

**TEKSTİL SEKTÖRÜNDE KULLANILACAK
GÜMÜŞ İÇERİKLİ NANO BOYUTLU BİYO
ANTİMİKROBİYAL MALZEMELERİN
GELİŞTİRİLMESİ**

Aslı ÇAVDAR

Yüksek Lisans Tezi

İleri Teknolojiler Anabilim Dalı

Nisan-2009

Bu tez çalışması Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından San-Tez Programı kapsamında desteklenmiştir. Proje kodu: 00088.STZ.2007-1

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Aslı Çavdar'ın “Tekstil Sektöründe Kullanılacak Gümüş İçerikli Nano Boyutlu Biyo Antimikrobiyal Malzemelerin Geliştirilmesi” başlıklı İleri Teknolojiler Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans Tezi 19.03.2009 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Adı-Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı) : Prof. Dr. Aydın DOĞAN
Üye : Prof. Dr. A. Savaş KOPARAL
Üye : Yard. Doç. Dr. Mustafa E. ÜREYEN

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TEKSTİL SEKTÖRÜNDE KULLANILACAK GÜMÜŞ İÇERİKLİ NANO BOYUTLU BİYO ANTİMİKROBİYAL MALZEMELERİN GELİŞTİRİLMESİ

Aslı ÇAVDAR

**Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İleri Teknolojiler Anabilim Dalı
Nanoteknoloji**

Danışman: Prof. Dr. Aydın DOĞAN

2009, 80 sayfa

Tekstil ürünleri yapıları ve kullanıldıkları yerler açısından mikroorganizmaların yaşaması ve çoğalması için uygun sıcaklık, nem ve besin maddesi sağlayan ortamlardır. Antimikrobiyal tekstil ürünleri artan hijyen bilinci ve hassasiyetlere bağlı olarak aranan ürünler haline gelmiştir. Bu çalışmada yaş kimyasal metot kullanılarak sentezlenen, metal iyonları katkılı kalsiyum fosfat esaslı antimikrobiyal toz ile uygun bağlayıcı kimyasalları belirlenerek, tekstil ürünlerine yönelik yıkamaya dayanıklı antimikrobiyal apre kimyasalı geliştirilmiştir. Antimikrobiyal apre kimyasalının kumaşların fiziksel özelliklerine etkisini belirlemek için işlem görmüş ve görmemiş kumaşların gramaj, yıkama, patlama mukavemeti, hava geçirgenliği, boncuklanma ve renk verimliliği testleri yapılmış, taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleri gerçekleştirilmiştir. Antimikrobiyal aktivite testleri “JIS L 1902-2002” standardına göre *Escherichia coli* bakterisi ile yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Tekstil, Nanoteknoloji, Kumaş, Antimikrobiyal, Apre Kimyasalı

ABSTRACT

Master of Science Thesis

DEVELOPMENT of SILVER DOPED NANO SCALED BIO-ANTIMICROBIAL MATERIALS FOR TEXTILE INDUSTRY

Aslı ÇAVDAR

Anadolu University
Graduate School of Sciences
Advanced Technologies Program
Nanotechnology

Supervisor: Prof. Dr. Aydın DOĞAN

2009, 80 pages

Textile products provide suitable environment like temperature, moisture, nutrients for microorganisms living and reproduce, in terms of their structures and places that are used for. Antimicrobial textiles has become in demand products, depending on the increasing hygiene awareness and sensitivity. In this study, durable antimicrobial finishing chemical has been developed by using appropriate textile binders with metal ions doped calcium phosphate based antimicrobial powder which was synthesized by wet chemical method. Determining the effect of antimicrobial finishing chemical on physical properties of the fabrics, weight, washing, bursting strength, air permeability, pilling, color efficiency tests and scanning electron microscopy (SEM) analysis were done. Antimicrobial activity tests were performed according to “JIS L 1902-2002” standard by *Escherichia coli* bacteria.

Keywords: Textile, Nanotechnology, Fabric, Antimicrobial, Finishing Chemical

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım sırasında desteğini esirgemeyen, bilgi birikimini, tecrübesini ve değerli zamanını paylaşan tez danışmanım sayın Prof. Dr. Aydın Doğan'a,

Bilimsel katkılarını gördüğüm ve tecrübelerinden yararlandığım hocalarım sayın Prof. Dr. A. Savaş Koparal ve sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa Erdem Üreyen'e,

Deneysel çalışmalarım sırasında emeği geçen Öğr.Gör.Dr. Filiz Bayrakçı Karel ve Öğr.Gör. E. Esra Gerek'e,

Değerli yardımları ve önerileri için sevgili arkadaşlarım Recai Karagöz, Aslan Gençer, Sema Akdemir, Göktuğ Günkaya, Araş.Gör. Mevlüt Gürbüz, Araş.Gör. Ceren Pekşen, Burçak Atay, Onur Gençoğlu, Araş.Gör. Emre Tüfekçioğlu ve Evren Başkut'a,

Her konuda maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili aileme, en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Aslı Çavdar

Nisan, 2009

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. TEKSTİL SEKTÖRÜNDE NANOTEKNOLOJİ UYGULAMALARI	3
3. MİKROBİYOLOJİK TANIMLAR	4
3.1. Bakteriler ile İlgili Genel Bilgiler.....	4
3.1.1. Escherichia coli.....	4
3.1.2. Pseudomonas aeruginosa.....	5
3.1.3. Staphylococcus aureus.....	6
3.1.4. Candida albicans.....	7
4. ANTİMİKROBİYAL SİSTEMLER	8
4.1. Genel Tanımlar.....	8
5. MİKROBİYOLOJİK ÇALIŞMALAR	9
5.1. Sterilizasyon.....	9
5.2. Besiyeri.....	9
5.3. Mikrobiyolojik Örnek Alma ve Kültür Yapma.....	10
6. ANTİMİKROBİYAL TEKSTİL	12
6.1. Tekstil Ürünlerinde Kullanılan Antimikrobiyal Maddeler ve Etkileri...	12
6.2. Tekstil Ürünlerine Antimikrobiyal Özellik Kazandırma Yöntemleri.....	14
6.3. Tekstil Ürünlerine Uygulanan Testler.....	14

6.4.1. Antimikrobiyal aktivite belirleme testleri.....	15
7. DÜNYADA ANTİMİKROBİYAL TEKSTİL KULLANIMI	19
8. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	22
8.1. Antimikrobiyal Seramik Tozun Sentezlenmesi.....	22
8.2. Sentezlenen Antimikrobiyal Seramik Tozun Karakterizasyonu.....	23
8.2.1. XRD analizi.....	23
8.2.2. Tane boyut analizi.....	23
8.2.3. Taramalı elektron mikroskobu analizi.....	23
8.3. Sentezlenen Tozun Antimikrobiyal Etkinliği.....	23
8.3.1. Halo test metodu.....	23
8.4. Dağıtıcı İlavesi ile Tane Boyut ve Zeta Potansiyel Değişiminin İncelenmesi.....	24
8.5. Stabilizasyon Testi.....	25
8.6. Antimikrobiyal Lif Çekimi Konusunda Yapılan Ön Çalışmalar.....	26
8.7. Antimikrobiyal Toz Katkılı PES Lifi Üretimi.....	27
8.8. Geliştirilen Antimikrobiyal Apre Kimyasalının Kumaşlara Aplikasyonu..	28
8.8.1. Materyal ve metot.....	28
8.8.2. Kumaşların boyanması.....	30
8.8.3. Kumaşlara antimikrobiyal apre kimyasalının uygulanması.....	31
8.9. Antimikrobiyal Aplikasyon Yapılan Kumaşlara Uygulanan Testler.....	32
8.9.1. Kumaşların yıkama deneyleri.....	32
8.9.2. Kumaş gramajı testi.....	32
8.9.3. Patlatma mukavemeti testi.....	33
8.9.4. Hava geçirgenliği testi.....	33
8.9.5. Boncuklanma (pilling) testi.....	33
8.9.6. Renk ölçümleri.....	34
8.10. Antimikrobiyal Aplikasyon Yapılan Kumaşların Taramalı Elektron Mikroskobu Analizleri.....	34
8.11. Antimikrobiyal Etkinlik Belirleme Testi.....	34

9. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME	36
9.1. Sentezlenen Antimikrobiyal Tozun Karakterizasyonu.....	36
9.1.1. XRD analizi.....	36
9.1.2. Tane boyut analizi.....	36
9.1.3. Taramalı elektron mikroskobu analizi.....	37
9.2. Sentezlenen Tozun Antimikrobiyal Etkinliği.....	38
9.3. Dağıtıcı İlavesi ile Tane Boyut ve Zeta Potansiyel Değişiminin İncelenmesi.....	38
9.4. Stabilizasyon Testi.....	41
9.5. Antimikrobiyal Lif Çekimi Konusunda Yapılan Ön Çalışmalar.....	46
9.6. Antimikrobiyal Toz Katkılı PES Lifi Üretimi.....	48
9.7. Antimikrobiyal Aplikasyon Yapılan Kumaşlara Uygulanan Testler.....	49
9.7.1. Kumaş gramajı test sonuçları.....	49
9.7.2. Patlatma mukavemeti test sonuçları.....	50
9.7.3. Hava geçirgenliği test sonuçları.....	53
9.7.4. Boncuklanma (pilling) test sonuçları.....	55
9.7.5. Renk verimliliği test sonuçları.....	59
9.8. Antimikrobiyal Aplikasyon Yapılan Kumaşların Taramalı Elektron Mikroskobu Analizleri.....	61
9.9. Antimikrobiyal Etkinlik Belirleme Testi.....	73
10. TARTIŞMA ve ÖNERİLER	78
KAYNAKLAR	79

ŞEKİLLER DİZİNİ

3.1. <i>E. coli</i> kolonisinin taramalı elektron mikroskobu görüntüsü.....	5
3.2. <i>P. aeruginosa</i> kolonisinin taramalı elektron mikroskobu görüntüsü.....	6
3.3. <i>S. aureus</i> kolonisi taramalı elektron mikroskobu görüntüsü.....	6
3.4. <i>Candida albicans</i> taramalı elektron mikroskobu görüntüsü.....	7
5.1. Kültür elde etme aşamaları.....	10
5.2. Dilüsyon hazırlanması.....	11
7.1. 2000 yılı itibarı ile Batı Avrupa’da (a) bitim işlemi ile elde edilen, (b) antimikrobiyal elyaf kullanılarak üretilen antimikrobiyal tekstil ürünlerinin kullanımı.....	21
8.1. Antimikrobiyal seramik tozun sentezlenmesi.....	22
8.2. Mikroenjeksiyon cihazı ve çalışılan parametreler.....	27
8.3. Çalışmada kullanılan makine parkı.....	29
8.4. Pamuklu kumaşların boyama grafiği.....	30
9.1. ZAG 1455 kodlu tozun XRD analizi sonucu.....	36
9.2. ZAG 1455 kodlu antimikrobiyal tozun kuru öğütme sonrası tane boyut analizi sonucu.....	37
9.3. ZAG 1455 kodlu tozun SEM görüntüsü.....	37
9.4. ZAG 1455 kodlu antimikrobiyal tozun Halo Test sonucu.....	38
9.5. A bağlayıcısı kullanılarak hazırlanan antimikrobiyal toz karışımının (a)1 dakika, (b) 5 dakika, (c) 15 dakika,(d) 30 dakika, (e) 1 saat, (g) 1 gün sonundaki çökme eğilim davranışları.....	41
9.6. B bağlayıcısı kullanılarak hazırlanan antimikrobiyal toz karışımının (a)1 dakika, (b) 5 dakika, (c) 15 dakika,(d) 30 dakika, (e) 1 saat, (g) 1 gün sonundaki çökme eğilim davranışları.....	42
9.7. C bağlayıcısı kullanılarak hazırlanan antimikrobiyal toz karışımının (a)1 dakika, (b) 5 dakika, (c) 15 dakika,(d) 30 dakika, (e) 1 saat, (g) 1 gün sonundaki çökme eğilim davranışları.....	43
9.8. D bağlayıcısı kullanılarak hazırlanan antimikrobiyal toz karışımının (a)1 dakika, (b) 5 dakika, (c) 15 dakika,(d) 30 dakika, (e) 1 saat, (g) 1 gün sonundaki çökme eğilim davranışları.....	44

9.9. E bağlayıcısı kullanılarak hazırlanan antimikrobiyal toz karışımının (a)1 dakika, (b) 5 dakika, (c) 15 dakika,(d) 30 dakika, (e) 1 saat, (g) 1 gün sonundaki çökme eğim davranışları.....	45
9.10. (a) Katkısız PBT; %0.5 PEG ile öğütülmüş ZAG 1455 solüsyonunun PBT içerisine (b) %0.5, (c) %1, (d) %3 oranında eklenmesiyle hazırlanan numuneler.....	46
9.11. (a) Katkısız PBT; %1 PEG ile öğütülmüş ZAG 1455 solüsyonunun PBT içerisine (b) %0.5, (c) %1, (d) %3 oranında eklenmesiyle hazırlanan numuneler.....	47
9.12. (a) Katkısız PBT; %3 PEG ile öğütülmüş ZAG 1455 solüsyonunun PBT içerisine (b) %0.5, (c) %1, (d) %3 oranında eklenmesiyle hazırlanan numuneler.....	47
9.13. PLT 2042/ZAG1 kodlu antimikrobiyal PES lifinin SEM görüntüsü.....	48
9.14. PLT 2042/ZAG1 kodlu antimikrobiyal PES lifinin SEM görüntüsü.....	49
9.15. %100 pamuklu kumaşların gramaj testi sonuçları.....	50
9.16. %100 PES kumaşların gramaj testi sonuçları.....	50
9.17. %100 pamuklu kumaşın patlatma mukavemeti test sonuçları.....	51
9.18. %100 PES kumaşın patlatma mukavemeti test sonuçları.....	52
9.19. %100 pamuklu kumaşın hava geçirgenliği test sonuçları.....	54
9.20. %100 PES kumaşın hava geçirgenliği test sonuçları.....	55
9.21. %100 pamuklu kumaşın boncuklanma testi sonuçları.....	56
9.22. %100 PES kumaşın boncuklanma testi sonuçları.....	58
9.23. %100 pamuklu kumaş renk verimliliği test sonuçları.....	60
9.24. %100 PES kumaş renk verimliliği test sonuçları.....	61
9.25. Pamuklu referans kumaş numunesinin SEM görüntüsü	61
9.26. Antimikrobiyal işlem görmüş pamuklu kumaş numunesinin yıkama öncesi SEM görüntüleri (a) 5000 büyütme, (b) 10000 büyütme.....	62
9.27. Antimikrobiyal işlem görmüş pamuklu kumaş numunesinin 10 yıkama sonrası SEM görüntüsü.....	63

9.28. Antimikrobiyal işlem görmüş pamuklu kumaş numunesinin 20 yıkama sonrası SEM görüntüsü.....	64
9.29. PES referans kumaş numunesinin SEM görüntüsü	64
9.30. Antimikrobiyal işlem görmüş PES kumaş numunesinin yıkama öncesi SEM görüntüsü.....	65
9.31. Antimikrobiyal işlem görmüş PES kumaş numunesinin 10 yıkama sonrası SEM görüntüsü.....	65
9.32. Antimikrobiyal işlem görmüş PES kumaş numunesinin 20 yıkama sonrası SEM görüntüleri (a) 5000 büyütme, (b) 10000 büyütme.....	66
9.33. Modal kumaş referans numunesinin SEM görüntüsü.....	67
9.34. Antimikrobiyal işlem görmüş modal kumaş numunesinin yıkama öncesi SEM görüntüleri (a) 5000 büyütme, (b) 10000 büyütme.....	68
9.35. Antimikrobiyal işlem görmüş modal kumaş numunesinin 10 yıkama sonrası SEM görüntüsü.....	69
9.36. Antimikrobiyal işlem görmüş modal kumaş numunesinin 20 yıkama sonrası SEM görüntüsü.....	70
9.37. Yünlü kumaş referans numunesinin SEM görüntüsü.....	70
9.38. Antimikrobiyal işlem görmüş yünlü kumaş numunesinin yıkama öncesi SEM görüntüleri (a) 3000 büyütme, (b) 5000 büyütme.....	71
9.39. Antimikrobiyal işlem görmüş yünlü kumaş numunesinin 10 yıkama sonrası SEM görüntüsü.....	72
9.40. Antimikrobiyal işlem görmüş yünlü kumaş numunesinin 20 yıkama sonrası SEM görüntüsü.....	72
9.41. Pamuklu kumaş numunelerinin (a) antimikrobiyal işlem görmemiş (referans); antimikrobiyal işlem görmüş (b) yıkama öncesi, (c) 10 yıkama sonrası, (d) 20 yıkama sonrası antimikrobiyal test sonucu..	74
9.42. PES kumaş numunelerinin (a) antimikrobiyal işlem görmemiş (referans); antimikrobiyal işlem görmüş (b) yıkama öncesi, (c) 10 yıkama sonrası, (d) 20 yıkama sonrası antimikrobiyal test sonucu.....	75
9.43. Modal kumaş numunelerinin (a) antimikrobiyal işlem görmemiş (referans); antimikrobiyal işlem görmüş (b) yıkama öncesi, (c) 10 yıkama sonrası, (d) 20 yıkama sonrası antimikrobiyal test sonucu.....	76

9.44. Yünlü kumaş numunelerinin (a) antimikrobiyal işlem görmemiş (referans); antimikrobiyal işlem görmüş (b) yıkama öncesi, (c) 10 yıkama sonrası, (d) 20 yıkama sonrası antimikrobiyal test sonucu.....77

ÇİZELGELER DİZİNİ

6.1. Tekstil ürünlerine antimikrobiyal özellik kazandıran işlemler.....	13
6.2. Tekstil ürünlerine uygulanan testler.....	15
6.3. Antimikrobiyal etkinlik test yöntemleri.....	16
7.1. Japonya’da kullanılmakta olan antimikrobiyal tekstil ürün çeşitleri.....	19
8.1. Sodyum silikat dağıtıcı ile yapılan öğütme denemeleri.....	25
8.2. Tekstil bağlayıcıları ve temin edildikleri firmalar.....	25
8.3. Her bir bağlayıcı için kullanılan antimikrobiyal toz miktarı.....	26
8.4. Mikroenjeksiyon cihazında kullanılan basınç değerleri ve süreleri.....	27
8.5. Çalışmada kullanılan pamukların HVI lif özellikleri.....	28
8.6. Pamuklu kumaşların işlem reçeteleri.....	30
8.7. PES kumaşların işlem reçeteleri.....	31
8.8. Aplikasyon sırasında kullanılan fulard basınçları.....	31
8.9. Yıkamada kullanılan deterjanın bileşimi.....	32
8.10. Deney sırasında kumaşlar üzerine ekilen bakteri miktarları.....	35
9.1. ZAG 1455 kodlu antimikrobiyal tozun Halo Test sonucu.....	38
9.2. Sodyum silikat kullanılarak yapılan öğütme sonrası tane boyut ve zeta potansiyel analizleri sonuçları.....	39
9.3. Etilen glikol kullanılarak yapılan öğütme sonrası tane boyut ve zeta potansiyel analizleri sonuçları.....	40
9.4. Polietilen glikol kullanılarak yapılan öğütme sonrası tane boyut ve zeta potansiyel analizleri sonuçları.....	40
9.5. %100 pamuklu kumaşın patlama mukavemeti test sonuçları.....	51
9.6. %100 PES kumaşın patlama mukavemeti test sonuçları.....	51
9.7. %100 pamuklu kumaş patlatma yüksekliği test sonuçları.....	53
9.8. %100 PES kumaş patlatma yüksekliği test sonuçları.....	53
9.9. %100 pamuklu kumaşın hava geçirgenliği test sonuçları.....	54
9.10. %100 PES kumaşın hava geçirgenliği test sonuçları.....	55
9.11. %100 pamuklu kumaşın boncuklanma testi sonuçları.....	56
9.12. %100 pamuklu kumaşın toplam boncuk sayısı sonuçları.....	56
9.13. %100 pamuklu kumaş inçteki boncuk sayısı sonuçları.....	57

9.14. %100 PES kumaşın boncuklanma testi sonuçları.....	57
9.15. %100 PES kumaşın toplam boncuk sayısı sonuçları.....	58
9.16. %100 PES kumaş inçteki boncuk sayısı sonuçları.....	58
9.17. %100 pamuklu kumaş renk verimliliği sonuçları.....	59
9.18. %100 PES kumaş renk verimliliği sonuçları.....	60

1. GİRİŞ

Son yüzyıl içerisinde bütün dünyada ekolojik çevrenin sürdürülebilirliği için hedefler belirlenmiştir. Bu hedefler doğrultusunda, sağlıklı yaşam koşullarının artırılmasına yönelik çok sayıda araştırma projesi ortaya çıkmıştır. Tekstil ürünlerinin günlük yaşam içerisinde önemli bir role sahip olmasından dolayı, bu projelerin bir kısmı tekstil ürünlerinin niteliklerini arttırmaya yönelik olmuştur [1].

Tekstil ve konfeksiyon sektöründe ürün yelpazesi sürekli olarak genişlemektedir. Tekstil ürünlerindeki geleneksel model, renk, tuşe, malzeme farklılaşması gibi parametrelere bağlı çeşitliliğin yanında, işlevsel özelliklerdeki yeniliklerle bağlantılı olarak tüketiciye sunulan ürünlere her geçen gün yenileri eklenmektedir. Geleneksel olarak örtme, koruma, süsleme amaçlı kullanılmakta olan tekstil ürünleri bu işlevlerine ek olarak, diğer bazı ihtiyaçlara da cevap verebilecek şekilde yeni özelliklerde üretilmektedir. Sağlık, güvenlik, bilişim, kozmetik gibi farklı sektörlerde ait ürün özellikleri bariyer özellikli esnek yapıları olan tekstil ürünlerine kazandırılmakta; görüntü, tuşe, kullanım, konfor gibi özelliklerinde bozulma olmadan yeni ve farklı işlevleri yerine getirebilen tekstil ürünleri geliştirilmektedir [2].

Tekstil ürünleri yapıları ve kullanıldıkları yerler açısından mikroorganizmaların yaşaması ve çoğalması için uygun sıcaklık, nem ve besin maddesi sağlayan ortamlardır. Tekstil yapılarının aralarına yerleşen mikroorganizmalar tekstil ürününün kendisine ve kullanıcıya zarar verebilmektedir. Antimikrobiyal özellik kazandırılan tekstil ürünleri mikroorganizmaların neden olduğu olumsuzlukları azaltmaya ve ortadan kaldırmaya yardımcı olmaktadır. Bu ürün gurupları mikroorganizmaların enfekte olmalarının önüne geçilmesi, enfeksiyonların kontrol altında tutulması, mikroorganizmalardan kaynaklanan koku, lekelenme ve renk değişiminin önüne geçilmesi, kalite kaybının engellenmesi amacı ile kullanılmaktadır [2].

Tekstillere uygulanan antimikrobiyal işlemlerde, birçok kimyasal kullanılmaktadır. Önemli olan, kimyasalların toksikolojik olarak güvenli olmaları, etkinlikleri ve kalıcılıklarıdır [3]. Bu çalışmada, istenilen değerler göz önüne

alınarak; kalsiyum fosfat esaslı, biyo uyumlu antimikrobiyal toz sentezlenmesi ve uygun tekstil bağlayıcıları kullanılarak tekstil ürünlerine yönelik yıkamaya dayanıklı antimikrobiyal apre kimyasalı geliştirilmesi amaçlanmıştır.

2. TEKSTİL SEKTÖRÜNDE NANOTEKNOLOJİ UYGULAMALARI

Nanoteknoloji; malzeme bilimi, mekanik, elektronik, optik, tıp, plastik, enerji, uzay, tekstil, optik kaplamalar, fotovoltaiik, antibakteriyel kimyasallar, fizik ve biyolojide çok fazla uygulama alanı bulan disiplinlerarası bir bilim dalıdır. Yapısal ve kavramsal olarak çok karmaşık görünmesine rağmen gündelik yaşantımızda geniş bir yer kaplamaktadır [4].

Nanoteknolojinin tekstil endüstrisindeki uygulamaları elyaf, iplik, kumaş, dokusuz yüzey, boyama ve kaplama gibi terbiye işlemleri, elektronik tekstiller, elyaf modifikasyonu ve katma değerli ürünlerdir. Düşük kimyasal kullanımı, düşük enerji maliyetleri, tutum, mukavemet, hava geçirgenliği, ıslanma gibi fiziksel ve mekanik özellik kaybının az olması nanoteknolojinin tekstil ve giysi uygulamalarında kullanılmasının sebebidir [5].

Geleneksel tekstil yöntemleri kumaş özelliklerini geçici olarak şekillendirmekte; kullanım sırasında bu özellikler zamanla azalmakta veya kaybolmaktadır. Nanopartiküllerin yüzey alan/hacim oranının ve yüzey enerjilerinin yüksek olmasından dolayı nanoteknoloji ile kumaşlara kazandırılan özellikler daha kalıcı olmaktadır. Nanoteknoloji uygulamaları doğrudan liflere veya kumaş yüzeyine olmak üzere iki farklı biçimde gerçekleşmektedir [6].

Diğer endüstrilerde olduğu gibi tekstil endüstrisinde de nanoteknoloji, insanoğlunun geleceği için yeni kapılar açmaktadır. Bu disiplinlerarası teknolojinin tekstildeki kullanım alanı; kumaşlara su geçirmezlik, leke tutmazlık, buruşmazlık, antimikrobiyalık, anti statiklik, UV koruyuculuk, yanmazlık veya güç tutuşurluk, daha iyi boyanabilirlik, keçeleşmezlik, boncuklanma önleyici, yüksek ısı ve düşük sıcaklıklara karşı dayanım, sentetikler için hidrofilik gibi oldukça geniş bir aralığı kapsamaktadır. Nanoteknoloji, tekstil endüstrisinin geleceğine yön verebilecek önemli bir çıkış noktasıdır [4].

3. MİKROBİYOLOJİK TANIMLAR

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından bedensel, ruhsal ve sosyal yönden tam bir iyilik hali olarak tanımlanan “sağlık” kavramını etkileyen üç temel unsur; insan, hastalık yapıcı etmenler ve çevredir. İnsanın dışındaki her şey olarak nitelendirilen, içinde yaşadığımız çevre, hastalıklara yol açan en önemli etkenlerin başında gelen mikroorganizmalar ile her an temasta bulunduğumuz ortamdır [7].

Günümüzde yaşam koşullarının değişmesi ve bireylerin zamanlarının çoğunu ev dışında geçirmeleri, değişen beslenme alışkanlıkları ve ulaşım olanakları, uluslararası ziyaretler gibi faktörler, mikroorganizmaların, toplu yaşam alanlarında kolayca bireyden bireye geçişine ve bulaşıcı hastalıkların artmasına neden olmaktadır. Mikroorganizma miktarı belli oranın üzerine çıktığı takdirde kişisel ve çevresel özelliklere bağlı olarak değişik şiddetlerde bulaşıcı hastalıklara hatta salgınlara (epidemi) yol açabilmektedir. Toplumun sağlıklı olabilmesi için toplumu oluşturan bireylerin sağlıklarının korunması gerekmektedir. Bu nedenle, yaşadığımız mekanlarda, çalıştığımız ortamlarda ve kullandığımız ürünlerde hijyenin sağlanması, yani hastalık oluşturabilecek mikroorganizmalardan arındırılması günlük yaşamımızda giderek önem kazanmaktadır [8].

3.1. Bakteriler ile İlgili Genel Bilgiler

3.1.1. *Escherichia coli*

E. coli yaklaşık olarak 2-6 µm boyunda ve 1.0-1.5 µm enine, düz, uçları yuvarlak çomakçık şeklinde bakterilerdir (Şekil 3.1). Bazı kültürlerde koka benzer küçük ve kısa bazı kültürlerde de normalden uzun hatta Y harfi şeklinde dallanan filamanlı şekiller bulunabilir. Her iki şeklin birlikte bulunması olasıdır. Genellikle etraflarında bulunan kirpikleri aracılığı ile hareketli olmakla beraber hareketleri yavaştır hatta hareketsiz görünebilirler. Bakteriyolojik boyalarla kolay boyanırlar ve gram negatiftirler. Etraflarında kapsül maddeleri bulunmakla beraber organizmada bağırsak dışındaki yerlerden soyutlanan kökenlerin çoğunda kapsül ya da mikrokapsül bulunur [9].



