

**T.C.**  
**GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAGNETRON SIÇRATMA YÖNTEMİ İLE TEKSTİL**  
**YÜZEYLERİNE İNCE FİLM OLUŞTURARAK ANTİBAKTERİYEL**  
**ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**SEDAT ŞEKER**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GEBZE**  
**2017**

**T.C.**  
**GEBZE TEKNİK NİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAGNETRON SIÇRATMA YÖNTEMİ İLE**  
**TEKSTİL YÜZEYLERİNE İNCE FİLM**  
**OLUŞTURARAK ANTİBAKTERİYEL**  
**ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**SEDAT ŞEKER**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMANI**  
**DOÇ. DR. ERDEM ATAR**

**GEBZE**  
**2017**

**T.R.**  
**GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY**  
**GRADUATE SCHOOL OF ENGINEERING AND SCIENCES**

**INVESTIGATION OF ANTIBACTERIAL  
PROPERTIES FOR THIN FILMS ON  
TEXTILE SURFACES BY MAGNETRON  
SPUTTERING METHOD**

**SEDAT ŞEKER**  
**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF**  
**MASTER OF SCIENCE**  
**DEPARTMENT OF MATERIAL SCIENCE AND**  
**ENGINEERING**

**THESIS SUPERVISOR**  
**ASSOC. PROF. DR. ERDEM ATAR**

**GEBZE**

**2017**



GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 18/01/2017 tarih ve 2017/04 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 10/02/2017 tarihinde tez savunma sınavı yapılan SEDAT ŞEKER 'ın tez çalışması Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

**JÜRİ**

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : DOÇ. DR. ERDEM ATAR

ÜYE

: PROF. DR. NECDET ASLAN

ÜYE

: DOÇ. DR. KORAY ÖZTÜRK

**ONAY**

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve ...../..... sayılı kararı.

**İMZA/MÜHÜR**

## ÖZET

Tekstil ürünlerinin kullanımları sırasında karşılaşılan mikroorganizmaların tekstil lifleri arasında çoğalmaları birçok olumsuzluğa sebep olmaktadır. Bu mikroorganizmaların insan sağlığı üzerine olumsuz etkilerinin yanı sıra tekstil yapılarında istenmeyen koku oluşumuna, renk bozulmasına, lekelenmelere ve kumaş mukavemetinde azalmalarada neden olmaktadır. Bu çalışmada genel olarak teknik tekstiller hakkında geniş bilgi verilerek, daha sonra tekstillere antibakteriyel özellik kazandırabilme üzerinde durulmuştur. Çalışmamızda ilk olarak tekstillere çeşitli özellikleri kazandırmak için kaplamanın yapılacağı uygun kumaş türü belirlenmiştir. Deneysel çalışmalar süresince kumaş üzerine hedef metali olarak en çok tercih edilen gümüş (Ag) ve bakır (Cu) metalleri magnetron sıçratma yöntemi ile uygulanmıştır. Kaplamalar sonucu elde edilen kumaşlara antibakteriyel test, damla testi, yıkama testleri yapılarak karakterize edilmiş, Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri alınarak performans açısından kıyaslanmıştır. Yapılan testlerde gümüş ile kaplanmış pamuk kumaşının, bakır metaline göre daha antibakteriyel olduğu gözlenmiştir. SEM görüntülerinde ise kaplamanın magnetron sıçratma tekniği ile pamuk kumaşı üzerine oldukça homojen yapıldığını görülmüştür. Magnetron sıçratma sisteminin oldukça temiz ve zararsız metot olduğu çevreye herhangi zararı olmadığı ve zararlı kimyasal üretmediği açıkça görülmüştür. Hidrofilik özelliğin ise kaplama süresi ile doğru orantılı olduğu, gümüş metalinin pamuk kumaşını daha hidrofobik yaptığı görüldü. Çalışmada ayrıca yıkama sonrası antibakteriyel etki varlığı ve kontak aç değeri incelenmiş ve daha az süreli yıkanmış kumaşın antibakteriyel etkisinin daha fazla olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler: Magnetron Sıçratma, Antibakteriyel, Teknik Tekstil.**

## SUMMARY

The multiplication of microorganisms within textile fibers, which occurs during the use of textile products causes several problems. Among these problems, microorganisms have many negative effects on human health. Additional problems include the formation of unwanted odors, discoloration, stain in textile structure and decreases the strength of the fabric. This study includes background information on technical textile fabrics, especially on the creation of textile fibers with antibacterial properties. Over the course of several experiments, the optimum type of fabric was determined to be cotton.

This thesis is concerned with the application of a magnetron sputtering system. Silver (Ag) and Copper (Cu), which are often used in similar studies, were preferred as target metals. After deposition, antibacterial tests, contact angle measurement and a washing test was applied to each coated textile. In order to investigate electron dispersive spectroscopy methods and the properties of each deposited cotton textile materials, SEM images were taken, and all results were compared. Test results indicated that the cotton fabric coated with silver is more antibacterial than the copper one. SEM images clearly demonstrated that deposition was homogenously applied. In addition, thickness of coating was increased in direct proportion to increased time; in general, a very dense and uniform coating was applied to the cotton fabric via the magnetron sputtering technique. The results of the EDS clearly show that magnetron sputtering system is fairly clean and a harmless application method, which does not produce any harmful chemical, contribute to nerve damage or damage to the environment. It was also observed that hydrophilic properties of the cotton fabrics were in direct proportion to the deposition time and the silver metal made the cotton fabric more hydrophobic. Moreover, after washing the coated textiles, antibacterial tests and a contact angle test were applied again. It was observed that the less washed fabric was more antibacterial.

**Key Words: Magnetron Sputtering, Antibacterial, Technical Textile.**

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım sürecinde beni yönlendiren, literatür araştırmalarında ve deneysel çalışmalarda desteklerini esirgemeyen, karşılaştığım sıkıntılarda bilgi ve tecrübelerini paylaşan değerli danışman hocam Doç. Dr. ERDEM ATAR'a teşekkürü bir borç bilirim.

Yeditepe Üniversitesi'nde birlikte çalışma şansı yakaladığım değerli hocam Prof. Dr. NECDET ASLAN ve çalışma arkadaşlarım Tuba ŞEN, Turgay ÇORUHLU, Gebze Teknik Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma Merkezi bünyesinde çalışan Arş. Gör. Ferhat Orhan BAYDAROĞLU ve Arş. Gör. Elif Ceylan CENGİZ'e teşekkür ederim.

Hayatımın her anında maddi ve manevi olarak hep yanımda olan değerli ailem ve varlığıyla motivasyon kaynağım olan sevgili eşim Müge Gürsu ŞEKER'e teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

|                                                                         | <b><u>Sayfa</u></b> |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| ÖZET                                                                    | v                   |
| SUMMARY                                                                 | vi                  |
| TEŞEKKÜR                                                                | vii                 |
| İÇİNDEKİLER                                                             | viii                |
| SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ                                          | x                   |
| ŞEKİLLER DİZİNİ                                                         | xi                  |
| TABLolar DİZİNİ                                                         | xiii                |
| <br>                                                                    |                     |
| 1. GİRİŞ                                                                | 1                   |
| 1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği                                    | 2                   |
| 2. TEKNİK TEKSTİLLER                                                    | 3                   |
| 2.1. Dünyada ve Türkiyede Teknik Tekstiller                             | 4                   |
| 2.2. Teknik Tekstillerden Beklenen Özellikler                           | 5                   |
| 2.3. Teknik Tekstillerin Uygulama Alanları                              | 6                   |
| 2.3.1. Tıbbi Tekstiller, Bakım ve Hijyen Ürünleri                       | 7                   |
| 2.3.2. Tıbbi Tekstil Ürünlerinde Kullanılan Kumaş Türleri               | 8                   |
| 2.3.2.1. Pamuk Kumaşı                                                   | 10                  |
| 2.4. Kumaşlara Uygulanan Kaplama Yöntemleri                             | 11                  |
| 3. İNCE FİLM OLUŞTURMA YÖNTEMLERİ                                       | 13                  |
| 3.1. Giriş                                                              | 13                  |
| 3.2. Fiziksel Buhar Biriktirme Yöntemi (PVD)                            | 14                  |
| 3.2.1. Buharlaştırma Yöntemi ile Biriktirme                             | 14                  |
| 3.2.2. Sıçratma Yöntemi ile Biriktirme ( Sputtering )                   | 15                  |
| 3.2.3. Magnetron Sıçratma (Sputtering) Yöntemi                          | 17                  |
| 3.2.3.1. DC Manyetik Alanda Sıçratma Yöntemi                            | 17                  |
| 3.2.3.2. RF Sıçratma Yöntemi                                            | 19                  |
| 3.3. Sıçratma Parametreleri                                             | 20                  |
| 4. ANTİBAKTERİYEL UYGULAMA İŞLEMLERİ                                    | 21                  |
| 4.1. Bakterilerin Tekstil Ürünlerine Olan Etkileri                      | 21                  |
| 4.1.1. Hastane Enfeksiyonları ve Etkileri                               | 22                  |
| 4.2. Tekstil Yüzeyleri için Kullanılan Antibakteriyel Test Standartları | 23                  |
| 4.2.1. Agar Difüzyon Testi                                              | 23                  |

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| 4.2.2. Süspansiyon Testi (Challenge Test)                   | 24 |
| 4.2.3. Gömme Testi (Soil Burial Test)                       | 24 |
| 4.2.4. Kirlenme Testi (Fulling Test)                        | 24 |
| 4.3. Çalışmada Kullanılan Antibakteriyel Özellikli Metaller | 24 |
| 4.3.1. Gümüş (Ag)                                           | 24 |
| 4.3.2. Bakır (Cu)                                           | 26 |
| 5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR                                      | 27 |
| 5.1. Giriş                                                  | 26 |
| 5.2. Deneysel Yöntem ve Malzemeler                          | 27 |
| 5.2.1. Altlık Malzeme Olarak Kullanılan Kumaşlar            | 27 |
| 5.2.2. Kumaşların Kaplanması                                | 27 |
| 5.3. Çalışmada Kullanılan Antibakteriyel Özellikli Metaller | 30 |
| 5.4. Antibakteriyel Test Yöntemleri                         | 30 |
| 5.4.1 Paralel Şerit Yöntemi                                 | 31 |
| 5.4.2 Süspansiyon Yöntemi                                   | 31 |
| 5.5. Kaplanmış Kumaşların Karakterizasyonu                  | 32 |
| 6. DENEYSEL SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME                       | 33 |
| 6.1. SEM Sonuçları                                          | 33 |
| 6.2. EDX (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy) Sonuçları   | 36 |
| 6.3. Antibakteriyel Test Sonuçları                          | 38 |
| 6.3.1. Paralel Şerit Yöntemi                                | 38 |
| 6.3.1.1. Staphylococcus Aureus (S.Aureus) Bakterisi İçin    | 38 |
| 6.3.1.2. Escherichia Coli (E.Coli) Bakterisi İçin           | 42 |
| 6.3.2 Süspansiyon Testi                                     | 46 |
| 6.4. Damla Testi Sonuçları                                  | 47 |
| 6.5. Yıkama Testi Sonrası Antibakteriyel Aktivite           | 48 |
| 6.5.1 Kontak Açık Ölçümleri                                 | 49 |
| 7. GENEL SONUÇLAR                                           | 52 |
| KAYNAKLAR                                                   | 54 |
| ÖZGEÇMİŞ                                                    | 59 |
| EKLER                                                       | 60 |

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

| <u>Simgeler ve Kısaltmalar</u> | <u>Açıklamalar</u>            |
|--------------------------------|-------------------------------|
| $\mu L$                        | Mikrolitre                    |
| $\mu m$                        | Mikrometre                    |
| $\lambda$                      | Dalga Boyu                    |
| AFM                            | Atomik Kuvvet Mikroskobu      |
| Ag                             | Gümüş                         |
| Ar                             | Argon                         |
| C                              | Karbon                        |
| Cm                             | Santimetre                    |
| Cu                             | Bakır                         |
| CVD                            | Kimyasal Buhar Biriktirme     |
| DC                             | Doğru Akım (Direct Current)   |
| dk                             | Dakika                        |
| E.Coli                         | Escherichia Coli              |
| EDX                            | Enerji Dağılım Spektrometresi |
| eV                             | Elektron Volt                 |
| GTÜ                            | Gebze Teknik Üniversitesi     |
| Gr                             | Gram                          |
| LB                             | Luria Bertuni                 |
| Lt                             | Litre                         |
| mm                             | Milimetre                     |
| O                              | Oksijen                       |
| PVD                            | Fiziksel Buhar Biriktirme     |
| S.Aureus                       | Staphylococcus Aureus         |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

| <b><u>Sekil No:</u></b>                                                                                                          | <b><u>Sayfa</u></b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 2.1: Sektörel olarak teknik tekstillerin dağılım grafiği.                                                                        | 7                   |
| 3.1: İnce film büyütme yöntemleri.                                                                                               | 13                  |
| 3.2: Sıçratma prosesi şematik görüntüsü.                                                                                         | 16                  |
| 3.3. Magnetron katot ve numune tutucu.                                                                                           | 18                  |
| 3.4: DC sıçratma sistemi.                                                                                                        | 19                  |
| 3.5: RF sıçratma sistemi.                                                                                                        | 20                  |
| 4.1: Bakterilerin tekstiller üzerindeki etkileri.                                                                                | 22                  |
| 5.1: Kaplamada kullanılan pamuk kumaşı.                                                                                          | 27                  |
| 5.2: Magnetron sıçratma sistemi.                                                                                                 | 28                  |
| 5.3: a) Magnetron sıçratma sistemi vakum kazanı, b) Altlık tutucu.                                                               | 29                  |
| 5.4: Hazırlanan numuneler.                                                                                                       | 30                  |
| 6.1: Pamuk üzerine 1 dk süre ile bakır kaplama SEM görüntüsü, a) 100x, b) 2000x büyütme.                                         | 33                  |
| 6.2: Pamuk üzerine 10 dk süre ile bakır kaplama SEM görüntüsü, a) 100x, b) 2000x büyütme.                                        | 34                  |
| 6.3: Pamuk üzerine 1 dk süre ile gümüş kaplama SEM görüntüsü, a) 100x, b) 2000x büyütme.                                         | 34                  |
| 6.4: Pamuk üzerine 10 dk süre ile gümüş kaplama SEM görüntüsü, a) 100x, b) 2000x büyütme.                                        | 34                  |
| 6.5: Pamuk üzerine yapılan kaplamanın deforme kısmının ve kesitin SEM görüntüsü a)1000x, b) 2000x, c) 70000 büyütme ve d) Kesit. | 35                  |
| 6.6: Gümüş kaplanmış pamuk kumaşı EDX grafiği.                                                                                   | 36                  |
| 6.7: Bakır kaplanmış pamuk kumaşı EDX grafiği.                                                                                   | 37                  |
| 6.8: a) Kaplanmamış pamuk, b) Bakır kaplanmış pamuk için S.Aureus aktivitesi.                                                    | 38                  |
| 6.9: Bakır için S.aureus kontrol.                                                                                                | 39                  |
| 6.10: a) Kaplanmamış pamuk, b) Gümüş kaplanmış pamuk S.Aureus aktivitesi.                                                        | 40                  |
| 6.11: Gümüş için S.Aureus kontrol.                                                                                               | 50                  |
| 6.12: a) Kaplanmamış pamuk, b) Bakır kaplanmış pamuk için E.Coli aktivitesi.                                                     | 42                  |
| 6.13: Bakır için E.Coli kontrol.                                                                                                 | 42                  |

|       |                                                                                                               |    |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.14: | a) Kaplanmamış pamuk, b) Gümüş kaplanmış pamuk için E.Coli aktivitesi                                         | 44 |
| 6.15: | Gümüş için E.Coli kontrol.                                                                                    | 44 |
| 6.16: | Kaplanmamış pamuk üzerine damlatılan saf su.                                                                  | 47 |
| 6.17: | a) t= 10 dk, b) t= 4 dk, c) t= 1dk süre ile gümüş kaplanmış pamuk üzerine damlatılan saf su.                  | 47 |
| 6.18: | a) t= 10 dk, b) t= 4dk, c) t= 1dk süre ile bakır kaplanmış pamu üzerine damlatılan saf su.                    | 48 |
| 6.19: | Pamuk üzerine gümüş kaplanmış kumaşların kontak açısı ölçümleri, a) 1 dk, b) 4 dk, c) 10 dk Süre ile kaplama. | 50 |
| 6.20: | Gümüş kaplı pamuk için kontak açısı zaman grafiği.                                                            | 50 |
| 6.21: | Pamuk üzerine bakır kaplanmış kumaşların kontak açısı ölçümleri, a) 1 dk, b) 4 dk, c) 10 dk süre ile kaplama. | 51 |
| 6.22: | Bakır kaplı pamuk için kontak açısı zaman grafiği.                                                            | 51 |

## TABLÖLAR DİZİNİ

| <b><u>Tablo No:</u></b>                                                           | <b><u>Sayfa</u></b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 2.1: Teknik tekstillerden beklenen özellikler.                                    | 5                   |
| 2.2: Kaplamalarda kullanılan kumaşlar ve özellikleri.                             | 9                   |
| 2.3: Kaplamalarda kullanılan teknikler.                                           | 12                  |
| 4.1: Bakterilerin patojenik durumları ve neden oldukları hastalıklar.             | 23                  |
| 5.1: Gümüş ve bakır metalleri için kaplama parametreleri.                         | 28                  |
| 6.1: Bakır için S.Aureus kontrol sonuçları.                                       | 39                  |
| 6.2: Gümüş için S.Aureus kontrol sonuçları.                                       | 41                  |
| 6.3: Bakır için E.Coli kontrol sonuçları.                                         | 43                  |
| 6.4: Gümüş için E.Coli kontrol sonuçları.                                         | 45                  |
| 6.5: Erlanmayer tüplerine hazırlanan örnekler ve seyreltme sonucu bakteri sayısı. | 46                  |
| 6.6: Yıkama sonrası antibakteriyel aktivite.                                      | 49                  |
| 6.7: Kontak açısı değerleri.                                                      | 49                  |

# 1. GİRİŞ

İnce filmlerin günümüzde yarı iletken aletlerin yapımında, manyetik kayıt ve algılama sistemlerinde, optik kaplamalar gibi alanlarda kullanımları yanı sıra tekstil sektöründe de kullanımı her geçen gün artmaktadır. Kumaş yüzeylerine ince film oluşturarak tekstillere bir çok özellik kazandırmak mümkündür. Plazma ile kaplanan ince filmli malzemeler, kaplanmayan malzemelere göre; çok daha fazla temiz olması, kimyasal atıkları olmaması, kuru bir işlem olması ve zehirli gaz çıkışı olmaması gibi bir çok avantaj sunmaktadır. Cam, metal, tekstil gibi bir çok malzemelere, aşınmaya dayanıklılık, düşük sürtünme özelliği, ıslatmazlık, mükemmel yansıtma özelliği ve antibakteriyel etki gibi birçok özellik kazandırma imkanı vardır. Plazma yardımıyla yüzeylerde ince film büyütme metodlarından biri olan magnetron sıçratma yöntemi mühendislik bilimi açısından yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Bu sistem hem ucuz hem kuru hem de kolay tasarlanabilmesi, işlem sürecinde istenmeyen kimyasal üretilmemesi ve yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duyulmamasından dolayı çevreye karşı duyarlı sistemdir [1]-[6].

