'lik kaplama patıyla kaplanmış kumaşların antifungal aktivite sonuçları, kumaşların *Aspergillus niger* türü mantara karşı iyi bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.
7. Kaplanmış kumaşların 5 kez yıkanması ile elde edilen sonuçlar incelendiğinde; yüksek antibakteriyel etki görülmekle birlikte; 5 kez yıkama dayanımının olmadığı antimantar aktivite sonuçlarının değerlendirilmesiyle belirlenmiştir.
8. Boncuklanma ve aşınma testine tabi tutulmuş numunelerin antibakteriyel test sonuçlarına bakıldığında numunelerin antibakteriyel çıktığı ve sürtünmeye karşı dayanımı olduğu görülmüştür.
9. Boncuklanma ve aşınma testleri sonucu kütle kayıpları incelendiğinde ise kaplamanın kütle kaybının bir miktar da olsa azalmasını sağladığı görülmektedir.
10. Derecelendirilmiş Ultraviyole Koruma Değerlerine (UPF) bakıldığında, kaplamalı kumaşların mükemmel derecede koruma değerine sahip oldukları gözlemlenmektedir. Ortalama UPF değerinin de kaplamayla ve kaplamanın konsantrasyonunun artmasıyla arttığı görülmektedir. Ayrıca zararlı ışınlar Ultraviyole A ve Ultraviyole B geçirimi de kaplama ve kaplama konsantrasyonunun artmasıyla azaldığı ispat edilmektedir.

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen numunelere uygulanan testlere baktığımızda; antibakteriyel ve antifungal aktiviteyi sağlayan bir malzeme üretildiği sonucuna varılmaktadır. Antibakteriyel ve antifungal etkiye sahip bu malzeme ile kaplanmış numunelerin yıkama ve sürtünmeye karşı dayanımlı olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] <http://www.muhandisbeyinler.net/nano-malzeme-nedir/> (Erişim tarihi: 14.04.2016)
- [2] Celep Ş., Koç E., Nanoteknoloji ve tekstilde uygulama alanları, Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Cilt:17-7, 2008
- [3] Özdoğan E., Demir A., Seventekin N., Nanoteknoloji ve tekstil uygulamaları, *Tekstil ve Konfeksiyon*/3, syf. 159-168, 2006
- [4] Subramanian B., Priya K. A., Rajan S. T., Dhandapani P., Jayachandran M., Antimicrobial activity of sputtered nanocrystalline CuO impregnated fabrics, *Materials Letters* 128, 1–4, 2014
- [5] Yazıcı E., Ultrasonik sprey piroliz tekniğiyle küresel gümüş nano-partiküllerinin üretimi, İTÜ Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi, 2009
- [6] Süpüren G., Çay A., Kanat E., Tarakçıoğlu I., Antimikrobiyal lifler, *Tekstil Ve Konfeksiyon*/2, 2006
- [7] Çerkez İ., Antimikrobiyal kaplamalar, Bursa Teknik Üniversitesi Lif ve Polimer Mühendisliği, http://depo.btu.edu.tr/dosyalar/sanayi/Dosyalar/IDRIS_HOCA.pdf, (Erişim Tarihi: 05.03.2015)
- [8] Velmurugan P., Cho M., Lee S. M., Park J. H., Bae S. Oh B. T., Antimicrobial fabrication of cotton fabric and leather using green-synthesized nanosilver, *Carbohydrate Polymers* 106, 319–325, 2014
- [9] Kruk T., Szczepanowicz K., Stefańska J., Socha R. P., Warszyński P., Synthesis and antimicrobial activity of monodisperse copper nanoparticles, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 128, 17–22, 2015
- [10] Zahran M. K., Ahmed H. B., El-Rafie M. H., Surface modification of cotton fabrics for antibacterial application by coating with AgNPs–alginate composite, *Carbohydrate Polymers* 108, 145–152, 2014
- [11] Chernousova S. and Epple M., Silver as antibacterial agent: ion, nanoparticle, and metal, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 52, syf. 1636 – 1653, 2013
- [12] Lee H. J., Jeong S. H., Bacteriostasis and skin innocuousness of nanosize silver colloids on textile fabrics, *Textile Res. J.*, 75(7), 551–556, 2005
- [13] Gorenšek M., Recelj P., Nanosilver functionalized cotton fabric, *Textile Research Journal* Vol 77(3): 138–141, 2007
- [14] Wei Q., Yu L., Wu N., Hong S., Preparation and characterization of copper nanocomposite textiles, *Journal Of Industrial Textiles*, Vol. 37, No. 3, syf. 275-283, 2008
- [15] Gouda M., İbrahim N. A., New approach for improving antibacterial functions of cotton fabric, *Journal Of Industrial Textiles*, Vol. 37, No. 4, syf. 327-339, 2008