Şekil 3.1. *E. coli* kolonisinin taramalı elektron mikroskobu görüntüsü [10]

E. coli buyyon ve jeloz gibi genel besiyerlerinde kolayca ürerler. Değişebilen anaerop olup, optimal üreme ısısı 37 °C dir. 15-45 derecelerde üreyebilirler. Özellikle 45 °C de üreyebilmeleri benzer bazı bakterilerden ayırt edici bir özelliktir. Ortalama pH 7.2 de iyi ürerler. *E. coli* ısıya karşı oldukça dirençli bir bakteridir. 60 °C ısıda 30 dakika, oda ısısına uygun ortamda olmak koşulu ile uzun süre canlı kalabilir. Soğuğa dirençlidir. Dezenfektanlara karşı dirençsizdir [9].

3.1.2. *Pseudomonas aeruginosa*

Uzunlukları çok değişik olmakla beraber *pseudomonas aeruginosa* 1.5-3 µm uzunluğunda ve 0.5 µm kadar genişliğinde, bazen çift çift ve bazen de kısa zincirler halinde görülen sporsuz, kapsülsüz çomakçık yapısındadırlar (Şekil 3.2). Çoğu kez bir uçlarında bir, nadiren iki-üç adet kirpiği vardır ve çok hareketlidirler. Kolay boyanırlar ve gram negatiftirler.

Genel kullanım besiyerlerinde kolaylıkla optimal 30-37 °C lerde ve hafif alkali ortamda bol olarak ürerler, ısıya dirençsizdirler. 55 °C de 1 saat ve 60 °C de 15 dakikada ölürlür. Çevre ısısı koşullarında sularda aylarca canlı kalırlar [9].

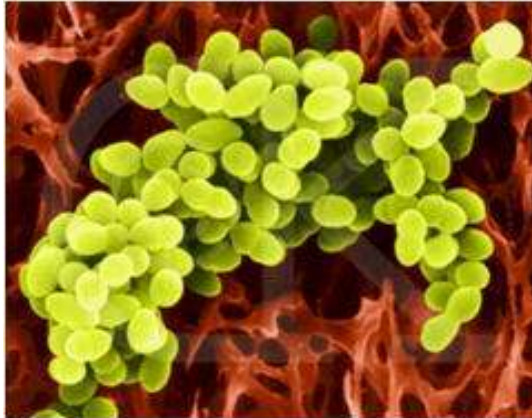


Şekil 3.2. *P.aeruginosa* kolonisinin taramalı elektron mikroskobu görüntüsü [11]

Pseudomonas aeruginosa'lar özellikle hastanelerde daha kolay barınma ortamı bulurlar. Hastanedeki çeşitli çevre örneklerinin % 5'inde *pseudomonas* izole etmek olasıdır. Bu olasılık hastanede uygulanan temizliğe ve incelenen bölgenin niteliğine göre artabilir [9].

3.1.3. *Staphylococcus aureus*

Doğada oldukça yaygın olan, tozda, toprakta, eşya üzerinde, insan ve hayvan deri, burun mukozası, ağız ve nazofarinks floralarında bulunan *staphylococcus aureus* bakterilerinin, günümüz için en önemli yönleri kullanılmakta olan kemoterapötik maddelerin birçoğuna hızla dayanıklılık kazanmaları ve bu nedenle eskiye oranla enfeksiyonlarına daha sık rastlanmasıdır.

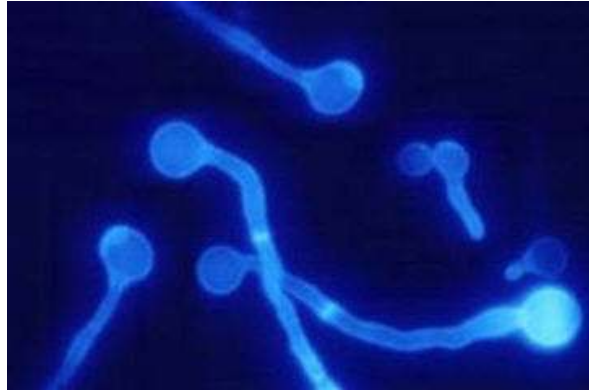


Şekil 3.3. *S. aureus* kolonisi taramalı elektron mikroskobu görüntüsü [11]

Optimal olarak 37 °C de ve pH 7.4 de ürerler. Jeloz besiyerinde bolca ürer ve yuvarlak kenarlı mat, kabarık, parlak yüzeyli, S tipinde ve 1-2 mm çapında koloniler yaparlar (Şekil 3.3). Uygun ortamda koloniler 6-8 mm çapına ulaşabilirler [8].

3.1.4. *Candida albicans*

En önemli fırsatçı mantarlardır. Maya mantarlarından olan bu canlı, deride enfeksiyona neden olur. Normalde sağlıklı insanın derisinde, solunum, sindirim ve üreme bölgelerinin mukoza zarlarında bulunur. Bağışıklık sistemi zayıfladığında çoğalır ve enfeksiyon oluşur. Tomurcuklanarak çoğalan, oval şekilli, tek hücreli bir asalaktır (Şekil 3.4). Candidaların yüzden fazla türleri vardır. Ancak 10-15 tanesi insanda patojendir [12].



Şekil 3.4. *Candida albicans* taramalı elektron mikroskobu görüntüsü [11]

4. ANTİMİKROBİYAL SİSTEMLER

Antimikrobiyal karışımlar genellikle mikrop yok edici, sağlığı koruyucu, koku önleyici ve dezenfektan olarak adlandırılır ve farklı koşullar altında oluşan zararlı organizmaların kabiliyetine karşı gösterilen direnç olarak tanımlanır. Antimikrobiyal sistemler etkilerini beş mekanizmada gösterirler:

- Metabolik antagonistik etki yaparlar,
- Hücre duvar sentezini bozarlar,
- Hücre zarının geçirgenliğini ve fonksiyonunu bozarlar,
- Protein sentezini bozarlar,
- Nükleik asit sentezini bozarlar [13].

4.1. Genel Tanımlar

Antimikrobik etkenler ile ilgili olarak genellikle kullanılan deyimler:

Bakteriyostatik: Bakterilerin çoğalmasını önleyen maddelere denir. Bunların ortadan uzaklaştırılmasından sonra bakteriler yeniden üremeye başlarlar.

Bakteriosidal: Bakterileri öldürebilen maddelerdir. Bu etkinin bakteriyostatikten farkı burada işlemin geri dönüşmez olmasıdır. Öldürülmüş bir organizma etkenden tamamen uzaklaştırılsa bile artık üreyemez .

Steril: Her şekildeki hayattan arı demektir. Sterilizasyon, süzme suretiyle (özellikle sıvılar ve hava) ya da mikropları öldüren etkenlerle yapılabilir.

Dezenfektan: Yüzeylerdeki mikroorganizmaları öldürmek için kullanılan fakat direkt olarak dokulara uygulanamayacak kadar toksik olan maddelerdir.

Septik: Canlı dokularda patojen mikropların bulunması ile tanımlanır.

Aseptik: Ortamda patojen mikropların bulunmayışı ile tanımlanır [14].

5. MİKROBİYOLOJİK ÇALIŞMALAR

Mikrobiyoloji çalışmalarında önemli olan adımlar sırasıyla; sterilizasyon, ortam, mikrobiyolojik örnek alma ve bakteri ekimi (kültivasyon), bakteri morfolojisi ve bakterileri boyama, mikroorganizmanın tanımlanması, mikrobiyolojik sayım yöntemidir [15].

5.1. Sterilizasyon

Sterilizasyon genelde bir ortamdaki bütün organizmaların öldürme yada ortamdaki uzaklaştırma işlemi olarak tanımlanır. Mikrobiyoloji uygulamaları dikkate alındığında sterilizasyon; laboratuvar ekipmanlarının ve besiyerlerinin, bilinen herhangi bir yöntemle üzerinde veya içinde bulunan mikroorganizmaların öldürülmesi yada ortamdaki uzaklaştırılması işlemidir. Sterilizasyon işlemi uygulanmış materyale steril denir. Bazı mikroorganizmaların iki şekli vardır; vejetatif formlar nispeten kolay öldürülebilmekte, dayanıklı spor formlarını ise öldürmek ise daha zor olmaktadır. Başarılı sterilizasyon tekniği, en dayanıklı spor formunu bile öldürmeyi amaçlar. Ancak her zaman mutlak bir sterilizasyon olmayabilir. Sterilizasyon yöntemleri; ısı işlem uygulaması, ışınlama ile sterilizasyon, mekanik yöntemlerle sterilizasyon, kimyasal yolla sterilizasyon olarak adlandırılmaktadır [16].

5.2. Besiyeri

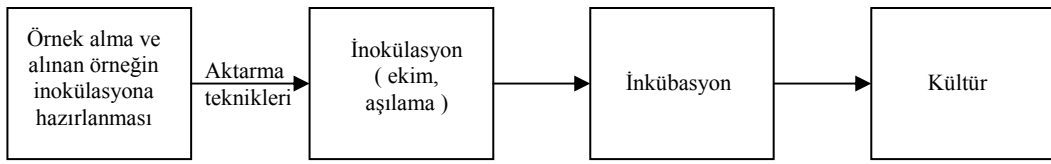
Mikroorganizmaların laboratuvar koşullarında üretilmeleri, saf olarak elde edilmeleri, çeşitli özelliklerinin incelenmesi, biyolojik olarak ve metabolik ürünlerin elde edilmesi için çeşitli besleyici ortamlar kullanılır.

Bakterilerin büyük bir çoğunluğu ve mantarlar cansız ortamlarda üretilmektedirler. Bu gibi mikroorganizmaların üretilmeleri, saf olarak elde edilmeleri, koloni ve biyokimyasal özelliklerinin incelenmesi, biyolojik ürünlerin elde edilmesi için onları organizmanın dışında üretmek amacı ile kullanılan cansız, besleyici ortamlara besiyeri adı verilir [17].

5.3. Mikrobiyolojik Örnek Alma ve Kültür Yapma

Üzerinde veya içinde mikroorganizma üretilmiş (ya da üremiş) besiyerleri kültür olarak adlandırılır. Besiyerinde bir mikroorganizma türü üretilmiş ise bu saf kültürdür.

Kültür yapma, mikroorganizmaların buldukları ortamdan belirli tekniklerle alınarak, uygun bir besleyici ortama aktarılması ve burada gelişmelerinin sağlanması aşamalarını içerir (Şekil 5.1) [17,18].



Şekil 5.1. Kültür elde etme aşamaları

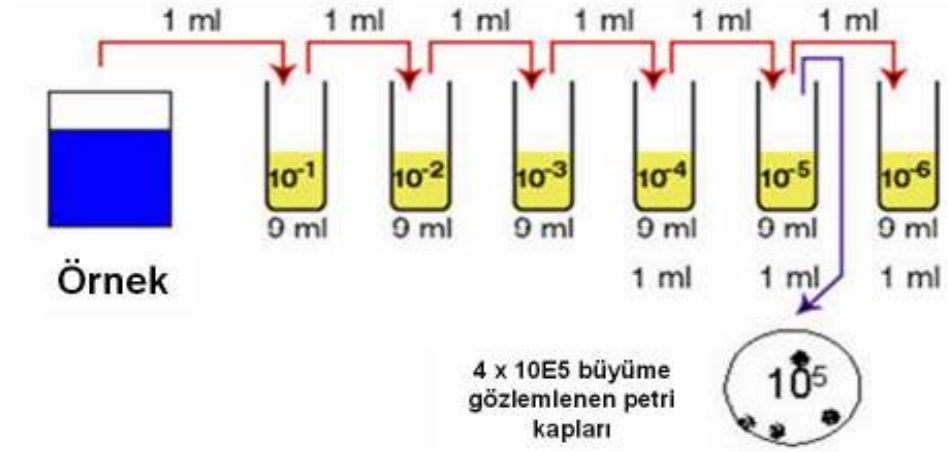
Ancak kültür yapmadaki bu aşamalardan önce bir takım ön hazırlıkların gerçekleştirilmesi gerekir. Bu amaçla yapılacak ilk işlem steril besiyerinin hazırlanmasıdır. Bunun için önce kültürü yapılacak örneğe veya incelenecek mikroorganizmaya ya da mikroorganizma grubuna uygun bir besiyerinin seçimi yapılır. Daha sonraki aşamada ise bu besiyeri usulüne uygun olarak hazırlanır ve sterilize edilerek kullanıma hazır hale getirilir.

Kültürel sayım yapılacak bir örneğin ml'sinde binlerce hatta milyonlarca mikroorganizma bulunabilir. Bu nedenle, incelenecek örneğin uygun seri dilüsyonları hazırlanır. Dilüsyon hazırlama, mikrobiyolojik yönden incelemeye alınacak orjinal örnek içindeki mikroorganizma sayısının belirli oranlarda daha aza indirilmesini sağlayan bir işlemdir.

Damıtık su, serum fizyolojik, tamponlu fosfat dilüsyon sıvısı ve nutrient broth gibi bazı sıvı besiyerleri en sık kullanılan dilüsyon sıvılarıdır. Dilüsyon sıvıları ondalıklı, iki katlı ya da dört katlı dilüsyon serileri şeklinde hazırlanabilir. Ancak en sık kullanılan ondalıklı dilüsyon serileridir.

Ondalıklı dilüsyon serilerinde, dilüsyon sıvıları her bir deney tüpünde 9 ml dilüsyon sıvısı olacak şekilde hazırlanır. Dilüsyon sırasında her bir tüpten bir

sonrakine 1 ml örnek aktarılır. Bu şekilde her bir aktarmada örnek on kat seyrelmiş olur (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Dilüsyon hazırlanması [19]

İncelenecek örneğin steril bir besiyerinin üzerine ya da içine, aktarma tekniklerinden yararlanılarak, uygun bir şekilde aktarılması olayına inokülasyon adı verilir. Kültür elde etmedeki son aşama olan inkübasyon, ekim yapılmış besiyerini içeren kabın, uygun bir inkübatörde, belli bir sıcaklıkta belli bir süre tutulması işlemidir. Petri kutuları, inokülasyonu takiben belli bir süre bekledikten sonra, örnek absorpsiyonu ve agarın katılaşması için ters çevrilerek inkübatöre yerleştirilir. Böylece, petri kutusu içinde oluşabilecek su buharının kapakta kondense olup besiyerine damlayarak, kültürün kontaminasyonu ile, olduğundan daha fazla sayıda koloni veya daha büyük koloni oluşumu risklerinin önüne geçilmiş olur. İnkübasyon sıcaklığı ve süresi, ekim yapılan örnek veya çalışılan mikroorganizmanın özelliğine ya da çalışmanın amacına göre belirlenir [18].

6. ANTİMİKROBİYAL TEKSTİL

Tekstil ürünleri yapıları ve kullanıldıkları yerler açısından mikroorganizmaların yaşaması ve çoğalması için uygun sıcaklık, nem ve besin maddesi sağlayan ortamlardır. Tekstil yapılarının aralarına yerleşen mikroorganizmalar tekstil ürünün kendisine ve kullanıcıya zarar verebilmektedir. Antimikrobiyal özellik kazandırılan tekstil ürünleri mikroorganizmaların neden olduğu olumsuzlukları azaltmaya ve ortadan kaldırmaya yardımcı olmaktadır. Bu ürün gurupları mikroorganizmaların enfekte olmalarının önüne geçilmesi, enfeksiyonların kontrol altında tutulması, mikroorganizmalardan kaynaklanan koku, lekelenme ve renk değişiminin önüne geçilmesi, kalite kaybının engellenmesi amacı ile kullanılmaktadır [2].

6.1. Tekstil Ürünlerinde Kullanılan Antimikrobiyal Maddeler ve Etkileri

Tekstillere uygulanan antimikrobiyal işlemler ile uzun süre boyunca tekstil ürününü koruması ve korunmasını sağlaması amaçlanmaktadır. Antimikrobiyal işlemlerin kullanılmasının dört ana amacı vardır:

- Mikrobiyel lif bozulmasının bir sonucu olarak performans özelliklerindeki kaybı önlemek
- Bakteri oluşum tekrarını önemli ölçüde sınırlandırmak
- Terin mikrobiyal bozunmasının bir sonucu olarak koku oluşumunu azaltmak
- Patojenlerin taşınması ve yayılmasını önlemek

Bu amaçla kimyasal yöntemler ve fiziksel yöntemler ile tekstil ürününe antimikrobiyal özellik kazandırılabilir (Çizelge 6.1) [3].

Çizelge 6.1. Tekstil ürünlerine antimikrobiyal özellik kazandıran işlemler [3]

Antimikrobiyal Etki		
Kimyasal Yöntemler		Fiziksel Yöntemler
Fenol ve fenol bileşikleri	Klor ve türevleri	Sıcaklık
Alkoller	İyodinler	Ozmotik Basınç
Metaller	Boyalar	Radyasyon
Oksitleyici maddeler	Sabun ve Sentetik Deterjanlar	Filtrasyon (Süzme)

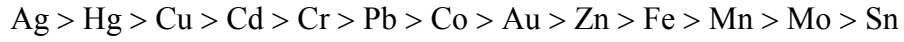
Antimikrobiyal maddelerin hepsi, aynı mekanizma ile etki göstermez. Bu nedenle doğru seçim yapabilmek için, kullanılan antimikrobiyaller arasındaki farklılıkların anlaşılması önemlidir. Antimikrobiyal uygulamalar;

- Kimyasal yapılarına
- Çalışma mekanizmalarına ve şartlarına
- Kalıcılıklarına
- Etkinliklerine
- Toksiklik ve güvenliklerine
- Maliyetlerine göre birbirleriyle farklılık gösterirler [3].

Kimyasal yöntemlerde kullanılan maddeler, uygun konsantrasyonlarda mikroorganizmaları öldürme veya üremelerini durdurma kapasitesinde olduklarından, kullanılma amaçlarına göre seçilir. Uygulanacak maddenin yapısı, etkilenmesi istenen mikroorganizma tipleri ve çevre şartları, sıcaklık, pH konsantrasyonu, uygulama süresi ve organik maddelerin varlığı, kimyasal ajanın aleyhine etki edebilirler. Bu yüzden seçilen kimyasal maddenin, çevre şartlarından mümkün mertebe etkilenmemesi gerekir.

Oksitleyici maddelerden oksijenli su, hidrojen peroksit adıyla da anılan etkili bir antiseptiktir. Yüksek moleküllü yağ asitlerinin sodyum veya potasyum tuzları olan sabunlar ve sentetik deterjanlar, mikroorganizma türüne göre değişen antiseptik güce sahiptirler ve etkileri mekaniktir. Yüzey gerilimini azaltıp suyun ıslatma gücünü artırırlar, köpüğe geçen organizmalar, durulama ile elimine olur [20,21].

Metal iyonlarının mikroorganizmalara karşı gösterdikleri etkinlik sıralaması aşağıda verilmektedir [22];



Gümüş metalinin diğer metallere göre daha sık kullanılmasının nedenleri;

- Bakterileri gideren en etkili metal iyonu
- Vücuda karşı zararlı etkilerinin bulunmaması
- Çoğu malzemeye göre nispeten daha ucuz olması
- Kolay üretim işlemidir [23].

Tıbbi klinik ürünlerde en çok kullanılan gümüş bileşimi gümüş nitrattır, çünkü AgNO_3 gümüş iyonlarını en çabuk serbest bırakabilen maddedir.

Fiziksel yöntemlerden sıcaklık, ucuz, kolay ve etkili bir metottur. Isı, hücre proteinlerini koagüle ederek, mikroorganizmaları inaktive eder. Kurutma sonucu ortamdaki su miktarı % 30' un altına düşer, bu nedenle hücrelerin kurutulması metabolik faaliyetlerin durdurulmasına neden olur. Radyasyon, bakterisid özelliktedir; bu şekilde stoplazmadaki suyu iyonize ederek, çeşitli aktif bileşiklerin (hidrojen peroksit, süperoksit) ve hidroksil radikallerinin oluşmasına neden olur. Bu bileşiklerin ile radikallerin; protein ve nükleik asitler üzerinde ölümle sonuçlanan denatüre edici etkileri vardır [3].

6.2. Tekstil Ürünlerine Antimikrobiyal Özellik Kazandırma Yöntemleri

Antimikrobiyal tekstil ürünleri; antimikrobiyal maddenin lif çekimi esnasında eklenerek lif polimer yapısı içerisine hapsedilmesi veya bitim işlemleriyle tekstil mamulüne aktarılması ile elde edilmektedir. Lif çekim teknolojisinde antimikrobiyal madde, polimer ya da lif çekim çözeltisi içine düzeden geçirilmeden önce ilave edilmektedir. Katkı maddesinin özellikleri lif çekim koşulları (partikül çapı, ısı ve kimyasal dayanımı, polimerle herhangi bir etkileşimlerinin olmaması) ile uyumlu olmalıdır. Lif dışına yerleşen antimikrobiyal maddelerin uzaklaşmasının ardından iç kısımda bulunan antimikrobiyal maddeler migrasyonla lif yüzeyine çıkmaktadır. Bitim işlemleri ile

antimikrobiyal etki sağlanması için uygulanan en yaygın yöntemler püskürtme, emdirme ve kaplamadır.

Antimikrobiyal lif üretiminde en çok kullanılan maddeler: triklosan, chitosan ve başta gümüş olmak üzere çeşitli metal iyonlarıdır. Gümüş iyonunun, çeşitli hastalıklara sebep olan 650'den fazla mikroorganizmaya karşı etkili olduğu klinik deneylerle kanıtlanmıştır [24].

6.3. Tekstil Ürünlerine Uygulanan Testler

Tekstil ürünlerinin performansının ölçülmesi için uygulanan testler fiziksel ve kimyasal testler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Çizelge 6.2).

Çizelge 6.2. Tekstil ürünlerine uygulanan testler

Test Tipi	Test Adı
Fiziksel	Antimikrobiyal Aktivite Tayini
	Kopma-Yırtılma Mukavemeti
	Patlatma Mukavemeti
	Boncuklanma (pilling)
	Hava Geçirgenlik
	Elastikiyet
	Kalıcı Uzama
Kimyasal (Haslık)	Yıkama Haslığı
	Sürtünme Haslığı
	Su Haslığı
	Ter Haslığı

6.3.1. Antimikrobiyal aktivite belirleme testleri

Tekstil ürünlerinin antimikrobiyal etkinliğinin belirlenmesi için çok çeşitli test standartları kullanılmaktadır. Çizelge 6.3'te tekstil ürünlerinde antimikrobiyal etkinlik özelliğini belirlemek için kullanılan standartlar listelenmiştir.

Çizelge 6.3. Antimikrobiyal etkinlik test yöntemleri [2]

Standart no	Standardın Adı	yöntem
SN 195920-1992	Textile fabrics: Determination of the antibacterial activity: Agar diffusion plate test	DİFÜZYON AGAR METODU, (yarı kantitatif yöntem)
SN 195921-1992	Textile fabrics: Determination of the antimycotic activity: Agar diffusion plate test	
AATCC 30-1993	Antifungal activity, assessment of textile materials: Mildew and rot resistance of textile materials	
AATCC 147-1993	Antibacterial assessment of textile materials: Paralel streak methods	
AATCC 90-1982	Antibacterial activity of fabrics, detection of: Agar plate method	
AATCC 174-1993	Antimicrobial activity assessment of carpets	
JIS L 1902-1998	Testing method for antibacterial of textiles	
AATCC 100-1993	Antibacterial finishes on textile materials: assessment of textile materials: parallel streak method	Kantitatif yöntem (Challenge test)
SN 195924-1983	Textile fabrics: Determination of the antibacterial activity: Germ count method	
XP G39-010-2000	Properties of textiles-Textiles and polymeric surfaces having antibacterial properties. Characterization and measurement of antibacterial activity	
JIS Z 2911-1992	Methods of test for fungus resistance	Bozulma testi (toprağa gömme testi)
ISO 846-1997	Plastics –Evaluation of the action of microorganisms	
ISO 11721-1-2001	Textiles –Determination of resistance of cellulose containing	
ASTM E2149-01	Standard Test Method for Determining the Antimicrobial Activity of Immobilized Antimicrobial Agents Under Dynamic Contact Conditions	
ISO 20743	“Textiles –Determination of the antibacterial activity of Antibacterial Finished products	

Agar difüzyon test yöntemi olarak tanımlanmış olan (AATCC 147, JIS L 1902-2002, SN 195920-1992 ve diğer benzer standartlar) kantitatif sonuçlar

vermekte olup basit ve çok sayıda numune için uygun olmaları nedeni ile tercih edilebilmektedirler. Yöntemin uygulanması sonucunda ortamda antibakteriyel etkinlik olup olmadığı sadece var / yok şeklinde kantitatif olarak belirlenmektedir. Agar Plate içinde test edilen numune kumaşın altında organizma kalmaması, kumaşın antibakteriyel olarak etkin olduğunu göstermektedir. Kumaş etrafında organizmanın üremediği bir bölge oluşması durumunda bu bölgenin büyüklüğüne bağlı olarak sayısal veri elde edilebilmektedir ancak bu veri karşılaştırma yapılması için uygun bulunmamaktadır [2].

Kantitatif yöntemler olarak bilinen AATCC 100-2004, JIS L 1902-2002 ve Sn195924-1992 standartları ile sayısal büyüklükler elde edilmektedir. Ancak bu standartlar Agar Difüzyon yöntemi ile yapılan ölçümlere göre çok daha zor ve uzun süren testlerdir. Mikroorganizma içeren sıvıların numune kumaşlar üzerine emdirilmesinden sonra ortamdaki mikroorganizma sayılarındaki değişim oransal olarak antimikrobiyal etkinlik verisine dönüştürülmektedir. Bu yöntemde üzerinde herhangi bir antimikrobiyal işlem görmeyen kontrol numunelerinin de test edilmesi gerekmektedir. Bu standartlar ile %99'dan daha yüksek antimikrobiyal etkinlik olduğu görülebilmektedir. Ancak burada test sırasında ortamda bulunan doymuş nemlilik ve bol besin, test ortamının gerçekteki şartlardan farklı olmasına neden olmaktadır. Normal giyim şartlarında tekstil yapıları üzerindeki nemlilik ve ortamdaki besin miktarı farklı olabilmektedir. Günümüzde antimikrobiyal etkinlik ölçüm yöntemlerinin çok azında gerçek yaşam şartları içinde test yapılmaktadır. JIS L 1902 -2002 standardında gerçek yaşamdaki ortam şartlarına benzer durumda test yapılmakta, test ortamında organizmaların beslenebileceği besin miktarı sınırlı tutulmaktadır. Benzer şekilde ISO 20743 standardında da mikroorganizmalar tekstil yüzeyine baskı yöntemi ile aktarılmakta kantitatif yöntemdeki gibi yapay bir sıvı ortamda muamele yapılmamaktadır. Böylece test ortamı gerçek yaşamdaki duruma benzetilmiş olmaktadır [2].

Tekstillerde antimikrobiyal etkinlik ölçüm standartları numune kumaş üzerindeki antimikrobiyal etkinliğin mevcudiyetini belirlemek için kullanılmaktadır. Mevcut yöntemler ile elde edilen verilerin lineer olarak birbirine dönüştürülmesi için uygun bir formülasyon bulunmamaktadır. Her bir yöntem prensip olarak iki başlık altında toplanmakta olup en ideal sonuçlar tekstil

ürünlerinin kullanım şartlarına benzer şartlarda yapılan testler sonucunda elde edilmektedir.

Her geçen gün daha fazla insan tarafından kullanılan ve üretimi artmakta olan antimikrobiyal tekstil ürünlerinin antimikrobiyal etkinlik testlerinin yanı sıra bu ürünlerin toksik ve dermatolojik testlerinin yapılması tüketicinin kullanım güvenliği açısından son derece önemlidir [2].

7. DÜNYADA ANTİMİKROBİYAL TEKSTİL KULLANIMI

Antimikrobiyal tekstil ürünleri özellikle gelişmiş ülkeler başta olmak üzere, hastane ve hijyen amaçlı kullanım alanları dışında günlük hayatta da yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin otel tekstilleri, bebek giysi ve eşyaları, döşemelikler, mutfak silme bezleri, havlular, peçeteler, sporcu giysileri, avcı giysileri ve çorap gibi çeşitli alanlarda kullanılan tekstil ürünlerinin antimikrobiyal özellikte olması istenmektedir. İskandinav ülkeleri, Kuzey Amerika ve Japonya gibi refah düzeyi yüksek, bilinçli tüketici gruplarının olduğu ülkelerde, artan hijyen bilinci ve hassasiyetlere bağlı olarak antimikrobiyal tekstil ürünleri aranan ve sürekli gelişmekte olan bir ürün gurubu haline gelmiştir [2].