Konvansiyonel olarak üretilen tekstil ürünlerindeki çeşitliliğin artmasının yanında, tekstillere fonksiyonel özellik kazandırılarak tüketiciye sunulan ürünlerin sayısı da her geçen gün artmaktadır. Gelişen bu teknoloji sayesinde tekstil ürünlerinin geleneksel olarak örtme, koruma, süsleme amaçlı kullanımlarının yanında, su geçirmezlik, leke tutmazlık, buruşmazlık, antibakteriyellik, UV koruyuculuk, yanmazlık veya güç tutuşurluk, daha iyi boyanabilirlik vb. özellikler kazandırmak mümkün olmuştur [7]. Gün geçtikçe de bu ürünlerin kullanımları yaygınlaşmaya başlamıştır. Tekstil endüstrisi için bu teknoloji malzeme bilimleri, mühendislik, fizik, tasarım, proses geliştirme ve giyim fizyolojisi gibi alanlarda disiplinler arası işbirliğine yol açmaktadır. Tekstil ürünleri yapıları gereği kullanıldıkları yerlere göre değişmekle birlikte mikroorganizmaların yaşaması ve çoğalması için uygun sıcaklık, nem ve besin maddesi sağlayan ortamlardır [8]. Tekstil ürünleri içerisinde veya yüzeyinde yaşayan mikroorganizmalar malzemeye zarar vermesinin yanında kullanıcı içinde tehlike oluşturmaktadır. Bu sebeple antibakteriyel tekstil gelişimi ve üretimi insanlar için hayati önem taşımaktadır. Teknik tekstil ürünleri arasında önemli bir yeri olan antibakteriyel özellikli tekstiller gerek günlük kullanım alanlarında, gerekse özel kullanım alanlarında önemli ölçüde

pazar payı olan ürünlerdir. Antibakteriyel özellik kazandırılan tekstil ürünleri mikro organizmaların neden olduğu olumsuzlukları (koku, lekelenme ve renk değişimi, kalite kaybı vb.) azaltırlar veya tamamen ortadan kaldırırlar. Yani mikroorganizmaların aktif olmalarının önüne geçerek enfeksiyonların kontrol altında tutulmasını sağlarlar. Tüm dünyada gelişen teknolojiye rağmen halen önemli bir problem olan hastane enfeksiyonlarının azaltılması için sürekli olarak araştırma-geliştirme çalışmaları yapılmaktadır. Örneğin hastanelerde bulunan ve öncelikle hastalar daha sonra çevre açısından önemli bir tehdit oluşturan hastane enfeksiyonlarının tedbir alınması halinde %40 oranında önlenilebileceği öngörülmektedir [8]- [10].

### **1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği**

Teknik tekstiller günümüzde birçok alanda yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Antibakteriyel etki gösteren tekstillerde başta tıp ve hijyen sektörü olmak üzere sıklıkla tercih edilen teknik tekstil malzemeleri arasında gelmektedir.

Çalışmamız kapsamında antibakteriyel özellik içeren teknik tekstil oluşturmamızın temel olarak üç nedeni vardır. Birincisi insan sağlığı ile alakalı oluşacak tehlikeleri yok etmek veya azaltmak. İkincisi bakterilerin malzemelere verdiği zararlar sonucu oluşan kayıpları önlemek. Üçüncüsü ise ortaya çıkan ilaç tüketimi ve malzeme kaybı sonucu maddi kayıpları önlemek adına etkin bir çözüm geliştirebilmektedir.

## 2. TEKNİK TEKSTİLLER

Plazma sistemiyle ince film oluşturarak geliştirilen tekstil malzemelerine önemli ölçüde özellik kazandırıldığı gibi geleneksel yöntemlerle sağlanan özelliklere göre daha uzun ömürlü ve daha verimli olduğu görülmüştür. Görünüş ve estetik özellikleri yanında özel olarak tasarlanan bir ürüne belirli bir özelliği kazandırmak amacıyla üretilen malzemelere "teknik tekstil" denilmektedir. Hızla büyüyen bu sektörün çeşitliliği ve karmaşıklığından dolayı “teknik tekstil” isminden başka; fonksiyonel tekstiller, yüksek performanslı tekstiller, yüksek teknik tekstiller, geleneksel olmayan tekstiller, mühendislik tekstilleri gibi isimlerle yapılan çalışmalar da görülmektedir. Teknik tekstillerin üretiminde araştırma-geliştirme ve kalite kontrol standartları gereği kapsamlı malzeme ve mühendislik bilgisi gerekmektedir [4]. Teknik tekstillerin geleneksel tekstillerden farkı üretiminde kullanıldığı lifin cinsi değil kullanım yerine ve amacına göre üretilabilir olmasıdır. Teknik tekstillerin üretiminde kullanılan kumaşlar performansa, maliyete ve kullanım alanına direkt etki ettiğinden kumaş seçimi de oldukça önemlidir. Uygun altlık malzeme seçimi yapıldıktan sonra uygulanacak yöntem de ayrıca önemlidir. Tekstil malzemesi oluşturmak için tekstillere uygulanan işlemler temelde iki başlık altında incelenebilir [7]-[10].

- Nano boyutlarda; nanolifler, nanotüpler ve nanokompozitler gibi yeni tekstil malzemeleri üretmek.
- Tekstil materyallerine var olan fonksiyonları yanlarında, nanoteknoloji yardımı ile yeni özellikler kazandırmak.

Bu da iki şekilde gerçekleştirilebilir:

- Lif, iplik veya kumaş yüzeyine farklı özellikler kazandırmak amacı ile nanopartiküller, nanokompozitler vb. eklemek.
- Atom ve moleküllerin yerleri ile oynayarak, ileri teknolojiler (plazma, sol-jel vb.) ile kaplama yaparak yeni/fonksiyonel yüzey tabakaları elde etmek.

Tekstil yüzeylerinin nano ölçekte kaplanarak yüzey özelliklerinin geliştirilmesi mümkündür. Kimyasallara, hava şartlarına ve mikro organizmalara dayanımlı, yüksek mukavemet, yüksek aşınma dayanımı, UV koruma, antibakteriyel özellik, kendi kendini temizleme, su ve kir iticilik, kırışma dayanımı, anti statiklik, güç tutuşurluk gibi tekstil yüzeylerine birçok özellik kazandırmak mümkündür [5]. Nanoparçacıkların yüksek yüzey alan-hacim oranına ve yüksek yüzey enerjisine sahip parçacıklar olmasının yanında, tekstillerin lifli yapısından dolayı yüzey alanlarının oldukça geniş olması plazma sistemi ile ince film oluşturulmasının başlıca sebeplerindendir [4].

Böylece plazma yardımı ile tekstil yüzeylerine uygulanan kaplama işlemlerinden sonra görülen düşük yıkama ve kullanım dayanımı gibi birçok dezavantaj ortadan kaldırılmış olur. Buda plazma yardımı ile teknik tekstil üretiminin tekstil endüstrisinde ki önemini göstermektedir. Teknik tekstil sektörü daha çok bir ara sektör olduğu için sektörün gelişimi inşaat, taşıt araçları, imalat sanayi, tarım ve sağlık alanındaki gelişmelere ve bu sektörlerin ihtiyaçlarına bağlıdır [11].

## **2.1. Dünyada ve Türkiye’de Teknik Tekstiller**

Teknik tekstiller, tekstil endüstrisinde çok yeni olmasına rağmen tekstil endüstrisinin en dinamik ve en ümit verici alanı olarak görülmektedir. Teknik tekstiller yaygın olarak, gelişmiş ülkelerde üretilmekte olup; yüksek teknoloji ve vasıflı işgücü gerektirdiğinden dolayı Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Batı Avrupa ve Japonya gibi ülkeler bu alanda ilk sıralardadır. Teknik tekstiller, bu ülkelerin tekstil endüstrisindeki üretiminin %40’ından fazlasını kapsamaktadır.

Türkiye’de teknik tekstil yatırımları, henüz yeterli düzeyde bilgi birikimi olmadığından teknik tekstil alanında faaliyet gösteren bir kaç firma vardır. Ülkemiz teknik tekstil üretiminde en güçlü olduğu ürün grubu dayanıklı çuvallar, naylon, polyamid, polyester vb. ürünlerdir. Bunların yanında ülkemizdeki sektör ihracatı her geçen yıl katlanarak artmaktadır. Ülkesel bazda teknik tekstil ihracatımız ise sırasıyla Almanya (%10,4), Fransa (%7,1), Rusya (%6,6), ABD (%4,8), ve İtalya (%4,6) olarak söylenebilir [8]. Türkiye, 2014 yılında 1,6 milyar dolar değerinde teknik tekstil ihracatı ve 1,5 milyar dolar değerinde teknik tekstil ithalatı gerçekleştirmiştir. Teknik tekstil ihracatı genel ihracatın %1’ini ve teknik tekstil ithalatı ise genel ithalatın %0,6’sını oluşturmaktadır [12].

## 2.2. Teknik Tekstillerden Beklenen Özellikler

Teknik tekstillerden beklenen özellikler dört grup altında toplanabilir;

- Mekaniksel özellikler,
- Değiştirme özellikleri,
- İnsan sağlığı ile ilgili özellikler,
- Koruma özelliği,

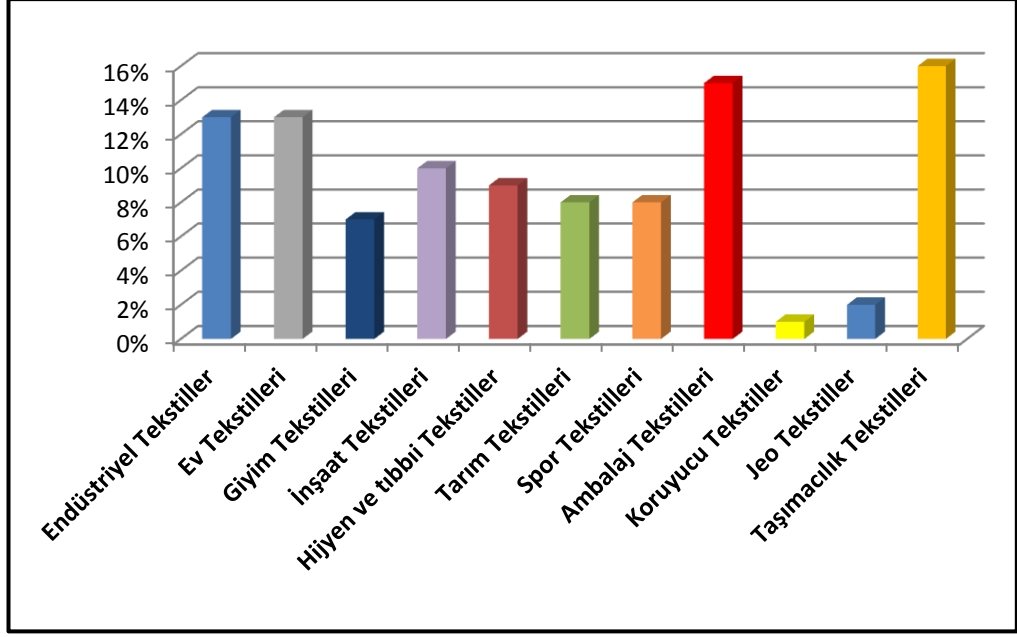
Tablo 2.1: Teknik tekstillerden beklenen özellikler.

| <b>Mekanik Özellik</b> | <b>Değiştirme Özellikleri</b> | <b>İnsan Sağlığı İle İlgili Özellikler</b>    | <b>Koruma Özelliği</b>              |
|------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------|
| Mukavemet              | Filtrasyon                    | Mikroorganizmalara karşı koruma               | Mekanik koruma                      |
| Takviyelendirme        | İzalsasyon ve İletkenlik      | Antinakteriyel Özellikler                     | Nükleer, biyolojik, kimyasal koruma |
| Elastikiyet            | Drenaj                        | Vücuda uyumlu ve biyolojik olarak bozunabilme | Kirlenmeme                          |
|                        | Su geçirmezlik                | Ateşe karşı koruma                            | Elektrik yalıtımı                   |
|                        | Emicilik                      |                                               | UV koruma                           |

## 2.3. Teknik Tekstillerin Uygulama Alanları

Teknik tekstil ürünleri geniş ürün çeşidi, çok fonksiyonlu olması, çevre ve doku ile biyolojik uyum göstermesi ve çeşitli malzemelerle birleşebilmesi gibi avantajları sebebiyle evden otomobile, giyimden, hastanelere kadar günlük hayatımızın çeşitli alanlarının yanında; uzay, havacılık, askeriye, tıp gibi ileri teknolojinin kullanıldığı alanlarda kullanılmaya başlamıştır. Mukavemet, hava geçirgenliği, ıslanma gibi fiziksel ve mekanik özellik kaybının az olması, düşük kimyasal kullanımı ve düşük enerji maliyetleri de teknik tekstillerin tercih edilme sebepleri arasındadır [13], [14]. Kullanım alanlarına göre teknik tekstiller şu şekilde sınıflandırılır;

- Taşıt Araçları için Teknik Tekstiller (Mobiltech): Otomotiv, gemi, tren ve hava taşıtları için üretilen tekstil malzemeleridir.
- Jeotekstiller (Geotech): Otoyol ve benzeri inşaatlarda yalıtım stabilite vb. işler için üretilen tekstil malzemeleridir.
- Endüstriyel Tekstiller (Indutech): Sıvı, yağ, toz filtrasyonu ve temizleme gibi sanayi odaklı uygulamalar için üretilen tekstillerdir.
- Koruyucu Giysiler (Protech): Kişisel veya belli bir alana göre koruma amaçlı üretilen tekstillerdir.
- Tarım Teknik Tekstilleri (Agrotech): Tarım, ormancılık, bahçevanlık ve su ürünlerinde kullanılmak üzere üretilen tekstillerdir.
- Aktif Spor Teknik Tekstilleri (Sporttech): Spor yapmak amaçlı giyisilerde kullanılan tekstillerdir.
- Ev Teknik Tekstilleri (Homotech): Ev tekstilleri ve mobilyalar da kullanılmak üzere geliştirilen tekstillerdir.
- Giyim Teknik Tekstilleri (Clohtec): Giysi, ayakkabı gibi ürünlerde kullanılan tekstillerdir.
- Ekolojik ve Çevre Teknik Tekstilleri: Çevre koruma amaçlı üretilen tekstillerdir.
- Hijyen ve Tıbbi Teknik Tekstiller (Medtech): Sağlık ve bakım ürünleri, ameliyat giysi takımları ve örtüleri, sterilizasyon paketleri, pansuman sargıları olarak üretilen tekstillerdir [14], [15].



Şekil 2.1: Sektörel olarak teknik tekstillerin dağılım grafiği.

### 2.3.1. Tıbbi Tekstiller, Bakım ve Hijyen Ürünleri

Tıbbi tekstiller, bakım ve hijyen ürünleri, tekstil endüstrisinin önemli ve büyüyen alanlarından biridir [16]-[18]. Tıp ve hijyen uygulamaları için tekstil malzemelerinde genel olarak mukavemet, esneklik, nem ve hava geçirgenliği ve antibakteriyellik gibi özellikler aranmaktadır. Uygulamaları genel olarak aşağıdaki gibi 4 kısma ayırmak mümkündür.

- Dış Uygulamalar: Deri ile temas halinde olmadan ve insan vücudunun dışında olan uygulamalardır.
- Vücut İçine Yerleştirilemeyen Ürünler: Yara sargıları, bandajlar, plasterler, gazlı bezler, sargı bezleri, tamponlar, fiber-optik elemanlar.
- Ekstra Bedensel Ürünler: Yapay böbrek, karaciğer ve akciğerler vb.
- Bakım-Hijyen Ürünleri: Önlükler, başlıklar, maskeler, çoraplar, eldivenler, uniformalar, koruyucu elbiseler, örtüler, kumaşlar, perdeler, çarşaflar, yastık kılıfları, battaniyeler, minderler, yorganlar, bebek bezleri [19].

### **2.3.2. Tıbbi Tekstil Ürünlerinde Kullanılan Kumaş Türleri**

Tıbbi tekstil alanında kullanılan kumaş çeşitleri, kullanılacak yer ve amaçlarına göre çeşitlilik gösterir. Tıbbi tekstil ürünleri, genel olarak ameliyathanelerde, hasta odalarında personel ile hastaların hijyen güvenliği için kullanılan malzemelerdir. Kumaşlar özellikle istenmediği sürece zehirli, alerjik ve kanserojen olmamalıdır. Ayrıca sterilizasyon işleminden sonra fiziksel ve kimyasal özelliklerinde herhangi bir değişiklik göstermemelidir. Dolayısıyla tıbbi tekstil üretimi için seçilecek olan kumaş ve üretim yöntemi hayati önem taşımaktadır. Bu alanda en çok kullanılan Pamuk kumaşından başka polyester gibi sentetik materyal olan poliamid, politetrafloroetilen (PTFE), polipropilen, karbon, cam elyafıda kullanılan diğer materyallerdendir [20]. Bu kategoride yer alan ürünler ve kaplama işlemleri açısından avantaj ve dezavantajları Tablo 2.2’de verilmektedir.

Tablo 2.2: Kaplamalarda kullanılan kumaşlar ve özellikleri.

| <b>Tür</b>               | <b>Avantaj</b>                                                                                                                                  | <b>Dezavantaj</b>                                                                       |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Pamuk                    | Mükemmel kaplama adhezyonu,<br>Ara bağlayıcı madde gereksinimi yok,<br>Düşük termal çekme.                                                      | Bozulmaya,<br>Küflenmeye ve<br>Böceklere karşı dayanıksız.                              |
| Poliyester               | Yüksek sıcaklığa dayanıklılık, Düşük çekme özelliği,<br>Yüksek aşınma direnci<br>Bozulmaya, Küflenmeye ve Böceklere karşı dayanıklılık          | Düşük nem absorbe etme,<br>Sınırlı elastikiyet                                          |
| Poliamid                 | Yüksek sıcaklığa dayanıklı,<br>İyi elastikiyet<br>Yüksek aşınma dayanımı<br>İyi ısı absorbe etme özelliği (hava yastıkları)                     | Düşük UV direnci<br>Nem absorpsiyonuna bağlı olarak sarkma yada çökme<br>Yüksek maliyet |
| Polietilen, Polipropilen | Düşük ağırlıkta kimyasal olarak etkisiz<br>Bozulmaya, Küflenmeye ve Böceklere karşı dayanıklı                                                   | Düşük erime sıcaklığı,<br>Bazı maddelerde adhezyon gücü                                 |
| Aramid                   | Yüksek erime sıcaklığı<br>Yüksek gerilme mukavemeti, güç tutuşurluk.                                                                            | Güneş ışığına karşı dayanıksız,<br>Yüksek maliyet                                       |
| Cam Lifi                 | Yüksek UV dayanımı,<br>Nem absorbe etmez,<br>Bozulmaya, Küflenmeye ve Böceklere karşı dayanıklı,<br>Güç tutuşurluk,<br>Yüksek sıcaklık dayanımı | Nispeten ağır,<br>Kırılgan ve zayıf uzama özelliği,<br>Adhezyon gücü,                   |

### 2.3.2.1. Pamuk Kumaşı

Günümüzde yaygın olarak kullanılan pamuklu kumaşlar bitkinin kozasından doğal olarak elde edilebileceği gibi, kimyasal olarakta içinde pamuk mumu ve pamuk yağı olan selülozdan üretilmektedir. Pamuk, farklı özelliklerdeki liflerle karıştırılarakta kullanılabilir. Pamuğun havayı içine hapsetme kabiliyeti pamuklu kumaşa yalıtım özelliği kazandırır. Fakat tutuculuğu orta seviyededir. Ayrıca emicilik, yaş dayanımı, yumuşaklık, dayanıklılık gibi özellikleri pamuğu diğer liflerden ayıran özelliklerdir. Pamuk yapısında hidroksil (-OH) grupları vardır. Bu sebeple hidrofiliktir. Yani hidroksi grupları nedeniyle polar bir yapı kazanan pamuk, su molekülleri için çekici özelliktedir. Dolayısıyla pamuklu kumaşlar yıkandıklarında diğer kumaşlara göre daha geç kururlar. Pamuğun ter ve diğer vücut sıvılarını tutma kabiliyeti ile absorban özelliğe sahip olması, bakterilerin su molekülleri ile taşınmasına imkan vereceğinden dolayı enfeksiyonlara sebep olur. Buda pamuğun dezavantajıdır. Pamuk liflerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri aşağıda belirtilmiştir [21].

