

YENİ GELİŞTİRİLEN GÜMÜŞ KATKILI ANTİMİKROBİYAL TEKSTİL KİMYASALI VE BU KİMYASAL İLE İŞLEM GÖRMÜŞ KUMAŞLARIN ANTİBAKTERİYEL PERFORMANSLARI*

Mustafa E. ÜREYEN¹,
Aslı ÇAVDAR²,
A. Savaş KOPARALI³,
Aydın DOĞAN^{2,4}

¹ Anadolu Üniversitesi, Endüstriyel Sanatlar Yüksekokulu, Eskişehir

² Anadolu Üniversitesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Eskişehir

³ Anadolu Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Eskişehir

⁴ Anadolu Üniversitesi, İleri Teknolojiler Araştırma Birimi, Eskişehir

ÖZET

Bu çalışmada tekstil kumaşlarına uygulanabilen yıkama dayanımı yüksek gümüş katkıli antibakteriyel kimyasal geliştirilmiştir. İlk olarak gümüş katkıli kalsiyum fosfat esaslı antibakteriyel toz yaş kimyasal yöntemle sentezlenmiştir. Sentezlenen tozun tane boyutu nano boyuta indirgenmiştir. Daha sonra bu toz kullanılarak apre kimyasalı geliştirilmiştir. Geliştirilen apre kimyasalının performansını test etmek amacıyla laboratuvar tipi fularda pamuk, PES ve modal kumaşlara uygulama yapılmıştır. Antibakteriyel testler JIS-L 1902:2002 metodu ile Gram (-) E.coli bakterisine karşı gerçekleştirilmiştir. Test sonuçları kumaşların 20 yıkama sonrasında çok güçlü antibakteriyel etkinliklerini koruduklarını göstermiştir.

Anahtar Sözcükler : Antibakteriyel bitim işlemi, tekstil, gümüş, nanoteknoloji, yıkama dayanımı

ANTIBACTERIAL EFFICACY AND LAUNDERING DURABILITY OF TEXTILE FABRICS TREATED BY NEWLY DEVELOPED SILVER DOPED NANO SCALED BIO-ANTIMICROBIAL FINISHING AGENT

ABSTRACT

In this work silver based antibacterial finishing agent for textile fabrics were developed. Firstly, silver ion doped calcium phosphate based antibacterial powder was synthesized by using wet chemical method. Size reduction process was applied for reducing the particle size of the powder to the nanometer scale. Afterwards, stable chemical solution with antibacterial powder has been developed. This solution applied to cotton, PES, and modal fabrics. Antibacterial efficacy of the treated samples were tested and compared before and after laundering by JIS-L 1902:2002 method against Gram (-) E.coli bacteria. Test results showed that treated fabric samples preserved their strong antibacterial activities after 20 laundry cycles.

Keywords : Antibacterial finishing, textile, silver, nanotechnology, laundering durability

*Bu çalışma 08-12 Haziran tarihleri arasında Eskişehir Anadolu Üniversitesi'nde düzenlenen 5.Ulusal Nanobilim ve Nanoteknoloji Konferansının (NanoTR-V) Tema-K bölümünde sözlü olarak sunulmuştur.

1. GİRİŞ

Mikroorganizmalar soluduğumuz havada, vücudumuzda, toprakta ve temas ettiğimiz bütün yüzeylerde bulunmaktadır. Özellikle bakteriler enfeksiyon, hastalık, koku gibi sağlıkla ilgili problemlerin yanında tekstil ürünlerinin bozunmasına ve lekelenmesine de sebep olabilirler. Pamuk gibi doğal lifler gözenekli, hidrofilik yapıları nedeniyle sentetik liflere göre mikroorganizma kökenli problemlere daha duyarlıdırlar. Öte yandan insan vücudu kendisine doğrudan temas eden giysilerdeki bakterilere ısı, nem ve besin sağlar. Yani bakteri gelişimi için mükemmel bir çevre ve uygun şartları sunar. Tekstil ürünlerinde mikroorganizmaların zararları çok eskiden beri bilindiği için bu alandaki uygulamalar da eskidir. Mısırlıların mumyaları sardıkları kumaşları korumak amacıyla kullandıkları inorganik tuzlar, baharat ve bitkiler bu konudaki en eski uygulamalardandır[1]. Eski Çinlilerin de benzer uygulamaları yaptıkları bilinmektedir. 1970'li yıllarda Çin'in başkenti Şangay'da yapılan arkeolojik keşifler, ipekten yapılmış tekstil materyallerinin binlerce yıldır çok iyi korunduğunu açığa çıkarmıştır[2]. Endüstriyel olarak ise antibakteriyel maddelerin ilk tekstil uygulamalarına 1940'lı yıllarda rastlanmaktadır. İkinci Dünya Savaşı sırasında tentelik ve araç örtüsü olarak kullanılan pamuklu kumaşlarda mikropların sebep olduğu çürümeleri engellemek ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Amerikan Ordusunun yaptığı çalışmalar sonucunda kumaşlar klorinlenmiş balmumu, bakır ve antimon tuzlarının karışımı ile işleme sokularak korunmaya çalışılmıştır[3]. Bu tür uygulamalar pahalı olmaları ve kumaşta mukavemet kaybı yaratmaları nedeniyle endüstride sınırlı kabul görmüştür. Ayrıca mikrobiyal bozunmaya karşı dirençli olan naylon, akrilik ve PES gibi sentetik liflerin geliştirilmesi endüstriyel kumaşlarda pamuk yerine bu liflerin kullanımının yaygınlaşmasına sebep olmuştur.