Çizelge 7.1. Japonya’da kullanılmakta olan antimikrobiyal tekstil ürün çeşitleri [25]

Ürün grubu	Ürün adı	Örnekler
Giysiler	Dış giyim	Eşofman, pantolon, süeter, hırka, takım elbise, manto, elbise, yelek
	İç giyim	Atlet, şort, slip, içlik, büstiyer, bel kuşağı, korse
	Yatak giysileri	Pijama, gecelik
	Çoraplar	Soket çorap, ince kadın çorabı, tayt,
	Şapka, Eldiven	Şapka, kasket, bere, başlık, kep, eldiven çeşitleri
	Ara giysiler	Beyaz gömlek, tişört çeşitleri
	Kişisel sağlık ürünleri	Hijyenik şort ve çamaşırlar, hamilelik iç giyim çeşitleri, destekleyici korse ve iç çamaşırları
	Kişisel kullanım ürünleri	Mendiller
Yatak odası tekstilleri	Yataklar	Uyku tulumları, yatak koruyucular
	Yorgan ve battaniye	Yorgan çeşitleri, battaniyeler
	Çarşaf ve yastıklar	Yatak çarşafı, nevresim, yastık kılıfı
Mefruşat	Yer döşemeleri	Halılar, kilimler, halı örtüleri, paspaslar
	Diğer yer döşemeleri	Banyo paspasları, kaymayı önleyen paspaslar,
	İç dekorasyon	Perdeler, masa örtüleri, yastıklar
	Mutfak bezleri	Havlular, kurulama bezleri, örtüler
Bebek ürünleri	Sıhhi giysiler	Alt açma örtüleri, önlükler, kumaş alt bezleri, diğer silme bezleri
	İç giyim	Bebek atleti, çorap, eldiven, içlik
	Dış giyim	Tulumlar, yelekler
	Yatak tekstilleri	Yorgan, çarşaf, yastık, yatak pedi
Ev hayvanları için ürünler	Havlular	Silme havluları, bezler
		Yastık, ped, emici örtüler

Çizelge 7.1’de Japonya’da tüketicilerin kullanımına sunulmuş olan antimikrobiyal tekstil ürünlerinin çeşitleri listelenmektedir.

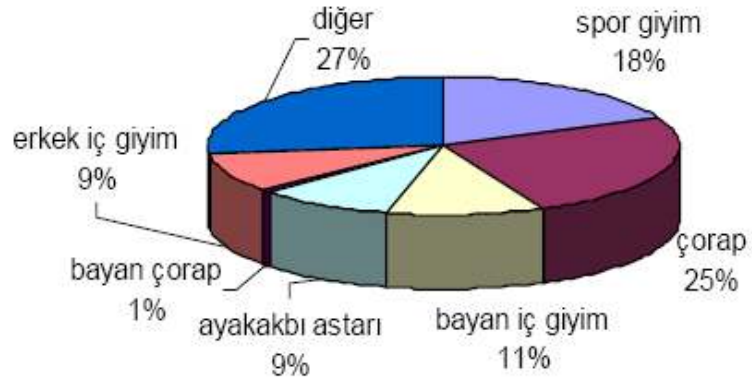
Japonya’da kullanılmakta olan antimikrobiyal tekstil ürün gurupları sadece bu ülke için geçerli olan ürünler olmayıp tabloda listelenmiş olan ürünler dünyanın diğer gelişmiş ülkelerinde de yaygın olarak kullanılmakta olan ürün guruplarıdır [2].

Şekil 7.1’de Batı Avrupa’da 2000 yılı itibarı ile kullanılmakta olan antimikrobiyal tekstil ürün çeşitleri genel olarak sınıflandırılmıştır. Burada Japonya’daki kullanım alanlarından farklı olarak spor giyimde antimikrobiyal tekstil kullanımı daha ağırlık kazanmıştır. Toplam tüketim miktarı bitim işlemi ile elde edilen antimikrobiyal tekstil ürünleri ve antimikrobiyal elyaftan kullanılarak yapılmış olan tekstil ürünleri olarak iki ayrı gurupta incelenmiştir. Toplam 31 kton olarak rapor edilmiş olan Avrupa antimikrobiyal tekstil ürün kullanımının 26,5 kton kadarının bitim işlemleri ile geri kalan 4,5 kton kadarının ise antimikrobiyal elyaf kullanılarak üretildiği görülmektedir [2].

Farklı kimyasallar ve yöntemler kullanılarak üretimi yapılmakta olan antimikrobiyal tekstil ürünlerinin bu fonksiyonları genellikle yıkama sayısı ve kullanım şartlarına bağlı olarak zamanla azalmasına rağmen tüketiciler için yine de tercih edilen ve kullanım alanı sürekli olarak artan ürün çeşitleridir [2].



(a)



(b)

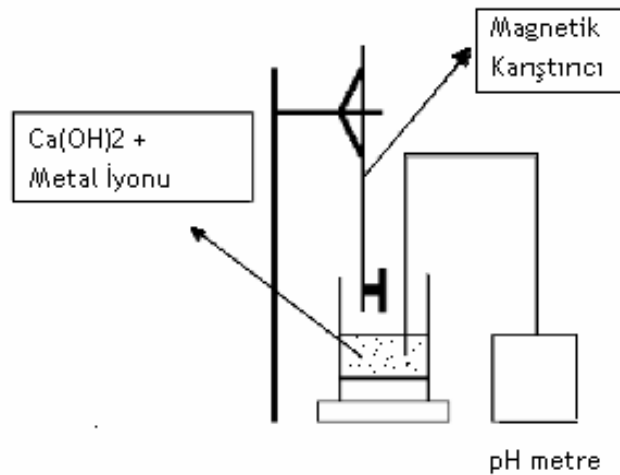
Şekil 7.1. 2000 yılı itibarı ile Batı Avrupa'da (a) bitim işlemi ile elde edilen, (b) antimikrobiyal elyaf kullanılarak üretilen antimikrobiyal tekstil ürünlerinin kullanımı [26]

8. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada tekstil ürünlerine yönelik yıkamaya dayanıklı, nano gümüş katkılı antimikrobiyal apre kimyasalı geliştirilmesi ve antimikrobiyal lif üretilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda ilk olarak antimikrobiyal toz sentezlenmiş ve karakterizasyonu yapılmıştır. Tozun kumaşlara kalıcı biçimde aplikasyonunu sağlamak için uygun bağlayıcı çalışmaları yürütülmüştür. Son olarak, elde edilen antimikrobiyal kimyasalın tekstil ürünlerine aplikasyonu ve kalıcılığı ile ilgili çalışma ve analizler yapılmıştır.

8.1. Antimikrobiyal Seramik Tozun Sentezlenmesi

Metal iyon katkılı antimikrobiyal seramik tozun hazırlanması sırasında yaş kimyasal yöntem kullanılmıştır. Yaş kimyasal yöntemde önce metal iyonları (%5 Ag^+ ve %14 Zn^{+2}) saf suda mikser yardımıyla tamamen çözülmüştür. Çözeltinin içerisine kalsiyum hidroksit eklenerek süspansiyon hazırlanmıştır (Şekil 8.1.). Daha sonra asit yavaş yavaş ilave edilerek devamlı karıştırma işlemi ile kimyasal reaksiyona girmesi sağlanmıştır. Kalsiyum fosfat yapısına yakın bir yapı oluşturmak için pH belirli bir değerde sabitlenmiştir. Oluşan çözelti filtreden geçirilip $80^{\circ}C$ 'de etüvde kurutulmuştur. Daha sonra sırasıyla kuru öğütme ve atritör değirmende yapılan öğütme işlemleri ile sentezlenen ZAG 1455 kodlu antimikrobiyal toz istenilen tane boyutuna indirilmiştir.



Şekil 8.1. Antimikrobiyal seramik tozun sentezlenmesi

8.2. Sentezlenen Antimikrobiyal Seramik Tozun Karakterizasyonu

8.2.1. XRD analizi

X-ışınları difraktometresi (XRD, Rigaku-Rint 2200) kullanılarak üretilen antimikrobiyal tozun faz analizi gerçekleştirilmiştir. XRD analizleri 10-50° açıları arasında 2 °/dk hız ile yapılmıştır.

8.2.2. Tane boyut analizi

Malvern NanoZS 2000 cihazı kullanılarak üretilen toz numunenin tane boyut ölçümleri yapılmıştır.

8.2.3. Taramalı elektron mikroskobu analizi

Sentezlenen antimikrobiyal tozun yüzey morfolojisi ve tane boyut dağılımı, taramalı elektron mikroskobu (SEM, Zeiss Evo 50EP) kullanılarak belirlenmiştir.

8.3. Sentezlenen Tozun Antimikrobiyal Etkinliği

Metal iyon katkılı kalsiyum fosfat esaslı tozun antimikrobiyal etkinliğinin belirlenmesi amacı ile Halo test methodu kullanılmıştır.

8.3.1. Halo test metodu

Metal iyon katkılı kalsiyum fosfat esaslı tozun (ZAG 1455) antimikrobiyal etkinliğini belirlemek amacı ile Halo test metodu kullanılmıştır. Halo test metodunda; petri kapları ve toz numuneler 200°C'de 2 saat süre ile steril edilmiştir. Katı besiyerinde bulunan saf *E. coli* kültüründen öze ucu ile bir miktar alınarak sıvı besiyerine (nutrient broth) aktarılmış ve sıvı besiyeri 37 °C'de 24 saat inkübe edilerek kültür hazırlanmıştır. Öze ucunun ve deney tüpünün ağız kısmı ateşten geçirilerek steril edilmiştir. Bu bakteri kültüründen 10⁻³, 10⁻⁴, 10⁻⁵

oranlarında dilüsyon hazırlanmıştır. Her bir deney tüpünden diğerine aktarım yapılırken vorteks tüp karıştırıcı kullanılarak sıvı besiyerinin (nutrient agar) homojen hale gelmesi sağlanmıştır. Besiyerleri malzemeler üzerinde ince bir film tabakası oluşturacak şekilde dökülüp, hazırlanan dilüsyonlardan 200 µl lik bakteri ekimi yapılmıştır. Ekim steril dragalski özesi kullanılarak yüzeye yayma yöntemi ile yapılmıştır. Petriler ters çevirilerek 37°C’de, sıcak hava sirkülasyonu engellenmeyecek şekilde yerleştirilmiş ve 24 saat süre ile inkübe edilmiştir. 24 saat sonunda numunelerin fotoğrafları çekilerek antimikrobiyal etkinlikleri belirlenmiştir.

8.4. Dağıtıcı İlavesi ile Tane Boyut ve Zeta Potansiyel Değişiminin İncelenmesi

Kararlı bir apre kimyasalı geliştirmek amacıyla antimikrobiyal tozun sulu karışımlarına dağıtıcı ilaveleri yapılmıştır. Dağıtıcı çeşitlerinin ve yüzdelerinin değişmesi ile tozun solüsyon içerisindeki tane boyut ve zeta potansiyel değişimleri gözlemlenmiştir.

Çalışmalarda dağıtıcı olarak sodyum silikat, etilen glikol ve polietilen glikol kullanılmıştır. %20 katı konsantrasyonuna sahip solüsyonlara, katı miktarının %0.5, %1 ve %3’ü kadar etilen glikol ve polietilen glikol ilave edilerek attritör değirmende 1 saat öğütülmüştür.

Farklı katı konsantrasyonlarına sahip solüsyonlara, katı miktarlarının %5’i, %10’u, %15’i ve %20’si kadar sodyum silikat eklenerek attritör değirmende 1 saat öğütülmüştür (Çizelge 8.1.).

Üç çeşit dağıtıcı ile hazırlanan solüsyonlar deney tüplerine alınarak sedimentasyon testleri, tane boyut analizi ve zeta potansiyeli ölçümleri yapılmıştır.

Çizelge 8.1. Sodyum silikat dağıtıcı ile yapılan öğütme denemeleri

Numune Adı	Antimikrobiyal Toz miktarı (gr)	Sodyum Silikat miktarı (gr)	Su Miktarı (gr)
CSD-01	20	4	80
CSD-02	20	3	80
CSD-03	20	2	80
CSD-04	20	1	80
CSD-05	30	6	70
CSD-06	30	4.5	70
CSD-07	30	3	70
CSD-08	30	1.5	70
CSD-09	40	8	60
CSD-10	40	6	60
CSD-11	40	4	60
CSD-12	40	2	60
CSD-13	50	7.5	50
CSD-14	50	10	50
CSD-15	50	5	50
CSD-16	50	2.5	50

8.5. Stabilizasyon Testi

Antimikrobiyal tozun kullanım sırasında ve yıkama sonrasında tekstil üzerine tutunmasını sağlamak amacıyla çeşitli tekstil bağlayıcıları ile antimikrobiyal toz karışımından oluşan stabil solüsyon çalışmaları yapılmıştır.

Çizelge 8.2’de görülen farklı firmalara ait farklı tipte bağlayıcılar ile birlikte antimikrobiyal tozun, stabil bir solüsyon haline getirilmesi için denemeler yapılmıştır.

Çizelge 8.2. Tekstil bağlayıcıları ve temin edildikleri firmalar

Bağlayıcı Adı	Üretildiği Firma
A Bağlayıcısı	Bayer
B Bağlayıcısı	CHT Textile Chemical A.Ş.
C Bağlayıcısı	Organik Chemical
D Bağlayıcısı	Organik Chemical
E Bağlayıcısı	Across Binder Bayer

İlk aşamada ZAG 1455 kodlu toz, tane boyutunun düşürülmesi amacıyla attritör değirmende %10 antimikrobiyal toz ve %90 su olacak şekilde öğütüldükten sonra tekstil bağlayıcıları içerisine farklı oranlarda katılarak kararlılık ve çökme testleri yapılmıştır (Çizelge 8.3.). Sonuçlar belirli zaman aralıklarında fotoğraflanarak, renk değişimleri ve çökme miktarları belirlenmiştir.

Çizelge 8.3. Her bir bağlayıcı için kullanılan antimikrobiyal toz miktarı

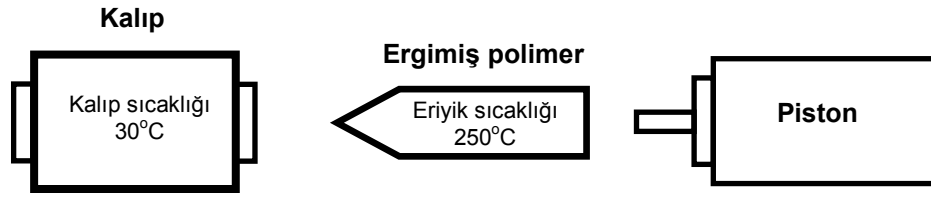
30 gr lık Tekstil Bağlayıcısı içerisindeki toz miktarı	Antimikrobiyal Toz (gr)	Sulu solüsyon (gr)
% 1	0,3	3
% 3	0,9	9
% 5	1,5	15
% 7	2,1	21

Çizelge 8.3'te belirtilen miktarlarda bağlayıcılar, sulu solüsyon halindeki antimikrobiyal toz ile karıştırıcıda 15'er dakika karıştırıldıktan sonra deney tüplerine alınmıştır. 1 dakika, 5 dakika, 15 dakika, 30 dakika, 1 saat ve 1 gün sonrasında fotoğrafları çekilerek solüsyonların kararlılığı gözlemlenmiştir.

8.6. Antimikrobiyal Lif Çekimi Konusunda Yapılan Ön Çalışmalar

Lif çekimi sırasında antimikrobiyal toz ilavesi ile birlikte, kullanılacak polimerde oluşacak renk değişiminin önlenmesi amacıyla çalışmalar yapılmıştır.

Antimikrobiyal toz içerisine %0.5, %1, %3 oranlarında polietilen glikol ilave edilip attritör değirmende öğütülmüştür. Hazırlanan solüsyonlar polibütilen tereftalat (PBT) içerisine %0.5, %1 ve %3 oranlarında eklenip, etüv içerisinde 80°C de kurumaya bırakılmıştır. Solüsyon ile karıştırılmış PBT numuneleri 200 rpm'de aynı yönde dönen çift vidalı mikrokariştiricida (DSM XPlore microcompounder) 250°C de ergitilmiştir. Karıştırıcıdan alınan ergimiş PBT-antimikrobiyal toz karışımı mikroenjeksiyon cihazında (DSM XPlore microinjection) 30°C'deki kalıplara alınmıştır ve renk farklarının belirlenebilmesi için numuneler hazırlanmıştır (Şekil 8.2).



Şekil 8.2. Mikroenjeksiyon cihazı ve çalışılan parametreler

Enjeksiyon işlemi 3 basamakta yapılmıştır. Her basamakta uygulanan basınç ve zaman aralıkları Çizelge 8.4'te belirtilmiştir.

Çizelge 8.4. Mikroenjeksiyon cihazında kullanılan basınç değerleri ve süreleri

	Basınç (bar)	Zaman (saniye)
1. basamak	4.0	5.0
2. basamak	8.0	5.0
3. basamak	8.0	5.0

8.7. Antimikrobiyal Toz Katkılı PES Lifi Üretimi

Geliştirilen antimikrobiyal toz kullanılarak PES lifi üretimi konusunda KORTEKS firması ile çalışmalar yapılmıştır. Öncelikle Bursa'da bulunan Suncolor firmasında %1'lik ve %3'lük PES masterbatch hazırlanmıştır.

Hazırlanan masterbatch ve PES cipsleri KORTEKS Ar&Ge biriminde bulunan tek vidalı numune lif çekim makinesinde karıştırılarak antimikrobiyal PES lif çekimi yapılmıştır.

İşlem sonrasında lif morfolojisinin incelenmesi amacıyla taramalı elektron mikroskobu (Zeiss Supra 50 VP) kullanılarak analizler yapılmıştır.

8.8. Geliştirilen Antimikrobiyal Apre Kimyasalının Kumaşlara Aplikasyonu

Geliştirilen antimikrobiyal apre kimyasalı ile, boyalı %100 pamuk dokuma, %100 PES örme, yünlü ve modal kumaşlara aplikasyon yapılmıştır. Aplikasyondan önce ve sonra %100 pamuk ve %100 PES örme kumaşların bazı fiziksel testleri yapılmış ve apre kimyasalının bu özelliklere etkisi incelenmiştir.

Bunun yanında antimikrobiyal işlem yapılan kumaşlar yıkanmış ve yıkamanın kumaşların antimikrobiyal etkinliğinde ve fiziksel özelliklerinde sebep olduğu değişimler test edilmiştir.

8.8.1. Materyal ve metot

Antimikrobiyal apre uygulaması yapılacak kumaşların üretimleri için öncelikle Ege Bölgesi'nde bulunan bir çırçır işletmesinden Karmen ve Beyaz Altın tipi pamuklar, PES iplik üretiminde kullanılmak üzere de Çorlu'da kurulu bir iplik işletmesinden cer bandı formunda 38 mm ortalama lif uzunluğuna sahip PES lifleri temin edilmiştir.

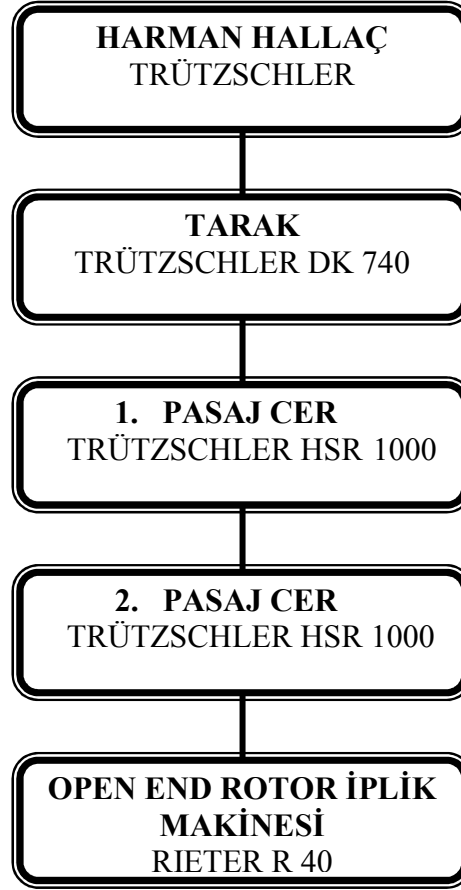
Pamuklar Ege Üniversitesi (E.Ü.) Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma ve Uygulama Merkezi Pamuk İpliği işletmesinde bulunan Sümer marka rollergin tipi çırçır makinesinde çırçırlandırmıştır.

Çizelge 8.5. Çalışmada kullanılan pamukların HVI lif özellikleri

Özellik	Değer	Özellik	Değer	Özellik	Değer
İncelik (Mik.)	3,97	Kısa Lif İndeksi (%)	9,2	+b	7,8
Olgunluk	0,89	Mukavemet (gr/tex)	31,5	C Grade	41-1
UHML (mm)	29,76	Uzama (%)	5,6	Tr Cnt.	49
ML (mm)	25,47	Nem	7	Tr Area	0,56
Üniformite (%)	85,6	Rd	75,2	Tr Grade	4
				SCI	155

Elde edilen pamuk lifi karışımının lif özellikleri Uster HVI Spectrum ile ölçülmüştür. Çizelge 8.5'te HVI lif özellikleri tablo halinde gösterilmektedir.

Şekil 8.3'te pamuk ipliklerinin üretiminde kullanılan makine parkı şematik olarak gösterilmiştir. Kullanılan harman hallaç hattı, harmanlı balya açıcı, kademeli temizleyici, dik açıcı ve batörden oluşmaktadır.



Şekil 8.3. Çalışmada kullanılan makine parkı

İkinci cer pasajından sonra hem pamuk hem de PES liflerinden α_e 3,7 büküm katsayısı (T/m 798) kullanılarak Ne 30/1 numara iplikler üretilmiştir. İplik üretimleri 2004 model Rieter R 40 open end rotor iplik makinesinde 100.000 d/dak rotor devrinde gerçekleştirilmiştir.

E.Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma ve Uygulama Merkezi Örne Laboratuvarında bulunan 36 sistemli 30 fayn interlok yuvarlak örme makinesinde 170 gr/m² ağırlığında pamuklu kumaşlar ve 230 gr/m² ağırlığında PES kumaşlar örülmüştür.

8.8.2. Kumaşların boyanması

Üretim aşamasından sonra %100 pamuklu kumaşlar ve %100 PES kumaşlar İzmir’de kurulu iki ayrı boya terbiye işletmesinde boyanmıştır. Pamuklu kumaşların işlem reçeteleri Çizelge 8.6’da, boyama grafiği de Şekil 8.4’te gösterilmektedir.

Çizelge 8.6. Pamuklu kumaşların işlem reçeteleri

İŞLEM	REÇETE	EMDİRME PROSESİ
Ağartma	1 g/l ıslatıcı 1 g/l ağartma ajanı 3 g/l NaOH 3 g/l H ₂ O ₂	95 °C’de 25 dakika 70 °C’de asit ile nötralizasyon 40 °C’de anti peroksit
Reaktif boyama	% 0.005 Remazol Gelb 3RS-A % 0.0114 Remazol Rot 3BS-A 20 gr/l Sodyum klorit 5 gr/l Sodyum karbonat 0.8 ml/l kompleks yapıcı	0.5 ml/l’lik asetik asit ile nötralizasyon Yıkama: 0.5 gr/l sabun Toplam süre: 160 dakika



Şekil 8.4. Pamuklu kumaşların boyama grafiği

PES kumaşlara yapılan ön işlem ve boyamanın reçetesi Çizelge 8.7.’de gösterilmektedir.

Çizelge 8.7. PES kumaşların işlem reçeteleri

İşlem	Reçete	Emdirme prosesi
Reaktif boyama	% 0.002 Dianix Rubin CC % 0.4 Dianix Brill Blue R pH=4.5 (1.25 gr / lt tampon asit) 20 gr/l NaCl	Boyama: 130°C'de 60 dakika Redüktif yıkama: 80°C'de 20 dakika 2 g/lt Na ₂ CO ₃ 4 g/lt NaOH 4 g/lt Na ₂ S ₂ O ₄ Durulama: 80°C'de 10 dakika Asit işlem

8.8.3. Kumaşlara antimikrobiyal apre kimyasalının uygulanması

Antimikrobiyal apre kimyasalı ATAÇ F350 laboratuvar tipi fulard makinesinde kumaşlara applike edilmiştir. Öncelikle iki bileşenli olarak üretilen apre kimyasalı belirlenen oranlarda karıştırılmıştır. Bu karışımdan 25 gr/l solüsyon hazırlanmıştır. Solüsyonun pH'ı asetik asit ile 5'e ayarlanmıştır. Her çeşit kumaş için alınan flotte oranı de %80'dir. Aplikasyon yapılırken kullanılan fulard basınçları Çizelge 8.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 8.8. Aplikasyon sırasında kullanılan fulard basınçları

Kumaş Tipi	Fulard Basıncı (bar)
Pamuklu	1.6
PES	2.9
Yünlü	1.8
Modal	3.0

Antimikrobiyal kimyasalın applike edilmesinin ardından kumaşlar RAPID MINI DRYER QC A1708 laboratuvar tipi mini ramöz makinesinde 150 °C'de 2 dakika süresince kurutma ve kondenzasyon işleminden geçirilmiştir.

8.9. Antimikrobiyal Aplikasyon Yapılan Kumaşlara Uygulanan Testler

Antimikrobiyal aplikasyon yapılmış tüm kumaşlar için yıkama deneyleri yapılmıştır. Kumaş gramaj testi, patlatma mukavemeti, hava geçirgenliği, boncuklanma (pilling), renk verimliliği testleri ise sadece %100 pamuklu ve PES örme kumaşlar üzerinde gerçekleştirilmiştir.

8.9.1. Kumaşların yıkama deneyleri

Antimikrobiyal işlem görmüş kumaşların, antimikrobiyal aktivitelerinin ve fiziksel özelliklerinin yıkamaya karşı dayanımlarının belirlenebilmesi amacıyla, Electrolux Wascator FOM71 CLS marka yıkama makinesinde, BS EN ISO 26330: 1994 Procedure 5A standardına göre yıkamalar gerçekleştirilmiştir.

Kullanılan colormatik deterjanın bileşimi Çizelge 8.9’da gösterilmiştir. Makineye 4 gr/lit olacak şekilde deterjan koyulmuştur.

Toplam 20 kez yıkama yapılmış, yıkama öncesinde ve her 10 yıkama sonunda kumaşlardan numuneler alınmıştır.

Çizelge 8.9. Yıkamada kullanılan deterjanın bileşimi

Bileşen	Miktar (%)
Fosfat	5-15
Anyonik aktif madde	5-15
Katyonik aktif madde	<5
Parfüm, Optik	+

8.9.2. Kumaş gramajı testi

Pamuklu ve PES kumaşların, kumaş metrekare gramajları “ISO 3801: 1977 Textiles - Woven fabrics - Determination of mass per unit length and mass per unit area” standartına uygun olarak ölçülmüştür. Ölçümler boyama öncesinde, boyama sonrasında ve her 10 yıkama sonrasında yapılmıştır. Kumaş gramajını belirlemek amacıyla her test numunesinden 5’er adet ölçüm yapılmıştır.

8.9.3. Patlatma mukavemeti testi

Pamuklu ve PES kumaşların patlama mukavemetleri “ISO 13938-2:1999 Textiles - Bursting properties of fabrics - Part 2: Pneumatic method for determination of bursting strength and bursting distension” standartına göre James Heal Truburst patlama mukavemeti ölçüm cihazında test edilmiştir. Ölçümler antimikrobiyal işlem görmemiş ve işlem görmüş kumaşlara ve her numuneden 5'er adet olacak şekilde yapılmıştır. Yıkama sonrasındaki değişimi görmek amacıyla 10 ve 20 yıkamadan sonra da patlatma mukavemeti testi yapılmıştır.

Çalışmada kullanılan test cihazı pnömatik olarak çalışmaktadır. Cihazın test alanı 7,3 cm²'dir (35 mm çap) ve kullanılan diyaframın kalınlığı 1 mm'dir. Standartlarda hava basıncı deney numunesinin 20±5 saniyede patlamasını sağlayacak seviyede olmalıdır. Buna göre %100 pamuklu kumaşlarda basınç 39 kPa/s, %100 PES kumaşlar için ise 57 kPa/s olarak ayarlanmıştır.

8.9.4. Hava geçirgenliği testi

Hava geçirgenliği testleri Textest AG FX 3300 cihazında “ISO 9237:1995 Textiles - Determination of the permeability of fabrics to air” standardına göre pamuklu ve PES kumaşlara uygulanmıştır. Her örnekten 20 adet ölçüm yapılmıştır. Antimikrobiyal aprenin etkisini görmek amacıyla işlem görmemiş ve işlem görmüş kumaşlar ayrı ayrı test edilmiştir. Yıkamanın etkisini belirlemek amacıyla da her 10 yıkamadan sonra kumaşlar test edilmiştir.