Fiziksel özellikler;

- Pamuk için uzunluk ve incelik aranan özelliklerin başındadır. Bu özellikler çevre şartlarına bağlı olsada genel olarak kalıtsal bir özelliktir.
- Pamuk liflerinde mukavemet selülozik tabakanın kalınlığı ve liflerin inceliğine göre değişkenlik gösterir.
- Suyun pamuğa olan etkisi oldukça önemlidir. Kuru pamuğun mukavemetide düşüktür.
- Pamuk lifinde % kopma uzama oranı %7–15 arasında değişmektedir. Lif boyunca %1 oranında uzamayı sağlayan kuvvet olarak tanımlanan elastikiyet katsayısı pamuk elyafı için 0,5 g/denye'dir [22].

### Kimyasal özellikler;

- Pamuk lifinin bünyesinde selüloz, su, azotlu maddeler, kül, şeker, pektin ve renk maddeleri gibi kimyasallar mevcuttur.
- Zayıf bir iletkenidir.
- Pamuk liflerinin ve mamullerinin 100–110 °C seviyesi üzerinde ısıtılmaması gerekir.
- Pamuklu kumaşlar ultraviyole ışınlar maruz kalırsa, kimyasal değişikliğe uğrayarak mukavemet ve sağlamlıkları azalır.
- Pamuklu kumaşlar cinsine, yoğunluğuna ve ısı derecesine bağlı olarak asitten etkilenir [22].
- Pamuk genelde sodyum bisülfid ve sodyum sülfoksilat gibi redükantlardan zarar görmez.

## 2.4. Kumaşlara Uygulanan Kaplama Yöntemleri

Tekstil malzemelerine kaplama işlemi farklı tekniklerle yapılabilir. Fakat kaplama işleminde kullanılacak yöntem malzemenin cinsi ve elde edilmesi istenen özelliğe göre belirlenmelidir. Kaplama malzemesi, iplik ve lif yüzeylerinde kolayca yayılmalı ve kaplama sonrası kumaş yüzeyi deforme olmamalı, düz ve pürüzsüz olmalıdır. Kaplama yöntemlerini, katı, sıvı ve buhar olduğu metotlar olmak üzere üç bölümde incelemek mümkündür. Plazma teknolojisi son zamanlarda kaplama konusunda kullanımı giderek artan yöntemlerdendir. Genel olarak kaplama yöntemleri hakkında bilgiler Tablo 2.3'te verilmiştir [1]-[6].

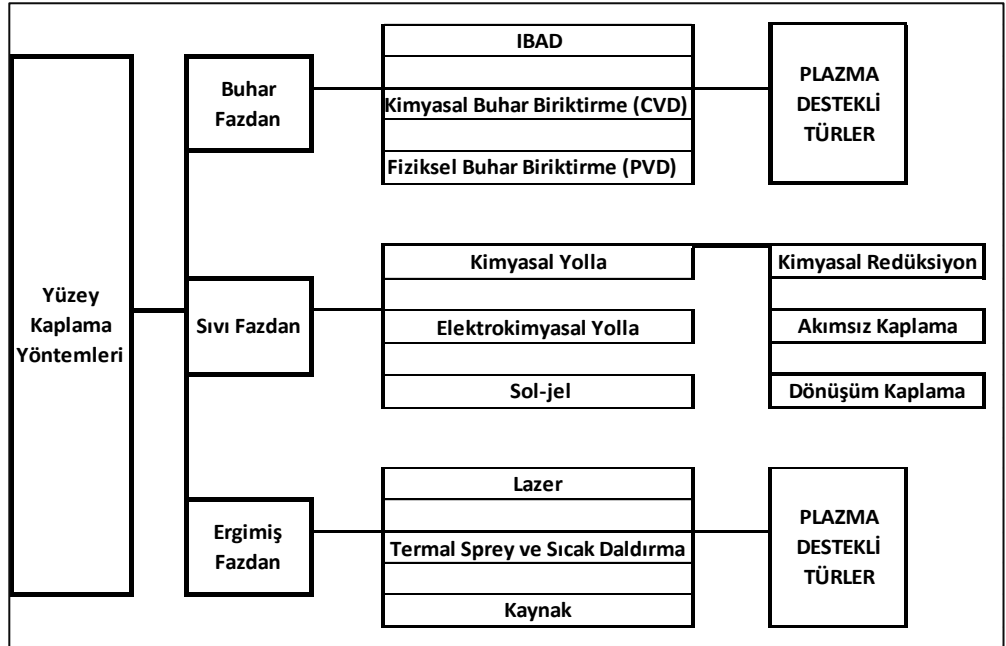
Tablo 2.3: Kaplamalarda kullanılan teknikler.

|                                                  |                                                   |                                                                                                                                                        |                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kaplama maddesinin sıvı olduğu kaplama metotları | Kaplama maddesinin sonradan dozajlandığı metotlar | Bıçaklı (rakleli kaplama)                                                                                                                              | Genellikle düzgün, üniform dokuma kumaşlara uygulanmaktadır.                                                      |
|                                                  |                                                   | Tel sarılı rulo ile rulo ile                                                                                                                           | Düşük viskozitede ve düşük gramajda kaplamalarda tercih edilir.                                                   |
|                                                  | Kaplama maddesinin önceden dozajlandığı metodlar  | Silindir kaplama                                                                                                                                       | Düşük viskoziteli kaplamalarda tercih edilir.                                                                     |
|                                                  |                                                   | Döner şablon ile kaplama                                                                                                                               | Rotasyon baskı prosesine benzemektedir.                                                                           |
|                                                  |                                                   | Püskürtme ile kaplama                                                                                                                                  | Düşük viskoziteli, su bazlı ve çok ince kaplamalar için uygundur.                                                 |
|                                                  | Kaplama maddesinin katı olduğu kaplama metotları  | Sıcak eriyik ile kaplama                                                                                                                               | Ekstrüzyon ile Kaplama                                                                                            |
| Pudralı kaplama                                  |                                                   |                                                                                                                                                        | Toz halde bulunan polimer madde kumaş üzerine serpilir ve radyasyonlu sistemde termoplastik madde eritilmektedir. |
| Kalandır ile kaplama                             |                                                   | Isıtılmış silindirler arasından geçerek akışkan hale gelen katı haldeki kaplama maddesinin kumaşa aktarımı dönen silindirler ile sağlanmaktadır.       |                                                                                                                   |
| Modern kaplama yöntemleri                        | Transfer kaplama                                  | Dokusuz yüzeyler, örme, likralı ve hassas kumaşlar sorunsuz bir şekilde kaplanabilmektedir.                                                            |                                                                                                                   |
|                                                  | Sol-jel ile kaplama                               | Çözelti formundan yola çıkılarak farklı uygulama alanlarına yönelik olarak seramik, cam ve kompozit malzemeler üretim tekniğine verilen genel isimdir. |                                                                                                                   |
|                                                  | Plazma ile kaplama                                | Tekstil materyallerinin yüzeyini modifiye eden bir teknolojidir.                                                                                       |                                                                                                                   |

### 3. İNCE FİLM OLUŞTURMA YÖNTEMLERİ

#### 3.1. Giriş

Maddenin kendi dışındaki ortamla temasta olan kısmı, çevreyle olan sınırına yüzey denir. Maddenin çevreyle olan tüm etkileşimi yüzey üzerinden olduğu için etkileşimlerin bir kısmında malzemenin tümünü etkileyen özellikleri büyük ölçüde yüzey tarafından belirlenir. Sürtünme ve aşınma özellikleri, korozyon davranışları, yüzeye bağlı mekanik özellikler, dış görünüm ve renkleri, optik özellikleri, fotoelektrik özellikleri, komşu maddeye difüzyon özellikleri, yapışma özellikleri, elektrik kontak özellikleri gibi özellikler malzemenin davranışı yüzey davranışı tarafından belirlenir. Bu tür özelliklerin istenildiği malzemelerde, malzemenin tümünden ziyade sadece yüzeyini iyileştirmek yeterli olabilmektedir. Bu durum aynı zamanda büyük kaynak tasarrufu sağlamaktadır. Bu bağlamda ince film kaplama teknolojisindeki çalışmalar, yüksek kalitede malzemelerin gelişimine yol açmıştır. İnce film büyütme teknikleri temel olarak üç kısımda incelenebilir. Bu bölümde yaygın olarak çalışmamızda kapsayan fiziksel buhar biriktirme yöntemlerinden olan Magnetron sıçratma yöntemi üzerinde durulacaktır [23].



Şekil 3.1: İnce film büyütme yöntemleri.

## 3.2. Fiziksel Buhar Biriktirme Yöntemi (PVD)

Fiziksel Buhar Biriktirme yöntemi temel olarak Buharlaştırma ve Sıçratma yöntemi olarak iki kısma ayrılır. Sistemi vakum altına alarak hedef malzemenin buharlaştırılarak veya sıçratılarak atomların yüzeyden kopartılması yoluyla taban malzemesi yüzeyine atomsal veya iyonik olarak biriktirilmesi olayına Fiziksel Buhar Biriktirme (PVD) yöntemi denir [24], [25]. PVD işleminde elde edilen film kalınlıkları genellikle birkaç nm ile birkaç bin nm arasındadır. PVD işlemi ile çok katmanlı ve kompozisyonu kademeli olarak değişen kaplamalar elde etmek mümkündür. PVD metodunun avantajları ise şu şekilde özetlenebilir [26].

- Kaplamalar mükemmel yapışma özelliğine sahiptirler.
- Biriktirme hızı oldukça yüksektir ve yüksek hızda üretim yapılabilir.
- Kaplama sonrası yüzey pürüzlülüğü iyidir.
- Çevreye zararlı atıklar üretmez.
- Yüksek saflıkta kaplamaların elde edilmesini sağlar.
- Geometrik olarak karmaşık parçaların homojen kaplanabilmesi mümkündür.
- Kaplama kalınlığının düşük olması parça toleransının muhafaza edilmesini sağlar.
- Kesici takımlar, keskin köşe ve uçlar özellikleri bozulmadan kaplanabilirler.
- PVD kaplamaların sökülerek tekrar kaplanabilme imkanı vardır.

### 3.2.1. Buharlaştırma Yöntemi ile Biriktirme

Buharlaştırma yöntemi eski ve yaygın biriktirme tekniklerinden biridir. Sistemi vakum altına alarak ( $10^{-8}$ - $10^{-2}$  torr) hedef malzemesini belli bir sıcaklıkta ısıtılmasıyla hedef malzemelerin buharlaştırılarak altlık üzerine yoğunlaşması şeklindedir. Hedef malzeme, elektriksel olarak nötr ve kaynağın yüzeyinden 0,1-0,3 eV arasındaki termal enerjilerde çıkar. Kaynak ile taban malzemesi arası mesafe 150-450 mm arasındadır. Kaplama kalınlıkları ise 0,1 – 100  $\mu$ m arasında olmaktadır. Kaynak malzemeleri, toz, tel veya çubuk şeklinde olabilir. Daha basit ve ucuz olması ve yüksek biriktirme hızlarına sahip olması gibi avantajlarının yanında buhar türlerinin düşük kinetik enerjileri, düşük kaplama yapışması, yüksek taban

malzemesi sıcaklığı, metalik taban malzemelerinin ısı işlemini değişikliğe uğrayabilme ihtimali gibi sistemin dezavantajları da vardır. Buharlaştırma yöntemi ile biriktirme yöntemlerine aşağıdaki gibi birkaç örnek vermek mümkündür. [27]-[31].

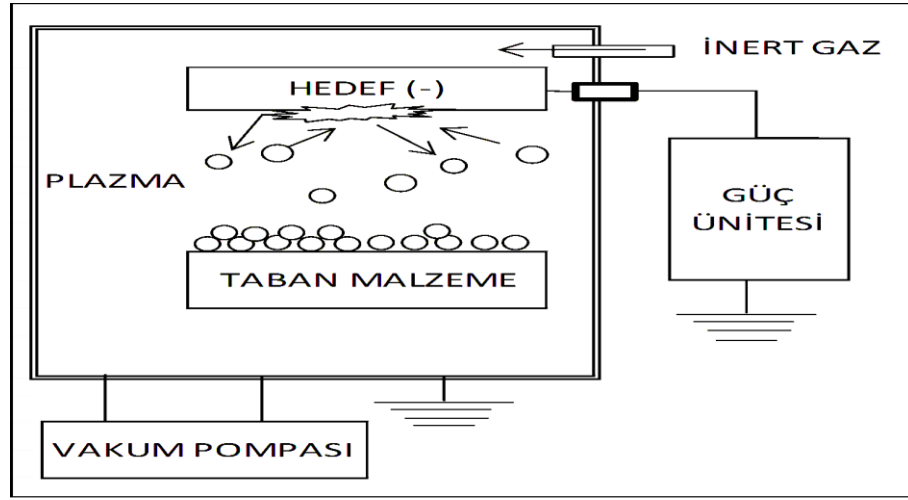
- Ark ile buharlaştırma,
- Elektron Demeti ile Buharlaştırma,
- İndüksiyon ile buharlaştırma,
- Rezistif buharlaştırma,

### **3.2.2. Sıçratma Yöntemi ile Biriktirme (Sputtering)**

Sıçratma sistemi üzerine ilk çalışmalar 1908 yılında Van Hoppel tarafından yapılmıştır. Bu çalışmaya göre sıçratma ile gelen iyonların enerjilerini atomik boyutlarda yarı küre şeklinde çok küçük alanlara bıraktığını ve yüzeyin küçük bir kısmının lokal olarak gaz fazına geçtiğini tespit etmiş, 1950 yılında ise Wehner yaptığı çalışmalar sonucunda moment teorisini ortaya atmıştır. Wehner'e göre sıçratma oranını iyon kütesine ve iyon enerjisine bağlıdır. İyonların yüzeye çarpma açısıyla bu oran değişebilir. Wehner, ayrıca sıçratma işleminin başlaması için bir başlangıç enerjisinin gerektiği ve belli bir enerji altında sıçratmanın gerçekleşmediği, tek kristalli malzemelerde sıçratmada atomik yoğunluğun en fazla olduğu bölgelerden atomların çıktığı ve iyonların hedef malzeme derinliklerine saplanmasından dolayı yüksek enerjilere çıkıldıkça sıçratma oranında azalma olduğu sonuçlarını ortaya çıkarmıştır [31]-[33].

Sıçratma ile ince film oluşturma yöntemi, diğer tekniklere göre daha fazla hedef malzeme kullanarak ince film oluşumunu sağlaması sebebiyle fiziksel buhar biriktirme yöntemleri arasında yaygın kullanıma sahiptir. Sıçratma işlemi temel olarak, DC veya RF potansiyel uygulanabilen hedef malzeme ile altlık tutucusunun bulunduğu vakum altına alınan sistemde inert gaz yardımı ile plazma oluşturarak, momentum değişimine bağlı olarak yüksek enerjili parçacıkların hedef yüzeye çarptırılarak, yüzey atomunu koparması olarak verilebilir. Atomları iyonize olmuş ve voltaj uygulanarak hızlandırılmış gaz atomları sayesinde hedef malzemeden koparılan atomlar bir taban malzeme üzerine biriktirilmesi ile ince film oluşturulur.

Sistemde altlık malzeme ile hedef malzeme karşılıklıdır. Şekil 3.2’de sıçratma işlemi şematik olarak gösterilmiştir [34].



Şekil 3.2: Sıçratma prosesi şematik görüntüsü.

Sıçratma yöntemlerinin kullanım alanları arasında alüminyum alaşımları ve refrakter metal mikro devre metalizasyon tabakaları, mikro devre yalıtım tabakaları, transparan iletken elektrotlar, amorf yapılı optik filmler, piezoelektrik dönüştürücüler, foto-iletken ve ışık oluşturan görüntüleme cihazları, hafıza cihazları, ince film rezistör ve kapasitörler, katı elektrolitler, ince film tabakalar, aşınma dayanımı örnek olarak verilebilir [22]. İnce film oluşturmada verimi arttırmak için diyot sıçratma tekniğinin geliştirilmiş halleri olan DC diyot sıçratma, RF diyot sıçratma, iyon ışınli sıçratma, manyetik alanda sıçratma teknikleri vardır [35]. Sıçratma yönteminin avantaj ve dezavantajları aşağıdaki gibidir;

Avantajları:

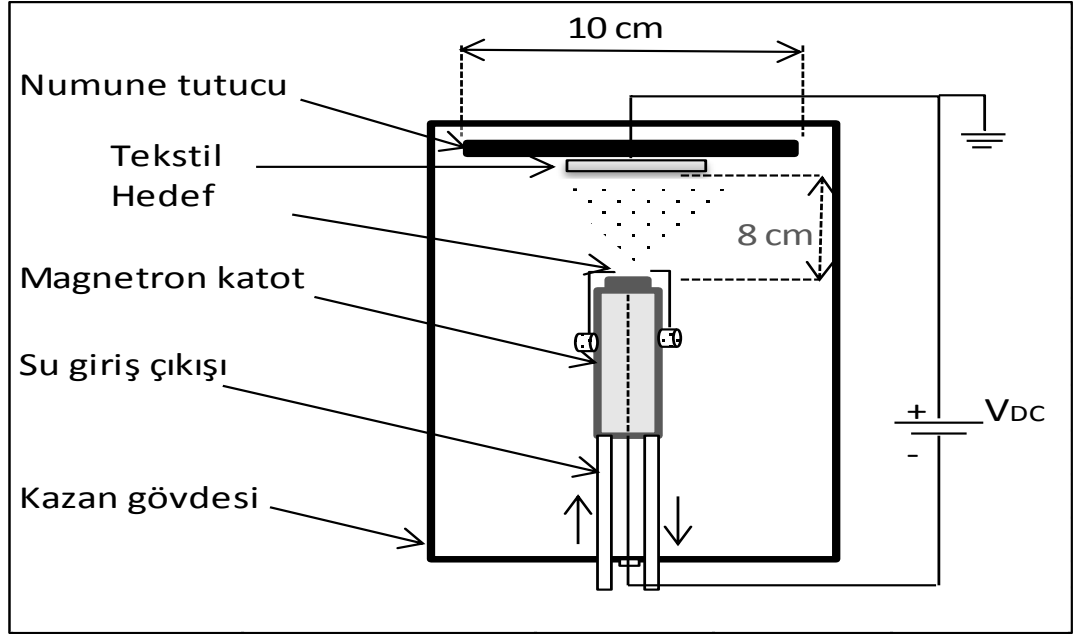
- Hedef malzemelerin ömrü uzundur ve istenen şekilde olabilir.
- Sıçratma işlemi ile element, bileşik ve alaşımlar kullanılarak ince film oluşturulabilir.
- Reaktif gaz kullanılarak biriktirme yapılabilir.
- Film yapısına partikül girme olasılığı düşüktür.
- Altlık malzeme yüzeyi temizlenebilir.
- Kaplamalar yüzeye oldukça iyi yapışır.

