

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAYGIN KULLANILAN TİCARİ ANTİBAKTERİYEL KİMYASALLARIN
ENDÜSTRİYEL ÖLÇEKTE KUMAŞLARA UYGULANMASI VE
FONKSİYONEL/PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gülcan UYKAN

Lif ve Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

Nisan 2019

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAYGIN KULLANILAN TİCARİ ANTİBAKTERİYEL KİMYASALLARIN
ENDÜSTRİYEL ÖLÇEKTE KUMAŞLARA UYGULANMASI VE
FONKSİYONEL/PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Gülcan UYKAN
(131080906)**

Lif ve Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Kenan YILDIRIM

Nisan 2019

BTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 131080906 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Gülcan UYKAN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “YAYGIN KULLANILAN TİCARİ ANTİBAKTERİYEL KİMYASALLARIN ENDÜSTRİYEL ÖLÇEKTE KUMAŞLARA UYGULANMASI VE FONKSİYONEL/PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Kenan YILDIRIM**
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi Ömer Yunus GÜMÜŞ**
Bursa Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Fatih SÜVARİ
Bursa Uludağ Üniversitesi

Savunma Tarihi : **22/04/2019**

FBE Müdürü : **Doç. Dr. Murat ERTAŞ**
Bursa Teknik Üniversitesi/...../.....

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Gülcan Uykan

İmzası :

X X X X



Eşime ve çocuklarıma,

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans tezimin düzenlenmesi ve değerlendirilmesinde katkılarını eksik etmeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Kenan Yıldırım'a, tez çalışmalarım süresince desteğini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. İdris Çerkez'e, akademik bilgi ve birikimlerini paylaşan, desteklerini sürekli hissettiğim tüm Lif ve Polimer Mühendisliği Hocalarıma,

Tezin uygulama aşamasında kumaşların temini dahil, antibakteriyel bitim işlemlerini işletme ölçeğinde gerçekleştirmeme imkan sağlayan Savcan Tekstil A.Ş. işverenleri Sayın Nedin Gündemir ve Nüvit Gündemir'e, Boyahane Kalite Güvence Müdürü Alper Çolakoğlu'na, Apre, Düzboya, Baskı, Proses Kalite, Fizik Laboratuvarı ekiplerine ve Seda Güney'e,

Çalışmada kullanılan antibakteriyel kimyasal maddelerin temininde ve uygulama sürecinde desteklerini esirgemeyen Rudolf Duraner Bursa Bölgesi Satış Müdürü Sayın Sibel Özcan'a, tez kapsamındaki antimikrobiyal etkinlik testlerinin gerçekleştirilebilmesine zaman ve imkan oluşturan Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Mehmet Orhan'a,

Yüksek Lisans eğitim sürecinin başından sonuna kadar her aşamasında desteğini hissettiğim eşime ve aileme çok teşekkür ederim.

Nisan 2019

Gülcan Uykan

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR	viii
SEMBOLLER	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
2.1 Hastane Enfeksiyonları.....	3
2.2 Mikroorganizmalar ve Tekstil Mamulleri Üzerine Etkileri	4
2.3 Antibakteriyel Tekstil Ürünlerinin Kullanım Alanları.....	6
2.4 Tekstil Ürünlerinde Kullanılan Antimikrobiyal Etken Maddeler	8
2.5 Antimikrobiyal Bitim İşlemlerinde Kullanılan Yardımcı Kimyasallar.....	12
2.5.1 Yüzey ile bağ yapamayan antimikrobiyal maddeler.....	14
2.5.1.1 Metal tuzları	14
2.5.1.2 Halojenlendirilmiş difenileterler (triklosan)	15
2.5.2 Yüzey ile bağ yapabilen antimikrobiyal bitim işlemleri	16
2.5.1.3 Kuaterner amonyum bileşikleri.....	17
2.5.1.4 Biguanitler.....	18
2.5.1.5 Kitin ve Kitosan	19
2.5.1.6 N-halaminler.....	20
2.6 Önceki Çalışmalar	22
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	26
3.1 Kumaş.....	27
3.2 Antibakteriyel Bitim Kimyasalları	28
3.3 Yöntem.....	28
3.3.1 Kumaş ön işlem, baskı ve bitim işlemleri	29
3.3.1.1 Polyester Kumaş	29
3.3.1.2 Viskon kumaş.....	30
3.3.1.3 Pamuk kumaş	31
3.3.2 Bitmiş ürünlere uygulanan performans testleri	32
3.3.3 Antibakteriyel bitim işlemleri	32
3.3.4 Sterilizasyon işlemleri.....	33
3.3.5 Yıkama işlemleri	34
3.3.6 Antibakteriyel etkinlik belirleme testleri	34
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	36
4.1 Birim Alan Gramajı Ölçümleri.....	36

4.2 Yıkama ve kurutma sonrası boyut sabitliği.....	37
4.3 Haslık testleri.....	37
4.4 Sulu Özütte pH Tayini.....	39
4.5 İpliklerin Kaymaya Karşı Mukavemetinin Tayini-Dikiş Metodu.....	39
4.6 Kumaşların Gerilme Özellikleri-Kavrama Metodu Kullanarak En Büyük Kuvvetin Tayini.....	40
4.7 Kumaşlarda yüzey tüylenmesi ve boncuklanma yatkınlığının tayini test sonuçları	41
4.8 Viskon Dokuma Kumaşa Uygulanan Antibakteriyel Etkinlik Test Sonuçları.	42
4.9 Polyester Dokuma Kumaşa Uygulanan Antibakteriyel Etkinlik Test Sonuçları	45
4.10 Pamuk Dokuma Kumaşa Uygulanan Antibakteriyel Etkinlik Test Sonuçları	48
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	52
KAYNAKLAR	55
ÖZGEÇMİŞ.....	57



KISALTMALAR

AATCC	: American Association of Textile Chemists and Colorists
MRSA	: Methicillin-resistant <i>Staphylococcus Aureus</i>
QAC	: Quaternary Ammonium Compounds
PHMB	: Polihekzametilenbiguanit
EPA	: Environmental Protection Agency
<i>E.Coli</i>	: <i>Escherichia Coli</i>
<i>S.Aureus</i>	: <i>Staphylococcus Aureus</i>
PET	: Poli(etilen teraftalat)
DNA	: Deoksiribonükleik Asit
CRE	: Constant Rate of Extension

SEMBOLLER

cfu	: Koloni oluşturan birim
cm²	: Santimetre kare
g	: Gram
kton	: Kiloton
ml	: Mililitre
%	: Yüzde
°C	: Santigrat Derece
mm/dk	: Milimetre/dakika
log	: Logaritma

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Bakteriosidal özellik gösteren ticari ve ticari olmayan antimikrobiyal etken maddeler (Gao ve Cranston, 2008).....	11
Çizelge 2.2 : Bazı ticari antimikrobiyal ürünler ve kimyasal yapıları (Uddin, 2014).	22
Çizelge 3.1 : Çalışmada Kullanılan Kumaşların Yapısal Özellikleri.	27
Çizelge 3.2 : Çalışmada kullanılan antibakteriyel bitim kimyasalları özellikleri.	28
Çizelge 3.3 : Çalışmada kullanılan kumaş türlerinin işlem akışları.	28
Çizelge 3.4 : Antibakteriyel bitim işlemi uygulama şartları.	33
Çizelge 3.5 : Ev tipi makinada uygulanan yıkama ve kurutma işlemleri.	34
Çizelge 3.6 : Laboratuvar tipi makinada uygulanan yıkama ve kurutma işlemleri. ..	34
Çizelge 4.1 : Birim alan ağırlığı ölçüm sonuçları tablosu.	36
Çizelge 4.2 : Yıkama ve kurutma sonrası boyut sabitliği test sonuçları.....	37
Çizelge 4.3 : Haslık test sonuçları.	37
Çizelge 4.4 : Kumaş pH değerleri ölçüm sonuçları.....	38
Çizelge 4.5 : İpliklerin kaymaya karşı direnci test sonuçları.....	39
Çizelge 4.6 : Kopma mukavemeti test sonuçları.	40
Çizelge 4.7 : Martindale boncuklanma test sonuçları.....	42
Çizelge 4.8 : Kaplanmış viskon kumaşların antibakteriyel etkinlikleri-Test 1 ^a	43
Çizelge 4.9 : Yıkanmış viskon kumaşların ev tipi 20 yıkama sonucu antibakteriyel etkinlikleri-Test 2 ^a	44
Çizelge 4.10 : Gümüş Esaslı Antibakteriyel İşlem Uygulanmış Viskon Kumaşların Farklı Yıkama Makinelerinde Tekrarlı Yıkamaları Sonucu Antibakteriyel Etkinlikleri-Test 3.	45
Çizelge 4.11 : Kaplanmış polyester kumaşların antibakteriyel etkinlikleri-Test 1 ^a . ..	46
Çizelge 4.12 : Yıkanmış polyester kumaşların ev tipi 20 yıkama sonucu antibakteriyel etkinlikleri-Test 2 ^a	47
Çizelge 4.13 : Gümüş esaslı antibakteriyel işlem uygulanmış polyester kumaşların farklı yıkama makinelerinde tekrarlı yıkamaları sonucu antibakteriyel etkinlikleri-Test 3.....	47
Çizelge 4.14 : Kaplanmış pamuk kumaşların antibakteriyel etkinlikleri-Test 1 ^a	48
Çizelge 4.15 : Yıkanmış pamuk kumaşların ev tipi 20 yıkama sonucu antibakteriyel etkinlikleri - Test 2 ^a	49
Çizelge 4.16 : Gümüş esaslı antibakteriyel işlem uygulanmış pamuk kumaşların farklı yıkama makinelerinde tekrarlı yıkamaları sonucu antibakteriyel etkinlikleri-Test 3.....	50

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : <i>S. Aureus</i> 'un ilaç direncinin gelişimi (Sadashiv ve Kaliwal, 2016).....	4
Şekil 2.2 : Selülozun hidroliz reaksiyonu (Boryo, 2013).	6
Şekil 2.3 : Çeşitli endüstrilerde antimikrobiyal ürün uygulamaları dağılımı (http://www.fibre2fashion.com/industry-article/3265/antimicrobial-products-in-textile-industry , 2016).....	7
Şekil 2.4 : 2000 yılı Batı Avrupa'da antimikrobiyal tekstil ürünlerinin kullanımı (Palamutçu ve diğ, 2008).	8
Şekil 2.5 : Antimikrobiyal maddelerin mikrobiyal büyüme hızı üzerindeki bakteriostatik ve bakteriosidal etkiler (Ristic ve diğ, 2014).	8
Şekil 2.6 : Antimikrobiyal maddelerin etki mekanizmaları (McDowell, 2016).....	9
Şekil 2.7 : Antimikrobiyal maddelerin tekstil mamulüne aktarılma yöntemleri (Ristic ve diğ, 2011).....	11
Şekil 2.8 : Etki yöntemine göre antibakteriyel apreler (Ristic ve diğ, 2014).	14
Şekil 2.9 : Gümüş esaslı antimikrobiyal maddenin etki mekanizması (Ranganath, 2011).	15
Şekil 2.10 : Triklosan bazlı antimikrobiyal maddenin etki mekanizması (Ranganath ve Sarkar, 2014).....	16
Şekil 2.11 : Kuaterner amonyum bileşiği yapısı (Ranganath, 2011).....	17
Şekil 2.12 : Kuaterner amonyum bileşiği etki mekanizması (Süpüren ve diğ, 2006).	18
Şekil 2.13 : PHMB'nin kimyasal yapısı (Ranganath, 2011).	17
Şekil 2.14 : Selüloz, kitin ve kitosanın kimyasal yapıları (Süpüren ve diğ, 2006)....	18
Şekil 2.15 : Kitosanın etki mekanizması (Ranganath, 2014).	19
Şekil 2.16 : N-halaminlerin kimyasal yapısı (Morais ve diğ, 2016).....	21
Şekil 2.17 : N-halaminlerin etki mekanizması (Süpüren ve diğ, 2006).....	21
Şekil 3.1 : Çalışmada Kullanılan Kumaşların Desen ve Renkleri.	27
Şekil 3.2 : Polyester kumaş proses akışı.....	28
Şekil 3.3 : Viskon kumaş proses akışı.....	30
Şekil 3.4 : Pamuk kumaş proses akışı.....	31
Şekil 3.5 : Laboratuvar tipi otoklav cihazı.	33
Şekil 4.1 : Viskon dokuma kumaşa uygulanan antibakteriyel etkinlik testleri.....	44
Şekil 4.2 : Polyester dokuma kumaşa uygulanan antibakteriyel etkinlik testleri.	47
Şekil 4.3 : Pamuk dokuma kumaşa uygulanan antibakteriyel etkinlik testleri.	49

YAYGIN KULLANILAN TİCARİ ANTİBAKTERİYEL KİMYASALLARIN ENDÜSTRİYEL ÖLÇEKTE KUMAŞLARA UYGULANMASI VE FONKSİYONEL/PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Giysiler, geniş yüzey alanları ve nem tutma kabiliyetleri nedeniyle hemen her yerde bulunabilen bakteri ve mantarlar gibi mikroorganizmaların hızla büyümesine olanak sağlarlar. Nem, sıcaklık ve besin maddelerine bağlı olarak lekelenme, mukavemet kaybı, rahatsız edici koku gibi basit rahatsızlıklardan, fiziksel iritasyona, alerjik hassasiyete, toksik etkilere, enfeksiyon ve hastalığa kadar değişen ciddi sorunlara neden olabilecek mikroorganizmalarla sürekli temas halindedir. Bu nedenle tüketiciler mikroorganizmaların kişisel hijyen üzerindeki etkilerinin ve bunlara bağlı sağlık risklerinin farkına vardıkça, mikroorganizmaların tekstil materyali üzerindeki istenmeyen etkilerinin kontrolü de tekstil endüstrisinde önemli bir konu haline gelmektedir.

Antimikrobiyal özellikteki tekstil yapılarının eldesinde, içeriğinde antimikrobiyal bileşen bulunan sentetik veya doğal liflerden elde edilen yüzeyler veya özel yardımcı kimyasallar kullanılarak bitim işleminden geçirilmiş yüzeyler kullanılmaktadır. Bitim işlemleri ile üretilen antimikrobiyal tekstiller lif üretim yöntemi ile elde edilenlere göre daha yaygın kullanılmaktadır. Bununla birlikte antimikrobiyal ürünlerin kullanımının artması çeşitli sağlık ve çevre kaygılarını da gündeme getirmeye başlamıştır. İstenen antibakteriyel etkiyi elde etmek için antibakteriyel maddeler gereksinime ve uygulamaya bağlı olarak tek tek veya bir arada kullanılabilmektedirler. Yaygın olarak kullanılan antimikrobiyal etken maddeler gümüş iyonları, triklosan, kuaterner amonyum tuzları, kitosan ve N-halamin bileşikleridir.

Farklı yapıdaki antibakteriyel bileşiklerin haslıklar, yırtılma mukavemeti, kopma mukavemeti ve antibakteriyel etkilerini aynı kumaş üzerinde inceleyen çeşitli laboratuvar düzeyinde çalışmalar mevcuttur. Ancak, ticari antibakteriyel malzemelerin endüstriyel ölçekte uygulanarak performanslarını analiz eden çalışmalar bulunmamaktadır. Bu çalışmada, kuaterner amonyum bileşiği, gümüş, çinko ve triklosan etken maddelerine sahip antibakteriyel bitim kimyasallarının, farklı kompozisyondaki kumaşların performans/fonksiyonel özelliklerine olan etkileri araştırılmıştır.

Çalışmanın birinci aşamasında, %100 pamuk, %100 viskon ve %100 polyester dokuma baskılı kumaşlar işletme üretim koşullarında sırasıyla ön terbiye, baskı altı hazırlık, baskı, fıkse, yıkama ve bitim işlemleri uygulanarak mamul ürün haline getirilmişlerdir. Bu aşamada bitim işlemi görmüş numunelerin birim alan kütleleri, yıkama ve kurutma sonrası boyut sabitliği, evsel yıkamaya, suya, asidik ve alkali tere karşı renk haslıkları, sulu özütteki pH tayinleri, kopma ve yırtılma mukavemetleri, ipliklerin kaymaya karşı dirençleri ile yüzey tüylenmeleri ve boncuklanma yatkınlıkları gibi fiziksel özellikleri analiz edilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında bitim işlemi görmüş numunelere işletme koşullarında ürün teknik bilgi formunda belirtilen şartlar doğrultusunda emdirmeye yöntemi ile quaterner amonyum bileşiği, gümüş, triklosan, çinko etken maddeli antibakteriyel bitim işlemleri uygulanmıştır. Antibakteriyel bitim işlemi uygulanmış bu numunelere, çalışmanın birinci aşamasında belirtilen analizler tekrar uygulanmış, bunlara ilave olarak tutum ve görünümleri de görsel değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

Çalışmanın üçüncü aşamasında antibakteriyel işlem gören %100 pamuk, %100 viskon, %100 polyester dokuma numuneleri ev tipi çamaşır makinasında 20 yıkama ve otoklavda sterilizasyon işlemi sonrası antibakteriyel performans özellikleri ayrı ayrı test edilerek ticari antibakteriyel ürünlerin elyaf tiplerine göre gösterdikleri performans, ev tipi yıkama ve otoklav dayanımları da endüstriyel skalada tayin edilmiştir.

20 yıkama sonrası *E.Coli* bakterisi ile yapılan testin antibakteriyel etkinlik sonuçlarında genel olarak bakterilerin üreme eğilimi göstermesi ve beklenen performansın gerçekleşmemesi sebebiyle çalışma tekrarlanmıştır. Tekrar yapılan çalışmada; aynı numunelerin ev tipi yıkama makinasındaki 20 yıkama ve kurutma işlemi yinelenmiştir. Bu işleme ilave olarak gümüş antibakteriyel etken maddeli kimyasal ile işlem görmüş numunelere endüstriyel tip laboratuvar yıkama makinasında (Wascator FOM 71 MP Lab) 20 yıkama işlemi uygulanmıştır. İki farklı yöntemle yıkama ve kurutma işlemine tabi tutulan numunelere ASTM E2149-01 metoduna göre *E.Coli* ve *S.Aureus* bakterileri ile antibakteriyel etkinlik testi uygulanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, antibakteriyel bitim işlemi sonrası kumaşların fiziksel performans testlerinde anlamlı bir değişim olmadığı gibi olumsuz bir etkide de bulunmadığı görülmüştür.

Kuaterner amonyum bileşiği, gümüş ve çinko etken maddeli ticari ürünlerin çalışmada kullanılan tüm elyaf tiplerine oldukça yüksek antibakteriyel etkinlik kazandırdığı gibi otoklav dayanımlarının da oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Bununla birlikte triklosan etken maddeli ticari ürünün tüm elyaf tiplerinde otoklav dayanımının olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışmada kullanılan tüm ticari ürünlerin pamuk, viskon ve polyester kumaşlarda ev tipi yapılan 20 yıkama sonrasında *E.Coli* bakterisine karşı antibakteriyel dayanımlarının kalmadığı, buna karşın *S.Aureus* bakterisi ile yapılan testlerde tüm ticari ürünlerin pamuklu kumaşa bakterileri öldürdüğü, polyester ve viskon kumaşlarda ise zayıf etkinlik gösterdiği görülmüştür.

Yıkama tipine göre antibakteriyel etkinlikler karşılaştırıldığında; laboratuvar tip yıkama makinası olan Wascator'de yapılan 20 yıkama sonrası antibakteriyel etkinliğin *E.Coli* bakterisinde zayıf da olsa devam ettiği, *S.Aureus* bakterisinde ise tüm bakterileri öldürdüğü görülmüştür. Bu durum nihai kullanıcı olan tüketicilerin ev tipi yıkama makinası kullandığı göz önüne alındığında ev tipi yıkama makinasının daha gerçekçi sonuçlar gösterdiği görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Antibakteriyel, quats, gümüş, çinko, triklosan, yıkama

APPLICATION OF COMMERCIAL ANTIBACTERIAL CHEMICALS ON TEXTILE FABRICS IN INDUSTRIAL SCALE AND EVALUATION OF FUNCTIONAL / PERFORMANCE CHARACTERISTICS

SUMMARY

Clothing, with their large surface areas and moisture-holding capabilities allow microorganisms such as bacteria and fungi to grow rapidly. Due to moisture, temperature and nutrients, it is in constant contact with microorganisms which can cause serious problems ranging from simple discomforts such as staining, loss of strength, unpleasant odor to physical irritation, allergic sensitization, toxic effects, infection and disease.

Therefore, as consumers become increasingly aware of the effects on personal hygiene and the health risks associated with certain microorganisms, the control of the undesirable effects of microorganisms on textile material becomes an important issue in the textile industry. The surfaces of the antimicrobial textile structures are used in surfaces that are made of synthetic or natural fibers with antimicrobial components or surface finishes using special auxiliary chemicals. The antimicrobial textiles produced by the finishing processes are more widely used than those obtained by the fiber production method. However, the increase in the use of antimicrobial products raised various health and environmental concerns. In order to achieve the desired antibacterial effect, antibacterial agents can be used individually or in combination depending on the need and application. Commonly used antimicrobial agents are silver ions, triclosan, quaternary ammonium salts, chitosan and N-halamine compounds.

There are various laboratory-scale studies in which different types of antibacterial compounds have the same properties of fastness, tear strength, tensile strength and antibacterial effects on the same fabric. However, there are no studies analyzing the performance of commercial antibacterial materials on an industrial scale. In this study, the effects of antibacterial finishing chemicals with quaternary ammonium compound, silver, zinc and triclosan active materials on the performance / functional properties of different composite fabrics were investigated.

In the first phase of the work, 100% cotton, 100% viscose and 100% polyester woven printed fabrics were prepared as finished product by applying pretreatment, printing, fixation, after treatment and finishing operations in production conditions. At this stage unit weight, dimensional stability after washing and drying, colour fastnesses to washing, water, acidic-alkali perspiration, pH determination, tensile and tear strengths, seam slippage resistances and pilling resistance of the finished samples were analyzed.

In the second phase of the study, quats, silver, triclosan and zinc effective compound chemicals was applied to the samples with antibacterial finishing process under operating conditions defined in product technical sheets. Again at this stage the analyses defined in first step are applied again and in addition to these physical

testings, touch, appearance and antibacterial performance characteristics were analyzed.

In the third stage of the study, antibacterial performance of antibacterial treated 100% cotton, 100% viscose, 100% polyester woven samples after 20 household type washing and autoclave sterilization tests were tested and the performance, washing and autoclave strengths of commercial antibacterial products compared to fiber types were determined on the industrial scale.

After 20 washings, the study was repeated because of the antibacterial efficiency results of the test performed with *E.Coli* bacteria and the tendency of the bacteria to grow and the expected performance was not realized. In the re-study; the 20 times household washing and drying process of the same samples in the domestic washing machine was repeated. In addition to this process, the samples treated with silver antibacterial active substance were subjected to 20 washing processes in industrial type laboratory washing machine (Wascator FOM 71 MP Lab). Antibodies were tested with *E.Coli* and *S.Aureus* bacteria according to ASTM E2149-01 method.