8.9.5. Boncuklanma (pilling) testi

Boncuklanma (pilling) testleri James H. Heal Nu Martindale Abrasion and Pilling Tester cihazında “ISO 12945-2:2000 Textiles - Determination of fabric propensity to surface fuzzing and to pilling - Part 2: Modified Martindale method” standardına göre yapılmıştır.

8.9.6. Renk ölçümleri

Pamuklu ve PES kumaşların yıkama öncesi ve sonrası renk değişimleri Minolta CM 3600 d spektrofotometre cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

8.10. Antimikrobiyal Aplikasyon Yapılan Kumaşların Taramalı Elektron Mikroskobu Analizleri

Antimikrobiyal aplikasyon sonrası kumaş numunelerinin üzerinde antimikrobiyal tozun homojen dağılımının ve her 10 yıkama sonrasında toz miktarlarındaki değişimin tespit edilebilmesi amacıyla taramalı elektron mikroskobu (Zeiss Supra 50 VP, Zeiss Evo 50 EP) kullanılmıştır.

8.11. Antimikrobiyal Etkinlik Belirleme Testi

Geliştirilen antimikrobiyal solüsyon ile applike edilmiş kumaşların antimikrobiyal etkinlik belirleme testleri “JIS L 1902-2002 Testing method for antibacterial of textiles” standardına göre yapılmıştır.

Deney sırasında kullanılacak petri kapları 200°C de 2 saat süre ile steril edilmiştir. Katı besiyerinde bulunan saf *E. coli* kültüründen öze ucu ile bir miktar alınarak sıvı besiyerine (nutrient broth) aktarılmış ve sıvı besiyeri 37 °C’de 24 saat inkübe edilerek kültür hazırlanmıştır. Öze ucunun ve deney tüpünün ağız kısmı ateşten geçirilerek steril edilmiştir. Bu bakteri kültüründen 10^{-3} , 10^{-4} ve 10^{-5} oranlarında dilüsyon hazırlanmıştır. Her bir deney tüpünden diğerine aktarım yapılırken vorteks tüp karıştırıcı kullanılarak sıvı besiyerinin homojen hale gelmesi sağlanmıştır. 5x5 cm² alanında hazırlanmış referans ve antimikrobiyal kumaş numuneleri steril edilmiş petri kapları içerisine yerleştirilmiştir. Hazırlanan dilüsyonlardan Çizelge 8.10’da listelendiği miktarlarda kumaşlar üzerine bakteri ekimi yapılmıştır. PES ve yünlü kumaşların ıslatılmasında sorun yaşandığı için bu kumaş numuneleri, her biri ayrı steril kaplarda olmak üzere, 5 ml dilüsyon içerisinde bekletilerek bakteri ekimi yapılmıştır. Petri kapları kapatılarak, petri

içerisinin nem dengesini sağlamak ve sıvı seviyesinin azalmasını en aza indirmek için, etrafları parafilm ile sarılmıştır.

Çizelge 8.10. Deney sırasında kumaşlar üzerine ekilen bakteri miktarları

Kumaş türü	Ekilen bakteri miktarı ($\times 10^5 \mu\text{l}$)
Pamuklu	600
PES	5000 (içerisinde bekletildi)
Yünlü	5000 (içerisinde bekletildi)
Modal	1500

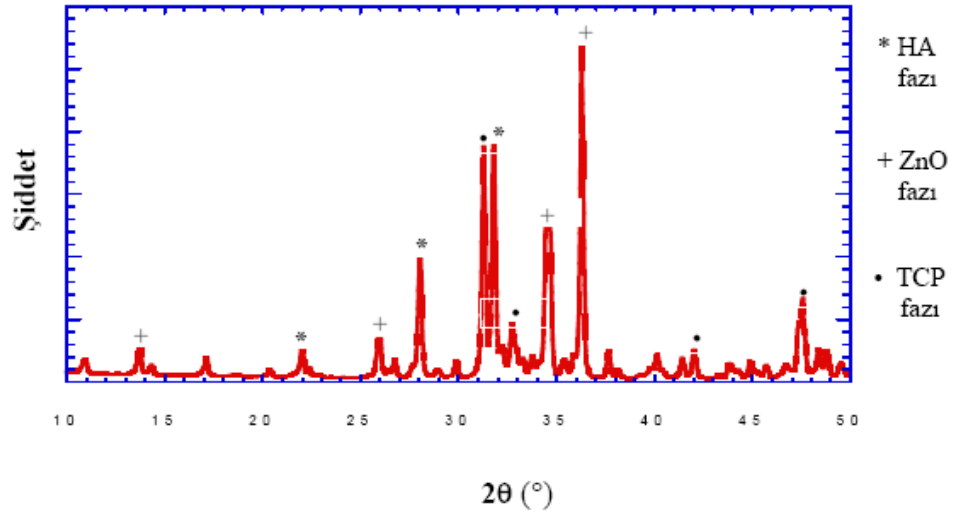
Petri kapları 25°C de 24 saat süre ile inkübe edilmiştir. 24 saat sonunda numuneler petrilerin içerisinden alınıp, petri kaplarında kalan örneklerin üzerine 45°C deki besiyeri dökülmüştür. Agar katılaşmadan petri kutuları düz bir yüzey üzerinde sekiz işareti çizdirilerek örnek ile besiyerinin homojen karışımı sağlanmış ve agarın katılaşması beklenmiştir. Petri kapları ters çevirilerek 37 °C’de sıcak hava sirkülasyonu engellenmeyecek şekilde yerleştirilerek 24 saat süre ile inkübe edilmiştir ve inkübasyon sonrası bakteri oluşumu gözlemlenmiştir.

9. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

9.1. Sentezlenen Antimikrobiyal Tozun Karakterizasyonu

9.1.1. XRD analizi

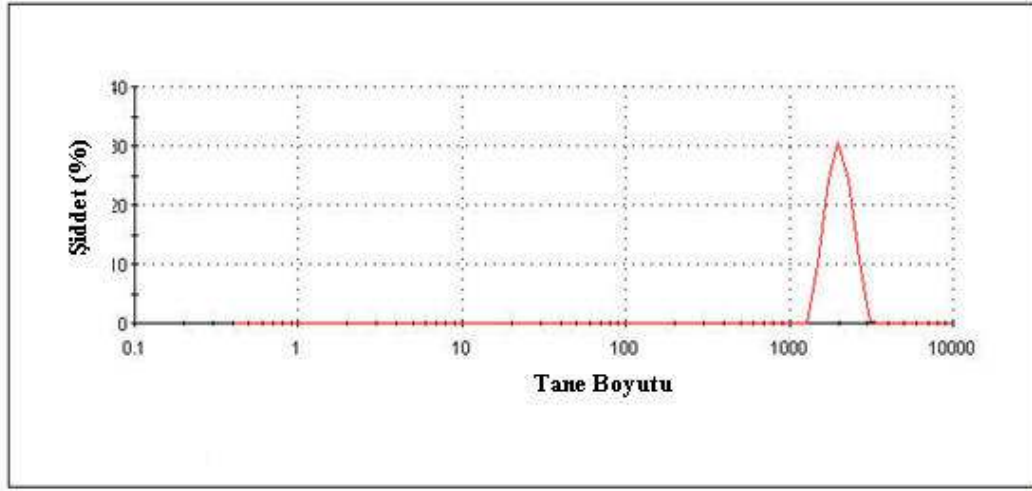
Yapılan XRD analizi sonucu elde edilen grafikteki (Şekil 9.1) pikler JCPDS kataloğundaki verilerle karşılaştırılmış ve ZAG 1455 kodlu antimikrobiyal tozun hidroksiapatit (HA), tri-kalsiyum fosfat (TCP) ve çinko oksit fazı içerdiği tespit edilmiştir.



Şekil 9.1. ZAG 1455 kodlu tozun XRD analizi sonucu

9.1.2. Tane boyut analizi

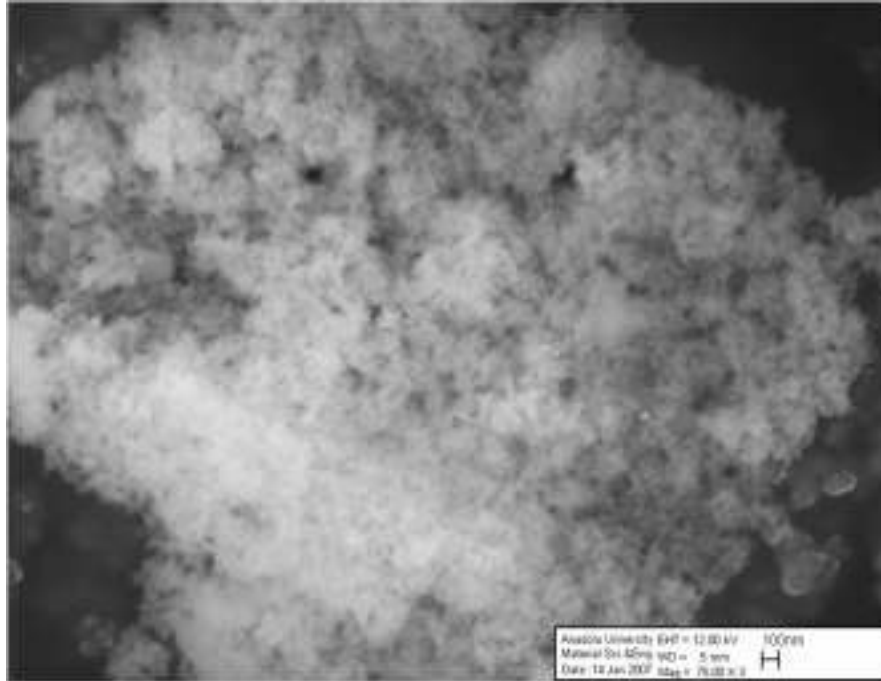
Sentezlenen ZAG 1455 kodlu antimikrobiyal tozun, birincil öğütme işlemi olan kuru öğütme işleminden sonra ortalama tane boyutunun 2 µm olduğu belirlenmiştir. Şekil 9.2’de tane boyut dağılım grafiği görülmektedir. Atritör değirmende yapılan öğütme işlemi sonrasında ise antimikrobiyal tozun tane boyutunun 200 nm nin altına indiği belirlenmiştir. Daha sonra yapılan işlemler nanometrik tozlar kullanılarak devam ettirilmiştir.



Şekil 9.2. ZAG 1455 kodlu tozun kuru öğütme sonrası tane boyut analizi sonucu

9.1.3. Taramalı elektron mikroskobu analizi

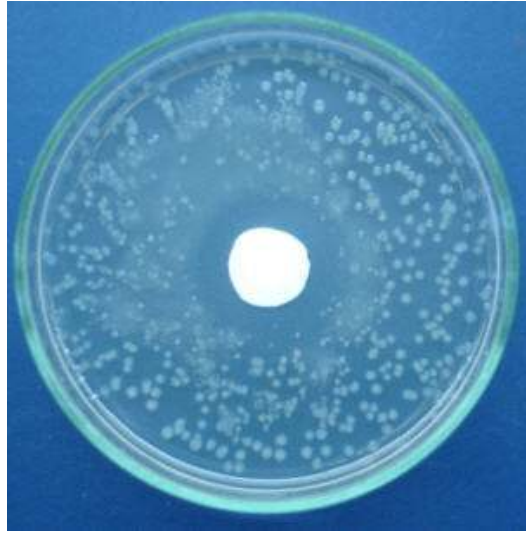
SEM analizi sonucu elde edilen mikroyapı incelendiğinde ZAG 1455 kodlu tozun tane boyutunun 100 nm altında olduğu belirlenmiştir (Şekil 9.3). Tozların, tane boyutları küçüldükçe artan yüzey enerjilerini düşürmek için biraraya gelip aglomereler oluşturma eğiliminde oldukları tespit edilmiştir.



Şekil 9.3. ZAG 1455 kodlu tozun SEM görüntüsü

9.2. Sentezlenen Tozun Antimikrobiyal Etkinliği

Halo test metodu kullanılarak ZAG 1455 kodlu tozun *E.coli* bakterisine karşı antimikrobiyal etkinliği saptanmıştır. Halo testi sonuçları Şekil 9.4 ve Çizelge 9.1'de verilmiştir. Antimikrobiyal tozun etrafında oluşan harede ve antimikrobiyal toz üzerinde bakteri bulunmamaktadır. Tozun etrafında oluşan hare, difüze olup dışarı sağılan metal katyonlarının yayınım mesafesini ve miktarını gstermektedir.



Şekil 9.4. ZAG 1455 kodlu antimikrobiyal tozun Halo test sonucu

Çizelge 9.1. ZAG 1455 kodlu antimikrobiyal tozun Halo test sonucu

Numune	0 saat (cfu)	24 saat (cfu)
ABT	2×10^5	0

9.3. Dağıtıcı İlavesi ile Tane Boyut ve Zeta Potansiyel Değişiminin İncelenmesi

ZAG 1455 kodlu tozun, sodyum silikat ile yapılan oğütme işlemi sonucu tane boyutu ve zeta potansiyeli ölçümlerinde, dağıtıcı miktarına bağlı olarak etkili bir değişim gözlemlenmemiştir (Çizelge 9.2). Katı konsantrasyonu miktarlarına bakıldığında ise %50 lik konsantrasyon dışında hepsinde çökme olduğu

gözlemlenmiştir. % 50 lik katı konsantrasyonunda ise yüksek tiksotropi ile birlikte jelleşme görülmüş ve çökme tespit edilmemiştir.

Çizelge 9.2. Sodyum silikat kullanılarak yapılan öğütme sonrası tane boyut ve zeta potansiyel analizleri sonuçları

Numune adı ve içerdiği katı konsantrasyonu	Tane boyutu	Zeta potansiyeli	Çökme miktarı	Renk değişimi
CSD-01 (% 20)	408 nm	-48.9 mV	8mm (sert)	Güneş Işığında renk değiştiriyor
CSD-02 (% 20)	511 nm	-66.5 mV	11 mm (sert)	
CSD-03 (% 20)	423 nm	-37.3 mV	11 mm (sert)	
CSD-04 (% 20)	414 nm	-37.8 mV	9 mm (sert)	
CSD-05 (% 30)	563 nm	-44.6 mV	11mm (sert)	
CSD-06 (% 30)	398 nm	-40.9mV	14 mm (sert)	
CSD-07 (% 30)	390 nm	-38.3 mV	17 mm (sert)	
CSD-08 (% 30)	401 nm	-35.1 mV	17 mm (sert)	
CSD-09 (% 40)	374 nm	-33.1 mV	53 mm (sert)	
CSD-10 (% 40)	422 nm	-39.5 mV	31 mm (sert)	
CSD-11 (% 40)	536 nm	-35.6 mV	20 mm (sert)	
CSD-12 (% 40)	448 nm	-37.1 mV	18 mm (sert)	
CSD-13 (% 50)	568 nm	-42.2 mV	Çökme yok (tikotropik)	
CSD-14 (% 50)	476 nm	-45.8 mV		
CSD-15 (% 50)	484 nm	-38.2 mV		
CSD-16 (% 50)	456 nm	-34.4 mV		

Çizelge 9.2' de görüldüğü gibi %50 katı konsantrasyonunda yapılan öğütme sonucunda en düşük tane boyutuna %5 sodyum silikat ilave edilmesiyle ulaşılmıştır. Sodyum silikat miktarı arttıkça tane boyutu da artmıştır. Diğer katı konsantrasyonlarında yapılan denemelerde, dağıtıcı ortam olarak kullanılan su miktarının fazla olmasından dolayı sodyum silikat miktarının etkisi gözlemlenmemiştir.

%20 katı konsantrasyonuna sahip ZAG 1455-su çözeltisine katı miktarının % 0.5, %1 ve %3 'ü kadar etilen glykol ilavesiyle yapılan denemelerde elde edilen sonuçlar Çizelge 9.3'te görülmektedir.

Çizelge 9.3. Etilen glikol kullanılarak yapılan öğütme sonrası tane boyut ve zeta potansiyel analizleri sonuçları

Etilen glikol yüzdesi	Tane boyutu	Zeta potansiyeli
% 0.5	265 nm	-24.5 mV
%1	277 nm	-25 mV
%3	276.6 nm	-25.6 mV

Etilen glikol ilavesi sonucu elde edilen tane boyut değerlerine bakıldığında sodyum silikat ilavesinden sonra ölçülen değerlere göre çok daha küçük tane boyutu elde edilmiştir. Çökme, sodyum silikat ilavesi ile hazırlanan solüsyonlara göre daha yumuşaktır. Bir süre çalkalama işlemi yapılması ile çökmenin açıldığı tespit edilmiştir. Ancak uzun süreli beklemler sonucunda çökmenin açılması zorlaşmaktadır. Solüsyonları gün ışığında renk değiştirdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 9.4. Polietilen glikol kullanılarak yapılan öğütme sonrası tane boyut ve zeta potansiyel analizleri sonuçları

Polietilen glikol yüzdesi	Tane boyutu	Zeta potansiyeli
% 0.5	245 nm	-25.4 mV
%1	243.4 nm	-25.3 mV
%3	282.5 nm	-25.8 mV

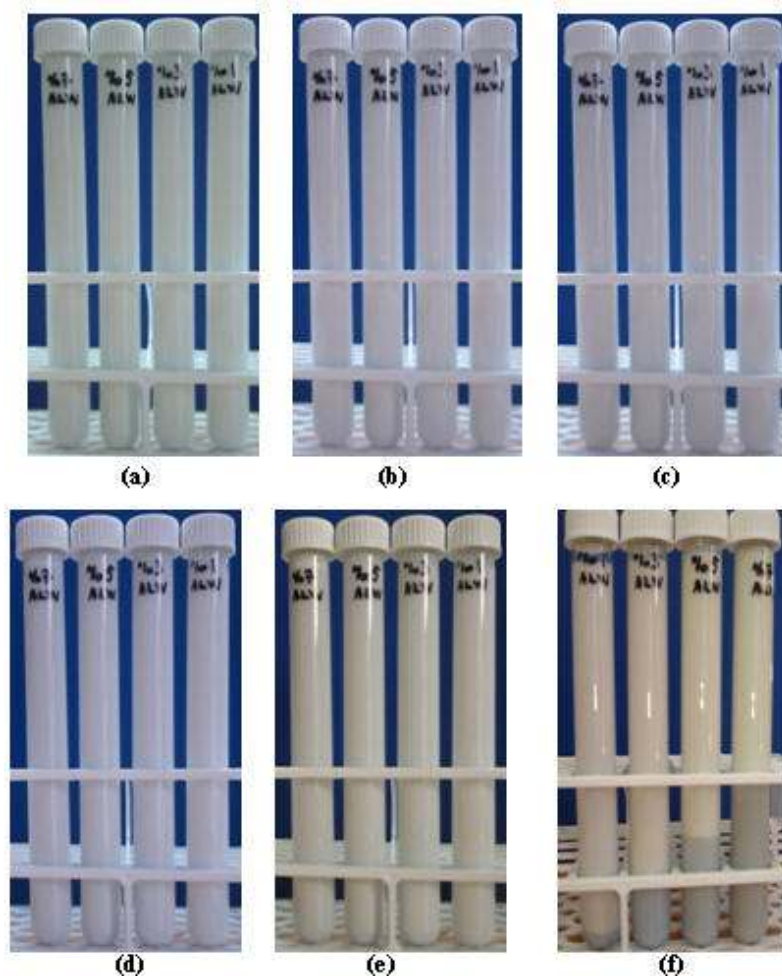
Diğer dağıtıcılarla elde edilen değerler ile kıyaslandığında, en küçük tane boyutuna, solüsyon içerisine polietilen glikol ilave edilmesiyle ulaşılmıştır (Çizelge 9.4.). Polietilen glikol miktarının zeta potansiyeli üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Analizler sonucu elde edilen zeta potansiyel değerleri çok yüksek olmamasına rağmen, yapılan incelemeler sonucunda solüsyonlarda çökme gözlemlenmemiştir. %20 katı konsantrasyonuna sahip olan ZAG 1455- su karışımının içerisine %0.5 polietilen glikol eklenmesinin yeterli olduğu belirlenmiş ve antimikrobiyal apre kimyasalı için hazırlanacak antimikrobiyal solüsyonda bu karışım kullanılmıştır.

Gümüşün toz içerisinde iyonik halde bulunma zorunluluğundan dolayı, gün ışığı altında sulu solüsyonlarda elektron alışverişi sonucu değerlik değiştirmesi ile renk değişimi kaçınılmaz hale gelmektedir. Renk değişiminin

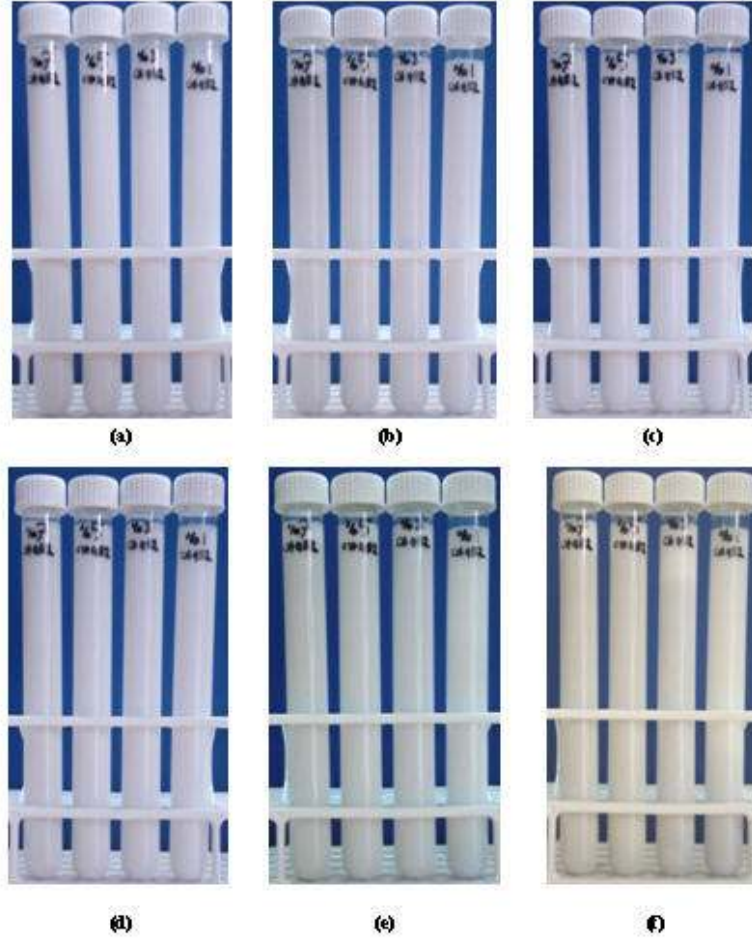
önüne geçebilmek için, hazırlanan antimikrobiyal toz solüsyonlar gün ışığını içine geçirmeyecek şekilde, şeffaf olmayan kaplarda saklanmıştır.

9.4. Stabilizasyon Testi

Stabilizasyon testlerinde % 10 katı konsantrasyonuna sahip ZAG 1455 kodlu antimikrobiyal toz numunesi 5 farklı bağlayıcı içerisinde, değişik oranlarda kullanılmıştır. A bağlayıcısı ile yapılan denemelere ait fotoğraflar Şekil 9.5'te görülmektedir. Bir gün sonunda karışımın renk değiştirdiği ve kimyasal bozunmaya uğradığı tespit edilmiştir. Kullanılacak antimikrobiyal toz için A bağlayıcısının uygun olmadığı belirlenmiştir.

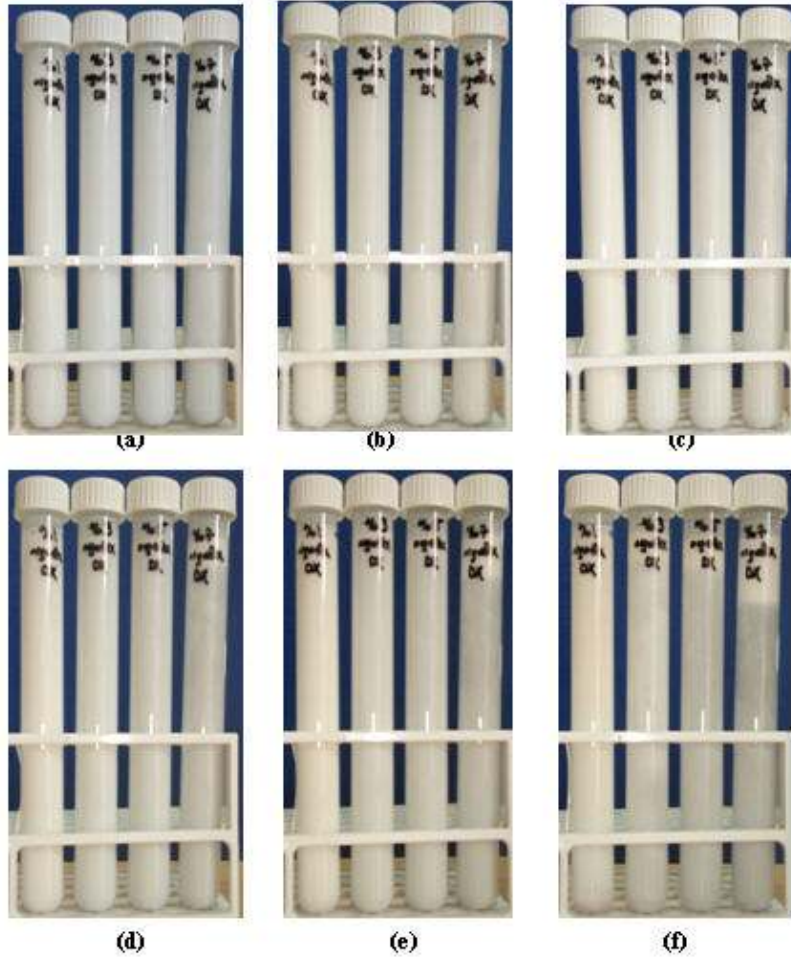


Şekil 9.5. A bağlayıcısı kullanılarak hazırlanan antimikrobiyal toz karışımının (a)1 dakika, (b) 5 dakika, (c) 15 dakika, (d) 30 dakika, (e) 1 saat, (g) 1 gün sonundaki çökme eğilim davranışları



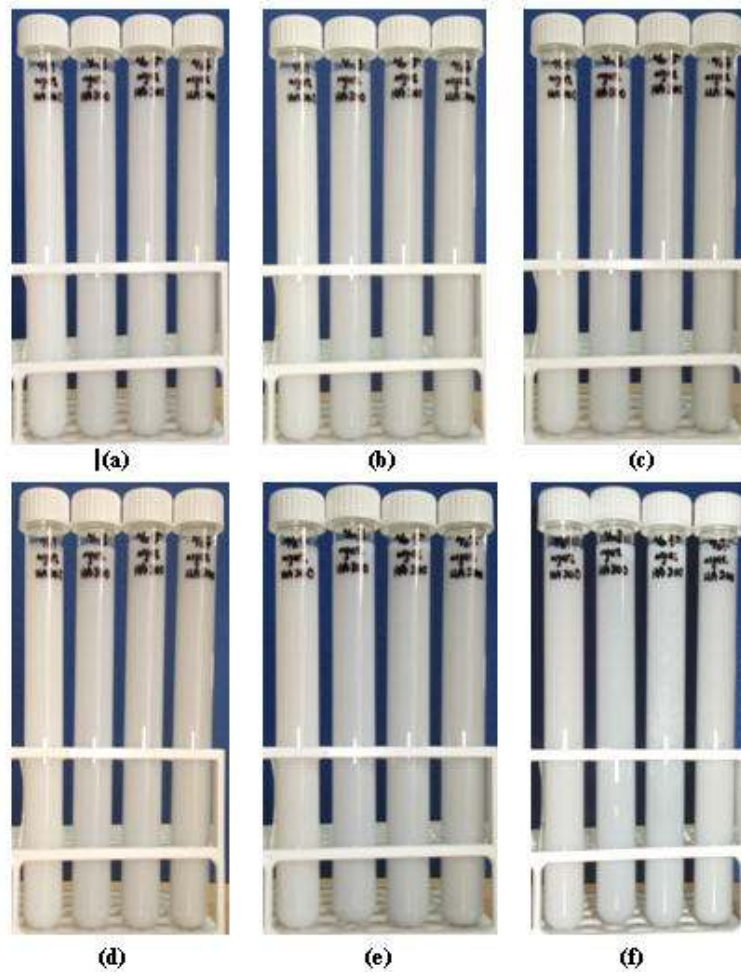
Şekil 9.6. B bağlayıcısı kullanılarak hazırlanan antimikrobiyal toz karışımının (a)1 dakika, (b) 5 dakika, (c) 15 dakika,(d) 30 dakika, (e) 1 saat, (g) 1 gün sonundaki çökme eğilim davranışları

B bağlayıcısı ile hazırlanan antimikrobiyal toz karışımları incelendiğinde ilk 5 dakikada kararlı olduğu, daha sonra ise çökmeye başladığı gözlemlenmiştir (Şekil 9.6). 15 dakika, 30 dakika ve 1 gün bekleyen karışımlarda koagülasyon şeklinde bir kimyasal bozunmanın ve çökmenin olduğu belirlenmiştir. Karışımın içerisindeki toz miktarı arttığı için %3, %5 ve %7'lik karışımlarda çökme miktarı daha fazla gözlemlenmiştir. Bu bağlayıcının da kimyasal bozunmadan dolayı uygun olmadığı tespit edilmiştir.



