

**Gümüş Tuzu Kullanarak Elde Edilen Tekstil
Ürününün Antimikrobiyal Özelliklerinin
Araştırılması**

**Gaziantep Üniversitesi
Kimya Bölümü
Yüksek Lisans Tezi**

**Danışman
Doç.Dr.Emine Elçin Emre**

**Turan Birimoğlu
Ocak 2010**

T.C.
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANA BİLİM DALI

Tezin Adı : Gümüş Tuzu Kullanarak Elde Edilen Tekstil Ürününün
Antimikrobiyal Özelliklerinin Araştırılması
Öğrencinin, Adı Soyadı : Turan Birimoğlu
Tez Savunma Tarihi : 20.01.2010

Fen Bilimleri Enstitü Onayı
Prof.Dr. Ramazan KOÇ
FBE Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

Doç.Dr. Emine Elçin Emre
Enstitü ABD Başkanı

Bu tez tarafımda (tarafımızca) okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans/Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof.Dr.Osman Erkmen
İkinci Tez Danışmanı

Doç.Dr. Emine Elçin Emre
Tez Danışmanı

Bu tez tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri:

İmzası

Prof.Dr. Medeni Maskan

Doç.Dr. Emine Elçin Emre

Yrd.Doç.Dr. Ayşegül İyidoğan

ÖZET

GÜMÜŞ TUZU KULLANARAK ELDE EDİLEN TEKSTİL ÜRÜNÜNÜN ANTİMİKROBİYAL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

BİRİMOĞLU Turan

Yüksek Lisans Tezi, Kimya Bölümü

Tez Yöneticisi: Doç.Dr. Emine Elçin Emre

İkinci Tez Danışmanı : Prof.Dr. Osman Erkmen

Ocak 2010, 66 sayfa

Bu çalışmada, gümüş tuzları kullanılarak tekstil üzerindeki antimikrobiyal etkileri araştırıldı. Gümüş tuzu olarak gümüş nitrat kullanıldı. Tekstil ürünü olarak pamuk ve yünlü ipliklerden elde edilen çoraplar kullanıldı. Gümüş nitrat, yüksek sıcaklık labarotuar tipi boyama cihazında çoraplara uygulandı. Gümüş nitrat, pamuk çoraba pH:9'da, yünlü çoraba ise pH:5'de uygulama yapıldı. Gümüş nitrat ve gümüş nitratın uygulanması sonucu elde edilen çoraplara antimikrobiyal aktivite testi uygulandı. Gümüş nitratın antimikrobiyal aktivite belirlenmesi amacıyla mikrodilüsyon broth testi uygulandı. Çoraplar için ise disk difüzyon yöntemi uygulanarak antimikrobiyal aktivitesi belirlendi. Antimikrobiyal testler, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus faecalis*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* ve *Shigella dysantheria* bakteri türlerine; *Saccharomyces cerevisiae* maya türüne; *Aspergillus niger* küf türüne yapıldı.

Anahtar Kelimeler: Antimikrobiyal tekstil, Gümüş, Antimikrobiyal çorap

ABSTRACT

THE INVESTIGATION OF ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF TEXTILE PRODUCT OBTAINED BY USING SILVER SALTS

BİRİMOĞLU, Turan

M.Sc. in Chemistry

Supervisor: Assoc.Prof.Emine Elçin Emre

Co-Advisor : Prof.Dr. Osman Erkmen

January 2010, 66 pages

In this study, the research on antimicrobial textile was done using the silver salt. Silver nitrate was used as silver salt. As textiles, the socks which were obtained from cotton and wool fibers, were used. Silver nitrate was applied to socks using laboratory type paint device at high temperature. The application of silver nitrate to cotton socks and wool socks was at the pH 9 and pH 5, respectively. The antimicrobial activity tests were applied to both silver nitrate and socks which were obtained from the implementation of silver nitrate. For determining the antimicrobial activity, the broth microdilution test was used for silver nitrate and the disc diffusion method was used for the socks. The antimicrobial activity tests were applied *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus faecalis*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* and *Shigella dysantheria* bacteria types; *Saccharomyces cerevisiae* yeast type; *Aspergillus niger* fungus type.

Key Words: Antimicrobial textile, Silver, Antimicrobial socks

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamın gerçekleşmesinde bana yol gösteren, önerileri ve yardımlarıyla destek olan Doç.Dr. Emine Elçin Emre'ye saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Antimikrobiyal aktivite testlerinin yapılması sırasında tüm yardımlarını esirgemeyen Gaziantep Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünden Prof.Dr. Osman Erkmen'e saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Gerek iş çalışmalarında gerekse eğitim çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Prof.Dr.Hasan Karaman'ı rahmetle anıyorum.

Ayrıca Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünden Prof.Dr. Metin Dığrak'a teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Çalışmalarda yardımlarını esirgemeyen Şirin Tekstil Boyahane Müdürü Döne Akkurt Temüroğlu'na teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatım boyunca yanımda olan aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER LİSTESİ

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR	
İÇİNDEKİLER LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
TABLO LİSTESİ	viii

BÖLÜM 1: GİRİŞ	1
BÖLÜM 2: LİTERATÜR BİLGİLERİ	2
2.1. Teknik Tekstil	2
2.2. Teknik Tekstil Uygulama Alanları	3
2.3. Antimikrobiyal Tekstil	5
2.3.1. Antimikrobiyal Tekstilin Önemi	9
2.3.2. Antimikrobiyal Tekstil Ürünleri	10
2.3.3. Antimikrobiyal Kimyasal Maddeler ve Çeşitleri	11
2.3.4. Antimikrobiyal Tekstil Uygulamaları	14
2.4. Antibakteriyal Tekstil Elde Etme Yöntemleri.....	20
2.4.1. Liflere Antibakteriyal Özellik Kazandırma Yöntemleri	21
2.4.1.1. Antibakteriyal Ajanların Elyaf Bünyesine Yerleştirilmesi ..	21
2.4.1.2. Yüzey İle Bağ Yapamayan Antimikrobiyal Apreler.....	21
2.4.1.3. Kimyasal Birleşme (Yüzey İle Bağ Yapabilen Antimikrobiyal apreler).....	22
2.5. Gümüşün Antimikrobiyal Etkisi	24
2.5.1. Gümüşün Önemli Özellikleri	25
2.5.2. Gümüşün Tekstil Ürünlerinde Kullanımı.....	30
2.6. Gümüş Tuzları ile Yapılmış Antimikrobiyal Tekstil ile İlgili Literatür Çalışmaları	34
2.7. Antimikrobiyal Aktivite Testlerinde Kullanılan Mikroorganizmalar	40
BÖLÜM 3: MATERYAL VE YÖNTEM	43
3.1. Materyal	43
3.1.1. Çalışmada Kullanılan Çoraplar	43
3.1.2. Çalışmada Kullanılan Kimyasallar	43
3.1.3. Kullanılan Aletler.....	43
3.2. Yöntemler.....	45
3.2.1. Pamuk Çorap Antibakteriyal Apre İşlemi.....	45
3.2.2. Yün Çorap Antibakteriyal Apre İşlemi	46
3.2.3. Antimikrobiyal Testler	47
3.2.3.1. Antimikrobiyal aktivite testlerinde kullanılan materyaller .	47
3.2.3.2. McFarland bulanıklık standardının hazırlanışı	48
3.2.3.3. Mikrodilüsyon broth testi.....	48

3.2.3.4. Disk difüzyon yöntemine göre antimikrobiyal test metodu..	49
3.2.4. Antimikrobiyal İşlem Sonrası Yıkama Testi	50
BÖLÜM 4: BULGULAR VE TARTIŞMA	52
4.1. Bulgular	52
4.1.1. Antimikrobiyal Test Sonuçları	52
4.1.1.1. Mikrodilüsyon broth testine göre Antimikrobiyal Test sonuçları	52
4.1.1.2. Disk Difüzyon yöntemine göre Antimikrobiyal Test metodu sonuçları	54
4.1.2. Antimikrobiyal İşlem Sonrası Yıkama Test Sonuçları	56
4.2. Tartışma	56
BÖLÜM 5: SONUÇ	62
KAYNAKLAR	64

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Triklosan	16
Şekil 2. Azotlu organik bileşiklerle halojen arasındaki bileşik.....	16
Şekil 3. Selüloza bağlanmış hidantoinin klorlanması (halojenleşmesi).....	17
Şekil 4. Antimikrobiyal Nylon Üretimi için Reaksiyon Şeması.....	17
Şekil 5. Antimikrobiyal polyester üretimi için reaksiyon şeması	18
Şekil 6. Kitin ve kitosan.....	19
Şekil 7. Antimikrobiyal ajanların yüzeye kaplanması	21
Şekil 8. Kimyasal birleşme ile antimikrobiyal tekstil eldesi	23
Şekil 9. Mikrokapsül antimikrobiyal kimyasallar.....	24
Şekil 10. Ag_4O_4 'un kristal kafes yapısı.....	30
Şekil 11. Selülozun yapısı.....	31
Şekil 12. Selülozun Su ile Reaksiyonu	31
Şekil 13. Yündeki bazı fonksiyonel yapılar.....	32
Şekil 14. Yündeki fonksiyonel grupların gümüşle etkileşimi.....	33
Şekil 15. Laboratuvar tipi numune boyama cihazı	45
Şekil 16. Yün ve pamuk çorapların antimikrobiyal apre uygulama grafiği.....	46
Şekil 17. Parça boyama kazanı	58

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1. Patojenik ve patojen olmayan bazı mikroorganizmalar	7
Tablo 4.1. Mikrodilüsyon broth testine göre antimikrobiyal test sonuçları	54
Tablo 4.2. Disk difüzyon yöntemi test sonuçları.....	55
Tablo 4.3. Antimikrobiyal işlem görmüş çorapların yıkama sonuçları.....	56

BÖLÜM I

GİRİŞ

Tekstil sektörü, ülkemiz ekonomisinin en önde gelen girdisini oluşturmaktadır. Diğer bir ifadeyle lokomotif sektör konumundadır. Türkiye'nin konum itibarıyla Avrupa ve Orta Doğu pazarlarına yakınlığı, dinamik ve ekonomik iş gücü ile de her geçen gün büyümesi beklenen önemli bir sektör olarak görülmektedir. Bu önemi korumak ve artırmak için ise değişen pazar şartları ve gelişen teknolojiye ayak uydurmak, beklentilerin ve taleplerin dikkate alınması gerekmektedir (Altınok, 2008).

Dünyada oluşan yeni dinamiklerin ülkemizin tekstil sektör geleceğini önemli ölçüde etkileyeceği açıktır. Dolayısıyla ülkemizdeki tekstil sektöründe faaliyet gösteren tüm kurumların klasik ürün anlayışını bırakıp teknik tekstil dediğimiz ürünlerin geliştirilmesine ve üretilmesine ağırlık vermesi gerekmektedir. Bu olgu hem ekonomik hem de teknolojik gelişmeleri doğuracak bir sonucu da beraberinde getirecektir. Antimikrobiyal tekstil gibi yeni gelişen konularda söz sahibi olmak günün ve geleceğin anahtarının elde edilmesidir. Bu konuda yapılabilecek en önemli eylem "araştırma-geliştirme" dir. Araştırma-Geliştirme her zaman bir adım önde olmanın garantisidir. Teknik tekstilin önemli alanı olan antimikrobiyal tekstil konusunda yapılacak inovatif çalışmalar ülkemizdeki insan sağlığına verilen değeri artırırken insanların yaşam kalitesini önemli ölçüde geliştirecektir.

Gümüş insanlık tarihinde en çok kullanılan elementlerdendir. Gümüş sadece görünüşü zenginleştiren ziynet olarak değil aynı zamanda tarih boyunca insanoğlu tarafından antimikrobiyal özelliği bilinerek kullanılan bir elementtir. Bu çalışmada, pamuk ve yün ipliklerden imal edilmiş çoraplara gümüş nitratlı çözeltide çektirme metodu ile sulu ortamda apre işlemi yapılarak, antimikrobiyal özelliğinin incelenmesi amaçlanmıştır.

BÖLÜM II

LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1. Teknik Tekstil

Teknik tekstil, günümüz tekstil sektörünün ulaştığı milenyum noktasıdır. Teknik tekstil terimi 1980’li yıllarda görünüş ve estetik karakteristiklerinden ziyade teknik özellikleri ve performansları için geliştirilen ve çeşitliliği her geçen gün artan ürünler ve üretim tekniklerini tarif etmek üzere ortaya konmuş bir terimdir. Zira bu hızla büyüyen sahanın zenginliğini, kompleksliğini ifade etmekte “endüstriyel tekstil” terimi kifayetsiz kalınca, onun yerine “teknik tekstil” terimi geçmiştir. Ancak ABD’de halen “endüstriyel tekstil” terimi geniş ölçüde kullanılmaktadır (www.itkib.org.tr, 2005).

Teknik tekstil deyince “estetik ve dekoratif özelliklerinden ziyade, öncelikle teknik performansları ve fonksiyonel özellikleri için üretilen tekstil malzemeleri ve ürünleri” anlaşılmaktadır. Özel olarak geliştirilen, herhangi bir üründe proses dahilinde veya yalnız başına belirli bir özelliği yerine getirmek amacıyla kullanılan malzemelere “teknik tekstil” denmektedir. Teknik tekstiller pahalı, katma değeri yüksek ürünlerdir. Kimyasallara, hava şartlarına, mikroorganizmalara dayanıklı, yüksek mukavemet, yanmazlık gibi üstün performans özelliklerine sahip ürünlerdir. Bu ürünler tekstil dışındaki alanlarda da kullanılırlar; ancak alıcı bizzat teknik tekstil ürününü kullanmaz, herhangi bir malzemenin parçası olarak kullanılır (www.itkib.org.tr, 2005).

Gelişmiş ülkelerde refah düzeyinin artması, alım gücünün yükselmesi ve insan ömrünün uzaması sonucunda fonksiyonel tekstillere olan taleplerde de artış görülmektedir. Tekstil sektörünün bu taleplere cevap verecek şekilde yeni ürün çeşitlilikleri yaratması ve geleneksel tekstil üretim yöntemleri ve ürünlerinin yanında fonksiyonel tekstillerin teknolojik ve işlevsel tasarımı, üretimi ve geliştirilmesi

konularında çalışmalara ağırlık vermesi beklenmektedir. Özellikle klasik tekstil üretimindeki zorlu rekabet koşulları gelişmiş ülkelerin ucuz, basit ve ileri teknoloji gerektirmeyen ürünlerin üretiminden uzaklaşıp bilgi, teknoloji ve tasarım yoğun olan fonksiyonel tekstillerin üretimi konusunda yoğunlaşmaları gerekmektedir. Bu tespit son on beş yıllık süreçte Almanya başta olmak üzere gelişmiş ülkelerdeki tekstil stratejileri ve ürün çeşitliliğindeki değişim ile örtüşmektedir (Palamutcu vd., 2008).

2.2. Teknik Tekstilin Uygulama Alanları

Özellikle uzay, havacılık, askeriye, tıp gibi ileri teknolojinin kullanıldığı alanlarda kritik role sahip olan teknik tekstil ürünleri, günlük yaşamımızda da spor, gezinti ve eğlence giysileri, döşemeler, mobilyalar, bina ve bina donanımı gibi alanlarda aktif olarak kullanılır hale gelmiştir. Teknik tekstiller; kimyasallara, hava şartlarına ve mikroorganizmalara dayanımlı, yüksek mukavemet, yüksek aşınma dayanımı gibi yüksek performans özellikleri gösteren ürünlerdir. Bunun yanı sıra, bu ürünler konvansiyonel tekstillere göre, görünüş ve konforun belirleyici bir kriter olmadığı, pahalı, katma değeri yüksek, filtrelerde kullanılan tekstillerde olduğu gibi herhangi bir malzemenin parçası olarak da kullanılabilen ürünlerdir (Altınok, 2008). Teknik tekstil ürünlerinin hem kendisi tek başına kullanılabilir hem de diğer araçlarla birlikte yardımcı ürün olarak kullanılabilir.

Teknik tekstiller kullanım alanlarına göre şu şekilde sınıflandırılır:

- 1) Zirai tekstiller (agrotech); Tarım, bahçivanlık, ormancılık ve su ürünlerinde kullanılan tekstiller.
- 2) İnşaat tekstilleri (buildtech); Bina ve inşaatlarda kullanılan tekstiller.
- 3) Teknik giysiler (clothtech); Giysi ve ayakkabıların astar ve benzeri teknik bileşenleri.
- 4) Jeolojik tekstiller (geotech); Jeolojik tekstiller ile inşaat mühendisliği malzemeleri.
- 5) Ev tekstilleri (homotech); Mobilya, ev tekstili ve yer kaplamalarının teknik bileşenleri.
- 6) Endüstriyel tekstiller (indutech); Filtrasyon, nakil, temizleme vb. sanayi tipi uygulamalar için tekstiller.
- 7) Tıbbi tekstiller (medtech); Hijyenik ve tıbbi ürünler için tekstiller.

- 8) Taşıt araçları için tekstiller (mobiltech); Otomotiv, gemi, tren ve hava taşıtları için tekstiller.
- 9) Ekolojik tekstiller (oekotech); Çevre koruma amaçlı tekstiller.
- 10) Ambalaj tekstilleri (packtech); Ambalaj malzemeleri.
- 11) Koruyucu tekstiller (protech); Kişisel ve mülki koruma için tekstiller.
- 12) Sportif tekstiller (sportech); Spor ve serbest (gündelik) giysiler için tekstiller (www.itkib.org.tr, 2005).

Teknik tekstil ürünlerinden bazı örnekler aşağıda verilmektedir:

- Akustik izolasyon malzemeleri (otomobil konstrüksiyonu, gemi inşa ve roket üretiminde kullanılan)
- Aktif spor giysileri
- Yapışkan bantlar (dar dokuma kumaşlardan mamul endüstriyel tekstiller)
- Reklam amaçlı flamalar, pankartlar
- Roketler
- Hava yastıkları (otomobiller, roketler vb.)
- Antistatik tekstiller
- Suni çimen
- Tentelik kumaşlar (ev ve bahçe için tekstil materyalleri)
- Kaplama, laminasyon veya yapıştırma için zemin materyali
- Ambalajlar
- Balistik (kurşungeçirmez) giysiler, koruyucu giysiler ve iş giysileri
- Bandaj malzemeleri
- Biyolojik olarak çözünebilir malzemeler
- Aleve dayanıklı battaniye ve yastıklar
- Astarlı ve astarsız filtreler
- Yanmaz yapı malzemeleri
- Aleve dayanıklı halılar
- Güç tutuşur dekorasyon malzemeleri ve perdelik kumaşlar
- Tek kullanımlık koruyucu giysiler
- Doktor ve hemşire kıyafetleri
- Kanalizasyon ve sulama sistemleri
- Elektrik izolasyon (www.itkib.org.tr, 2005).

2.3. Antimikrobiyal Tekstil

Teknik tekstilin önemli bir alanı olan antimikrobiyal tekstil; çeşitli hastalık nedeni olan ve her hangi bir yolla tekstil mamulüne ve insanlara zararı olan mikroorganizmalara karşı etkinlik gösteren (mikroorganizmaları yok eden ya da çoğalmalarını azaltan vs.) kimyasal maddelerle tekstil mamullerini birleştirerek oluşturulan ürünlerdir (Birimoğlu vd., 2004). Antimikrobiyal madde, bakteri, küf, maya ve mantarlar vb. mikroorganizmaları öldüren ya da üremelerini önleyen doğal, sentetik ya da yarı sentetik bir madde olarak tanımlanabilir.

Antimikrobiyal tekstiller fonksiyonel tekstil ürün gruplarından bir tanesi olup, son yıllarda artan hijyen bilinci ve hassasiyetlere bağlı olarak tüm dünyada talep gören tekstil ürünleridir. İnsan sağlığını tehdit etmekte olan mikroorganizmaların ortadan kaldırılması veya azaltılması ve hastalıkların tedavisi amacı ile yüzyıllardır kullanılan doğal veya yapay çok çeşitli antimikrobiyal maddeler mevcuttur. Antimikrobiyal maddelerin tekstil yapıları ile bir arada kullanımı ise çok eski olmayıp, ilk uygulamalara II. Dünya Savaşı yıllarında rastlanmaktadır. II. Dünya Savaşı sırasında kullanılan pamuklu tente, çadır ve kaput bezlerinde görülen nem ve ısıya bağlı mikroorganizma oluşumunun önlenmesi, ortaya çıkan çürüme ve bozulmaya çözüm bulmak amacı ile antimikrobiyal tekstil kullanımı ilk olarak bu yıllarda geliştirilmeye başlanmıştır (Palamutcu vd., 2008).

İstenmeyen mikroorganizmaların geniş aralıkta çoğalmalarını kontrol etmekteki etki ve aynı zamanda insan ve hayvanların etrafında (çevre) emniyetli kullanımını sağlayacak mikrobiyosidal bileşimi geliştirmek oldukça zordur. Diğer zorluk oldukça çeşitlilik gösteren bazı mikroorganizmalara karşı geleneksel mikrobiyosidal ajanlardır. Zira bu kimyasal ajanlara karşı bazı tür bakteriler dayanıklılık göstermektedirler (Broughton vd., 2001).

Yaşadığımız çevrede bol miktarda bulunan mikroorganizmalar için tekstil yüzeyleri son derece uygun yaşam alanları oluşturmaktadır. Bu organizmaların tekstil yüzeyinin kendisine ve kullanıcıya verebileceği zararların ortadan kaldırılması amacıyla geliştirilen antimikrobiyal tekstillerin kullanım amaçları şu şekilde sıralanmaktadır.

- Mikroorganizmaların enfekte olmalarının önüne geçilmesi,
- Enfeksiyonların kontrol altında tutulması,
- Mikroorganizmalardan kaynaklanan koku oluşumunun engellenmesi ve
- Tekstil yüzeylerinde, mikroorganizmalardan kaynaklanan lekelenme, renk değişimi ve kalite kaybının engellenmesi (Palamutcu vd., 2008).