Görüldüğü gibi bu konudaki uygulamalar çok eskiye dayanıyor olmasına rağmen her türlü tekstil ürününe, özellikle giysilere, uygulanabilen ve yukarıdaki beklentileri tam olarak karşılayabilen antimikrobiyal kimyasal veya liflerin geliştirilmesi ancak son yıllarda olmuştur. Tekstil sektöründe kullanılan antimikrobiyal malzemeler genellikle gıda, kozmetik ve tıpta uzun yıllardan beri yaygın olarak kullanılan etken maddelerin tekstil uygulamalarına adapte edilmeleri ile geliştirilmektedirler. Son yıllarda tüketicilerdeki hijyen beklentilerinin artması antimikrobiyal tekstil ürünlerinin geliştirilmesine yönelik artan bir Pazar talebi yaratmıştır. Bu talep nedeniyle de son on yılda ticari olarak çok sayıda yeni lif ve kimyasal geliştirilmiştir. Günümüzde neredeyse tüm tekstil kimyasalları üreticilerinin ve kimyasal lif firmalarının ürün gamında antimikrobiyal malzemeler bulunmaktadır.

Antimikrobiyal ya da biyoaktif tekstiller konusunu anlayabilmek için bazı temel kavramların bilinmesinde fayda vardır. Özel olarak sadece bakterilere karşı etkili olan malzemeler **antibakteriyel**, mantarlara karşı etkili olan malzemeler ise **antimikotik** ya da **antifungal** olarak isimlendirilir. Çalışma biçimine göre mikroorganizmaları öldürebilen antimikrobiyal malzemeler **biyosidal** (biocidal), mikroorganizmaların üremelerini engelleyen ya da gelişimini durduran malzemeler de **biyostatik** (biostatic) olarak isimlendirilmektedir.

Yukarıda da belirtildiği gibi son yıllarda tekstil sektöründe kullanılabilecek pek çok antimikrobiyal malzeme geliştirilmiştir. Bu malzemeler kimyasal yapılarına, çalışma mekanizmalarına, insan ve çevreye etkilerine, uygulandıkları ürüne tutunma karakteristiklerine, çeşitli dış etkilere dayanıklılıklarına, fiyatlarına ve mikroorganizmalarla etkileşimlerine göre çok farklılık göstermektedirler. Antimikrobiyal uygulamalarda kullanılan en yaygın etken maddeler triklosan, kuaterner amonyum tuzları ve metallerdir (gümüş, bakır, çinko vb). Bunlar dışında halamin türevleri, kitosan gibi pek çok etken maddenin kullanımı ile ilgili çalışmalar da yürütülmektedir. Triklosan halojenlenmiş difenil eterdir (2,4,4-trichloro-2-hydroxydiphenylether) ve esas olarak pestisit olarak kullanılmasının yanında sabun ve diş macunlarında da kullanılmaktadır. Triklosanın kullanımı, sadece pestisit olarak uygulanıyor olmasından değil aynı zamanda ürünleri açısından da tartışmalıdır. Triklosanın sentezinde dioksin ve dibenzofuran gibi kanserojen bileşikler görülmektedir[4].