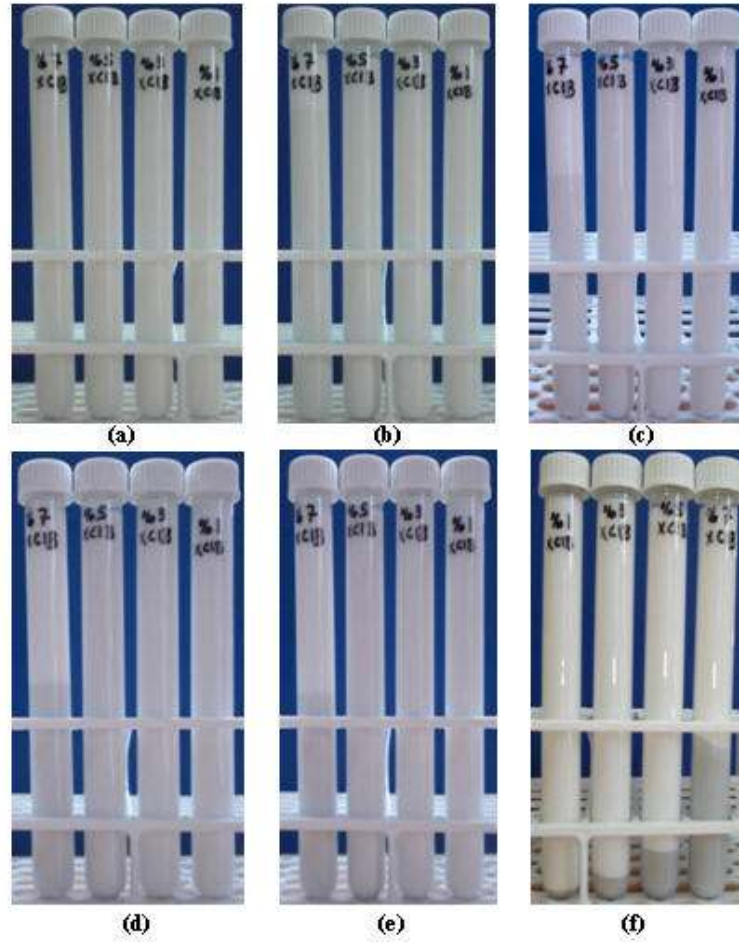
Şekil 9.7. C bağlayıcısı kullanılarak hazırlanan antimikrobiyal toz karışımının (a)1 dakika, (b) 5 dakika, (c) 15 dakika,(d) 30 dakika, (e) 1 saat, (g) 1 gün sonundaki çökme eğilim davranışları

C çapraz bağlayıcısı ile hazırlanan antimikrobiyal toz karışımında hafif bir renk değişimi gözlemlenmesine rağmen herhangi bir kimyasal bozunmanın olmadığı belirlenmiştir (Şekil 9.7). Fakat bir günün sonunda %5'lik ve %7'lik karışımda belirli bir çökme tespit edilmiştir. Bundan sonraki çalışmalar için C bağlayıcısının kullanılabilmesi belirlenmiştir.



Şekil 9.8. D bağlayıcısı kullanılarak hazırlanan antimikrobiyal toz karışımının (a)1 dakika, (b) 5 dakika, (c) 15 dakika,(d) 30 dakika, (e) 1 saat, (g) 1 gün sonundaki çökme eğilim davranışları

Şekil 9.8’de görüldüğü gibi D bağlayıcısıyla hazırlanan karışımlarda 1., 5., 15. ve 30. dakika sonunda herhangi bir çökme görülmemiştir. 1. gün ve sonrasında zamana bağlı olarak karışımlarda az miktarda fakat kolay açılabilen bir çökme tespit edilmiştir. Diğer bağlayıcılarla karşılaştırıldığında renk değişimi çok daha az görülmektedir. Tüm bu özelliklerinden dolayı D bağlayıcısının bundan sonraki çalışmalarda kullanılabileceği saptanmıştır.



Şekil 9.9. E bağlayıcısı kullanılarak hazırlanan antimikrobiyal toz karışımının (a)1 dakika, (b) 5 dakika, (c) 15 dakika,(d) 30 dakika, (e) 1 saat, (g) 1 gün sonundaki çökme eğilim davranışları

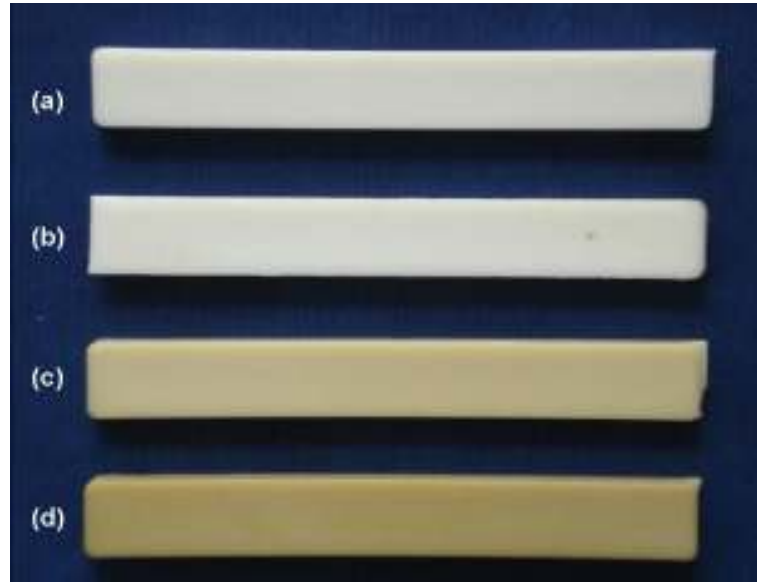
E çapraz bağlayıcısı ile hazırlanmış olan karışımların sedimentasyon testi Şekil 9.9'da verilmiştir. İlk dakika için %1 lik ve %3 lük solüsyonların %5 lik ve %7 lik solüsyonlardan daha kararlı olduğu görülmüştür. 5. dakikadan sonra %7 lik solüsyonda belirgin bir çökme gözlenmiştir. 1 gün sonunda ise tüm oranlar için sistem kararsız haldedir, sert ve açılmayan bir çökme oluşmuştur. Solüsyonların renklerinde kimyasal bozunmadan dolayı değişim gözlemlenmiştir. Kullanılacak antimikrobiyal toz ile E bağlayıcısının uyum göstermediği belirlenmiştir.

Sonuç olarak; sentezlenen ZAG-1455 kodlu toz ile hazırlanan karışımlarda en uygun sonuçlar C ve D bağlayıcılarının kullanıldığı karışımlarda elde edilmiştir. Bu iki bağlayıcı, karışımlarda kimyasal bozunmaya neden olmamakta, dolayısıyla gün ışığı altında renk değişimi çok az miktarda görülmektedir.

9.5. Antimikrobiyal Lif Çekimi Konusunda Yapılan Ön Çalışmalar

Renk değişiminin gözlemlenmesi için; %0.5, %1 ve %3 oranında polietilen glikol içeren antimikrobiyal solüsyonlar, polibütilen tereftalat (PBT) içerisine %0.5, %1 ve %3 oranlarında eklenip kurumaya bırakıldıktan sonra mikroenjeksiyon cihazında kalıplara alınarak numuneler hazırlanmıştır.

Polietilen glikol (PEG) katkılı PBT numuneleri için renk değişimi Şekil 9.10-9.12'de görülmektedir.



Şekil 9.10. (a) Katkısız PBT; %0.5 PEG ile öğütölmüş ZAG 1455 solüsyonunun PBT içerisine (b) %0.5, (c) %1, (d) %3 oranında eklenmesiyle hazırlanan numuneler



Şekil 9.11. (a) Katkısız PBT; %1 PEG ile öğütülmüş ZAG 1455 tozun PBT içerisine (b) %0.5, (c) %1, (d) %3 oranında eklenmesiyle hazırlanan numuneler



Şekil 9.12. (a) Katkısız PBT; %3 PEG ile öğütülmüş ZAG 1455 tozun PBT içerisine (b) %0.5, (c) %1, (d) %3 oranında eklenmesiyle hazırlanan numuneler

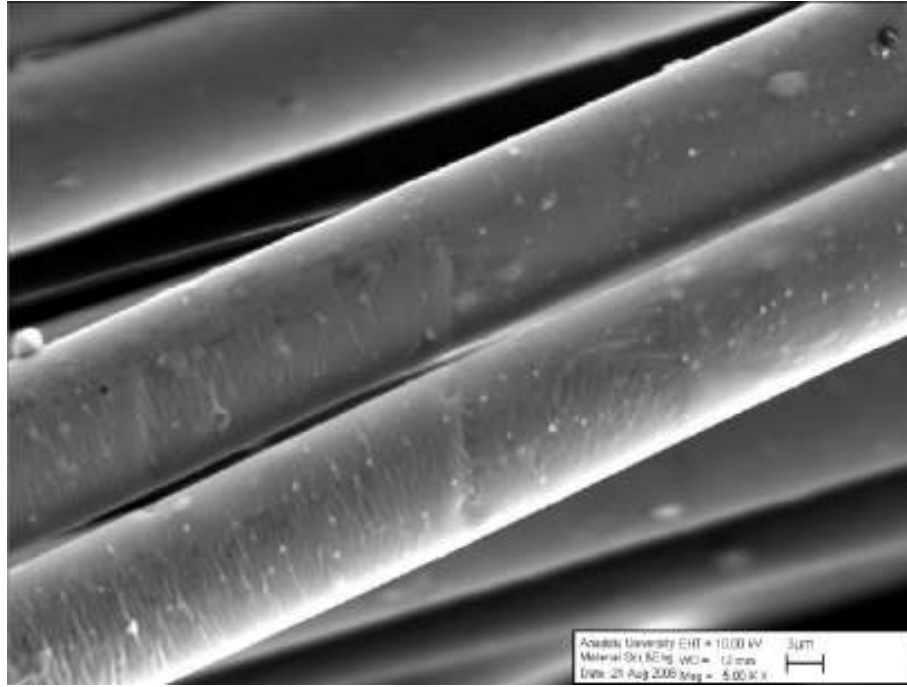
Katkısız PBT numunesinin rengine en yakın renk, %0.5 PEG ile öğütülmüş ZAG 1455 solüsyonunun PBT içerisine %0.5, oranında eklenmesiyle hazırlanan numunenin rengidir. ZAG 1455 içerisindeki polietilen glikol

miktarının artması ile birlikte PBT'nin rengine önemli bir değişim gözlemlenmemiştir. Ancak PBT içerisine eklenen antimikrobiyal toz miktarının artmasıyla orantılı olarak gümüş miktarı da artmaktadır ve numunelerde kahverengiye doğru bir renk değişimine sebep olmaktadır.

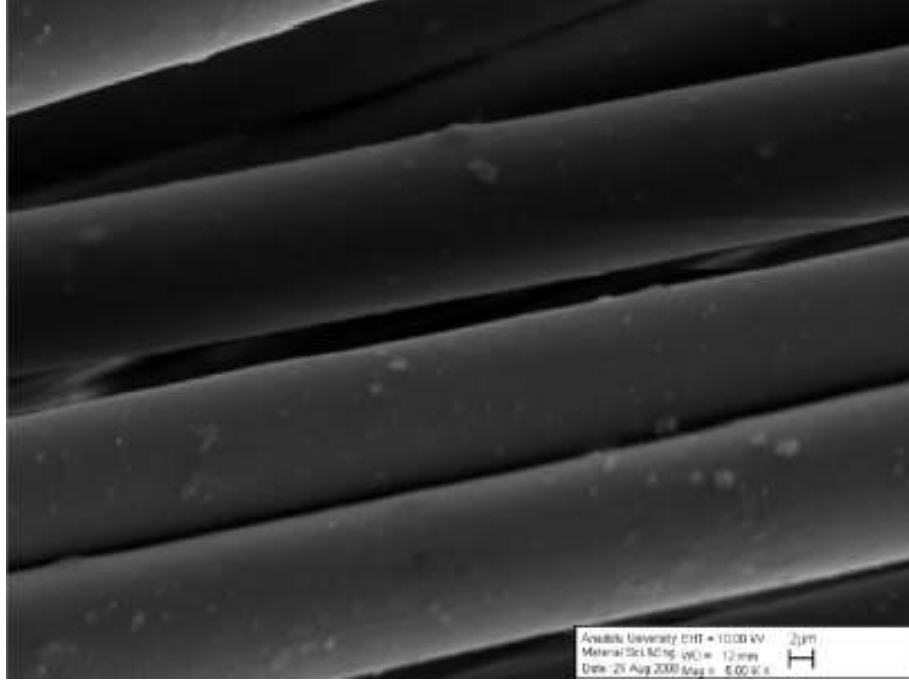
9.6. Antimikrobiyal Toz Katkılı PES Lifi Üretimi

Antimikrobiyal toz içeren %1'lik ve %3'lük masterbatch ve PES cipslerden antimikrobiyal PES lif çekimi yapılmıştır.

Şekil 9.13'te PLT 2042/ZAG1 kodlu antimikrobiyal PES lifinin ve Şekil 9.14'de de PLT 2042/ZAG3 kodlu antimikrobiyal PES lifinin SEM görüntüleri bulunmaktadır. Görüntülerde antimikrobiyal tozun lifler üzerinde aglomere olmadan, homojen olarak dağıldığı açıkça görülmektedir.



Şekil 9.13. PLT 2042/ZAG1 kodlu antimikrobiyal PES lifinin SEM görüntüsü



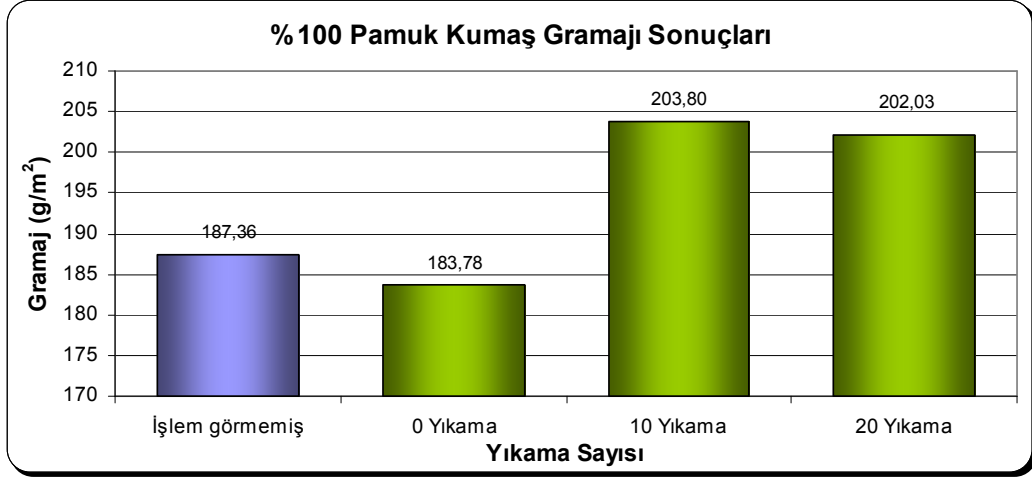
Şekil 9.14. PLT 2042/ZAG3 kodlu antimikrobiyal PES lifinin SEM görüntüsü

9.7. Antimikrobiyal Aplikasyon Yapılan Kumaşlara Uygulanan Testler

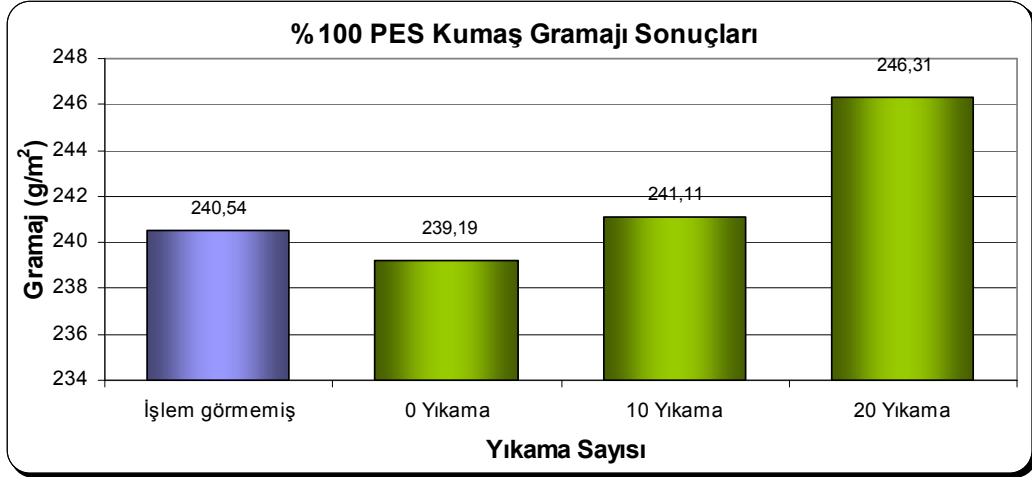
9.7.1. Kumaş gramajı test sonuçları

Kumaş gramajını belirlemek amacıyla her test numunesinden beşer adet ölçüm yapılmıştır. %100 pamuklu kumaşların gramaj testi sonuçları Şekil 9.15’te, %100 PES kumaşların sonuçları da Şekil 9.16’da gösterilmiştir.

Görüldüğü gibi antimikrobiyal apre sonrasında kumaş gramajlarında azalma olmuştur. Fular d. cihazından kumaş geçirilirken uygulanan basınç ve çekme kuvvetleri nedeniyle kumaş boyuna doğru uzamaktadır. Bu nedenle işlem sonrasında kumaş gramajı azalmaktadır. Yıkama sonrasında bu gerilimler ortadan kalktığı için gramaj tekrar artmaktadır. Bu artış pamuklu kumaşta, PES kumaşa oranla daha fazla gözlemlenmiştir.



Şekil 9.15. %100 pamuklu kumaşların gramaj testi sonuçları



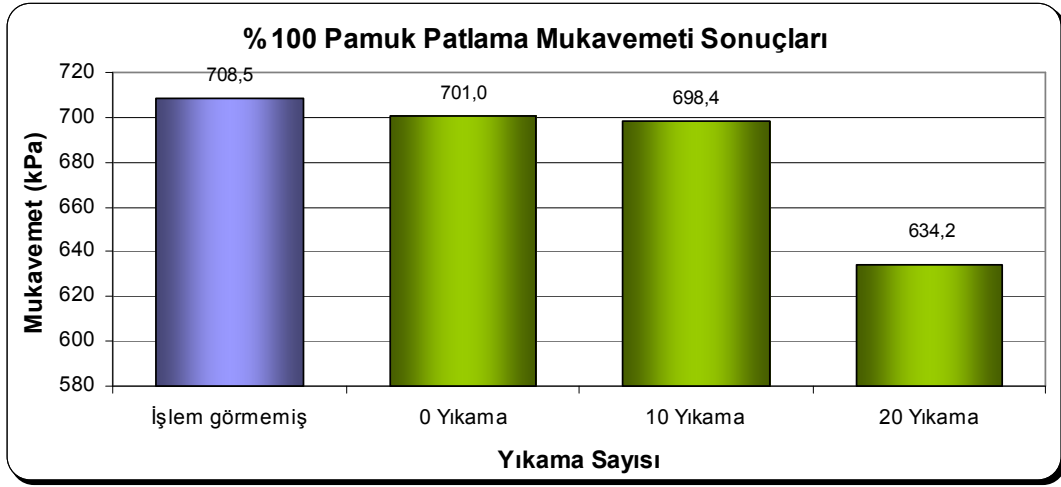
Şekil 9.16. %100 PES kumaşların gramaj testi sonuçları

9.7.2. Patlatma mukavemeti test sonuçları

Çizelge 9.5'te %100 pamuklu kumaşların ortalama patlama mukavemeti değerleri, %CV değeri, %95 güven aralıkları ve diyafram düzeltme basıncı değerleri gösterilmiştir. Şekil 9.17'de ortalama patlama mukavemeti değerleri grafik olarak sunulmuştur.

Çizelge 9.5. %100 pamuklu kumaşın patlama mukavemeti test sonuçları

	Patlama Mukavemeti (kPa)	%CV	Güven aralığı (%95)	Düzeltilme (kPa)
İşlem görmemiş	708,5	3,41	29,96	98,0
0 Yıkama	701,0	3,18	27,71	122,7
10 Yıkama	698,4	4,69	40,63	125,8
20 Yıkama	634,2	4,23	33,26	118,7

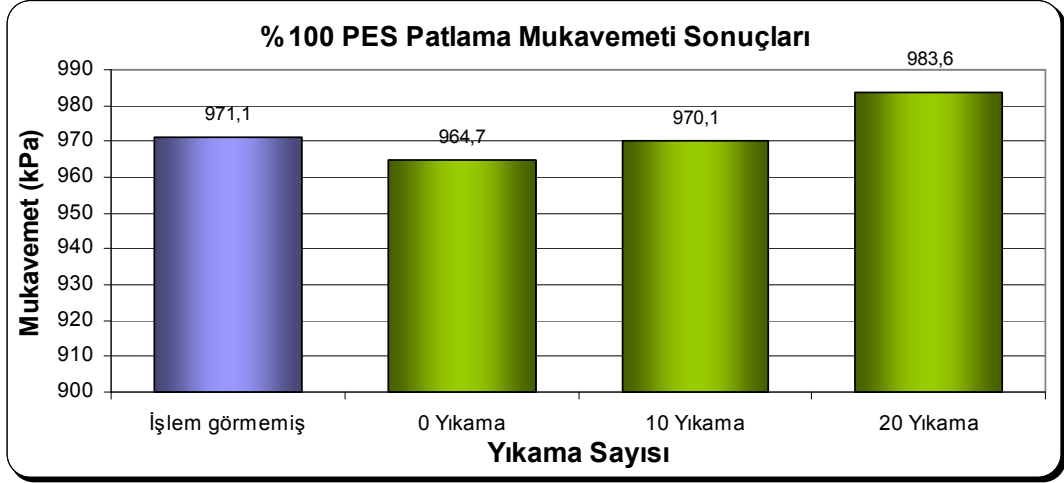


Şekil 9.17. %100 pamuklu kumaşın patlatma mukavemeti test sonuçları

Çizelge 9.6’da %100 PES kumaşlardan elde edilen test sonuçları ve Şekil 9.18’de ortalama patlatma mukavemeti değerleri verilmektedir.

Çizelge 9.6. %100 PES kumaşın patlama mukavemeti test sonuçları

	Patlama Mukavemeti (kPa)	%CV	Güven aralığı (%95)	Düzeltilme (kPa)
İşlem görmemiş	971,1	3,68	44,31	111,7
0 Yıkama	964,7	5,53	66,10	115,1
10 Yıkama	970,1	8,51	102,34	101,3
20 Yıkama	983,6	3,34	40,75	98,6



Şekil 9.18. %100 PES kumaşın patlatma mukavemeti test sonuçları

Pamuklu kumaşların patlama mukavemeti değerleri antimikrobiyal işlem sonrasında azalmaktadır. Ancak bu azalma istatistiksel olarak önemli değildir. İşlem sonrasında kumaş gerilimler nedeniyle incelmıştır, bu nedenle patlama mukavemeti değerinin bir miktar düşük çıkması doğaldır. Yıkama sırasında ortaya çıkan mekanik etkiler nedeniyle kumaş zarar görmüş ve mukavemet değeri azalmıştır.

PES kumaşlarda da işlem sonrasında mukavemet değerinde azalma görülmüştür. Fark istatistiksel olarak önemli değildir. Yıkama sonrasında mukavemet değeri artmıştır. Bu durum öncelikle kumaş gerilimlerinin ortadan kalkmasıyla kumaşın toplanmasından kaynaklanmaktadır. PES kumaşlar çamaşır makinesindeki mekanik etkilere karşı pamuklu kumaşlardan daha dirençlidir.

Çizelge 9.7 ve Çizelge 9.8’de pamuk ve PES kumaş test numunelerinin ortalama patlama yüksekliği test sonuçları sunulmuştur. Pamuklu kumaşlarda yıkama sonrasında patlama yüksekliğinde gözlemlenen artış istatistiksel olarak önemli değildir. PES kumaşlarda ise önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Çizelge 9.7. %100 pamuklu kumaş patlatma yüksekliği test sonuçları

	Patlama yüksekliği (mm)	%CV	Güven aralığı (%95)
İşlem görmemiş	10,4	7,83	1,01
0 Yıkama	10,2	4,58	0,58
10 Yıkama	12,5	11,20	1,73
20 Yıkama	11,4	16,46	2,32

Çizelge 9.8. %100 PES kumaş patlatma yüksekliği test sonuçları

	Patlama yüksekliği (mm)	%CV	Güven aralığı (%95)
İşlem görmemiş	12,1	46,38	6,96
0 Yıkama	12,7	4,46	0,70
10 Yıkama	11,7	18,19	2,63
20 Yıkama	12,4	5,39	0,83

9.7.3. Hava geçirgenliği test sonuçları

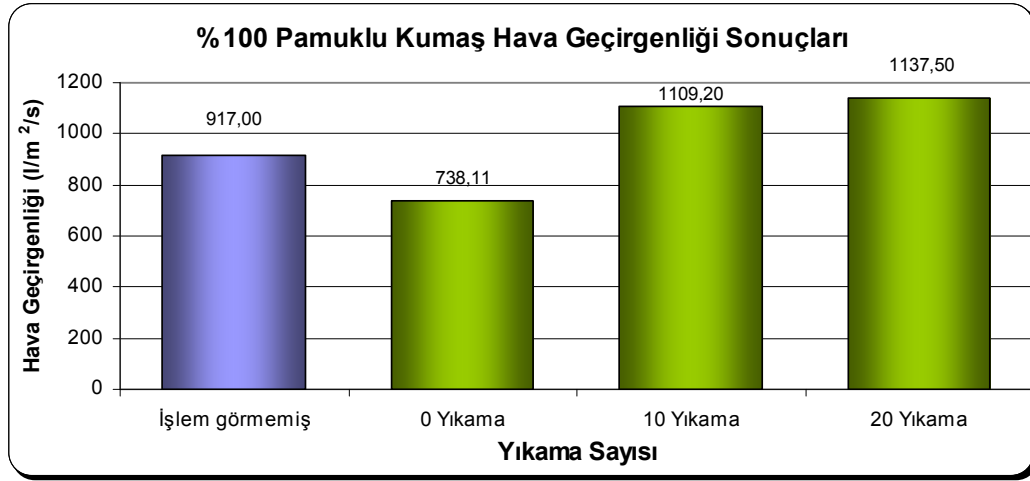
Antimikrobiyal apre kimyasalı içerisinde bulunan akrilik esaslı bağlayıcıların kumaş gözeneklerini tıkaması sonucunda hava geçirgenliği değerinde azalma yapabileceği düşünülmüştür.

Yapılan test sonucunda %100 pamuklu kumaşlardan elde edilen değerler ve istatistiksel analiz verileri Çizelge 9.9’da verilmiştir. Hava geçirgenliği değerleri Şekil 9.19’da grafik olarak gösterilmektedir.

Pamuklu kumaşlardan elde edilen sonuçlara bakıldığında, antimikrobiyal apre ile yapılan işlemin, kumaşın hava geçirgenliğini azalttığı görülmektedir. İşlem görmüş ancak yıkanmamış kumaşın varyasyon katsayısı da yüksek çıkmıştır. Bu da bağlayıcının kumaş yüzeyinde homojen dağılmadığını göstermektedir. Yıkama sonrasında, kumaşta oluşan mekanik yıpranma sebebiyle gözeneklilik artmakta ve bunun sonucu olarak hava geçirgenliğinde de artış olmuştur.