Birçok tekstil materyali devamlı olarak hastanelerde, çocuk yuvalarında, otellerde vb. topluma açık yerlerde kullanılmaktadır ve bunlar mikroorganizmalar nedeniyle meydana gelen hastalıklara ve enfeksiyonlara karşı iletken rol oynayabilmektedir. Bu nedenle, bulaşıcı maddeler tüketici sağlığı üzerinde potansiyel bir tehlike arz etmektedir. Bunlara bir de mikroorganizmaların güçlenerek büyümesi sebebiyle oluşacak etki eklenirse ortaya ciddi bir tehdit çıkmaktadır. Bu sebeple, özellikle tıbbi tekstillerin (medikal araştırma yapılan yerlerde kullanılan tekstil ürünleri, cerrahi elbiseler, hemşeri elbiseleri, hastane perdeleri, vs.) yer kaplama ve yatak materyallerinin, havlu ve işçi üniformaları gibi giysilerin antibakteriyal özellik taşımaları gerekmektedir. Bakteriler patojenik (Patojen; hastalığa neden olan organizma) ve patojen olmayanlar olmak üzere iki kısımda incelenmektedir. **Tablo 1.1**'de patojenik ve patojen olmayan bazı mikroorganizmalar görülmektedir (Seventekin vd., 2001).

Tablo 1.1. Patojenik ve patojen olmayan bazı mikroorganizmalar

Mikroorganizma	Patojenlik	Etkileri
<i>Bacillus subtilis</i>	Genel olarak patojen değildir	Gıdaların bozulması, bazen konjunktivitis
<i>Escheria coli</i>	Patojen ve patojen olmayan türleri vardır	Gıdaların bozulması, bazen idrar enfeksiyonu, Gıda zehirlenmeleri
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Patojen	Zatürre, idrar torbası enfeksiyonu
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Düşük patojen	Çeşitli enfeksiyonlar, Gıda bozulmaları
<i>Proteus vulgaris</i>	Düşük patojen	İltihaplanmalar
<i>Staphylococcus epidermis</i>	Düşük patojen	Cerrahi yara enfeksiyonları
<i>Staphylococcus aureus</i>	Patojen	Toksit şok, cerahat toplama, apse, fibrin pıhtılaşması, endocarditis, gıda zehirlenmeleri

Tekstil ürünlerinde meydana gelen istenmeyen koku ve görünümünden dolayı patojen olmayan mikroorganizmaları kontrol altında tutmak gerekirken, insan sağlığına olan tehlikeli etkilerinden dolayı patojenik mikroorganizmaların çoğalmasının engellenmesi daha büyük önem arz etmektedir.

Mikroorganizmalar vücutta, havada, toprakta ve tüm yüzeylerde bulunabilmekte ve uygun şartlar sağlandığı takdirde üreyerek hızlı bir şekilde çoğalmaktadır. Bakteriler gelişmeleri için yeterli nem ve sıcaklık ile bir beslenme kaynağına (bazı bakteriler için de oksijene) ihtiyaç duyarlar. Bu gereksinimler tekstil materyallerinde bulunabilmektedir. Tekstil endüstrisi bunlardan özellikle bakteri ve mantarlarla ilgilenmektedir. Genel olarak bakteriler kötü kokuya; mantarlar biyolojik olarak parçalanmaya ve lekelenmeye sebep olurlar. Birçok bakteri 30-37⁰C arasında optimal gelişime sahip olurken, birçok mantar için optimal sıcaklık 25-30⁰C'dır. Aktif faaliyet halinde iken ise, vücutta bölgesel sıcaklık değişimleri söz konusu olmakta ve buda bakterilerin çoğalmasını tetikleyici bir unsur oluşturmaktadır (Tarakçıoğlu vd., 2006). Üzerinde besin kaynağı (çeşitli gıda kirlilikleri, yağ, protein, şeker ve deri

kalıntıları) mevcut olan tekstil materyalleri mikrobiyal üremeyi hızlandıran bir başka etkendir.

Vücutta bakteri ve mantar üremesinde, vücut sıcaklığının yanı sıra ter bezlerinden salgılanan terin miktarı ve kimyasal içeriği de büyük önem taşımaktadır. Vücuttaki ter oluşumu, bakteri ve mantar üremesi ve gelişmesi için ideal koşulları sağlamaktadır. İnsan vücudunda tüm vücut yüzeyine dağılmış olarak 2-3 milyon adet ter bezi bulunmaktadır. Cilt üzerindeki ter bezi yoğunluğu cm^2 başına 100-400 adet arası değişir. Ekrin ve apokrin olmak üzere vücutta iki çeşit ter bezi bulunmaktadır. Ekrin ter bezlerinin temel fonksiyonu sıcak bir ortamda, ya da fiziksel çalışma sırasında vücut ısısının dengelenmesidir. Ekrin ter bezlerinin başka bir fonksiyonu ise avuç içlerinde ve ayak tabanlarında oluşan zihinsel ve duygusal terlemedir. Salgılanan terin %99'unu su oluştururken, terde sodyum klorür, potasyum, üre ve protein gibi maddeler de bulunmaktadır (Tarakçıoğlu vd., 2006).

Apokrin ter bezleri özellikle koltuk altı, genital bölge ve yüzde bulunmaktadır. Dağılımları ise vücut bölgesine göre farklılık gösterir. Örneğin koltuk altlarında apokrin ter bezlerinin sayısı, ekrin ter bezlerinin 10 katı kadardır. Apokrin ter bezleri doğumdan itibaren vardır ve ergenlik ile birlikte aktif hale gelirler. Vücuttan çıkan sıvı ilk anda yağlı ve kokusuzdur. Ancak cilt yüzeyindeki bakteri florasında yerleşik bulunan bakteriler ter kokusunu ortaya çıkarmaktadır. Bu kokunun aslı kaynağı bakteriler tarafından oluşturulan, karboksilli asitler, aldehitler ve aminlerdir (Tarakçıoğlu vd., 2006).

Birçok bakteri kolonisi, metabolizmasında kendilerini ışığa ve UV radyasyonuna karşı koruyan renkli pigmentleri üretmektedir. Bu pigmentlerin yüzeye adhezyonu ile tekstilde kirlenme söz konusu olmaktadır. Life bağlanan bu pigmentler, normal yıkama ile yeterli olarak uzaklaştırılmamaktadır.

Bakteriler, funguslar, virüsler, algler ve diğer mikroorganizmalar çevremizde daima mevcuttur. Bu mikroorganizmalar ekolojik sistemin gerekli bir parçasıdır. Azot devrinde, endüstriyel proseslerde, sağlıklı insan ve hayvan vücut fonksiyonlarında (sindirim, K vitamini sentezi) mikroorganizmaları görmek mümkündür. Diğer yandan mikroorganizmalar son derece istenmeyen hastalık nedenlerine, kokulara ve

materyallerin (yün, pamuk vb. tekstil mamullerindeki çürüme) geniş oranda yıkımına neden olmaktadır. Mikroorganizmaların çoğalmaları için nem, besin ve sıcaklığa ihtiyaçları vardır. Bu üç olgu günlük hayatta kullandığımız tekstil ürünlerinde fazlaca bulunmaktadır. Mikroorganizmaların büyümesi için en iyi ortamlardan biri olan halılar buna iyi bir örnek olacaktır. İnsanların ve hayvanların (evcil) günlük hareketleriyle, yiyecek ve içeceklerin halıya dökülmesi ve küçük çocukların bıraktıkları artıkların etkisiyle bakteriler ve mantarlar halı üzerinde çoğalırlar. Ayrıca havada uçan mikroorganizmalar dışarıdan içeriye ısıtma ve soğutma sistemleri aracılığıyla taşınarak mikroplar halı üzerinde toplanır. Bu mikroorganizmalardan bazı türleri uygun ortam oluşuncaya kadar uzun zaman halı üzerinde spor oluşturarak yaşamını sürdürebilecek yeteneğe sahiptir. Halı ve kaplamaların yapımında kullanılan organik materyaller bazı mikroorganizmalar için besin kaynağı olabilmektedir (halıya güçlü tutum vermek için kullanılan karboksimetilselüloz-CMC, nişasta vb.). Bu organik materyallerin mikroplar tarafından sindirimi halının uzun süre renginin solmasına, çürümesine yol açabilir. Bakterilerin ve mantarların sağlıksız çoğalmaları kötü koku oluşumuna neden olabilmektedir. *Escherichia coli* genellikle gıdaların içerisinde (sığır eti) çoğalmakta ve gıda zehirlenmelerine yol açmaktadır. *Salmonella* pişirilmemiş ve yıkanmamış kümes ürünlerinde hastalıklara neden olan etmenleri bulaştırmaktadır. *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, maya, küf ve diğer mikroorganizmalar çeşitli hastalıklara ve deri enfeksiyonlarına neden olmaktadır. Bu mikroorganizmalar günlük hayatta ev eşyalarında çoğalmaktadırlar (Blakely vd., 1991).

2.3.1. Antimikrobiyal Tekstilin Önemi

Mikropların bilhassa hastalık etmeni olanlarının en fazla olduğu ortamlar hiç şüphesiz hastaneler, poliklinikler, sağlık ocaklarıdır. Bu tür sağlık kuruluşlarında kullanılan tekstil materyalleri; cerrah önlüğü, başlığı ve maskesi, hasta perdeleri, çarşafı, sargı bezleri, silgi bezleri, halı, yer kaplamaları ve çeşitli boyutlarda giyim eşyalarıdır. Bu tekstil materyalleri enfeksiyon geçirmekte iletkenler ve hastalıklara neden olan mikroorganizmaların taşınmasını sağlarlar. Örneğin, ölümcül HIV virüsü, çeşitli hepatit hastalıklarına neden olan virüsler ve diğer salgın hastalıklara neden olan mikroplar bu şekilde yayılırlar (Blakely vd., 1991).

Tüm bu sebeplerden ötürü kullanılmış (kirlenmiş) tekstil materyaliyle temasla sonuçlanan bakteriyel enfeksiyonlarını azaltmak ya da yok etmek arzu edilir. Kullanılmış tekstillerin kullanımı veya giyinmesi esnasında kişiden kişiye patojenik bakterilerin taşınması nedeniyle kumaş üzerindeki mikroorganizmaların büyümelerinin azalarak önlenmesi gerekir. Bununla birlikte cerrahi elbiseler, hastane halıları ve yatak materyalleri, çoraplar ve üniformaların mümkün olan en iyi korumayı sağlamak amacıyla antimikrobiyal olması istenir (Sun vd., 1999). Hastane ile ilgili enfeksiyonlar hakkındaki bilgilerimize rağmen penisiline dayanıklı *Staphylococcus aureus* türleri tarafından oluşturulan enfeksiyonlar klinik olarak hala önemli bir problemdir (Takai vd., 2001).

Yüz maskeleri çoğu enfeksiyonlara karşı sağlık çalışanların korunması için gereklidir. Örneğin maske iyice yerleşmeyebilir böylece yüze yaklaşan mikroorganizmaların girişine izin verebilir. Eğer maske yüzeyleri enfeksiyonlu ajanlarla bulaşmışsa mikroorganizmalar öksürük damlalarıyla koruyucu katmanlara geçebilir. Özellikle acil işlemler sırasında temiz maskeler veya resmi giysilerin değiştirilmesi her zaman olmayabilir. Ayrıca sağlık çalışanlarının ellerine yüz maskelerini değiştirirken bulaşabilir (Li vd., 2005).

Deri sürekli olarak dış ortamla temas halinde bulunduğu için florasında birçok geçici ve kalıcı mikroorganizma bulunur. Bunlar çevreye, değişik vücut bölgelerine yakınlığına (ağız, burun, perine) ve giyilen giysilere göre değişen türlerdir (Gültekin vd., 1998). Bilindiği üzere, vücuda giyilen tekstil materyallerinden çoraplar, en çok koku oluşumuna sebebiyet vermekte ve organizmaların yaşamasına imkân tanımaktadır. Bu mikroorganizmalar kokulara, kaşıntılara, pişiklere daha ileri durumlarda veziküller lezyonlara neden olmaktadır (Birimoğlu, 2006).

2.3.2. Antimikrobiyal Tekstil Ürünleri

Hayatımızı bu kadar olumsuz etkileyen mikroorganizmalara karşı koruma nasıl sağlanmalı? Daha da önemlisi yaşamımızın ayrılmayan parçası olan tekstil mamullerine, mikroplara karşı etkinlik nasıl kazandırılmalı? Diğer bir ifadeyle bu korumayı sağlayacak kimyasal ajanlar nelerdir ve hangi özelliklere sahip olmalıdır?

- İlk önce istenmeyen mikrobu ya da mikropları öldürecek kimyasal ajan seçilmelidir.
- Bu kimyasal (antimikrobiyal) ajan tekstile en azından yarı kalıcı tarzda bağlanmalıdır (etkileşim göstermeli).
- Dayanıklı etki göstermelidir (etkisini kısa sürede kaybetmemesi).
- İnsanlara (yani yüksek hayat formlarına) aşırı toksik etki göstermemeli ve bir o kadar da önemli olan çevreye zarar vermeyen bir ajan seçilmelidir.
- Mikropların kolayca bu ajanlara karşı bağışıklık göstermediği garanti edilmelidir.
- Tüm tekstil mamullerinde kullanılabilirliği garanti edilmelidir (Broughton vd., 2001).

Bu sağlanabilirlik içinde belki de en önemlisi insan sağlığı ve çevre kirliliğine karşı olacak hassaslıktır. Başlangıç olarak endüstri bu konuya daha çok önem vermelidir. Bu hassaslık o kadar fazla olmalıdır ki zarar veren mikroorganizmanın dışında diğer canlılara zarar vermemesi sağlanmalıdır. Bu konuda karşımıza çıkan ajanların başında triklosan, halamin bileşikleri (halojenlenmiş formlarda), amonyum fosfatlı organik bileşikleri, kuaterner amonyum bileşikleri, kitinden elde edilen kitosan vb. kimyasal maddelerdir (Broughton vd., 2001) .

Tekstil ürünlerinde kullanılacak antimikrobiyal maddelerin sağlık üzerinde risk yaratmaması, yıkamaya, kuru temizlemeye ve ütüye karşı dayanıklı olması istenmektedir.

Antimikrobiyal yardımcı kimyasallar, tüketiciler ve çevre üzerinde doğrudan veya dolaylı olarak toksik etki yaratmamalı, ayrıca kumaş kalitesini olumsuz yönde etkilemeksizin kumaşa kolayca uygulanabilmeli, vücut sıvılarına karşı renk haslığı yüksek olmalı ve dezenfeksiyon ve sterilizasyon işlemlerinden etkilenmemelidir. Boyanmış veya basılmış tekstil materyali üzerindeki boyarmaddenin, dış etkenlere karşı gösterdiği dirence **renk haslığı** denir.

2.3.3. Antimikrobiyal Kimyasal Maddeler ve Çeşitleri

Antimikrobiyal maddeler, bakteri ve/veya mantar gelişimini engellemekte ve/veya sınırlandırmaktadırlar. Antimikrobiyal maddelerin birçoğu hem bakteri, hem de mantarlara karşı güçlü aktivite göstermektedirler. Ancak bütün mikroorganizmalara

karşı aynı derecede etkin maddelerin sayısı oldukça azdır. Bakterilerin üremesini ve gelişmesini engelleyen maddelere antibakteriyal maddeler denilmektedir. Bakterilere zarar veren maddelere bakterisidal (bakteriyosid), sadece çoğalmalarını engelleyen maddelere ise bakteriyostatik adı verilmektedir. İstenen antibakteriyal etkiyi elde etmek için, antibakteriyal maddeler, gereksinime ve uygulamaya bağlı olarak tek tek veya kombine edilerek kullanılabilirler. Mantar üremesini ve gelişmesini önleyen antimikrobiyal maddelere fungusid, mantar üremesini sınırlandıran maddelere ise fungistatik maddeler adı verilmektedir. Bu maddeler arasında çeşitli izotiyazolin bileşikleri ve imidazol türevleri, arsenik bileşikleri ve kalay esaslı ürünler sayılabilmektedir (Tarakçıoğlu vd., 2006).

Antimikrobiyal maddelerin mikroorganizmaları öldürme veya çoğalmalarını engelleme mekanizmaları çeşitlidir. Bu mekanizmalar,

- Mikroorganizmaların hücre duvarlarına zarar vermek,
- Hücre duvarı sentezine engel olmak,
- Hücre duvarının kalıcı olarak tahrip edilmesi,
- Protein ve nükleik asit sentezlerinin engellenmesi,
- Enzim hareketlerinin engellenmesi.

Antimikrobiyal etken maddeler arasında protein moleküllerinin deaktivasyonuna neden olan metal ve metal tuzları, hücre zarına zarar veren kuarternar amonyum tuzları, oksidatif etkisi olan N-halaminler, triklosan gibi organik bileşikler ve kitosan gibi doğal maddeler bulunmaktadır (Palamutcu vb., 2008). Bu kimyasallar çeşitli firmalar ya da araştırmacılar tarafından patent çalışmaları şeklinde tekstil mamullerine uygulanmıştır. Genellikle antimikrobiyal tekstilde başlangıçta şu kimyasallar kullanılmıştır.

- Kadmiyum, bakır, krom, civa, gümüş, kalay, çinko ve çinko tuzları ve ya organometalik bileşikler,
- Fenoller ve çeşitli fenol türevleri,
- Amonyum ve fosfor bileşikleri,
- Amino-formaldehit reçineleri,
- Çeşitli katran ve krezol bileşikleri,
- Selülozun kimyasal değiştirilmesi (Broughton, 2001)

Bazı sentetik liflerin yapısında mikroorganizmalara karşı (kimyasal yapılarından dolayı) direnç vardır. Ancak bu direnç sadece, bakterilerin büyümesini engellemekte fakat onları öldürme konusunda yetersiz kılmaktadır. Günümüzde önerilen antimikrobiyal ajanların bazıları;

- Alkoller:
 - Yükseltgen maddeler,
 - Aktiflenmiş halojen atomların veya katyonların bileşikleri ve
 - Aktifleşmiş atomik oksijen veya OH radikal bileşikler.
- Ağır metallerin katyonları:
 - Bakır, civa, çinko, gümüş vb.
- Asitler:
 - Organik asitlere bağlanmış alkiller veya aril grupları,
 - Fenol, alkil bağlı fenol, halojen veya aromatik halka sistemleri bağlanmış Fenoller,
 - Aldehitler ve
 - Yüzey aktif maddeleri.
- Katyonik:
 - Amonyum veya fosforla karıştırılmış (yüksüz ihtiva eden),
 - Anyonikler,
 - Antibiyotikler ve
 - Spesifik metabolik yöntemlerle antimikrobiyal etki gösteren doğal kaynaklı bileşikler (Broughton vd., 2001).

Burada önem verilmesi gereken asıl konulardan biri, antimikrobiyal ajanın hedefindeki mikroplardan ziyade diğer yaşam formlarına zarar verip vermediğidir. Yaşam faktörünü etkileyen (çevre) tüm olgulara karşı zararsız etkide olmalıdır. Diğer ifadeyle yararlı böceklerden kuşlara ve sudaki besin zincirinin sonunda alt katmandaki organizmalara kadar olumlu etkileşim göstermesi gerekir. Ayrıca yararlı mikroorganizmaların durumu da konu edilmelidir.

Bu şartlar ışığında görülüyor ki seçicilik iki kenarlı bıçak gibidir. Bu mantıkla seçilmiş bir antimikrobiyal özellik, metabolik yolla zararlı mikroorganizmalara karşı

engel olmada daha seçici davranır. Diğer önemli bir faktör hedef mikroorganizmalar genellikle bu engele karşı bir yol bulabilirler. Yani bağışıklık kazanabilirler. Bu dayanabilirlik kuşaktan kuşağa iletilmektedir. Böylece dayanıklılık kazanan yeni nesil hayatta kalarak mikroorganizmaların seçici davranmasını kolaylaştırır (Broughton vd., 2001).

2.3.4. Antimikrobiyal Tekstil Uygulamaları

Antimikrobiyal özellikte tekstil yapılarının elde edilmesi için çeşitli özel lifler kullanılabilirdiği gibi özel yardımcı kimyasallar kullanılarak bitim işlemi yapılmakta ve antimikrobiyal özellikte tekstil yüzeyleri elde edilebilmektedir.

Antimikrobiyal lif üretim yönteminde etken madde lif çekimi esnasında eklenerek lif polimer yapısı içerisine hapsedilmektedir. Bu yöntemle elde edilen lifler kalıcı olarak antimikrobiyal özellik kazanmaktadır. Bu amaçla kullanılan maddeler arasında triklosan, kitosan ve başta gümüş olmak üzere çeşitli metal iyonları bulunmaktadır.

Antimikrobiyal bitim işlemleri için kullanılan etken maddeler aşağıda sayılan özellikleri sağlamalıdır;

- Bakteri, mantar ve küflere karşı etkin kontrol,
- İstenmeyen mikroorganizmalara karşı seçici davranış,
- Kullanım ve üretim sırasında toksin etki oluşturmama,
- Yıkama, kuru temizleme ve sürtünmeye karşı dayanıklılık,
- Kumaşlara zarar vermeden uygulanabilme,
- Kabul edilebilir nem geçirme özelliği,
- Diğer bitim işlemleri ile uyumlu davranış ve
- Kolay uygulanabilme.

Antimikrobiyal apre işlemleri ile antimikrobiyal tekstil üretimi, lif üretim yöntemi ile elde edilen tekstil yüzeylerine göre daha yaygın kullanılmaktadır. Ancak apre işlemi ile elde edilen antimikrobiyal özellik liflerden elde edilen antimikrobiyal etkinliğe göre daha az kalıcı olmaktadır. Bitim işlemi sırasında tekstil yüzeyine aktarılan ve burada bağ yaparak tutunması beklenen antimikrobiyal etken maddeler zamanla

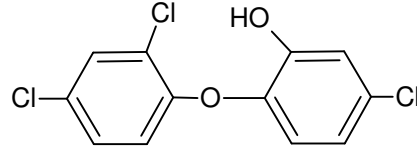
yüzeiden uzaklaşmakta ve tekstil yapısının antimikrobiyal etkinliğinin azalması durumu ortaya çıkmaktadır. Etkinlik azalması durumunda ortamda bulunan mikroorganizmalar bu antimikrobiyal maddelere karşı direnç kazanmakta ve sağlık açısından daha riskli durumlar ortaya çıkabilmektedir. Bu durumda zararlı bir bakteri türünün gelişimi engellenirken organizmalar arası doğal denge bozulabilmekte ve diğer bir organizma türünün gelişimine yol açılabilir koşullar yaratılmaktadır. Antimikrobiyal maddelerin sürekli kullanımı vücudun geliştirdiği doğal savunma sisteminin zayıflamasına neden olabilmektedir. Antimikrobiyal bitim işlemlerinin, stabilite gereksinimlerine uyum sağlamaları ve tüketici sağlığına karşı bir risk oluşturmamalarına dikkat edilmeli ve tercih edilecek antimikrobiyal etken madde konusunda özenli davranılmalıdır (Palamutcu vd., 2008).