İnsan ve çevre sağlığı, proses ile ilgili kaygılar özellikle gümüş katkılı antimikrobiyal malzemelere ilgiyi arttırmıştır. Pek çok metalin antimikrobiyal etkiye sahip olduğu bilinmesine rağmen gümüş diğer metallerle tercih edilmektedir. Bunun başlıca nedenleri bakterilere karşı en dirençli metal olması, kontrollü kullanımında vücuda karşı zararlı etkilerinin bulunmadığının eskiden beri bilinmesi, çoğu malzemeye göre son ürün haline getirilmesinin daha ucuz olması ve kolay üretim işlemidir.

Antimikrobiyal tekstiller, etken maddenin life katılmasıyla (lif çekimi sırasında polimer çözeltisine katılarak ya da lif çekiminden sonra applike edilerek) veya tekstil ürününe doğrudan uygulanmasıyla üretilmektedir. Konvansiyonel çektirme ve emdirme yöntemleri doğal ve sentetik liflerden yapılmış kumaşlara antimikrobiyal kimyasalların bitim işlemi ile verilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Spreyleme ve kaplama yöntemleri de antimikrobiyal kimyasalların aplikasyonunda kullanılabilir.

Antimikrobiyal liflerden yapılan tekstil malzemelerinin mikroorganizmalara karşı daha uzun süreli dayanım gösterdiği pek çok araştırmada gösterilmiştir. Bununla beraber bitmiş ürüne apre kimyasalı ile yapılan

uygulamaların da çeşitli avantajları bulunmaktadır. Öncelikle uygulanması kolaydır ve bu amaçla geliştirilen hemen her kimyasal başka apre kimyasalları ile de uyum gösterdiğinden tek banyoda diğer işlemlerle birlikte uygulanabilmektedir. İstenen antimikrobiyal özelliği sağlayacak miktarı ayarlamak da daha kolay olmaktadır.

Ticari olarak pazarda bulunabilen liflerle ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Örneğin Zikeli [4], SeaCell Active liflerinin antibakteriyel ve antimikotik özelliklerini test etmiştir. Bu çalışmada %15 ve %25 SeaCell Active lifi karıştırılmış kumaşların 60 yıkama sonunda antibakteriyel etkilerini korudukları gözlenmiştir. Antimikotik etkisi de *Aspergillus niger* mantarına karşı test edilmiş ve sekiz gün sonunda mantar sayısında önemli azalma olduğu belirlenmiştir. Jackovski ve arkadaşları [5], Acordis firması tarafından üretilen ve esas olarak sporcu giysileri, iç giyim ürünleri ve çoraplar için tasarlanmış olan Amicor ticari adı ile satılan antimikrobiyal poliakrilnitril (PAC) lifleri ile farklı oranlarda pamuk lifini karıştırarak üretilen ipliklerin eğrilebilirlikleri ile antimikrobiyal özelliklerini araştırmışlardır. Wilk ve Dziworska [6], Trevira firması tarafından üretilen T140 ve T350 tip antimikrobiyal lifleri ve X-Static lifinin antibakteriyel özelliklerini araştırmışlardır. Bu üç tip lif de gümüş iyonu içermektedir. Çalışma kapsamında üretilen ve test edilen tüm gümüş içerikli kumaşların *Staphylococcus aureus* bakterisine karşı yüksek dayanıma sahip olduğu görülmüştür. Üreyen [7] farklı oranlarda SeaCell Active lifi ile pamuk lifini karıştırarak open end rotor iplik makinesinde eğrilebilirliklerini ve iplik özelliklerini incelemiştir. Ayrıca farklı oranlarda SeaCell Active lifi içeren örme kumaşların antibakteriyel aktivitelerini ve 60 yıkamaya kadar yıkama dayanımlarını test etmiştir. Sonuç olarak %3 SeaCell Active lifi içeren kumaşlarda dahi antibakteriyel aktivite olduğunu belirlemiştir.

Pek çok araştırmacı da antimikrobiyal lif geliştirmek konusunda araştırmalar yapmıştır. Jeong, Yeo ve Yi [8] polipropilen eriyiğine mikro veya nano boyutlarda gümüş tozları karıştırarak konvansiyonel çift vidalı ekstuderde lif çekimi gerçekleştirmiştir. Antibakteriyel test sonuçları nano partikül içeren örneklerin mikron boyutunda partikül içeren örneklerle göre çok daha yüksek antibakteriyel etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Yeo ve arkadaşları [9], PP cips ve çeşitli oranlarda gümüş nanopartikül içeren PP/Ag masterbatch kullanarak kabuk-öz tipi (sheath-core type) nanokompozit lif üretmişlerdir. Yüksek antimikrobiyal etki elde etmekle beraber gümüş ilave edilmiş liflerin kristalinitesinin orijinal PP liflerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Son ve arkadaşları [10], selüloz asetat (CA) solüsyonuna gümüş nitrat katarak elektrospinning yöntemiyle gümüş nanopartikül içerikli ultra ince antimikrobiyal asetat lifi üretimi için metod geliştirmişlerdir.