- [16] Simoncic B., Tomsic B., Structures of novel antimicrobial agents for textiles: a review, *Textile Research Journal*, Vol 80(16): 1721–1737, 2010
- [17] Üreyen M. E., Çavdar A., Koparall A., Doğan A., Yeni geliştirilen gümüş katkılı antimikrobiyal tekstil kimyasalı ve bu kimyasal ile işlem görmüş kumaşların antibakteriyel performansları, *Tekstil ve Mühendis*, Yıl 15, Sayı 69, syf. 25-31
- [18] Anita S., Ramachandran T., Rajendran R., Koushik C. V., Mahalakshmi M., A study of the antimicrobial property of encapsulated copper oxide nanoparticles on cotton fabric, *Textile Research Journal*, 81(10) syf. 1081–1088, 2011
- [19] Berendjchi A., Khajavi R., Yazdanshenas M. E., Fabrication of superhydrophobic and antibacterial surface on cotton fabric by doped silica-based sols with nanoparticles of copper, *Berendjchi et al. Nanoscale Research Letters*, 6:594, 2011
- [20] Nischala K., Rao T. N., Hebalkar N., Silica–silver core–shell particles for antibacterial textile application, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 82, 203–208, 2011
- [21] Bajpai S. K., Bajpai M., Sharma L., Yallapu M. M., Silver nanoparticles loaded thermosensitive cotton fabric for antibacterial application, *Textile Research Journal*, Vol. 44(1) 58–69, 2012
- [22] Gunalan S., Sivaraj R., Rajendran V., Green synthesized ZnO nanoparticles against bacterial and fungal pathogens, *Progress in Natural Science: Materials International*, 22/6, syf. 693–700, 2012
- [23] Anghel I., Grumezescu A. M., Andronescu E., Anghel A. G., Ficai A., Saviuc C., Grumezescu V., Vasile B. S., Chifiriuc M. C., Magnetite nanoparticles for functionalized textile dressing to prevent fungal biofilms development, *Nanoscale Research Letters*, 7/501, 2012
- [24] Budama L., Çakır B. A., Topel Ö., Hoda N., A new strategy for producing antibacterial textile surfaces using silver nanoparticles, *Chemical Engineering Journal*, 228, syf. 489–495, 2013
- [25] Khalilabad M. S., Yazdanshenas M. E., Bifunctionalization of cotton textiles by ZnO nanostructures: antimicrobial activity and ultraviolet protection, *Textile Research Journal*, 83(10) 993–1004, 2013
- [26] Rimbu C., Vrinceanu N., Broasca G., Farima D., Ciocoiu M., Campagne C., Sucheana M. P., Nistor A., Zinc oxide application in the textile industry: surface tailoring and water barrier attributes as parameters with direct implication in comfort performance, *Textile Research Journal*, 83(20) 2142–2151, 2013
- [27] Dizaj S. M., Lotfipour F., Barzegar-Jalali M., Zarrintan H., Adibkia K., Antimicrobial activity of the metals and metal oxide nanoparticles, *Materials Science and Engineering C*, 44, syf. 278–284, 2014
- [28] Ibanescu M., Muşat V., Textor T., Badilita V., Mahltig B., Photocatalytic and antimicrobial Ag/ZnO nanocomposites for functionalization of textile fabrics, *Journal of Alloys and Compounds* 610, 244–249, 2014