According to the results, it was observed that there was no significant change in the physical performance tests of the fabrics after antibacterial finishing process and did not have a negative effect. Quaternary ammonium compound, silver and zinc active commercial products has been found to have very high antibacterial activity as well as high autoclave resistance of all types of fiber used in the study. However, it was determined that the commercial product with triclosan active substance did not have autoclave resistance in all fiber types.

All commercial products used in the study, has no antibacterial resistance against bacteria *E.Coli* after 20 times of household washing on cotton, viscose and polyester fabrics. But in the presence of *S.Aureus* bacteria, all commercial products killed the bacteria on cotton, showed poor activity on polyester and viscose fabrics. On the other hand; after 20 times washing with laboratory type, the antibacterial activity was still going on weakly against *E. Coli* bacteria, and was found to kill all *S.Aureus* bacteria. It is seen that the household washing machine shows more realistic results considering that the end-user consumers use the domestic washing machine.

Keywords: antibacterial, quats, silver, zinc, triclosan, washing

1. GİRİŞ

Tekstil liflerinin doğal özellikleri gereği yüzeylerinin yapısı ile nem ve ortam sıcaklığının mikroorganizmaların büyümesine olanak sağladığı oldukça uzun yıllara dayanan bilgidir. Öyle ki; antimikrobiyal uygulamaların tarihi de eski Mısır'a kadar uzanmaktadır. Mısırlılar mumyaları sardıkları kumaşları korumak amacıyla inorganik tuzlar, baharat ve bitkiler kullanmakta, eski Çinlilerin de buna benzer uygulama yaptıkları bilinmektedir. 1970'li yıllarda Çin'de yapılan arkeolojik keşiflerde ipekten yapılmış tekstil materyallerinin binlerce yıldır çok iyi korunduğu açığa çıkmıştır (Üreyen ve diğ, 2015). Uzak Doğu'da bambu ağacının yıllardır antibakteriyel ağaç olduğu bilinmekte ve bu özelliği giysilerde de kullanılarak deride alerjiye sebep olmayan doğal elyaftan kumaşlar üretilmektedir. Antibakteriyel özelliği yüzyıllar öncesine dayanan gümüşün ilk antibiyotik madde olduğu düşünülmektedir. Gümüş metal yaprağından yapılan sargı bezi, çatal, kaşık, su kabı yapımında da bu özelliğinden dolayı kullanılmıştır. Günümüzde de enfeksiyon kontrolünün kritik olduğu birçok sağlık ürününde bu özelliğinden dolayı gümüş kullanılmaktadır. Yaklaşık 450 tür bakterinin DNA'sını bozarak yok edebilecek etkiye sahiptir (Yüksel ve Akalan, 2010).

II. Dünya Savaşı sırasında Amerikan ordusunun çadır, tente ve kamyon kapakları için pamuklu kumaş kullandığı ve bu kumaşları mikrobik saldırı nedeniyle çürümeye karşı koruması gerektiğinden klorinlenmiş balmumu, bakır ve antimon tuzları karışımları ile kumaşları muamele ederek, kumaşları sertleştirmişler ve kendilerine özel bir koku vermişlerdir (Üreyen ve diğ, 2015). Zamana göre bu malzemelerin ve toksisiteye bağlı dokuların muhtemel kirlетici etkileri önemli bir husus değildi. II. Dünya Savaşından sonra 1950'lerin sonuna kadar olan sürede pamuklu kumaşlarda bakır naftenat, bakır amonyum florür ve klorlanmış fenoller gibi bileşikler içeren fungisitler kullanıldı. Bu bileşiklerin çevre ve iş yerinde sebep olduğu tehlikelerin farkındalığı hem devlet hem de firmalarda artınca alternatif ürünler arandı. Buna ek olarak, bu uygulamaların pahalı olmaları ve kumaşta mukavemet kaybına sebebiyet vermeleri nedeniyle, naylon, akrilik ve polyester gibi, mikrobiyal ayrışmaya karşı dirençli olan insan yapımı

elyafların artan kullanımı, birçok endüstriyel kumaşta pamuğun yerine geçmek için daha geniş bir kullanıma girdi.

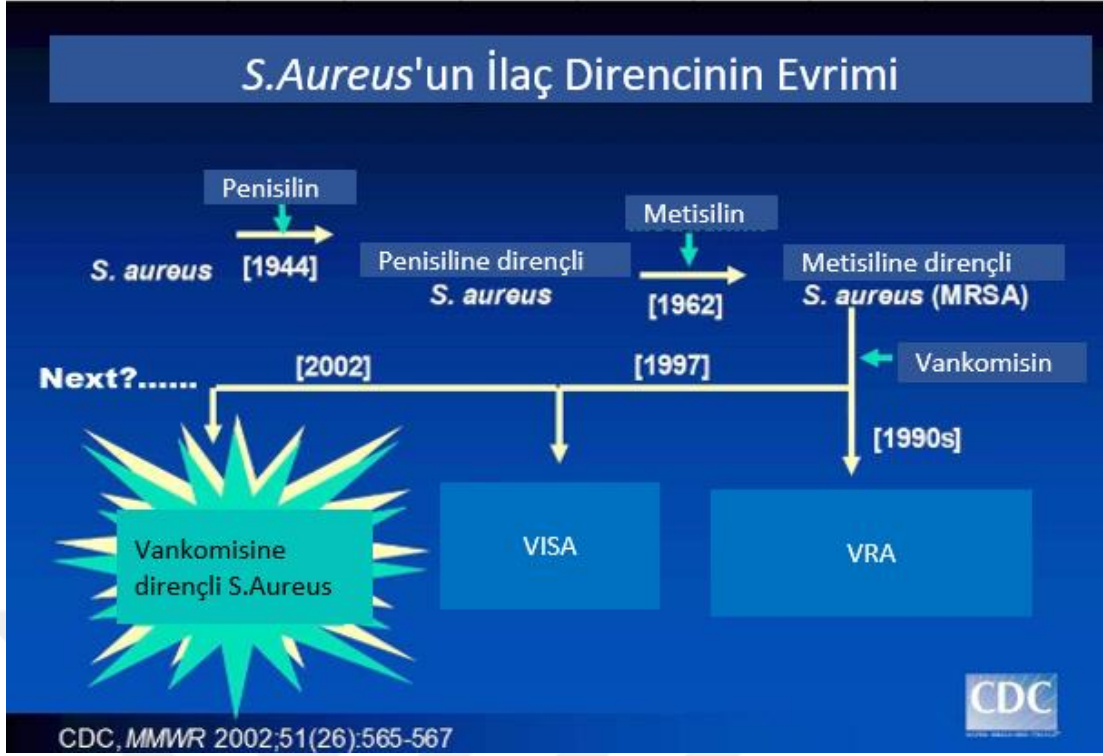
Son yıllarda tüketicilerdeki hijyen beklentilerinin artması ve antimikrobiyal tekstil ürünlerinin geliştirilmesine yönelik artan pazar talebi ile son on yılda yeni lif ve kimyasallar geliştirilerek tüketicilere sunulmuştur (Üreyen ve diğ., 2015). Bu kapsamda yapılan çalışmalar incelendiğinde literatürde çok fazla bilginin olduğu, ancak bu çalışmaların genel itibariyle laboratuvar koşullarında elde edilen verileri içerdiği görülmüştür. Yapılan literatür taramasında endüstriyel boyutta yapılan bir çalışmaya rastlanmamış olup, laboratuvar koşullarında yapılan çalışmaların endüstriyel ölçeğe aktarılmasıyla hem antibakteriyel ajanın aktivitesi ve etkinlik dayanımı, hem de kumaşların özelliklerindeki değişimin farklılık gösterebileceği öngörüsüyle bu tip bir çalışma yapılmıştır. Söz konusu çalışma ile endüstriyel boyuttaki antibakteriyel uygulamalar incelenerek uygulanan antibakteriyel apre işlemlerinin etkinliği, etkinliğin dayanımı ve kumaş performans özelliklerindeki değişimler incelenmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Hastane Enfeksiyonları

Hastanelerde ve sağlık kuruluşlarındaki yaygın problemlerden biri, tekstil kumaşları da dahil olmak üzere, enfeksiyonlara yol açabilen yüzeylerin mikrobik kontaminasyonudur. Bu nedenle, bu ortamlarda zararlı mikroorganizmaların bulaşmasını ve enfeksiyonların yayılmasını azaltmak önemlidir. Sadece hastane kaynaklı enfeksiyonlar hastaların iyileşme sürecini uzatmakta ve ciddi hastalıklar için potansiyel risklere neden olmakla kalmayıp, sağlık hizmetlerine ekstra maliyetleri de yüklemektedir. 1950’li yıllardan sonra dünya genelinde aşı ve ilaçlama çalışmalarının sonucu olarak enfeksiyon hastalıkları oranında iyileşme kaydedilmesine rağmen, antibiyotiklerin kötü kullanımları, yeni virüs oluşumları, popülasyonun yaşlanması ve çok dirençli bakterilerin ortaya çıkması gibi sebeplerle iyimser tablo geriye gitmiştir. Yapılan araştırmada, MRSA’nın (Metisiline dirençli *Staphylococcus Aureus*) direnç oranı 1975 ve 1999 yılları arasında % 3’ten % 52’ye çıkmış, Amerika’da yılda iki milyon insan MRSA yüzünden hastane enfeksiyonuna maruz kalmış ve sonuç itibarı ile yılda 5 milyar dolarlık bir sağlık masrafı oluşmuştur (Eren, 2012). Bu durumun Birleşik Krallık’ta yaklaşık 1.7 milyar dolar, dört milyon nüfusu olan Norveç’te ise 132 milyon dolar ek maliyet getirdiği belirtilmektedir. Görüldüğü üzere, enfeksiyonlar hem hastanın ölümüne kadar gidebilen sağlık problemlerine, hem de çok ciddi maddi kayıplara sebep olmaktadır (Eren, 2013).

1928 yılında Fleming’in penisilini keşfiyle tüberküloz, bel soğukluğu, zatürre vb. hastalıkların tedavisinde antibiyotikler kullanılmaya başlanmış ve tıpta yeni bir dönem başlamıştır. Fakat hızla kullanımı artan antibiyotiklere karşı bakterilerin direnç gösterebileceği öngörülemediğinden, bakteriler antibiyotiklere karşı kendi yaşamlarını devam ettirebilmek için değişimler geçirmek zorunda kalmış ve antibiyotiklere karşı direnç göstermişlerdir (Eren, 2013). Şekil 2.1’de *S.Aureus* bakterisinin ilaç direncinin evrimi gösterilmiştir.



Şekil 2.1 : *S. Aureus*'un ilaç direncinin gelişimi (Sadashiv ve Kaliwal, 2016).

Enfeksiyon kapma ve bakterinin direnç kazanmasında en önemli rolü oynayan hastaneler, hemşire kıyafetleri, hasta yatakları, eldivenler, musluklar ve duvarlar gibi aracı yüzeylerle hava ve temas yolu ile mikroorganizmaların gelişimini, çoğalmasını ve dolayısıyla hastalıkların yayılmasını teşvik eder. Yapılan çalışmalarda bakterilerin pamuk ve pamuk tipi kumaşlarda 2-3 hafta, pamuk/polyester karışımında 1-3 hafta arasında yaşadığı, %100 polyester yüzeylerde 2 hafta ile 3 ay arasında yaşayabildiği, polipropilen tipi plastik yüzeylerde de 8 haftaya kadar kalabildiği görülmüştür. Normal yıkama, enfeksiyonları önlemede etkili bir yöntem olmasına rağmen, yüksek bakteri konsantrasyonunun bulunduğu hastane ortamında etki göstermemektedir ki; direnç kazanmış olan MRSA'nın 9 hafta kadar kuru bir yüzeyde canlı olarak kaldığı görülmüştür (Eren, 2012).

2.2 Mikroorganizmalar ve Tekstil Mamulleri Üzerine Etkileri

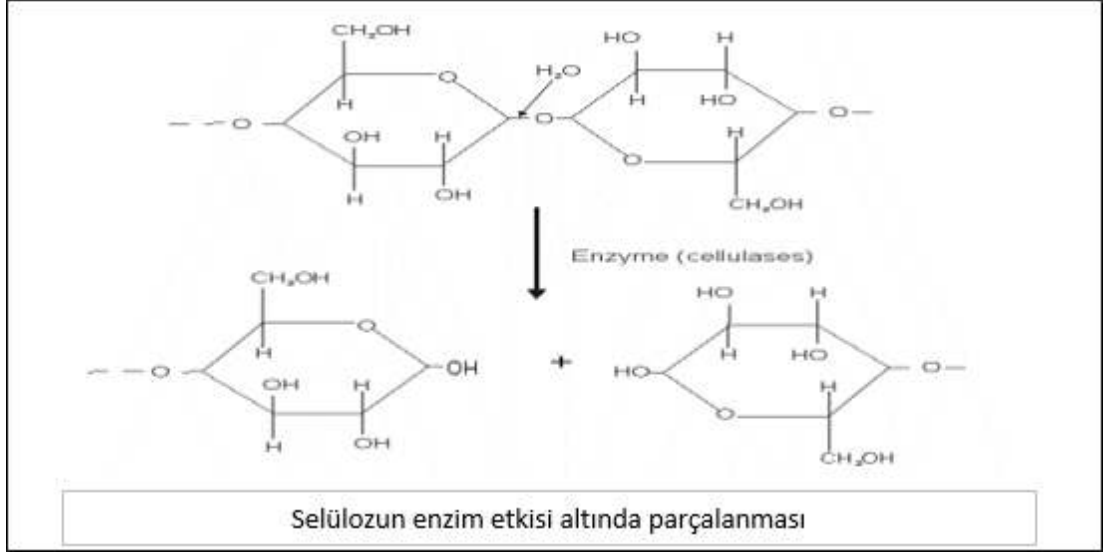
Tekstil ürünleri ve giysiler çevre ve insan derisinden gelen mikroorganizmalarla sıkı bir temas halinde olup, besin kaynağı olma özellikleri ve lifler arasında biyofilmlerin tutunabilmesi için uygun yerleşim alanları bulunması nedeniyle mikroorganizmalar için uygun yaşam ortamları sağlarlar. İnsan vücudunun farklı bölgelerinde vücut ile uyum içinde yaşayan çok sayıda mikroorganizma bulunmaktadır. Temiz bir insan

vücudunda cm^2 'de ortalama 100-1000 mikroorganizma popülasyonu bulunmaktadır (Teufel ve Bernhard, 2006). Bu seviyedeki mikroorganizma sayısı sağlık veya koku problemlerine yol açmaz. Aksine varlığı ve dengeli popülasyonu insan sağlığı için gereklidir. Nem ve sıcaklık artışıyla en ideal üreme koşulları sağlandığında, mikroorganizmalar, özellikle bakteriler ve mantarlar biyofilm oluşturarak hızlıca çoğalmakta, giysilerde kötü kokulara, görüntü ve renk bozulmalarına, lekelenmelere ve mukavemet kayıplarına yol açabilmektedir. Genel olarak bakteriler $30-37^\circ\text{C}$, pH 5-6 arasında, mantarlar ise $25-30^\circ\text{C}$ ve pH 2,5-8,0 aralığında ideal gelişime sahiptirler.

Doğal liflerden yapılan giysiler genellikle sentetik liflerden yapılanlara göre biyolojik bozulmaya daha fazla duyarlıdır. Bunun nedeni, gözenekli hidrofilik yapısının su, oksijen ve besin maddelerini muhafaza etmesi ve bakteriyel büyüme için mükemmel ortamlar sağlamasıdır. Tekstil ürünlerinin bitim işlemlerinde kullanılan nişasta, protein türevleri ve yağlar da bakteriyel büyümeyi teşvik edebilir. Mikroorganizmalar besin elde etmek amacıyla, ürettikleri ekstraselüler enzimlerin aracılığıyla tekstil liflerine ya da orada bulunan plastikleştirici gibi bir maddenin bir bileşenine saldırabilir ve yahut ta ürünün yüzeyinde biriken kir üzerinde büyüyebilirler. Bunun sonucu olarak da liflerin çürümeye ve bozulmasına daha sonra da güç kaybı veya esneklik kaybı gibi fiziksel değişikliklere sebep olabilirler.

Pamuk, jüt, kenevir, keten gibi lifler selülozu tüketen mantarların saldırısına karşı oldukça hassastır. Nitekim selülozun tamamen bozunması, mantarlar tarafından üretilen ve selülozlar olarak bilinen enzimlerle gerçekleştirilebilir. Şekil 2.2, bir molekül su ile reaksiyona sokularak selüloz içerisindeki bir glikozidik bağın parçalanmasını gösterir. Selülozun son derece yavaş olan hidrolizi, bir enzimin veya biyokatalizörün varlığıyla hızlandırılır. Çözünmeyen polimer, sonra bakteri veya mantar hücreleri içerisinde metabolize olabilen çözünür şekere dönüştürülür. Bu da, tekstil ürünlerinin elastikiyet veya kopma mukavemeti gibi fonksiyonel özelliklerinin kaybına neden olur (Boryo, 2013).

Hayvan lifleri, bitki liflerine göre küf çoğalmasına karşı daha dirençlidir. Saf ipek daha az duyarlıdır. Yün yavaş yavaş bozulur, ancak işleme sırasında oluşan kimyasal ve mekanik hasar, biyobozunmaya karşı olan duyarlılığını arttırabilir. Olumsuz koşullar altında depolandığında, yün mantar ve bakteriler tarafından üretilen proteolitik enzimler sonucu çürümeye maruz kalabilir (Boryo, 2013).



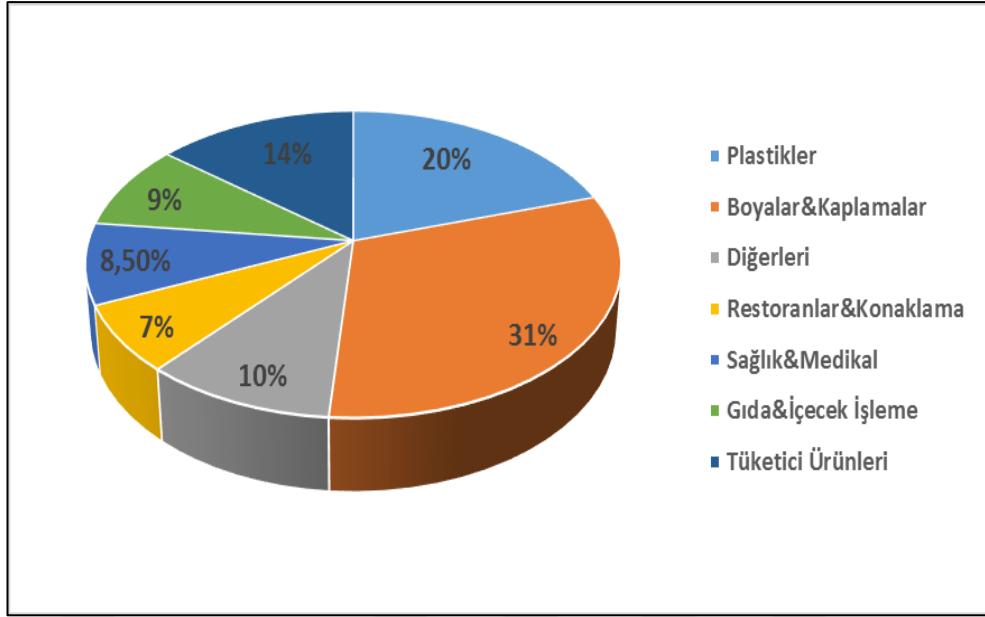
Şekil 2.2 : Selülozun hidroliz reaksiyonu (Boryo, 2013).

Selülozdan elde edilen insan yapımı lifler mikrobiyal bozunmaya duyarlıdır. Viskon (rayon) küfler ve bakteriler tarafından kolaylıkla saldırılara uğrar, asetat ve triasetat daha dayanıklı olmalarına rağmen, olumsuz depolama koşullarında renk değişiklikleri oluşabilir (Boryo, 2013).

Sentetik polimerlerden elde edilen lifler hidrofobik yapısı nedeniyle mikroorganizmaların saldırısına karşı çok dirençlidir. Bir sentetik elyafın kendisi tek başına mikrobiyal büyümeyi desteklemese de, düşük molekül ağırlıklı kirleticiler ve tekstil ürünlerinin bitim işlemlerinde ve eğirmede kullanılan bileşikler, bir mikroorganizmanın hafif yüzey büyümesi için yeterli besleyici madde sağlayabilir. Çoğu zaman bu durum kumaşın sağlamlığını etkilemez, ancak genellikle uzaklaştırılması zor lekelenmelere ve renk değişimlerine neden olabilirler (Boryo, 2013).

2.3 Antibakteriyel Tekstil Ürünlerinin Kullanım Alanları

Antimikrobiyal tekstiller özellikle ekonomik ve sosyal refah düzeyi gelişmiş ülkeler başta olmak üzere sağlık, medikal, konaklama vb. kullanım alanları dışında günlük hayatta da yaygın kullanım alanı bulmaktadır. İskandinav ülkeleri, Kuzey Amerika ve Japonya gibi refah düzeyi yüksek, bilinçli tüketici gruplarının olduğu ülkelerde, artan farkındalıkla birlikte antimikrobiyal tekstil ürünlerindeki talep giderek yaygınlaşmaktadır (Palamutçu ve diğ, 2009). Şekil 2.3'te antimikrobiyal ürünlerin çeşitli endüstrilerdeki uygulama alanlarının dağılımı gösterilmektedir.



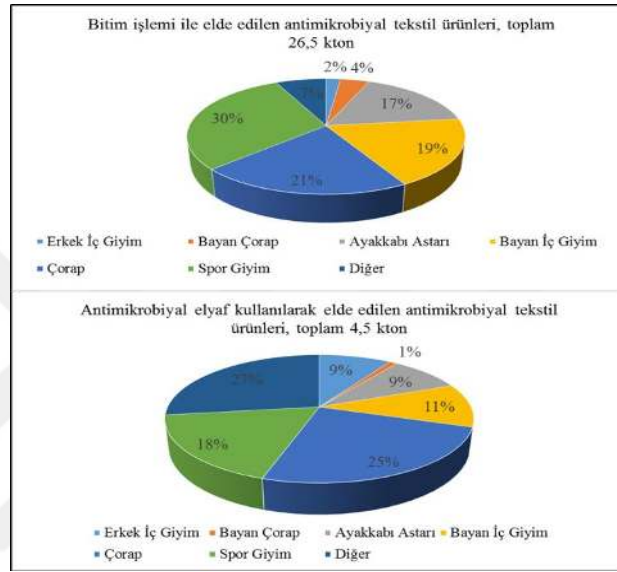
Şekil 2.3 : Çeşitli endüstrilerde antimikrobiyal ürün uygulamaları dağılımı (<http://www.fibre2fashion.com/industry-article/3265/antimicrobial-products-in-textile-industry>, 2016).