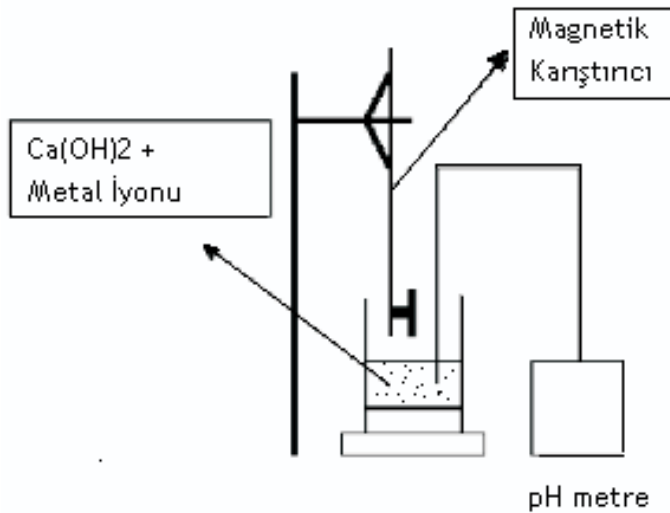
Antimikrobiyal tekstil kimyasalları ile ilgili de literatürde

çok sayıda yayın bulmak mümkündür. Frankel [11] %65 PES/%35 pamuk dokuma kumaşlara üç farklı antimikrobiyal apre uygulamış ve efektiflikleri ile dayanımlarını test etmiştir. Her bir kimyasal birbiri ile ve kontrol kumaşları ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada (a) Bis(tri-n-bütülin) oksit ve 5-kloro-2(2,4-dikloro-fenoksi)fenol (Triklolan), (b) poli(heksametilen biguanid hidroklorit) (PHMB), (c) 3-trimetoksilpropildimetiloktadesil amonyum klorit (kuaterner amonyum tuzu) kullanılmıştır. Çalışma kapsamında üretilen kumaşlardan dikilen çarşaf lar belirlenen 36 çocuk tarafından her gün iki saatlik öğle uykusu sırasında kullanılmıştır. Yapılan 10 haftalık test sonucunda antibakteriyel aprelerin kontaminasyonda azalmayı sağladığı ve kumaş özelliklerini (mukavemet ve beyazlık) koruduğu belirlenmiştir. Kuaterner amonyum tuzu diğer kimyasallardan daha fazla dayanım göstermiştir. Kim ve Sun [12] asit boyaları kuaterner amonyum tuzlarını (N-(3-kloro-2-hidroksilpropil)-N,N-dineftil-dodesilamonyum klorit) naylon kumaşlara bağ yapmak için kullanarak kalıcı antimikrobiyal aplikasyon yöntemi geliştirmeye çalışmışlardır. Takai ve arkadaşları [13] beş farklı antimikrobiyal bitim işlemi görmüş tekstil ürününün antimikrobiyal performansını *Staphylococcus aureus*, MRSA ve *Pseudomonas aeruginosa* bakterilerine karşı kuru ve yaş ortamda denemişlerdir. Kullandıkları gümüş çinko alüminyum zeolit ve kitosan yaş ortamda etkili olmalarına karşın, kuru ortamda MRSA'ya karşı etkisiz kalmıştır. Lee, Yeo ve Jeong [14], geliştirdikleri nano parçacıklı gümüş içeren solüsyonu basit bir teknikle pamuklu, PES, PES/pamuk karışım (65/35) ve PES/spandex (92/8) kumaşlara uygulamışlardır. Uygulamalar boyama öncesi ve sonrasında ayrı ayrı olarak yapılarak işlem basamağının antibakteriyel aktiviteye etkisi de görülmeye çalışılmıştır. Antibakteriyel özellikler kantitatif olarak KS K 0905-1996 test metoduna göre gram pozitif bir bakteri olan *Staphylococcus aureus*, ATCC6538 ve gram negatif bir bakteri olan *Klebsiella pneumoniae*, AATCC 4352'ye karşı yapılmıştır. ICP-MS cihazında da yapılan ölçümler nano gümüş parçacıkların kumaş üzerinde çok az miktarda olmalarına rağmen yüksek bakteriyostatik etkiye sahip olduklarını göstermiştir. Üreyen ve arkadaşları [15] yaptıkları çalışmada dört farklı etken maddeye sahip ticari antimikrobiyal kimyasal ile işlem yapılmış %100 pamuk ve %100 PES liflerinin antimikrobiyal aktivitelerini ve yıkama dayanımlarını test etmişlerdir. Ayrıca bitim işleminin kumaş özelliklerine etkisini de araştırmışlardır.