Dezavantajları:

- Buharlaştırmaya kıyasla sıçratmada biriktirme hızları daha düşüktür.
- Biriktirme akısı sistem içerisinde her yerde aynı olmadığından homojen kaplama kalınlıkları ve homojen özellikler elde etme zorluğu vardır.
- Hedef malzemeler pahalıdır.
- Enerji tüketimi buharlaşma yöntemine göre daha fazladır.
- Hedef malzeme üzerine transfer edilen enerjinin çoğu ısı olarak kaybedilir.
- Bazı durumlarda radyasyon ve bombardıman film ayrışmasına neden olur.
- Yöntem pahalıdır [36].

### 3.2.3. Magnetron Sıçratma (Sputtering) Yöntemi

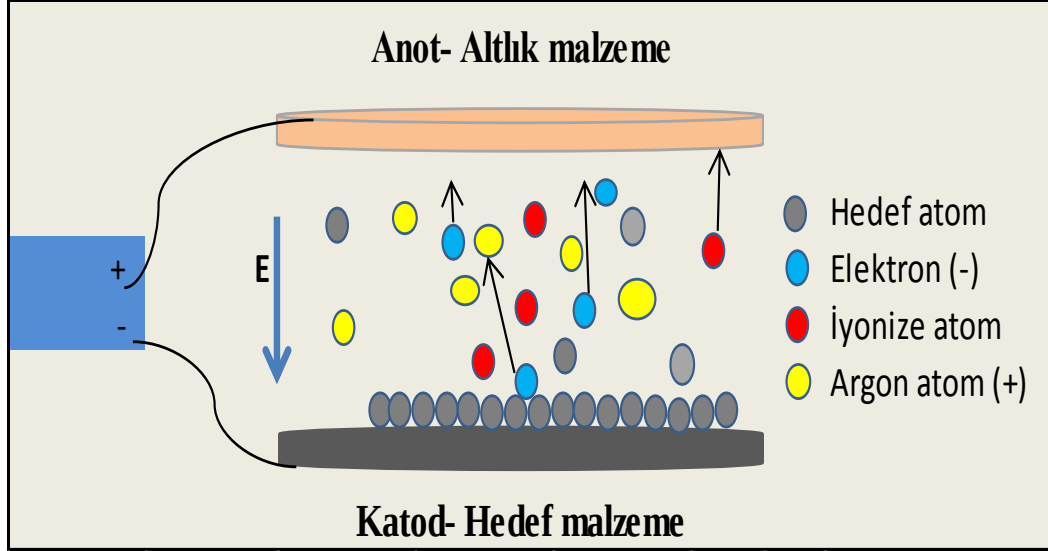
Magnetron sıçratma sistemi ilk defa Penning tarafından 1936 yılında tasarlanmıştır. 1967 yılında ise düzlemsel magnetron sisteminin prototipi Wasa tarafından icat edilmiş ve 1974 yılındada Chapin pratik düzlemsel magnetron sistemini tasarlamıştır [23]. Magnetron sıçratma sisteminin çalışma prensibi şu şekildedir; öncelikle hedef malzeme ve kaplanacak malzeme (altlık) vakum odasına karşılıklı olacak şekilde yerleştirilir. Böylelikle sistemde hedef malzeme (katot) negatif voltaj kaynağına bağlı altlık ise anotta yerleşmiş şekilde konumlandırılmış olur. Daha sonra vakum odası  $10^{-4}$ – $10^{-7}$  torr'a kadar çıkarılarak temizlenir ve basınç istenen değerlere ulaşınca ortama serbest elektronlarla etkileşime girmesi için inert gaz gönderilir [2]. Sisteme voltaj uygulanır. Bu voltaj pozitif iyonları hedef yüzeyine belirli bir hızda çeker. Katoda uygulanan voltaj sayesinde iyonları hızla hedefe çarptırılır. Pozitif iyon bir katının yüzeyindeki atomlarla çarpıştığında enerji transferi meydana gelir. Bir yüzey atomu, ona transfer edilen enerji yüzey bağlanma enerjisinden büyükse, söktürme işlemi gerçekleşmiş olur. Magnetron sıçratma (Magnetron Sputtering) sistemlerinde magnetron kaynaklar kullanılarak yaratılan manyetik alan plazma elektronlarının belirli bir ekseninde hareket etmesini sağlar. Bu durum plazmadan elektron sızıntısını engeller, bu sayede her elektron bir çok iyon üretir ve söktürme hızını üretim için uygun hale getirmiş olur [37]. Magnetron sıçratma yöntemi ile ince film oluşturmak için DC ve RF kaynaklar kullanılabilir.



Şekil 3.3: Magnetron katot ve numune tutucu.

### 3.2.3.1. DC Manyetik Alanda Sıçratma Yöntemi

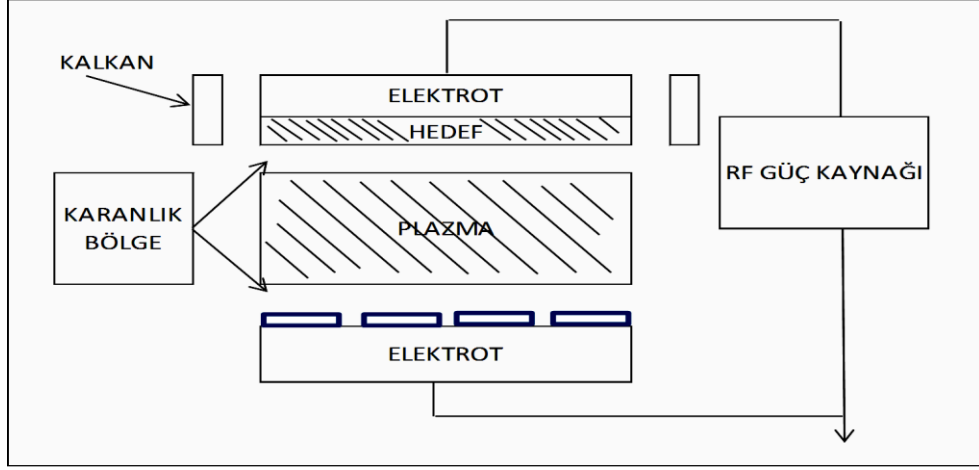
DC magnetron sıçratma yönteminde, sistemde iki düzlem eletrot vardır. Bu elektrotlardan biri katot diğeri ise anottur. Katot kısmında hedef malzeme bulunur. Altlık ise anot kısmında bulunur. İyonlaşmış inert gaz atomlarını hızlandırmak için Katot-Anot etrafında elde edilen manyetik alan sayesinde sistemdeki iyon konsantrasyonu kontrol edilerek hedef üzerindeki iyon konsantrasyonunda arttırılmış olur [38]. Dolayısıyla manyetik alanın etkisi sayesinde hedeften kopan elektronların yüzey etrafında bulunması sağlanmış olur. Bu elektronlar yüzey üzerinde yüksek yoğunluklu bir plazma oluşturarak, kuvvetin etkisinde hızlanan plazma halindeki iyonlar ve elektronlar hedef malzemenin yüzey atomlarına çarparak sıçratma olayı gerçekleşir ve altlık yüzeye yapışmasını sağlarlar. Bu sıçratma tekniğinin sayesinde, yüksek yoğunluklu sıçratma işleminin yapılması sağlanır. Hedef üzerinde oluşan düzgün olmayan plazma magnetron oluşumunu etkilemesi sistemin eksik yönüdür. Buna rağmen, altlığın hedefe göre mesafesi ayarlanarak kaplama prosesini düzgün gerçekleştirme imkanı vardır [39]-[46].



Şekil 3.4: DC Sıçratma sistemi.

### 3.2.3.2. RF Sıçratma (Radyo Frekansı)

DC koparma sistemi yalıtkan hedef malzemeler için kullanılamaz. Çünkü hedef malzemenin bulunduğu katot yalıtılmasıyla hedefe gelen iyonlar hedefin yüklenmesine sebep olur ve sıçratma işlemi devam edemez. Yalıtkan hedef kullanarak sıçratma işlemi yapabilmek için ise, hedefe RF gerilim uygulayarak sıçratma işlemi yapmak mümkündür. Bu yöntemde uygulanan akım radyo frekansı akımıdır. Bu akım sayesinde yalıtkan hedef malzeme yüzeyinde kapasite oluşturularak argon (Ar) atomlarının yüzeye çarpması sağlanır. İnce film oluşturma işlemi bu teknikte oldukça düşük basınçlarda (5-15 mTorr) yapılabilir. Çünkü birincil elektron kaybı azdır ve yüksek frekanslarda hacimsel iyonizasyon artar. Sıçratma sistemlerini daha verimli hale getirebilmek için hedef malzemenin altına konumlandırılmış mıknatıslardan faydalanmak mümkündür. Ayrıca bu sistem ile birkaç hedef malzeme yerleştirilerek çoklu kaplamalar yapılabilir. Bu yöntemle Si, Ge, GaAs, GaSb, GaN, AlN, CdSe, CdS, PbTe, SiC, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, PtO, Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO, CdO, cam ve plastikler hedef malzeme olarak kullanılabilir. Şekil 3.5'te bu teknik şematik olarak görülmektedir [47]-[49] .



Şekil 3.5: RF sıçratma sistemi.

### 3.3. Sıçratma Parametreleri

Hedef malzeme seçimi ve hedef malzemenin yapısal özellikleri (bağlanma enerjisi vb.) ve altlık seçimi kaplama kalitesini etkileyen başlıca faktörlerdir. Bunların yanında sıçratma sistemi ile oluşturulmak istenen ince film özelliklerini aşağıdaki parametreler ayarlanarak değiştirmek mümkündür [50].

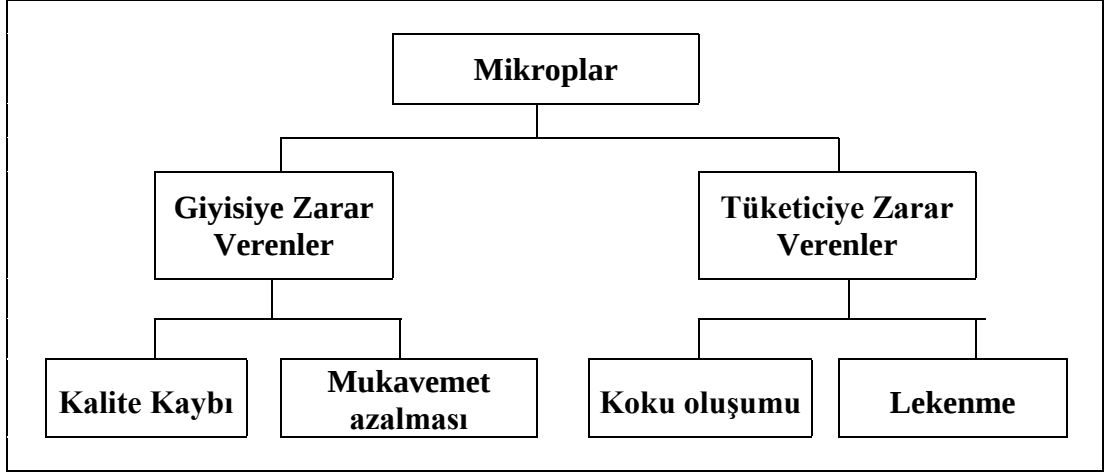
- Sıçratma Akımı: İnce film biriktirme hızını belirleyen parametredir.
- Uygulanan Voltaj: Hedef malzemeden atom sıçratmak için gerekli maksimum enerjiyi belirleyen parametredir. Aynı zamanda sıçratma verimini belirler. Verim; iyon başına sıçratılan partikül sayısı olarak ifade edilebilir.
- Hedef–Altık Arası Mesafe: Hedef-altık arasında meydana gelen çarpışma sayısı film porozitesi, kristalinite ve yapı özelliklerini etkiler.
- Gaz Karışımı: Film sitokiyometrisini belirler.
- Altık Sıcaklığı: Filmlerde tane büyümesi, kristalinite ve yoğunluk gibi faktörleri doğrudan etkiler.
- Bias Voltajı: Altık yüzeyine elektron ve iyonların çarptırılması ve sıçratılmasına doğrudan etki eder.
- Biriktirme Açısı: Hedef ve altık birbirinde paralel tutulabildiği gibi altlık açısı değiştirilerek filmlerde tercihli yönelme ile filmler üretilebilir [51].
- Argon: Asal gaz olduğundan dolayı kimyasal reaksiyonlara girmemesi ve büyük kütleli olması sebebiyle tercih edilmektedir.

## 4. ANTİBAKTERİYEL UYGULAMA İŞLEMLERİ

Antibakteriyel maddelerin kullanımı binlerce yıl öncesinde başlamış ve günümüze kadar gelmiştir. Antibakteriyel maddelerin tekstilde kullanılmaya başlaması ise İkinci Dünya Savaşı sırasında kumaşların çürümeye ve bakteri oluşumuna karşı zayıf olması sorunlar yaratmasından dolayı çadırlarda, askeri araç brandalarında kullanılmıştır. Günümüzde ise antibakteriyel tekstiller başta tıp, hijyen sektörü, konfeksiyon, askeri alan, spor giyim, gıda sanayisi gibi tekstilin kullanıldığı her alanında kullanılmaya başlamıştır. Bakterileri olabildiğince hızlı olarak etkisiz hale getirmesi ya da üremesini yavaşlatması, yıkamaya, kuru temizlemeye, sıcak pres işlemlerine karşı dayanıklı olması, çevreye ve insana zarar vermemesi, çevre yönetmeliklerine ve hükümet politikalarına uygun olması, kolaylıkla uygulanabilir olması, kullanıldığı materyal üzerinde aşındırıcı etkisi olmaması, vücut sıvısı ve sterilizasyona karşı dayanıklı olması antibakteriyel maddelerden beklenen özelliklerdir [52].

### 4.1. Bakterilerin Tekstil Ürünlerine Olan Etkileri

Uygun ortam şartlarında tekstil yüzeylerinde bakteriler çok hızlı bir şekilde çoğalarak zararlı etkiler gösterebilirler. Örneğin bir bakteri popülasyonu için ideal koşullar oluştuğunda (36-40 °C ve pH 5-9), bakteri sayısı ortalama 30 dakikada 2 kat artmaktadır. Yani bir bakteri hücresi 7 saat sonra 524288 adet bakteri sayısına ulaşabilmektedir. Dolayısıyla kontrolsüz bakteri çoğalması; konfor kayıpları, kötü koku oluşumu, çevre ve insan sağlığına zarar verebilecek potansiyel risk oluşturmaları, kumaş üzerinde meydana gelebilecek renk bozulmaları, performans kayıpları, leke oluşumları gibi sonuçlar ortaya çıkarabilir [38], [39]. Günümüzde kullanılan antibakteriyel ürünlerin çok sayıda yıkamadan sonra özelliklerini kayb ettikleri gözlenmektedir. Bu problemi çözmek için çalışmalarımızda da anlatacağımız üzere antibakteriyel etki çok hızlı ve kalıcı olmalıdır [40]. Antibakteriyel tekstiller, kendi doğal kimyalarında antibakteriyel özellik bulunan liflerden yapılabildiği gibi çalışmamızda olduğu üzere tekstil yüzeylerine antibakteriyel özellik gösteren metal işlemleriyle de oluşturulabilir [41].



Şekil 4.1: Bakterilerin tekstiller üzerindeki etkileri.

#### 4.1.1. Hastane Enfeksiyonları ve Etkileri

Herhangi bir nedenle hastaneye başvuran hastalarda, başvuru sırasında kuluçka döneminde olan enfeksiyonlar dışında, yatıştan 48 saat sonra ya da taburcu olduktan hemen sonra ortaya çıkan enfeksiyonlara Hastane enfeksiyonu (Nozokomiyal Enfeksiyon) denmektedir [42]. Hastane hizmetlerindeki tüm gelişmelere ve koruyucu önlemlere rağmen; hastane enfeksiyonları tüm dünyada görülmeye devam etmektedir. Hastane enfeksiyonları hem hasta, hem de ziyaretçiler ve çalışanlar yoluyla dışarıya taşındığında toplum sağlığı açısından tehdit oluşturmaktadır. Bu enfeksiyonlar sonuç olarak fonksiyonel bozukluklara, duygusal strese, yaşam kalitesinin düşmesine hatta ölümlere neden olabildiği gibi iş kaybı, aşırı ilaç kullanımı gibi ekonomik külfetleride beraberinde getirmektedir [43]. Yapılan araştırmalara göre hastaneye yatan hastaların ortalama %5-15’inde hastane enfeksiyonu geliştiği tespit edilmiştir. Türkiye’de bu enfeksiyonların görülme sıklığı yatan hasta sayısının %1-16,5’i arasında değiştiği görülmektedir. ABD’de yılda yaklaşık 2 milyon hastane enfeksiyonu geliştiği ve 90.000 kişinin kaybedildiği kaydedilmiştir. Hastane enfeksiyonlarının ABD’ne yıllık mali yükü 6,7 milyar dolar civarındadır. Bu rakam İngiltere’de 1,7 milyar dolar düzeyindedir. Türkiye’de ise hastane enfeksiyonlarının maliyetinin 1500 USD/hasta olduğu saptanmıştır [44]. Ülkemizdeki hastanelerde çarşaf olarak genellikle ev tekstilinde de olduğu üzere bez veya saten dokuma, %100 pamuklu kumaşlar veya pamuk/polyester karışımları kullanılmaktadır [45]-[47]. Bu tekstil yüzeylerinde en çok karşılaşılan bakteri türleri ise Tablo 4.1’de özetlenmiştir.