Çizelge 9.9. %100 pamuklu kumaşın hava geçirgenliği test sonuçları

	Hava geçirgenliği (l/m ² /s)	Std. Sapma	%CV	Güven aralığı (%95)
İşlem görmemiş	917,00	80,50	8,78	37,67
0 Yıkama	738,11	167,54	22,70	80,75
10 Yıkama	1109,20	90,80	8,19	42,50
20 Yıkama	1137,50	73,48	6,46	34,39



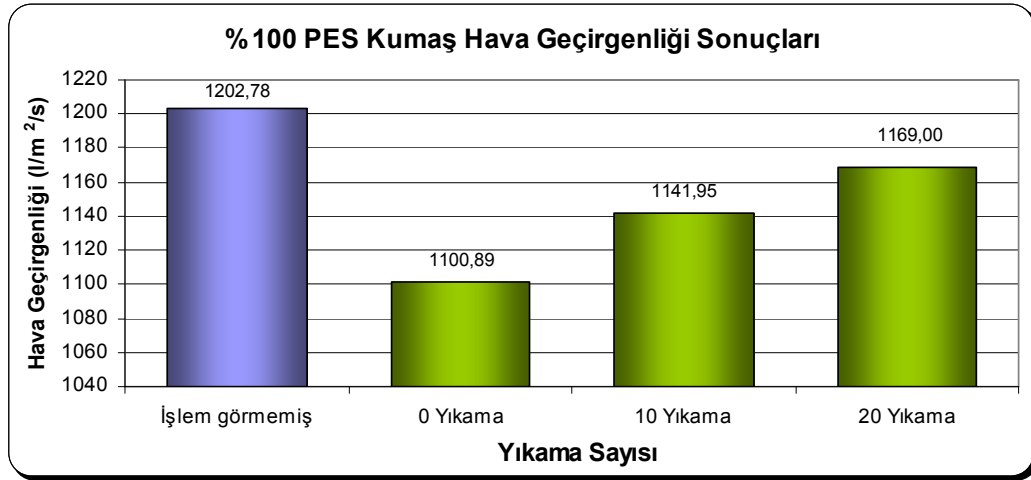
Şekil 9.19. %100 pamuklu kumaşın hava geçirgenliği test sonuçları

Pamuklu kumaşlara benzer olarak PES kumaşlarda da aplikasyon sonrasında hava geçirgenliği değerinde azalma oluşmuştur. Varyasyon katsayısı da aynı şekilde artmıştır. Yıkama sonrasında geçirgenlikte artış olmakla birlikte pamuklu kumaşlarda görüldüğü kadar yoğun bir artış gözlemlenmemiştir. Diğer deneylerde de görüldüğü gibi yıkama sonucunda PES kumaşlarda oluşan zarar daha düşüktür. Bunun sonucunda da geçirgenlik artışı düşük kalmaktadır.

PES kumaşlardan elde edilen değerler ve istatistik analiz sonuçları Çizelge 9.10'da görülmektedir. Hava geçirgenliği değerleri Şekil 9.20'de grafik olarak gösterilmektedir.

Çizelge 9.10. %100 PES kumaşın hava geçirgenliği test sonuçları

	Hava geçirgenliği (l/m ² /s)	Std. Sapma	%CV	Güven aralığı (%95)
İşlem görmemiş	1202,78	63,41	5,27	31,53
0 Yıkama	1100,89	124,19	11,28	61,76
10 Yıkama	1141,95	128,45	11,25	60,12
20 Yıkama	1169,00	99,41	8,50	46,53



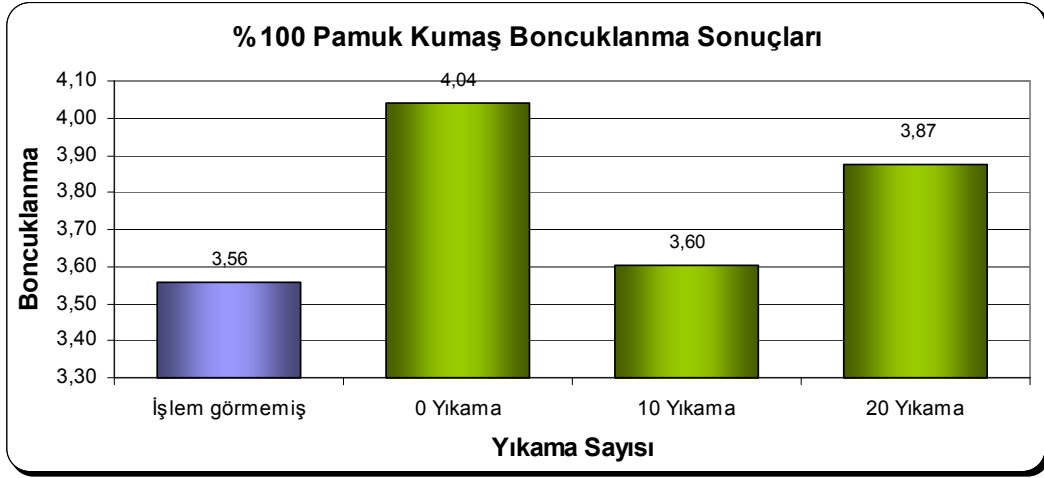
Şekil 9.20. %100 PES kumaşın hava geçirgenliği test sonuçları

9.7.4. Boncuklanma test sonuçları

Kumaşların boncuklanma testleri için 140 mm çapında dairesel numuneler kesilmiş ve üçer çift olarak cihaza yerleştirilmiştir. 2000 tur sonunda kumaşlar alınmış ve Pillgrade cihazında değerlendirmeye tabi tutulmuştur. %100 pamuklu kumaşların boncuklanma testi sonucunda elde edilen boncuklanma değerleri Çizelge 9.11’de, ölçülen toplam boncuk sayısı Çizelge 9.12’de, bir inç²’deki boncuk sayısı değerleri de Çizelge 9.13’te gösterilmiştir. Boncuklanma değerleri ayrıca Şekil 9.21’de grafik halinde sunulmuştur.

Çizelge 9.11. %100 pamuklu kumaşın boncuklanma testi sonuçları

	Boncuklanma değeri	Std. sapma	%CV
İşlem görmemiş	3,56	1,09	30,74
0 Yıkama	4,04	0,34	8,42
10 Yıkama	3,60	0,75	20,79
20 Yıkama	3,87	0,23	5,96



Şekil 9.21. %100 pamuklu kumaşın boncuklanma testi sonuçları

Çizelge 9.12. %100 pamuklu kumaşın toplam boncuk sayısı sonuçları

	Toplam boncuk sayısı	Std. sapma	%CV
İşlem görmemiş	22,67	17,62	77,72
0 Yıkama	15,67	10,69	68,25
10 Yıkama	22,33	11,50	51,51
20 Yıkama	26,67	10,02	37,56

Çizelge 9.13. %100 pamuklu kumaş inçteki boncuk sayısı sonuçları

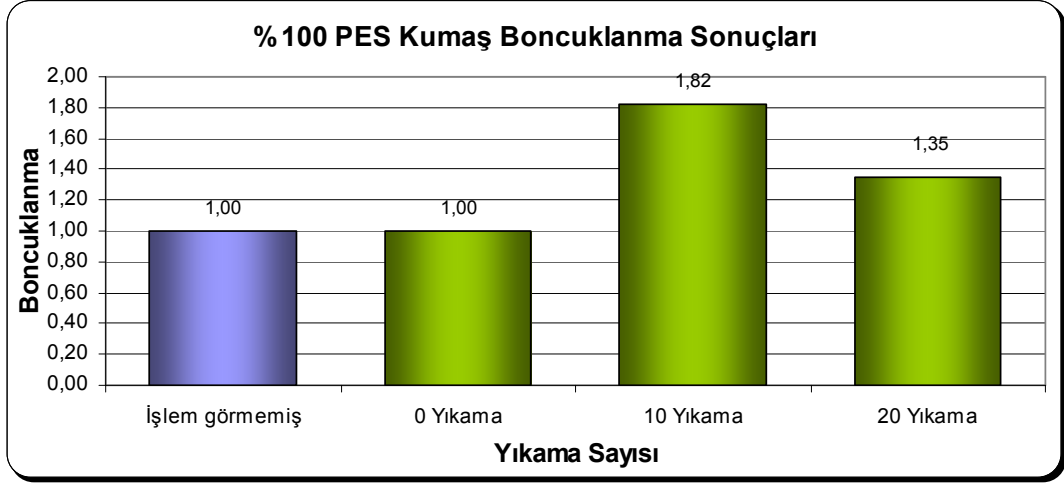
	Boncuk/inç²	Std. sapma	%CV
İşlem görmemiş	5,81	4,52	77,79
0 Yıkama	4,01	2,74	68,19
10 Yıkama	5,72	2,95	51,47
20 Yıkama	6,83	2,57	37,59

Pamuklu kumaşlarda boncuklanma değerinin antimikrobiyal apre sonrasında arttığı görülmüştür. Bağlayıcı kimyasal bazı kumaş özelliklerini olumsuz etkilerken, liflerin birbirlerine tutunma derecesini artırdığı için, boncuklanma değerini olumlu etkilemektedir. Yıkama sonrasında dahi bu olumlu etkinin devam ettiği gözlenmiştir. Boncuk sayılarında özellikle yıkama öncesinde ve 10 yıkama sonrasında işlem görmemiş kumaşa göre azalma göstermiştir.

PES kumaşlara yapılan boncuklanma testi sonucunda elde edilen boncuklanma değerleri Çizelge 9.14'te, ölçülen toplam boncuk sayısı Çizelge 9.15'te, bir inç²'deki boncuk sayısı değerleri de Çizelge 9.16'da gösterilmiştir. Boncuklanma değerleri ayrıca Şekil 9.22'de grafik halinde sunulmuştur.

Çizelge 9.14. %100 PES kumaşın boncuklanma testi sonuçları

	Boncuklanma değeri	std sapma	%CV
İşlem görmemiş	1,00	0,00	0,00
0 Yıkama	1,00	0,00	0,00
10 Yıkama	1,82	0,84	46,36
20 Yıkama	1,35	0,35	25,93



Şekil 9.22. %100 PES kumaşın boncuklanma testi sonuçları

Çizelge 9.15. %100 PES kumaşın toplam boncuk sayısı sonuçları

	Toplam boncuk sayısı	std sapma	%CV
İşlem görmemiş	217,33	33,23	15,29
0 Yıkama	189,00	24,43	12,93
10 Yıkama	135,00	59,40	44,00
20 Yıkama	152,67	23,46	15,37

Çizelge 9.16. %100 PES kumaş inçteki boncuk sayısı sonuçları

	Boncuk/inç ²	std sapma	%CV
İşlem görmemiş	55,68	8,51	15,29
0 Yıkama	48,42	6,26	12,93
10 Yıkama	34,59	15,22	43,99
20 Yıkama	39,11	6,01	15,36

Çalışmada kullanılan PES kumaşın işlem görmemiş halinde bile önemli derecede boncuklanma tespit edilmiştir. Boncuk sayıları ile ilgili tablolarda da bu durum açıkça görülmektedir. PES kumaşın renginin koyu olmasının, cihaz tarafından yapılan değerlendirmeyi olumsuz etkilediği düşünülmektedir. İşlem görmemiş ve işlem görmüş ancak yıkanmamış kumaşın boncuklanma değerleri

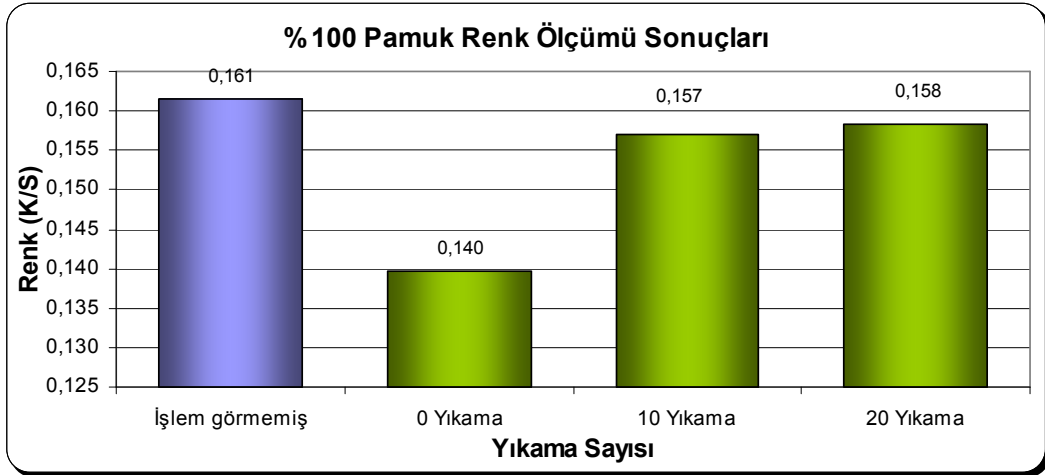
aynı çıkmıştır. Oluşan çok sayıda boncuğun bir kısmı, yıkama sonrasında kumaş yüzeyinden uzaklaştığından, yıkama sonrasında değerler iyileşmiştir. Boncuk sayılarına göre antimikrobiyal işlem sonrasında değerlerde azalma ortaya çıkmaktadır. Pamuklu kumaşlarda olduğu gibi, PES kumaşlarda da bağlayıcı, kimyasal boncuklanma değerini olumlu yönde etkilemiştir.

9.7.5. Renk verimliliği test sonuçları

Pamuklu kumaşlara yapılan renk verimliliği test sonuçları Çizelge 9.17’de tablo halinde, Şekil 9.23’te de grafik halinde verilmektedir. Antimikrobiyal apre sonrasında kumaşın K/S değerinde azalma olduğu görülmektedir. Bu azalma kullanılan bağlayıcı kimyasaldan ve işlem sonrasında yapılan kurutmadan kaynaklanmaktadır. Yıkama sonrasında ölçülen renk değerleri, işlem görmemiş kumaşın değerlerine çok yakın çıkmıştır. Yıkamadan sonra kumaş toplanmakta ve rengin daha koyu görünmesine sebep olmaktadır. Ayrıca yıkama sırasında bağlayıcı kimyasalın bir bölümü sökülmemektedir.

Çizelge 9.17. %100 pamuklu kumaş renk verimliliği sonuçları

	K/S	Std. sapma	%CV
İşlem görmemiş	0,161	0,003	2,006
0 Yıkama	0,140	0,002	1,406
10 Yıkama	0,157	0,003	2,199
20 Yıkama	0,158	0,006	3,828

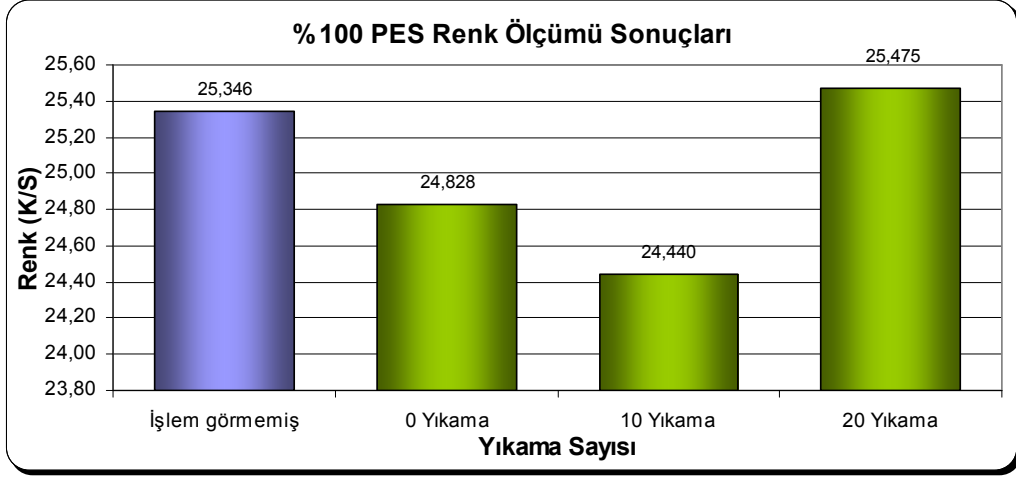


Şekil 9.23. %100 pamuklu kumaş renk verimliliği test sonuçları

PES kumaşlara yapılan renk verimliliği test sonuçları Çizelge 9.18’de ve Şekil 9.24’te gösterilmiştir. İşlem sonrasında kumaşın K/S değerinde azalma olduğu görülmektedir. Ancak bu azalma pamuklu kumaşlarda olduğu kadar belirgin değildir. Yıkama sonrasında ortaya çıkan fark da istatistiksel açıdan önemli değildir.

Tablo 9.18. %100 PES kumaş renk verimliliği sonuçları

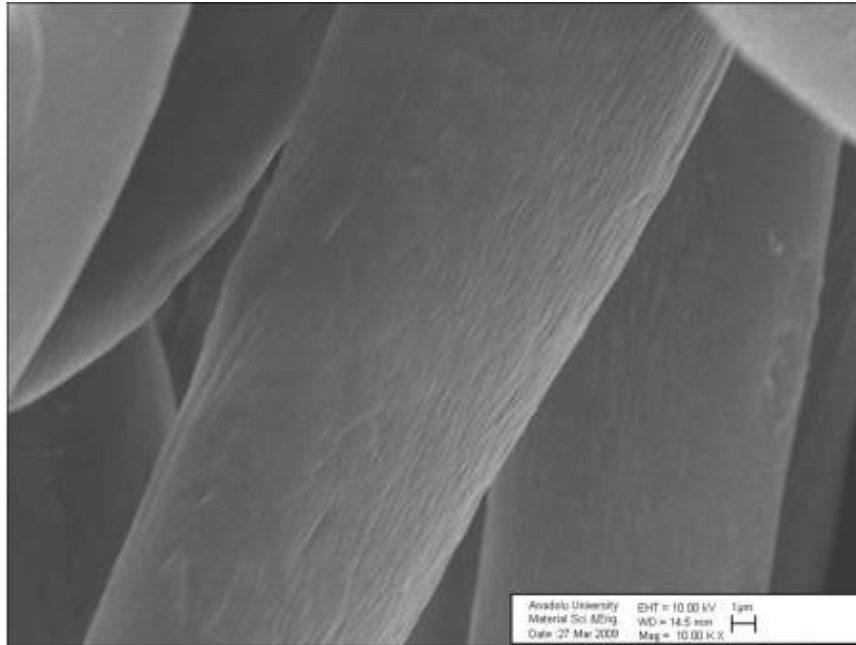
	K/S	Std. sapma	%CV
İşlem görmemiş	25,346	0,902	3,559
0 Yıkama	24,828	0,204	0,822
10 Yıkama	24,440	0,484	1,982
20 Yıkama	25,475	2,012	7,898



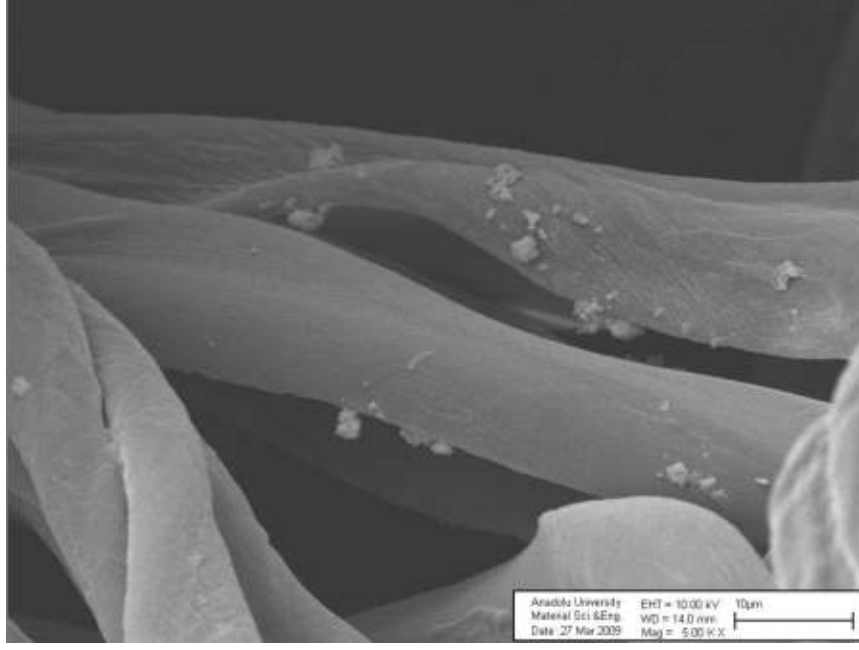
Şekil 9.24. %100 PES kumaş renk verimliliği test sonuçları

9.8. Antimikrobiyal Aplikasyon Yapılan Kumaşların Taramalı Elektron Mikroskobu Analizleri

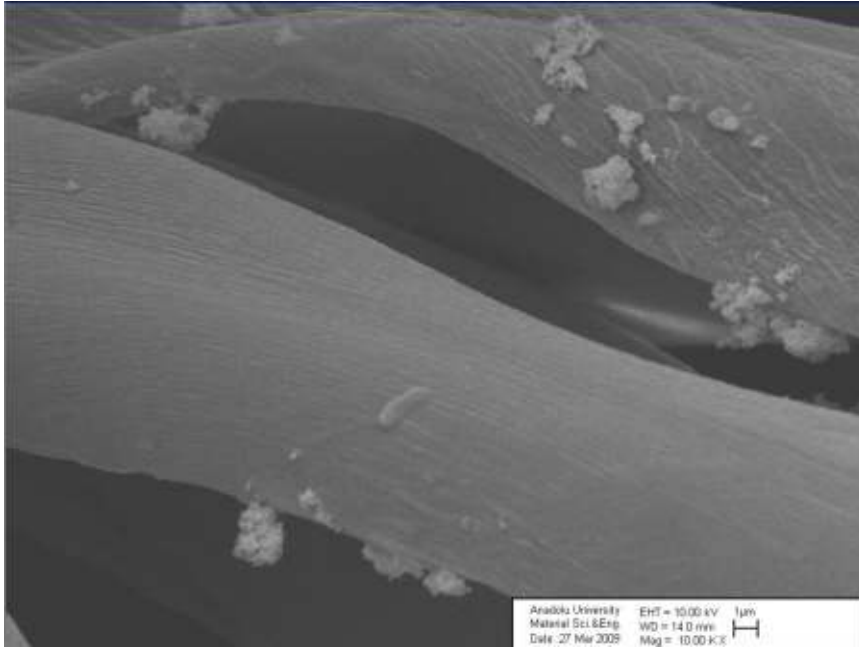
Antimikrobiyal aplikasyon sonrası pamuklu kumaş numunelerinin üzerinde antimikrobiyal tozun homojen dağılımının ve her 10 yıkama sonrasında toz miktarlarındaki azalmanın görsel olarak tespit edilebilmesi için yapılan SEM analizinin görüntüleri Şekil 9.25-9.28’de verilmiştir.



Şekil 9.25. Pamuklu referans kumaş numunenin SEM görüntüsü



(a)

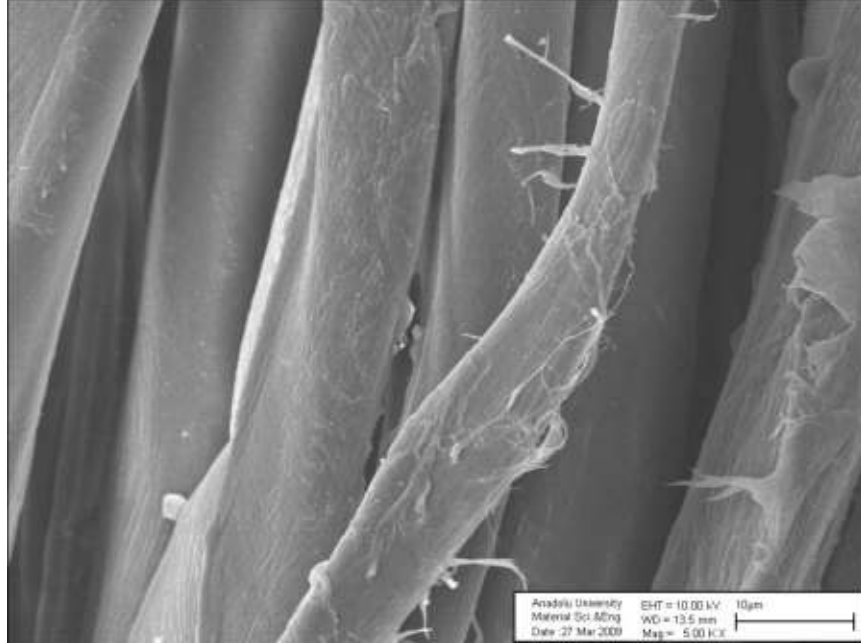


(b)

Şekil 9.26. Antimikrobiyal işlem görmüş pamuklu kumaş numunenin yıkama öncesi SEM görüntüsü (a) 5000 büyütme, (b) 10000 büyütme

Antimikrobiyal işlem görmüş, yıkama yapılmamış pamuklu kumaş numunesi üzerinde bağlayıcı ve antimikrobiyal tozlar Şekil 9.26a ve b’de görülmektedir. Antimikrobiyal tozların tane boyutunun yaklaşık 100 nm olduğu ve lif üzerinde genellikle homojen olarak dağıldığı belirlenmiştir. Antimikrobiyal

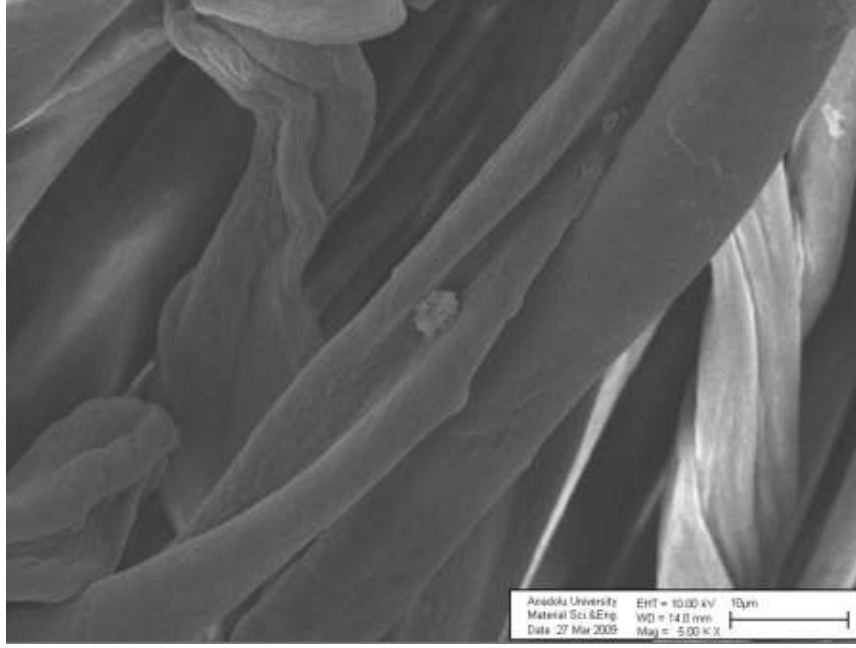
tozların yüzey enerjilerini azaltmak için biraraya gelme eğiliminde olmalarına bağlı olarak bazı yerlerde aglomereler tespit edilmiştir. Pamuklu kumaşın lif yapısının da antimikrobiyal tozların dağılımına etkisi olduğu düşünülmektedir.