Bu antimikrobiyal kimyasal uygulanması çok değişik kimyasal prosesleri gündeme getirmiştir. Dolayısıyla bu proseslere bağlı olarak çeşitli firmalar antimikrobiyal ürünler üretmiştir.

Interface Inc. Firması, 'Intersept R' markası adı altında satılan bir organik sübstitüentli amonyum fosfat geliştirmiştir ve bu firmanın halı ürünlerinde kullanmıştır. Bu kimyasal aynı zamanda hava filtrasyon kumaşlarındaki uygulamalar için döşemelik eşyalar, tavan kaplamaları ve tekstil dışında çeşitli uygulamalar için de kullanılabilir. Dow-Corning, silan kimyasalıyla yüzeye sabitlenmiş kuaterner aminlerin serisini üretmektedir. Yan ürün şirketi olan Aegis Environments (Midland Michigan), 'Microbe Shield' ticari marka adı altında yeni bir teknoloji geliştirmiştir. Ürün tekstil endüstrisinin geniş bölümünde kullanılır; nonwovenler, silgi bezleri, medikal giyim, çoraplar, atletik giyim, üniformalar, zemin döşeme, tavan kaplama vb. Bu teknolojiyi kullanan şirketler; Dr.Scholls RBrillo, Odor, Eaters, Franklin Sports, Burlington, Kaiser Roth, BBA, Precision Fabric, Russell, US Gypsum vb. (Broughton vd., 2001).

Biosheld, laboratuvarlarında 'Dow' kimyasını geliştirmiştir. Bu yeni teknolojiyi kullanan birkaç şirket vardır. Firma yarı zamanda yüzey temizlemede kullanılan ürünlerin birkaçını üretmektedir.

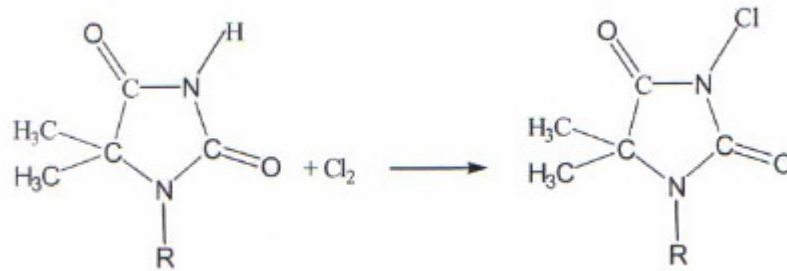
Triklosan (**Şekil 1.**) 1976 yılında patent literatüründe görünmektedir. Ciba tarafından üretilmekte olup Microban (Microban Products Co,Huntersville, N.C) marka adı altında geliştirilmiştir. Triklosan en çok bilinen antimikrobiyal kimyasaldır. Çeşitli fiberlerde kullanılabilir. Triklosan kullanılan fiberler; Synthetic Industries (olefin), Sterling Fibers (Akrilik) ve Cydsa (akrilik) örnek verilebilir. Ayrıca pamuk ve polyester ihtiva eden kumaşlarda kullanılabilir (Broughton vd., 2001).



Şekil 1. Triklosan

Biguanidler, Zeneca tarafından tekstil uygulamaları için geliştirilmiştir. Tekstil muamelesi selülozik fiberler üzerinde yapılmaktadır.

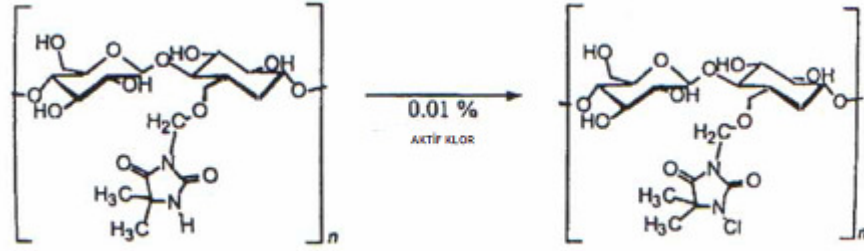
Halamin kimyası temelindeki ürünler Halosource (Seattle Washington) tarafından geliştirilmiştir. Bu firmadaki araştırma grubu organik yapıdaki azotla halojeni (özellikle klor) bir tür kimyasal reaksiyonla birleştirerek kloraminleri üretmişlerdir (**Şekil.2.**).



Şekil 2. Azotlu organik bileşiklerle halojen arasındaki bileşik

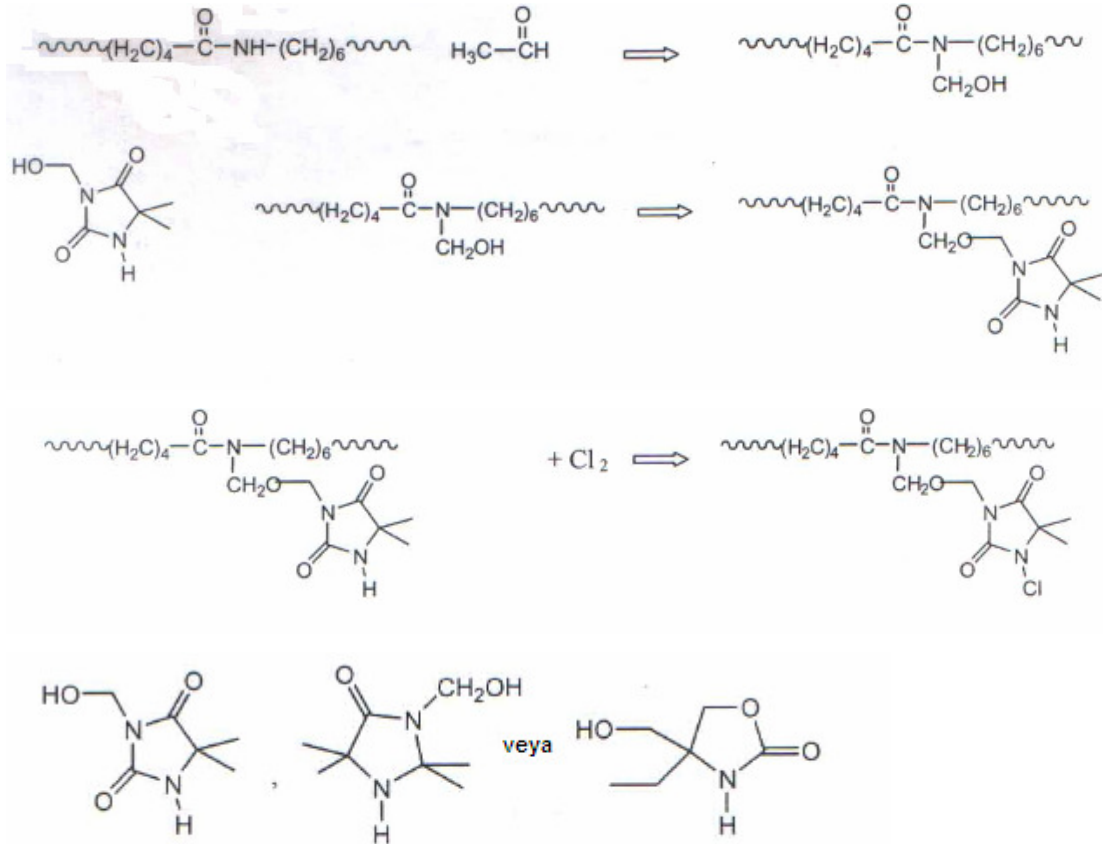
Böylece bu araştırma grubu kloramin kimyasını kullanarak, antimikrobiyal özellik gösteren etkiyi sağlamak için halojenleri tekstil materyal ortamında bulundurmaya başarmışlardır. **Şekil 3.**'de selüloz ve karışımlarına antimikrobiyal terbiye işlemini sağlamak amacıyla kloraminlerin kullanılması görülmektedir. Selülozdan başka diğer

fiberlerde halamin bağlanmasından önce fiber yüzeyini aktif hale getirmek için kimyasal grupların ilave edilmesi gerekmektedir.

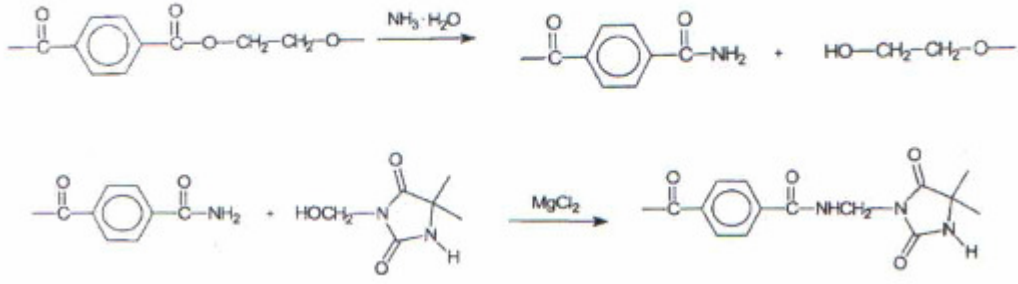


Şekil 3. Selüloza bağlanmış hidantoinin klorlanması (halojenleşmesi)

Bu görüş naylon ve poliester için başarılı olmuştur. **Şekil 4** ve **Şekil 5** sırasıyla naylon ve poliester için reaksiyonları göstermektedir.



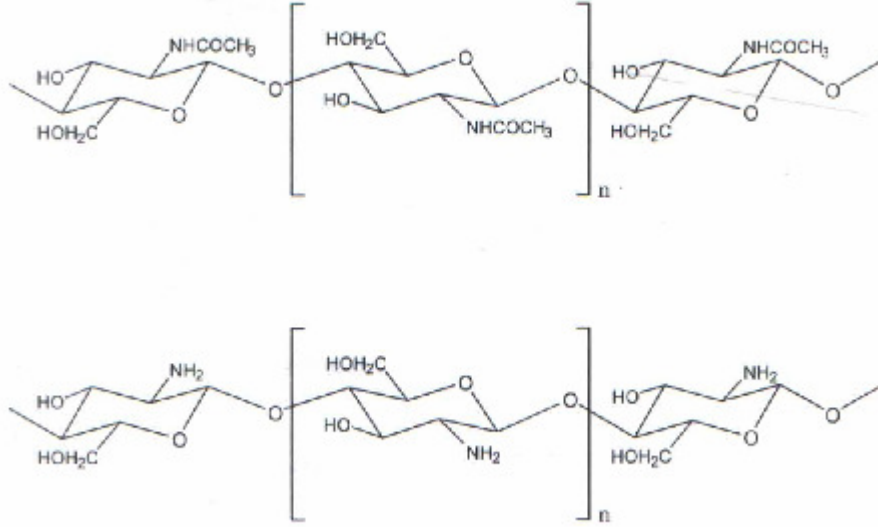
Şekil 4. Antimikrobiyal naylon üretimi için reaksiyon şeması



Şekil 5. Antimikrobiyal polyester üretimi için reaksiyon şeması

Thomson Research Associates (Toronto, Canada), UltraFresh ismi adı altında çeşitli antimikrobiyal ürünler satmaktadır. Bu ürünlerin formüle ettikleri ürünler serbest kalabilen iyot (diiodomethyl-p-tolylsulfone) organik bileşikler, izotiyazolonlar, kuaterner amonyum bileşikleri ve triklosandır. Ultra-Fresh teknolojisinde kullanılan tekstil ürünleri Avondale, Charlescraft, American Textile, Spenco, Rockland vb. dir.

Kitosan, (**Şekil 6**) kitinden (chitin) elde edilmektedir. Cruslcean kabuklarındaki ana bileşendir. Antimikrobiyal etkinliği dikkate alınarak tekstil, gıda gibi çeşitli sektörlerde etken madde olarak kullanılmakta olan kitosan doğal bir polimer olan kitinin deasetilasyonu ile elde edilmektedir (Broughton vd., 2001). Kitin doğada bulunan omurgasız deniz kabukluları, mantarlar, planktonlar ve çeşitli böcek kabuklarından elde edilmektedir. Kabuklar kurutulup öğütüldükten sonra, seyreltik NaOH ile işleme sokularak proteini uzaklaştırılmakta, ardından da derişik HCl ile muamele edilerek mineraller uzaklaştırılmaktadır. Oldukça iyi antimikrobiyal performans göstermekte olan kitin, selülozun ardından doğada en yaygın olarak bulunan ikinci polimer olup, N-asetil-D-glukozamin gruplarının β -D bağları ile birbirlerine bağlanması sonucunda oluşan bir polisakkarittir (Palamutçu vd., 2008). Kitosan düzgünleştirici antimikrobiyal aktiviteye sahiptir. Kitosan, sargı bezleri ve diğer insan vücudunda kullanılan tekstil mamullerinde kullanılması için önerilmektedir (Broughton vd., 2001).



Şekil 6. Kitin ve kitosan

Antimikrobiyal tekstil ürünleri; antimikrobiyal maddenin lif çekimi esnasında eklenerek lif polimer yapısı içerisine hapsedilmesi veya bitim işleriyle 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. En çok kullanılan katkı maddeleri, halojenleştirilmiş salisilik asit, anilidler, orgonokalay bileşikleri, kuarterner amonyum bileşikleri, organosilikon kuarterner amonyum tuzları ve kuarterner amonyum sülfonamid türevleri gibi organik esaslı bileşikleridir. Ancak bitim işlemleri ile sağlanan bu özelliklerin yıkama dayanımları düşük olduğundan kalıcılıkları sınırlıdır. Halbuki antimikrobiyal maddelerin lif çekimi adımıyla eklenmesiyle üretilen mamuller kullanıma uzun süre dayanıklı olmakta, hatta bazılarında antimikrobiyal özellik mamul ömrü boyunca korunmaktadır. Bu şekilde üretilen liflere antimikrobiyal lifler adı verilmektedir.

Antimikrobiyal lif üretiminde en çok kullanılan maddeler: triklosan, kitosan ve başta gümüş olmak üzere çeşitli metal iyonlarıdır. Gümüş iyonunun, çeşitli hastalıklara sebep olan 650'den fazla mikroorganizmaya karşı etkili olduğu klinik deneylerle kanıtlanmıştır (Tarakçıoğlu vd., 2006).

2.4. Antimikrobiyal Tekstil Elde Etme Yöntemleri

Antimikrobiyal apre işlemlerinde tekstil ürününe çektirme, emdirme, vakumla uygulama, maksimum flotte (çözelti) uygulama, aktarma, püskürtme, köpükle uygulama ve kaplama yöntemlerinden birinin yardımıyla antimikrobiyal maddeler aktararak mikroorganizmaların etkinlikleri durdurulmaktadır. Özellikle antimikrobiyal maddenin tekstil ürününe aktarılabilmesi için suda çözünür olması, bu işlemin yıkama dayanımını azaltmaktadır. Burada önemli olan nokta, bu kimyasalların yıkamaya olan dayanımlarıdır. Yapılan çalışmaların çoğu, bu işlemlerin yıkama dayanımlarını artırmaya yöneliktir (Balcı vd., 2006).

Antimikrobiyal apreler yüzey ile bağ yapabilenler ve yapamayanlar olmak üzere başlıca iki kategoride değerlendirilebilir. Bu terimler antimikrobiyal aprenin uygulandığı tekstil materyali yüzeyine kimyasal olarak bağlanabilme kapasitesi ile ilgilidir. Şimdiye kadar giyim eşyaları için birçok antimikrobiyal uygulaması yapılmış, fakat bunların kullanımı fazla kabul görmemiştir. Küf ve mayalar üzerindeki etkilerinin az olması, yıkamalara karşı kalıcılıklarının az olması ve yetersiz güvenlik bilgilerinden dolayı bu antimikrobiyallerin kullanımı ortadan kalkmıştır.

Daha önce de değinildiği gibi antibakteriyal tekstil yapıları iki şekilde oluşturulmaktadır.

- Kendi doğal kimyalarında antibakteriyal özellik bulunan liflerden yapılan tekstil yüzeyleri
- Antibakteriyal bitim işlemleriyle oluşturulan tekstil yüzeyleri

2.4.1. Liflere Antibakteriyal Özellik Kazandırma Yöntemleri

Liflerin kullanılacağı alana göre farklı antibakteriyal aktivite kazandırma yöntemleri vardır.

2.4.1.1. Antimikrobiyal Ajanların Elyaf Bünyesine Yerleştirilmesi

Bu yöntem sentetik filamentlerde uygulanmaktadır. Lif çekimi esnasında ajanlar polimer içerisine yerleştirilir. Böylelikle lif aşınmalarında dahi antibakteriyal özellik tutumu devam etmektedir.

2.4.1.2. Yüzey ile Bağ Yapamayan Antimikrobiyal Apreler

Bu teknik, tüm liflere uygulanabilmekte olup, lif aşınmalarında antibakteriyal özellik kısmen ya da bütünüyle yok olabilmektedir. **Şekil 7'** de ajanların yüzeye kaplanmalarıyla oluşturulan elyaf şematize edilmektedir.



Şekil 7. Antimikrobiyal ajanların yüzeye kaplanması

Bu tür antimikrobiyal apreler tekstil materyali üzerine kimyasal olarak bağlanamazlar. Mikroorganizmalar üzerinde etkili olabilmek için yüzeyden yayılırlar ve kendileri de mikroorganizmalar tarafından harcanırlar. Mikroorganizmaların içine girerler ve bir zehir gibi metabolizmalarına etki ederek ölmelerine neden olurlar. Cilt ile temasa geçebilir ve potensiyel olarak normal cilt bakterilerini etkileyebilir; cilt bariyerini aşar ve/veya cilt tahrişlerine neden olabilirler. Koruyucu etkileri, bir kere tüketildikten veya yıkandıktan sonra ortadan kalkar.

Uygulamadan sonra yüzeyden yayılarak uzaklaştıklarından dolayı, tekstil yüzeyi üzerindeki aktif madde miktarı zamanla azalır ve etkin olamayacakları seviyeye iner. Bu durumda mikroorganizmalar bu antimikrobiyallere karşı bir direnç kazanarak bağışıklık kazanırlar.

Konvensiyonel (bağ yapamayan) antimikrobiyal maddeler genellikle spesifik organizmalara karşı etkilidir ve geniş bir spektruma sahip değildirler. Diğer bir deyişle, sadece birkaç bakteri türüne karşı etkilidirler veya tüm bakterilere etki gösterebilirler bile, küf, maya ve mantarlara karşı etkili değildirler.

Güvenlik ve toksiklik açısından bağ yapmayan antimikrobiyal uygulamaların kimyasal yapısı önemlidir. Örneğin, pek çok organokalay içeren antimikrobiyaller, uygulama yapan işçinin ve tüketicinin sağlığı ve atıklarının çevreye olan etkisi açısından büyük bir dikkatle ele alınmalıdır. Aslında, bazı organokalay bileşikler EPA (Environmental Protection Agency) tarafından incelemeye alınmış ve Japonya’da ve bazı Avrupa ülkelerinde kullanımını yasaklanmıştır.

2.4.1.3. Kimyasal Birleşme (Yüzey ile Bağ Yapabilen Antimikrobiyal Apreler)

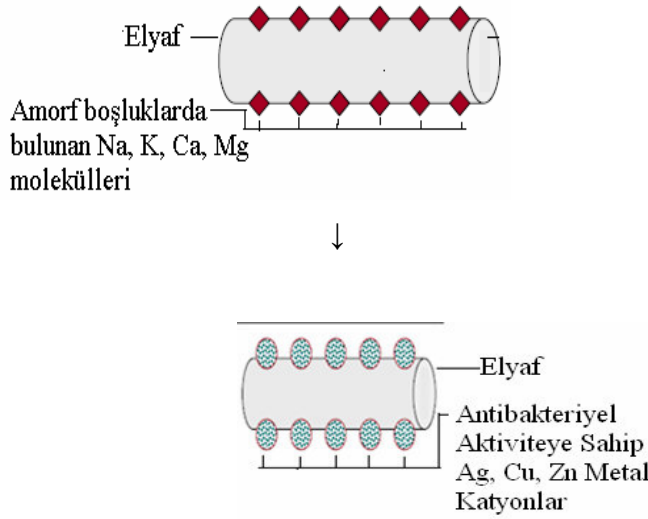
Bu tür antimikrobiyal apreler tekstil materyali üzerine kimyasal olarak bağ yaparak tutunurlar. Mikroorganizmaların hassas hücre zarını delerek ölmelerine neden olurlar. Bu olay hücrenin yaşam proseslerini devam ettirmesini önler. Bu tip antimikrobiyal maddeler organizmalara temas ederek öldürürler ve bunu tekrar tekrar yapabilirler.

Uygulamadan sonra yüzeye tutundukları yani migrasyona uğramadıklarından dolayı, tekstil yüzeyi üzerindeki aktif madde miktarı zamanla azalmaz. Böylece mikroorganizmaların bağışıklık yapması söz konusu olmaz. Kimyasal bağ yaptıklarından dolayı, yıkamalardan sonra dahi etkilerini korurlar. Bağ yapan antimikrobiyaller gösterdikleri özel etki mekanizmaları sayesinde geniş bir spektruma sahiptir. Pek çok bakteri, küf, maya, mantar ve yosun çeşidi bu tür antimikrobiyaller ile kontrol altına alınabilir.

Güvenlik ve toksikolojik açıdan bakıldığında günümüzde piyasada bulunan bağ yapan antimikrobiyal maddelerin toksikolojik ve güvenlik profilleri oldukça uygundur. Çevre açısından ise piyasada en çok kullanılan kuarterner amonyum bileşikler Environmental Protection Agency tarafından incelemeye alınmış ve ticari kullanım için kabul görmüştür. Özel kimyasal yapılarından dolayı, bu tür

antimikrobiyal maddeler uygulama yapılacak çözeltilere anyonik yüzey aktif ilave edilerek kolayca deaktive edilebilirler. Bu da çevre açısından güvenli bir atık elde etme şansını doğurur (Balcı, 2006).

Antibakteriyal özellik bakımından dayanıklılığı sağlamanın en iyi yolu olmakla birlikte böyle bir yüzey meydana getirebilmek için farklı kristalin yapılarda ve formlarda bulunan doğal ya da sentetik tekstil yüzeylerinde uygun reaktif grupların bulunması gerekmektedir. Bu tekstil yüzeylerinde bulunan amorf boşlukların, katyon (Na^+ , K^+ , Ca^+ , Mg^+ vb.) ve su molekülleri tarafından doldurulmuş olması gerekmektedir. Bu katyonlar antibakteriyal aktiviteye sahip olduğu bilinen Ag^+ , Cu^{+2} , Zn^{+2} gibi metal katyonlarıyla kolaylıkla yer değiştirebilmektedir. Böylelikle antibakteriyal aktivite sağlayan metal iyonları lif bünyesine yerleştirilmektedir. **Şekil 8.**'da kimyasal birleşme ile oluşturulan antibakteriyal lif görüntüleri şematize edilmiştir.