Tablo 4.1: Bakterilerin patojenik durumları ve neden oldukları hastalıklar.

| MİKRO ORGANİZMALAR           | PATOJENİK DURUMLAR   | SONUÇLAR                              |
|------------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| <u>Escherichia Coli</u>      | Düşük oranda patojen | Gıda bozulması, idrar enfeksiyonları  |
| Bacillus Subtilis            | Patojen değildir     | Gıda bozulması,                       |
| Klebsiella Pneumoniae        | Patojendir           | Zaturre, idrar torbası enfeksiyonları |
| <u>Staphylococcus Aureus</u> | Patojendir           | Toksit sok, apse, fibrin, pıhtılaşma  |
| Proctus Vulgaris             | Düşük patojendir     | İltihaplanmalara neden olur           |
| Staphylococcus Epidermis     | Düşük patojendir     | Cerrahi enfeksiyonlara neden olur.    |

## 4.2. Tekstil Yüzeyleri için Kullanılan Antibakteriyel Test Standartları

Tekstil yüzeylerine uygulanan antibakteriyel test yöntemleri, 4 ana grupta sınıflandırılabilir:

- Agar difüzyon testleri
- Süspansiyon testleri (Challenge test)
- Gömme testleri (Soil burial test)
- Kirlenme testleri (Fuling test)

### 4.2.1. Agar Difüzyon Testi

Bu test grubu, bakterilerin besiyeri üzerindeki yayılmaları temeline dayanmaktadır. Test sonucunda kalitatif (nitel) sonuçlara ulaşılmaktadır. AATCC 147 ve JIS1902 testleri örnek olarak verilebilir.

#### **4.2.2. Süspansiyon Testi (Challenge Test)**

Bu test grubu, bakteri kolonilerinin sayımına dayanan kantitatif (nicel) sonuçlar veren bir test yöntemidir. AATCC 100 ve JIS 1902 (kantitatif) bu sınıfa örnek testlerdir.

#### **4.2.3. Gömme Testi (Soil Burial Test)**

Bu test metodu, numunenin toprağa gömülmesi neticesinde meydana gelen çürüme miktarını gösteren ve kalitatif (nitel) sonuçlar veren bir yöntemdir. DIN EN ISO 11721-1-2001 test standardı bu gruba örnek verilebilir.

#### **4.2.4. Kirlenme Testi (Fulling Test)**

Bu test kapsamında, kumaş üzerinde meydana gelen kirlenme miktarı kalitatif (nitel) olarak incelenmektedir [62].

### **4.3. Çalışmada Kullanılan Antibakteriyel Özellikli Metaller**

#### **4.3.1. Gümüş (Ag)**

Gümüş, doğada element halde metalik formda bulunan ve diğer elementlerle sülfür, klorür ve nitratlar oluşturan parlak, yumuşak beyaz bir metaldir. Saf gümüş, parlak metalik beyaz-gri renkte bulunurken, gümüş nitrat ve gümüş klorür toz olarak beyaz renkte, gümüş oksit ve gümüş sülfat griden siyaha kadar renklere sahiptir. Gümüş, hava ve suda kararlıdır fakat yüksek oranda ozon, hidrojen sülfür veya sülfür içeren havayla temas ederse hızlı bir şekilde kararma gözlenir. Gümüşün kullanım alanları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Elektrik iletkenliğinin çok iyi olması ve şekil verilebilmesinden dolayı elektrik alanında kullanılır.
- Süs eşyası yapımında kullanılır.
- Bileşikleri fotoğrafçılıkta kullanılır.

- Tıpta, dental dolgularda kemik boşluklarını doldurmada kullanılır.
- Bakır karışımıyla birlikte metal kaşık, çatal bıçak, tabak yapımında kullanılır,
- Antibakteriyel özelliğinden dolayı özellikle tıp sektöründe kullanılır.
- Uzay teknolojisinde, su saflaştırma sistemlerinde, elektronik aletlerde ve ilaç endüstrisinde kullanılır.
- Ayrıca akıllı fonksiyonel kumaş geliştirilmesinde de kullanımı mevcuttur [47].

Gümüşün kuvvetli antimikrobiyal etkisinden dolayı kaplama veya katkılandırma yöntemi ile teknik kumaşlar elde edilmeye başlamıştır. Gümüşün kullanılmasının en önemli sebebi ise yapılan araştırmalar sonucu yaklaşık olarak 650 çeşit bakteriye karşı etkili olmasıdır. Gümüş antibakteriyel etkisini bakterilerin hücre zarını yok ederek veya bakterilerin hücre metabolizmasının aktivasyonunu engelleyerek gösterir. Gümüş oldukça geniş spektruma sahip bir kimyasal olup, hem gram negatif hem de gram pozitif bakteriler üzerinde etkilidir [47]. Gümüş suyla reaksiyona girerek ve ortamdaki gümüş iyonları enzimlerin sülfidril gruplarıyla ya da bakterideki nükleik asitlerle reaksiyona girerek bakterinin nefes almasını önler veya tükenmesine sebep olur [48]. Gümüşün bakterilere karşı diğer etki etme yolu ise gümüşün sudaki çözünmüş bulunan oksijenle reaksiyona girip aktif oksijen üretmesi ve bakteriyi parçalamasıdır. Gümüşe maruz kalan bir bakteri hücresinde hücre zarı ile hücre duvarı arasında boşluk oluşur. Daha sonra hücre duvarı granüllerle çevrilir ve bu granüller hücre duvarını yok ederek hücrenin ölmesine neden olurlar. Gümüş kaplı malzemelerin anti-bakteriyel aktivitesi malzemeden çevreye yayılan gümüş iyonlarının yayılımına bağlıdır. Biyolojik olarak aktif olan tüm gümüş içeren ürünler iyonik gümüş yayarlar. Gümüş katyonu yüksek reaktif bir kimyasal yapıya sahiptir. Gümüş iyon konsantrasyonu ne kadar yüksekse, anti-bakteriyel aktivite o kadar fazla olur fakat %0,5'ten daha büyük konsantrasyon tercih edilmez. İdeal bir anti-bakteriyel gümüş kaplama, uygun konsantrasyonlarda gümüş iyonlarını suyla birlikte nemlendiğinde vermelidir. Böylece iyonlar filtre edilmiş olurlar ve mikroplara karşı harekete geçerler. Fakat bu durum, kaplama dayanıklılığına zarar verir. Çünkü uzun süre suyla temas ettiğinde, kaplamadaki tüm sınırsız serbest gümüş iyonları çözücüye doğru süzülür. Böyle bir durum kaplamayı daha fazla antibakteriyel faaliyet için yetersiz hale getirir [55]-[60].

#### 4.3.2. Bakır (Cu)

Bakır M.Ö. 5000 yılından itibaren bilinen metalik gri tonunda bulunmayan iki metalden birisidir. Doğada 200'den fazla minerali bulunan bakırın sadece 20 tanesi bakır cevheri olarak endüstriyel öneme sahiptir [49-56]. Yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, aşınma ve korozyon direnci, çekilebilme ve dövülebilme gibi özelliklerinden dolayı endüstride yaygın olarak kullanılır. Bunun yanında alaşımları çok çeşitli olup otomotiv, basınçlı sistemler, borular, vanalar, elektrik santralleri ve elektrik-elektronik gibi değişik amaçlar içinde tercih edilmektedir [56-57]. Kimyasal özelliklerinden dolayı doğaya yayılımı açısından “Atmofil” (hava sever) ve suda çözünerek geniş bir alana dağılabilmesinden dolayıda “Lithofil” (kaya sever) grupları arasında değerlendirilir. Atmosferdeki bakırın biyolojik olarak kullanılabilirlik oranı %1 iken kalan kısım ise sedimente olarak çökelir. Kirlenmemiş toprakta bakır konsantrasyonu ortalama 30 mg/kg'dır (sınır değeri 2-250 mg/kg) [60]. Bakır vücut fonksiyonları açısından da önemli rol oynar [58]. Bakırın olumsuz anlamda etkisi ise alınan doza bağlı olarak zehirlenmelere, koma hatta ölümlere kadar sebep olduğu bilinmektedir [51], [52].

Bakırın kimyasal formu ve canlının büyüklüğüne göre bakırın bitkiler ve canlılar üzerinde de etkisi vardır. Yani küçük ve basit yapıları için zehir özelliği gösterirken büyük canlılar için temel yapı bileşeni özelliği gösterir. Bu nedenle bakır ve bileşikleriy fungusit, biosit, anti bakteriyel madde ve böcek zehiri olarak tarım zararlılarına ve yumuşakçalara karşı yaygın olarak kullanılır [57]. Bakır antibakteriyel etkisini hücrelerde bulunan proteinlerin doğasını değiştirerek bakterilerin aktifliğinin kaybolması sonucu göstermektedir. Yani metal iyonlarının proteinlere olan benzerliği sebebi ile bakteri hücreleri ölmektedir. Kapı kolları gibi ve elle sıkça temas edilen malzemeler bakırın antiseptik özelliğinden yararlanılarak mikropların yayılması engellenir [58]-[61].

## 5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

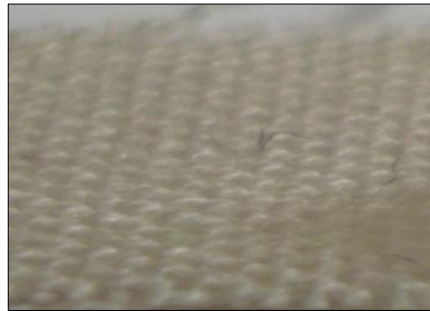
### 5.1. Giriş

Yüksek lisans tez çalışması kapsamında altlık malzemesi olarak kullanılan pamuk kumaşı yüzeylerine Magnetron Sıçratma yöntemi ile 1 dk, 4 dk ve 10 dk süre ile gümüş ve bakır metali kaplanmıştır. Hazırlamış olduğumuz kaplamaların antibakteriyel etkilerini incelemek amacı ile numunelerin üzerlerine E.coli ve S.aureus bakterileri büyütülerek paralel şerit ve süspansiyon metodları ile incelenmiştir. Deneysel çalışmalar genel hatları ile üç ana başlık altında toplanabilir. Bunlar pamuklu kumaşların temini ve sıçratma yöntemi ile kaplanması, kaplanan kumaşların karakterizasyonu ve antibakteriyellik testleridir. Çalışmalar GTÜ Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü ve Yeditepe Üniversitesi Fizik laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

### 5.2. Deneysel Yöntem ve Malzemeler

#### 5.2.1. Altlık Malzeme Olarak Kullanılan Kumaşlar

Deneyler boyunca altlık malzeme olarak kullanılan kumaşlar %100 pamuk kumaşından oluşmaktadır. Kumaşların tümü Öncü Tekstil firmasından alınmıştır. Pamuk kumaşın seçilmesinin sebebi bileşimlerinde kaplamaları etkileyecek metalik içerik olmaması, tamamen yalıtkan olması ve endüstriyel olarak piyasada en sık kullanılan kumaş türü olmasıdır.



Şekil 5.1: Kaplamada kullanılan pamuk kumaşı.

### 5.2.2. Kumaşların Kaplanması

Çalışmada üretilen kaplamalar Şekil 5.2’de gösterilen ATC-22006 Magnetron sıçratma ünitesi ile üretilmiştir.

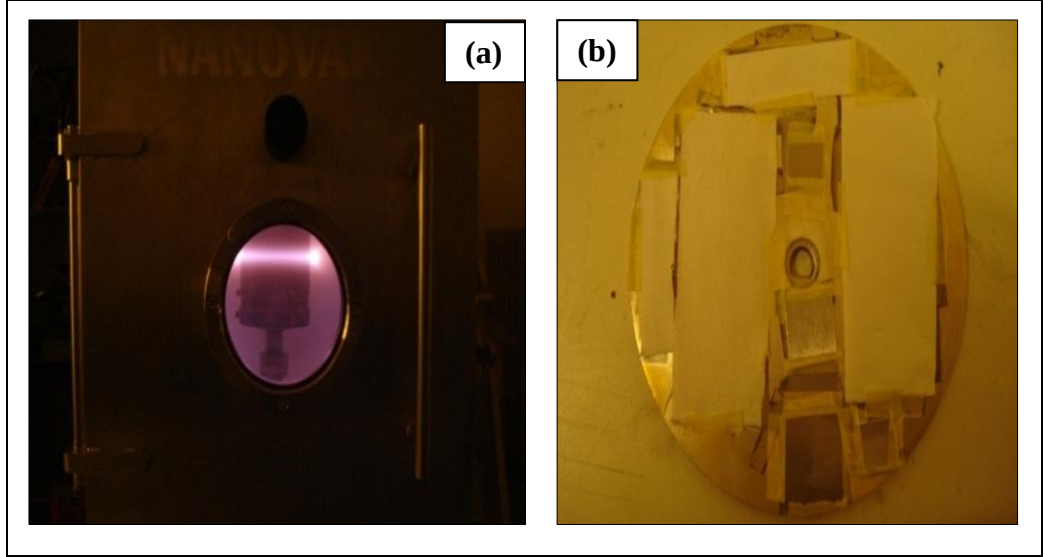


Şekil 5.2: Magnetron sıçratma sistemi.

Yaptığımız çalışmanın kaplama parametreleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 5.1: Gümüş ve bakır metalleri için kaplama parametreleri.

| Hedef Malzeme   | GÜMÜŞ (Ag)              | BAKIR (Cu)              |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|
| Taban Basıncı   | $1 \times 10^{-6}$ torr | $1 \times 10^{-6}$ torr |
| Çalışma Basıncı | $1 \times 10^{-2}$ torr | $1 \times 10^{-2}$ torr |
| Voltaj          | 310-450 V               | 440-450 V               |
| Akım            | 0.03- 0.12 A            | 0.1- 0.15 A             |
| Mesafe          | 8 cm                    | 8 cm                    |
| Kaplama Süresi  | 1-4-10 dk               | 1-4-10 dk               |



Şekil 5.3: a) Magnetron sıçratma sistemi vakum kazanı, b) altlık tutucu.

Kaplama işlemi şu şekilde yapılmıştır; öncelikle sistem içerisindeki havanın ve nemin minimuma indirilmesi için vakum seviyesi turbo moleküler pompa sayesinde basınç değeri  $10^{-6}$  torr seviyesine düşürülmüştür. Bu aşamadan sonra sisteme argon gazı verilerek basınç  $10^{-2}$  torr'a kadar yükseltilmiştir. Basınçta ufak değişimler söz konusu olduğunda cihazın SET ve FLOW parametreleri kullanılarak kazana verilen gazı kontrol etmek suretiyle basınç değerinin sabit tutulması sağlanmıştır. Basınç flowmetre ile  $10^{-2}$  torr'da kararlı hale getirildikten sonra magnetron katotun soğutulması için soğutma ünitesi açılmış ve magnetronun soğutma suyunun yaklaşık  $15^{\circ}\text{C}$  derecede tutulması sağlanmıştır. Sonra DC güç kaynağının voltajı yavaş yavaş artırılmış ve hedefe bağlı olarak 300V-500V aralığındaki bir değerde magnetronun çalışması sağlanmış ve hedef üzerinden sökülen atomların altlık malzemeye yapışmaya başlaması sağlanmıştır. Burada DC kaynağının (-) ucu Magnetron katotundaki hedefe bağlı ve (+) ucu ise kazanın gövdesine bağlı olan numune tutucuya bağlanmış olarak çalışmaktadır. Bundan sonra basınç ve voltaj sabit kalacak şekilde kaplamak istediğimiz parametreler doğrultusunda 1-4-10 dk boyunca kaplama yapılmıştır. Daha sonra gaz ve soğutma sistemi kesilip vakum alınarak numuneler çıkarılmıştır. Bir kez yapılan kaplama işlemi kaplama süresi dahil yaklaşık 45 dk sürmektedir.

### 5.3. Çalışmada Kullanılan Antibakteriyel Özellikli Metaller

Çalışmamız kapsamında hedef metal olarak gümüş ve bakır metalleri kullanılmıştır. Hedef malzemeler (Cu ve Ag) %99,99 saflıkta, dairesel, çapı 50,8 mm, kalınlığı ise 4 mm'dir.

### 5.4. Antibakteriyel Test Yöntemleri

Tez çalışmasında yapılan kaplamalar tekstil endüstrisinde en çok kullanılan kumaşlardan biri olan pamuk kumaşı seçilerek yapılmış ve tekstil yüzeylerine uygulanan bakterilerin veya sıvı içerisine daldırılan tekstillerden sonra yüzeydeki bakterilerin hayatta kalma/yok olma özellikleri incelenmiştir. E.Coli ve S.Aureus bakterilerine karşı sterilizasyon özelliklerinin olup olmadığını incelemek amacıyla paralel şerit ve süspansiyon testleri aşağıda belirtilen protokollere göre yapılmıştır. Bu işlemleri ile ilgili biyolojik testler Yeditepe Üniversitesi, Genetik ve Biyomühendislik bölümünde yapılmıştır.



Şekil 5.4: Hazırlanan numuneler.

### 5.4.1. Paralel Şerit Yöntemi

Bakır ve gümüş metali ile kaplanan pamuk kumaşına E.Coli ve S.Aureus bakterileri ekilerek paralel şerit metodu ile bakterilerin aktivitesi incelenmiştir [62]. Antibakteriyel aktivitenin değerlendirilmesi aşağıdaki gibidir:

- Öncelikle LB (Luria Bertuni) agar hazırlandı. 37 g LB, 1 lt saf suda çözüldükten sonra otoklavda 121 °C’de 15 dk bekledi. (Toplam süre 2,5 saat)
- Otoklavdan alınan LB agar 40 °C’ye soğutulduktan sonra petri kaplarına her birine 20 µL olacak şekilde döküldü ve donması beklendi.
- Agar donduktan sonra bakteriler, AATCC TM 147 no’lu protokole göre agarlara steril özelerle ekildi.
- Agarlara ekilen bakterilerin üzerine tek taraflı kaplanmış olan kumaşlar cımbız yardımıyla her defasında cımbızın ucu steril edilerek yerleştirildi ve 1 günlük inkübasyon için 37 °C’lik inkübatöre konuldu.
- Her bir ekim işlemi üç kez tekrarlandı ve antibakteriyel aktivite, ortalama  $\pm$  inhibasyon çaplarının standart sapmaları olarak açıklandı.

### 5.4.2. Süspansiyon Yöntemi

- Başlangıç bakteri solüsyonları konsantrasyonları spektrofotometrede (600 nm) ölçüldü.
- 50 mL nutrient broth (sıvı besiyeri) ve 5 mL bakteri, 250 mL 8 adet cam erlenmayerlerin içerisine yerleştirildi.
- Kaplama yapılan malzeme bu bakteri solüsyonun içerisine cımbız yardımıyla her defasında steril edilerek eklendi.
- Süspansiyon 1 saat boyunca 37 °C’lik inkübatörde çalkalanarak inkübe edildi.
- İnkübasyondan sonra 100 µL örnek alınarak steril ependorflar içerisine koyulduktan sonra seri dilüsyonlar gerçekleştirildi. Seri dilüsyon 900 µL broth ve 100 µL bakteri olacak şekilde gerçekleştirildi. Seri dilüsyondan sonra LB agara ekim yapıldı.

- 24 saat 37 °C’de inkübasyondan sonra solüsyon içerisindeki bakteri sayıları koloni oluşturan birim (cfu: kob)’ler sayılarak hesaplanarak antiakteriyel etki analiz edildi [62].

## 5.5. Kaplanmış Kumaşların Karakterizasyonu

Magnetron sıçratma yöntemi ile tekstil üzerine yapmış olduğumuz bakır ve gümüş kaplamalar Yeditepe Üniversitesi Fizik laboratuvarında, kaplamalara uygulanan antibakteriyel testler ise Yeditepe Üniversitesi Biyomühendislik laboratuvarında yapılmıştır.