Şekil 9.27. Antimikrobiyal işlem görmüş pamuklu kumaş numunenin 10 yıkama sonrası SEM görüntüsü

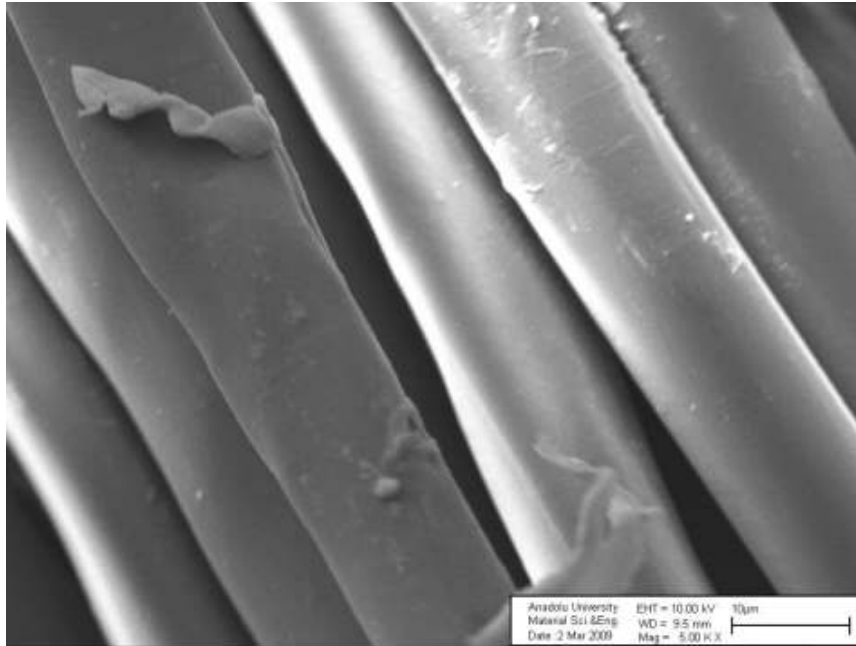
Şekil 9.27’de antimikrobiyal işlem görmüş pamuklu kumaş numunenin 10 yıkama sonrasında 5000 büyütmedeki SEM görüntüsü verilmiştir. 10 yıkama sonucunda pamuklu kumaş üzerindeki bağlayıcının yıpranıp ayrılmaya başladığı ve buna bağlı olarak antimikrobiyal tozların bir kısmının bağlayıcıyla birlikte kumaş yüzeyinden uzaklaştığı tespit edilmiştir.

20 yıkama sonrasındaki SEM analizinde (Şekil 9.28) bağlayıcının lif yüzeyinden büyük oranda temizlenmesiyle beraber liflerin yıpranmış görüntüsünün de ortadan kalktığı belirlenmiştir. Yıkama sırasında mekanik sürtünmenin etkisinin daha az olduğu liflerin iç kısımlarında, antimikrobiyal tozların bulunduğu görülmüştür.

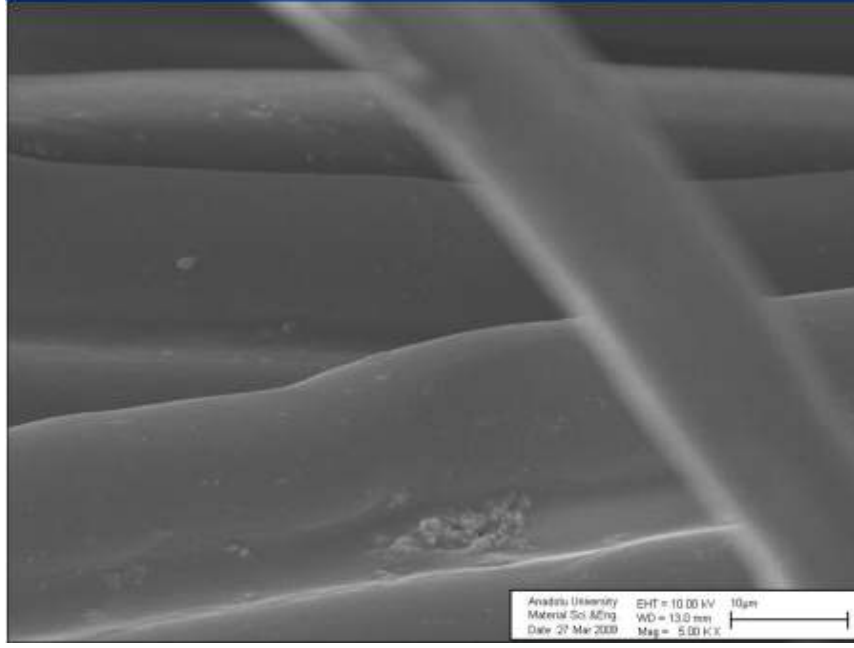


Şekil 9.28. Antimikrobiyal işlem görmüş pamuklu kumaş numunenin 20 yıkama sonrası SEM görüntüsü

Şekil 9.29’da işlem görmemiş PES kumaşa ait SEM analizi sonucu görülmektedir. Şekil 9.30 ve 9.31’de ise antimikrobiyal işlem görmüş PES kumaşın yıkama öncesi ve 10 yıkama sonrası SEM görüntüleri verilmiştir.

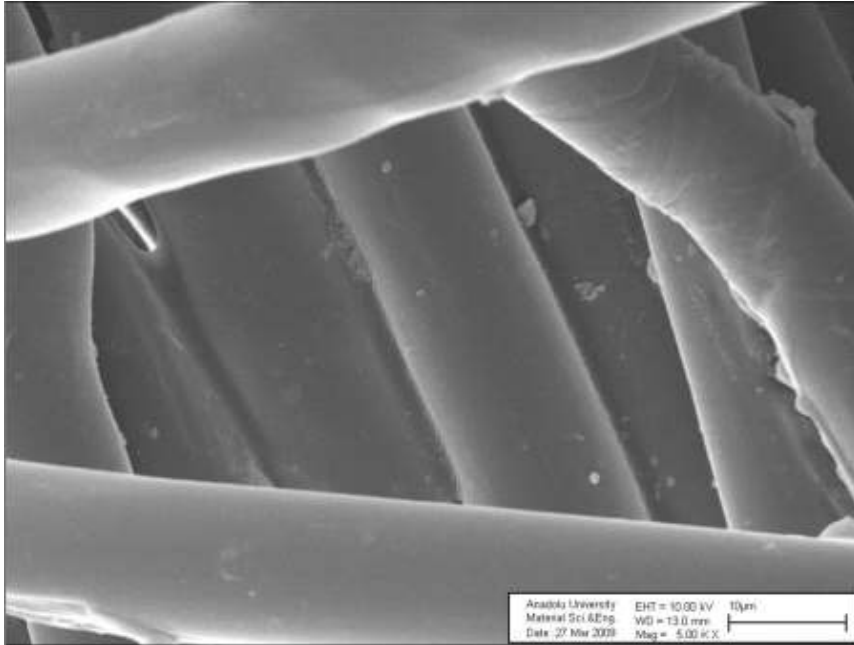


Şekil 9.29. PES referans kumaş numunenin SEM görüntüsü



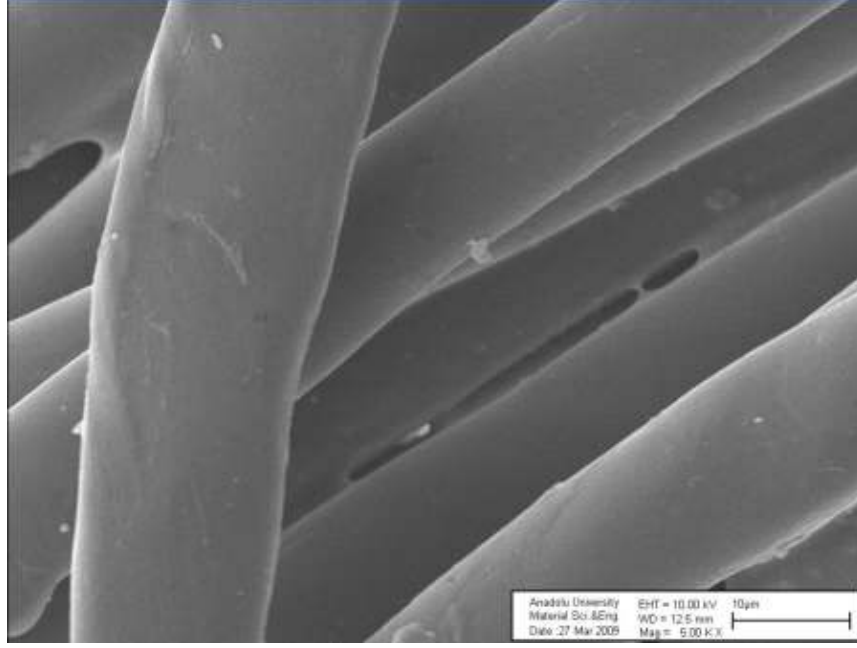
Şekil 9.30. Antimikrobiyal işlem görmüş PES kumaş numunesinin yıkama öncesi SEM görüntüsü

Antimikrobiyal işlem görmüş PES kumaş numunesinin yıkama öncesi SEM görüntülerinde (Şekil 9.30) antimikrobiyal tozların PES kumaş üzerinde, pamuklu kumaş numunesine göre daha homojen dağılım gösterdiği belirlenmiştir.

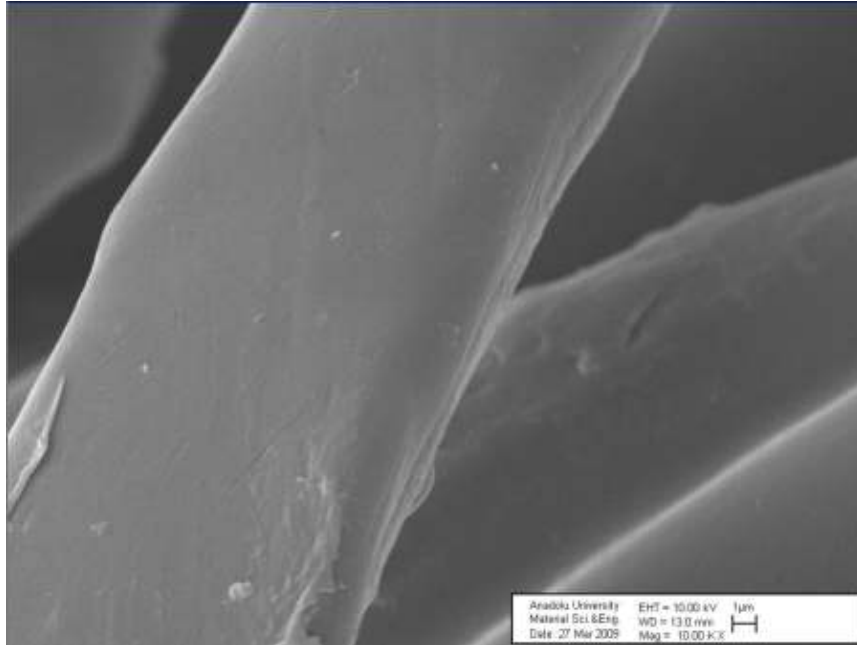


Şekil 9.31. Antimikrobiyal işlem görmüş PES kumaş numunesinin 10 yıkama sonrası SEM görüntüsü

Antimikrobiyal işlem görmüş PES kumaş numunesinin 10 yıkama sonrası elde edilen SEM görüntülerinde (Şekil 9.31) bağlayıcının pamuklu kumaşlarda olduğu gibi lif yüzeyinden ayrılmadığı ve antimikrobiyal tozların lifler üzerine tutunduğu tespit edilmiştir.



(a)

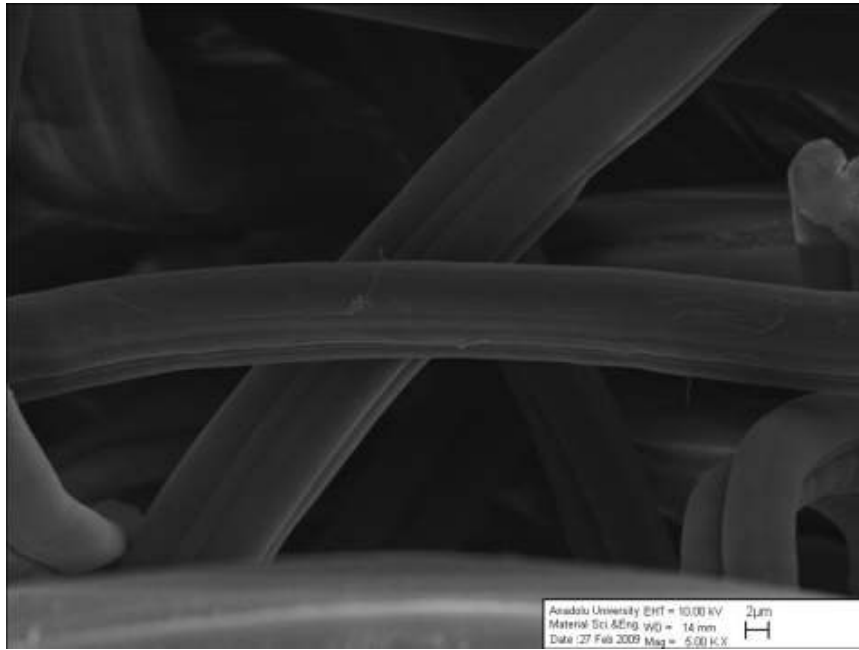


(b)

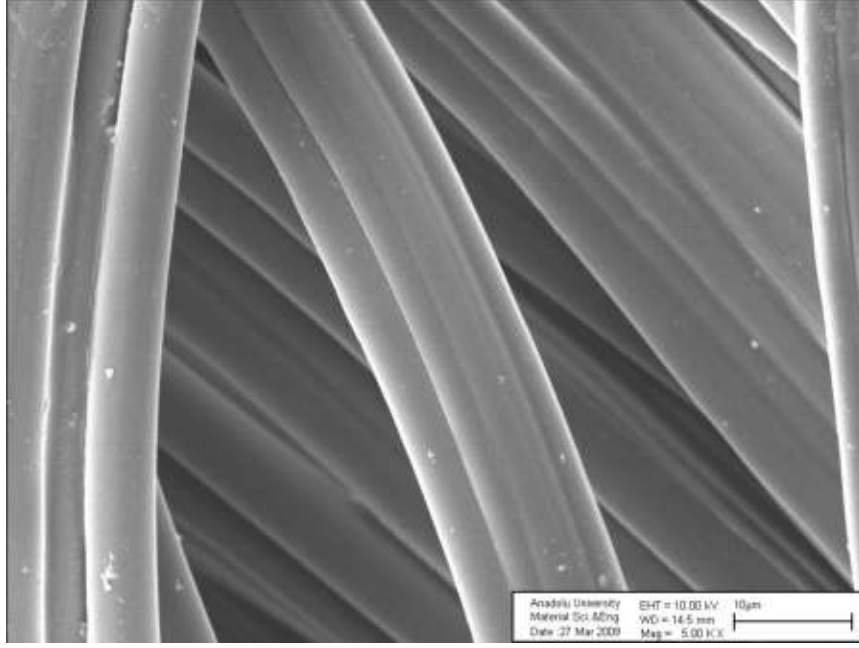
Şekil 9.32. Antimikrobiyal işlem görmüş PES kumaş numunesinin 20 yıkama sonrası SEM görüntüsü (a) 5000 büyütme, (b) 10000 büyütme

20 yıkama sonrasında elde edilen SEM görüntülerinde bağlayıcının PES liflerin dış yüzeyi üzerinden ayrılmaya başladığı, bununla birlikte antimikrobiyal tozlarında bir kısmının lif yüzeyinden uzaklaştığı görülmektedir (Şekil 9.32a-b). Pamuklu kumaşlar ile kıyaslandığında 20 yıkama sonrasında bile PES lifinin daha az yıprandığı tespit edilmiştir.

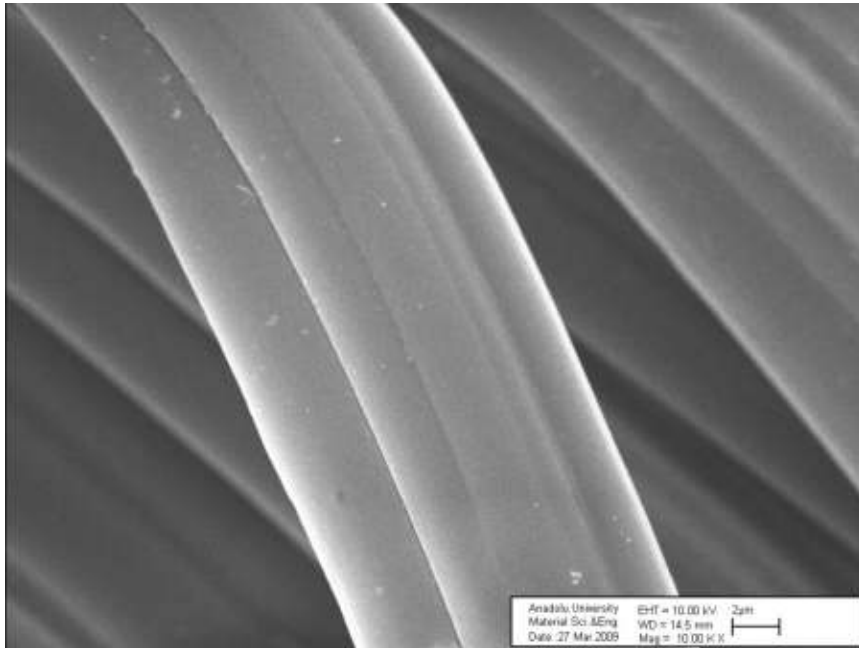
Şekil 9.33'te antimikrobiyal işlem görmemiş modal kumaş numunesinin 5000 büyütmedeki SEM görüntüsü verilmiştir. Modal kumaş lifinin yapısının PES kumaş lifinin yapısına benzer olduğu görülmektedir.



Şekil 9.33. Modal kumaş referans numunenin SEM görüntüsü (5000X)



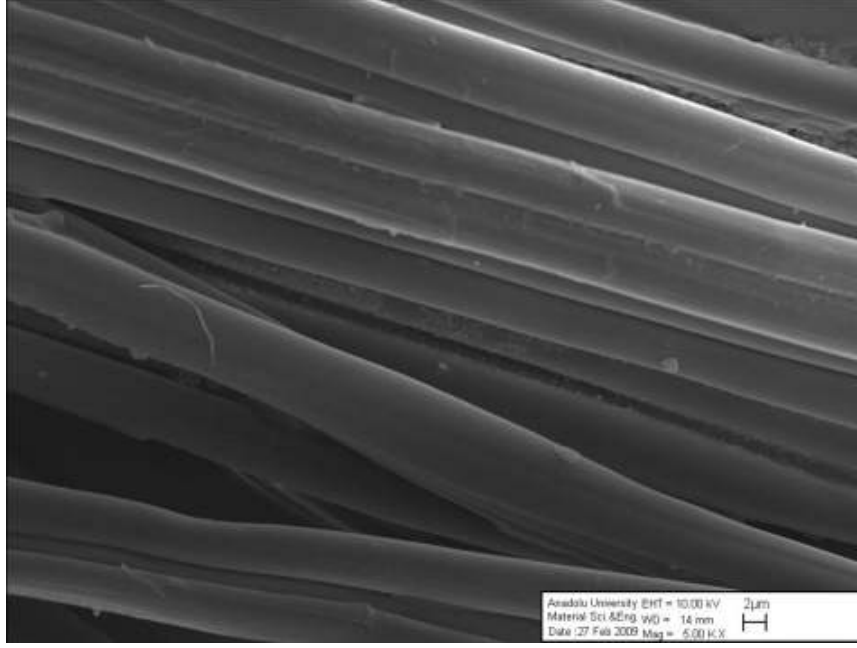
(a)



(b)

Şekil 9.34. Antimikrobiyal işlem görmüş modal kumaş numunesinin yıkama öncesi (a) 5000 büyütmedeki, (b) 10000 büyütmedeki SEM görüntüsü

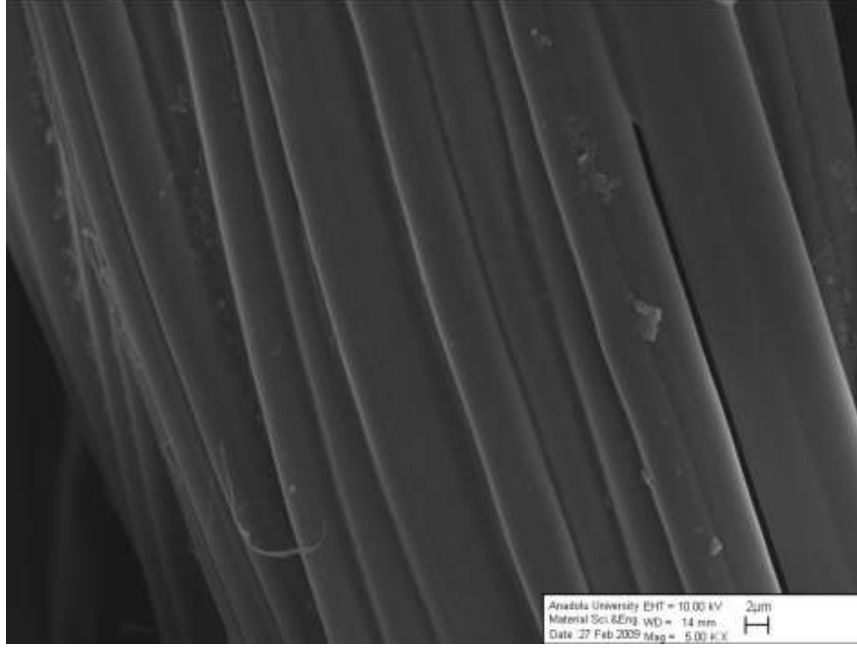
Antimikrobiyal işlem görmüş modal kumaş numunesinin yıkama öncesi SEM görüntüsünde (Şekil 9.34a-b) antimikrobiyal tozlarda homojen bir dağılım tespit edilmiştir.



Şekil 9.35. Antimikrobiyal işlem görmüş modal kumaş numunesinin 10 yıkama sonrası SEMgörüntüsü

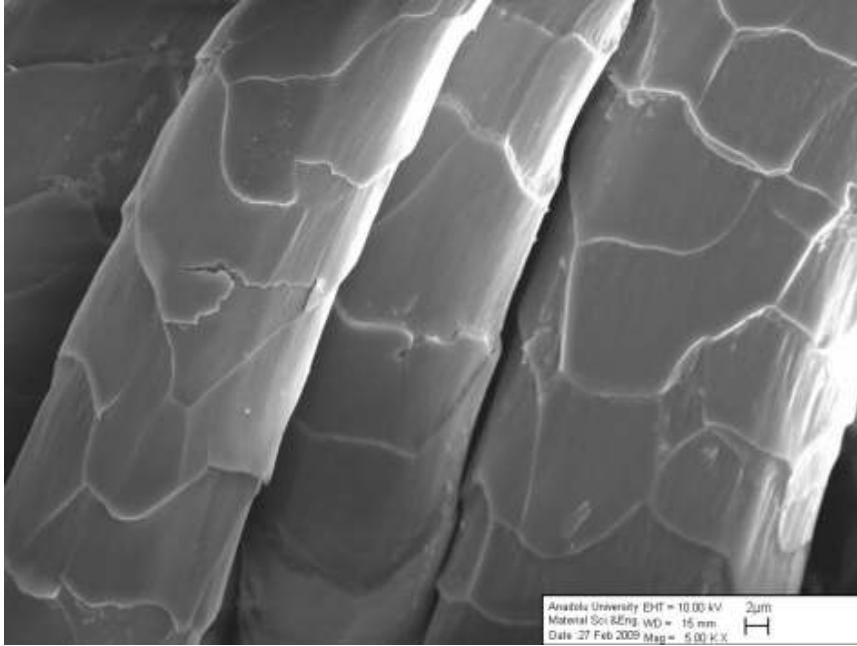
Antimikrobiyal işlem görmüş modal kumaş numunesinin 10 yıkama sonrasında alınan SEM görüntüsünde (Şekil 9.35) bağlayıcının lif yüzeyinden ince tabakalar halinde ayrılmaya başladığı belirlenmiştir. Yıkama sonrasında tozlardaki azalmanın daha çok kumaş yüzeyine yakın lifler üzerinde olduğu ve iç kısımlardaki liflerde antimikrobiyal tozların homojen olarak kumaş yüzeyine tutunduğu gözlenmiştir.

Kullanılan tekstil bağlayıcısının, liflerin arasını doldurarak kavis oluşturduğu belirlenmiştir. Bu kavisler üzerine yerleşen antimikrobiyal tozlar yıkama sırasında sürtünmeden daha az etkilenmektedir. 20 yıkama sonrasında kumaş yüzeyine yakın olan liflerde bağlayıcı ve tozlarda azalma tespit edilmiştir (Şekil 9.36). Ancak liflerin aralarında antimikrobiyal tozlar bulunmaktadır.

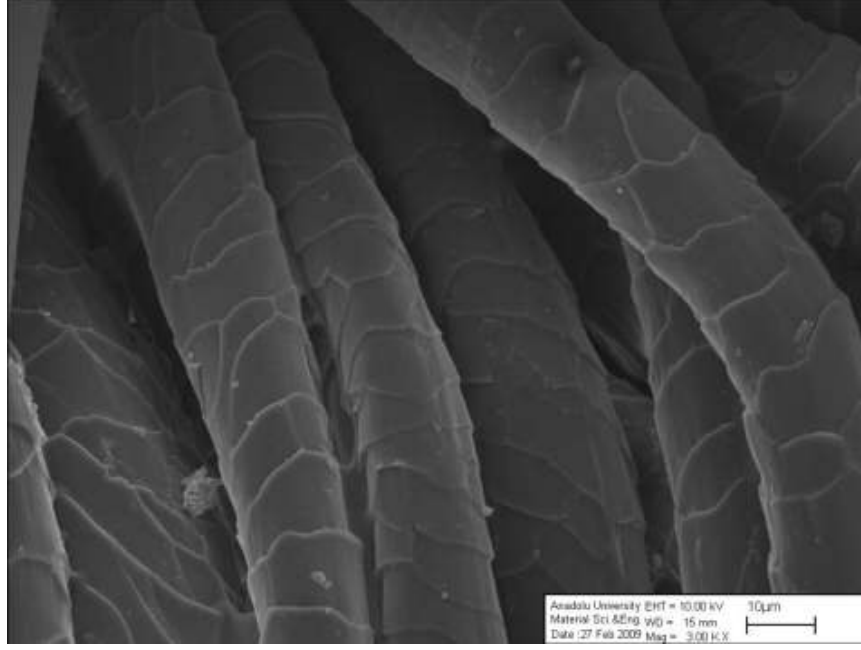


Şekil 9.36. Antimikrobiyal işlem görmüş modal kumaş numunesinin 20 yıkama sonrası SEM görüntüsü

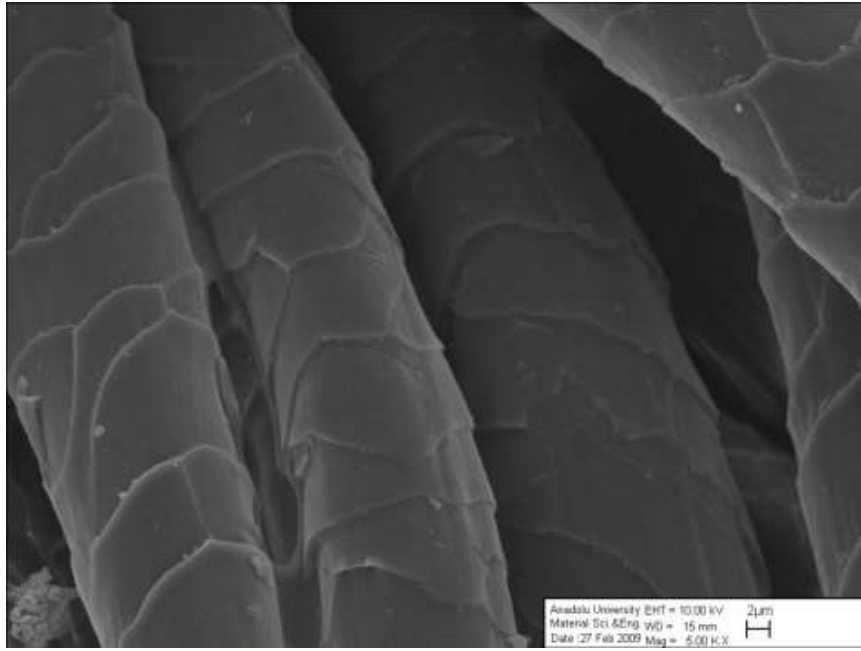
Şekil 9.37’de yünlü kumaş referans numunesinin 5000 büyütmedeki SEM görüntüsü verilmiştir. Yünlü kumaş liflerinin dokusunun diğer kumaş liflerine göre oldukça pürüzlü olduğu görülmektedir.