Bununla birlikte antimikrobiyal bitim ve katkı malzemeleri için gelecekte artan bir pazar ihtiyacının gerçekleşmesi beklenmektedir. Ticari uzmanlar antimikrobiyal ürünlerde iş genişletme stratejileri belirlemektedir. Örneğin; hastane sayısı 6000'den fazla olan ABD'de hastanelerde kullanılmak üzere maskeler, havlu ve çarşaf lar vb. ürünlerin önemli oranda rağbet görmesi beklenmektedir. Antimikrobiyal fonksiyonlu çorap kullanılarak ayak ülserindeki enfeksiyonların önlenebileceği, bu probleme neden olan bakteri ve mantarları sürekli kontrol altında tutabilecek böyle bir ürünün ise ABD sağlık sektöründe bulunmadığı belirtilmiştir. Diğer taraftan askeri personel için antimikrobiyal ve antifungal fonksiyonlu çorap, iç çamaş ır ı ve spor giyim pazar ı için spor çorap, eldiven, spor sütyen vb. ürünler de bu stratejiler arasında gösterilebilir (Uddin, 2014).

Yapılan araşt ır mada 2000 yılında, antimikrobiyal tekstil üretiminin Bat ı Avrupa'da yaklaşık 30.000 ton ve dünya çap ında 100.000 ton civarında olduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca, 2001 ve 2005 yılları arasında Bat ı Avrupa'da, tekstil sanayiinin en hızlı büyüyen sektörlerinden biri olan antimikrobiyal tekstillerin yıllık üretim artış ının % 15 civarında olduğu belirtilmiştir. Performance Apparel Market'in yakın geçmiş sayısında "Antimikrobiyal Elyaflar, Kumaş lar ve Giysiler: Enfeksiyona Karşı Yenilikçi Silahlar" Raporu, 2013 ile 2018 yılları arasında her yıl % 12 oranında artması

beklenen antimikrobiyal maddelerin küresel pazara sunulduğunu belirtmiştir (Morais ve diğ, 2016).

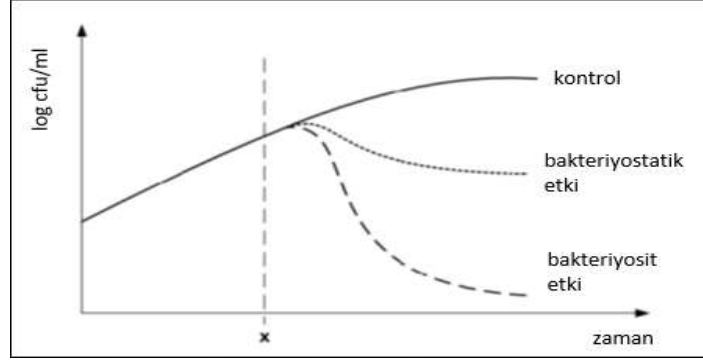
Şekil 2.4'te, Batı Avrupa'da Japonya'dan farklı olarak sağlık ve medikal alanların dışında spor giyimde antimikrobiyal tekstil kullanımının daha baskın olduğu görülmektedir. Toplam 31 kton olan Avrupa antimikrobiyal tekstil ürün kullanımının yaklaşık % 85'inin bitim işlemleri ile kalan % 15'lik kısmın da antimikrobiyal lif kullanılarak üretildiği görülmektedir (Palamutçu ve diğ, 2008).



Şekil 2.4 : 2000 yılı Batı Avrupa'da antimikrobiyal tekstil ürünlerinin kullanımı (Palamutçu ve diğ, 2008).

2.4 Tekstil Ürünlerinde Kullanılan Antimikrobiyal Etken Maddeler

Hücrelerin yaşamlarını devam ettirebilmeleri için tüm organellerin birbiri ile uyumlu ve tam olarak fonksiyonlarını yerine getirmeleri gereklidir (Palamutçu ve diğ, 2009). Bakterilerin üremesini ve gelişmesini engelleyen maddelere antibakteriyel, bakterilere zarar veren maddelere bakteriyosit, sadece çoğalmalarını engelleyen maddelere ise bakteriyostatik adı verilmektedir (Şekil 2.5).



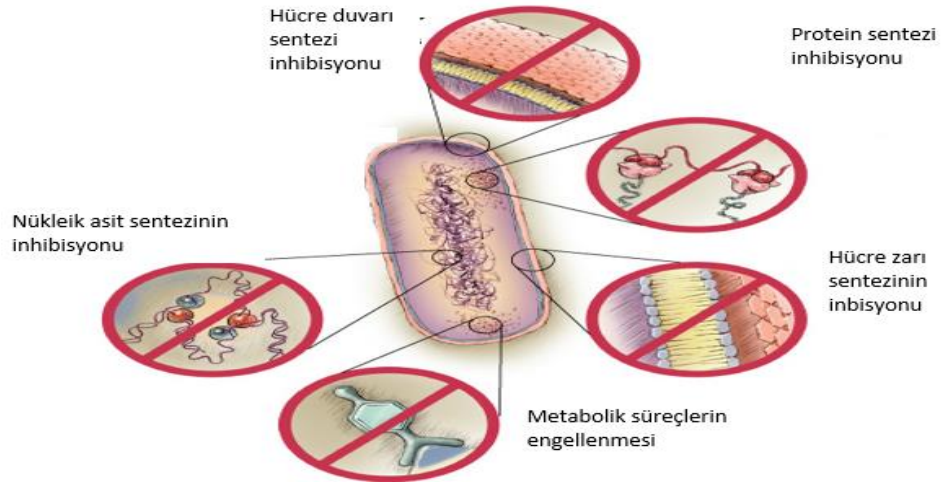
Şekil 2.5 : Antimikrobiyal maddelerin mikrobiyal büyüme hızı üzerindeki bakteriyostatik ve bakteriosidal etkiler (Ristic ve diğ, 2014).

Antimikrobiyal maddelerin çoğu hem bakteri, hem de mantarlara karşı etkinliği güçlü olmasına rağmen hepsine karşı aynı etkinliği gösterebilenlerin sayısı oldukça azdır. Tekstil ürünlerinde kullanılan çoğu ticari antimikrobiyal kimyasallar bakteriosidal özellikte olup, mikroorganizmaları öldürme veya çoğalmalarını engelleme mekanizmaları Şekil 2.6'da gösterildiği üzere;

- 1) Mikroorganizmaların hücre içi ve dışı akışını düzenleyen önemli bir bariyer olan hücre zarı işlevinin engellenmesi ve dolayısıyla çözünen maddelerin sızması,
- 2) Bazı antimikrobiyal etken maddelerin DNA ve RNA sentezi sürecinde yer alan bileşenlere bağlanmasından dolayı oluşan, hücrelerin çoğalmalarını ve hayatta kalmasını tehlikeye atan nükleik asit sentezinin (DNA ve RNA) inhibisyonu
- 3) Bakteriyel türlerin yaşamı için kritik olan hücre duvarı sentezinin hasar görmesi veya inhibisyonu,
- 4) Hücre enzimlerini ve hücre yapılarının temelini oluşturan protein ve nükleik asit sentezini inhibe ederek organizmanın büyümesi veya çoğalmasının engellenmesi, hücrenin ölümü ve
- 5) Metabolik süreçlerin engellenmesi yoluyla gerçekleşir (Moraes ve diğ, 2016).

Bu işlevleri yerine getiren ve yaygın kullanılan en önemli bileşikler aşağıdaki gibidir:

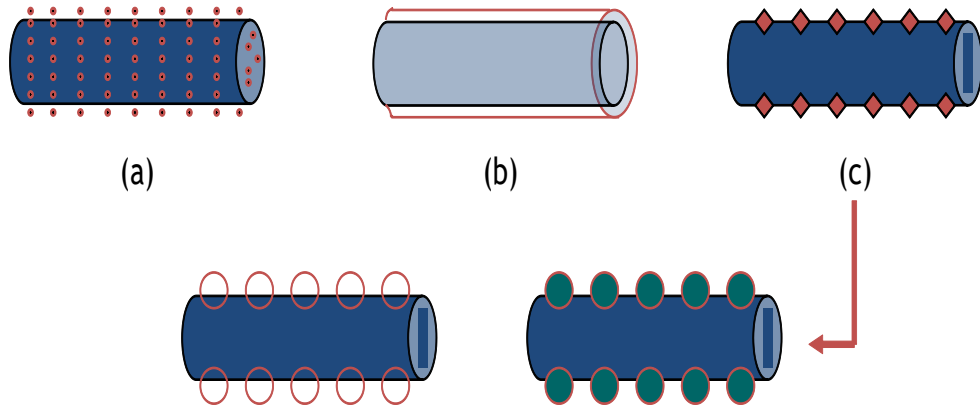
- Metal tuzları (örneğin; gümüş, çinko, bakır),
- Kuaterner amonyum bileşikleri (QAC),
- Polibiguanit (PHMB)
- Halojenlenmiş difenil eterler (örneğin; Triklosan),
- N-Halaminler
- Kitin ve Kitosan (Ranganath, 2011).



Şekil 2.6 : Antimikrobiyal maddelerin etki mekanizmaları (McDowell, 2016).

İstenen antibakteriyel etki için, antibakteriyel maddeler, ihtiyaca göre yalnız ya da bir başka bileşikle birlikte kullanılabilir, mikroorganizmanın türüne, lifin kompozisyonuna göre ise kullanım miktarı değişkenlik göstermektedir. Liflere antibakteriyel özellikler, polimerizasyon reaksiyonu sırasında polimer çözeltisi içine katılarak, lif çekim işlemi sonrasında applike edilerek veya tekstil ürününe doğrudan uygulanması yöntemleri ile kazandırılabilir (Şekil 2.7) (Üreyen ve diğ, 2015). Lif yüzeyine uygulanan antimikrobiyal etken maddeler ise zamanla yüzeyden uzaklaşmasının ardından iç kısımlardaki etken maddeler migrasyonla lif yüzeyine çıkmaktadırlar (Süpüren ve diğ, 2006).

Konvansiyonel çektirme ve emdirme yöntemleri doğal ve sentetik liflerden yapılmış kumaşlara antimikrobiyal kimyasalların bitim işlemi ile verilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Üreyen ve diğ, 2015). Bitim işlemleri ile elde edilen antimikrobiyal tekstil üretimi liflerden elde edilenlere göre daha yaygın kullanıma sahiptir. Buna rağmen, kullanım ve yıkama sonucu zamanla yüzeyden uzaklaşması nedeniyle, antimikrobiyal özellikleri lif çekimi ile elde edilenlere göre oldukça düşük yıkama dayanımlarına sahiptir. Antimikrobiyal etkinliğin azalması, bir süre sonra bakterilerin bu maddelere karşı direnç kazanmasına, bu maddelerin sürekli kullanımı ise insan sağlığı açısından risk oluşturmaya sebep olmaktadır.



Şekil 2.7 : Antimikrobiyal maddelerin tekstil mamulüne aktarılma yöntemleri
a) lif polimer yapısı içine hapsedilmesi, b) elyaf yüzeyine uygulanması, c) elyafa kimyasal olarak bağlanması (Ristic ve diğ, 2011).

Çizelge 2.1’de bakteriosidal etki göstererek antimikrobiyal tekstil ürünlerinin elde edilmesinde kullanılmakta olan yardımcı maddeler verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Bakteriosidal özellik gösteren ticari ve ticari olmayan antimikrobiyal etken maddeler (Gao ve Cranston, 2008).

Bakterisit	Uygulandığı Elyaf	Uygulama metodu B: Bitim işlemi L: Lif çekimi	Ticari ürün mü?	Yorum
Gümüş	Polyester Nylon Yün Rejenere selüloz	B/L L B B	Evet Evet Evet Evet?	Etkinlik azalma hızı düşük, ortamdaki gümüş tükenebilir.
Kuaterner amonyum bileşikleri	Polyester Nylon Yün Rejenere selüloz	B B B B	Evet Evet Evet Hayır	Kovalent bağ oluşur, uzun süre kalıcılık özelliği vardır, bazı bakteriler direnç gösterebilir.
PHMB	Pamuk Polyester Nylon	B B B	Evet Evet Evet	Çok miktarda tüketim gereklidir, bakteriler tarafından dirençli karşılaşılabılır.
Triklosan	Polyester Nylon Polipropilen Selüloz asetat	B/L B/L L L	Evet Evet Evet Evet	Çok miktarda tüketim gereklidir, bakteriler tarafından dirençli karşılaşılabılır, toksik etki

	Akrilik elyaf	L	Evet	gösterebilir, bazı Avrupa ülkelerinde yasaklanmıştır.
Kitosan	Pamuk	B	Hayır	Tutum açısından olumsuz olabilir, kalıcılık sorunu vardır.
	Polyester	B	Hayır	
	Yün	B	Hayır	
N-Halamin	Pamuk	B	Hayır	Rejenerasyon gereklidir, kalıntı klorin nedeni ile koku oluşur.
	Polyester	B	Hayır	
	Nylon	B	Hayır	
Peroksiasit	Yün	B	Hayır	
	Pamuk	B	Hayır	Rejenerasyon gereklidir, kalıcılık sorunu vardır.
	Polyester	B	Hayır	

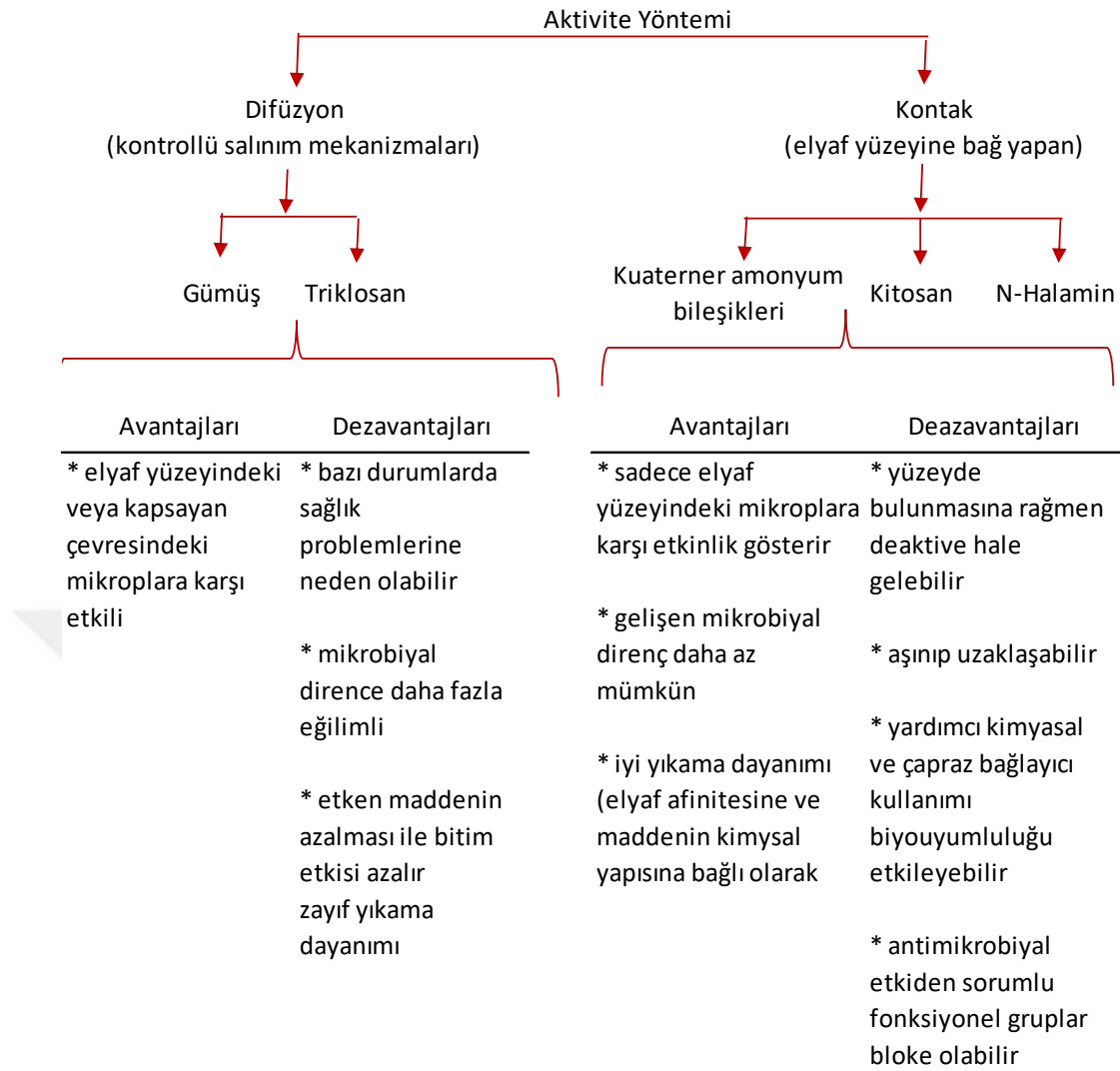
2.5 Antimikrobiyal Bitim İşlemlerinde Kullanılan Yardımcı Kimyasallar

Antimikrobiyal bitim işlemleri mikroorganizmalar üzerinde temelde 2 şekilde etki ederler:

- 1) Kontakt (Yüzey ile bağ yapabilenler).
- 2) Difüzyon (Yüzey ile bağ yapamayanlar),

Yüzey ile bağ yapan antimikrobiyaller kimyasal olarak tekstil elyafının yüzeyine bağlanarak burada bir bariyer oluştururlar ve lif yüzeyi ile temas eden mikroorganizmaların yayılımını kontrol etmek için kullanılırlar. Bu maddelerin en büyük avantajı, tekstil substratlarını çevreye sızdırmaması sayesinde mikroorganizmaların kendilerine karşı direnç oluşturma olasılığının son derece az olmasıdır. Çünkü bağ yapan antimikrobiyaller yüzeye sıkıca tutunduğundan difüzyon yoluyla etki gösterenlere göre yıkamaya daha dayanıklıdırlar. Fakat antimikrobiyal maddenin yıkamaya karşı dayanıklılığı antimikrobiyal etkinliğini garanti edemez. Antimikrobiyal olmasına rağmen madde yüzeyde mevcutsa, aktivitesini kaybedip deaktif olabilir ya da yüzeyden uzaklaşabilir. Kovalent bağ gibi belirli koşullar altında elde edilen kimyasal bağ oluşumu antimikrobiyal madde ve lif yapısındaki ankor gruplarına bağlıdır. Bu işlemin en büyük sakıncası aktif maddeleri elyaflara tutturmak suretiyle fonksiyonel gruplar arasında kimyasal bağlar oluşabilmesi, bunun da antimikrobiyal etkinliğinden sorumlu fonksiyonel grupların bloke edilmesiyle sonuçlanmasıdır. Bu nedenle antimikrobiyal etkinlik azalır. Bu işlemin bir başka dezavantajı, güvenlik yönetmeliklerine uymayan ve medikal uygulamalar için istenen liflerin biyolojik uyumluluğunu etkileyebilecek yardımcı kimyasallar ve çapraz bağlayıcılar kullanılmasıdır. Şekil 2.8’de aktivite yöntemine göre etki eden antimikrobiyal maddelerin avantaj ve dezavantajları verilmiştir.

Difüzyon yoluyla etki eden antimikrobiyal maddeler tekstil yüzeyine kimyasal bağlı olmadığından ve verilecek aktif maddenin rezervuarı sınırlı olduğundan, mikroorganizmalar üzerinde etkili olabilmek için tekstil yüzeyinden yayılırlar. Hücre zarının yırtılmasıyla metabolizma faaliyetlerini engelleyerek ölmelerine neden olurlar. Aktif madde zamanla azalarak sonunda antimikrobiyal etkinlik sınırının altına düşer ve sonuç olarak bu maddeye karşı mikroorganizmalarda direnç gelişebilir. Ayrıca aktif maddenin salınımı, ciltte yerleşik bakterilere karıştığında tahriş, döküntü, alerji gibi ciddi sağlık problemlerine neden olmasının yanı sıra, patojenik bakterilerin oluşmasına da sebep olabilir (Ristic ve diğ, 2014). Konvansiyonel antimikrobiyal maddeler genellikle birkaç bakteri türüne karşı etkilidirler veya tüm bakterilere etki gösterebilirler bile, küf, maya ve mantarlara karşı etkili değildirler. Yüzey ile bağ yapmayan antimikrobiyal maddeler genellikle tekrarlanan yıkamalara dayanıklı değildir. Güvenlik ve toksikolojik açıdan bu maddelerin kimyasal yapısı önemli olup, suya salınması başarılı atıksu arıtımı için istenen mikroorganizmalar üzerinde olumsuz bir etki yaratabilir. Örneğin bazı organokalay bileşikler EPA (Environmental Protection Agency) tarafından incelemeye alınmış, Japonya ve bazı Avrupa ülkelerinde kullanımı yasaklanmıştır (Balcı, 2006).



Şekil 2.8 : Etki yöntemine göre antibakteriyel apreler (Ristic ve diğ, 2014).

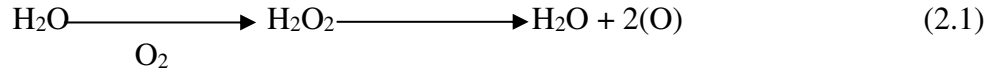
2.5.1 Yüzey ile bağ yapamayan antimikrobiyal maddeler

2.5.1.1 Metal tuzları

Serbest halde veya bileşiklerde bulunan birçok ağır metal çok düşük konsantrasyonlarda bile mikroorganizmalara karşı toksiktir. Hücre içi proteinlere bağlanarak mikroorganizmaları öldürürler ve onları etkisiz hale getirirler. Tekstil için etkili olan antimikrobiyal maddeler olarak bakır, çinko ve kobalt gibi bazı diğer metaller dikkat çekmesine rağmen, gümüş genel tekstilde çok yaygın olarak kullanılmaktadır (Gao ve Cranston, 2008).

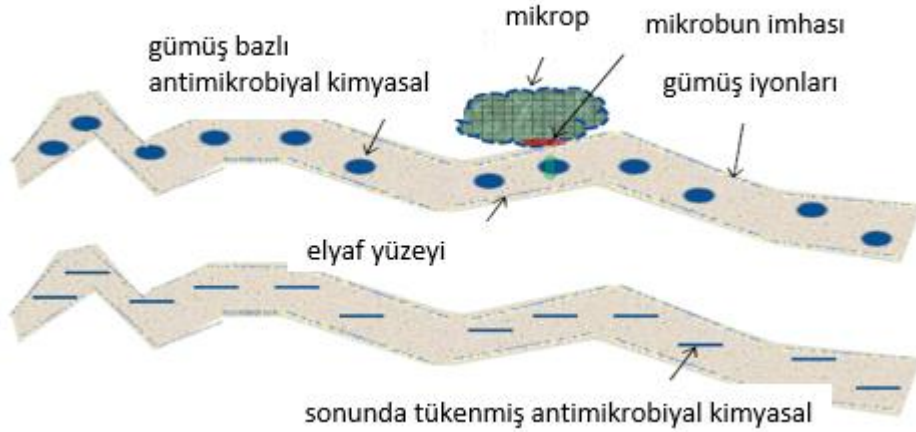
Antimikrobiyal madde ile bakteri arasında doğrudan temasa gerek olmadan, nem varlığında gümüş, bakteri hücre duvarındaki proteinleri bağlayan iyonlarını serbest bırakır ve bağlarken 2 eylem meydana gelir. Birincisi, bakteri molekül yapısına zarar

veren oksijen radikallerinin üretimini katalizleyerek, DNA'nın yoğunlaşmasına ve replikasyon özelliklerini yitirmesine neden olur. Bu reaksiyon denklem 2.1'de görülmektedir.