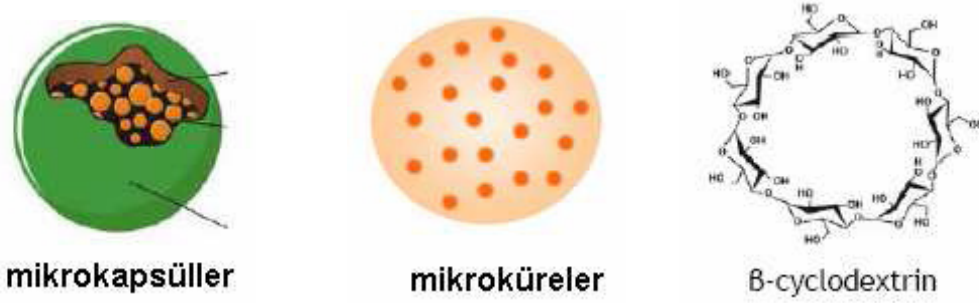


Şekil 8. Kimyasal birleşme ile antimikrobiyal tekstil eldesi

Tekstil materyaline aktarılan antimikrobiyal etken maddelerin mikroorganizmalar üzerinde etkili olabilmesi için organizma ile temas etmesi veya organizmaya doğru yayılarak organizmanın çoğalmasını engellemesi gerekmektedir.

Antimikrobiyal maddelerin tekstil yüzeylerine aktarılmasında kontrollü aktarma sistemleri olarak bilinen yapılar da kullanılmaktadır. Mikro kapsüller hareketsiz

difüzyon bariyeri içinde tutulmakta olan aktif etken maddelerden; mikro küreler hareketsiz polimer içinde çözülmüş olan aktif etken maddelerden ve halka molekülleri ise bir halka zincirinin içine hapsolmuş olan aktif etken maddelerden oluşmaktadır (Palamutçu vd., 2008). Mikrokapsülleme metodu, ara yüzey polimerizasyonu olarak ifade edilen bir kimyasal polimerizasyon metodu ile meydana getirilmektedir (Birimoğlu, 2005).



Şekil 9. Mikrokapsül antimikrobiyal kimyasallar

2.5. Gümüşün Antimikrobiyal Etkisi

Gümüşün ilaç ve tedavi edici faydaları binlerce yıldır bilinmektedir. Roma döneminden kalan bazı yazıtlarda gümüşün tedavilerde kullanıldığından bahsedilmektedir. Hatta bu özelliğinden dolayı gümüş “büyülü iyileştirici “olarak nitelendirilmiştir. Yine Roma döneminde sadece gümüş kaplarda su taşıyan askerlere savaşa gitmeye izin verilirdi. Çünkü Romalılar gümüş kapların suyu temiz ve saf tuttuğunu biliyorlardı. Medikal otorite gümüşü en etkili antimikrobiyal ajan olarak tanımlamaktadır (Bailar vd., 1973). Modern batı tıbbı gümüş elementini doğal ve suni en etkili antimikrobiyal ajan olarak tanımlamaktadır. Gümüşün ilk antibiyotik madde olduğu düşünülmektedir. Tarihte gümüş metal yaprağı bir sargı bezi olarak kullanılmıştır. Bugün gümüş, neredeyse enfeksiyon kontrolünün kritik olduğu her yerde, bandajlardan yanık tedavisinde kullanılan ilaçlara kadar sağlık ürünlerinde çok geniş spektrumda antimikrobiyal özelliğinden dolayı kullanılmaktadır. Amerika’daki doğan çocuklara doğumdan hemen sonra gümüş içerikli göz damlaları, gözde oluşacak enfeksiyonları engellemek için kullanılmaktadır (Youngs vd., 2005). Gümüş teknolojisi ayrıca endüstriyel uygulamalarda da karşımıza çıkmaktadır. İçme suyu filtre sistemlerinde, yüzme havuzu filtre sistemlerinde ve savunma sistemlerinde geniş alanda kullanılmaktadır (Antelman, 1992).

Gümüşün antimikrobiyal özelliği uzun yıllardır kullanılmaktadır. Örneğin eski Roma ve Yunan medeniyetlerinde kullanılan gümüş sikkeler suyu temizlemek için kullanılırdı. Bugün gümüş NASA tarafından uzay mekiklerinde aynı amaç için hala kullanılmaktadır. Gümüş nitrat 1800'lü yıllardan önce çeşitli medikal işlemlerde kullanılmaktaydı. %1 gümüş nitrat solüsyonu hala gonoreal oftalmi (Bebeklerin korneasında oluşabilen ciddi bir enfeksiyon) rahatsızlığını engellemek amacıyla bebeklerde doğumdan sonra bugün yaygın olarak kullanılmaktadır. 19 yy'in son çeyreğinde gümüş çeşitli enfeksiyon yapan bakterileri engellemek ve tedavi etmek amacıyla farklı şekillerde kullanılmaktadır (Youngs vd., 2005).

Gümüş periyodik tablodaki 47. elementtir. ${}_{47}\text{Ag} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^1$ elektronik konfigürasyona sahiptir. **5s** küresindeki tek elektron yüzünden kimyasal yapısı rubidyuma benzediği tahmin edilebilmektedir (Sienko, 1983).

2.5.1. Gümüşün Önemli Özellikleri

Bu çalışmada kimyasal ajan olarak kullanılan gümüşün atom numarası 47, atom ağırlığı 107.868, erime noktası 960.8°C , yoğunluğu 10.5, iletkenliği 66.7×10^4 dir. Ag metalinin seçilmesinin birçok nedeni bulunmaktadır (Sienko, 1983). Gümüş, %95'den daha fazla oranda kızılötesi (IR) yansıtırlığa sahiptir. Bu değer herhangi bir elementten daha yüksektir ki gümüşle temas eden radyoaktif enerjinin %95'i onun kaynağına geri dönecektir. Böylece ortamındaki ısı kaybı önemli ölçüde azalacaktır. Bu özelliğinden dolayı gümüşün çevrelediği ortam uzun süre sıcak kalacaktır.

Gümüş, gezegenin en çok ısı iletkenine sahip elementidir. Bununla birlikte ısıyı hızlı ve düzgünce tekstil ürününde baştan başa iletir ve dağıtır. Gümüş aynı zamanda en çok elektrik iletkenliğe sahip elementtir. Yalıtkan iki materyalin birbiriyle sürtünmesi ile oluşan elektrik yük, gümüşün varlığıyla çabucak dağılır. Böylece statik yükün verdiği stres gibi zararlardan korunulur.

Gümüşün, insan vücudu içinde ve dışında bir antimikrobiyal ajan olarak hareket ettiği bilinmektedir. Az miktarlarda kullanıldığı zaman gerekli olan antimikrobiyal etki memeli hücrelere toksik değildir. Antimikrobiyal kullanım için gümüşün en etkili formu, solüsyonlardaki iyon halidir. Gümüş iyonlarının geçmişte antimikrobiyal, antiviral ve antifungal özelliklere sahip olduğu görülmüştür. Dokuların yenilenmesine doğrudan yardım ettiği görülmüştür. Bu fonksiyonların nasıl gerçekleştiği tam olarak bilinmemesine rağmen şunların olabileceğine inanılmaktadır.

- Solunum aygıtı fonksiyonlarını, bozmak veya tahrip etmek,
- Tek hücreli mikroorganizmaların hücre zarı fonksiyonlarını tahrip etmek ve
- Hücrenin DNA'sına bağlanarak ve hücre fonksiyonlarını tahrip etmek.

Gümüş iyonlarının dokuların yenilenmesinde etkili olma nedeni anlaşılmamaktadır. Görünüş olarak antimikrobiyal ajan olarak hareket etmesinden daha fazlasını kapsamaktadır. Gümüş bileşikleri popüler olarak önemli bir yeniden dirilme maddesi olmaktadır. Oldukça emniyetli ve antimikrobiyal olarak kabul edilmektedir (Youngs vd., 2005).

Gümüş iyon bileşikleri geleneksel antibiyotik ilaçlara doğal bir alternatif olarak bu araştırmalar sonucu medikal uygulamalarda gittikçe artarak kullanılmaktadır. İyonik gümüş maddeleri yaraları tedavi etmek için lokal tedavilerde kullanılır ve mikroorganizmaları engellemek için ve enfeksiyonları tedavi etmek için kamu kurumlarında suları temizlemek için kullanılır. Farmakolojik ekipmanların temizlenmesinde (sağlığı korumak amacıyla) ve hastanelerdeki su sistemlerinde lejyoner hastalığına neden olan mikropları öldürmek için kullanılır. Şimdilerde diş fırçalarına ağızdaki bakterilerle savaşmak için serbest kalabilen iyonları eklenmektedir (Youngs vd., 2005).

Çoğu N-heterosiklik karbenlerin metal kompleksleri önceden bilinirken gümüş komplekslerin heterosiklik karbenleri bilinmemektedir. Bununla birlikte mevcut buluş mikrobiyel büyümeyi yavaşlatmanın bir metodunu sağlamak içindir. Mikrobiyel büyüme N-heterosiklik karbenin gümüş kompleksi, mikroba maruz bırakıldığı zaman azalmaktadır (Youngs vd., 2005).

Son günlerde geliştirilmiş gümüş kaplama teknolojileri aktif kaplama olarak adlandırılan yanık yara sargılarının üretilmesine neden olmaktadır. Bu sargıların amacı enfeksiyonlara karşı bir bariyer olmayı sağlarken yapışmayı engellemek içindir. Bazı klinik denemeleri gümüş nitratla muamele edilmiş geleneksel sargı bezlerinin aksine yaraları daha da kolayca tedavi ettiği gösterilmiştir. Acticoat hem gümüş nitrat hem de gümüş sülfadiazinle antibakteriyal fonksiyonunda artış görülmüştür (Youngs vd., 2005).

Lifli tekstil eşyaları sahip olduğu antimikrobiyal özellikleri artırmak fiberin, ipliğin ya da kumaş yapıdaki maddenin yarıkları içerisine Ag_4O_4 (tetragümüştetraoksit) kristallerinin çökmesiyle yada tortu oluşturulmasıyla hazırlanır (Antelman, 2002).

Gümüş bileşiklerindeki iyonların ve özellikle Ag_4O_4 'ün antimikrobiyal spektrumu "Soap Cosmetics Chemical Specialties 1994" ün yıllık yayınında "Gümüş (II,III) Dezenfektanlar" özel başlık altında incelenmiştir. Sözü edilen makalede, fungusidal aksiyonların prensipleride JG Horsfal tarafından ifade edildiği gibi onların oligodinamik aktivitesinde belirtilmektedir. Bakırdan daha fazla anti-patojenik olan civadan bile daha fazla anti-patojenik olan monovalent gümüş gerçeğine göre yapılmıştır.

Patojenlere karşı metalik moietieslerin sıralı etkisi Horsfal serisi olarak adlandırılır ve seri şu şekildedir; $Ag > Hg > Cu > Cd > Cr > Ni > Co > Zn > Fe > Ca$. Mevcut buluş gümüşün patojenlere karşı olan bir Horsfal serisi ile ilgili olarak aşağıdaki sıralamayı bulmuştur.

$Ag_4O_4 > Ag(III) > Ag(II) > Ag(I)$

Bu çalışmada genellikle selülozük kökenli olan pamuk, rayon, yün, jüt, naylon, poliester, poliasetatlar, poliakrilikler gibi materyallerden yapılmış iplikler sentetik veya natürel fiberler ve çok çeşitli materyalleri kapsayan kağıtları çevrelemek amacıyla tasarlanmış lifli tekstil materyalleri kullanılmıştır.

Çoğu antimikrobiyal uygulamalarda Ag_4O_4 kristalleri lifli mamullere bu bileşikleri uygulayarak yada kristallerin sulu dispersiyonları içerisine basitçe ıslatılarak lifli mamullerin yarıkları içerisine girebilmektedirler. Kristallerin fiziksel

birleştirilmesindeki bu metoda yara bandajları, gaz bandajları ve serbest non-woven ürünleri ve özellikle laminantlı ürünler ki muamele edilmiş lifli mamuller sonradan bir veya iki kabuklu katman arasında kullanıma hazır oluncaya kadar mamullerde kristalleri tutmak için yerleştirilir.

Kumaş içerisindeki gümüş miktarı (ağırlık olarak ppm alınmıştır) tercihen 0.5 ppm den daha az 50.000 ppm den daha yukarı olacak aralıkta kabul edilebilir. Minimum miktar patojenleri öldürebilecek en alt seviye olurken max. miktar ekonomik ve kumaşın özelliklerinin etkisi belirleyecektir. Çoğu uygulamalarda uygun gümüş miktarı 30 ile 10.000 ppm arasındadır (Antelman, 2002).

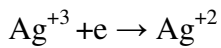
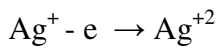
Seçilmiş madde herhangi bir iplikten oluşmuş kumaşlar kullanılabilir. Burada sentetik ve doğal fiberler veya karışımları kullanılabilir. Doğal fiberler (pamuk, yün, rami, kenevir, keten, vb.) sentetik fiberler (poliolefin lifi, polyesterler, poliamidler, poliasetatlar, rayon, akrilikler vb.) ve inorganik fiberler (fiberglas, baron fiberler vb.). Her gün maruz kalınan potansiyel bakteri bulaşmasına son yıllarda verilen ilgi bir hayli büyüktür. Fast food restaurantlarda aşırı pişmiş sığır etlerinin içerisinde ölümcül sonuçlara neden olan gıda zehirlenmesine yol açan bazı *E.coli* türlerine rastlanmaktadır (Gabbary, 1999).

Yiyecekler genellikle küçük keneler tarafından istila edilirler. Bu mitler yataklarda uyuyan kişilerin dökülmüş saç derileri üzerinde büyüyen bakteri ve mantarları yerler. Ölmüş mitlerin kırıntıları, dışkıları astım olan kişilere alerjik etki gösterirler. Bu durum toz allerjeni olan kişilerde hassastırlar. Antelman (1993) tarafından yapılan çalışmaya göre bazı metaller ve metal oksitler dikkate değer Cu, CuO, Ag ve Ag₂O olarak mitleri uzaklaştırırlar. Çoğu metal oksitler, özellikle ZnO mantar ilacı olarak bilinmektedir. İlaçlara antibiyotiklerin kullanımından önce gümüş metal çoğu zaman bakterisid olarak kullanılır. Bakterisidal ve fungisidal özelliklerle tekstiller hijyenik şartların önemli olduğu hastane gibi kurumlarda uygulamalar her zaman mevcuttur. Mevcut buluş plastiklerin elektroliz kaplamalarda kullanılan teknolojinin adaptasyon özellikteki ürünlerin uygulamasından oluşur. Plastiklerden yapılmış devre levhalarının, metallerle tekstile uygulandığında bu proses iki adım kapsar. İlk adım tekstil üzerinde katalitik soy metal çekirdeklenme alanları çökeltilmesiyle tekstilin aktivasyonudur. Bu ilk önce düşük oksidasyon yapıdaki solüsyona tekstil batırılarak

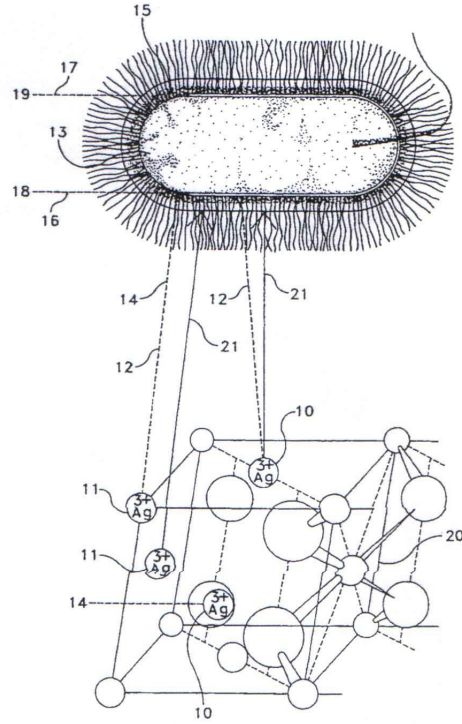
yapılır ve ondan sonra tekstil soy metal katyon solüsyonuna batırılarak yapılır. Pd^{+1} katyon solüsyonu (en çok tercih edilen asidik $PdCl_2$ solüsyonu) düşük oksidasyon yapılı olan soy metal katyonuna kendi kendisini indirger (Antelman, 1993).

Tetragümüştetraoksit (Ag_4O_4) kristallerinin suda kullanılması ile ilgili metot yeni moleküler ölçüdeki buluş bakteriyi, mantarı ve algleri yok eden olarak tanımlanır. Buluşun anti-patojenik özellikleri 2 tek değerli ve 2 üç değerli her bir moleküler kristal içeren tetragümüştetraoksit diamagnetik yarı iletken kristaldeki elektron aktivitesine atfedilmektedir. Kristaller yükseltgen maddeyle aktifleştirildiği zaman molekül başına 6.4×10^{-19} watt elektron yayarak patojenleri elektrik akımıyla öldürerek etkisini gösterir. Bu buluşta 0,3 ppm gibi düşük etkili olan konsantrasyonlarda etkilidir ki 100 k/cc *Streptococcus fecalis*'in %100'ünü öldürür ve yüzme havuzunda ve sıcak su uygulamalarında 10 dak. içerisinde %100 EPA kriterlerinde karşılaştırıldığında 3 dak. içerisinde *Escherichia coli* kolonilerine karşı etkilidir. Buluş su tanklarında, belediyelerin, endüstriyel su depolarında kullanılabilir (Antelman, 1993).

Şekil 10.'da Ag_4O_4 'un kristal kafes yapısı gösterilmiştir. Sistem, sulu ortama batırılan kristaldeki (20) tek değerlikli gümüş iyonlarından (10) üç değerli gümüş iyonlarına (11) elektronların transfer edilmesiyle çalışmaktadır. Buradaki elektronlar 12 olarak gösterilmiş yolla elektronlar iletilir. 14 de gösterilen elektronların yardımıyla 13 de gösterilen patojenin ölümüne yardımcı olmaktadır. 15 de gösterilen hücre zarının yüzeyini hem 14 deki elektronlar hem de 18 ve 19 deki yolları takip eden 16 ve 17 elektronları geçerek öteki tarafa geçerler. Burada hücrenin etrafındaki diğer kristal yapıların etkisiyle patojen elektrikle öldürülmüş olur. Patojenlerin hücre zarlarındaki kükürt ve azot gibi bazı elementlere karşı gümüşün ilgisi çok iyi bilinmektedir. Hücre zarlarındaki bu elementlerle gümüş, güçlü kovalent bağlarla 15 nolu bölgedeki hücre zarıyla etkileşim göstermektedir. Elektron transferi aşağıdaki yarı reaksiyonlarda gösterildiği gibi; tek değerlikli gümüş iyonu bir elektron kaybederken üç değerlikli gümüş bir elektron kazanmaktadır;



Böylece kristal yapıdaki her bir gümüş iyonu 2 değerlikli yüke sahip olarak dengelenecektir (Antelman, 1993).



Şekil 10. Ag_4O_4 'un kristal kafes yapısı

2.5.2. Gümüşün Tekstil Ürünlerinde Kullanımı

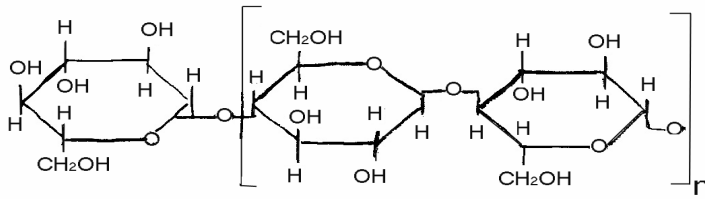
Gümüş bileşikleri birçok yöntemle tekstil ürünlerine uygulanabilir. En çok kullanılan yöntemler;

- **Emdirme Yöntemi:** Tekstil mamulünün özellikle kumaşların bir tekne veya küvetteki çözelti içerisinde kısa sürede geçirilip sıkılması şeklinde yapılan uygulama işlemine emdirme yöntemi denir. Emdirme yönteminde istenilen durum kullanılan terbiye maddesinin liflere hızlı bağlanabilir olmaması veya mümkün derece düşük olmasıdır. Emdirme yöntemine göre uygulamada, tekstil ürünü, kimyasal maddeleri içeren bir çözelti ile emdirilir. Emdirilen kumaştaki çözeltinin fazlası, tekne dışındaki silindirler arasından sıkılarak uzaklaştırılır ve yeniden emdirme teknesine döner. Böylece kumaşa aktarılan çözelti ile birlikte kimyasal maddeler de düzgün bir şekilde kumaşa

aktarılmış olur (Özcan, 1984).

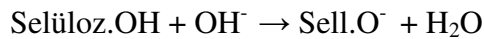
- **Çektirme Yöntemi:** Çektirme yöntemi ile yapılan uygulamanın esasını terbiye işlemi görecektir mamulünün belli miktar çözelti oranında uzun süre muamele edilmesi oluşturmaktadır. Bu işlem sırasında diğer bütün uygulama yöntemlerinden farklı olarak uygulama sırasında reaksiyon da meydana gelmektedir. Çektirme yönteminin önemli sakıncaları çözelti oranının büyük olması sebebiyle su terbiye maddesi ve enerji tüketiminin yüksek olmasıdır. Bu nedenle çektirme yöntemine uygun terbiye makineleri ve cihazları içerisinde de çözelti oranları diğerlerine nazaran daha kısa olanlar tercih edilmektedir. İşlem süresinin uzun (genellikle 30 dakikadan fazla) olması sebebiyle çektirme yöntemleri kısa süreli çalışılan yöntemlerdir (Özcan, 1984).
- **Sprenle Uygulama Yöntemi:** Bu yöntemde tekstil ürününe uygulanacak kimyasal maddeler uygun bir şekilde püskürtülerek uygulanır. Tekstil ürünleri üzerine püskürtme ile uygulanan kimyasallar belli bir sıcaklıkta bekletilerek kimyasalların yapışması sağlanır.

Şekil 11'de gösterilen pamuk elyafındaki selülozun -OH fonksiyonel gruplar pamuğun çeşitli kimyasal ajanlarla güçlü etkileşimini sağlamaktadır.