- [29] Zain N. M., Stapley A. G. F., Shama G., Green synthesis of silver and copper nanoparticles using ascorbic acid and chitosan for antimicrobial applications, *Carbohydrate Polymers*, 112, syf. 195–202, 2014
- [30] Farouk A., Moussa S., Ulbricht M., Schollmeyer E., Textor T., ZnO-modified hybrid polymers as an antibacterial finish for textiles, *Textile Research Journal*, 84(1) 40–51, 2014
- [31] Ata U. H., Sirkecioğlu A., Gördes klinoptilolitinde Ag^+Na^+ Ve $Zn^{+2}Na^+$ ikili iyon değişimi, İTÜ, Kimya Mühendisliği Bölümü, (Erişim Tarihi: 05.03.2015)
- [32] Özyüzer L., Meriç Z., Selamet Y., Kutlu B., Cireli A., Mıknatıssal saçtırma sistemi ile metal kaplanan polipropilen liflerin antistatik ve antibakteriyel özellikleri, *Tekstil ve Mühendis*, Yıl 17, Sayı 78, syf. 1-5
- [33] Svitlana Chernousova and Matthias Epple, Silver as antibacterial agent: ion, nanoparticle, and metal, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 52, syf. 1636 – 1653, 2013
- [34] Akalın M., Sağlıkta (tekstil ve) nano uygulamalar, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tekstil Bölümü, (Erişim Tarihi: 05.03.2015)
- [35] Simončič B., Klemenčič D., Preparation and performance of silver as an antimicrobial agent for textiles: A review, *Textile Research Journal*, 0(00) 1–14, 2015
- [36] Pietrzak K., Gutarowska B., Machnowski W., Mikołajczyk U., Antimicrobial properties of silver nanoparticles misting on cotton fabrics, *Textile Research Journal*, 0(00) 1–11, 2015
- [37] El-Ebissy A. A., Michael M. N., Shady K. E., Effect of nano zinc oxide on the structural characteristic, tensile thermal properties of textile fabrics, *Textile Research Journal*, 0(00) 1–13, 2015
- [38] ASTM E2149-1 Standard Test method for determining the antimicrobial activity of immobilized antimicrobial agents under dynamic contact conditions
- [39] (ATCC 35218)b, *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers
- [40] AATCC test method 30-2013 Antifungal activity, Assessment on textile materials: mildew and rot resistance of textile materials
- [41] TS EN ISO 13934-2 Tekstil- Kumaşların gerilme özellikleri - Bölüm 2: En büyük kuvvetin tayini - Kavrama metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1999
- [42] TS EN ISO 13937-1, Tekstil kumaşların yırtılma dayanımı bölüm 1: Balistik sarkaç metodu ile yırtılma dayanımı tayini, 2000
- [43] TS EN ISO 12945-2, Tekstil kumaşlarda yüzey tüylenmesi ve boncuklanma yatkinliğinin tayini-bölüm 2: geliştirilmiş martindale metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002,
- [44] BS EN ISO 6330, 2001. Textile domestic washing and drying procedures for textile testing

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Demet Küçük
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 02.05.1990/ Antakya
Medeni hali : Bekâr
Telefon : +90 542 720 69 62
Faks : -
e-posta : demet.kucuk90@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	KSÜ/Tekstil Mühendisliği	2016
Lisans	DEÜ/Tekstil Mühendisliği	2014
Lise	Maltepe Anadolu Lisesi	2008

İş Denevimi

Yıl	Yer	Görev
2016 (Devam Ediyor)	Şirikçioğlu Denim	ÜRGE Mühendisi
2014-2016	K.S.Ü.	Proje Asistanı
2014	Panko Pantolon	Üretim Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. 'Ultrasonik Sprey Piroiliz Ve Hidrojen Redüksiyonu (Usp-Hr) Tekniği İle Üretilmiş CuAg/ZnO Nanokompozit Partiküllerinin Kaplama Yöntemiyle Kumaşlara Aktarılması', *15. Tekstil Teknolojisi ve Kimyasındaki Son Gelişmeler Sempozyumu* (Sözlü Sunum), 2015

2. 'Gümüşü Azaltılmış Fonksiyonel Cu, Ag/ZnO Nanokompozit Partiküllerini İçeren Sentetik Lif Eldesi', *VII. UTİB Uluslararası Ar-Ge Proje Pazarı Zirvesi* (Poster Sunumu), 2015
3. 'In-Situ Coated Of Ag, ZnO, Ag/ZnO Composite Nano Particles To The Technical Fiber And Yarn By Hydrothermal Method', *6. Uluslararası Teknik Tekstiller Kongresi* (Sözlü Sunum), 2015
4. 'In-Situ Coated Of Ag,ZnO, Ag/ZnO Composite Nano Particles To The Technical Fiber By Hydrothermal Method', *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2016

Hobiler

Kitap okumak, kısa öyküler yazmak, müzik dinlemek, spor yapmak, sinema, tiyatro.