İkincisi metal iyonları hücre zarından geçerek enzimlerin tiyol grubu (–SH) ile reaksiyona girerek bakteriyel proteinlerin inaktivasyonunu tetikler. Dolayısıyla bakteri metabolizmasının değişmesine yol açar (Süpüren ve diğ, 2006).

Metal tuzları üzerine yapılan son çalışmalarda, yeni nesil biyositlerin gelişimine neden olan nano boyutlu metal parçacıklarının hazırlanmasına odaklanmıştır. Fakat nano parçacıkların antimikrobiyal etki mekanizması hakkında pek çok çalışma yapılmasına rağmen toksisitesi hakkında yeterli çalışma bulunmamaktadır (Can ve Körlü, 2011). Şekil 2.9'da gümüş bazlı antimikrobiyal maddelerin etki mekanizması şematik olarak gösterilmiştir.

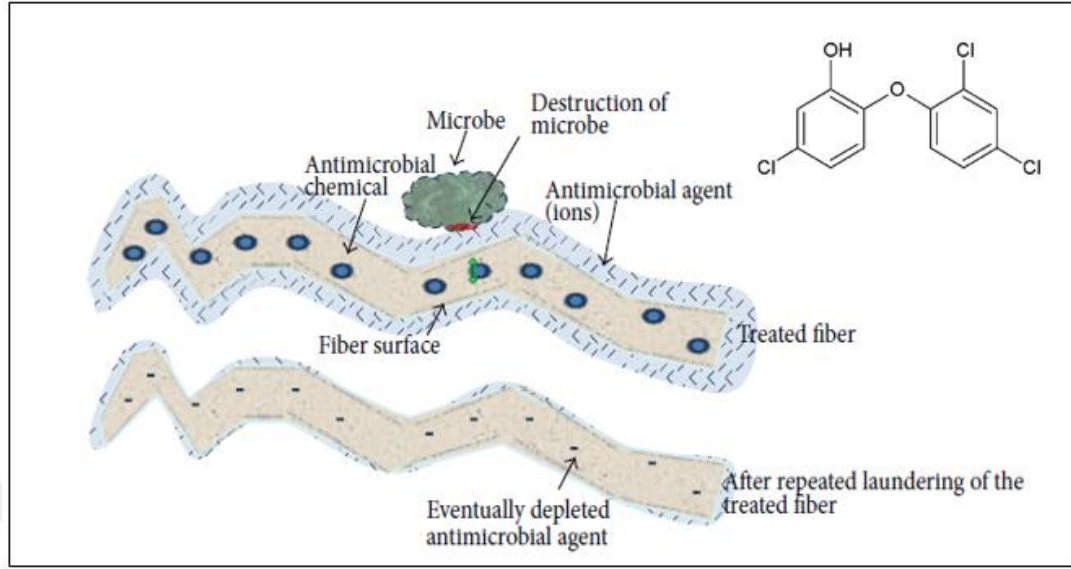


Şekil 2.9 : Gümüş esaslı antimikrobiyal maddenin etki mekanizması (Ranganath, 2011).

2.5.1.2 Halojenlendirilmiş difenileterler (triklosan)

Triklosan, difenileter yapısında bir fenil türevi olup son yıllarda kullanımı artan antimikrobiyal etken maddelerden biridir. Özellikle diş macunu, sabunlar ve kozmetik ürünlerde kullanımı yaygın olduğu gibi, tekstil malzemelerinde de kullanılabilir. Lif yapısına eklenerek elde edilen antimikrobiyal ürünler en yaygın kullanım yöntemidir (Süpüren ve diğ, 2006). Şekil 2.10'da verilen triklosanın etki mekanizmasına göre elyaf yüzeyine salınan iyonlar temas halindeki bakterilerin hücre duvarını elektrokimyasal etki ile bozarak hücre içindeki metabolitlerin

sızmasına ve hücrenin yaşamsal faaliyetlerini yerine getirememesine ve dolayısıyla çoğalamamasına neden olur (Ranganath, 2014).



Şekil 2.10 : Triklosan bazlı antimikrobiyal maddenin etki mekanizması (Ranganath ve Sarkar, 2014).

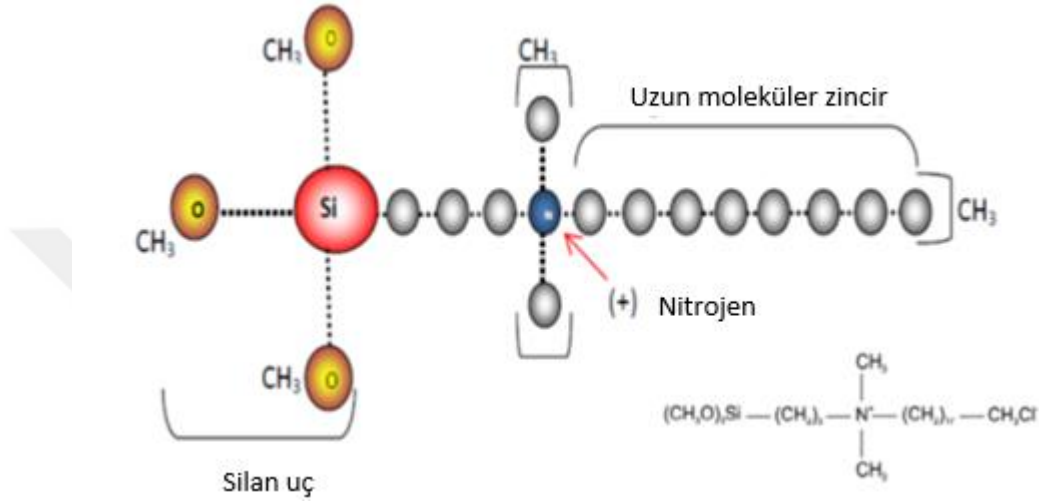
Nihai kullanımla ve tekrarlı ev yıkamaları neticesinde lif yüzeyindeki antibakteriyel etken madde zamanla tükenecek ve antimikrobiyal etkinlik kaybedilecektir. Triklosanın sentezinde dioksin ve dibenzofuran gibi kanserojen yan ürünler ortaya çıkabilmekte olup, yıkamalar ve triklosanın biyobozunabilirliği nedeniyle atıksuda ve nihai olarak sucul ekosistemde problemlere neden olabilmektedir (Ranganath, 2014).

2.5.2 Yüzey ile bağ yapabilen antimikrobiyal bitim işlemleri

Yüzey ile bağ yapabilen antimikrobiyal bitim ürünleri kimyasal bağ ile tekstil malzemesine tutunduklarından, bu tip antimikrobiyal maddeler sadece temas halinde iken mikroorganizmalara karşı etkinlik gösterebilirler ve migrasyon yoluyla etkinlik gösteren antimikrobiyal maddelere göre miktarları zamanla azalmazlar ve tekrar tekrar kullanılabilirler. Dolayısıyla yıkamalara karşı dayanımları daha fazladır. Fakat zamanla tekstil yüzeyinden uzaklaşabilir ya da uzun süreli kullanım sonrası deaktif olarak etkinliklerini kaybedebilirler (Ranganath, 2011). Kontakt yoluyla etkinlik gösteren antimikrobiyal maddeler mikroorganizmaların hücre duvarını delerek hücrenin yaşamsal faaliyetlerini engeller ve ölmelerine neden olurlar. Böylelikle mikroorganizmaların bağışıklık kazanması engellenir. Güvenlik ve toksikolojik açıdan bakıldığında günümüzde piyasada bulunan bağ yapan antimikrobiyal maddeler oldukça uygundur.

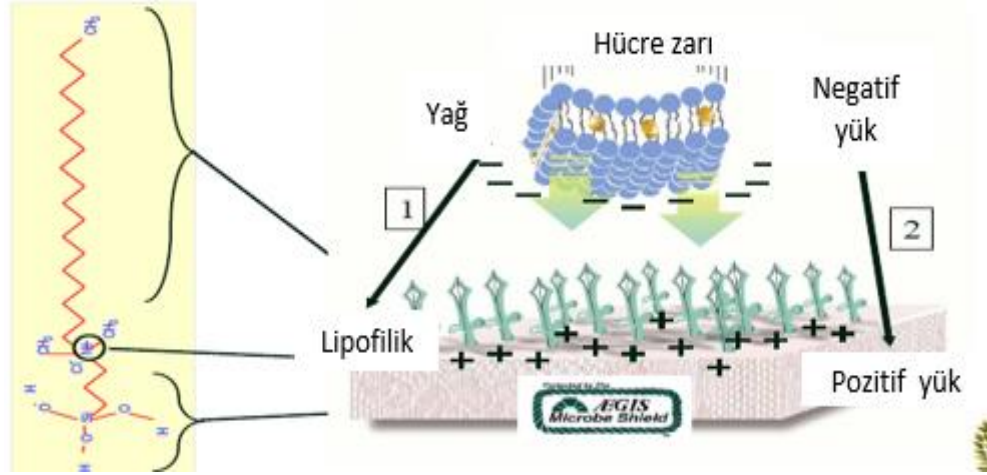
2.5.1.3 Kuaterner amonyum bileşikleri

Bir ucu silan bazlı gruptan oluşan, diğer kısmı 12-18 karbon atomu zincirlerinden oluşan kuaterner amonyum bileşikleri (QAC) yıllardan beri antiseptik ve dezenfektan maddeler olarak yaygın kullanılan bileşiklerdir. Kuaterner amonyum bileşiklerinin aktivitesi alkil zincirinin uzunluğuna ve azot atomuna pozitif yük taşıyan kuaterner amonyum gruplarının sayısına bağlıdır (Ristic ve diğ, 2014).



Şekil 2.11 : Kuaterner amonyum bileşiği yapısı (Ranganath, 2011).

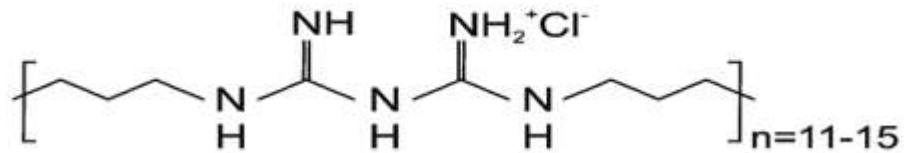
Bir QAC bazlı antimikrobiyal madde ile muamele edilmiş kumaşa, silan bazlı molekül kumaşla reaksiyona girerek kovalent bağ oluşturur. Diğer ucu ise pozitif yüklü olarak dışarıda kalır. Antimikrobiyal fonksiyon kuaterner amonyum bileşiğinin katyonik amonyum grubu ile bakterinin negatif yüklü hücre duvarı arasındaki birbirini çeken etkileşim ile ortaya çıkar ve bu da hücre içindeki negatif yüklü birimlerin sızınmasına sebep olarak hücrenin ölmesi ile sonuçlanır (Ranganath, 2011). Bu kimyasal, ticari olarak pamuk, polyester ve nylon kumaşların antimikrobiyal bitim işlemlerinde kullanılmaktadır (Gao ve Cranston, 2008).



Şekil 2.12 : Kuaterner amonyum bileşiği etki mekanizması (Süpüren ve diğ, 2006).

2.5.1.4 Biguanitler

Poliheksametilenbiguanitler (PHMBs) geniş kullanım alanına sahip biyositlerden biridir. Yüzme havuzlarında dezenfektan amacıyla, gıda endüstrisinde, hastanelerde antiseptik olarak, kozmetik ürünlerinde koruyucu maddesi olarak, kişisel bakım ürünlerinde, kumaş bitim işlemlerinde yumuşatıcı olarak ve özellikle kontak lens solüsyonlarında antibakteriyel/antifungal malzeme olarak kullanılmaktadır (Ristic ve diğ, 2014). Şekil 2.12’de dimetilamino grubu ile fonksiyonel hale getirilen polistirenin proton alışverişinden dolayı trimetilamino grubu ile fonksiyonel hale getirilen polistirenden daha iyi bir aktivite gösterdiği görülmüştür (Ranganath, 2014).



Şekil 2.13 : PHMB’nin kimyasal yapısı (Ranganath, 2011).

PHMB’nin tekstil terbiye işlemlerinde selülozik liflerle hidrojen bağları oluşturduğu ve selülozik lifler üzerinde iyi çalıştığı bulunmuştur. PMHB ile işlem görmüş kumaş bakteri ile temas ettiğinde, biyosit bakteri yüzeyi ile etkileşime geçerek sitoplazmaya ve bakteri zarındaki sitoplazmik fosfolipidlere transfer olur. Biyosit pozitif yüklüdür ve dolayısıyla temelde negatif yüklü birimle reaksiyona girerek organizmanın ölümüne sebep olur (Ranganath, 2011). Ayrıca, özellikle selülozik kumaşlar için antimikrobiyal bitim işlemlerinde dikkat çekmiştir. Katyonik yapısı nedeniyle poliheksametilenbiguanit, iyonik bağın yanı sıra selüloz malzemeleriyle hidrojen

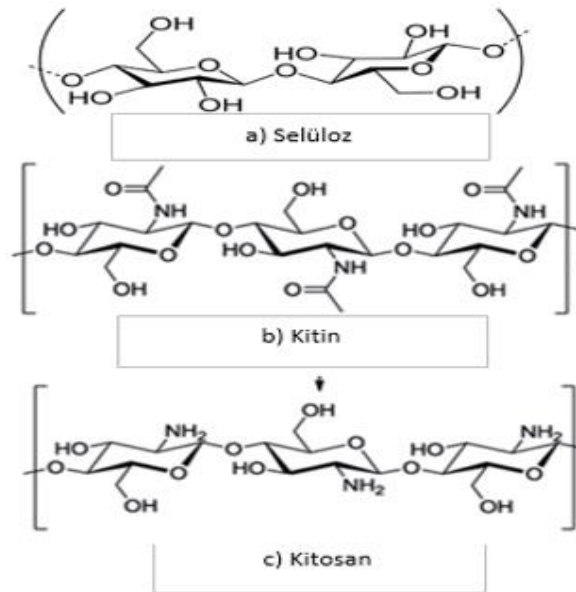
bağını oluşturur. Daha düşük konsantrasyonlarda, selüloz içindeki PHMB ve karboksilik asit grupları arasındaki elektrostatik etkileşim baskındır, ancak aksine, PHMB'nin konsantrasyonu arttıkça, selüloz ile hidrojen bağları giderek baskınlaşır (Ristic ve diğ, 2014).

2.5.1.5 Kitin ve Kitosan

Kitin, selülozdan sonra dünyada en yaygın bulunan ikinci biyopolimerdir (Ranganath, 2014). Kitosan karides, yengeç, ıstakoz gibi kabuklu deniz ürünlerinin ana bileşeni olan kitinin deasetillenmiş türevidir (Gao ve Cranston, 2008). Dünyada yıllık kitin üretiminin yaklaşık 150×10^3 ton civarında olduğu belirtilmektedir. Kitinin birçok türevi bulunmakla beraber, bunlar arasında en önemlisi kitosandır (Süpüren ve diğ, 2006).

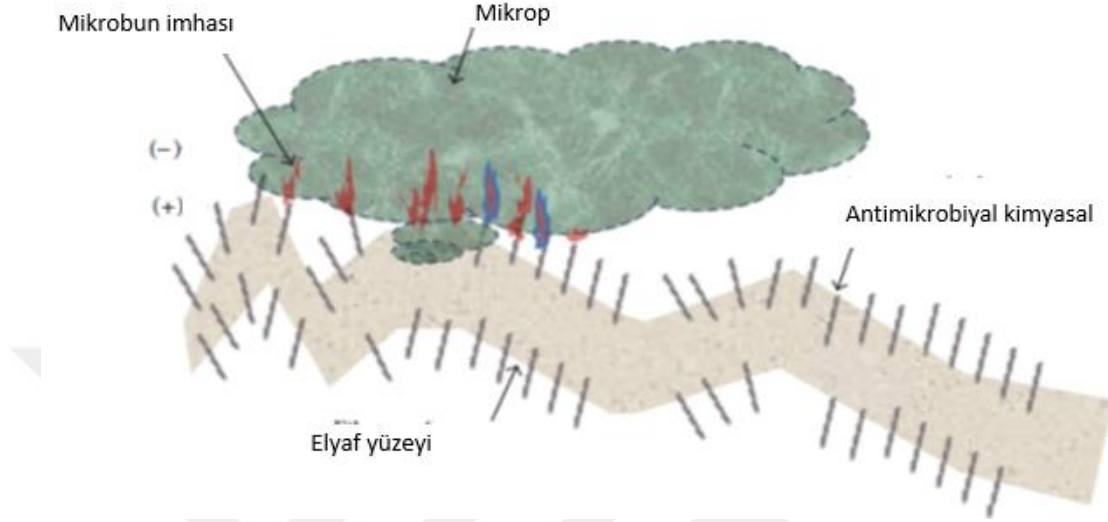
Kitosan doğal bir polimer olan kitinden elde edilmekte olup, kimyasal yapısı poli-[β -(1,4)-2-amino-2-deoksi- β -D-glukopiranoz] şeklindedir (Süpüren ve diğ, 2006).

Kitin ve kitosan, kimyasal olarak selüloza benzemesine rağmen yapısal olarak farklılıklar göstermektedir. Şekil 2.14'te görüldüğü üzere selülozda, ikinci karbon atomuna bağlı hidroksil (-OH) grubu bulunurken, kitinde asetamid (-NHCOCH₃), kitosanda ise amin (-NH₂) grubu bulunmaktadır (Demir ve Seventekin, 2009). Kitinin suda çözünmemesi ve kimyasal reaktivliğinin düşük olması sonucu endüstriyel alanda kısıtlı kullanım alanı bulmasına sebep olmuştur (Akaydın ve Kalkancı, 2014).



Şekil 2.14 : Selüloz, kitin ve kitosanın kimyasal yapıları (Süpüren ve diğ, 2006).

Kitosanın sahip olduğu amino grubu selülozdan farklı olarak, ona antimikrobiyal etki kazandırmaktadır. Pozitif yüklü amino grupları, negatif yüklü bakteri hücre duvarı ile etkileşime girip, hücre geçirgenliğini değiştirerek molekül için sızıntılara sebebiyet verir ve böylelikle bakteri gelişimini engeller (Şekil2.15) (Ranganath, 2011).



Şekil 2.15 : Kitosanın etki mekanizması (Ranganath, 2014).

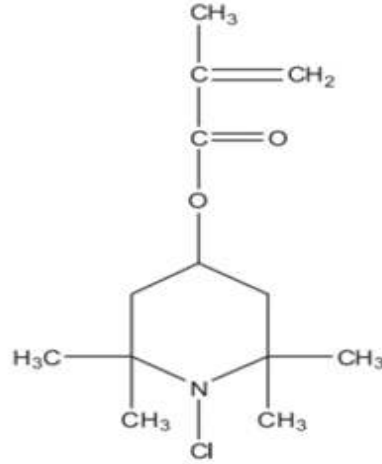
Çok sayıda antimikrobiyal bitim işlemi maddeleri kuaterner amonyum grupları içermektedir ve kitosana bu grupların bağlanması sonucu antimikrobiyal aktivitesi artırılmaktadır. Kitosan biyo uyumluluğu, toksik olmaması, karsinojenik etkiye sahip olmaması ve antimikrobiyal etkinliği nedeniyle tekstil bitim işlemlerinde ve medikal uygulamalarda kullanılmaktadır. Tekstilde özellikle pamuk, polyester ve yün liflerinin bitim işlemlerinde kullanıldığı gibi, doğrudan kitosan lifleri olarak da antibakteriyel etki sağlayabilmektedir. Örneğin, Crabyon lifleri, Chitopoly lifleri, yapılarında kitosan içeren antibakteriyel liflerdir (Akaydın ve Kalkancı, 2014).

Etkili bir kitosan esaslı antimikrobiyal maddenin potansiyel problemlerinden biri, kitosanın suda çözünmemesi ve yüksek molekül ağırlıklı olması nedeniyle ortamın viskozitesini artırması ve kumaşın tutumunu olumsuz yönde etkilemesidir (Ranganath, 2011). Bununla birlikte hedef olmayan mikroorganizmalar ve su kirliliği gibi yan etkileri nedeniyle kaygı konusudur (Gao ve Cranston, 2008).

2.5.1.6 N-halaminler

N-halaminler bir veya daha fazla nitrojen-halojen (N-X) kovalent bağı içeren heteroçiklik bileşikler olup, özellikle su arıtmında kullanılan geniş spektruma sahip dezenfektanlardır. Antimikrobiyal etkinlikleri halamin bağlarının (N-X) oksidatif

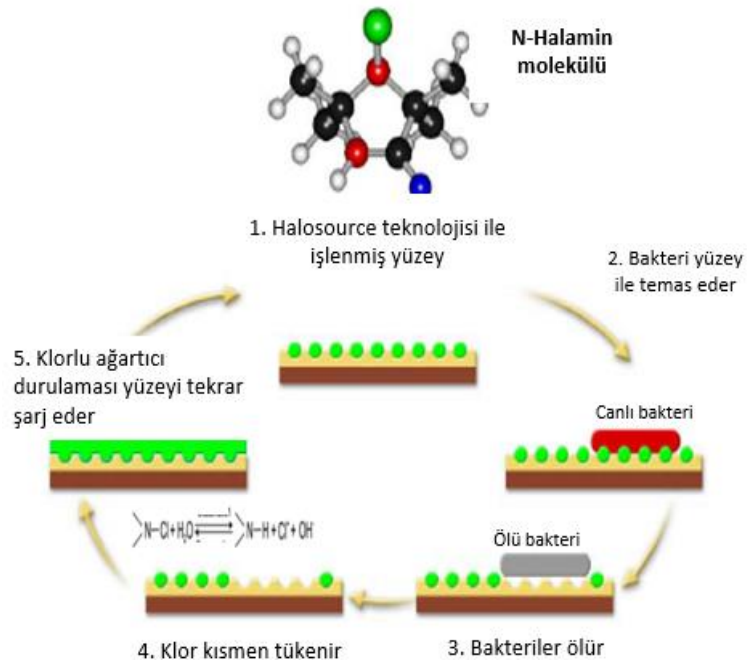
özelliklerinden gelmektedir (Gao ve Cranston, 2008). Kimyasal formülü Şekil 2.16’da verilmiştir.



N-kloro-2,2,6,6-tetrametil-4-piperidinil metakrilat

Şekil 2.16 : N-halaminlerin kimyasal yapısı (Morais ve diğ, 2016).