Bu çalışmada Anadolu Üniversitesi Malzeme Mühendisliği Bölümünde geliştirilen gümüş katkı kalsiyum fosfat esaslı nano boyutlu antimikrobiyal toz kullanılarak tekstil ürünlerine aplik edilebilen kalıcı antimikrobiyal apre kimyasalı geliştirilmiş, bazı tekstil kumaşlarına uygulanarak performans ve yıkama dayanımı ile ilgili testler gerçekleştirilmiştir.

2. MATERYAL ve METOD

Bu proje çalışmasında nanoteknolojinin avantajları kullanılarak tekstil ürünlerine yönelik yüksek dayanımlı nano gümüş katkı antibakteriyel apre kimyasalı geliştirilmiştir. Bu kapsamda ilk olarak yaş yöntemle metal iyonu katkı seramik toz hazırlanmıştır. Meta liyonları saf suda mikser yardımı ile çözülmüştür. Çözeltinin içine kalsiyum hidroksit eklenerek süspansiyon hazırlanmıştır. Yavaş yavaş asit eklenerek kimyasal reaksiyona girmesi sağlanmıştır (Şekil 1). Oluşan çözelti filtreden geçirilmiştir. Etüvde kurutulan malzeme halkalı öğütücüde öğütülmüş ve antimikrobiyal başlangıç tozu elde edilmiştir. Mikron boyutundaki bu toz, attritör değirmende öğütüldükten sonra dondurmalı kurutucuda işleme sokularak nanoboyuta indirgenmiştir. Tane boyutu küçültme prosesleri sonrasında ultrasonik dağıtıcı kullanılarak kalan aglomerler parçalanmaya çalışılmıştır.



Şekil 1 : Antimikrobiyal tozun sentezlenmesi.

Sentezlenen bu toz kalsiyum fosfat bazlı gümüş iyon katkıdır. Nano boyutlarda olması yüzey alanını arttırdığından çok düşük miktarlarda kullanılarak yüksek etki almak mümkün olabilmektedir. Taşıyıcı medyanın kalsiyum fosfat olması ve gümüş miktarının ppm seviyelerinde olması nedeniyle ürün, biyouyumludur. Sentezlenen antimikrobiyal tozun tane boyut dağılımını ve morfolojisini belirlemek amacıyla değişik büyütmelerde SEM analizleri yapılmıştır. Malvern Zeta-Sizer (Mastersizer 2000) cihazı kullanılarak üretilen toz numunelerin tane boyutları her öğütme, dondurmalı kurutma ve ultrasonik dağıtma işlemlerinden sonra ölçülmüştür. X-ışınları difraktometresi (Rigaku-Rint 2200 XRD) kullanılarak üretilen tozun faz analizi gerçekleştirilmiştir. XRD analizleri 10-80° açıları arasında 2°/dk hız ile yapıldı.

Bu tozun kumaşlara kalıcı biçimde aplikasyonunu sağlamak amacıyla uygun bağlayıcı kimyasalların belirlenmesi için çalışmalar yürütülmüştür. Akrilik esaslı bağlayıcı kimyasallar hazırlanmış ve geliştirilen antimikrobiyal toz ile karıştırılarak uyumluluk testleri yapılmıştır. Geliştirilen solüsyon içerisindeki nanopartiküller aglomere olma eğilimi göstermiştir. Stabil solüsyon elde etmek için suda çözünebilir PEG üretim sırasında solüsyona eklenmiştir. Sonuç olarak renk değiştirmeyen, kimyasal bozunuma uğramayan ve çökme yapmayan antimikrobiyal apre kimyasalı elde edilmiştir.