Magnetron sıçratma yöntemi ile tekstil üzerine yapmış olduğumuz bakır ve gümüş kaplamalarının morfolojisini, kompozisyonunu, malzemelerde oluşan kusurları ve kaplama kalınlığını görmek için SEM görüntüleri alınmıştır. SEM görüntüleri aynı zamanda antibakteriyel etkinin de nasıl dağıldığını gözlemleme fırsatı vermiştir. Taramalı elektron mikroskop görüntüleri PHILIPS XL30 SFEG cihazı ile Gebze Teknik Üniversitesi'nde ve TESCAN, MIRA/LMU SCHOTTKY cihazı ile Yeditepe Üniversitesi'nde yapılmıştır.

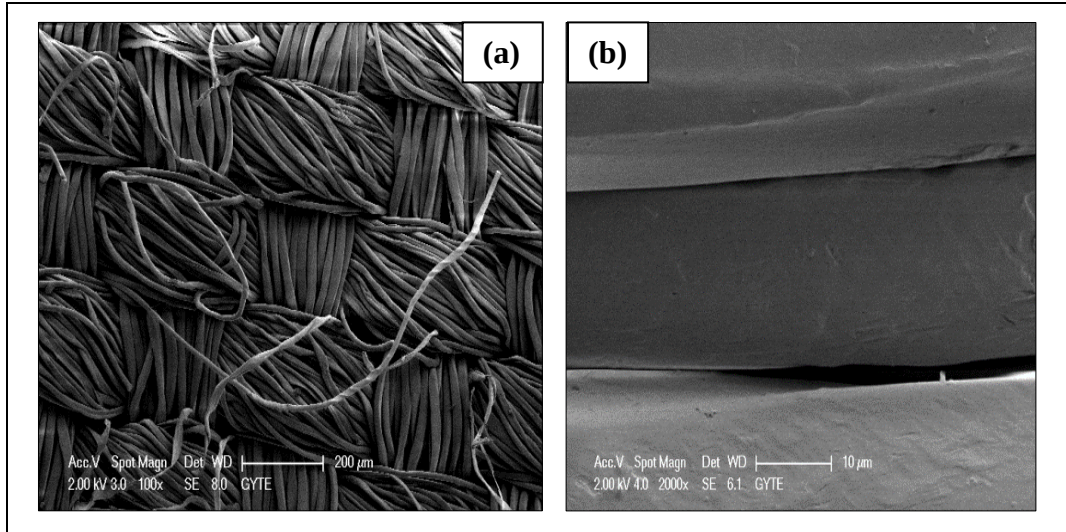
Pamuk kumaşı üzerine 4 dk süre ile gümüş ve bakır kaplanmış tekstiller 1, 5 ve 10 kez yıkama işlemine tabi tutulmuş, yıkama işleminde ISO6330 (Domestic Washing and Drying Procedures Standard) uygulanmıştır.

Yaptığımız çalışmada pamuk kumaşına 1 dk, 4 dk ve 10 dk süre ile gümüş ve bakır metalleri kaplanan kumaşlar 4\*4 cm boyutlarında örnekler alınarak temas açısı (contact angle) ölçümleri yapılmıştır. Bu çalışma İstanbul Teknik Üniversitesi Karakterizasyon laboratuvarında KSV CAM 200 cihazıyla yapılmıştır. 5 µL saf su tekstil üzerine damlatılarak A CCD kamera ile 20 sn boyunca her bir saniye için alınan açı değerinin ortalaması kaydedilmiştir. Hata payı oranı ise % ± 3 olarak belirlenmiştir.

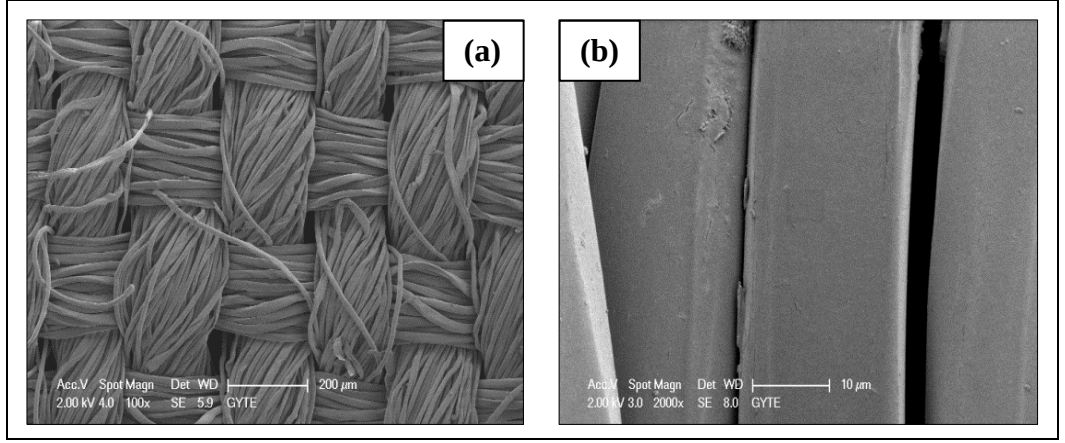
## 6. DENEYSEL SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

### 6.1. SEM Sonuçları

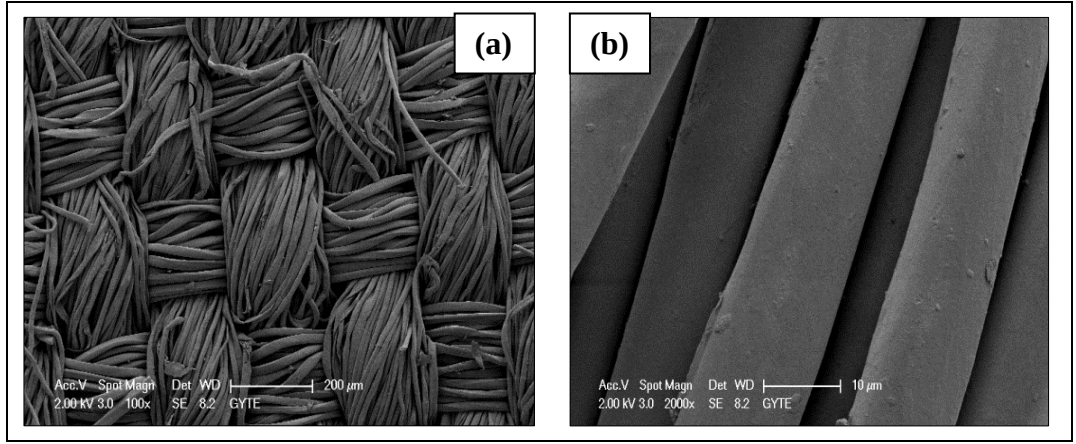
Tez çalışmasında gümüş ve bakır metalleri ile kaplanan pamuk kumaşının SEM görüntüleri alınmıştır. Bu görüntüler kaplamanın kompozisyonu, homojen olarak dağılıp dağılmadığı ve kaplama kalınlığı hakkında fikir verebilmektedir. Şekil 6.1, 6.2, 6.3, 6.4'deki SEM görüntülerinde iki farklı metal ile yapılan kaplamaların görüntüleri verilmiştir. Pamuk kumaşına 1 dk ve 10 dk süre ile yapılan gümüş ve bakır kaplamalar genel olarak oldukça homojen kaplandığı görülürken, yüksek büyütmelerde bazı çatlaklar ve heterojenlikler görülmektedir. Buna tekstil malzemesinin lifli yapısının da etkisi olduğu düşünülmektedir. SEM görüntüsündeki küçük çatlaklar aynı zamanda film kalınlığı hakkında da bilgi vermektedir. Kaplama kalınlığının ve dağılımının antibakteriyel etkiyi doğrudan olarak etkilemektedir. Kaplamanın kalınlığı ve homojen olması tekstil yüzeyinin her yerinde anti bakteriyel özellik görme açısından oldukça önemlidir. Dolayısıyla tekstil numunesine optimum süre ile kaplama yapmak hem gereksiz metal birikimine, hem de toksik madde etkisine karşı oldukça önemlidir [45].



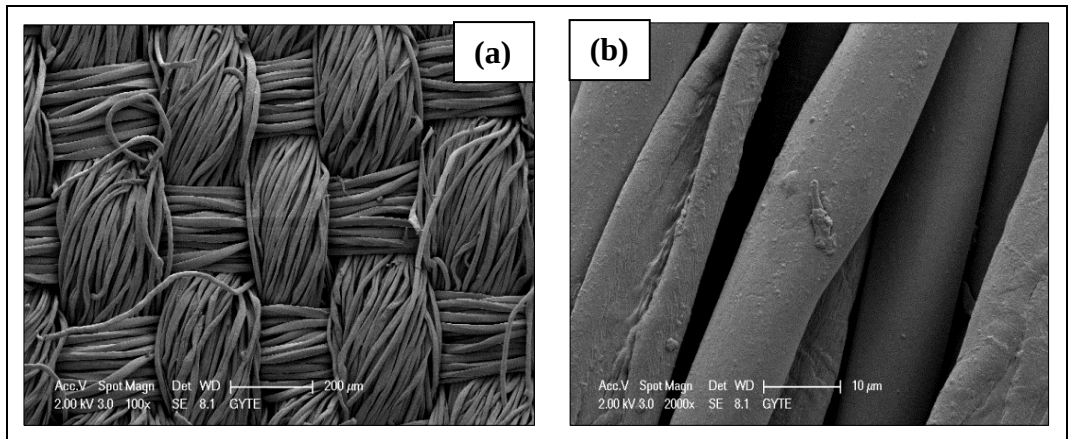
Şekil 6.1: Pamuk üzerine 1 dk süre ile bakır kaplama SEM görüntüsü, a) 100x, b) 2000x büyütme.



Şekil 6.2: Pamuk üzerine 10 dk süre ile bakır kaplama SEM görüntüsü, a) 100x, b) 2000x büyütme.

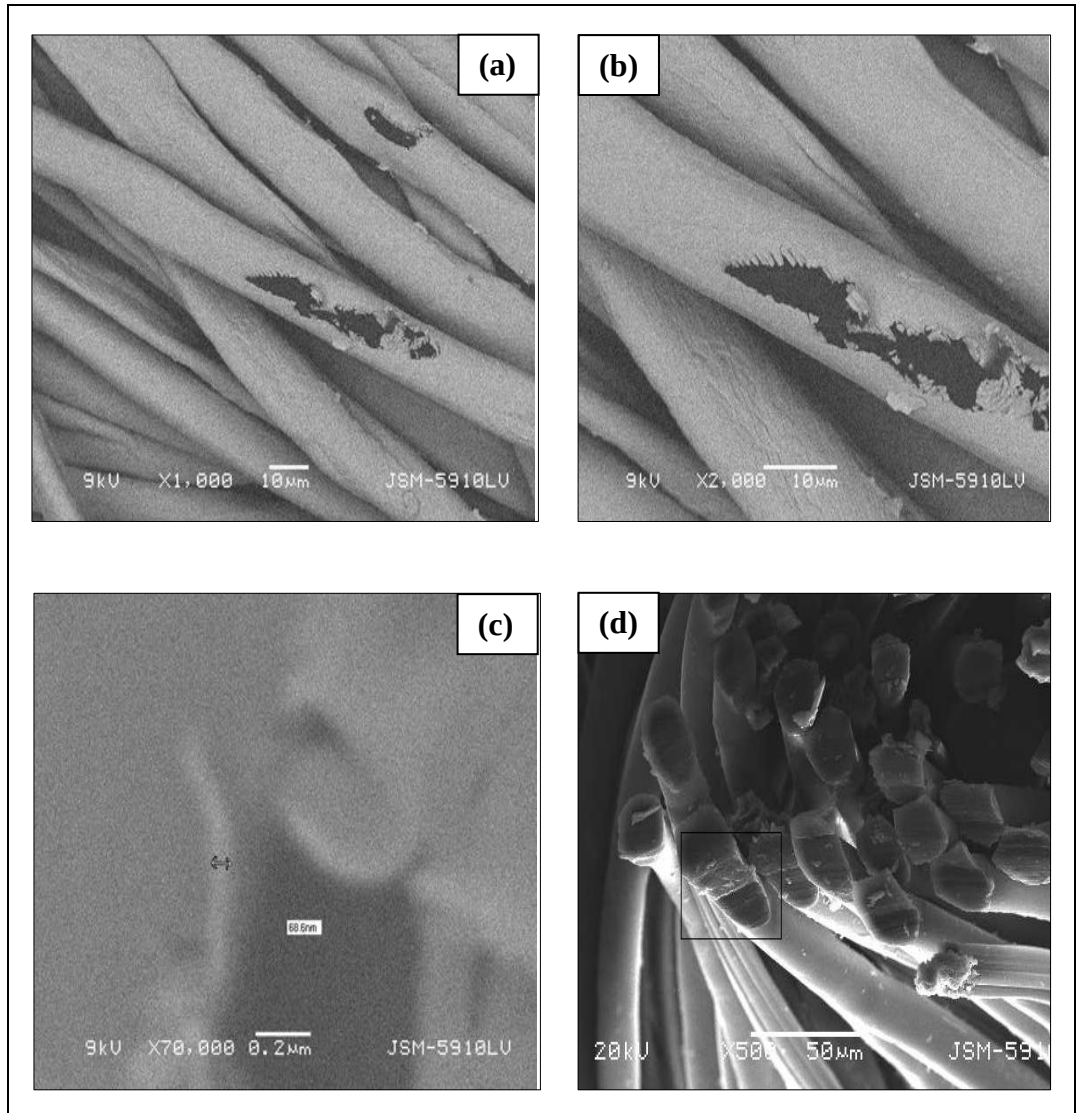


Şekil 6.3: Pamuk üzerine 1 dk süre ile gümüş kaplama SEM görüntüsü, a) 100x, b) 2000x büyütme.



Şekil 6.4: Pamuk üzerine 10 dk süre ile gümüş kaplama SEM görüntüsü, a) 100x b) 2000x büyütme.

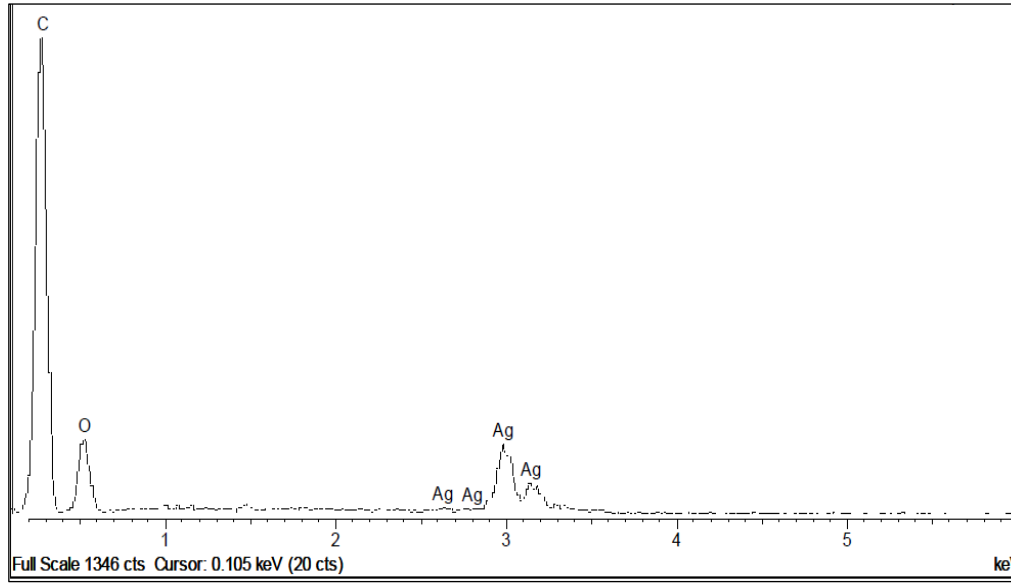
Şekil 6.5'te SEM görüntülerinde küçük çatlaklar ve tekstil kesit görüntüsü verilmiştir. Bu çatlaklar sayesinde kaplama kalınlığı hakkında fikir edinmek mümkündür. 10 dk süre ile bakır kaplanan pamuk kumaşında bulunan çatlaklara bakarak kaplama kalınlığı yaklaşık 68 nm, gümüş ise yaklaşık 300 nm ölçülmüştür. Kaplama kalınlığını hesaplamak tekstil numunesi için oldukça zor olduğunu ayrıca belirtmek gerekir. SEM sonuçlarından elde edilen farklı kalınlık değerlerinin az ya da fazla olması tekstil yüzeyinin lifli yapısından kaynaklanmaktadır. Yaptığımız çalışmada görüldü ki; kaplama yapılan tekstilin özellikleri yanında tekstilin örgü yapısı da oldukça önemlidir.



Şekil 6.5: Pamuk üzerine yapılan kaplamanın deforme kısmının ve kesitin SEM görüntüsü a)1000x, b) 2000x, c) 70000 büyütme ve d) Kesit.

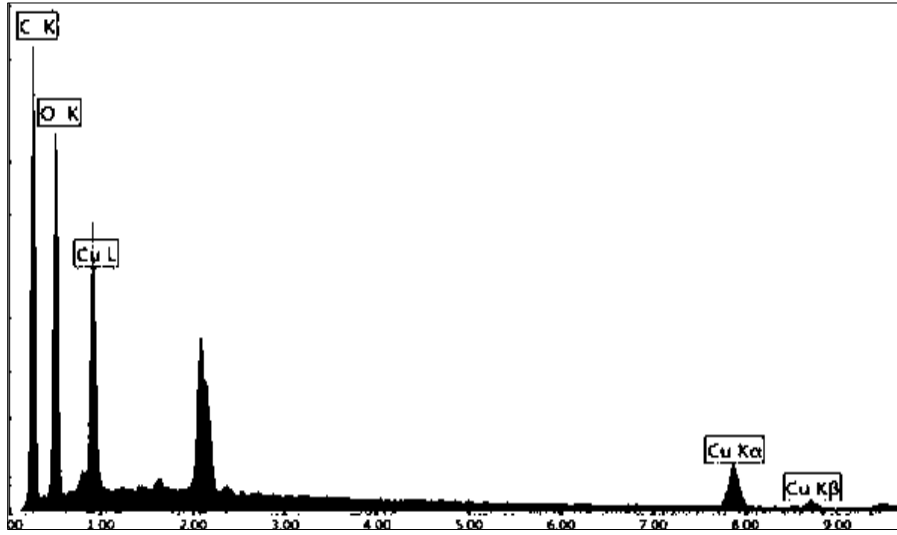
## 6.2. EDX (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy) Sonuçları

Enerji Dispersif X-ray Spektroskopisi (EDX) elektron etkisiyle ortaya çıkan X-ışınları incelenerek madde tayin etme yöntemidir. Gümüş ve bakır kaplı pamuk kumaşından elde edilen EDX grafiği Şekil 6.6'da verilmiştir. Bilindiği gibi pamuk toplandığında %94 selüloz ve kumaş haline getirildiğinde ise %99 selülozdan oluşmaktadır. Pamuk selülozu bileşiminde reaktif hidroksil grupları halinde hidrojen, karbon ve oksijen bulunmaktadır. Bu sonuç aşağıdaki EDX grafiğinde de açıkça görülmektedir.



Şekil 6.6: Gümüş kaplanmış pamuk kumaşı EDX grafiği.