Genellikle klor olan halojen, su veya kloform varlığında hidrojen ile elektrofilik yer değiştirme reaksiyonuna girerek Cl^+ iyonlarının oluşmasıyla mikroorganizmanın metabolik ve enzimatik süreçlerini engelleyerek biyosit olarak davranır. Mikroorganizmaların deaktivasyonu esnasında N-halamin bağı tersinir olarak N-H bağına dönüşerek (ağartma veya yıkama esnasında) mikrobiyal aktivitenin rejenerasyonu için hipoklorit çözeltisi ortaya çıkarır (Ristic ve diğ, 2014).



Şekil 2.17 : N-halaminlerin etki mekanizması (Süpüren ve diğ, 2006).

Çizelge 2.2’de bazı ticari antimikrobiyal ürünler ve kimyasal yapıları verilmiştir.

Çizelge 2.2 : Bazı ticari antimikrobiyal ürünler ve kimyasal yapıları (Uddin, 2014).

No	Ürün Adı	Üretici	Kimyasal Yapısı
1	Ecosy	Unitika	Kitosan
2	Irgaguard (B5000, B6000, B7000)	BASF	Gümüş bazlı (sentetik elyaflar için)
3	Irgaguard (F3000)	BASF	Benzimidaol
4	Irgaguard 1000	BASF	Triklosan
5	Irgasam	Sigma Aldrich	Triklosan
6	iSys AG	CHT	Gümüş klorür
7	Microban	Microban International	Triklosan
8	Reputex 20	Arch Chemicals	PHMB
9	Ruco-Bac AGL; EPA	Rudolf	Tuzlar ve yüzey aktif maddeler
10	Ruco-Bac AGP	Rudolf	Gümüş klorür
11	Ruco-Bac CID	Rudolf	Triazol bileşiği (antifungal)
12	Ruco-Bac EXE	Rudolf	Kuaterner amonyum bileşiği
13	Ruco-Bac MED	Rudolf	Difenil alkan
14	Sanigard (DC, 7500, 500)	LN Chemical Industries	Organosilan kuaterner bileşiği
15	Sanigard-CHF	LN Chemical Industries	Triklosan
16	Sanigard KC	LN Chemical Industries	Kuaterner amonyum bileşiği bazlı katyonik yüzey aktif madde
17	Sanitized T99-19	Clariant	Kuaterner amonyum bileşiği
18	Silpure	Thomson Research Associates	Gümüş
19	SiSAM 500	SiSield Technologies, Inc	Kuaterner amonyum bileşiği
20	Smart Silver	Nanohorizon Inc.	Gümüş nano partikül
21	Tinosan HP 100	BASF	Halogenlendirilmiş fenol
22	Utex	Nantec Textile Co. Ltd.	Kitin
23	Vantocil IB	Zeneca Ltd.	PHMB

2.6 Önceki Çalışmalar

Antibakteriyel esaslı fonksiyonel tekstillerle ilgili yapılan önceki çalışmalarda; çoğunlukla pamuk gibi selülozik ve protein doğal liflerle yapılmış olan mamullere, bunun dışında da pamuk/sentetik karışımları, naylon, akrilik liflerinden yapılmış kumaşlara çeşitli kimyasal yapıdaki antimikrobiyal maddeler uygulanmıştır. Genellikle kitosan, sitrik asit, kuaterner amonyum tuzu esaslı antimikrobiyal özelliği olan

maddeler ile çalışılmıştır. Bu maddelerin tekstil mamulü üzerine uygulama parametrelerinin değiştirilerek mamulün antimikrobiyal aktivitesi belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun yanında çoğu çalışmada antimikrobiyal özelliğin yıkamaya karşı direnci de tespit edilmiştir.

Üreyen ve diğ. (2015), çalışmalarında tekstil kumaşlarına uygulanabilen yıkama dayanımı yüksek gümüş katkılı antibakteriyel kimyasal geliştirmişlerdir. Sentezledikleri gümüş katkılı kalsiyum fosfat esaslı antibakteriyel nano tane boyutundaki tozunu kullanarak apre kimyasalı geliştirmişlerdir. Geliştirilen apre kimyasalını laboratuvar koşullarında pamuk, PET ve modal kumaşlara uygulamışlar ve antibakteriyel etkinlik testlerini JIS-L 1902:2002 metodu ile Gram(-) *E.coli* bakterisine karşı gerçekleştirmişlerdir. BS EN ISO 26330 (5A programı) standardına göre Electrolux FOM 71 CLS model Wascator yıkama makinasında 20 kez yıkanan numunelere de aynı test uygulanmış ve hem pamuk hem de PET kumaşların 20 yıkama sonrasında çok güçlü antibakteriyel etkinliklerini koruduklarını göstermiştir. Modal kumaşlarda 20 yıkama sonrasında bakteri üremesi belirlenmiş olmakla birlikte bakteri sayısının önemli sayılabilecek derecede artmadığı belirlenmiştir. Literatürde antibakteriyel test sonucunda 3 log ve daha yukarı değerlerde azalma güçlü olarak nitelenmektedir .

Balcı (2006), triklosan ve kuaterner amonyum tuzu etken maddeli antimikrobiyal kimyasallar kullanarak emdirme ve çektirme yöntemiyle pamuk, polyester/viskon ve polyester/viskon/elastan olmak üzere 3 farklı tipte kumaş incelemiştir. Kumaşın performans özelliklerindeki değişim çeşitli laboratuvar testleriyle belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan her üç kumaş tipi için de antibakteriyel özellik açısından benzer sonuçlar çıkmış olup, triklosan içeren apre maddesinde belirli oranlarda bazı bakterilere karşı inhibisyon etkisi gözlenirken kuaterner amonyum tuzu etken maddeli bitim kimyasalı migrasyona uğramadığından bu etkiyi göstermemiştir. Kuaterner amonyum tuzu etken maddeli uygulamanın 20 g/l emdirme yöntemi hariç diğer yöntemlerle elde edilen numunelerin pamuklu kumaşta antibakteriyel özelliği 10 yıkamaya kadar dayanmaktadır. Polyester/viskon karışım kumaşta 10 yıkamaya kadar bile dayanmadığı görülmüştür. Genel olarak, çalışma sonucunda elde edilen antibakteriyel numunelerin yıkamaya karşı dayanıklılıklarının düşük çıktığı görülmüştür.

Ranganath (2011), çalışmasında hastane tekstillerinde kullanılan pes/pamuk karışımli kumaşta 5 farklı antimikrobiyal maddenin (gümüş, triklosan, QAC, PHMB ve kitosan) etkinliğini ve yıkama dayanımlarını araştırmıştır. Yıkama dayanımları için Amerikan

AATCC standartlarını kullanmış, antimikrobiyal aktivite ve yıkama dayanımını *S.Aureus* ve *E.Coli* bakterileri ile değerlendirmiştir. Tüm antibakteriyel maddeler *S.Aureus* bakterisinde %100 azalma göstermiştir. QAC'nin diğer antibakteriyel maddelerle kıyaslandığında *E.Coli* üzerinde daha düşük etki gösterdiği, diğer maddeler kendi aralarında değerlendirildiğinde bu bakteri türü üzerinde önemli farklılık göstermediği görülmüştür. *S.Aureus* ve *E.Coli* bakterileri üzerinde çalışılan tüm antibakteriyelerde 10 yıkamaya kadar farklılık görülmemiştir. Gümüş-triklosan ve kitosanın *S.Aureus* üzerinde 50 yıkamaya kadar dayanımlarında önemli farklılık gözlenmediği fakat diğerleri ile kıyaslandığında Triklosan = Silver = Kitosan > PHMB = QAC şeklinde olduğu, *E.Coli* bakterisi üzerinde ise 50 yıkama dayanımının Triklosan > gümüş > PHMB > kitosan = QAC şeklinde olduğu görülmüştür.

Chung ve diğ. (1998), sitrik asit ve kitosanı pamuk için dayanıklı pres ve antimikrobiyal bitim işlemlerinde kullanmıştır. Burada uygulama konvansiyonel emdirme-kurutma-fikse prosesi ile gerçekleştirilmiştir. Sitrik asitin selüloz ve kitosanın hidroksil grupları ile ya da kitosanın amino grupları ile ester çapraz bağları oluşturmak ya da iç iyonik etkileşim oluşturmak için reaksiyona girmesi beklenmiştir. Pamuklu kumaşlar yalnızca sitrik asit ile muamele edildiğinde dayanıklı pres performansı ve antimikrobiyal özellik göstermiş, 20 yıkama ve santrifüjlü kurutmaya kadar dayanıklılık göstermiştir. Dayanıklılığın sitrik asit ve kitosan ile yapılan uygulamada sadece sitrik asitle yapılan göre daha iyi düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Seong ve diğ. (1999), pamuk için antimikrobiyal madde olarak kito-oligosakkaritin kullanımını araştırmışlardır. İyi bir antibakteriyel aktivite ve yıkamaya karşı dayanımı olan bir pamuklu kumaş elde etmek için herhangi bir çapraz bağlama kimyasalına ihtiyaç duymadan kito-oligosakkaritle işlem yapmışlardır. İki farklı polimerizasyon derecesine (DP=3 ve 10) sahip kito-oligosakkarit pamuklu kumaşa uygulanmıştır. Daha sonra işlem görmüş pamuğun antimikrobiyal aktivitesi ve yıkamaya karşı dayanımı tespit edilmiştir. 50 yıkamada %2,4 kito-oligosakkarit ile işlem görmüş kumaşta DP 3 için % 95, DP 10 için %100 bakteri azalması gözlenmiştir.

Lim ve Hudson (2004), düşük molekül ağırlıklı, yüksek deasetilasyon derecesine sahip fiber-reaktif kitosan türevinin pamuklu kumaşlara antimikrobiyal tekstil bitim kimyasalı olarak soğuk emdirme yöntemi ile uygulanması konusunda çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda işlem görmüş kumaşın *S.Aureus* ve *E.Coli* bakterilerine karşı antimikrobiyal aktivitesi kantitatif olarak değerlendirilmiş olup, % 100 bakteri azalması

göstermiştir. Ardışık olarak yapılan 50 ev tipi yıkama işleminin ardından bile % 99'un üzerinde aktivitesini sürdürmüştür.

Akaydın ve Kalkancı (2014), çalışmalarında kuaterner amonyum tuzu ile bitim işlemlerinden geçirilmiş farklı kompozisyonlardaki kumaşların, farklı organizmalarla muameleleri sonundaki antimikrobiyal etkinlikleri araştırmışlardır. %50 pamuk - %50 polyester, % 65 pamuk - %35 polyester karışım ve %100 polyester kumaşlarda, iki kumaş türünün *E.Coli* karşısındaki etkinlik değerlerinin birbirine çok benzemekle birlikte kabul edilebilir sınırlarda olduğu, % 68 polyester - %31 pamuk - %1 karbon karışımlı kumaşın tüm konsantrasyonlarda üremeyi inhibe ettiği tespit edilmiştir. Bu etkin sonucun karbon lifinden kaynaklandığı düşünülmektedir. *S.Aureus* ile muamele sonunda; % 100 pamuk, % 65 pamuk - %35 polyester, %100 polyester kumaşa ilk dilüsyonda etkinliğin olmadığı, sonraki dilüsyonlarda etkinliğin olduğu tespit edilmiştir. %50 pamuk - %50 polyester, % 65 polyester - %35 viskon ve % 68 polyester - %31pamuk- %1 karbon karışımlı kumaşlarda konsantrasyonların tamamında üremeyi inhibe ettiği tespit edilmiştir.

Farouk ve diğ. (2014), çalışmalarında ZnO nano parçacıklarla modifiye edilmiş inorganik-organik hibrit polimerlerin, parçacık büyüklüğüne göre gram pozitif ve gram negatif bakterileri üzerindeki antibakteriyel etkinliklerini değerlendirmişlerdir. Hibrit malzemeler 100% pamuk ve %65 polyester %35 pamuk tekstil malzemeleri üzerine emdirme-kurutma-fikse metodu ile aplike edilmiştir. Çalışma sonunda antibakteriyel etkinliğin ZnO partikül miktarının artışı ile artış gösterdiği, partikül büyüklüğünün artması ile azaldığı görülmüştür.

Lazıcı ve diğ. (2012), yaptıkları çalışmada koloidal gümüş nano partiküllerinin ve gümüş klorür etken maddeli Ruco-Bac AGP kimyasalının boyalı pamuklu kumaşa, *S.Aureus* ve *E.Coli* bakterilerine karşı antibakteriyel etkilerini karşılaştırmışlardır. Pamuk kumaşlar Bezanthren Olive T ve Bezanthren Grey FFB küp boyarmaddeleri ile boyanmıştır. Ruco-Bac AGP kimyasalının tersine gümüş nano partikülleri uygulanan boyadan bağımsız olarak boyalı pamuklu kumaşa maksimum bakteri inhibisyonunu sağlamıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın birinci aşamasında Savcan Tekstil A.Ş. işletmesinden %100 pamuk dokuma, %100 viskon dokuma ve %100 polyester dokuma kalitelerinin baskılı bitmiş ürünleri temin edilmiştir. Seçilen kumaşların ön terbiye, baskı ve bitim işlemleri Savcan Tekstil standart operasyon talimatları doğrultusunda üretim şartlarında gerçekleştirilmiş olup fiziksel ve haslık performans testleri uygulanmıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında, antibakteriyel bitim işlemleri için Rudolf Duraner firmasından temin edilen kuaterner amonyum bileşiği, gümüş, triklosan ve çinko etken maddeli antibakteriyel bitim kimyasalları temin edilmiştir. Bitim işlemi görmüş numunelere, ürün teknik bilgi formlarında belirtilen şartlara uygun olarak işletme koşullarında antibakteriyel apre işlemi uygulanmak suretiyle performans testleri tekrar uygulanmıştır.

Çalışmanın üçüncü aşamasında antibakteriyel bitim işlemi görmüş numuneler ev tipi çamaşır yıkama makinasında 20 kez yıkama ve otoklavda sterilizasyon işlemlerine tabi tutulmuşlardır. Hem 20 kez yıkama işlemi görmüş numunelere, hem de otoklavda sterilizasyon işlemine tabi tutulmuş numunelere ASTM E2149-01 metoduna göre antibakteriyel etkinlik testi uygulanarak ticari antibakteriyel ürünlerin elyaf tiplerine göre gösterdikleri performans, ev tipi yıkama ve otoklav dayanımları da endüstriyel skalada tayin edilmiştir.

20 yıkama sonrası E.Coli bakterisi ile yapılan testin antibakteriyel etkinlik sonuçlarında genel olarak bakterilerin üreme eğilimi göstermesi ve beklenen performansın gerçekleşmemesi sebebiyle çalışma tekrarlanmıştır. Tekrar yapılan çalışmada; aynı numunelerin ev tipi yıkama makinasındaki 20 yıkama ve kurutma işlemi yinelenmiştir. Bu işleme ilave olarak gümüş antibakteriyel etken maddeli kimyasal ile işlem görmüş numunelere endüstriyel tip laboratuvar yıkama makinasında (Wascator FOM 71 MP Lab) 20 yıkama işlemi uygulanmıştır. İki farklı yöntemle yıkama ve kurutma işlemine tabi tutulan numunelere ASTM E2149-01 metoduna göre E.Coli ve S.Aureus bakterileri ile antibakteriyel etkinlik testi uygulanmıştır.

3.1 Kumaş

Antibakteriyel bitim işlemleri uygulanmak üzere temin edilen kumaşlara ait teknik özellikler Çizelge 3.1’de belirtilmiştir.

Çizelge 3.1 : Çalışmada Kullanılan Kumaşların Yapısal Özellikleri.

Kompozisyon	Dokuma Tipi	Mamul Sıklık		Mamul En cm	Mamul Gramaj g/m ²	Çözüğü İpliği		Atkı İpliği	
		Çözüğü/cm	Atkı/cm			Tipi	No.	Tipi	No.
%100 Polyester Dokuma	Mus	8 9	4 1	150 “± 2%	110 ± 5%	Tekstür e (2650 T/m)	75/72	Tekstür e (2650 T/m)	75/72
%100 Viskon Dokuma	B1/1	2 8	2 4	145 ± 2%	125 ± 5%	Ring	Ne 28/1	Ring	Ne 28/1
%100 Pamuk Dokuma	B1/1	5 2	3 0	147 ± 2%	130 ± 5%	Penye	Ne 40/1	Penye	Ne 40/1

Çalışmada kullanılan kumaşlara ait desen görselleri Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 : Çalışmada Kullanılan Kumaşların Desen ve Renkleri.

3.2 Antibakteriyel Bitim Kimyasalları

Çalışmada kullanılan antibakteriyel bitim kimyasallarının özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 : Çalışmada kullanılan antibakteriyel bitim kimyasalları özellikleri.

Kimyasal Kodu	Kimyasal Yapısı	İyonik Yapısı	pH	Özgül Ağırlığı g/cm ³	Özellik	Aktivite yöntemi	Önerilen kullanım miktarı
Ruco-Bac HSA	Kuaterner amonyum bileşiği	Katyonik	7,0	1,1	Antibakteriyel , antifungal(zayıf)	Kontakt	2 - 20 g/l
Ruco-Bac AGP	İnorganik tuzlar ve yüzey aktif maddeler karışımı	Anyonik	6,0-7,0	0,98	Antibakteriyel , antifungal(zayıf)	Kontakt	2 - 5 g/l
Ruco-Bac MED	AgCl/TiO ₂ Difenilalkalin türevi (Triklosan)	Nonyonik	6,0-7,0	1,011	Antibakteriyel , antifungal, antialerjik	Difüzyon	30 - 60 g/l
Ruco-Bac ZPY	Metal tuzların karışımı (Zincpyrithione)	Hafif anyonik	7,0-9,0	1,1	Antifungal, antibakteriyel	Difüzyon	2,0 - 10 g/l (ekonomik standart reçete-düşük yıkama dayanımı)

3.3 Yöntem

Çalışma kapsamında temin edilen %100 pamuk, %100 viskon ve %100 polyester dokuma kumaşların işletme içinde izlediği proses akışı Çizelge 3.3’de özetlenmiştir.

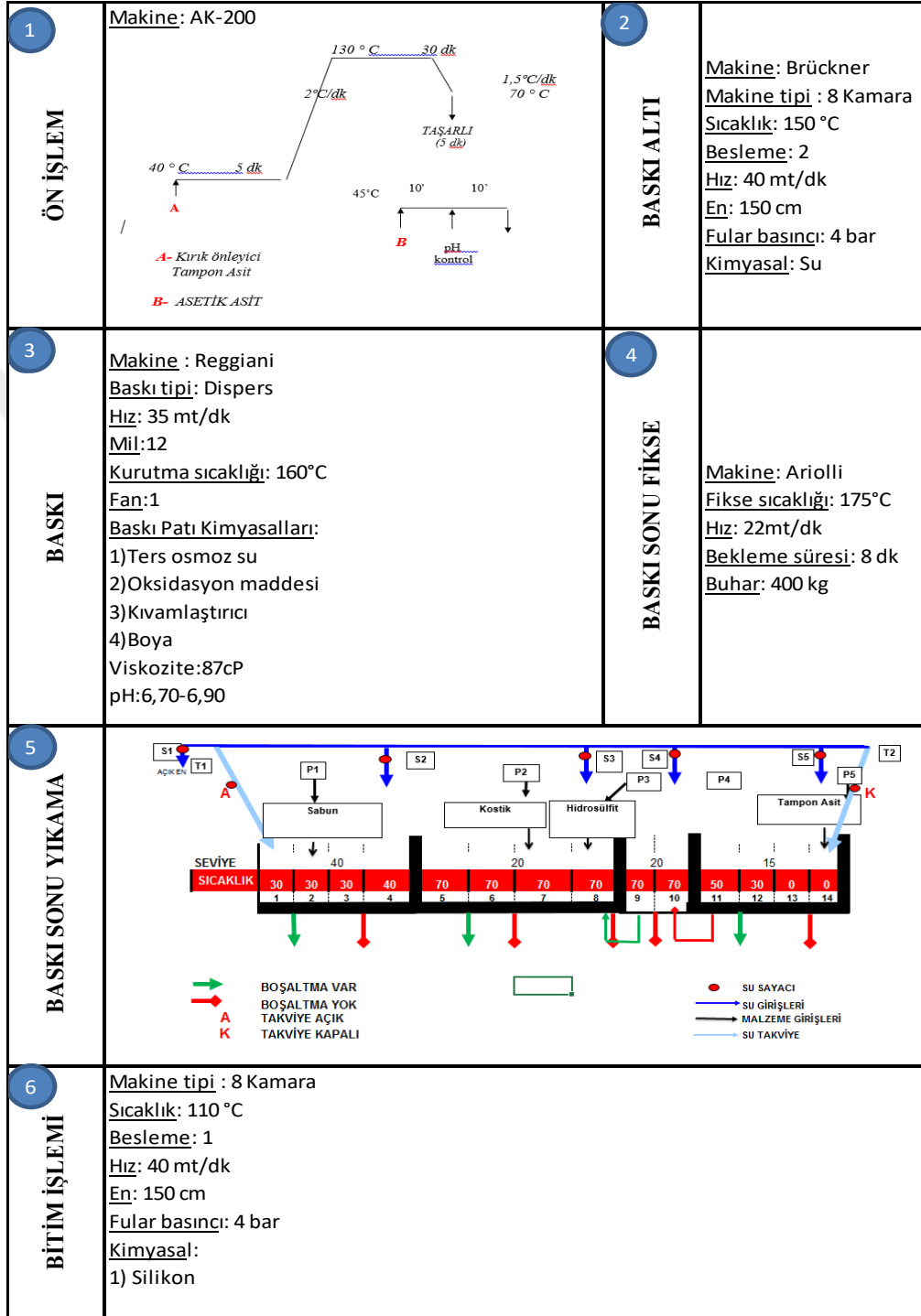
Çizelge 3.3 : Çalışmada kullanılan kumaş türlerinin işlem akışları.