Şekil 11. Selülozun yapısı

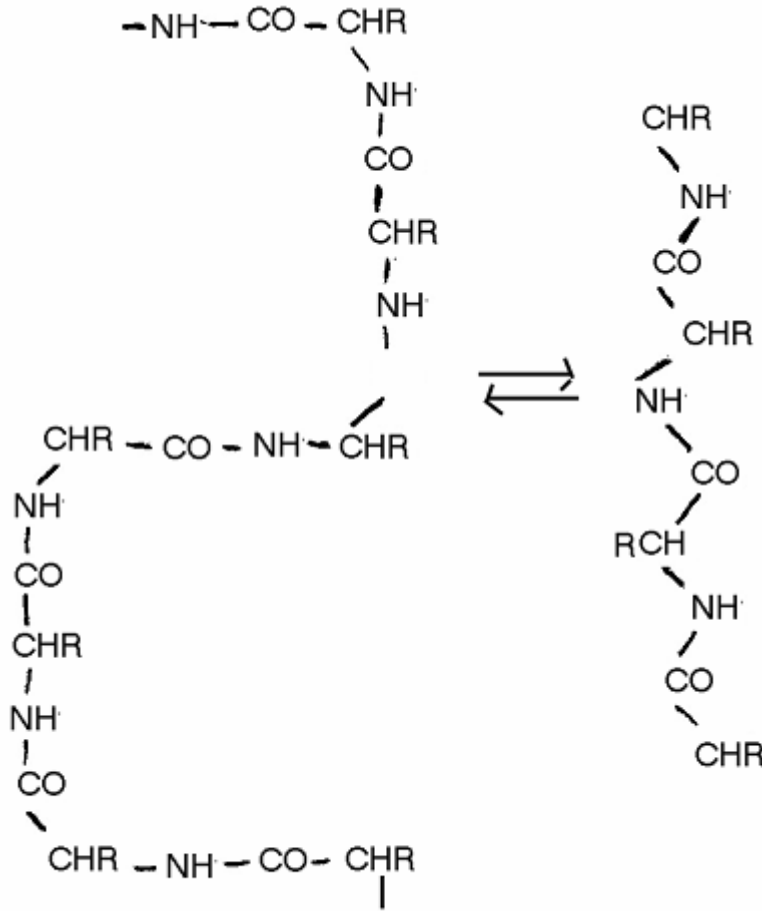
Aynı zamanda ortamdaki nemin (veya su) bünyesine çekebilmesini sağlamaktadır. Bu etkileşim **Şekil 12** 'de gösterildiği biçimde olmaktadır.



Şekil 12. Selülozun Su ile Reaksiyonu

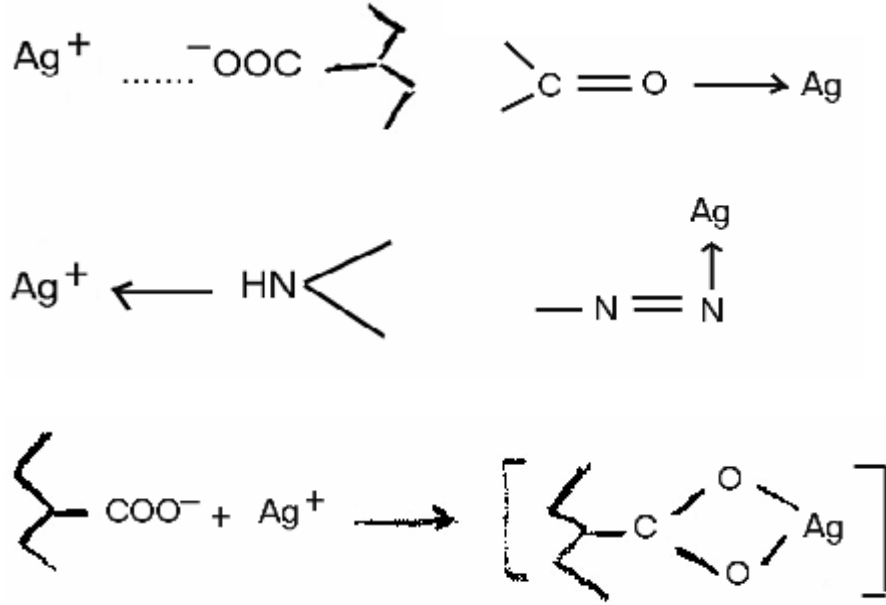
Su veya nemin normal iklimde pamuğun ağırlığının % 8.5, aşırı nemli ortamlarda pamuk ağırlığının %32 nemi bünyesine çekmektedir. Bu özelliğinden dolayı pamuk materyalinden imal edilmiş ürünler vücut derisinin solunum yoluyla ortama verdiği nemi ve artan vücut ısısını absorbe etmektedir. Özellikle de çoraplar ayak taban ve parmak arası bölgesinde oluşan nemi ve dolayısıyla nemin bünyesinde taşıdığı ısıyı absorbe ederek terlik veya ayakkabı içindeki ayak yüzeyinde cildinde tahrişe engel olarak, ayak cildinin rahatlaması sağlanmış olmaktadır (Birimoğlu, 2006).

Şekil 13’de görülen yünde ise -OH, -NH, -COOH gibi fonksiyonel gruplar, yünün çeşitli kimyasal ajanlarla güçlü bağlar kurmasını mümkün kılmaktadır. Pamuk (selülozik) ve yünde (protein) bulunan fonksiyonel gruplar bilhassa tekstil elyafın boyanması sırasında değişik pH’larda etkileşim gösterirler (Tüzün, 1996).



Şekil 13. Yündeki bazı fonksiyonel yapılar

Şekil 14'de verilen reaksiyonlardan görüleceği üzere gümüş metaliyle güçlü etkileşimlerin kurulması sağlanmaktadır (Birimoğlu vd., 2003). Ayrıca yün liflerinin esneme kabiliyetleri yaylanma özellikleri herhangi bir ısı ya da rutubet altında sahip olduğu şekli uzun süre muhafaza etmesi, vücut ısını koruması, sıcaklığa karşı duyarlılığının az olması ve de kolayca yanmayışı gibi üstün özelliklere sahiptir (Taşcılar, 1986).



Şekil 14. Yündeki fonksiyonel grupların gümüşle etkileşimi

Gümüş (Ag) metali bir geçiş elementidir. Tüm geçiş elementlerinde olduğu gibi Gümüş metalinde de biraz öncede bahsedildiği gibi bağ vermeye yatkın olan d orbitallerinin olması nedeniyle değişik yapıdaki ürünlerle çeşitli kompleksler vermektedirler (Birimoğlu vd., 2003).

2.6. Gümüş Tuzları ile Yapılmış Antimikrobiyal Tekstil ile İlgili Literatür Çalışmaları

Fesler vd. (1954) tarafından yapılan çalışmada giysi ve benzeri eşyaları antiseptik ve kendinden sterilize ürünler oluşturmak amaçlanmıştır. Bu çalışmada kullanılacak malzemeler kumaş, lastik eşyalar, kâğıt, deri, keçe, sentetik organik plastik, seramik vb. temas yüzeylerinde bulaşmış mikroorganizmaları uzun süre öldürebilme kabiliyetine sahip hale getirilmiştir. Bu çalışmada mamul ilk önce ilk solüsyon denilen içerisinde suda çözünebilen gümüş tuzu (gümüş nitrat gibi) ve suda çözülebilir metal tuzunun (magnezyum nitrat) olduğu çözeltiye batırılır. Ürün bu çözeltide bir süre bekletildikten sonra içerisinde suda çözünebilen tuz (sodyum klorür gibi) ve amonyak bulunan ikinci çözeltiye daldırılır. Burada belli bir süre bekletildikten sonra ürün sıkılır ve kurutulur.

Stokes ve Davis (1957) tarafından yapılan çalışmada mikropları yok eden (mikrobisidal) maddeleri elde etmek ile ilgili bir procestir. Bu çalışmada sentetik organik reçinelerden yapılmış maddeler, kâğıt, deri, tekstil ürünleri, keçe, lifli, lifsiz ürünler vb. malzemelerin yüzeylerinde temasla meydana gelen bakteri ve mantarların uzun süre öldürülmesini sağlayan mikrop öldürücü etki vermek amaçlanmıştır. Bu çalışmada ekonomik olan mikroplara karşı etkili ürün elde etmek için ürünün yüzeyinde ya da boşluklarında suda çözünmeyen dayanıklı bir gümüş tuzu çökeltisi oluşturulur. Daha sonra yine suda çözünmeyen dayanıklı ikinci bir bileşik oluşturulur. Bu ikinci bileşiğin amacı herhangi bir ışığın etkisiyle renk bozulması gösterme eğilimi olan gümüş bileşiğini korumak amacıyla. Bu çalışmada mikrobisidal yapılacak ürün ilk önce içerisinde bir gümüş tuzu (gümüş nitrat, gümüş laktat, gümüş klorür vb.), sodyum sülfat (baryum klorür, trisodyum fosfat, kalsiyum klorür vb. gümüşle çözünmeyen tuz oluşturmak amacıyla) ve amonyak çözeltisi olan çözelti içerisinde batırılarak belli bir süre karıştırılır. Daha sonra bu çözeltiden çıkartılan ürünün aşırı suyu atılmak amacıyla sıkılır. Bu ürün içerisinde kalsiyum klorür (sodyum sülfat, baryum klorür, trisodyum fosfat, kalsiyum klorür vb.) bulunan ikinci solüsyona batırılır. Burada elde edilen ürün 15 mm çapında daireler şeklinde kesilerek üzerine bakteri ya da mantar türü aşılınmış ağar besiyerlerine yerleştirilir.

Uygun inkübasyon süresinden sonra oluşan mikrobu üremediği alanın çapı ölçülerek antimikrobiyal aktivite belirlenir.

Crossley (1977) tarafından yapılan çalışmada oligodinamik kateter elde edilmiştir. Ciltle ilgili kateter veya idrar yolu kateterler gibi aletler oldukça geniş oranda kullanılmaktadır. Bu çalışmada metalik gümüş ya da gümüş bileşikleri tek başına ya da altın gibi diğer ağır metal bileşikleriyle birleştirilerek kullanılabilir. Bu çalışmada kateter gibi aletlerle oligodinamik bileşikler birleştirilerek enfeksiyonların azaltılması amaçlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan oligodinamik ajanlar boru tipi kateterlerin hem iç hem de dış yüzeylerinde kullanılabilir.

Gabbay (1999) tarafından yapılan çalışmada metallenmiş tekstil ürünlerin uygulanması yapılmıştır. Tekstil, tekstil fiberleri üzerinde soy metallerin çekirdeklerinin çökmesi için aktif hale getirilir. Aktif hale getirilmiş tekstil ürünü uygun olarak hazırlanmış metal katyon solüsyonuna batırılır. Buradaki indirgen ajan tekstilin fiberlerine sıkıca bağlanarak tekstil yüzeyindeki metal kaplama oluşumunu sağlayacaktır. Metallenmiş tekstilin havaya maruz kalmasıyla metal kaplamanın yüzeyi oksitlenmektedir. Metallenmiş tekstilin uygulanması böcek öldürücü, mantar öldürücü, bakteri öldürücü, armor, elektrotlar, antistatik aletler, RF ekranlar, ve radar reflektör gibi kullanımları kapsamaktadır. Bu çalışmada 8x3 boyutundaki pamuk kumaşı seyreltilmiş SnCl₂ çözeltisi içerisine batırılır. Takiben seyreltilmiş PbCl₂ çözeltisine batırılır. Böylece kumaş aktive edilmiş olur. AgNO₃ 'in seyreltilmiş çözeltisi, su içerisinde saf asetik asit ile konsantre NH₄OH ve AgNO₃ çözülerek hazırlanır. Burada amonyumhidroksidin saf asetik aside hacimsel oranı 1.7L'dır. Aktive edilmiş pamuk kumaşı seyreltilmiş hidrazin hidrat-gümüş nitrat çözeltisine eklenir. 10 dakika sonra kumaş örneği çözülden alınır. Bu çalışmada pamuk kumaşın içerisine depo edilmiş paladyum aktivasyon adımı hidrazin hidrat tarafından Ag⁺ nın indirgenmesini katalizler. Böylece gümüşün oksitlenmiş katmanı kumaşın fiberlerine sıkıca bağlanması sağlanmış olunur. Kumaş örneği başlangıçta beyaz iken işlemden sonra koyu gri olmuştur. Koyu gri renk birkaç yıkamadan sonra değişmeden kalmaktadır.

Antelman (2001) tarafından yapılan çalışmalarda lifli tekstil ürünlerinin sahip olduğu antimikrobiyal özellikleri Ag₄O₄ tetragümüştetraoksit veya Kobalt (II,III) oksit

(Co₃O₄) kristalleri; ipliklerin, kumaşların, elyafların boşluklarına (yarıklara) çökelerek hazırlanması ile ilgilidir. Bu çalışmada tekstil ürünleri iki solüsyona batırılır. Birinci solüsyonda suda çözülebilen gümüş veya kobalt tuzu (gümüş nitrat, kobalt klorür vb.) tekstil ürününü ıslatacak kadar bekletilir ve karıştırılır. İkinci solüsyon, yüksek sıcaklıkta güçlü bir alkali ve suda çözülebilen oksitleyici ajanla hazırlanır. Birinci solüsyondan çıkartılan tekstil ürünü ikinci solüsyona ilave edilir. Böylece tekstil ürününün lifleri içerisine Ag₄O₄ tetragümüştetraoksit veya Kobalt (II,III) oksit kristalleri çökelek oluşturur.

Takai vd. (2001) ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, antimikrobiyal işlem görmüş tekstil ürünlerinin antibakteriyal özellikleri araştırılmıştır. Antimikrobiyal işlem görmüş kimyasal maddeler;

- 1-Ag.Zn.Cu-Zeolit
- 2-Ag.Zn.amonyum Zeolit
- 3-Alifatik İmid
- 4-Quaterner Amonyum türevi
- 5-Kitosan olmak üzere 5 çeşittir.

Antibakteriyal işlem görmüş tekstil ürünlerinin antibakteriyal özellikleri *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus aureus*'in metisiline dayanıklı türleri ile *Pseudomonas aeruginosa*'ya karşı yaş ve kuru ortamlarda test edilip değerlendirilmiştir. Ag.Zn.amonyum zeolit ve kitosan kuru ve yaş ortamlarda metisiline duyarlı *S.aureus* 6 saat inkübasyonda ve yaş kuru ortamda 24 saat inkübasyonda metisiline dayanıklı türlere karşı etkili olduğu bulunmuştur. Kuru ortamlarda bütün antimikrobiyal işlem görmüş tekstil ürünleri bir *Staphylococcus aureus* metisiline dayanıklı türüne karşı etkisizdir. İnkübasyon karışımına organik malzeme eklendiği zaman Ag.Zn.amonyum Zeolit ve kitosan içeren tekstil ürünleri hala antibakteriyal aktivite göstermektedir. Ancak çok güçlü değildir. Bu çalışmanın sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- 1-Kullanılan ticari antimikrobiyal işlem görmüş tekstil ürünleri arasında antibakteriyal özellikleri arasında farklılıklar vardır.
- 2-Etkinliği belirlemek için birkaç saat inkübasyon gerekmektedir.
- 3-Su içerisindeki gibi bir çevresel faktör tesirliliğe etki edebilir.

4-Çoğu bakteri türleri ve ırklarına karşı antimikrobiyal işlem görmüş tekstil ürünleri etkili değildir.

Klinik ortamdaki antimikrobiyal işlem görmüş tekstil ürünlerinin antibakteriyal özellikleri sınırlı değerde olabilir.

Green vd. (2002) ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada yıkamaya dayanıklı gümüş iyon temelli antimikrobiyal aktiviteye sahip tekstil ürünleri elde edilmiştir. Bu çalışmada tekstil kumaşları için dayanıklı antimikrobiyal işlemleri sağlamak amaçlanmıştır. Bu işlemler tercihen gümüş iyonlarından oluşmaktadır. Bu çalışmada gümüşün özellikle inorganik metal tuz veya zeolit bileşikleri tercih edilmiştir. Burada tercih edilen prosedür gümüş iyon içeren bileşiklerdir. Bu özel muamelede bir bağlayıcı reçine gerekmektedir. Bu çalışmada gümüş içeren bileşikler ilk önce hedef kumaşa ya da film yüzeyine çektirilir. Daha sonra hedef kumaş bağlayıcı reçine (binder resin) ile kaplanır. Bu çalışmada elde edilen antimikrobiyal tekstil ürünleri aşırı yıkama ve durulamaya karşı oldukça dayanıklıdır. Antimikrobiyal işlem aşınarak uzaklaşmamaktadır. Bu çalışmada elde edilen tekstil ürünlerinin yüzeyindeki antimikrobiyal aktivite kalıcı olmaktadır. Bu çalışmada yıkamaya dayanıklı, sararmayan, deriyi tahriş etmeyen ve antimikrobiyal özellikler sağlayan estetik olarak memnuniyet verici metal iyonlarla muamele edilmiş tekstil ürünleri meydana getirilmektedir. Bu kumaşlar *Staphylococcus Aureus* ve *Klebsiella pneumoniae* öldürmektedir. Buradaki öldürme oranları AATCC test metodu 100-1993'a göre 24 saat maruz bırakıldıktan sonra görülmüştür. Bu çalışmada bakterilerin ölüm oranları işlem sıcaklığına ve kullanılan bağlayıcı reçinenin miktarı ve türüne göre değişmektedir.

Antelman (2002) tarafından yapılan bu çalışmada yüksek performans gösteren Gümüş (I,III) oksitle elde edilen tekstil ürünler elde edilmiştir. Bu çalışmadaki genel prensip, lifli tekstil ürünlerinin antimikrobiyal özelliklerini artırmak için tetragümüştetraoksit (Ag_4O_4) kristallerinin tekstil ürünlerinde çökeltilmesi ya da elyafların yarıkları içerisinde çökeltmesi ile hazırlanır. Burada tekstil ürünü doğal ya da sentetik ya da bunların karışımından oluşan iplik, elyaf veya kumaş olabilir. Bu çalışmada lifli tekstil ürününe antimikrobiyal özellik kazandırmak için; suda çözünebilir bir gümüş tuzu çözeltisi içerisine işlem yapılacak tekstil ürünü belirli bir süre homojen olarak ıslatılacak şekilde karıştırılır. İyice ıslatılmış tekstil ürünü

çıkarılır ve üzerindeki aşırı su uzaklaştırılır. Güçlü alkali (sodyum hidroksit) ve suda çözülebilen oksitleyici (peroksit bileşikleri; sodyum persülfat) bir bileşiğin olduğu ikinci solüsyon ısıtılarak (95-100 °C) önceden hazırlanır. Aşırı suyu uzaklaştırılmış tekstil ürünü bu sıcak ikinci solüsyona eklenerek birkaç dakika iyice karıştırılır. Bu karıştırma esnasında tetragümüştetraoksit (Ag_4O_4) çökeleği oluşur. Sonuç olarak dokunmuş, nem çekmeyen dokunmamış kumaşlar patojen bakteri, virüs, mantar gibi mikroorganizmalara karşı oldukça etkilidir. Bu çalışmada antimikrobiyal özellikler Association of Official Analytical Chemists (AOAC) test metod 972.04'e göre değerlendirilmiştir.

Birimoğlu ve Şimşek (2003) tarafından yapılan bir çalışmada antimikrobiyal tekstil mamulünün elde edilmesi için bir proses geliştirilmiştir. Bu çalışmada bahsedilen amaçları gerçekleştirmek üzere oluşturulan antimikrobiyal tekstil mamullerinin elde edilmesi için uygulanan bir proses ile ilgilidir. Bahsedilen prosesin gerçekleştirileceği bir kazan ve kazan içine önceden belirlenen miktarda suyun alınması, işlem görecektekstil mamulünün gümüş iyonlarıyla bağ yapabilmesi için bahsedilen kazan içine hidrofilik sağlamak üzere kimyasal ilave edilmesi, antimikrobiyal özellikte gümüş iyonları oluşturacak en az bir gümüş tuzunun bahsedilen kazan içine ilave edilmesi, antimikrobiyal özellik kazandırılacak imal edilen tekstil materyalinin ilave edilmesi, gümüş iyonları ile tekstil materyali ile kovalent bağ oluşturulması için uygulanan materyalin özelliğine göre uygulanacak ısının sağlanması aşamalarından oluşmaktadır.

Li vd. (2004) arkadaşlarının yaptığı çalışmada nano parçacıklarla kaplanmış cerrahi maskelerin antimikrobiyal etkisi araştırılmıştır. Bu çalışma, (gümüş nitrat ve titantum dioksidin karışımından oluşan) nanoparçacıkların antimikrobiyal aktivitesini ve bulaşıcı ajanlara (mikroorganizmalara) karşı koruma amaçlı olarak nanoparçacıklarla kaplanmış yüz maskelerini ortaya çıkarmaktır. *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli*'ye karşı nanoparçacıkların minimum inhibitor konsantrasyonu sırasıyla 1/128 ve 1/512 olduğu tesbit edilmiştir. Nanoparçacıklarla kaplanmış maskelerin antibakteriyal etkisi ATCC 100-1999'un prosedürüne göre yapılmıştır. *E. coli* ve *S. aureus* a karşı %100 azalma 48 saat inhibasyondan sonra kaplanmış maske materyallerinde görülmüştür. Gönüllü olarak bu maskeleri giyenlerde ciltlerinde herhangi bir deri tahrişi görülmemiştir.

Vogt vd. (2004) ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada renk solmasını azaltıcı eğilim gösteren gümüş temelli apre işlemi uygulanmış kumaşlar kullanılmıştır. Bu çalışmada gümüş iyonlarıyla (iyon değiş-tokuş bileşikler zirkonyum fosfat ve/veya zeolitler) işlem görmüş kumaşların (tekstil ürünlerinin) renk solma seviyesinin ve yıkama dayanıklılığının geliştirilmesi sağlanmıştır. Burada kullanılan katı bileşikler genellikle renk solmasına karşı hassastırlar. Katı malzemelerin doğası gereği yüzey uygulamalardan uzaklaşmaları oldukça kolaydır. Çalışmada 2 farklı yöntem geliştirilmiştir. Birinci çalışmada gümüş iyonlu bileşik kumaşa tatbik edilmiş daha sonra bağlayıcı bir reçine ile (poliüretan reçine) bu gümüş bileşiğinin üzeri kaplanır. İkinci çalışmada ise antimikrobiyal gümüş bileşiklerle birlikte poliüretan bağlayıcı reçine boya banyosu içerisine eklenerek birlikte işlem yapılır. Ek olarak spesifik metal halojen katkı maddesi (tercihen sodyum iyonu olmayan) tipik gümüş-iyon formülasyonlarının renk değişimini engellemek amacıyla kullanılmaktadır. Sonuç olarak hem yıkama dayanıklılığı hem de renk solma dayanıklılığı ya da her ikisi birçok uzun standart yıkama ve kurutma işlemlerinden sonra gelişmiştir. Çalışma sonrasında uygulanan yoğun işlemlerde herhangi bir aşınma görülmemiştir. Ayrıca kumaşın rengi ilk uygulandığı gibi kalmıştır. Bu çalışmada *Staphylococcus aureus* ve *Klebsiella pneumoniae* bakterilerine karşı AATCC Test Metodu 100-1993 antibakteriyal aktivite testi yapılmıştır. Bu çalışmaya göre uygulanan kumaşların etrafı reçinelerle çevrelenmiştir.