Şekil 9.37. Yünlü kumaş referans numunenin SEM görüntüsü



(a)

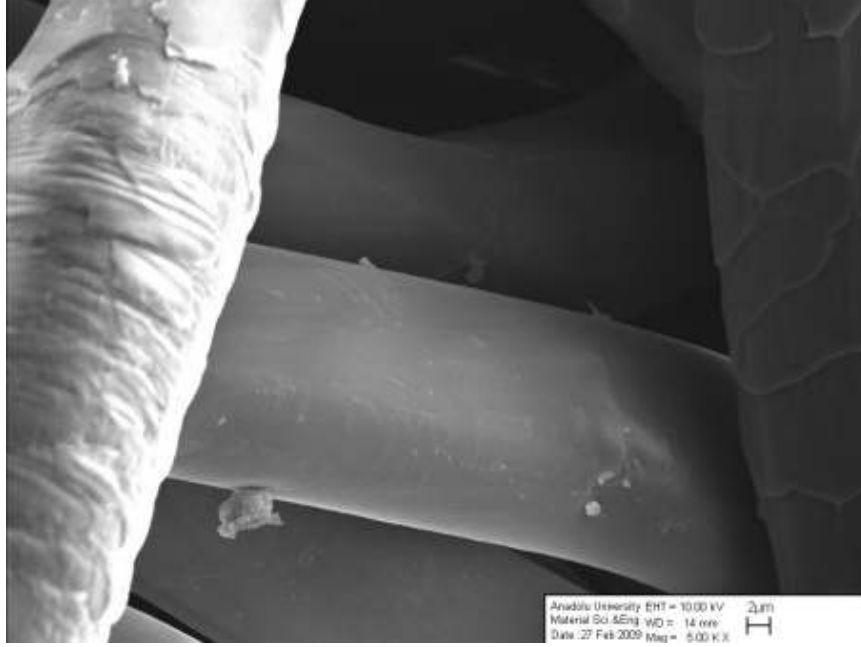


(b)

Şekil 9.38. Antimikrobiyal işlem görmüş yünlü kumaş numunesinin yıkama öncesi SEM görüntüsü (a) 3000 büyütme, (b) 5000 büyütme

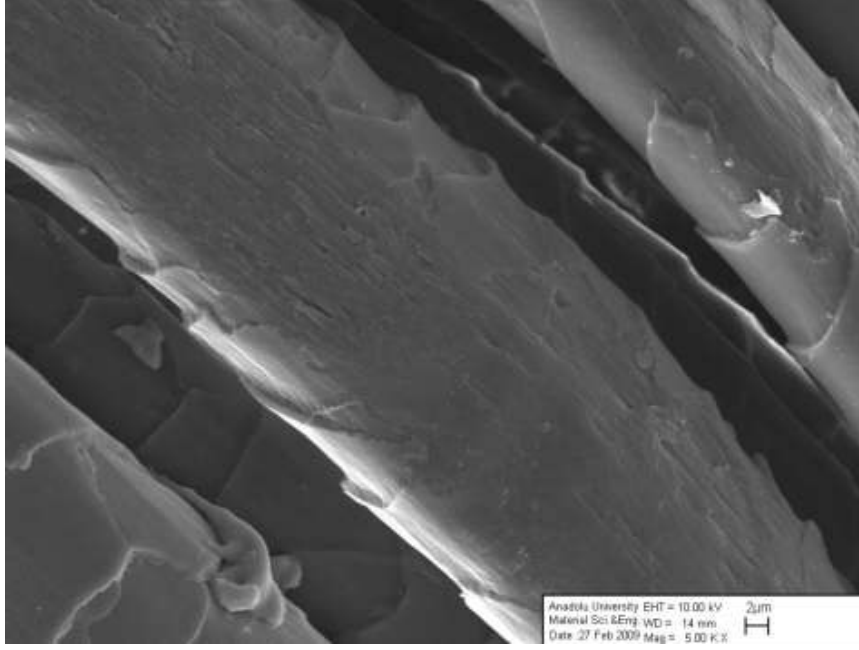
Antimikrobiyal işlem görmüş yünlü kumaş numunesinin yıkama öncesi SEM görüntülerine bakıldığında, antimikrobiyal tozların kumaş üzerinde homojen bir dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Ancak bazı yerlerde antimikrobiyal tozlarda aglomereler bulunduğu tespit edilmiştir. Yünlü kumaşın lif yapısından dolayı

bağlayıcının homojen olarak dağılmayarak birikim yaptığı ve aglomerelerinde bu sebeple oluştuğu düşünülmektedir.



Şekil 9.39. Antimikrobiyal işlem görmüş yünlü kumaş numunesinin 10 yıkama sonrası SEM görüntüsü

Antimikrobiyal işlem görmüş yünlü kumaş numunesinin 10 yıkama sonucunda çekilen SEM görüntülerinde (Şekil 9.39) PES lifinin varlığı da belirlenmiştir. Antimikrobiyal tozlar PES lifinin ve yün lifinin üzerinde homojen olarak dağıldığı gözlemlenmiştir.



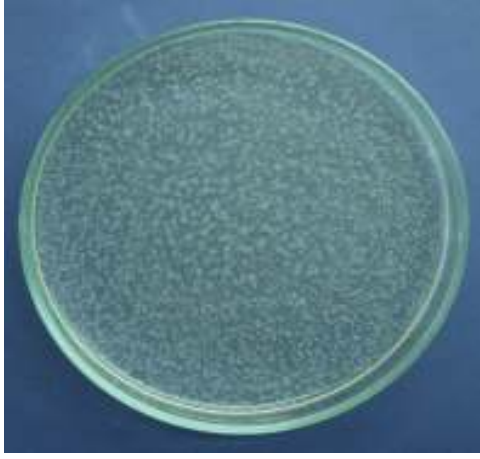
Şekil 9.40. Antimikrobiyal işlem görmüş yünlü kumaş numunesinin 20 yıkama sonrası SEM görüntüsü

20 yıkama sonrasında (Şekil 9.40) yünlü kumaş liflerinin pürüzlü dokusunun yüzeye yakın yerlerde düzleştiği, dolayısıyla bağlayıcı ve tozlarında aşınmayla beraber lif yüzeyinden sıyrılıp yok olduğu görülmüştür. Ancak liflerin deforme olmayan iç kısımlarında bir miktar antimikrobiyal tozun bulunduğu belirlenmiştir.

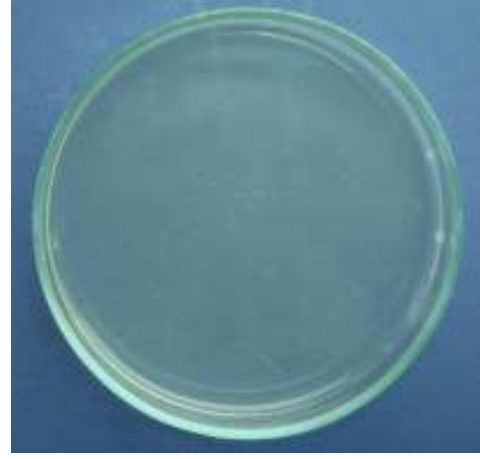
9.9. Antimikrobiyal Etkinlik Belirleme Testi

Geliştirilen antimikrobiyal solüsyon ile applike edilmiş kumaşların antimikrobiyal etkinlik belirleme testleri “JIS L 1902-2002” metoduna göre yapılmıştır. Standartta verilen değerlere uygun olarak referans kumaşlar ve uygulama yapılan her kumaş çeşidinden 4'er adet teste alınmıştır. Test sonuçlarında 1'er örnek gösterilmektedir.

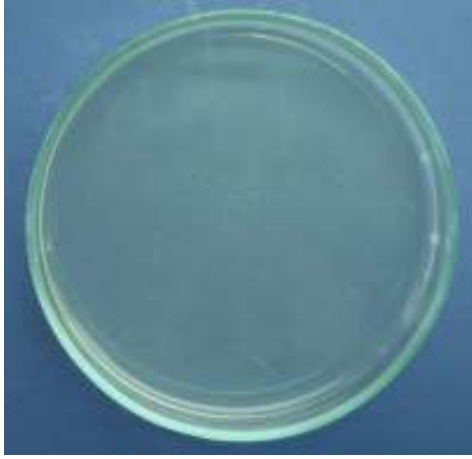
Pamuklu kumaş numunelerinin antimikrobiyal test sonuçları Şekil 9.41'de verilmiştir. Antimikrobiyal işlem görmemiş referans kumaş numuneleri ile antimikrobiyal işlem görmüş pamuklu kumaş numunelerinin arasındaki logaritmik fark değeri 4.1'dir. Pamuklu kumaş numunelerinin 20 yıkama dahil kuvvetli antimikrobiyal özellik gösterdiği tespit edilmiştir.



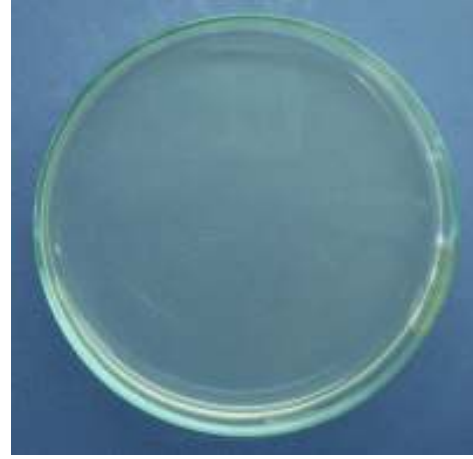
(a)



(b)

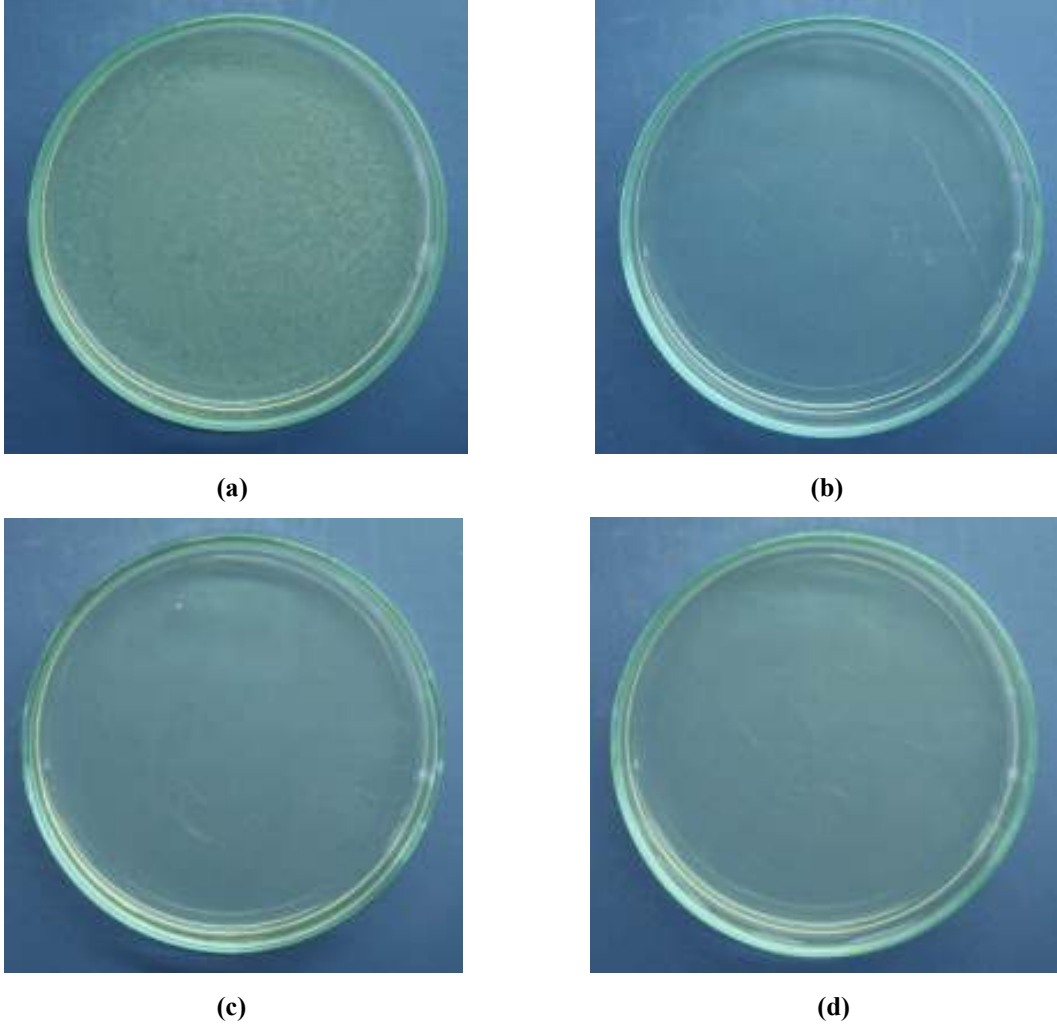


(c)



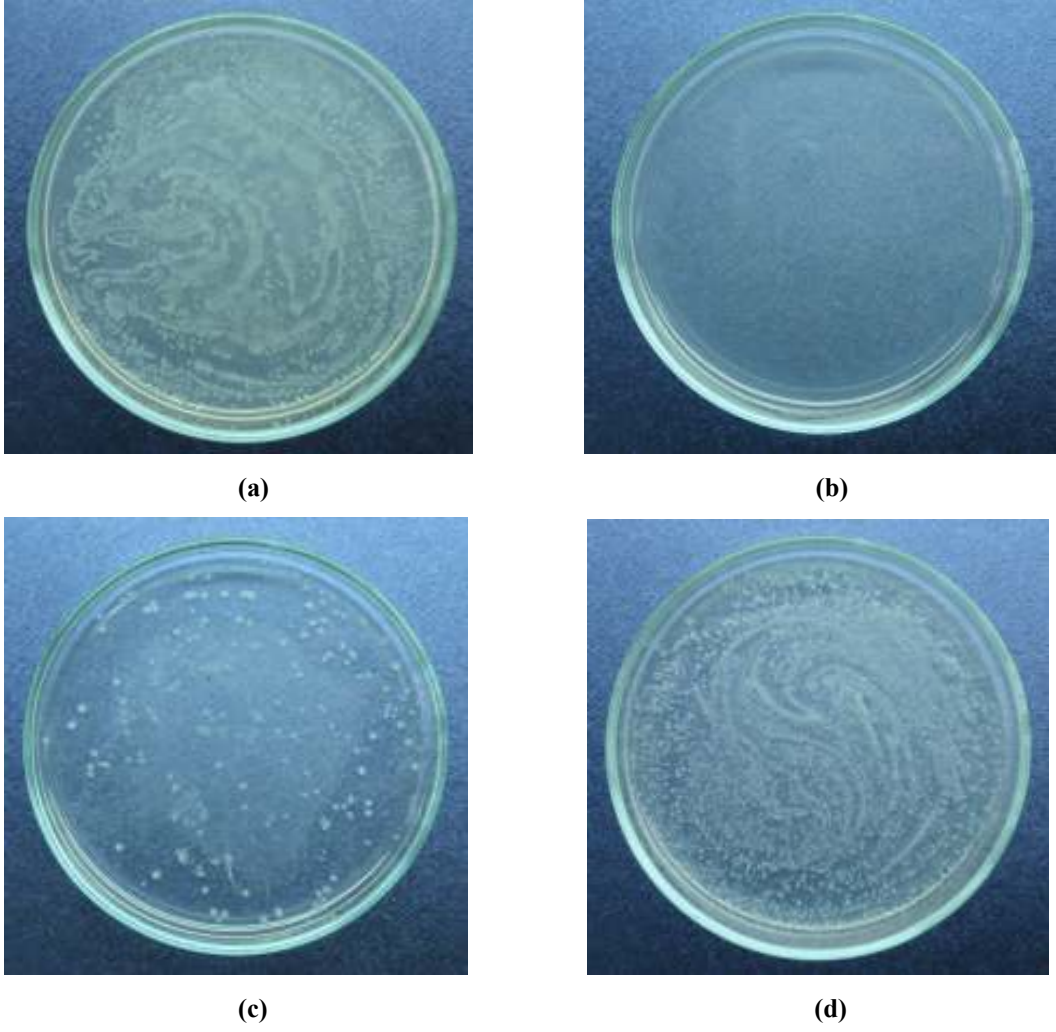
(d)

Şekil 9.41. Pamuklu kumaş numunelerinin (a) antimikrobiyal işlem görmemiş (referans); antimikrobiyal işlem görmüş (b) yıkama öncesi, (c) 10 yıkama sonrası, (d) 20 yıkama sonrası antimikrobiyal test sonucu



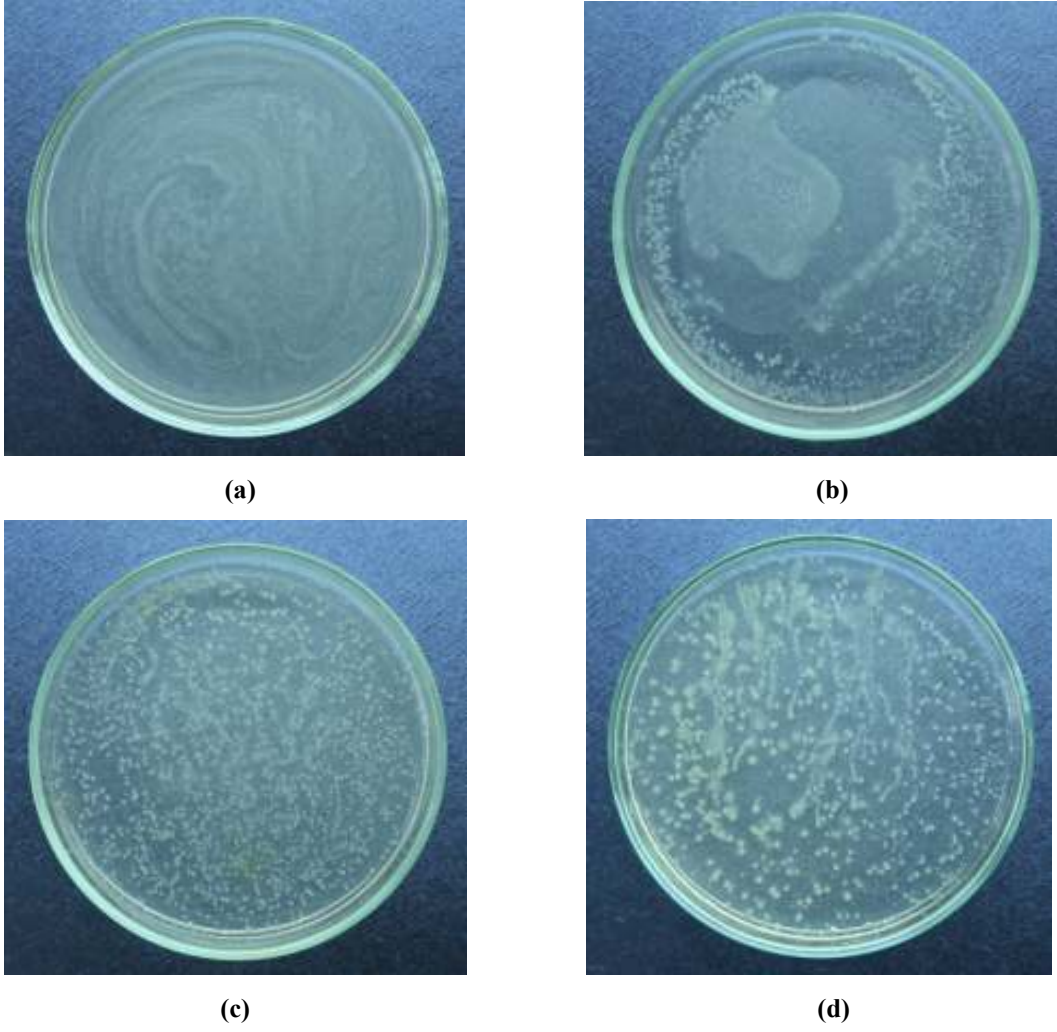
Şekil 9.42. PES kumaş numunelerinin (a) antimikrobiyal işlem görmemiş (referans); antimikrobiyal işlem görmüş (b) yıkama öncesi, (c) 10 yıkama sonrası, (d) 20 yıkama sonrası antimikrobiyal test sonucu

PES kumaş numunelerinin antimikrobiyal test sonuçlarına göre antimikrobiyal işlem görmemiş referans kumaş ile antimikrobiyal işlem görmüş PES kumaş numuneleri arasındaki logaritmik azalma değeri 4.2'dir. PES kumaş numunelerinin 20 yıkama sonrasında bile kuvvetli antimikrobiyal özellik gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 9.42).



Şekil 9.43. Modal kumaş numunelerinin (a) antimikrobiyal işlem görmemiş (referans); antimikrobiyal işlem görmüş (b) yıkama öncesi, (c) 10 yıkama sonrası, (d) 20 yıkama sonrası antimikrobiyal test sonucu

Modal kumaş numunelerinin antimikrobiyal test sonuçları Şekil 9.43'te verilmiştir. Test sonuçlarına göre referans kumaş numuneleri ile, antimikrobiyal işlem görmüş, yıkanmamış kumaş numuneleri arasındaki logaritmik fark 3, 10 yıkama yapılmış kumaş numuneleri arasındaki logaritmik fark değeri 2.4'tür. 20 yıkama sonrasındaki logaritmik azalma değeri ise 2.2'dir. Antimikrobiyal işlem görmüş modal kumaşların 10 yıkamadan itibaren antimikrobiyal özelliklerinde azalma görülmesine rağmen, logaritmik fark değerleri 2'den büyüktür ve antimikrobiyal özellik göstermeye devam etmektedirler.



Şekil 9.44. Yünlü kumaş numunelerinin (a) antimikrobiyal işlem görmemiş (referans); antimikrobiyal işlem görmüş (b) yıkama öncesi, (c) 10 yıkama sonrası, (d) 20 yıkama sonrası antimikrobiyal test sonucu

Yünlü kumaş numunelerinin antimikrobiyal test sonuçlarına göre antimikrobiyal işlem görmemiş olan referans numunenin, antimikrobiyal işlem görmüş ve yıkama yapılmamış numune ile arasındaki logaritmik fark 2.3; 10 yıkama yapılmış numune ile arasındaki logaritmik fark 2.15 ve 20 yıkama yapılmış numune ile arasındaki logaritmik fark 2.1'dir. Logaritmik azalma değerlerinin 2'den büyük olması sebebiyle antimikrobiyal işlem görmüş yünlü kumaş numunelerinin 20 yıkama dahil antimikrobiyal özellik gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 9.44).

10. TARTIŞMA ve ÖNERİLER

Bu çalışmada yaş kimyasal metot kullanılarak sentezlenen çinko ve gümüş iyonları katkılı, kalsiyum fosfat esaslı antimikrobiyal tozun tekstil ürünlerine yönelik uygulanabilirliği, kalıcılığı ve antimikrobiyal etkinliği araştırılmıştır.

Tozun kumaşlara kalıcı biçimde aplikasyonunu sağlamak amacıyla uygun bağlayıcı kimyasallarının belirlenmesi için çalışmalar yapılmıştır ve renk değiştirmeyen, kimyasal bozunuma uğramayan, stabil antimikrobiyal apre kimyasalı elde edilmiştir.

Antimikrobiyal apre kimyasalının kumaşların fiziksel özelliklerine etkisini belirlemek için işlem görmüş ve görmemiş kumaşların gramaj, yıkama, patlama mukavemeti, hava geçirgenliği, boncuklanma ve renk verimliliği testleri yapılmıştır. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri alınarak, deneylerde kullanılan her kumaş tipi üzerinde antimikrobiyal tozların dağılımı incelenmiştir. Kumaşların antimikrobiyal aktivite testleri “JIS L 1902-2002” standardına göre *E.coli* bakterisine karşı yapılmıştır.

Çalışmalar sırasında tekstil bağlayıcılarının raf ömrünün antimikrobiyal özelliğe etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Kullanım süresi dolmuş olan bağlayıcılarla hazırlanan antimikrobiyal apre kimyasalının kumaşlara uygulanmasından sonra, bağlayıcıların yıkamaya karşı dayanıksız olduğu dolayısıyla kumaşların antimikrobiyal etkinliğinin zayıf olduğu görülmüştür.

Analizler sonucuna, yenilenen tekstil bağlayıcılarıyla hazırlanan antimikrobiyal apre kimyasalı ile işlem görmüş pamuklu ve PES kumaşlar, 20 yıkama sonuna kadar kuvvetli olarak antimikrobiyal etkinliğini korumaktadır. Modal ve yünlü kumaşlarda ise yıkama ile beraber antimikrobiyal özellik azalmasına rağmen, 20 yıkama sonuna kadar kumaşların antimikrobiyal etkinliğini koruduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda antimikrobiyal apre kimyasalının kumaşların fiziksel özelliklerini olumsuz yönde etkilemediği de tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Bonin, L. E., *Durable and Reusable Antimicrobial Textiles*, Master of Science Thesis, Louisiana University, The School of Human Echology, Baton Rouge, 2008.
- [2] Palamutçu, S., Şengül, M., Devrent, N., Keskin R., “Tekstil Ürünlerinde Antimikrobiyal Etkinlik Belirleme Testleri” VII. Ulusal Ölçümbilim Kongresi Bildiriler Kitabı, İzmir, 25-33, 2008.
- [3] Toprakkaya, D., Orhan, M., Güneşoğlu, C., *Tekstillerde Hijyen Uygulamaları*, 2003.
- [4] Kursun, S., Göcek, İ, Küçük, G., “Tekstil Endüstrisinde Nanoteknoloji Uygulamaları” Nonwoven Technical Textiles Technology Dergisi, Sayı:14 64-69, 2007.
- [5] Kathirvelu, S., D’Souza, L., Dhurai, B., “Nanotechnology applications in textiles” *Indian Journal of Science and Technology*, 1(5), 2008.
- [6] Wong, Y. W. H. , Yuen, C. W. M. , Leung, M. Y. S., Ku, S. K. A., Lam, H. L. I, 2006, “Selected Applications Of Nanotechnology In Textiles”, *AUTEX Research Journal*, 6(1), 2006.
- [7] Akdur, Çöl, M., Işık, A. ve ark(Eds)., “*Çağdaş Sağlık ve Sağlık Hizmetleri Kavramları, Bu Kavramlara Etki Eden Dinamikler*”, Halk Sağlığı, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınları, 10 (1998).
- [8] Üçışık, H. A., “*Klinik Gelişim*”, İstanbul Tabip Odası, 7, 12, 3375-3378 (1994).
- [9] Bilgehan, H., “*Klinik Mikrobiyoloji*”, Barış Yayınları (2000).
- [10] <http://www.lbl.gov>
- [11] <http://www.astrographics.com>
- [12] Hökelek, M., “*Hastanede Sorun Olan Mikroorganizmalar : Parazit ve Mantarlar*”, 3. Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi Kongre Kitabı, 408-419 (2003).
- [13] Cloete, T. E., *Resistance Mechanism of Bacteria to Antimicrobial Compounds*, International Biodeterioration & Biodegradation, 51(4), 277-282 (2003).

- [14] Akman, M., Gülmezoğlu, E., *Tıbbi Mikrobiyoloji*, Hacettepe Üniversitesi Yayınları (1976).
- [15] Başaran, A., “*Tıbbi biyoloji*”, (1985).
- [16] Temiz, A., “*Genel Mikrobiyoloji Teknikleri*”, Hatipoğlu Yayınevi (1996).
- [17] Bilgehan, H., “*Klinik Mikrobiyolojik Tanı*”, Barış Yayınları (1992).
- [18] Murray, R.P., Baron, J.E., Pfaller, A. M., Jorgensen, H.J., Tenover, H.J., “*Manual Clinic Microbiology*”, ASM Press, (2003).
- [19] Bayrakçı, F., “*Antibakteriyel Dolgulu Kolonlarda Su Dezenfeksiyonu*”, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye, (2002).
- [20] Schmidt M. Dezenfeksiyon ve Sterilizasyon. In: Serter D.(ed), Nms-Mikrobiyoloji ve Enfeksiyon Hastalıkları. 3.Baskı, İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri Ltd Şti, 1997:61-3.
- [21] Gücin, F., Dülger, B., Genel Mikrobiyoloji Laboratuar Kılavuzu, Bursa: Uludağ Üniversitesi Matbaası, 1995:119-36.
- [22] Wells, T. N. C., Scully, P., Paravicini, G., Poudfoot, A. E. I., Payton, M. A., “*Mechanism f Irreversibl eInactivation Of Phosphomannose Isomerase By Silver Ions and Flamazine*”, Biochemistry, 1995, 34, p.7896–7903.
- [23] Zhao, G. ve Stevens, S. E., “*Multiple Parameters for the Comprehensive Evaluation of the Susceptible of Escherichia coli to the Silver Ion,*” Biometals, **11**(1):27-32. (1998).
- [24] Süpüren, G., Çay, A., Kanat Z. E., Tarakçıoğlu, I., *Antimikrobiyal Lifler*, Tekstil ve Konfeksiyon, **16**(2), 80-89, Nisan- Haziran 2006.
- [25] Zasshi, Y., The Pharmaceutical Society of Japan, **127**(5), 867-888, 2007.
- [26] New Multifunctional Textiles:Antimicrobial Treatments, “Intelligent Textile Structures-Application, production & testing”, Greece, 2005.