Şekil 6.6'daki grafik Pamuk kumaşı üzerine 10 dk süre ile gümüş kaplama yapılmış pamuk tekstiline aittir. EDX analiz grafiğine göre sadece gümüş kaplamanın yapıldığı pamuk numunesindeki konsantrasyon %27,52 oksijen ve %62,75 karbon ve %9,73 gümüş olarak gözlenmiştir. Çünkü pamuğun içeriğindeki selüloz; karbon, hidrojen ve oksijen reaktif hidroksil grupları içerir. EDX grafiğinde görüldüğü üzere, kumaş yüzeyi oldukça saf gümüş metalleri ile kaplanmıştır. Yani bütün kaplama işlemi sürecinden sonra tekstil yüzeyinde herhangi yabancı materyal görülmemiştir.



Şekil 6.7: Bakır kaplanmış pamuk kumaşı EDX grafiği.

Şekil 6.7’de pamuk üzerine bakır metali kaplanmış kumaşın EDX grafiği verilmiştir. Beklenildiği üzere kaplamada herhangi bir kontaminasyon görülmemektedir. Bu da magnetron sıçratma sisteminin oldukça temiz bir yöntem olduğunu göstermektedir.

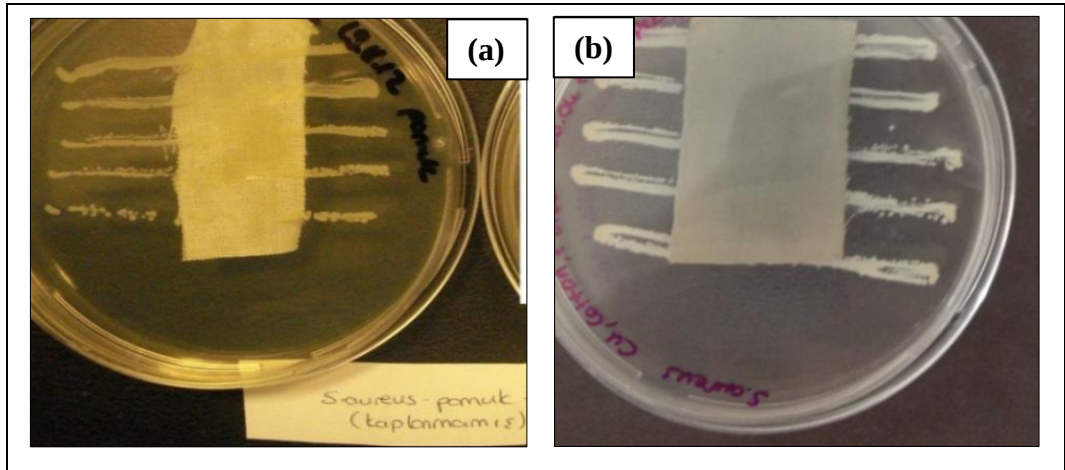
## 6.3. Antibakteriyel Test Sonuçları

Tez çalışmasında pamuk kumaşı üzerine magnetron sıçratma yöntemi ile ince film oluşturulmuş tekstillerin antibakteriyel etkilerini incelemek için paralel şerit ve süspansiyon yöntemleri kullanılmıştır. Bakteri olarak gram pozitif bakteri olan S.Aureus ve gram negatif bakteri olan E.Coli bakterileri kullanılmıştır.

### 6.3.1. Paralel Şerit Yöntemi

#### 6.3.1.1. Staphylococcus Aureus (S.Aureus) Bakterisi İçin

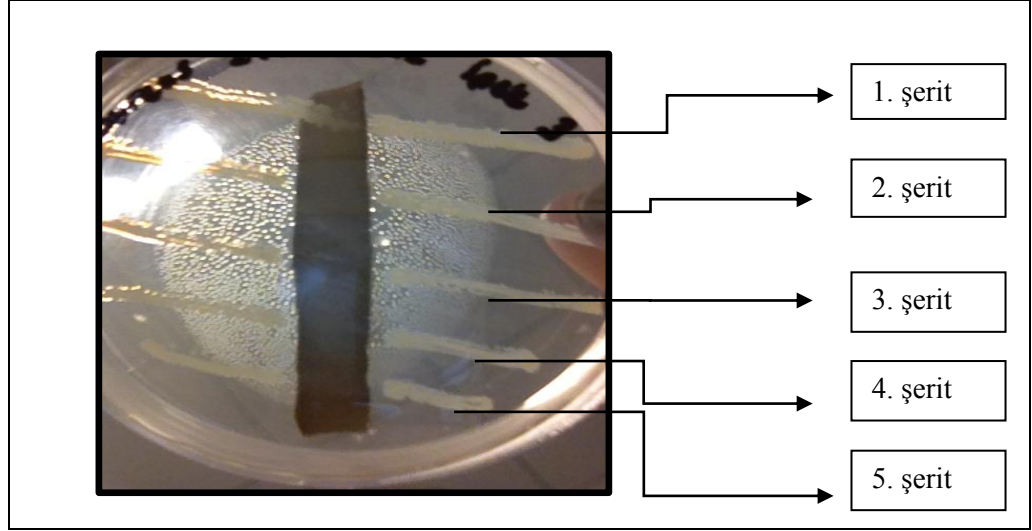
Antibakteriyel testte kullanılan S.Aureus bakterisi en çok enfeksiyona neden olan bakterilerden biri olup, gram pozitif bir bakteridir. Gram boyası ile kirletme sonrası hücre duvarına mor bir renk veren ve peptidolig<sup>1</sup> ve teikhoik<sup>2</sup> asit içeren bakteriler gram pozitif bakterilerdir. Enfeksiyonu önlemek için tedbir alınması gerekir. Hatta cerrahi için yapılan tüm hazırlıklar bu amaca yöneliktir [58], [59].



Şekil 6.8: a) Kaplanmamış pamuk, b) Bakır kaplanmış pamuk için S.Aureus aktivitesi.

<sup>1</sup> Peptidoglikan: Bakteri hücre duvarında bulunan ve bakteriyi ozmotik lizizden (parçalamak, bölmek) koruyan esas katman.

<sup>2</sup> Teykoik asitler: Gram pozitif bakterilerin hücre duvarında bulunan ve başlıca yüzey antijenleri oluşturan polimer.



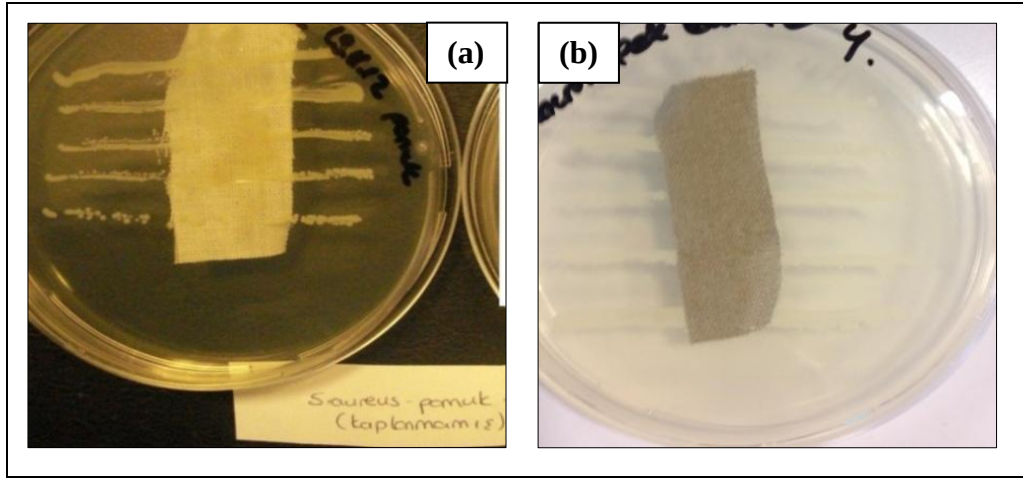
Şekil 6.9: Bakır için S.aureus kontrol.

Tablo 6.1: Bakır için S.aureus kontrol sonuçları.

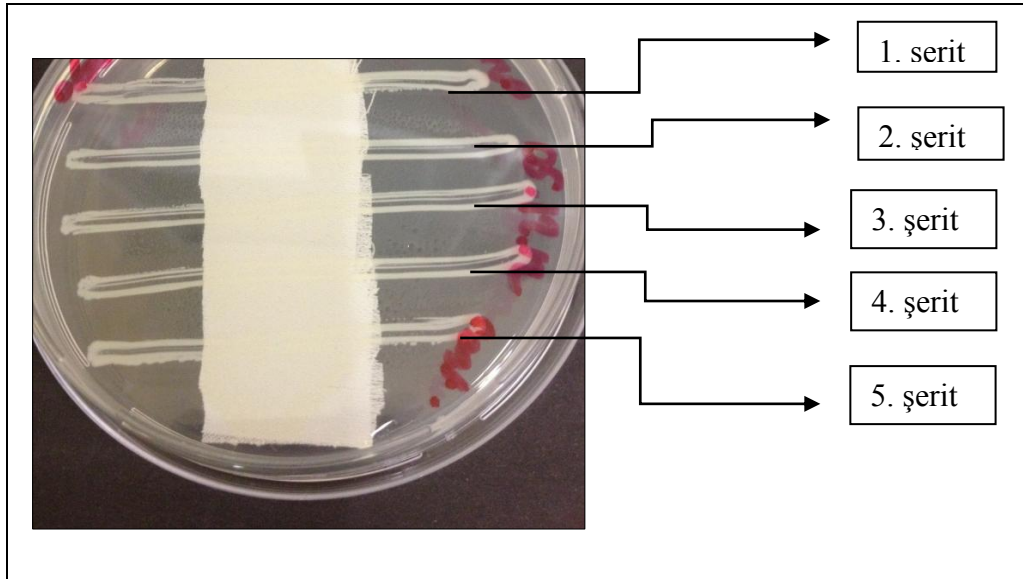
| Şerit no                                         | Sol (cm) | Sağ (cm) | Yüzeyde Bakteri Durumu |
|--------------------------------------------------|----------|----------|------------------------|
| <b>S.aureus Pamuk üzerine 10 dk Cu</b>           |          |          |                        |
| 1                                                | +        | +        | +                      |
| 2                                                | +        | +        | +                      |
| 3                                                | +        | +        | +                      |
| 4                                                | +        | +        | +                      |
| 5                                                | +        | +        | +                      |
| <b>S.aureus Pamuk üzerine 4 dk. Cu</b>           |          |          |                        |
| 1                                                | -        | -        | +                      |
| 2                                                | -        | -        | +                      |
| 3                                                | -        | -        | +                      |
| 4                                                | -        | -        | +                      |
| 5                                                | -        | -        | +                      |
| <b>S.aureus Pamuk üzerine 1 dk. Cu</b>           |          |          |                        |
| 1                                                | -        | -        | -                      |
| 2                                                | -        | -        | -                      |
| 3                                                | -        | -        | -                      |
| 4                                                | -        | -        | -                      |
| 5                                                | -        | -        | -                      |
| <b>Kaplanmamış Tekstil için S.aureus Kontrol</b> |          |          |                        |
| 1                                                | -        | -        | -                      |
| 2                                                | -        | -        | -                      |
| 3                                                | -        | -        | -                      |
| 4                                                | -        | -        | -                      |
| 5                                                | -        | -        | -                      |
| + :Yüzeyde bakteri yok - : Yüzeyde bakteri var   |          |          |                        |

Tablo 6.1’de 1, 4, 10 dk süre ile bakır kaplanmış ve kaplanmamış pamuk kumaşına antibakteriyel etkisini görmek için *S.Aureus* bakterileri ekilmiş ve inhibite ettiği bölgeler ölçülmüştür. Pamuk kumaşının bakır ile kaplanması sonucu *S. Aureus* bakterisine karşı 1 dk’lık kaplamaları etkili olmazken, 4 dk ve 10 dk’lık kaplamaların etkili olduğu görüldü.

Gümüş kaplı malzemelerin antibakteriyel aktivitesi, malzemedan çevreye yayılan gümüş iyonlarının yayılımına bağlıdır. Gümüş iyon konsantrasyonu ne kadar yüksekse, antibakteriyel aktivite okadar fazla olur.



Şekil 6.10: a) Kaplanmamış pamuk, b) Gümüş kaplanmış pamuk için *S.Aureus* aktivitesi.



Şekil 6.11: Gümüş için *S.Aureus* kontrol.

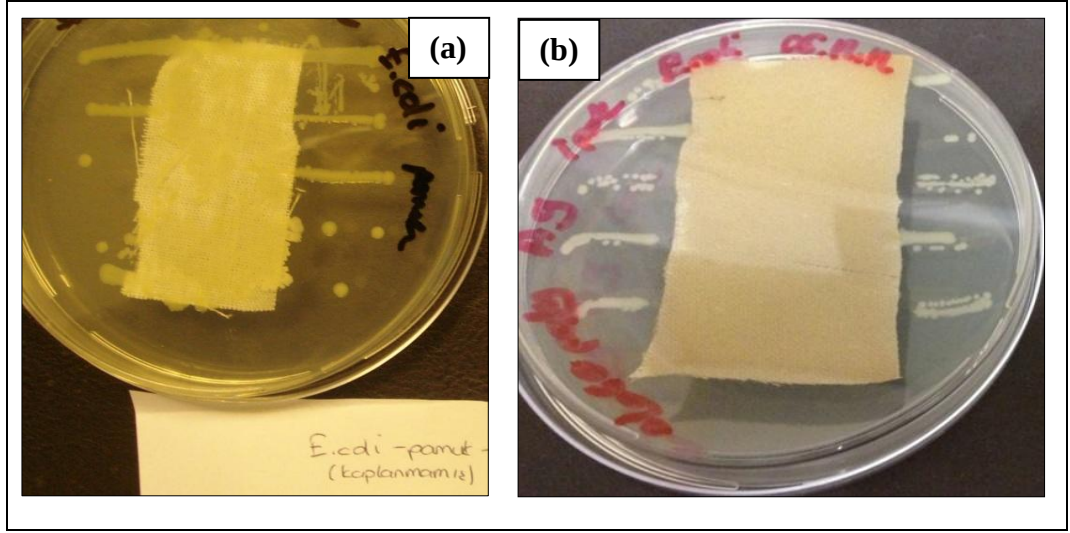
Tablo 6.2: Gümüş için S.Aureus kontrol sonuçları.

| Şerit no                                        | Sol (cm) | Sağ (cm) | Yüzeyde Bakteri Durumu |
|-------------------------------------------------|----------|----------|------------------------|
| <b>S.aureus Pamuk üzerine 10 dk. Gümüş (Ag)</b> |          |          |                        |
| 1                                               | -        | 0,1 cm   | +                      |
| 2                                               | 0,2 cm   | 0,2 cm   | +                      |
| 3                                               | 0,2 cm   | -        | +                      |
| 4                                               | -        | 0,1 cm   | +                      |
| 5                                               | -        | 0,1 cm   | +                      |
| <b>S.aureus Pamuk üzerine 4 dk. Gümüş (Ag)</b>  |          |          |                        |
| 1                                               | -        | -        | +                      |
| 2                                               | 0,1 cm   | -        | +                      |
| 3                                               | -        | -        | +                      |
| 4                                               | -        | 0,1 cm   | +                      |
| 5                                               | 0,1 cm   | -        | +                      |
| <b>S.aureus Pamuk üzerine 1 dk. Gümüş (Ag)</b>  |          |          |                        |
| 1                                               | -        | -        | -                      |
| 2                                               | -        | -        | +                      |
| 3                                               | -        | -        | +                      |
| 4                                               | -        | -        | +                      |
| 5                                               | -        | -        | -                      |
| + : Yüzeyde bakteri yok - : Yüzeyde bakteri var |          |          |                        |

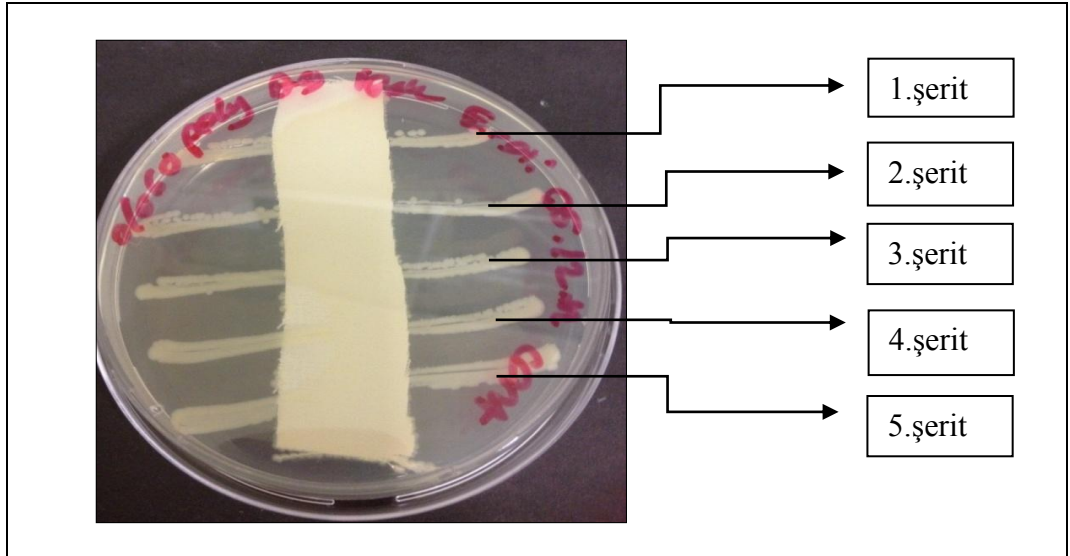
Pamuk kumaşlarına 1, 4 ve 10 dk süreyle yapılan gümüş kaplamalarına ekilen S.aureus bakterisine bakıldığında 1 dk'lık kaplamadan itibaren antibakteriyel etki görülmektedir. 10 dk'lık kaplamada ise daha güçlü etkiden söz etmek mümkündür. Buda iki şekilde olması mümkündür, birincisi kaplama kalınlığı ikincisi artan süre ile orantılı olarak tüm yüzeyde gümüş metali biriktirilmesi sonucu aktivitenin tüm yüzeye dağılması. Aureus bakterisi için inhibasyon bölgesi çapı ise 0,1-0,2 cm olduğu Tablo 6.2'de verilmiştir. Sonuç olarak gümüş metalinin tekstil yüzeyine ince film oluşturulmasıyla elde edilen teknik tekstil numunemiz S.Aureus bakterisine karşı etkili olduğu görüldü.

### 6.3.1.2. Escherichia Coli (E.Coli) Bakterisi İçin

Gram boyası ile hücre duvarında lekelenme oluşturmeyan bakterilere gram negatif bakteriler denir. Gram pozitif bakterilerden farkı dış zarlarında ilave bir tabaka olmasıdır.



Şekil 6.12: a) Kaplanmamış pamuk, b) Bakır kaplanmış pamuk için E.Coli aktivitesi.