Green vd. (2004) tarafından yapılan çalışmada yüzeysel uygulanan antimikrobiyal halı muameleleri ile ilgilidir. Bu çalışmada yüzeysel antimikrobiyal yer döşemesi katı antimikrobiyal partikülleri kapsayan işlemlerdir. Bu partiküller dayanıklı antimikrobiyal apre vermek amacıyla hedef fiberlerin içerisine gömülerek sağlanmaktadır. Bu çalışmadaki topikal muamele spesifik inorganik antimikrobiyal metal iyon temelli katı bileşikler kapsamaktadır. Bu antimikrobiyal bileşiklere gümüş iyon değiş tokuş (ion-exchange) yapan bileşikler, gümüş zeolitler, ve/veya gümüş camlar örnek olarak gösterilebilir. Bu antimikrobiyal bileşikler bir sıvı ortam içerisinde diğer katı kimyasal özellikli ajanlarla karıştırılabilir. Bu işlemlerde isteğe bağlı olarak lekeleri engelleyen ajanlar, kirlerin çökmesini engelleyen bileşikler, çeşitli sıvılar, yüzey aktif maddeler, antistatik maddeler vb. ve diğer karakteristik etkileri vermek amacıyla kimyasal ajanlar halı kaplama ürünlerine antimikrobiyal

maddelerle birlikte isteğe bağı olarak eklenebilir. Bu çalışmada halı kaplama işlemlerinde mükemmel antimikrobiyal karakteristiği vermek için hem halı havlarının (pile) yüzeyine hem de havların içerisine aynı işlemi uygulamaktadır. Ayrıca böyle metal-iyon temelli antimikrobiyal uygulamalarda işlem yapılan halı kaplama ürünlerinin elektrikli süpürge ile temizlendikten sonra yada devamlı ilave şampuan ile yıkamalarda antimikrobiyal aktivitenin artma kabiliyetinin olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada antimikrobiyal aktivite AATCC Test Metod 100-1999'a göre yapılmıştır.

Parikh vd. (2005) tarafından yapılan çalışmada antimikrobiyal Ag\Na karboksimetil pamuk yanık sargı bezleri 85\15 (etanol\su) ortamında gümüş nitratla muamele edilen sodyum karboksimetil pamuk gaz\ nonwovenlardan gümüşle sodyumun kısmi kation değış tokuşuyla geliştirilmiştir. Etanol\su ortamı kaboksimetil gaz \nonwovens'un 0.3 substitusyon derecesiyle 0.4 fiberli formunu korumak amacıyla gereklidir. Serbest kalan antimikrobiyal davranışından ve bakteri, mantar üremesinin (yaşama) bastırılması antimikrobiyal gümüş içeren sargı bezi koruyacaktır. Yara yüzeyindeki mikrobiyal çoğalmayı ve bakteriyel yaşamayı etkili olarak bastıracaktır. Sonuçlar göstermektedirki ileri yanık tedavilerinde gümüş nitratla kullanılan geleneksel gazın yerine daha yüksekçe nem tutan sodyum karboksimetil gaz kullanılması gereklidir. Karboksimetil gazların daha fazla antimikrobiyal solusyonu tutma kapasitesi daha iyi antimikrobiyal etki göstermektedir. Sargı bezi üzerindeki gümüş nitrat solüsyonunun daha büyük miktarda alıkonması (tutulması) hastalar üzerindeki sargı bezlerinde solüsyonun yeniden doldurulmasını daha az gerektirecektir. Böylece iyileşme zamanının kısalacağı görülecektir.

2.7. Antimikrobiyal Aktivite Testlerinde Kullanılan Mikroorganizmalar

Escherichia coli:

E.coli yaklaşık olarak 2-6 µm boyunda ve 1.0-1.5 µm eninde, düz, uçları yuvarlak bakterilerdir. *E.coli* bağırsak, bağırsak dışı dokulara ve en çok üriner sistem, safra yolları, safra kesesi, menenjler, akciğer ve peritonlara ulaşan koli basilleri bu organların süperatif enfeksiyonlarını meydana getiren bir koli basilidir (Bilgehan, 1993).

Shigella dysanteria:

Shigella, hareketsiz, sporsuz, kapsülsüz, değişebilen anaerop, bir ikisi dışında laktozu fermante etmeyen ve fermante ettiği diğer şekerlerden gaz yapmadan asit yaparak ayrıştırın, hem oksidatif hemde fermentatif metabolizmaları bulunan, insanlarda basilli dizanteri hastalığını meydana getiren bakterilerdir. *Shigella* bakterileri kalın bağırsakta mukoza epiteli içine girip çoğalarak mukozada yayılırlar. Kalın bağırsak ve kısmen ileumun son kısım mukozasında önce dem, sonra konjesyon ve bol mukus salgılanmasına neden olur (Bilgehan, 1993).

Salmonella typhimurium:

Salmonella bakterileri 2.0-5.0 μm boyunda ve 0.7-1.5 μm eninde hareketli, sporsuz, kapsülsüz bakterilerdir. *Salmonella* bakterilerinin yaptığı hastalıklar  tıpte toplanır:

- I. Genel enfeksiyon niteliğindeki hastalıklar
- II. Entero-kolitler (Besin zehirlenmeleri)
- III. Sepsis ve lokalize organ hastalıkları (Bilgehan, 1993).

Klebsiella pneumoniae:

Hareketsiz, sporsuz, kapsüllü gram-negatif, 0.7-1.5x2.0-5.0 μm boyutlarındaki bakterilerdir. *Klebsiella* bulunduğu yerde uygun koşulların bulunması halinde birçok hastalığa neden olabilirler. Özellikle prostatit, otitis media, sinüzit, kolestit, peritonit, anjin, menenjit, sepsis, karaciğer absesine neden olurlar (Bilgehan, 1993).

Enterococcus faecalis:

Enterococcus cinsi Gram-pozitif, mikroaerofilik, kok (yuvarlak) bakterilerden oluşmaktadır, hareketli değildirler ve zincir veya çift halinde bulunurlar. İdrar yolu enfeksiyonları, intraabdominal enfeksiyonlar ve hemodiyaliz sırasında veya *iv* yoldan kateter uygulamaları sonucu hastane enfeksiyonlarından sonra görülür. İşhal, karın krampları, bulantı, kusma, ateş, üşüme, baş dönmesi 2-36 saatte gözlenir (Gültekin vd., 1998).

Stafilococcus aureus:

Yuvarlak, 0.5-1.5 μm çapında, düzensiz kümeler şeklinde gram-pozitif bakterilerdir. *Staphylococcus*ların çeşitli türleri insan vücudunun farklı yerlerinde kolonize olurlar. Bu bakteriler genellikle insan burnunda bulunurlar. Deride, daha az olmak üzere

perineum, gastroentestinal sistem ve genital bölgede *S. Aureus* kolonizasyonlarına rastlanmaktadır (Bilgehan, 1993).

Bacillus cereus:

Bacillus cinsi içerisinde birçoğu saprofit ve başlıca iki tanesinde insan ve hayvanlar için patojen olan aerop, sporlu, çomakçıklar bulunmaktadır. *B.antracis* kuluçka dönemi 1-10 gün olup bu süre mukozalardan girişte daha kısa, deriden girişte daha uzundur. Yaptığı hastalıkların başında deri şarbonu, kötü sivilce, kötü ödem, akciğer şarbonu, bağırsak şarbonu ve sepsis (sepsis)'dir (Bilgehan, 1993).

Listeria monocytogenes:

L. monocytogenes spor oluşturmayan, kuyruklu yapıya sahip Gram pozitif bir bakteri tipidir. Listeryoz, ***L. monocytogenes'*** in sebep olduğu genel hastalık grubuna verilen isimdir. Listeryoz hastalığı beyin zarı iltihabına veya kan zehirlenmelerine neden olur ve hamilelerde çocuk düşmesi (2. veya 3. ay) ya da ölü doğumlu sonuçlanan servikal enfeksiyonları içerir. Bu tür hastalıkların başlangıcında sürekli ateş içeren grip benzeri semptomlar gözlenir. Mide bulantısı, kusma, ishal gibi mide bağırsak belirtileri, listeryozun daha ciddi durumlarının başında gelir (Gültekin vd., 1998).

Aspergillus niger:

Yuvarlak hücrelerden oluşmuş mayalardan farklı olarak, *Aspergilluslar* hif olarak adlandırılan hücre zincirlerinden oluşan ipliksi mantar türleridir. Bazı *Aspergillus* türleri patojendir, insan ve hayvanlarda ciddi hastalıklara yol açabilirler. Alerjik hastalığa neden olanlar arasında en yaygın olanlar *Aspergillus fumigatus* ve *Aspergillus clavatus*'tur. *Aspergillus* türlerinin bazıları tahıl ürünlerinde hastalık yapar, afلاتoksin dahil çeşitli mikotoksinler üretirler (Gültekin vd., 1998).

Saccharomyces cerevisiae:

Saccharomyces cerevisiae, tomurcuklanan bir maya türüdür. *Saccharomyces cerevisiae*, kalın bağırsak iltihabına (kolit) neden olan *Clostridium difficile* bakterisinin biyolojik kontrolunda bir probiyotik katkı olarak kullanılır. Çok hasta insanlarda bu uygulamanın sistemik maya iltihabına yol açabileceği gözlemlenmiştir (Gültekin vd., 1998).

BÖLÜM III

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. MATERYAL

3.1.1. Çalışmada Kullanılan Çoraplar

Çalışmada iki farklı tür çorap kullanıldı. Birincisi bej renğinde % 90 pamuk ve % 10 poliamidden oluşan Borsan Çorap firmasından temin edilen erkek çorabı. İkincisi koyu gri renğinde % 50 yün ve % 50 akrilikten oluşan Gama çorap firmasından temin edilen erkek çorabı.

3.1.2. Çalışmada Kullanılan Kimyasallar

Bu çalışmada gümüş nitrat, sodyum hidroksit ve asetik asit kullanıldı.

***Gümüş Nitrat** (AgNO_3): Gümüş nitrat, antimikrobiyal uygulamalarda en çok kullanılan gümüş tuzlarından. Çalışmada kullanılan gümüş nitrat Ankara Aklar kimyadan temin edildi.

***Asetik Asit** (CH_3COOH): Yüne çektirme yöntemi ile gümüşün uygulanmasında, yünün en uygun çekim pH: 5'de olduğundan pH'ı ayarlamak amacıyla kullanıldı.

***Sodyum Hidroksit** (NaOH): Pamuğun bilhassa boyama gibi çektirme metotlarında en iyi kimyasal etkileşim ortamı pH:9'dur. pH:9 ayarlamak için sodyum hidroksit kullanıldı.

3.1.3. Kullanılan Aletler

-Laboratuvar Tipi Numune Yüksek Sıcaklık Boyama Makinesi: Çektirme yöntemi ile antibakteriyal apre uygulaması yüksek sıcaklık boyama makinelerinde gerçekleştirilir. Antimikrobiyal işlemler iplik, kumaş, iç giyim, çorap gibi tekstil ürünlerine çeşitli ekipmanlarla uygulanır. İpliklerde antimikrobiyal işlemler genelde

bobin boyama kazanlarında boyama esnasında ya da boyama sonrasında antimikrobiyal kimyasallar ilave edilerek hazırlanır. Aynı uygulama kumaşlarda da görülür boyama esnasında ya da boyama sonrasında antimikrobiyal kimyasal ilave edilerek işlem uygulanır. Çorap, iç giyim gibi bitmiş giyim ürünleri parça olarak boyanabilir. Bu tekstil ürünleri **Şekil 17**'de görülen döner tamburlu parça boyama kazanlarında uygulama yapılır (Birimoğlu, 2003). Bu parça boyama kazanlarında erkek çorap, bayan çorap, bayan iç giyim, erkek iç giyim gibi tekstil ürünleri gümüş tuzları ile işlem yapılarak antimikrobiyal ürünler elde edilir (Birimoğlu, 2003).

Antimikrobiyal işlemler, boyama sırasında ya da boyama sonrasında antimikrobiyal kimyasal ajanlar ilave edilerek yapılır. Bu çalışmada tekstil boyahanelerinde numune boyama işlemlerinde çok sık kullanılan yüksek sıcaklık numune tipi laboratuvar cihazı, tamamen paslanmaz çift duvarlı, duvar arası ısıya karşı izolasyonludur. Tüpler dönüş eksenine 90 °C açıyla yerleştirilir. Makine 4°C /dakika ile ısıtma ve soğutma yapabilme kapasitesine sahiptir. Bu cihaz içerisinde her biri 200 ml'lik 12 adet tüp bulunmaktadır. Bu çalışma yukarıda ifade edilen özelliklerinden dolayı gümüş nitratın çoraplara uygulanmasında tercih edildi. Çoraplara gümüş nitratla uygulama işlemi, Gaziantep 2. Organize sanayi bölgesinde bulunan Şirin Tekstil Boyahane Bölümünün laboratuvarında yapıldı. Bu laboratuvarında **Şekil 15**'deki gibi bir yüksek sıcaklık Laboratuvar Tipi Numune yüksek sıcaklık Boyama Makinesinde çorapların antimikrobiyal apre işlemi yapıldı. Apre, tekstil ürünlerine (kumaş, çorap, triko vb.) boyamadan sonra kazandırılan son işlemeye denir (kir iticilik, yumuşatma, su geçirmezlik vs.).



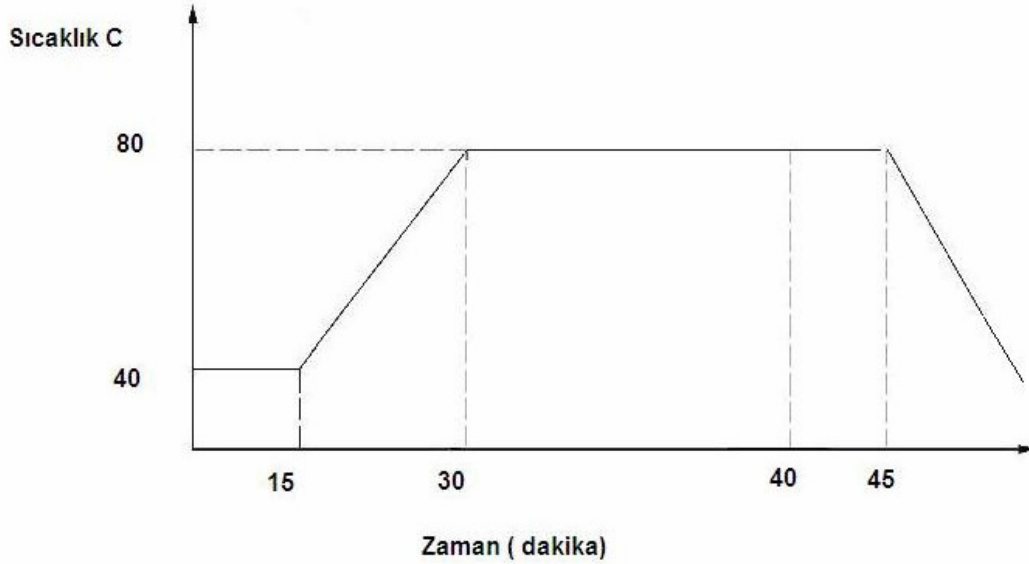
Şekil 15. Laboratuvar tipi numune boyama cihazı

3.2. YÖNTEMLER

3.2.1. Pamuk Çorap Antimikrobiyal Apre İşlemi

Tekstil ürünlerinin antimikrobiyal apre işlemlerinde en çok kullanılan yöntem çektirme yöntemidir. Bu yöntemde sulu ortamda tekstil ürününe uygulama yapılır. Çoraplar bitmiş tekstil ürünleridir. Çorapların boyama, yıkama, yumuşatma ve diğer özellik kazandırıcı işlemleri genellikle parça boyama kazanlarında yapılır. Çorapların gümüş tuzları ile antimikrobiyal işlem yapmak için çorapların ağırlığına göre gümüş nitrat parça boyama kazanına ilave edilir (Birimoğlu, 2003). Pamuk ya da genel anlamda selüloz bazık ortamda **Şekil 12**'deki gibi bir etkileşimle reaksiyon oluşturarak nükleofilik karakter kazanmaktadır (Özcan, 1984). Bu yöntemde antibakteriyel apre işlemi ya boyama esnasında ya da boyama yapıldıktan sonra uygulanır. Bu çalışmada pamuk çorap hassas terazide ölçülerek Laboratuvar tipi yüksek sıcaklık boyama makinesinin tüpüne yerleştirildi. Bu çalışmada tartılan pamuk çorabın ağırlığı 17,05 gramdır. Daha sonra bu ağırlığın % 2'si kadar gümüş nitrat tartılarak 0,34 gram tüpün içerisine ilave edildi. Tüpe yeterince su ilave edildi. Tüpün içerisindeki çözeltinin pH'ı sodyum hidroksit ile 9'a ayarlandı. Tüpün ağzı kapatılıp boyama makinesine yerleştirildi. Çoraplara uygulama işleminde **Şekil 16**

'de görülen proses uygulandı. Çoraplara boyama makinesine yerleştirildikten sonra sıcaklık 40⁰C 'de 15 dakika tüplerin dönüşü sağlanarak bekletildi. Daha sonra sıcaklık düzgün şekilde 15 dakikada 80⁰C'ye çıkartıldı. Bu sıcaklıkta 15 dakika bekletildikten sonra 40⁰C'ye düzgün şekilde soğutuldu. Çoraplar tüplerden çıkartıldı üzerlerindeki aşırı kimyasalları gidermek için yıkandı, sıkıldı ve kurutuldu.



Şekil 16. Yün ve pamuk çorapların antimikrobiyal apre uygulama grafiği

3.2.2. Yün Çorap Antimikrobiyal Apre İşlemi

Tekstil ürünlerinin antimikrobiyal apre işlemlerinde en çok kullanılan yöntem çektirme yöntemidir. Bu yöntemde sulu ortamda tekstil ürününe uygulama yapıldı. Bu yöntemde antimikrobiyal apre işlemi ya boyama esnasında ya da boyama yapıldıktan sonra uygulanır. Bu çalışmada yün çorap hassas terazide ölçülerek laboratuvar tipi yüksek sıcaklık boyama makinesinin tüpüne yerleştirildi. Bu çalışmada tartılan yün çorabın ağırlığı 21,38 gramdır. Daha sonra bu ağırlığın % 2'si kadar gümüş nitrat tartılarak 0,42 gram tüpün içerisine ilave edildi. Tüpe yeterince su ilave edildi. Tüpün içerisindeki çözeltinin pH'ı 5'e asetik asit ile ayarlandı. Tüpün ağzı kapatılıp boyama makinesine yerleştirildi. Yün Çorap boyama makinesine yerleştirildikten sonra sıcaklık 40⁰C 'de 15 dakika tüplerin dönüşü sağlanarak bekletildi. Daha sonra sıcaklık düzgün şekilde 15 dakikada 80⁰C'ye çıkartıldı. Bu sıcaklıkta 15 dakika bekletildikten sonra 40⁰C'ye düzgün şekilde soğutuldu. Yün

çoraplar tüplerden çıkartıldı üzerlerindeki aşırı kimyasalları gidermek için yıkandı, sıklıdı ve kurutuldu.

3.2.3. Antimikrobiyal Testler

3.2.3.1. Antimikrobiyal aktivite testlerinde kullanılan materyaller:

Çalışmada antimikrobiyal inceleme iki ayrı aşamada gerçekleştirildi. Birinci aşamada gümüş nitratın minimum inhibasyon konsantrasyonu (MİK) **Mikrodilüsyon tüp** yöntemi ile belirlendi. İkinci aşamada çorap numunelerinin antimikrobiyal aktivitelerini belirlemek üzerine disk difüzyon yöntemi uygulandı.

Her iki aşamada da bakteri kültürü olarak; *Bacillus cereus* KUEN 8, *Escherichia coli* ATTC 25922, *Salmonella typhimurium* ATTC 14028, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus faecalis* ATTC 29212, *Listeria monocytogenes* ATTC 35152, *Staphylococcus aureus* ATTC 25923, ve *Shigella dysanteria* CDC 2387-69; maya kültürü olarak *Saccharomyces cerevisiae* ATTC 9763; ve küf kültürü olarak da *Aspergillus niger* ATTC 9142 kullanıldı.

İlk aşamada sadece gümüş nitrat kullanılarak, gümüş nitratın yukarıdaki mikroorganizmalara karşı etkin olup olmadığı araştırıldı. Bu araştırmada gümüş nitratın yukarıda ifade edilen mikroorganizmalara karşı minimum inhibasyon konsantrasyonu mikrodilüsyon yöntemi ile belirlendi.

Gümüş nitrat 3 gr/L olacak şekilde saf su içerisinde çözüldü. Çalışmada kullanılan gümüş nitrat çözeltisinin pH'ı 7 olarak ayarlandı. Daha sonra, hazırlanan gümüş nitrat çözeltisi 120⁰C'de 15 dakika süreyle basınçlı buhar ortamında otoklavda sterilize edildi. Çalışmada kullanılan Brain Heart Infusion Broth (BHIB, Difco) uygun konsantrasyonda çözdürülerek sıvı besiyerleri hazırlandı. Deney tüplerine 1,5 mL eklendikten sonra tüplerin ağzı kapatılarak 121⁰C'de 15 dakika süreyle otoklavda sterilize edildi. Sterilize edildikten sonra bir gece etüvde (37⁰C) kontrol amaçlı inkübasyona bırakılarak steril olup olmadığı kontrol edildi. Hazırlanan besiyerleri ve gümüş nitrat kullanılıncaya kadar uygun ortamda (buzdolabında) saklandı.