Kumaş Türü	Kumaşın İzlediği İşlem Akışı
Polyester	Jet Nötralizasyon - Ram Baskı Altı Hazırlama - Dispers Baskı - Fikse - Halat Yıkama - Ram Bitim
Viskon	Gaze (Kuru Yakma + Soğuk Kasar) - Açık En Yıkama - Ram Baskı Altı Hazırlama - Reaktif Baskı - Fikse - Halat Yıkama - Ram Bitim - Sanfor
Pamuk	Gaze (Kuru Yakma + Soğuk Kasar) - Açık En Yıkama - Kostikleme - Açık En Yıkama - Ram Baskı Altı Hazırlama - Reaktif Baskı - Fikse - Emprime Yıkama - Ram Bitim - Sanfor

3.3.1 Kumaş ön işlem, baskı ve bitim işlemleri

3.3.1.1 Polyester Kumaş

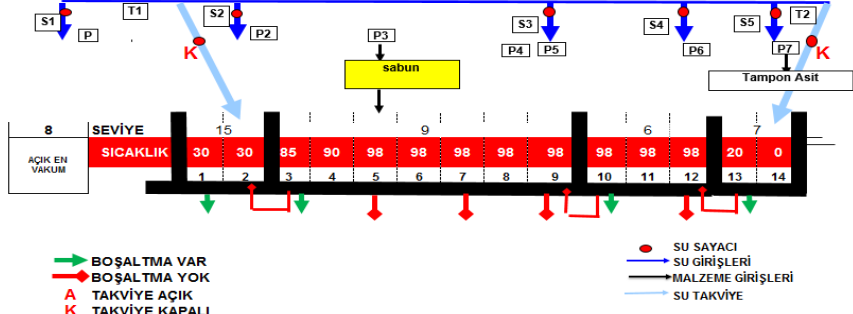
Polyester kumaşa ait ön işlem, baskı ve bitim prosesleri Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2 : Polyester kumaş proses akışı

3.3.1.2 Viskon kumaş

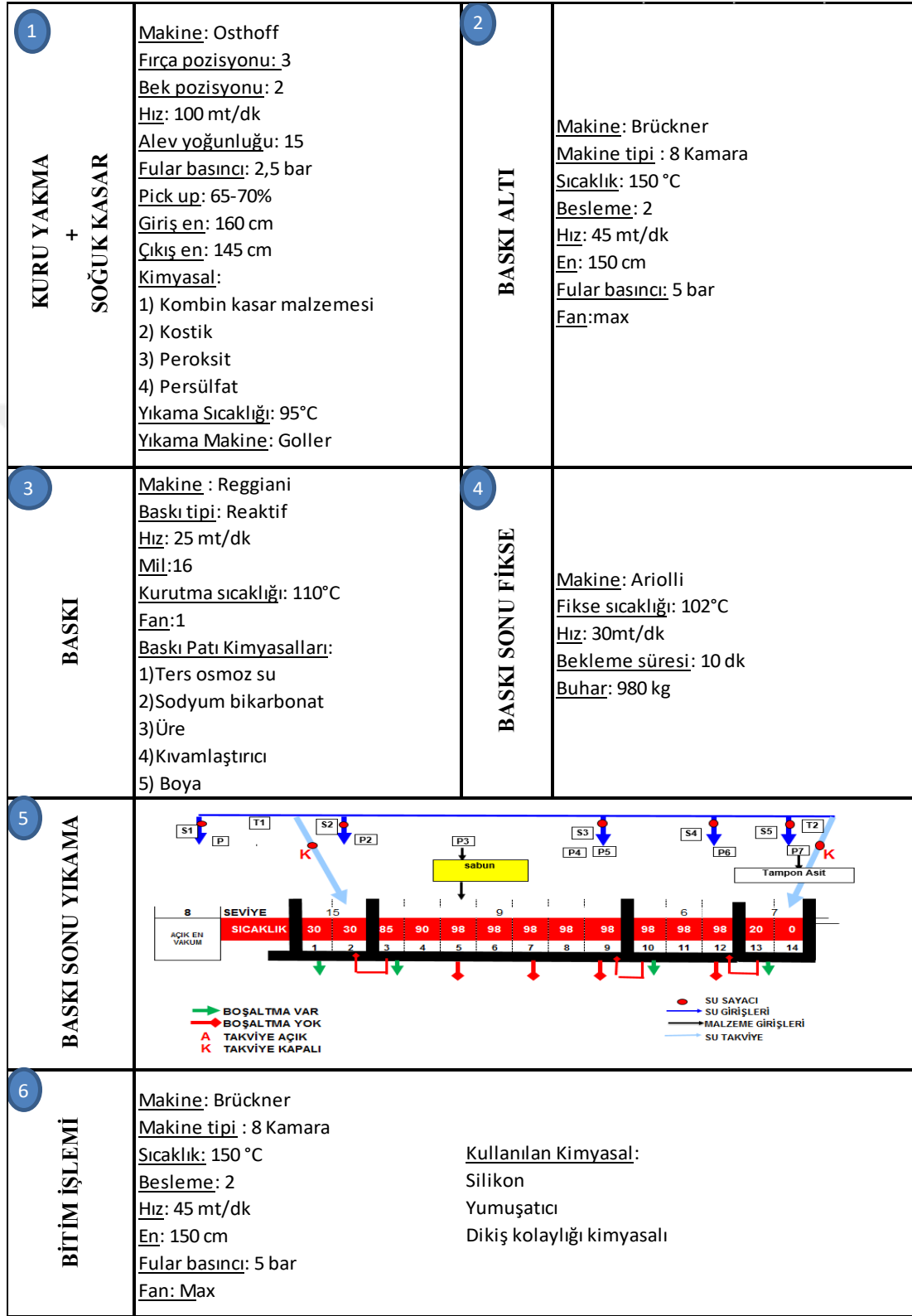
Viskon kumaşa ait ön işlem, baskı ve bitim prosesleri Şekil 3.3’te verilmiştir.

1 KURU YAKMA + SOĞUK KASAR	Makine: Osthoff Fırça pozisyonu- Giriş:4 Çıkış:5 Bek pozisyonu: 2 Hız: 100 mt/dk Alev yoğunluğu: 17 Fular basıncı: 5 bar Pick up: 100-105% Giriş en: 160 cm Çıkış en: 145 cm	2 BASKI ALTI	Makine: Brückner Makine tipi : 8 Kamara Sıcaklık: 130 °C Besleme: 10 Hız: 40 mt/dk En: 150 cm Fular basıncı: 5 bar Fan:2
3 BASKI	Makine : Reggiani Baskı tipi: Reaktif Hız: 25 mt/dk Mil:16 Kurutma sıcaklığı: 110°C Fan:1 Baskı Patı Kimyasalları: 1)Ters osmoz su 2)Sodyum bikarbonat 3)Üre 4)Kıvamlaştırıcı 5) Boya	4 BASKI SONU FİKSE	Makine: Ariolli Fikse sıcaklığı: 102°C Hız: 30mt/dk Bekleme süresi: 10 dk Buhar: 980 kg
5 BASKI SONU YIKAMA			
6 BITİM İŞLEMİ	Makine: Brückner Makine tipi : 8 Kamara Sıcaklık: 150 °C Besleme: 5 Hız: 40 mt/dk En: 152 cm Fular basıncı: 5 bar Fan:1 <u>Kullanılan Kimyasal:</u> Silikon Yumuşatıcı		

Şekil 3.3 Viskon kumaş işlem akışı

3.3.1.3 Pamuk kumaş

Pamuk kumaşa ait ön işlem, baskı ve bitim prosesleri Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4 Pamuk kumaş işlem akışı

3.3.2 Bitmiş ürünlere uygulanan performans testleri

Üretim şartlarında bitim işlemleri gerçekleştirilmiş olan numunelere aşağıda belirtilen performans testleri tanımlı standart normların belirtilen revizyonlarına göre uygulanmıştır:

- 1) Birim uzunluk gramajının ve birim alan gramajının belirlenmesi (TS ISO 3801:2015)
- 2) Yıkama ve kurutma sonrası boyut sabitliği (TS EN ISO 6330:2012)
- 3) Evsel ve ticari yıkamaya karşı renk haslığı (TS EN ISO 105-C06:2012)
- 4) Suya karşı renk haslığı (TS EN ISO 105 E01:2013)
- 5) Tere karşı renk haslığı (TS EN ISO 105 E04:2013)
- 6) Sürtmeye karşı renk haslığı tayini (TS EN ISO X12:2006)
- 7) Sulu özütte pH tayini (TS EN ISO 3071:2006)
- 8) Kumaşların gerilme özellikleri - Bölüm 2: Kavrama metodu kullanarak en büyük kuvvetin tayini (TS EN ISO 13934-2:2014)
- 9) Kumaşların yırtılma özellikleri- Bölüm 1: Balistik sarkaç metodu ile yırtılma kuvvetinin tayini (TS EN ISO 13937-1:2006)
- 10) İpliklerin kaymaya karşı mukavemetinin tayini_Dikiş metodu (TS EN ISO 13936-1:2006)
- 11) Kumaşlarda yüzey tüylenmesi ve boncuklanma yatkinliğinin tayini (TS EN ISO 12945-2:2002)

3.3.3 Antibakteriyel bitim işlemleri

Bitim işlemi görmüş kumaşlara aplike edilecek antibakteriyel bitim kimyasalları, üretici firma ürün teknik bilgi formlarında tanımlı proses şartları dikkate alınarak uygulanmış olup detay bilgileri Çizelge 3.4’te verilmiştir. Antibakteriyel bitim işlemi esnasında, kumaşların daha önce bitim işlemi görmüş olması sebebiyle antibakteriyel kimyasala ilave olarak belirtilen oranlarda ıslatıcı ilave edilmiş ve işlem esnasında ıslanma oranları ölçülmüştür. Antibakteriyel bitim işlemi görmüş kumaşlara belirtilen performans testleri tekrar uygulanmış olup sonuçlar değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.4 : Antibakteriyel bitim işlemi uygulama şartları.

Kumaş Türü	Proses şartları	Kullanılan kimyasallar ve uygulama miktarları			
		Kuaterner amonyum bileşiği	Gümüş	Triklosan	Çinko
		15 gr/lt	5 gr/lt	50 gr/lt	10 gr/lt
		Islatıcı: 15 gr/lt	Islatıcı: 15 gr/lt	Islatıcı: 15 gr/lt	Islatıcı: 15 gr/lt
		Islanma Oranı %	Islanma Oranı %	Islanma Oranı %	Islanma Oranı %
Polyester	Sıcaklık:130°C Fular basıncı:4 bar Makine hızı:40 m/dk (8Ka) Besleme:1	46	42	42	18
Viskon	Sıcaklık:130°C Fular basıncı:4 bar Makine hızı:35 m/dk (8Ka) Besleme:8	75	76	72	73
Pamuk	Sıcaklık:130°C Fular basıncı:5 bar Makine hızı:32 m/dk (8Ka) Besleme:2	47	41	50	20

3.3.4 Sterilizasyon işlemleri

Numunelerin hastane tekstili olarak kullanılabileceği düşünülerek antibakteriyel bitim işlemi görmüş numunelere Bursa Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Laboratuvarında nemli sıcaklıkla sterilizasyon uygulanmıştır. Sterilizasyon işlemi 121°C sıcaklık, 1,1-1,2 bar basınç altında 15 dakika süreyle gerçekleştirilmiştir. İşlem için HIRAYAMA HICLAVE HV -50 L laboratuvar tipi otoklav kullanılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 : Laboratuvar tipi otoklav cihazı.

3.3.5 Yıkama işlemleri

Antibakteriyel bitim işlemi görmüş numunelerin yıkama sonrası etkinliğinin değerlendirilebilmesi amacıyla yapılan yıkama ve kurutma işlemlerine ait proses şartları Çizelge 3.5'te verilmiş olup, yıkama işlemleri için nihai kullanıcı olan tüketicilerin kullandığı ev tipi çamaşır yıkama makinası tercih edilmiştir.

Çizelge 3.5 : Ev tipi makinada uygulanan yıkama ve kurutma işlemleri.

Makine Tipi	Uygulanan Program	Sıcaklık	Deterjan tipi	Yıkama Sayısı ve Süresi	Toplam Yük	Kurutma Tipi	Uygulama Şekli
Miele	Gömleklik Sıkma devri: 900 devir	40°C	ECE referans deterjan 98	20 yıkama x 54 dk.	2 kg (PET/CO tip balast)	Sererek	20 yıkama, 1 kurutma

20 yıkama sonrası *E.Coli* bakterisi ile yapılan testin antibakteriyel etkinlik sonuçlarında genel olarak bakterilerin üreme eğilimi göstermesi ve beklenen performansın gerçekleşmemesi sebebiyle çalışma tekrarlanmıştır. Tekrar yapılan çalışmada; aynı numunelerin ev tipi yıkama makinasındaki 20 yıkama ve kurutma işlemi yinelenmiştir. Bu işleme ilave olarak gümüş antibakteriyel etken maddeli kimyasal ile işlem görmüş numunelere endüstriyel tip laboratuvar yıkama makinasında (Wascator FOM 71 MP Lab) 20 yıkama işlemi uygulanmıştır. İki farklı yöntemle yıkama ve kurutma işlemine tabi tutulan numunelere ASTM E2149-01 metoduna göre *E.Coli* ve *S.Aureus* bakterileri ile antibakteriyel etkinlik testi uygulanmıştır. Endüstriyel tip laboratuvar yıkama makinasında uygulanan yıkama işlemlerine ait çalışma şartları Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6 : Laboratuvar tipi makinada uygulanan yıkama ve kurutma işlemleri.

Makine Tipi	Yıkama Program	Sıcaklık	Deterjan	Yıkama Sayısı ve Süresi	Toplam Yük	Kurutma Tipi	Uygulama Şekli
Wascator FOM71 MPLab	4G Sıkma devri:500 devir	40°C	ECE referans deterjan 98	20 yıkama x 35 dk.	2 kg (PET/CO balast)	Sererek	20 yıkama, 1 kurutma

3.3.6 Antibakteriyel etkinlik belirleme testleri

Antibakteriyel etkinlik ATCC 35218 numaralı Gram-negatif *Escherichia Coli* ve ATCC 6538 numaralı Gram-pozitif *Staphylococcus Aureus* bakterilerine karşı ASTM E- 2149 test metoduna uygun olarak test edilmiştir. Test sonuçlarının doğrulanması amacıyla bu testler iki kez yapılmış olup birinci teste her bir kumaş numunesine

aktarılan bakteri konsantrasyonu $4,25 \times 10^5$ (log 5,63), ikinci testte ise $2,85 \times 10^5$ (log 5,45) cfu/ml olarak belirlenmiştir. Kısaca, 1 g ağırlığındaki kumaş numuneleri 50 ml bakteri solüsyonu içeren steril kavanoz içerisinde 24 saat boyunca çalkamalı inkübatör içerisinde oda sıcaklığında çalkalanmıştır. Ardından her bir numuneden fosfat tampon solüsyonu ile bir dizi seyreltme işlemleri yapılarak Muller-HintonII agar besiyeri üzerine ekim yapılmıştır. Son olarak, 24 saat boyunca 37°C de inkübasyonu sonunda elde edilen koloni sayıları belirlenmiştir. Bakteri değişimi aşağıdaki denklem ile (3.1) hesaplanmıştır:

$$\text{Değişim (cfu/ml)} = (B-A)/A * 100 \quad (3.1)$$

Bu formülde; A, 24 saat sonra numuneler üzerinde elde edilen bakteri koloni sayısı, B ise numunelere başlangıçta uygulanan bakteri koloni sayısını ifade eder. + olarak verilen değerler bakteri sayılarında artış olduğunu, - olarak verilen değerler bakteri sayılarında azalma olduğunu göstermektedir. Pamuk, viskon ve polyester esaslı dokuma kumaşlardan bir adet kaplanmamış, kaplanmış, kaplanmış & yıkanmış ve kaplanmış & otoklavlanmış olarak her biri ayrı ayrı test edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Birim Alan Gramajı Ölçümleri

Antibakteriyel bitim işlemi görmüş numunelere ait alınan ölçümler Çizelge 4.1’de verilmiş olup mamul kumaş üzerinde tolerans dışı olumsuz etkisi görülmemiştir.

Polyester kumaş için seçilen ürünün mamul kumaş birim alan gramajı Savcan işletmesi kalite standartlarında $110 \pm 5\%$ g/m² olarak tanımlanmış olup, elde edilen veriler doğrultusunda belirlenen $\pm 5\%$ toleransı dahilinde olduğu görülmüştür.

Viskon kumaş için seçilen ürünün mamul kumaş birim alan gramajı Savcan işletmesi kalite standartlarında $125 \pm 5\%$ g/m² olarak tanımlanmış olup, elde edilen veriler doğrultusunda belirlenen $\pm 5\%$ toleransı dahilinde olduğu görülmüştür.

Pamuk kumaş için seçilen ürünün mamul kumaş birim alan gramajı Savcan işletmesi kalite standartlarında $130 \pm 5\%$ g/m² olarak tanımlanmış olup, elde edilen veriler doğrultusunda belirlenen $\pm 5\%$ toleransı dahilinde olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.1 : Birim alan gramajı ölçüm sonuçları tablosu.

Kumaş	Antibakteriyel Etken Madde	Birim Alan Ağırlığı (g/m ²)
Polyester	Antibakteriyel İşlem Görmemiş	107
	Kuaterner amonyum bileşiği	113
	Çinko	112
	Triklosan	112
	Gümüş	113
Viskon	Antibakteriyel İşlem Görmemiş	124
	Kuaterner amonyum bileşiği	130
	Gümüş	126
	Triklosan	129
	Çinko	127
Pamuk	Antibakteriyel İşlem Görmemiş	131
	Kuaterner amonyum bileşiği	133
	Gümüş	133
	Triklosan	131
	Çinko	132

4.2 Yıkama ve kurutma sonrası boyut sabitliği

Antibakteriyel bitim işlemi görmüş numunelerin yıkama ve kurutma sonrası boyut sabitliği testleri sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Belirlenen kumaş türleri için Savcan işletmesi kalite standartlarında polyester ve pamuk kumaşlar için yıkama ve kurutma sonrası boyut sabitliği değerleri $\pm 3\%$, viskon kumaşlar için $\pm 5\%$ olarak tanımlanmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda antibakteriyel bitim işlemlerinin polyester ve pamuk dokuma kumaşların boyut sabitliği değerlerine olumsuz yönde etki etmediği, viskon dokuma kumaşlarda ise değişken değerler olduğu görülmüştür. Bu durumun ramözde besleme ayarları ile düzenlenerek giderilebileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.2 : Yıkama ve kurutma sonrası boyut sabitliği test sonuçları.

Kumaş	Antibakteriyel etken madde	En çekme (%)	Boy çekme (%)
Polyester	Antibakteriyel İşlem Görmemiş	-0,2	-0,5
	Kuaterner amonyum bileşiği	-0,3	-0,5
	Gümüş	-0,2	-0,4
	Triklosan	-0,2	-0,4
	Çinko	-0,4	-0,5
Viskon	Antibakteriyel İşlem Görmemiş	-3,7	-7,5
	Kuaterner amonyum bileşiği	-0,7	-5
	Gümüş	-1,0	-8
	Triklosan	-1,5	-6
	Çinko	-0,2	-5,3
Pamuk	Antibakteriyel İşlem Görmemiş	-0,5	-1,5
	Kuaterner amonyum bileşiği	-0,3	-1,5
	Gümüş	-1	-1,5
	Triklosan	-0,5	-1,5
	Çinko	-0,7	-1,2

4.3 Haslık testleri

Çizelge 4.3’te verilen haslık testlerinin gri skala ile yapılan görsel değerlendirmelerine göre viskon ve pamuklu kumaşlarda haslıkların olumsuz yönde etkilenmediği ve hatta bazı haslıklarda bir miktar iyileşmenin elde edildiği görülmektedir. Haslık standartları

için genel kabul gören değerin 4,0 olduğu göz önünde tutularak, viskon ve pamuk kumaşlarda anlamlı bir değişimin olmadığı kanaatine varılmıştır. Polyester kumaşlarda ise işlem görmemiş kumaşa göre genel olarak 0,5-1,0 puan arasında gerileme olduğu görülmüştür. Bu durumun ilave bir bitim işlemi neticesinde dispers boyaların bir miktar ısıl migrasyona uğradığı ve dolayısı ile haslıkların bir miktar gerilemesine sebep olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.3 : Haslık test sonuçları.

Kumaş Kodu	Antibakteriyel Etken Madde	Eysel ve Ticari Yıkamaya Karşı Renk Haslığı	Suya Karşı Renk Haslığı	Tere Karşı Renk Haslığı- Asidik	Tere Karşı Renk Haslığı- Alkali	Sürtmeye Karşı Renk Haslığı-Kuru	Sürtmeye Karşı Renk Haslığı-Yaş
Polyester	Antibakteriyel İşlem Görmemiş	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
	Kuaterner amonyum bileşiği	4,0	3,5	3,5	3,5	4,5	4,5
	Gümüş	4,5	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5
	Triklosan	4,5	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5
Viskon	Çinko	4,5	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5
	-	4,5	4,0	4,0	4,0	4,5	4,0
	Kuaterner amonyum bileşiği	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	3,5
	Gümüş	4,5	4,0	4,0	4,0	4,5	4,0
Pamuk	Triklosan	4,5	4,0	4,0	4,0	4,5	3,0
	Çinko	4,5	4,0	4,0	4,0	4,5	3,5
	Antibakteriyel İşlem Görmemiş	4,5	4,5	4,0	4,0	4,5	4,5
	Kuaterner amonyum bileşiği	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
	Gümüş	4,5	4,5	4,0	4,0	4,5	4,5
	Triklosan	4,5	4,5	4,0	4,0	4,5	4,5
	Çinko	4,5	4,5	4,0	4,0	4,5	4,5

4.4 Sulu Özütte pH Tayini

Numunelerin sınıf 3 tip su ile hazırlanan sulu özütleri 2012 Model MISUNG MS300HS tip çalkalayıcılı karıştırıcıda 2 saat süre ile çalkalandıktan sonra pH ölçümleri alınmıştır. Çizelge 4.4'te verilen kumaşların sulu özütlerindeki pH ölçüm sonuçlarına göre antibakteriyel bitim işlemlerinin kumaş pH'ını olumsuz yönde etkilemediği, Oeko-Tex 100 Sınıf II standartlarına göre 4,0-7,5 pH aralığında olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.4 : Kumaş pH değerleri ölçüm sonuçları.

Kumaş kodu	Antibakteriyel Etken Madde	pH
Polyester	Antibakteriyel İşlem Görmemiş	6,53
	Kuaterner amonyum bileşiği	6,48
	Gümüş	6,73
	Triklosan	6,68
	Çinko	6,70
Pamuk	Antibakteriyel İşlem Görmemiş	6,61
	Kuaterner amonyum bileşiği	6,77
	Gümüş	6,91
	Triklosan	7,01
	Çinko	6,44
Viskon	Antibakteriyel İşlem Görmemiş	6,72
	Kuaterner amonyum bileşiği	6,68
	Gümüş	6,94
	Triklosan	6,76
	Çinko	6,80

4.5 İpliklerin Kaymaya Karşı Mukavemetinin Tayini-Dikiş Metodu

Dikiş metodu ile ipliklerin kaymaya karşı mukavemeti James Heal üreticisine ait 2014 Model Titan4 CRE test cihazında, 500 N yük hücresi ile, 50 mm/dk hızla gerçekleştirilmiştir. Antibakteriyel bitim işlemlerinin ipliklerin kaymaya karşı direncini genel olarak olumsuz yönde etkilemeyip bir miktar arttırdığı görülmüştür (Çizelge 4.5). Burada görülen artış genel olarak apre işlemi ile kumaş yüzeyinde oluşan ince film tabakasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim kumaş tutumunda hissedilen bir miktar sertlik burada film tabakası oluşumunu desteklemektedir. Her üç kumaş tipi için de genel kabul gören standartlar

doğrultusunda 80 N değeri olduğu göz önüne alındığında, uygulanan işlemlerin hiçbirinin ipliklerin kaymaya karşı direncinde negatif bir etki oluşturmadığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.5 : İpliklerin kaymaya karşı mukavemeti test sonuçları.