Projenin sonraki aşamasında elde edilen antimikrobiyal kimyasalın tekstil ürünlerine aplikasyonu ve kalıcılığı ile ilgili çalışma ve analizler yapılmıştır. Solüsyon ATAÇ F 350 model laboratuvar tipi fularlarda %100 pamuk, %100 PES ve %100 modal örme kumaşlara applike edilmiştir. Alınan flotte oranı tüm kumaşlar için %80 olarak ayarlanmıştır. Aplikasyon sonrasında RAPID P3 model laboratuvar tipi mini ramözde 150 °C'de 90 saniye süresince kurutma ve fiksaj yapılmıştır.

Aplikasyon yapılan kumaş numuneleri BS EN ISO 26330 (5A programı) standardına göre Electrolux FOM 71 CLS model wascator'de 20 kez yıkanmıştır. Her 10 yıkama sonrasında test için numuneler alınmıştır.

Antimikrobiyal aktivite testleri JIS L1902:2002 (Testing for Actibacterial Activity and Efficacy on Textile Products) standardına göre E.coli bakterisine karşı Anadolu Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma Merkezi laboratuvarlarında yapılmıştır.

3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Öncelikle mikron boyutundaki başlangıç tozunun ve nano boyuta indirgenmiş tozun SEM cihazında görüntüleri alınmıştır. Şekil 2'de başlangıç tozu, Şekil 3'de nano boyuta indirgenmiş toz gösterilmiştir.



Şekil 2 : Mikron boyutundaki başlangıç tozu (500 kat büyütme).

Tozu stabil hale getirmek için üç farklı oranda PEG ilavesi yapılmıştır. Apre kimyasalında kullanılan tozun tane boyutu analizi sonuçları Tablo 1'de gösterilmiştir. Çalışmada %1 oranında PEG ilavesi yapılmış ortalama tane boyutu 243,4 nm olan toz kullanılmıştır.

Faz analizleri için yapılan XRD testinin sonuçlarına göre sentezlenen tozda hidroksi apatit, çinko oksit ve trikalsiyum fosfat fazlarının olduğu belirlenmiştir (Şekil 4).

Kumaş Testleri

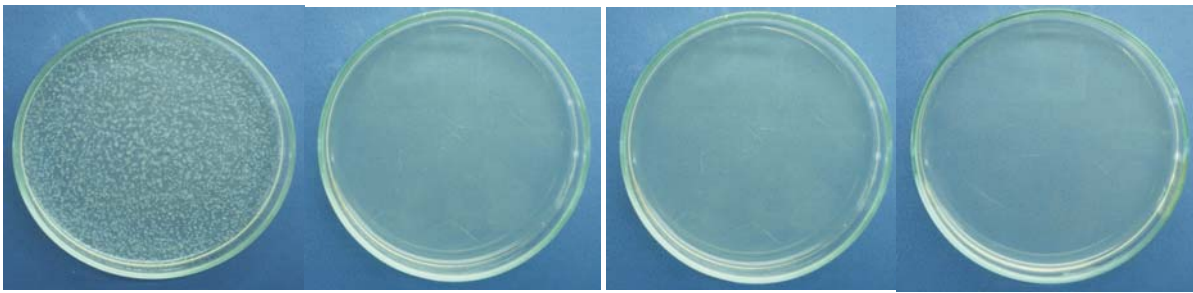
Antibakteriyel apre yapılmış kumaşlara apre kimyasalının bağlanıp bağlanmadığını kontrol etmek için SEM görüntüleri alınmıştır. Tüm kumaş tiplerinde nano gümüş partikülleri mikroskop ile görüntülenebilmiştir. Şekil 5'de yeni geliştirilen antibakteriyel apre kimyasalı ile işlem görmüş %100 modal kumaşın SEM görüntüleri sunulmaktadır.

Antibakteriyel apre kimyasalının performansını test etmek amacıyla öncelikle işlem görmüş ve işlem görmemiş kumaşlar halo metoduna göre test edilmiştir. Şekil 6'da gösterildiği gibi işlem görmemiş kumaş yüzeyinde bakteri kolonileri oluşmuşken, işlem görmüş kumaşın çevresinde bir inhibasyon alanı oluşmuştur.

İşlem görmüş %100 pamuklu kumaşların antibakteriyel test sonuçları Tablo 2 ve Şekil 7'de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi 20 yıkama sonrasında bile tozun etkinliği hemen hemen hiç azalma göstermemiştir.

Tablo 2 : %100 pamuklu kumaşların antibakteriyel test sonuçları.