Yukarıda belirtilen mikroorganizmalar Gaziantep Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden temin edildi. Kültürler Brain Heart Infusion Broth içerisinde 3 defa aktive edildi. Bakteriler (*Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus faecalis*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* ve *Shigella dysenteriae*) 5 mL BHIB'ye ekimleri yapılarak 37°C'de 18 saat; maya (*Saccharomyces cerevisiae*) 5 mL potato dekstroz broth (PDB, Difco) kullanılarak 25°C'de 24-48 saat; ve küf (*Aspergillus niger*) ise potato dekstroz agar (PDA, Difco) petrilere ekilerek 25°C'de 5 gün etüvde inkübe edildiler. PDA petrilere üzerinde oluşan küf sporları steril su ile yıkanarak tüpe alındı. Tüm kültürler 0.5 McFarland bulanıklığı olan gözle görülür bulanıklığa steril BHIB ve PDB kullanılarak ekime hazırlandı (Erkmen, 2007).

3.2.3.2. McFarland bulanıklık standardının hazırlanışı

McFarland Standart solüsyonu %1'lik saf H₂SO₄'ten 9.5 mL alınıp, üzerine 0.5 mL saf BaCl₂ eklenerek hazırlandı. Bu şekilde, McFarland Standart solüsyonunun 1 mL'sindeki mikroorganizma sayısı 1.5x10⁹/mL olarak kabul edilmektedir (Erkmen, 2007).

3.2.3.3. Mikrodilüsyon tüp testi

Birçok çalışmada kullanılan mikrodilüsyon tüp testi yöntemi antifungal ve antibakteriyel etkinliğin belirlenmesinde çok kullanılan bir yöntemdir. Agar disk difüzyon yöntemi mikrobiyal hastalıklarda erken teşhis yapmak amacıyla uygulanan bir yöntemdir. MİK değerlerini tayin etmek için ya agar difüzyonla inhibisyon bölgeleri ölçülür ya da antibiyotik dilüsyonları içeren sıvı veya katı besiyerlerinde test organizması seyreltilerek uygulanır. Sayılan bu yöntemlerden Mikrodilüsyon yöntemi Erkmen (1994)'in belirttiği şekilde yapıldı: Deneyde 1,5 mL (9.5 cm boyunda ve 1.4 cm çapında) steril Brain Heart Infusion Broth (BHIB) kullanıldı. Tüplerin ilk üç sütunu kontrol tüpleri olarak boş bırakıldı. Kontrol tüpleri olarak bırakılan tüplerin ilk sütununa sadece mikroorganizma ve ikinci sütununa sadece gümüş nitrat çözeltisi eklendi. Üçüncü sütuna ise gümüş nitrat ve mikroorganizma eklenmeden bırakıldı. Gümüş nitratın stok çözeltisi seyreltilerek mikrodilüsyon testi uygulanmaya başlandı. Gümüş nitrat stok solüsyonunu tüplere sırasıyla aşağıdaki

gümüş nitrat konsantrasyonu olacak şekilde ilave edildi. 1.5, 0.92, 0.42, 0,1, 0.01, 0.001 ve 0.001 µg/ml. Tüplere gümüş nitrat eklendikten sonra 4. tüpten başlayarak tüplere sırasıyla 0.2 µl mikroorganizma kültürleri mikro pipet yardımıyla eklendi. Daha sonra tüplerin besiyeri hacmi 2 ml ye kendi sıvı besiyeri eklenerek tamamlandı. Tüplerin ağızları tekrar kapatılıp iyice karıştırıldı. BHIB tüpler 37°C’de 24 saat, PDB tüpler ise 25°C’de 48 saat süreyle inkübatöre inkübasyona bırakıldı. Tüplerde oluşan gözle görülür bulanıklık mikroorganizma üremesini göstereceğinden, tüplerdeki bulanıklığa bakıldı. Bulanıklığın gözlenmediği etken madde konsantrasyonu minimum inhibisyon konsantrasyonu (MİK) olarak saptandı.

Üremeyen tüplerden pamuklu ekim çubukları kullanılarak Brain Hearth Infusion Agar (BHIA, Difco) petrilerin yüzeyine ekim yapılarak canlı mikroorganizma varlığı kontrol edildi. Petrilerde üreme (koloni oluşumu) olup oluşmadığına göre tüplerdeki inhibasyona karar verildi. Kontrol kimyasal antibiyotiği olarak amikasin, trimetoprim ve sülfametoksazol, piperasilin ve tazobaktam, ampisilin kullanılmıştır.

3.2.3.4. Disk difüzyon yöntemine göre antimikrobiyal test metodu

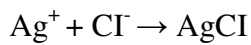
Mikroorganizmaların antimikrobiyal madde duyarlılığı disk difüzyon yöntemi kullanılarak yapıldı. Bu yöntem diğer antimikrobiyal etkinlik belirleme testlerine göre daha kolay ve hızlı uygulanabilen bir yöntemdir. Yöntem, antibiyotik emdirilmiş (amikasin, trimetoprim ve sülfametoksazol, piperasilin, tazobaktam, ampisilin) diskler kullanılarak, mikroorganizmaların üremelerinin inhibasyonları (önlenmesi) belirlenmektedir. Petri kabına özel agarlı besiyeri döküldükten sonra antibiyotik duyarlık durumu saptanacak mikroorganizmalar bu kabın üzerine yayıldı. Bu petri kabın üzerine dikkatlice antibiyotik diskleri belirli aralıklarla yerleştirdi. Her bir diskte bilinen dozda (µg/mL) antibiyotik bulunur. Değerlendirme, disk etrafında oluşan boş alanın (üreme olmayan) çapının mm olarak ölçülmesiyle yapıldı (Balcı, 2006).

Gümüş nitratla uygulaması yapılacak çorap numuneleri çapları 19 mm olacak şekilde kesilerek 120⁰C de 15 dakika süre ile basınçlı buharlı otoklavda sterilize edildi. Brain Heart Infusion Agar (BHIB, Difco) besiyeri uygun biçimde sulu çözeltisi hazırlandı. Otoklavda sterilize edildi ve 40⁰C ye soğutulduktan sonra steril petri kaplarına

döküldü. Daha sonra petri kapları kontrol amacıyla herhangi bir üreme olup olmadığını görmek amacıyla bir gece 37⁰C’de inkübasyona bırakıldı. Aynı şekilde potato dekstroz agar (PDA, Difco) da hazırlanarak petrilere dökülür. Bu katılaştıran agarların üzerine buzdolapta saklanan mikroorganizma türleri McFarland 0.5 bulanıklığında steril pamuklu çubuklar kullanılarak düzgün şekilde petri kabına ekildi. Sterilize edilen çorap numuneleri petrilereki BHIA besiyeri üzerine yerleştirildi ve bakteriler için 37⁰ C de 24 saat, küf ve mayalar için 25⁰C’de 3 gün inkübatörde inkübasyona bırakıldı. Çalışmada petri yüzeyleri steril pens yardımıyla her bir kaba 4 adet olacak şekilde yerleştirildi. Antimikrobiyal test sonucunda çorap numunelerinin etrafında oluşan engelleme alanının çapı mm olarak hassas bir şekilde ölçülerek antimikrobiyal etkinliği belirlendi.

3.2.4. Antimikrobiyal İşlem Sonrası Yıkama Testi

Antimikrobiyal işlem sonrası çoraplarda ve yıkama sularındaki gümüş miktarını belirlemek için pamuk çorap yöntem 3.2.1’e göre ve yün çorap ise yöntem 3.2.2’e göre gümüş nitratla uygulama yapıldı. Pamuk çorap ağırlığı 13,72 gram olarak tartıldı. Bu ağırlığın %2’si 0,27 gram gümüş nitrat ilave edildi. Yün çorap ağırlığı 16,30 gram olarak tartıldı. Bu ağırlığın %2’si 0,32 gram gümüş nitrat ilave edildi. Bu çalışmada, AgNO₃ tuzunun çoraplara uygulanması sonucu elde edilen antimikrobiyal çoraplar, 50⁰C’de saf suda 10 dakika yıkanarak çoraplar üzerindeki gümüş nitratın ve yıkama suyuna geçen gümüş nitrat miktarı tespit edildi. Bu çalışmada, yıkama sularına %10’luk NaCl (Sodyum Klorür) tuzu ilave edilerek suda çözünmeyen beyaz hacimli AgCl (Gümüş Klorür) çökeleğinin elde edilmesiyle çorapta kalan gümüş nitrat miktarının belirlenmesi amaçlandı (Gündüz 1993).



Antimikrobiyal işlem yapılmış çoraplarda kalan gümüş nitrat miktarını belirlemek için işlem yapıldıktan sonra çorabın çıkartıldığı sudaki gümüş nitrat miktarı belirlendi. Çoraplar sıkılıp kurutulduktan sonra çoraplar yıkama yapılarak çorap ve yıkama sularındaki gümüş nitrat miktarı tayin edildi. Bu çalışmada pamuklu çorap ve yünlü çorap üzerine 3 yıkama yapıldı. Bu çalışmada yapılan ilk yıkama işleminde, antimikrobiyal pamuklu çorap tartıldı. Çalışmada 50⁰C’deki saf suyun içerisinde 10 dakika sürede sürekli karıştırılarak yıkandı. Antimikrobiyal çorap yıkama sudan çıkartıldı, sıkıldı ve kurutuldu. Çorap üzerindeki aşırı su dikkatlice yıkama suyunun

üzerine ilave edildi. Önceden hazırlanmış %10'luk NaCl (Sodyum Klorür) tuzu ilave edildi. Oluşan beyaz hacimli AgCl (Gümüş Klorür) çökeleği süzgeç kâğıdında süzüldü. Oluşan çökelek etüvde kurutularak tartıldı. Pamuklu çoraba aynı şartlarda ikinci yıkama yapıldı. İkinci yıkama suyuna %10'luk NaCl (Sodyum Klorür) tuzu ilave edildi. Oluşan beyaz hacimli çökelek süzüldü, kurutuldu ve tartıldı. En son üçüncü yıkama yapıldı. Oluşan beyaz hacimli çökelek süzüldü, kurutuldu ve tartıldı. Yünlü çorap için aynı işlemler uygulandı. Üç yıkama yapıldı. Üç yıkama sonucu oluşan AgCl (Gümüş Klorür) çökelekleri elde edilerek kurutuldu, tartıldı.

BÖLÜM IV

BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. BULGULAR

Çalışmanın bu bölümünde gümüş nitratın mikrodilüsyon tüp testi yöntemi ile belirlenmiş olan antimikrobiyal test sonuçları verilmiştir. Ayrıca gümüş nitratla antimikrobiyal apre işlemi yapılmış çorap numunelerine uygulanmış disk difüzyon yöntemi sonuçları verilmektedir.

4.1.1. Antimikrobiyal Test Sonuçları

4.1.1.1. Mikrodilüsyon tüp testine göre antimikrobiyal test sonuçları

Bu test metoduna göre gümüş nitrat'ın antimikrobiyal aktivitesi Gaziantep Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümün'den temin edilen 10 farklı mikroorganizmaya tabii tutularak gümüş nitratın bu mikroorganizmalara karşı Antimikrobiyal aktivitesi ölçülmeye çalışıldı. Araştırmada kullanılan bu mikroorganizmalar aşağıdaki gibidir.

- A1 : *Bacillus cereus* KUEN 8
- A2 : *Escherichia coli* ATTC 25922
- A3 : *Salmonella typhimurium* ATTC 14028
- A4 : *Klebsiella pneumoniae*
- A5 : *Enterococcus faecalis* ATTC 29212
- A6 : *Listeria monocytogenes* ATTC 35152
- A7 : *Staphylococcus aureus* ATTC 25923
- A8 : *Shigella dysantheria* CDC 2387-69
- A9 : *Saccharomyces cerevisiae* ATTC 9763
- A10: *Aspergillus niger* ATTC 9142

Gümüş nitratın, antimikrobiyal aktivite testlerinde kullanılan solüsyonların, besiyerlerinin ve mikroorganizma kültürlerinin hazırlanması 3.2.3.1’de verilen yönteme göre, McFarland No: 0.5 bulanıklık standardı ise 3.2.3.2’de verilen yönteme göre hazırlanıp, antimikrobiyal teste geçildi. İlk olarak; gümüş nitrat’ın daha önceden steril edilmiş stok solüsyonlarından alınıp, seyreltilerek sırasıyla tüplere eklendi: 1.5, 0.92, 0.42, 0.1, 0.01, 0.001 ve 0.001 µg/ml. Yeterli seyreltmeler yapıldıktan sonra 3.2.3.3’de verilen yönteme göre antimikrobiyal duyarlılık testine geçildi. Birinci kontrol tüpünde hiçbir şey ürememesi besiyerinin steril olduğunu, ikinci kontrol tüpüne sadece mikroorganizma eklenmesiyle üremenin olması mikroorganizmanın besiyerinde ürediğini, üçüncü kontrol tüpünde sadece etken madde eklenmesiyle bulanıklığın olmaması etken maddenin steril olduğunu gösterdi.

Gümüş nitratın antimikrobiyal aktivite verileri **Tablo 4.1**’de verildi. Araştırma sonuçlarına göre gümüş nitrat 0,01 µg/ml konsantrasyonunda tüm bakterilere etkisiz olurken 0,1 µg/ml konsantrasyonunda tüm bakterilere etkili olmuştur. Yani çoğalmalarını engelleyerek inhibe etmiştir. Bu sonuçlara göre gümüş nitratın test edilen sekiz bakteriye karşı minimum inhibasyon konsantrasyonu 0,1 µg/ml olarak belirlenmiştir. Küf ve maya üzerine gümüş nitratın test edilen konsantrasyonda (µg/ml) etkisiz olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.1. Mikrodilüsyon broth testine göre antimikrobiyal test sonuçları

Mikroorganizmalar	Derişim (µg/ml)						
	1.5	0.92	0.42	0.1	0.01	0.001	0.001
A1	-	-	-	-	+	+	+
A2	-	-	-	-	+	+	+
A3	-	-	-	-	+	+	+
A4	+	+	+	+	+	+	+
A5	-	-	-	-	+	+	+
A6	-	-	-	-	+	+	+
A7	-	-	-	-	+	+	+
A8	-	-	-	-	+	+	+
A9	+	+	+	+	+	+	+
A10	+	+	+	+	+	+	+

*: + olanlar üreme var. – olanlar üreme yok anlamındadır.

4.1.1.2. Disk Difüzyon Yöntemine Göre Antimikrobiyal Test metodu Sonuçları

Disk difüzyon yöntemine göre yapılan antimikrobiyal teste yukarıda ifade edilen Gaziantep Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünden temin edilen mikroorganizmalara, 3.2.3.4'deki yönteme göre antimikrobiyal apre işlemleri yapılmış çorap numuneleri 19 mm çapında kesilerek tabii tutuldu.

Antimikrobiyal test sonucunda çorap numunelerinin etrafında oluşan engellenmiş alanın büyüklüğü antibakteriyal özelliğinin etkinliğini belirlemektedir. Testte tüm çorap numunelerinde ölçülen engelleme alanlarının büyüklükleri **Tablo 4.2'**de verilmiştir.

Bu çalışmada kontrol maddesi olarak aşağıda ifade edilen diskler aynı işlemlere tabi tutuldu. Bu kontrol disklerinin oluşturduğu engelleme alanlarının büyüklükleri aynı şekilde **Tablo 4.2**'de verildi. Araştırma sonuçlarına göre gümüş nitrat emdirilen çorap örneklerinde bulunan gümüş nitrat miktarı test edilen tüm mikroorganizmalara etkili olduğu belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan kontrol antibiyotik diskleriyle mikroorganizmaların inhibasyonu zon oluşması ve mikroorganizmaların çoğalması zon oluşmaması ile kontrol edilmişlerdir.

Kullanılan Kontrol Diskleri;

AK(30) : Amikasin 30 µg /disk

SXT (25) : Trimetoprim 1.26 µg + Sülfametoksazol 23.76 µg /disk

TPZ (110) : Piperasilin 100 µg + Tazobaktam 10 µg / disk

AM (10) : Ampisilin 10 µg/disk

Tablo 4.2. Disk difüzyon yöntemi test sonuçları

Mikroorganizmalar	Çorap Numuneleri *				Kontrol Diskleri			
	1	2	3	4	AK30	SXT25	TPZ110	AM10
A1	-	-	-	-	6	-	9	-
A2	-	-	-	-	a			
A3	-	-	-	-	6	9	8	1
A4	-	-	-	-	6	-	9	-
A5	-	-	-	-	1	-	10	4
A6	-	-	-	-	9	10	11	8
A7	-	-	-	-	b			
A8	-	-	-	-	1	-	-	-
A9	-	-	-	-	-	-	-	-
A10	-	-	-	-	-	-	-	-

*1 ve 2 nolu örnekler pamuk çorabı 3 ve 4 nolu örnekler ise yünlü çorap numuneleridir. a, b Bu bakteri türleri ekilememiştir. Kontrol disklerinde, *Escherichia coli* (A2) ve *Staphylococcus aureus* (A7) bakterilerine ekim yapılamamıştır.

4.1.2. Antimikrobiyal İşlem Sonrası Yıkama Test Sonuçları

Gümüş nitratla işlem yapılmış pamuklu ve yünlü çoraplar üzerinde kalan gümüş nitrat miktarını tayin etmek için 3.2.4'deki yönteme göre çoraplarda kalan gümüş nitrat miktarı belirlendi. Sonuçlar aşağıda **Tablo 4.3**'da verildi.

Tablo 4.3. Antimikrobiyal işlem görmüş çorapların yıkama sonuçları

	Pamuk Çorap AgNO ₃ Miktarı/gr	Pamuk Çorap Sudaki AgNO ₃ Miktarı/gr	Y�n Çorap AgNO ₃ Miktarı/gr	Y�n Çorap Sudaki AgNO ₃ Miktarı/gr
Antimikrobiyal İşlem Sonrası Uygulama Suyu	0,030	0,24	0,05	0,27
1.Yıkama Suyu	0,0153	0,0147	0,0294	0,0206
2.Yıkama Suyu	0,0109	0,0044	0,0242	0,0052
3.Yıkama Suyu	0,0109	Eser miktarda	0,0242	Eser miktarda

4.2. TARTIŞMA

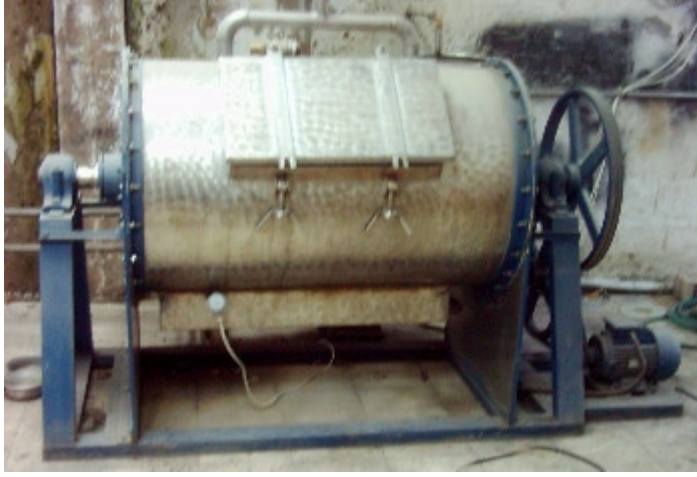
Tekstil sektörü ülkemizdeki sanayi üretiminin en önemli diğer bir deyişle lokomotif sektörüdür. Tekstil sektörü ülkede yaratılan katma değerin (GSMH) 1/10'undan, ülke ihracatının 1/3' nden fazlasını gerçekleŐtirmektedir. Tekstil ve hazır giyim sektörünün imalat sanayi içindeki katma değer payı 1/6'dır. Teknik tekstil, tekstil ürünlerine inovatif açıdan bakılarak elde edilen katma değer i yüksek ürünleridir. Antimikrobiyal tekstil, insan sağlığı açısından bakıldığında çok önemli katma değer i yüksek teknik tekstil ürünleridir (www.igiad.com, 2009).

Ülkemizdeki orap sektörü miktar, üretim ve ihracatta in'den sonra dünya ikincisi olan, ihracat'ta 2008 yılı sonu itibarı ile yaklaşık 900 milyon dolar olan Türk tekstilin önemli bir sektörüdür (www.igiad.com, 2009). ÇalıŐmamızın konusu antimikrobiyal çorap, katma değer i yüksek olan tekstil ürünlerindedir. Rekabet Őartlarının inanılmazca zorlandığı günümüz Őartlarında özelliği olmayan ürünlerin yerine katma değer i yüksek olan antimikrobiyal çorap gibi ürünlerin üzerinde yapılacak çalışmaların önemi büyüktür.

Gümüş, insanoğlunun kullandığı en eski elementlerden birisidir (Bailar, 1973). Gümüş iyonlarının hastalıklara neden olan 650'den fazla mikroorganizmaya karşı etkin olduğu klinik deneylerle kanıtlanmıştır (Tarakçioğlu, 2006). Gümüşle ilgili birçok çalışmalar yapılmıştır. Gümüşün iyi bilinen antimikrobiyal özelliklerini tekstille birleştirme çalışmaları son yıllarda oldukça artmıştır. Halıdan iç giyime, çoraptan havluya kadar birçok tekstil ürününde gümüş kullanılmıştır (Birimoglu, 2004).

Gümüşün tekstil ürünlerine uygulanması mikrokapsül, sprey, boyama çözeltilerine ekleme, emdirme, çektirme gibi birçok yöntemle uygulanmıştır. Ayrıca daha uzun antimikrobiyal aktivite elde edilmesi amacıyla gümüş, sentetik polimerlerin içerisine çeşitli yöntemlerle eklenmiştir. Bazı yöntemlerde ise gümüş tuzları tekstil ürünlerinin lifli yapılarından faydalanarak tekstilin yüzeylerinde ya da iç taraflarında çöktürülmektedir. Böylece yıkamalara karşı daha kalıcı antimikrobiyal aktiviteye sahip tekstil ürünleri elde edilmektedir. En çok yapılan uygulama çektirme, emdirme, spreyle uygulama yöntemleridir. Ancak bu uygulamalardaki en büyük dezavantaj kalıcılıktır. Bu yöntemlerle elde edilen antimikrobiyal tekstil ürünleri yıkama sayıları artıkça antimikrobiyal aktiveteleri azalmaktadır.