Kumaş	Antibakteriyel Etken Madde	çözü dikiş kayma (N)	çözü dikiş kopma (N)	atkı dikiş kayma (N)	atkı dikiş kopma (N)
Polyester	Antibakteriyel	128	>200	>200	>200
	İşlem Görmemiş				
	Kuaterner	183	>200	>200	>200
	amonyum bileşiği				
	Gümüş	183	>200	>200	>200
Viskon	Triklosan	>200	>200	>200	>200
	Çinko	189	>200	>200	>200
	Antibakteriyel	83	92	kopuş	150
	İşlem Görmemiş				
	Kuaterner	87	103	kopuş	139
Pamuk	amonyum bileşiği				
	Gümüş	91	98	kopuş	150
	Triklosan	81	97	kopuş	137
	Çinko	82	92	kopuş	129
	Antibakteriyel	99	129	>200	>200
	İşlem Görmemiş				
	Kuaterner	103	120	>200	>200
	amonyum bileşiği				
	Gümüş	117	132	>200	>200
	Triklosan	127	138	>200	>200
	Çinko	112	137	>200	>200

4.6 Kumaşların Gerilme Özellikleri-Kavrama Metodu Kullanarak En Büyük Kuvvetin Tayini

Test James Heal üreticisine ait 2014 Model Titan4 CRE test cihazında, 500 N yük hücresi ile 50 mm/dk hızla gerçekleştirilmiştir. İşlem görmüş ve görmemiş kumaşların kopma mukavemetleri test edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.6’da verilmiştir. Her bir numune için 3 adet tekrar yapılmış ve hesaplanan ortalama sonuçlar gösterilmiştir. Görüldüğü üzere genel olarak anlamlı bir değişim elde edilmemiş olup, bu test için

genel kabul gören değerin 120 N olduğu da göz önünde tutulursa, uygulanan antibakteriyel bitim işlemi işlem görmemiş kumaşların kopma mukavemetini olumsuz etkilememiştir.

Çizelge 4.6 : Kopma mukavemeti test sonuçları.

Kumaş	Antibakteriyel Etken Madde	Çözü Mü Mukavemet (N)	Atkı Mukavemet (N)
Polyester	Antibakteriyel İşlem Görmemiş	531	300
	Kuaterner amonyum bileşiği	528	302
	Gümüş	542	298
	Triklosan	561	310
	Çinko	530	301
Viskon	Antibakteriyel İşlem Görmemiş	195	131
	Kuaterner amonyum bileşiği	198	131
	Gümüş	214	137
	Triklosan	213	137
	Çinko	202	133
Pamuk	Antibakteriyel İşlem Görmemiş	346	133
	Kuaterner amonyum bileşiği	281	136
	Gümüş	341	159
	Triklosan	365	153
	Çinko	313	157

4.7 Kumaşlarda yüzey tüylenmesi ve boncuklanma yatkinliğinin tayini test sonuçları

Test James Heal üreticisine ait, Nu - Martindale 864 model, 8 başlıklı Martindale cihazında 2000 devirde gerçekleştirilmiş, akabinde Veri Vide üreticisine ait değerlendirme pilling değerlendirme kabininde değerlendirilmiştir. Uygulanan test sonucunda kaplanmış ve kaplanmamış kumaşlar arasında herhangi bir farklığa rastlanılmamıştır (Çizelge 4.7). Dolayısı ile antibakteriyel bitim işlemlerinin boncuklanma testlerini olumsuz yönde etkilemediği sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.7 : Martindale boncuklanma test sonuçları.

Kumaş	Antibakteriyel Etken Madde	Pilling
Polyester	Antibakteriyel İşlem	4,5
	Görmemiş	
	Kuaterner amonyum bileşiği	4,5
	Gümüş	4,5
	Triklosan	4,5
	Çinko	4,5
Viskon	Antibakteriyel İşlem	4,5
	Görmemiş	
	Kuaterner amonyum bileşiği	4,5
	Gümüş	4,5
	Triklosan	4,5
	Çinko	4,5
Pamuk	Antibakteriyel İşlem	4,0
	Görmemiş	
	Kuaterner amonyum bileşiği	4,0
	Gümüş	4,0
	Triklosan	4,0
	Çinko	4,0

4.8 Viskon Dokuma Kumaşa Uygulanan Antibakteriyel Etkinlik Test Sonuçları

Çizelge 4.8 viskon kumaşların *E.Coli* bakterisine karşı göstermiş olduğu antibakteriyel etkinlik sonuçlarını göstermektedir. Tablodan elde edilen veriler ışığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- Herhangi bir kaplama işlemi uygulanmamış kontrol numunelerinde bakteri sayısında anlamlı bir düşüş gözlenmemiştir. Dolayısı ile beklenildiği üzere kontrol kumaşları herhangi bir antibakteriyel özellik göstermemiştir. Bununla birlikte işlem görmüş (kaplanmış) kumaşların hepsi yaklaşık olarak 6 log bakteri inaktivasyonu ile oldukça etkili antibakteriyel fonksiyonellik göstermişlerdir.

- Quats, gümüş ve çinko esaslı kaplamaların otoklav işleminden sonra antibakteriyel özelliklerini koruduğu görülmektedir. Öte yandan otoklavlama işlemi ile triklosan esaslı kaplamanın *E.Coli* bakterisine karşı antibakteriyel özelliğini yitirdiği tespit edilmiştir.

- Miele ev tipi yıkama makinesi ile yapılan 20 yıkama sonunda quats, gümüş, çinko ve triklosan etken maddeli kaplamaların çalışılan bakteri türüne karşı olan

antibakteriyel etkilerini yitirdikleri görülmektedir. Yıkanmamış kumaşlar yaklaşık 6 log bakteri inaktivasyonu göstermiş olmasına rağmen yıkama sonunda bakteri sayısında anlamlı bir düşüş elde edilmemiştir.

Çizelge 4.8 : Kaplanmış viskon kumaşların antibakteriyel etkinlikleri-Test 1^a.

Antibakteriyel Etken Madde	İşlem	Test Sonunda Belirlenen Bakteri Sayısı (log) <i>E. coli</i> ^b
-	Antibakteriyel İşlem Görmemiş	6,00
Quats	Kaplanmış	0,00
	Kaplama & otoklav uygulanmış	0,00
	Kaplama & yıkama uygulanmış	6,10
Gümüş	Kaplanmış	0,00
	Kaplama & otoklav uygulanmış	0,00
	Kaplama & yıkama uygulanmış	5,80
Triklosan	Kaplanmış	0,00
	Kaplama & otoklav uygulanmış	6,08
	Kaplama & yıkama uygulanmış	5,81
Çinko	Kaplanmış	0,00
	Kaplama & otoklav uygulanmış	0,00
	Kaplama & yıkama uygulanmış	5,78

^a Bütün kumaşlarda yıkama işlemi Miele markalı ev tipi yıkama makinesi ile 20 kez yapılmıştır.

^b 1 gram ağırlığındaki her bir örneğe aktarılan bakteri konsantrasyonu 5,40 log cfu/ml olarak hesaplanmıştır.

Yapılan bu ilk test sonucunda yıkama işlemi ardından hiçbir kaplamanın antibakteriyel etkinlik göstermemiş olması sebebiyle testin güvenilirliğini artırmak amacıyla yıkanmış kumaşlara tekrar antibakteriyel etkinlik testi uygulanmıştır. Burada viskon kumaş üzerine kaplanmış quats, gümüş, çinko ve triklosan esaslı kaplamalar 20 ev tipi yıkama işleminin ardından bu kez hem *E.Coli* hem de *S.Aureus* bakterilerine karşı test edilmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.9’da verilmiş olup, elde edilen sonuçlar yapılan birinci testi (Çizelge 4.8) doğrulamıştır. Çalışılan kaplamaların hiçbirisi viskon kumaş üzerine 20 ev yıkaması sonunda *E.Coli* bakterisine karşı anlamlı bir antimikrobiyal etkinlik göstermemiştir. Bununla birlikte aynı numuneler *S.Aureus* bakterisine karşı yaklaşık 2 log inaktivasyon gerçekleştirmişlerdir. Bir başka ifade ile quats, gümüş, çinko ve triklosan esaslı kaplamalar yıkama işlemi sonunda Gram-negatif bakteriye karşı antibakteriyel etkinliklerini tamamen yitirirken Gram-pozitif bakteriye karşı zayıf da olsa antibakteriyel özelliklerini korumuşlardır (Şekil 4.1).

Çizelge 4.9 : Yıkanmış viskon kumaşların ev tipi 20 yıkama sonucu antibakteriyel etkinlikleri-Test 2^a.

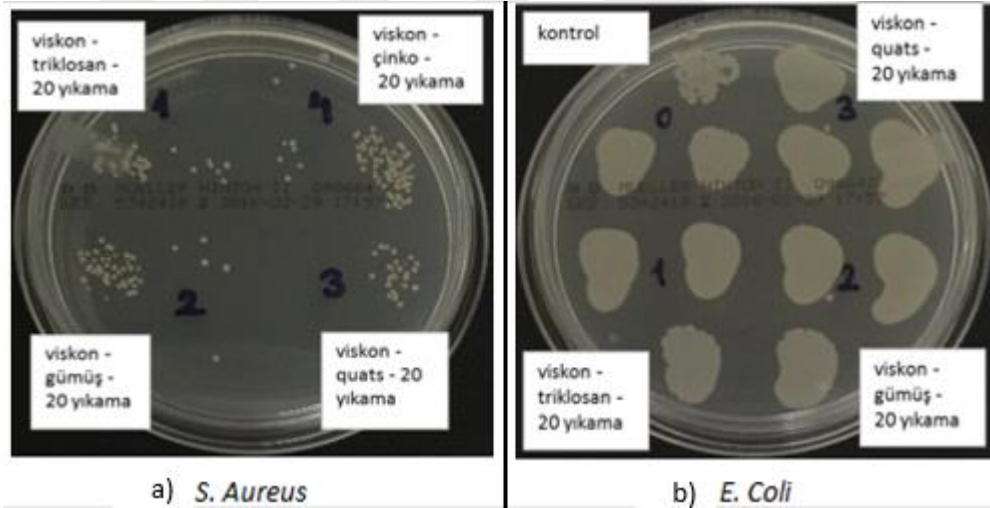
Antibakteriyel Etken Madde	Test Sonunda Belirlenen Bakteri Sayısı (log)	
	<i>E.Coli</i> ^b	<i>S.Aureus</i> ^c
Antibakteriyel İşlem Görmemiş	6,18	4,81
Quats	6,10	3,11
Gümüş	6,04	3,30
Triklosan	6,00	3,24
Çinko	6,06	3,47

^a Bütün kumaşlarda yıkama işlemi Miele markalı ev tipi yıkama makinesi ile 20 kez yapılmıştır.

^b 1 gram ağırlığındaki her bir örneğe aktarılan bakteri konsantrasyonu 5,40 log cfu/ml olarak hesaplanmıştır.

^c 1 gram ağırlığındaki her bir örneğe aktarılan bakteri konsantrasyonu 5,45 log cfu/ml olarak hesaplanmıştır.

Bu durum Gram-negatif bakterilerin sahip oldukları ekstra lipid katmanı sayesinde Gram-pozitif bakterilere karşı daha dayanıklı olmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir (Makal ve diğ, 2005).



Şekil 4.1 : Viskon dokuma kumaşa uygulanan antibakteriyel etkinlik testleri a) *S.Aureus* bakterisine karşı yapılan, b) *E.Coli* bakterisine karşı yapılan.

Yıkama makine tipinin antibakteriyel test sonuçları üzerine olan etkisini incelemek amacıyla ev tipi yıkama makinesi ile laboratuvar tipi yıkama makinesi kıyaslanmıştır. Bu amaçla gümüş kaplı viskon kumaşlar Miele ev tipi ve Wascator laboratuvar tipi makinelerde yıkamaya tabi tutulmuş, yıkamanın ardından antibakteriyel performanslar hem *E.Coli* hem de *S.Aureus* bakterilerine karşı ayrı ayrı test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.10'da gösterilmiştir. Görüldüğü üzere, kontrol numuneleri her iki bakteri türüne karşı anlamlı bir azalma oluşturmamış, yani herhangi bir antibakteriyel özellik göstermemiştir. Öte yandan 20 kez ev tipi yıkamaya maruz kalmış numuneler

E.Coli'ye karşı antibakteriyel özellik göstermez iken *S.Aureus*'a karşı yaklaşık 2 log inaktivasyon gerçekleştirmiştir. Bununla birlikte laboratuvar tipi yıkama makinesinde 20 kez yıkanan aynı numune *E.Coli* bakterisini 2 log, *S.Aureus* bakterisini ise tamamen inaktive ederek (yaklaşık 6 log) çok daha yüksek antibakteriyel etkinlik göstermiştir. Bir başka ifade ile Wascator yıkama makinesinde antibakteriyel özellik çok daha yüksek çıkmıştır. Bu durum laboratuvar tipi yıkama makinelerin ev tipi yıkama makinelerini simülasyon oranının oldukça zayıf olduğunu göstermektedir. Antibakteriyel test sayısının oldukça artması sebebiyle bu test sadece gümüş esaslı kaplama ile yapılmıştır. Ancak Wascator yıkaması ile elde edilen daha yüksek antimikrobiyal etkinliğine benzer sonuçların diğer antibakteriyel etken maddeler ile de elde edileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.10 : Gümüş Esaslı Antibakteriyel İşlem Uygulanmış Viskon Kumaşların Farklı Yıkama Makinelerinde Tekrarlı Yıkamaları Sonucu Antibakteriyel Etkinlikleri-Test 3.

Antibakteriyel Etken Madde	İşlem	Test Sonunda Belirlenen Bakteri Sayısı (log)	
		<i>E.Coli</i> ^a	<i>S.Aureus</i> ^b
Gümüş	Antibakteriyel İşlem Görmemiş	6,18	6,09
	20 yıkama - Miele@40°C	6,04	3,30
	20 yıkama- Wascator @40°C	3,35	0,00

^a 1 gram ağırlığındaki her bir örneğe aktarılan bakteri konsantrasyonu 5,40 log cfu/ml olarak hesaplanmıştır.

^b 1 gram ağırlığındaki her bir örneğe aktarılan bakteri konsantrasyonu 5,45 log cfu/ml olarak hesaplanmıştır.

4.9 Polyester Dokuma Kumaşa Uygulanan Antibakteriyel Etkinlik Test Sonuçları

Viskon kumaş üzerine uygulanan antibakteriyel testlerin benzeri polyester kumaşlara da uygulanmıştır. Bu amaçla öncelikle kaplanmış, yıkanmış ve otoklav işlemine tabi tutulmuş günüş, quats, çinko ve triklosan esaslı kaplamalar *E.Coli* bakterisine karşı test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.11'de verilmiştir. Buna göre kontrol numuneleri anlamlı bir inaktivasyon göstermezken, kaplanmış kumaşların her biri ayrı ayrı yaklaşık olarak 6 log *E.Coli* inaktivasyonu ile oldukça yüksek antibakteriyel özellik göstermişlerdir. Bununla birlikte triklosan dışındaki diğer üç kaplamanın

otoklav işlemine karşı dayanıklı olduğu görülmektedir. Gümüş, çinko ve quats esaslı kaplamalarda otoklav işlemine bağlı olarak antibakteriyel özelliklerinde herhangi bir değişim meydana gelmezken triklosan esaslı kaplama *E.Coli*'ye karşı olan etkisini tamamen kaybetmektedir. Benzer sonuç viskon kumaşlar üzerinde yapılan testlerde de görülmüştür. Triklosanın buhar sterilizasyonu ile kumaş yapısından ayrılarak mı ya da triklosan kimyasal yapısında meydana gelen bir bağ kırılması sonucu mu antibakteriyel özelliğini yitirdiği bu aşamada bilinmemektedir. Son olarak ev tipi yıkama makinesine yapılan 20 yıkama sonucu her dört kaplamanın da antibakteriyel etkinliklerini kaybettikleri tespit edilmiştir.

Çizelge 4.11 : Kaplanmış polyester kumaşların antibakteriyel etkinlikleri-Test 1^a.

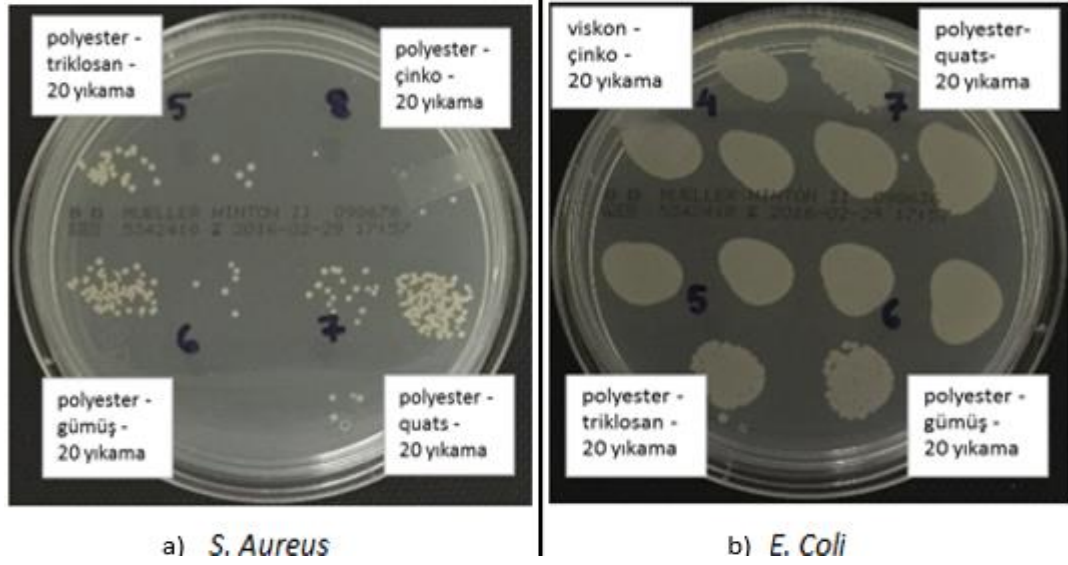
Antibakteriyel Etkin Madde	İşlem	Test Sonunda Belirlenen Bakteri Sayısı (log) <i>E. Coli</i> ^b
-	Antibakteriyel İşlem Görmemiş	5,70
	Kaplanmış	0
	Kaplama & otoklav uygulanmış	0
Quats	Kaplama & yıkama uygulanmış	5,82
	Kaplanmış	0
	Kaplama & otoklav uygulanmış	0
Gümüş	Kaplama & yıkama uygulanmış	5,79
	Kaplanmış	0
	Kaplama & otoklav uygulanmış	5,44
Triklosan	Kaplama & yıkama uygulanmış	5,48
	Kaplanmış	0
	Kaplama & otoklav uygulanmış	0
Çinko	Kaplama & yıkama uygulanmış	5,49
	Kaplanmış	0
	Kaplama & otoklav uygulanmış	0

^a Bütün kumaşlarda yıkama işlemi Miele markalı ev tipi yıkama makinesi ile 20 kez yapılmıştır.

^b 1 gram ağırlığındaki her bir örneğe aktarılan bakteri konsantrasyonu 5,63 log cfu/ml olarak hesaplanmıştır (cfu: Koloni oluşturan birim).

Yıkama sonucu antibakteriyel etkinliği doğrulamak ve Gram-pozitif bakteri üzerinde de sonuçları irdelenmek amacıyla kaplanmış kumaşlar tekrar ev tipi yıkama makinesinde 20 kez yıkanmış ve *E.Coli* ve *S.Aureus* bakterilerine karşı antibakteriyel etkinlikleri tayin edilmiştir (Şekil 4.2).

Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.12’de gösterilmiştir. Buna göre Çizelge 4.12’de Çizelge 4.11’deki verileri doğrular nitelikte sonuçlar elde edilmiştir. Kaplanmış bütün kumaşlarda 20 ev yıkaması sonucunda *E.Coli* bakterisine karşı antibakteriyel etkinlik tamamen ortadan kalkmıştır.



Şekil 4.2 : Polyester dokuma kumaşa uygulanan antibakteriyel etkinlik testleri a) *S.Aureus* bakterisine karşı yapılan, b) *E.Coli* bakterisine karşı yapılan.

Bununla birlikte quats, gümüş ve triklosan esaslı kaplamalar Gram-pozitif bakteri olan *S.Aureus*'a karşı yaklaşık 2 log; çinko esaslı kaplama ise yaklaşık olarak 3 log inaktivasyon ile zayıf da olsa biyosidal etkinin yıkama sonunda korunduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.12 : Yıkanmış polyester kumaşların ev tipi 20 yıkama sonucu antibakteriyel etkinlikleri-Test 2^a.

Antibakteriyel Etken Madde	Test Sonunda Belirlenen Bakteri Sayısı (log)	
	<i>E. Coli</i> ^b	<i>S. Aureus</i> ^c
Antibakteriyel İşlem Görmemiş	5,60	4,38
Quats	5,96	3,09
Gümüş	5,53	3,54
Triklosan	5,98	3,42
Çinko	5,48	2,54

^a Bütün kumaşlarda yıkama işlemi Miele markalı ev tipi yıkama makinesi ile 20 kez yapılmıştır.

^b 1 gram ağırlığındaki her bir örneğe aktarılan bakteri konsantrasyonu 5,40 log cfu/ml olarak hesaplanmıştır.

^c 1 gram ağırlığındaki her bir örneğe aktarılan bakteri konsantrasyonu 5,45 log cfu/ml olarak hesaplanmıştır.

Son olarak yıkama makinesi tipinin etkisini görmek amacıyla gümüş esaslı bileşik ile kaplanmış polyester kumaşlar hem ev tipi hem de laboratuvar tipi yıkama makinelerine belirtilen tekrar sayılarında yıkanmış ve elde edilen antibakteriyel sonuçlar Çizelge 4.13'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre laboratuvar tipi yıkama makinesinde ev tipi yıkamaya göre daha zayıf bir yıkama etkisi oluşturulduğu için yıkanmış numunelerin

E.Coli bakterisine karşı bu yaklaşık 2 log inaktivasyon ile halen antibakteriyel olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde ev tipi yıkama yapılmış olan polyester kumaş *S.Aureus* bakterisine karşı yaklaşık 2 log inaktivasyon gerçekleştirirken laboratuvar tipi yıkamaya maruz bırakılmış kumaşlar yaklaşık 6 log inaktivasyon ile çok daha yüksek performans göstermişlerdir. Bu testte elde edilen sonular viskon kumaşlar ile yapılan test sonuçlarını doğrulamıştır.

Çizelge 4.13 : Gümüş esaslı antibakteriyel işlem uygulanmış polyester kumaşların farklı yıkama makinelerinde tekrarlı yıkamaları sonucu antibakteriyel etkinlikleri-Test 3.