Test bakterisinin adı	<i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922)
Ekilen bakteri sayısı (hücre/ml)	2×10^5
Yıkama sayısı	Bakteriyel azalma (logR)
0	4,2
10	4,1
20	4,1
Malzeme	100 % pamuk (Örme)
Sonuç	Çok güçlü aktivite

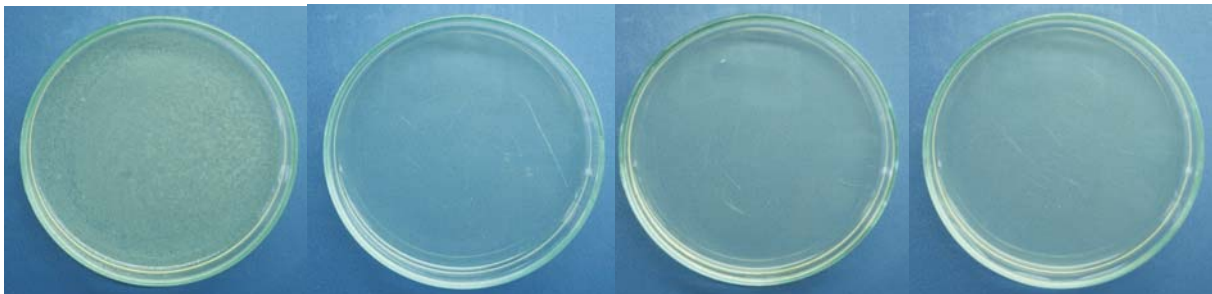


Şeki 7 : %100 pamuklu kumaş antibakteriyel test sonuçları (a. İşlem görmemiş, b. işlem görmüş, c. 10 kez yıkanmış, d. 20 kez yıkanmış).

İşlem görmüş %100 PES kumaşların antibakteriyel test sonuçları Tablo 3 ve Şekil 8'de sunulmuştur. Pamuklu kumaşlara benzer şekilde PES kumaşlardan da çok yüksek aktiviteyi 20 yıkama sonrasında bile elde etmek mümkün olmuştur.

Tablo 3: %100 PES kumaşların antibakteriyel test sonuçları.

Test bakterisinin adı	<i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922)
Ekilen bakteri sayısı (hücre/ml)	2×10^5
Yıkama sayısı	Bakteriyel azalma (logR)
0	4,2
10	4,2
20	4,2
Malzeme	100 % PES (Örme)
Sonuç	Çok güçlü aktivite

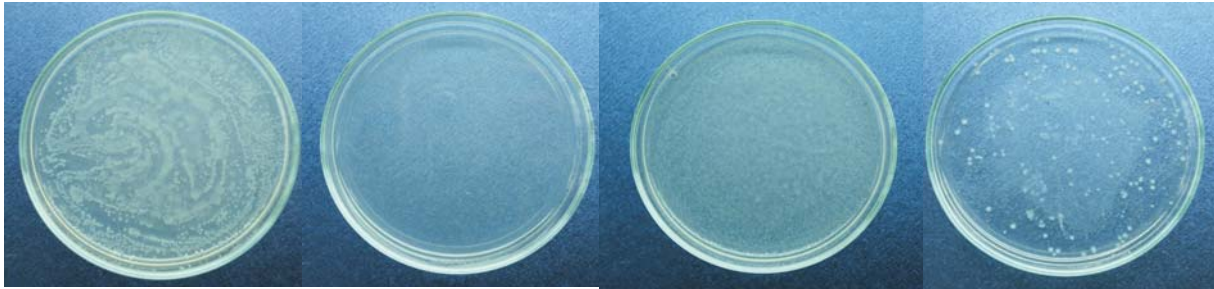


Şekil 8: %100 PES kumaş antibakteriyel test sonuçları (a. İşlem görmemiş, b. işlem görmüş, c. 10 kez yıkanmış, d. 20 kez yıkanmış).

İşlem görmüş modal kumaşlardan elde edilen sonuçlar Tablo 4 ve Şekil 9'da gösterilmiştir. Modal kumaşlarda 20 yıkama sonrasında bakteri üremesi belirlenmiş olmakla birlikte bakteri sayısının önemli sayılabilecek derecede artmadığı belirlenmiştir

Tablo 4 : %100 modal kumaşların antibakteriyel test sonuçları.

Test bakterisinin adı	<i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922)
Ekilen bakteri sayısı (hücre/ml)	2×10^5
Yıkama sayısı	Bakteriyel azalma (logR)
0	4,2
10	4,1
20	4,1
Malzeme	100 % modal (Örme)
Sonuç	Çok güçlü aktivite



Şekil 9: %100 modal kumaş antibakteriyel test sonuçları (a. İşlem görmemiş, b. işlem görmüş, c. 10 kez yıkanmış, d. 20 kez yıkanmış).