Gümüş tuzlarıyla ilgili olarak 2003 yılında **Antimikrobiyal tekstil mamulünün elde edilmesi için bir proses** konulu patent başvurusunda bulunarak 20031384 nolu patent çalışması yapıldı (Birimoglu, 2003). Bu patenti temel alarak 2004 yılında çeşitli antimikrobiyal çoraplar **Doliche** markasıyla üretildi. Çorapların üretimi **Şekil 21**. 'deki parça boyama tipi boyama kazanlarında yapıldı. Bu marka adı altında çeşitli erkek çorap, bayan çorap, spor çorap üretimi yapılarak piyasaya sunuldu (www.dolichetekstil.com, 2006). Bu çoraplar ayak kokusu ve ayak mantarının giderilmesinde yardımcı ürün olarak geliştirildi. Bu çalışma, 2003 yılında yapılan patent çalışmasını geliştirmek amacıyla yapıldı. Bu tez kapsamında yapılan çalışmada gümüş nitrat ve gümüş nitratla elde edilen çorap numunelerinin antimikrobiyal etkisi bilimsel olarak araştırılması amaçlandı.



Şekil 17. Parça boyama kazanı

Geçmiş yıllarda yayınlanmış literatür çalışmalarında gümüş nitratla antimikrobiyal tekstil eldesi üzerinde bir çok çalışmalar yapılmıştır. Fesler vd. (1954) tarafından yapılan çalışmada pamuk kumaştan oluşan tekstil ürünü, AgNO_3 (Gümüş Nitrat) tuzu ve $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ (Magnezyum Nitrat) tuzundan oluşan (1000 mL su içerisinde 10 gram gümüş nitrat ve 20 gram magnezyum nitrat) ilk solüsyona 60 saniye boyunca batırılır. Gümüş nitrat solüsyonuna batırılan tekstil ürünü, sulu NH_3 (Amonyak), Na_2HPO_4 (Disodyum hidrojen fosfat), NaCl (Sodyum Klorür) bulunan ikinci solüsyona 60 saniye süresince batırılır. Bu çalışmada kumaş, lastik eşyalar, kâğıt, deri, keçe, sentetik organik plastik vb. malzemelere uygulanmaktadır. Benzer bir çalışma Stokes ve Davis (1957) tarafından yapılmıştır. Stokes ve Davis (1957) tarafından yapılan çalışmada tekstil ürünlerinin yüzeyinde veya boşluklarında suda çözünmeyen dayanıklı bir gümüş tuzu çökeltisi oluşturmak amacıyla iki ayrı solüsyon kullanılmıştır. İlk solüsyonda gümüş tuzlarının herhangi bir ışık etkisiyle bozulmasını engellemek amacıyla ikinci tuz kullanılmıştır.

Bu literatür bilgileri ışığında tez çalışmamızda en çok kullanılan gümüş tuzu olarak, piyasada oldukça ucuz temin edilebilen çözünebilirliği iyi olan gümüş nitrat kullanıldı. Çalışmada pamuk/poliamid karışımı çorap ile yün/akrilik karışımı çorap kullanılmıştır. Pamuk çorap, %90 pamuk, %10 poliamidden imal edilen çorap İstanbul'da faaliyet gösteren Borsan Çorap firmasından temin edildi. Yün çorap, %50 yün, %50 akrilikten imal edilen çorap İstanbul'da faaliyet gösteren Gama çorap firmasından temin edildi. Yapılan çalışmada sadece gümüş nitrat tuzu çorapların

ağırlığının %2'si oranında kullanılmıştır. Gümüş nitrat tekstil ürünlerinin boyanmasında ve birçok apre işlemlerinde uygulanan çektirme metodu ile çoraplara uygulandı.

Gabbay (1999) tarafından yapılan çalışmada metellenmiş tekstil ürünlerin uygulanması yapılmıştır. Yapılan çalışmada 8x3 boyutundaki pamuk kumaşı SnCl₂ (Kalay Klorür) ve PbCl₂ (Kurşun Klorür) tuz çözeltilerine sırasıyla batırılır. Böylece pamuk kumaşı aktive edilmiş olur. Aktive edilmiş pamuk kumaşı, saf asetik asit ve konsantre NH₄OH (Amonyum Hidroksit) çözeltilerinde çözülmüş AgNO₃ çözeltisinin içerisinde 10 dakika sürekli karıştırılarak bekletilir. Böylece kumaş içerisinde gümüşün oksitlenmiş katmanı kumaşın liflerine sıkıca bağlanmış olunur. Bu literatür çalışmasında asetik asitle uygulandığı gibi yaptığımız tez çalışmamızda yün çorap üzerinde gümüş nitratin uygulanması asetik asitle yapılmıştır.

Antelman (2001) tarafından yapılan çalışmada lifli tekstil ürünleri iki solüsyona batırılır. Birinci solüsyonda gümüş nitrat gibi suda çözülebilen gümüş tuzunun 100 ppm sulu çözeltisi ya da CoCl₂ (Kobalt Klorür) gibi kobalt tuzu tekstil ürünü ıslatılacak kadar bekletilir, karıştırılır. İkinci solüsyon, yüksek sıcaklıkta güçlü bir alkali ve suda çözülebilen oksitleyici ajanla hazırlanır. Birinci solüsyondan çıkartılan tekstil ürünü ikinci solüsyona ilave edilir. Böylece tekstil ürününün lifleri içerisinde Ag₄O₄ (tetragümüştetraoksit) veya Co₃O₄ (Kobalt-II,III-oksit) kristalleri çökelek oluştururlar.

Bu literatür bilgileri ışığında yaptığımız tez çalışmamızda pamuklu çoraplar antimikrobiyal işlem için kullanılmıştır. Gümüş nitrat tuzu alkali ortamda (pH 9) 80 °C'de 15 dakika bekletilerek uygulanmıştır. Gümüş nitrat tuzu pamuk çorabın ağırlığının %2'si oranında eklenmiştir. Gümüş nitrat alkali ortamda (sodyum hidroksit) kahverengi Ag₂O (Gümüş-I-Oksit) çökeleği oluşmuştur. Pamuk çorap lifleri içerisinde bu kahverengi Ag₂O çökeleği tutunmuştur (Sienko, 1983). Uygulama tek çözelti içerisinde yapılmıştır.

Green vd. (2002) ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada gümüşün inorganik tuzu ya da zeolit bileşikleri tercih edilmiştir. Bu çalışmada gümüş tuzu ilk önce hedef kumaşa ya da film yüzeyine kaplanır. Bu yüzey bağlayıcı reçine ile kaplanır. Vogt

vd. (2002) ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada 2 farklı yöntem geliştirilmiştir. Birinci yöntemde gümüş bileşiği kumaşa uygulanmış daha sonra bağlayıcı reçine (poliüretan reçine) ile kumaşa tutunmuş gümüş bileşiğin üzeri kaplanmıştır. İkinci yöntemde ise antimikrobiyal gümüş bileşikle birlikte aynı solüsyonda eklenerek kaplama yapılmıştır. Bu çalışmada yıkama dayanıklılığının geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Tez çalışmamızda ise sadece gümüş nitrat tuzu kullanılmış herhangi bir bağlayıcı reçine kullanılmamıştır. Yapılan antimikrobiyal işlem sonrası çözelti içerisindeki gümüş miktarı 3.2.4 yöntemine göre belirlenmiştir. Pamuk çorap üzerine ilave edilen gümüş nitrat miktarının %11,11'i tutunmuştur. Yapılan yıkama testlerinde ise pamuk çorap üzerinde kalan gümüş nitrat miktarı birinci yıkamada %51 dir. İkinci yıkamada ise pamuk çorap üzerinde kalan gümüş nitrat miktarı %71,24 dür. Üçüncü yıkamadan sonra pamuklu çorap üzerindeki gümüş nitrat miktarında azalma eser miktarda görülmüştür. Yün çorap üzerine ilave edilen gümüş nitrat miktarının %15,62 'si çorap üzerinde tutunmuştur. Yapılan yıkama testlerinde yün çorap üzerinde kalan gümüş nitrat miktarı birinci yıkamada %58,80 dir. İkinci yıkamada ise yün çorap üzerinde kalan gümüş nitrat miktarı %83,32 dir. Üçüncü yıkamadan sonra yünlü çorap üzerindeki gümüş nitrat miktarında eser miktarda azalma görülmüştür.

Birimoğlu ve Şimşek (2003) tarafından yapılan çalışmada pamuklu ve yünlü olmak iki tür çorap üzerinde çalışma yapılmıştır. Uygulamada gümüş nitrat tuzu alkali ortamda (pH 9) pamuklu çoraba uygulanmış. Asidik ortamda (pH 5) ise yünlü çoraba uygulama yapılmıştır. Uygulama sırasında gümüş nitratın yanında çoraplarda sodyum sülfat tuzu kullanılmıştır. Uygulama 90 °C'de 20 dakika bekletilmektedir. Tez çalışmamızda ise bu yöntem modifiye edilerek uygulama sıcaklığı 90 °C'den 80 °C'ye indirilmiştir. Yapılan çalışmada gümüş nitrat tuzunun dışında bir tuz kullanılmamıştır. Tez çalışmamızda, gümüş nitrat çoraplara çektirme yöntemi ile uygulanmıştır. Pamuklu çoraplara, 80 °C'de 15 dakika gümüş nitrat pH 9'da uygulanmıştır. Yünlü çoraplarda pH 5'de 80 °C'de 15 dakika süre içerisinde uygulanmıştır.

Tez çalışmamızda yapılan yıkama testlerinde çorap üzerinde kalan gümüş nitrat oranları belirlenmeye çalışılmıştır. Antimikrobiyal işlem yapılmış pamuklu çorap üzerinde kalan gümüş nitrat miktarı 0,03 gram olarak belirlenmiştir. Birinci yıkamadan sonra çorap üzerinde kalan gümüş nitrat miktarı 0,0153 gram olarak belirlenmiştir. İkinci yıkamadan sonra çorap üzerinde kalan gümüş nitrat miktarı 0,0109 gram olarak belirlenmiştir. Üçüncü yıkama sonucunda eser miktarda gümüş nitrat miktarında azalma görülmüştür. Yıkama sonucu yapılan çalışma sonucunda tekrarlanan yıkamalarda çorap üzerindeki gümüş nitratin azalan oranda yıkama suyuna geçtiği belirlenmiştir. Üçüncü yıkamadan sonra yıkama suyuna eser miktarda gümüş nitrat geçtiği belirlenmiştir. Antimikrobiyal işlem yapılmış yünlü çorapta, antimikrobiyal işlem sonrası çorap üzerinde 0,05 gram gümüş nitrat kalmıştır. Yünlü çorapta birinci yıkamada 0,0294 gram gümüş nitrat kalırken ikinci yıkamada 0,0242 gram gümüş nitrat çorap üzerinde kalmıştır. Üçüncü yıkamada ise eser miktarda yıkama suyuna gümüş nitrat geçtiği belirlenmiş yünlü çorap üzerinde 0,0242 gram gümüş nitrat kalmıştır. Yünlü çorapta yıkama testi sonucunda yıkama sayısı artığında yıkama suyuna geçen gümüş nitrat miktarında azalma olduğu görülmüştür.

BÖLÜM V

SONUÇ

Bu tez çalışmasının konusu, gümüş tuzları kullanarak tekstil üzerindeki antimikrobiyal etkileri araştırmaktır. Gümüş tuzu olarak gümüş nitrat kullanılmıştır. Tekstil ürünü olarak pamuk ve yünlü ipliklerden elde edilen çoraplar kullanılmıştır. Çoraplara antimikrobiyal uygulama yüksek sıcaklık labarotuar tipi boyama cihazında gümüş nitrat uygulaması yapılmıştır. Gümüş nitrat, pamuk çoraba pH:9'da ve yünlü çoraba ise pH:5'de uygulama yapılmıştır. Gümüş nitrat ve gümüş nitratin uygulaması sonucu elde edilen çoraplara antimitrobiyal aktivite testi uygulanmıştır. Gümüş nitratin antimikrobiyal aktivitesinin belirlenmesi amacıyla mikrodilüsyon tüp testi uygulanmıştır. Çalışmada gümüş nitratla uygulama yapılarak elde edilen çoraplara disk difüzyon yöntemi uygulanarak antimikrobiyal aktivitesi belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada antimikrobiyal işlem sonrasında çorapların üzerinde tutunan gümüş nitrat miktarı belirlenmiştir. Antimikrobiyal işlem yapılan çoraplar yıkamaya tabi tutulmuş sonuçta çorap üzerinde kalan ve yıkama suyuna geçen gümüş miktarı belirlenmiştir.

Bu çalışmada gümüş nitratla yapılan mikrodilüsyon yöntemi ile gümüş nitratin 0.1 µg/ml konsantrasyonda *Bacillus cereus* , *Escherichia coli* , *Salmonella typhimurium* , *Enterococcus faecalis* , *Listeria monocytogenes* , *Staphylococcus aureus* ve *Shigella dysantheria* bakteri türlerine etkili olduğu görüldü (**Tablo 4.1**). *Klebsiella pneumoniae* bakteri türüne karşı etkinlik göstermediği görüldü. 4.1.2.'deki test sonuçlarına göre çorap numuneleri ile yapılan disk difüzyon yönteminde **Tablo 4.2**'de görüldüğü gibi hiçbir antimikrobiyal etki görülmedi. Disk difüzyon testleri sonucunda çalışmada gümüş nitratla muamele edilmiş çorap numunelerin *Saccharomyces cerevisiae* maya kültürüne ve *Aspergillus niger* gibi küf türlerine

etki göstermediği görüldü. Bu test sonuçları, çorap numunelerinin bakterilere karşı etki gösterdiği maya ve küflere karşı etki göstermediğini gösterdi. Böylece gümüş nitratla işlem yapılan çorap numunelerinin antibakteriyal özelliği görüldü. Maya ve küflere karşı etki göstermediği için antimikrobiyal özelliğinin olmadığı görüldü. Bu çalışmada, gümüş nitratla antimikrobiyal işlem sonrası çorap üzerindeki ve işlem suyundaki gümüş miktarı belirlenmiştir. Yapılan 3 yıkama işleminde her yıkama sonrası çorapta kalan ve yıkama suyunda kalan gümüş miktarı belirlenmiştir. Sonuç olarak pamuk çorap üzerinde antimikrobiyal işlem sonrası kalan gümüş nitrat miktarı % 11,11 olduğu görülmüştür. Yün çorap üzerinde kalan gümüş miktarı ilave edilen gümüş miktarının %15,62 olduğu görülmüştür. Yıkama sonucu yapılan çalışma sonucunda tekrarlanan yıkamalarda pamuk ve yün çoraplar üzerindeki gümüş nitratın azalan oranda yıkama suyuna geçtiği belirlenmiştir. Yapılan çalışmada, çorapların daha iyi antimikrobiyal aktivite göstermesi için ilave edilmesi gereken gümüş nitrat miktarının artırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmada sonuç olarak, gümüş nitratın antibakteriyal aktiviteye sahip olduğu görüldü. Çorap numunelerine uygulanan gümüş nitrat miktarının çalışmada kullanılan tüm mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etki gösterecek düzeyde olmadığı görüldü. Çorap üzerindeki gümüş konsantrasyonunun artırılarak daha farklı çalışmaların yapılması gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Altınok, U.B. (2008). *Tekstil Yüzeylerinin Antibakteriyal Özelliklerinin Araştırılması* Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.

Antelman, M.S. (1992). Divalent Silver Halide Bactericide. *U.S. Patent*, 5,078,902.

Antelman, M.S. (1993). Method of Treating Water Employing Tetrasilver Tetroxide Crystals. *US Patent*, 5,211,855.

Antelman, M.S. (2001). High Performance Silver (I,III) Oxide and Cobalt (II,III) Oxide Antimicrobial Textile Articles. *W.O.Patent*, 01/49115 A1.

Antelman, M.S. (2002). High Performance Silver (I,III) Oxide Antimicrobial Textile Articles. *US Patent*, 6,436,420 B1.

Bailar, J.C., and Trotman-Dickenson, A.F., (1973). *Comprehensive Inorganic Chemistry*. Oxford: Pergamon Press.

Balcı, H.(2006). *Akıllı (Fonksiyonel) Tekstiller, Seçilmiş Kumaşlarda Antibakteriyal Apre ve Performans Özellikleri* Çukurova Üniversitesi.Fen Bilimleri Ens.Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı.Yüksek Lisans Tezi.

Bilgehan, Hakkı. (1993). *Klinik Mikrobiyoloji 'Özel Bakteriyoloji ve Bakteri Enfeksiyonları'*. (8. baskı). İzmir: Fakülteler Kitabevi, Barış Yayınları.

Birimoğlu, T., Şimşek M.H, (2003). Antimikrobiyal Tekstil Mamülünün elde edilmesi için bir proses. *TR Patent*, 20031384.

Birimoğlu, T., Şimşek, M.H. (2004). Akıllı Tekstilin Bir Yönü Antimikrobiyal Tekstil. *Teknik Tekstil*, 152-160.

Birimoğlu, T. (2005). Daha İyi Olmak İçin Aromaterapi. *Teknik Tekstil*, 194-198.

Birimoğlu, T. (2006). Neden Antimikrobiyal Çorap. *Teknik Tekstil*, **253** 170-178.

Blakely, L.W.,Howe, A.M., Pinholster, D.F.Jr., Terry, E.T., McIntosh, R.H.Sr. (1991). Antimicrobial Carpet and Carpet Tile. *U.S.Patent*, 5,024,840,18.

Broughton, R.M., Worley, S.D., Cho,U.,Lin, J., Sun, G. (2001). Incorporation of antimicrobial materials in fabric. *International Nonwovens Technical Conference Baltimore, MD* (proceedings).

Crossley, B.K. (1977). Oligodynamic Catheter. *U.S.Patent*, 4,054,139.

Doliche Antimikrobiyal Tekstil (2006). www.dolichetekstil.com

Erkmen, O. (1994). *Nozokomiyal Stafilokok Enfeksiyonları ve Bunların Kontrolü Üzerinde Araştırma*. Gaziantep Üniversitesi. Sağlık Bilimleri Ens. Mikrobiyoloji ve Klinik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı. Doktora tezi.

Erkmen, O. (2007). *Basic Methods for the Microbiological Analysis of foods*. (1st Edit.). Ankara: Nobel Publishing Comp.

Fessler, F., Newark, N.J. (1954). Self-Sterilizing Article and Its Preparation. *U.S Patent*, 2,689,809.

Green, D.D., Cribbs, E.S., Close, L.G., Childress, H.D., Parks, W.S. (2004). Topically Applied Antimicrobial Carpet Treatment. *W.O.Patent*, 2004/036993 A1.

Gültekin, Ç., ve Baskan, A. (1998). *Mikrobiyoloji Ders Notları İzmir : Saray Tıp Kitapevleri*.

Gündüz, T. (1993). *Yarı-Mikro Kalitatif Analiz* (5.Baskı) Ankara: Bilge Yayıncılık

Green, E.D., Close, G.L., Van Hyning, D.L (2002). Textiles Having A Wash-Durable Silver-Ion Based Antimicrobial Topical Treatment. *US Patent*, 2002\0192386 A1.

Gabbary, J. (1999). Applications of Metallized Textile. *US Patent*, 5,981,066.

Li, Y., Leung, P., Yao, L., Song, Q.W., Newton, E. (2006). Antimicrobial Effect of Surgical Masks Coated With Nanoparticles. *Journal of Hospital Infectio*, **62**, 58-63.

Özcan, Y. (1984). *Tekstil Elyaf Boyama Tekniği* İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayın No:3176, Fatih Yayın Evi.

Palamutcu, S., Şengül, M., Devrent, N., Keskin, R., Hasçelik, B. (2008). *Bazı Antimikrobiyal Maddelerin % 100 Pamuklu Kumaslar Üzerindeki Mikrobiyolojik Etkinliği ve Kumas Parametreleri Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması*, Tubitak Mag Proje -106M338.

Parikh, D.V., Fink, T., Rajasekharan, K., Sachinvala, N.D, Sawhney, A.P.S, Calamari, T.A, and Parikh, A.D (2005). Antimicrobial Silver/Sodium Carboxymethyl Cotton Dressings for Burn Wounds. *Textile Research Journal*, **75** (2), 134-138.

Seventekin, N., Öktem, T., Tekeoglu, S., (2001). Tekstilde Antimikrobiyal Madde Kullanımı. *Tekstil ve Konfeksiyon*, **4** 217-224.

Sienko, M.J, Plane, R.A.(1983). *Chemistry : Principles and Properties* (Gündüz, N.,Gündüz, T.,Tüzün, C.,Polat, E.,Üneri, S.,Zeren, A.,Özgüner, S.) Ankara : Savaş Yayınları.

Stokes, A.T. and Davis,W.F. (1957). Process For Making A Microbicidal Article. *U.S. Patent*, 2,791,518.

Sun, G.,Xu, X. (1999). Durable and Regenerable Microbiocidal Textiles. *U.S. Patent*, 5,882,357.

Takai, K., Ohtsuka, T., Senda, Y., Nakao, M., Yamamoto, K., Matsuoka, J. and Hirai, Y. (2002). Antibacterial Properties of Antimicrobial-Finished Textile Products. *Microbiological Immunology*, **46** (2), 75-81.

Tarakçıoğlu, I., Süpüren, G.,Çay, A., Kanat, E.Z. (2006). Antimikrobiyal Lifler. *Tekstil ve Konfeksiyon*, **2**, 80-89.

Taşcılar, T., Seventekin, N., Güreşçi, F. (1986). Yün Lifleri İçin Keçeleşmezlik Bitim İşlemlerine Basolan SW'nin Değişik Keçeleşmezlik Bitim İşlemleri İle Kombinasyonu ve En Uygun Olanlarının Seçimi Üzerine Bir Araştırma. *Teknik Teksti Dergisi*, **13**, 29-32.

Teknik Tekstiller Üzerine Genel ve Güncel Bilgiler (2005). İtkib Genel Sekreterliği Ar&Ge ve Mevzuat Şubesi
www.itkib.org.tr/ihracat/DisTicaretBilgileri/raporlar/dosyalar/teknik_tekstiller.pdf.

Tekstil Sektörü Değerlendirme Raporu (2009). İktisadi Girişim ve İş Ahlaki Derneği (İGİAD) www.igiad.com

Tüzün, C. (1996) *Organik Kimya*.(4.Baskı) Ankara: Palme Yayın.

Vogt, W.K., Kreider, J.L., Goulet, R.J. (2004). Fabrics Having A Topically Applied Silver-Based Finish Exhibiting A Reduced Propensity For Discoloration. *U.S.Patent*, 2004/0106341 A1.

Youngs, W.J, Tessier, C.A, Garrison, J., Quezade, C., Melaiye, A. (2005). Metal Complexes of N-Heterocyclic Carbenes as Radiopharmaceuticals and Antibiotics. *W.O. Patent*, 2005\023760.