Antibakteriyel Etkin Madde	İşlem	Test Sonunda Belirlenen Bakteri Sayısı (log)	
		<i>E.Coli</i> ^a	<i>S.Aureus</i> ^b
-	Antibakteriyel İşlem Görmemiş	5,6	4,38
	20 yıkama-Miele@40°C	5,93	3,54
	20 yıkama-Wascator @40°C	3,66	0,00

^a 1 gram ağırlığındaki her bir örneğe aktarılan bakteri konsantrasyonu 5,40 log cfu/ml olarak hesaplanmıştır.

^b 1 gram ağırlığındaki her bir örneğe aktarılan bakteri konsantrasyonu 5,45 log cfu/ml olarak hesaplanmıştır.

4.10 Pamuk Dokuma Kumaşa Uygulanan Antibakteriyel Etkinlik Test Sonuçları

Viskon ve polyester kumaşlar üzerinde yapılan antibakteriyel testler pamuklu kumaşlar için de tekrarlanmıştır. Bu amaçla ilk olarak kaplanmış, yıkanmış ve otoklavlanmış pamuklu kumaşlar *E.Coli* bakterisine karşı test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.14'te gösterilmiştir.

Triklosan dışındaki bütün kaplamalar (gümüş, çinko ve quats) yaklaşık 6 log bakteri inaktivasyonu ile oldukça yüksek antibakteriyel etkinlik göstermiştir. Triklosan ile kaplanmış numuneler ise yaklaşık olarak 2 log inaktivasyon ile zayıf bir etkinlik göstermiştir. Hal bu ki, viskon ve polyester esaslı kumaşlarda triklosan esaslı kaplama %100 inaktivasyon gerçekleştirmiştir. Bu beklenmedik durumun deneysel bir hatadan kaynaklanmış olabileceği gibi daha çok sentetik kumaşlar için geliştirilmiş olan triklosanın pamuk üzerinde zayıf etkinliğe sahip olmasından da kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.14 : Kaplanmış pamuk kumaşların antibakteriyel etkinlikleri-Test 1^a.

Antibakteriyel Etken Madde	İşlem	Test Sonunda Belirlenen Bakteri Sayısı (log) <i>E. Coli</i> ^b
-	Antibakteriyel İşlem Görmemiş	6,04
Quats	Kaplanmış	0,00
	Kaplama & otoklav uygulanmış	0,00
	Kaplama & yıkama uygulanmış	5,80
Gümüş	Kaplanmış	0,00
	Kaplama & otoklav uygulanmış	0,00
	Kaplama & yıkama uygulanmış	5,81
Triklosan	Kaplanmış	3,70
	Kaplama & otoklav uygulanmış	4,40
	Kaplama & yıkama uygulanmış	5,79
Çinko	Kaplanmış	0,00
	Kaplama & otoklav uygulanmış	0,00
	Kaplama & yıkama uygulanmış	6,18

^a Bütün kumaşlarda yıkama işlemi Miele markalı ev tipi yıkama makinesi ile 20 kez yapılmıştır.

^b 1 gram ağırlığındaki her bir örneğe aktarılan bakteri konsantrasyonu 5,63 log cfu/ml olarak hesaplanmıştır. (cfu : Koloni oluşturan birim)

Kaplanmış kumaşların otoklav dayanımları incelendiğinde yine triklosan dışında bütün kaplamaların %100 oranında bakteri inaktivasyonu gerçekleştirdiği görülmektedir. Viskon ve polyester kumaşlarda da benzer sonucun elde edildiği göz önüne alındığında otoklav sterilizasyonunun gümüş, quats ve çinko esaslı kaplamaların antibakteriyel etkinliğini değiştirmedeği; triklosan esaslı kaplamalarda ise otoklav sterilizasyonu ile antibakteriyel etkinliği yitirildiği görülmüştür.

Yıkama dayanımları göz önüne alındığında çalışılan her dört kaplamanın da ev tipi yıkama sonunda *E.Coli*'ye karşı antibakteriyel etkinliklerini tamamen yitirdikleri görülmektedir. Bu sonucu doğrulamak için aynı test tekrarlanmış, Şekil 4.3 ve Çizelge 4.15'de görüldüğü üzere benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ancak, *E.Coli*'ye karşı antibakteriyel aktivite yitirilmiş olmasına rağmen *S.Aureus* bakterisine karşı her dört kaplamanın da etkili olduğu ve yaklaşık 6 log bakteri azalması ile bütün mikroorganizmaların inaktive edildiği görülmektedir.

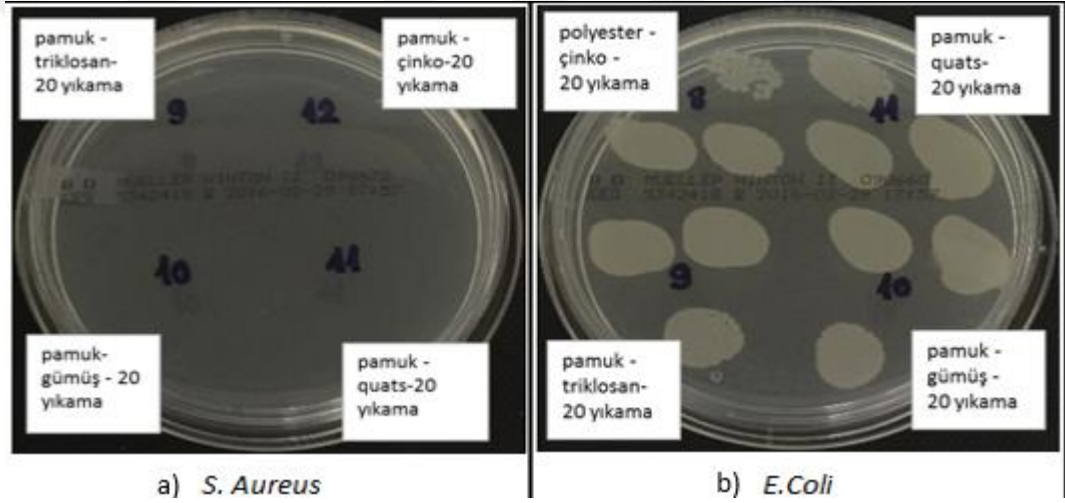
Çizelge 4.15 : Yıkanmış pamuk kumaşların ev tipi 20 yıkama sonucu antibakteriyel etkinlikleri - Test 2^a.

Antibakteriyel Etken Madde	Test Sonunda Belirlenen Bakteri Sayısı (log)	
	<i>E. coli</i> ^b	<i>S. aureus</i> ^c
Antibakteriyel İşlem Görmemiş	6,00	5,07
Quats	6,00	0
Gümüş	6,12	0
Triklosan	5,99	0
Çinko	6,06	0

^a Bütün kumaşlarda yıkama işlemi Miele markalı ev tipi yıkama makinesi ile 20 kez yapılmıştır.

^b 1 gram ağırlığındaki her bir örneğe aktarılan bakteri konsantrasyonu 5,40 log cfu/ml olarak hesaplanmıştır.

^c 1 gram ağırlığındaki her bir örneğe aktarılan bakteri konsantrasyonu 5,45 log cfu/ml olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.3 : Pamuk dokuma kumaşa uygulanan antibakteriyel etkinlik testleri a) *S.Aureus* bakterisine karşı yapılan, b) *E.Coli* bakterisine karşı yapılan.

Son olarak ev tipi yıkama ile laboratuvar tipi yıkama sonucu antibakteriyel etkinlik gümüş etken madde kaplı pamuk kumaşlar üzerinde karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.16’da verilmiştir. Buna göre ev tipi yıkama sonunda *E.Coli*’ye karşı antibakteriyel etkinlik tamamen ortadan kalkmış olmasına rağmen, laboratuvar tipi yıkama sonunda zayıf da olsa (yaklaşık 2 log) antibakteriyel özelliğin halen korunduğu bulunmuştur. Bununla birlikte hem ev tipi yıkamalarda hem de hem laboratuvar tipi yıkamalarda *S.Aureus* bakterisine karşı yaklaşık 6 log inaktivasyon ile yüksek oranda antibakteriyel etkinliğin elde edildiği görülmüştür.

Çizelge 4.16 : Gümüş esaslı antibakteriyel işlem uygulanmış pamuk kumaşların farklı yıkama makinelerinde tekrarlı yıkamaları sonucu antibakteriyel etkinlikleri-Test 3.

Antibakteriyel Etken Madde	İşlem	Test Sonunda Belirlenen Bakteri Sayısı (log)	
		<i>E. coli</i> ^a	<i>S. aureus</i> ^b
-	Antibakteriyel İşlem Görmemiş	6,00	5,07
Gümüş	20 yıkama-Miele@40°C	6,12	0
	20 yıkama-Wascator@40°C	3,51	0

^a 1 gram ağırlığındaki her bir örneğe aktarılan bakteri konsantrasyonu 5,40 log cfu/ml olarak hesaplanmıştır.

^b 1 gram ağırlığındaki her bir örneğe aktarılan bakteri konsantrasyonu 5,45 log cfu/ml olarak hesaplanmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, kuaterner amonyum bileşiği, gümüş, çinko ve triklosan etken maddelerine sahip dört farklı ticari antibakteriyel apre kimyasallarının, farklı kompozisyondaki pamuk, polyester ve viskon esaslı kumaşların fiziksel performans ve antibakteriyel fonksiyonel özelliklerine olan etkileri araştırılmıştır. Nihai kullanıcı göz önünde tutularak endüstriyel bir uygulama ile antibakteriyel apre işlemi görmüş kumaşların evsel yıkama ve otoklav işlemi sonucu antibakteriyel özelliklerindeki değişim incelenmiştir. Tez çalışması sonunda elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Antibakteriyel apre işlemi sonrası tüm numunelerin tutumlarında hissedilebilir oranda kayganlıkların azaldığı gözlenmiştir. Orjinal tutuma göre kayganlığı en iyi olan tuşenin gümüş etken maddeli antibakteriyel apre işleminden geçen numunelere ait olduğu görülmüştür. Tutumun iyileştirilmesine ilişkin, antibakteriyel kimyasalı bitim işlemi esnasında tek seferde uygulanarak uygulama oranları ile ilgili çalışma yapılabilir.
- Yıkama sonrası boyutsal stabilite, dikiş kayma direnci, haslıklar (yıkama, su, ter vb.), yırtılma mukavemeti vb. yapılan fiziksel performans testleri sonucunda antibakteriyel apre işlemlerinin kumaş özelliklerini anlamlı bir şekilde değiştirmedığı gibi olumsuz bir etkide de bulunmadığı görülmüştür. Bu durumun geçerliliği antibakteriyel uygulamanın bitim işlemi esnasında tek seferde uygulanmasıyla da doğrulanmalıdır.
- Kuaterner amonyum bileşiği, gümüş ve çinko etken maddeli ticari ürünlerin çalışmada kullanılan tüm elyaf tiplerine oldukça yüksek antibakteriyel etkinlik kazandırdığı tespit edilmiştir. Genel olarak bütün kaplama malzemeleri uygulandıkları yüzeylerden bağımsız olarak yaklaşık 6 log *E.Coli* inaktivasyonu gerçekleştirmişlerdir.
- Kuaterner amonyum bileşiği, gümüş ve çinko etken maddeli ticari ürünlerin çalışmada kullanılan tüm elyaf tiplerindeki kumaşlarda otoklav dayanımlarının oldukça yüksek olduğu, bu kaplamaların otoklav işleminden sonra da bakterilerin

tamamını inaktive ettiği görölmüştür. Bununla birlikte triklosan etken maddeli ticari ürünün tüm elyaf tiplerinde otoklav dayanımının olmadığı tespit edilmiştir. Otoklav işleminde uygulanan yüksek basınç ve buhar etkisi ile triklosanın kimyasal yapısında bir değişimin meydana gelmesi kuvvetle muhtemeldir. Triklosanın biyosidal etkisini zayıflatan bu değişimin incelendiği sistematik araştırma çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla birlikte bu tez çalışmasında denenmiş olan antibakteriyel kaplamaların otoklav dayanımları yalnızca *E.Coli*'ye karşı test edilmiş olup diğer bakteri türleri ve mikroorganizma tiplerinin de test edilmesi gerekmektedir. Son olarak bu çalışmada sunulan veriler yalnızca kullanılan ticari ürünler ile sınırlı olup farklı tipteki quats bileşikleri, farklı tipteki çinko bileşikleri, farklı büyüklükteki gümüş bileşikleri ile de test edilmelidir.

- Çalışmada kullanılan tüm ticari ürünlerin pamuk, viskon ve polyester kumaşlarda ev tipi yapılan 20 yıkama sonrasında *E.Coli* bakterisine karşı antibakteriyel dayanımlarının kalmadığı, buna karşın *S.Aureus* bakterisi ile yapılan testlerde tüm ticari ürünlerin pamuklu kumaşta bakterileri öldürdüğü, polyester ve viskon kumaşlarda ise zayıf etkinlik gösterdiği görölmüştür. 20 yıkama sonrası viskon kumaşlarda tespit edilen solma ve hav kaybı nedeniyle bu çalışma viskon kumaşta aynı konstrüksiyonda çalışılmış ring, open end, vortex ipliklerle tekrar edilmelidir. Bu durum çevresel açısından da değerlendirildiğinde, daha az sıklıkla yapılacak yıkamalar, düşük yıkama sıcaklığı, ve her yıkama için düşürölmüş deterjan miktarları dolayısıyla tekstil ürününün daha faydalı bir kullanım ömrü olabileceği düşünölmektedir.
- Yıkama tipine göre antibakteriyel etkinlikler karşılaştırıldığında; laboratuvar tip yıkama makinası olan Wascator'de yapılan 20 yıkama sonrası antibakteriyel etkinliğin *E. Coli* bakterisinde zayıf da olsa devam ettiği, *S.Aureus* bakterisinde ise tüm bakterileri öldürdüğü görölmüştür. Bu durum nihai kullanıcı olan tüketicilerin ev tipi yıkama makinası kullandığı göz önüne alındığında ev tipi yıkama makinasının daha gerçekçi sonuçlar gösterdiği görölmektedir.
- Bu çalışmada uygulanan bütün antibakteriyel testler ASTM 2149 yöntemi ile elde edilmiştir. AATCC100, Sandwich metot gibi diğer uluslararası test metotları ile bu testler tekrarlanarak sonuçların güvenilirliği artırılabilir.
- Endüstriyel ve akademik olarak geliştirilmiş birçok farklı antibakteriyel ürün bulunmaktadır. Yapılan bu tez çalışması göstermiştir ki antibakteriyel özellik test

edilen bakteri tipine ve kullanılan yıkama makinesi tipine bağı olarak değışkenlik gösterebilmektedir. Dolayısı ile antibakteriyel etiketi taşıyan ürünlerde bir standardizasyon çalışması yapılabilir.

- Bu tez çalışmasının temel amacı, ticari olarak kullanılan antibakteriyel malzemelerin endüstriyel bir uygulama ile tekstil yüzeylerine aktarılarak fonksiyonel ve performans özelliklerinin kıyas edilmesidir. Bu bağlamda elde edilen sonuçlar göstermiştir ki, triklosan esaslı ticari üründe otoklav dayanımı bulunmamaktadır. Dolayısı ile özellikle medikal tekstil uygulamalarında bu ürünün uygulama ve kullanım şartlarına yönelik iyileştirme çalışmaları yapılabilir. Bununla birlikte tekrarlı yıkama gerektiren uygulamalarda özellikle Gram-negatif bakterilere karşı korunma amaçlanıyor ise her dört ticari ürünün de yıkama dayanımlarının iyileştirilerek kullanılması önerilmektedir.

- Üretici firma tarafından sağlanan ürün birim maliyetleri kıyaslandığında sırasıyla kuats>gümüş~çinko>triklosan olarak iletilmiştir. Çalışmalar esnasında ürünlerin uygulama miktarları göz önünde tutularak antibakteriyel etken maddelerin kullanım maliyetleri hesaplanmıştır. Kuats etken maddeli ürün maliyetinin çinko etken maddeli ürün maliyetinin yaklaşık 2 katı olduğu, çinko etken maddeli ürünün, gümüş etken maddeli ürünün yaklaşık 2 katı olduğu, gümüş etken maddeli ürünün de triklosan etken maddeli ürünün yaklaşık 2 katı maliyetli olduğu görülmüştür. Bu durumda nihai kıyaslamada kuats>çinko>gümüş>triklosan şeklinde olmaktadır. Dolayısıyla bu bağlamda yıkama, otoklav dayanımları ve ürün maliyeti göz önüne alınarak bu dört ürün için proses şartlarını da hesaba katan sistematik bir maliyet analizinin gerçekleştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

- Diğer taraftan, antibakteriyel maddeler tekstil ürünlerinden uzaklaştığında atık su arıtımında uzaklaştırılmazsa sucul çevrede sonlanabilmektedir. Bu nedenle antimikrobiyal tekstillerle ilgili uzun vadeli fayda ve potansiyel riskler birlikte ele alınarak, üreticiler doğal bileşiklerin kullanımını teşvik ederek yeşil ürünleri tüketicilere sunması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Akaydın, M. ve Kalkancı, M. (2014). Hastane Giysisi Olarak Kullanılan Kumaşların Antibakteriyel Özellikleri Üzerine Bir Araştırma, *SDU Journal of Science*, 9, 20.

Antibakteriyel tekstiller. (2010). Erişim: 04 Mayıs 2016, <http://tekstilmuhendisleri.blogspot.com.tr/>

Antimicrobial Products in Textile Industry. Erişim 01 Nisan 2016, <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/3265/antimicrobial-products-in-textile-industry>

Balcı, H. (2006). *Akıllı (Fonksiyonel) Tekstiller, Seçilmiş Kumaşlarda Antibakteriyel Apre ve Performans Özellikleri.* (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Boryo, D. E. A. (2013). The Effect of Microbes on Textile Material: A Review on the Way-Out So Far, *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)*, 2(8), 9-13.

Can, C. ve Körlü, A. (2011). Antibakteriyel Tekstil Üretiminde Sıkça Kullanılan Gümüşün Etki Mekanizması ve Toksisitesi, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(3), 54-59.

Chung, Y., Kwang, K., Kim, J. (1998). Durable Press and Antimicrobial Finishing of Cotton Fabrics with a Citric Acid and Chitosan Treatment, *Textile Research Journal*, 68 (10), 772-775.

Demir, A. ve Seventekin, N. (2009). Kitin, Kitosan ve Genel Kullanım Alanları, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3(2), 92-103.

Eren, T. (2012). Antibakteriyel Polimerler, *Kimyasal Forum*, 2, 15.

Eren, T. (2013). Yeni Nesil Antibakteriyel Etken Maddeler, *Kimyasal Forum*, 4, 7.

Palamutçu, S., Şengül, M., Devrent, N., Keskin, R. (2008). Tekstil Ürünlerinde Antimikrobiyal Etkinlik Belirleme Testleri, *VII. Ulusal Ölçümbilim Kongresi Sonuç Bildirgeleri*, (25-32). İzmir: TMMOB Makina Mühendisleri Odası Tepekule Sergi Merkezi, 30 Ekim-01 Kasım

Farouk, A., Moussa, S., Ulbricht, M., Schollmeyer, E., Textor, T. (2014). ZnO-Modified Hybrid Polymers As An Antibacterial Finish for Textiles, *Textile Research Journal*, 84(1), 40.

Gao, Y., Cranston, R. (2008). Recent Advances in Antimicrobial Treatments of Textiles, *Textile Research Journal*, 78(1), 60.

Lazic, V., Saponjic, Z., Vodnik, V., Dimitrijevic, S., Jovancic, P., Nedeljkovic, J., Radetic, M. (2012). A study of the antibacterial activity and stability of dyed cotton fabrics modified with different forms of silver, *Journal of the Serbian Chemical Society*, 77(2), 225–234.

- Lim, S., Hudson, S.** (2004). Application of a Fiber-reactive Chitosan Derivative To Cotton Fabric as an Antimicrobial Textile Finish, *Carbohydrate Polymers*, 56, 227-234.
- Makal, U., Wood, L., Ohman, D. E., Wynne, K. J.** (2005). Polyurethane biocidal polymeric surface modifiers. Erişim: 4 Mayıs 2016. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142961205008446>.
- McDowell, E.** (2016). *Presentation on theme: "Chapter 10 Antimicrobial Medications"* [PowerPoint slides]. Retrieved from <http://slideplayer.com/slide/8784328/>
- Morais, D. S., Guedes R. M., Lopes, M. A.** (2016). Antimicrobial Approaches for Textiles: From Research to Market, *Materials*, 9(6), 498.
- Palamutçu, S., Keskin, R., Devrent, N., Sengül, M., Haşcelik, B.** (2009). Fonksiyonel Tekstiller II: Antimikrobiyal Tekstiller (Derleme), *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3(3), 95.
- Ranganath, A. S.** (2011). *A Comparative Evaluation Of Antimicrobial Properties And Durability To Laundering Of Selected Antimicrobial Agents On A Hospital Textile*. (Master thesis). Colorado State University, FortCollins.
- Ranganath, A. S., Sarkar, A. K.** (2014). Evaluation of Durability to Laundering of Triclosan and Chitosan on a TextileSubstrate, *Journal of Textiles*, 5, 1-5.
- Ristić, T., Zemljić, L. F., Novak, M., Kunčić, M., Sonjak, S., Cimerman, N. G., Strnad, S.** (2011). Science Against Microbial Pathogens: Communicating Current Research and Technological Advances, (A. Mendez-Vilas), 1, 36-51, Spain
- Sadashiv, S.O., Kaliwal B. B.** (2016). Resistance in Bacteria, Insecticides Resistance, Erişim: 3 Mayıs 2017, <http://www.intechopen.com/books/insecticides-resistance/resistance-in-bacteria>
- Seong, H., Kim, J., Ko, S.** (1999). Preparing Chito-Oligosaccharides as Antimicrobial Agents for Cotton, *Textile Research Journal*, 69(7), 483-488.
- Süprüren, G., Çay, A., Kanat, Z. E., Tarakçıoğlu, I.** (2006). Antimikrobiyal Lifler, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 2, 80.
- Teufel, L., Bernhard, R.** (2006). Improved Methods For The Investigation Of The Interaction Between Textiles And Microorganisms, *LenzingerBerichte*, 85, 54-60
- Uddin, F.** (2014). Environmental Concerns in Antimicrobial Finishing of Textiles, *International Journal of Textile Science*, 3(1A), 15-20.
- Üreyen, E., Çavdar, A., Koparalı, A. S., Doğan, A.** (2015). Yeni Geliştirilmiş Gümüş Katkılı Antimikrobiyal Tekstil Kimyasalı ve Bu Kimyasal ile İşlem Görmüş Kumaşların Antibakteriyel Performansları, *The Journal of Textiles and Engineer*, 69, 29.

ÖZGEÇMİŞ

TARANMIŞ
VESİKALIK
FOTOĞRAF

Ad-Soyad : Gülcan Uykan
Doğum Tarihi ve Yeri : 23/03/1983, Akçaabat
E-posta : glcnyn@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2004, Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği
- **Yüksek Lisans** : 2019, Bursa Teknik Üniversitesi, Lif ve Polimer Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2004-2019 Savcan Tekstil Boyahane Kalite Güvence Yöneticiliği