Literatürde Antibakteriyel test sonucunda log 3 ve daha yukarı değerlerde azalma güçlü olarak nitelenmektedir [4]. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar yıkama dayanımı yüksek ve çok güçlü antibakteriyel etkiye sahip nano boyutlu gümüş katkılı antimikrobiyal apre kimyasalının başarılı biçimde geliştirildiğini göstermiştir.

TEŞEKKÜR

Bu Araştırma Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonunca desteklenmiştir (Proje No: 083315).

KAYNAKLAR

1. Seong, H.S., Kim, J. and Ko, S.W., (1999), Preparing Chito-Oligosaccharides as Antimicrobial Agents for Cotton. Text. Res. J., 69(7), 483-488.
2. Leonas, K.K. and Jinkins, R.S. (1997), The Relationship of Selected Fabric Characteristics and the Barrier Effectiveness of Surgical Gown Fabrics. Am. J. Infect. Control, 25, 16-25.
3. Ramachandran, T., Rajendrakumar, K. and Rajendran, R. (2004), Antimicrobial textiles-an overview. IE (I) Journal-TX, 84, 42-47.
4. Zikeli, S. 2002, SeaCell® Active-A new cellulosic fiber with antimicrobial properties. Avantex International Forum and Symposium for High-tech Apparel Textiles Frankfurt, Germany.
5. Zikeli S., (2002), SeaCell® Active—A new cellulosic fiber with antimicrobial properties, Presented at the Avantex International Forum and Symposium for High-tech Apparel Textiles, Frankfurt, Germany, May 13–15.
6. Jackowski T., Czekalski J., Cyniak D., (2003), Blended yarns with a content of biological active fibres, Fibres & Textiles in Eastern Europe, vol. 11, No 2 (41), p. 96-99.
7. Wilk E., Dziworska G., (2005), Antimicrobial properties of silver content textiles, 5th World Textile Conference AUTEX, June 27-29,

p.267-272.

8. Üreyen, M.E. (2007), Seacell Active/Pamuk İpliklerinin Eğirme Performansları ve Bu İpliklerden Üretilen Kumaşların Antibakteriyel Aktivitelerinin İncelenmesi, Mühendislik Fakültesi Tekstil Bölümü, Proje No: 06/MÜH/036, p. 101, Ege Üniversitesi, İzmir.
9. Jeong, S.H., Yeo, S.Y. and Yi, S.C. (2005), The effect of filler particle size on the antibacterial properties of compounded polymer/silver fibers. Journal of Mat. Sci, 40(20), 5407-5411.
10. Yeo, S.Y., Lee, H.J. and Jeong, S.H. (2003), Preparation of nanocomposite fibers for permanent antibacterial effect. Journal of Mat. Sci, 38, 2143-2147.
11. Son W. K., Youk J. H., Lee T. S. and Park W. H., (2004), Preparation of antimicrobial ultrafine cellulose acetate fibers with silver nanoparticles, Macromol. Rapid Commun., 25, p.1632–1637.
12. Frankel E. R., (2000), "Effectiveness and Durability of Antimicrobial Finishes Applied to Woven Fabrics", Master Thesis, California State University, 112 p.
13. Kim Y. H. and Sun G., (2001), Durable antimicrobial finishing of nylon fabrics with acid dyes and quaternary ammonium salts, Textile Res. J. 71(4), p.318-323.
14. Takai K., Ohtsuka T., Senda Y., Nakao M., Yamamoto K., Matsuoka J., and Hirai Y., (2002), Antibacterial properties of antimicrobial-finished textile products, Microbial Immunol., 46(2), p.75-81.
15. Lee H.J., Yeo S.Y. and Jeong S.H., (2003), Antibacterial effect of nanosized silver colloidal solution on textile fabrics, Journal of Mat. Sci, Vol. 38, p.2199–2204.
16. Üreyen, M.E., Gürkan, P., Mecit, D., Namlıgöz, S. and Çelik, P. (2008), Antimikrobiyal Apre Yapılmış Kumaşların Antibakteriyel Dayanımlarının Ve Fiziksel Performanslarının İncelenmesi. Mühendislik Fakültesi Tekstil Bölümü, Proje No: 07/TKUAM/02, p. 86 (Ege Üniversitesi, İzmir).