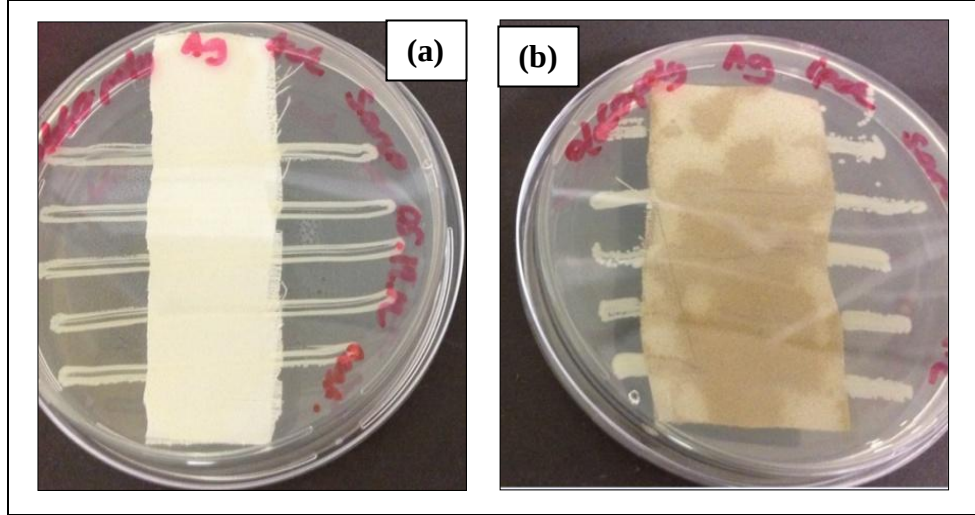


Şekil 6.13: Bakır için E.Coli kontrol.

Tablo 6.3: Bakır için E.Coli kontrol sonuçları.

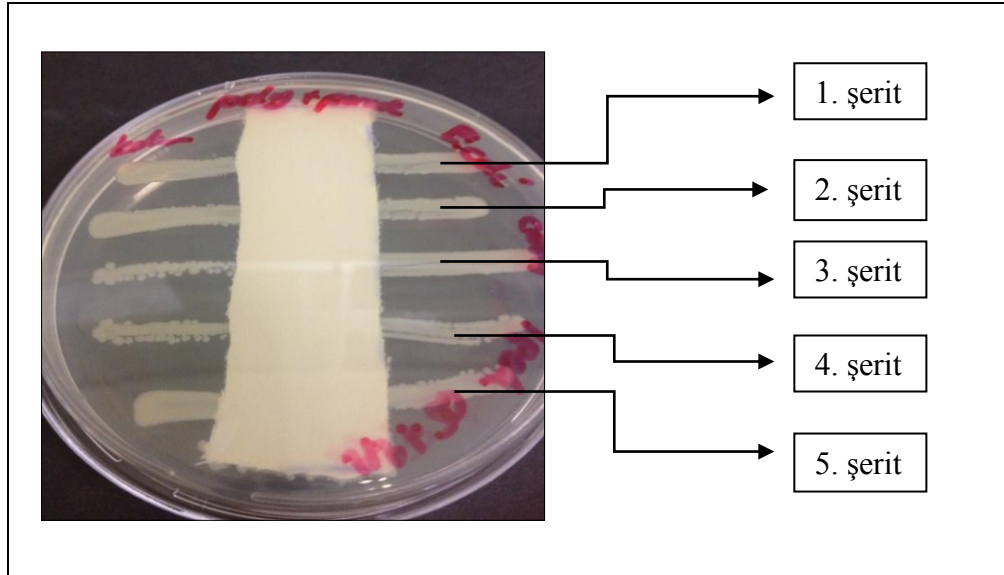
| Şerit no                                              | Sol (cm) | Sağ (cm) | Yüzeyde Bakteri Durumu |
|-------------------------------------------------------|----------|----------|------------------------|
| <b>E.Coli Pamuk üzerine 10 dk Cu</b>                  |          |          |                        |
| <b>1</b>                                              | 0,1      | 0,1      | +                      |
| <b>2</b>                                              | 0,2      | -        | +                      |
| <b>3</b>                                              | 0,2      | 0,2      | +                      |
| <b>4</b>                                              | -        | 0,2      | +                      |
| <b>5</b>                                              | 0,4      | 0,2      | +                      |
| <b>E.Coli Pamuk üzerine 4 dk Cu</b>                   |          |          |                        |
| <b>1</b>                                              | -        | -        | -                      |
| <b>2</b>                                              | -        | -        | +                      |
| <b>3</b>                                              | 0,2      | 0,2      | +                      |
| <b>4</b>                                              | 0,1      | 0,1      | +                      |
| <b>5</b>                                              | 0,1      | 0,1      | +                      |
| <b>E.Coli Pamuk üzerine 1 dk Cu</b>                   |          |          |                        |
| <b>1</b>                                              | -        | -        | -                      |
| <b>2</b>                                              | -        | -        | +                      |
| <b>3</b>                                              | -        | -        | +                      |
| <b>4</b>                                              | -        | -        | -                      |
| <b>5</b>                                              | -        | -        | -                      |
| <b>+ :Yüzeyde bakteri yok - : Yüzeyde bakteri var</b> |          |          |                        |

Bakteri ektikten 24 saat sonra bakır kaplanmış pamuk kumaşına ekilen E.Coli bakterileri ile incelenmiştir. Şekil 6.13'te görüldüğü üzere 5 adet şerit ile işaretlenen numunenin hangi kısmında bakterilerin azaldığı veya yok olduğu Tablo 6.3'te verilmiştir. Tablo 6.3'te görüldüğü üzere bakır ile kaplanmış pamuk kumaşı E.Coli bakterisine karşı etkili olduğu görülmüştür. Bakır, S.Aureus bakterisine oranla E.Coli bakterisine daha düşük kaplama süresinden itibaren etki göstermeye başlamıştır. İnhibasyon bölgesi ortalama olarak 0,1-0,2 cm'dir. Bu demektir ki; bakır ile kaplı bölgede E.Coli bakterisi büyümemiş ve yüzeyde bakteri bulunmamaktadır.



Şekil 6.14: a) Kaplanmamış pamuk, b) gümüş kaplanmış pamuk için E.Coli aktivitesi.

Bakteri ektikten 24 saat sonra gümüş kaplanmış tekstillere ekilen E.Coli bakterileri incelenmiştir. Şekil 6.15'te görüldüğü üzere 5 adet şerit ile işaretlenen numunenin hangi kısmında bakterilerin azaldığı veya yok olduğu incelenerek Tablo 6.4'te verilmiştir.



Şekil 6.15: Gümüş için E.Coli kontrol.

Tablo 6.4: Gümüş için E.Coli kontrol sonuçları.

| Şerit no                                       | Sol (cm) | Sağ (cm) | Yüzeyde Bakteri Durumu |
|------------------------------------------------|----------|----------|------------------------|
| <b>E.Coli Pamuk üzerine 10 dk Gümüş (Ag)</b>   |          |          |                        |
| <b>1</b>                                       | 0,2      | 0,3      | +                      |
| <b>2</b>                                       | 0,3      | 0,4      | +                      |
| <b>3</b>                                       | -        | -        | +                      |
| <b>4</b>                                       | 0,2      | 0,2      | +                      |
| <b>5</b>                                       | 0,4      | 0,2      | +                      |
| <b>E.Coli Pamuk üzerine 4 dk Gümüş (Ag)</b>    |          |          |                        |
| <b>1</b>                                       | 0,2      | 0,2      | +                      |
| <b>2</b>                                       | 0,2      | 0,3      | +                      |
| <b>3</b>                                       | -        | -        | +                      |
| <b>4</b>                                       | -        | -        | +                      |
| <b>5</b>                                       | -        | -        | +                      |
| <b>E.Coli Pamuk üzerine 1 dk Gümüş (Ag)</b>    |          |          |                        |
| <b>1</b>                                       | -        | -        | +                      |
| <b>2</b>                                       | -        | -        | -                      |
| <b>3</b>                                       | -        | -        | +                      |
| <b>4</b>                                       | -        | -        | +                      |
| <b>5</b>                                       | -        | -        | -                      |
| + :Yüzeyde bakteri yok - : Yüzeyde bakteri var |          |          |                        |

Tablo 6.4'te görüldüğü üzere gümüş ile kaplanmış pamuk kumaşı E.Coli bakterisine karşı etkili olduğu görülmüştür gümüş ile kaplanmış pamuk kumaşı üzerine ekilen E.Coli bakterisi 1 dk süre kaplamadan itibaren varlığını koruyamamıştır. Beklenildiği üzere artan kaplama süresi ile orantılı olarakta gümüş E.Coli bakterisine karşı etkisini artırmıştır. E.Coli bakterisi için ölçülen inhibasyon bölgesi çapı ise 0,2-0,4 cm'dir.

Sonuç olarak, paralel şerit metod ile elde edilen verilere göre her iki element ile kaplanan tekstiller için de neredeyse aynı sonuçları gösterdiği gözlemlenmiştir. Gümüş metali ile kaplanmış altlık malzeme bakıra göre E.Coli bakterisine karşı daha etkilidir. Ancak, her iki metalinde tekstil üzerinde S.Aureus bakterisine karşı engelleyici özelliğinin çok iyi olmadığı söylenebilir. Bunların yanında gümüş ve Bakır metalleri arasında kıyaslama yapmak gerekirse, E.Coli bakterisi ve S.Aureus bakterisine karşı gümüş ile yapılan kaplama, bakıra göre daha etkilidir denebilir.

### 6.3.2. Süspansiyon Testi

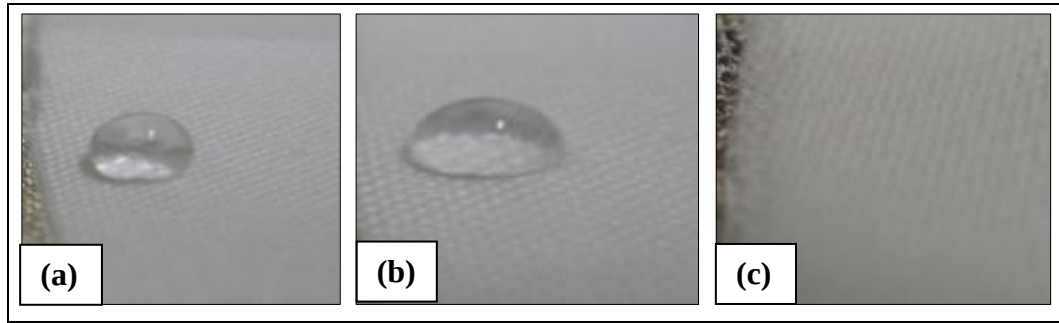
Tablo 6.5'te görüldüğü üzere E.Coli kolonisindeki azalma miktarı oldukça fazladır. S.aureus kolonisinde de azalma olmasına rağmen E.Coli deki kadar olmadığı açıkça söylenebilir. Tablo 6.5'te görüldüğü üzere bakır metali ile tekstil üzerine ince film oluşturulması ile elde edilen teknik tekstil E.Coli bakterilerini %94'e kadar S.Aureus bakterilerini ise %50 oranında azalttığı görülmektedir. Gümüş metalinin ise E.Coli bakterilerini %99'a kadar S.Aureus bakterilerini ise %96 oranında azalttığı görülmüştür. Bu verilere göre E.Coli bakterisi üzerinde bakır ve gümüşün antibakteriyel etkisi oldukça fazla olduğu söylenebilir. Gümüşün ise bakıra göre daha etkili olduğu söylenebilir. Süspansiyon testi göstermiştir ki bakır ve gümüş kaplanmış pamuk kumaşı E.Coli bakterilerine karşı oldukça etkilidir. Genel olarak antibakteriyel etki kaplama yapılan altlıktan çok kaplama yapılacak hedef metale bağlıdır diyebiliriz. Aynı zamanda kaplama süresi de antibakteriyel aktiviteye doğrudan etki eden faktördür.

Tablo 6.5: Erlanmayer tüplerine hazırlanan örnekler ve seyreltme sonucu bakteri sayısı.

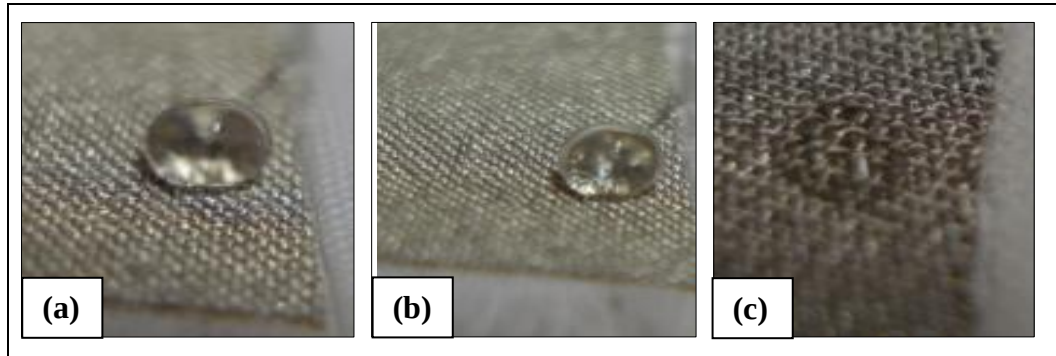
| <b>Erlanmayer Tüpleri (Numuneler)</b>             | <b>10<sup>-7</sup> lik<br/>seyreltmedeki<br/>bakteri sayısı<br/>(cfu)</b> | <b>Bakteri oranı</b> |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| E.Coli Kontrol (Kaplanmamış Tekstil)-<br>Pamuk    | 17,5x10 <sup>6</sup>                                                      | %100                 |
| E.Coli Kontrol – Bakır - Pamuk                    | 1,05x10 <sup>6</sup>                                                      | %6                   |
| E.Coli Kontrol - Gümüş - Pamuk                    | 1x10 <sup>2</sup>                                                         | %0.008               |
| S.Aureus Kontrol (Kaplanmamış<br>Tekstil) - Pamuk | 7,5x10 <sup>6</sup>                                                       | %100                 |
| S.Aureus Kontrol –Bakır - Pamuk                   | 2,75x10 <sup>6</sup>                                                      | %50                  |
| S.Aureus Kontrol - Gümüş - Pamuk                  | 3x10 <sup>5</sup>                                                         | %4                   |

## 6.4. Damla Testi Sonuçları

Damla testi için kumaşa hassas bir damlatıcı ile damlatılan (100  $\mu$ L) saf suyun yüzeyde şekil değiştirmesi ile yüzeyin sıvıları emici olup olmadığını ve dokunma açıları ölçülerek yüzey gerilimleri bulunabilir. Bu şekilde kaplama yapılmış kumaşların suyu absorbe edip etmediğini görüp, hidrofobik veya hidrofilik özellikleri hakkında bilgi edinebiliriz. Damla oluşumu için 25°C’de saf su kullanılmıştır. Yaklaşık olarak bir fikir vermesi açısından Pamuk kumaş’ı üzerine damlatılan saf suyun t=3 dk sonunda görüntüsü alınmış ve şekillerindeki değişim kaydedilmiştir.

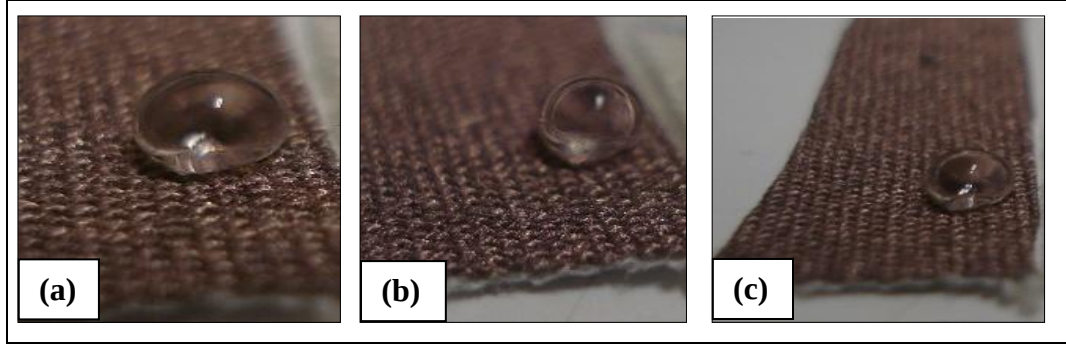


Şekil 6.16: Kaplanmamış pamuk üzerine damlatılan saf su.



Şekil 6.17: a) t= 10 dk, b) t= 4 dk, c) t= 1 dk süre ile gümüş kaplanmış pamuk üzerine damlatılan saf su.

Şekil 6.16’de pamuk kumaşı üzerine magnetron sıçratma yöntemiyle gümüş metali ile 1, 4, 10 dk süre ile kaplanmış ve kaplama işlemi yapılmamış pamuk üzerine damlatılan 100  $\mu$ L saf suyun t=3 dk sonundaki durumları gösterilmektedir. 3 dk sonunda gümüş kaplanmış pamuk suyu absorbe etmezken kaplanmamış numunenin absorbe ettiği görülmüştür. Bu da beklenildiği gibi gümüş kaplı pamuk kumaşının suyu absorbe etme yeteneği oldukça azalmıştır.



Şekil 6.18: a)  $t = 10$  dk, b)  $t = 4$  dk, c)  $t = 1$  dk süre ile bakır kaplanmış pamuk üzerine damlatılan saf su.

Aynı pamuk kumaşı için magnetron sıçratma yöntemiyle Bakır kaplanmış tekstilin  $t=3$  dk boyunca durumları Şekil 6.17’de görülmektedir. Buna göre 3 dk sonunda kaplama yapılmamış pamuk tekstilin suyu absorbe ettiği görülürken Bakır kaplı pamuk kumaşının suyu tamamen absorbe etmediği damlanın şeklini kısmen koruduğu görülmüştür. Sonuç olarak magnetron sıçratma yöntemi ile yapılan kaplama sayesinde hedef metal–pamuk arasındaki hava sıkıştırılarak kaplanmış tekstil malzemesine su penetrasyon oranını azaltıp hidrofobik olması sağlamış, dolayısıyla hidrofilik olan tekstillerin bakır ve gümüş kaplandıktan sonra az da olsa hidrofobik özellik kazandığını söyleyebiliriz.

## 6.5. Yıkama Testi Sonrası Antibakteriyel Aktivite

Yapmış olduğumuz çalışmada magnetron sıçratma yöntemi ile pamuk üzerine farklı sürelerde gümüş ve bakır metalleri kaplanması sonucunda antibakteriyel özellik gösteren kumaşlar elde edildi. Antibakteriyel etkinin yıkama sonrası etki gösterip göstermediğini görmek amacıyla kaplama yapılmış malzemelere yıkama testi yapılmıştır. Bu test için altlık malzemeye uygulanan prosedür ise; 4 gr ECE sabun (ISO 105-C06) ve 1 gr sodyum karbonat, 1 lt saf su kabın içine konulmuştur. Sıcaklık ise  $60^0$  olarak ayarlanmıştır. Daha sonra örnekler hazırlanan karışıma konularak 20 dk süre ile yıkanmıştır. ( ISO6330 standard) Bu test için 4 dk süre ile gümüş kaplanmış pamuk kumaşı seçilmiş ve 1, 5 ve 10 defa yıkanmıştır. Sonuç olarak 1 ve 5 yıkama sonrasında yapılan testlerde halen E.Coli ve S.Aureus'a karşı antibakteriyel etki gösterebildiği, fakat 10 defa yıkama sonrası antibakteriyel etki kalmadığı görülmüştür.

Tablo 6.6: Yıkama sonrası antibakteriyel aktivite.

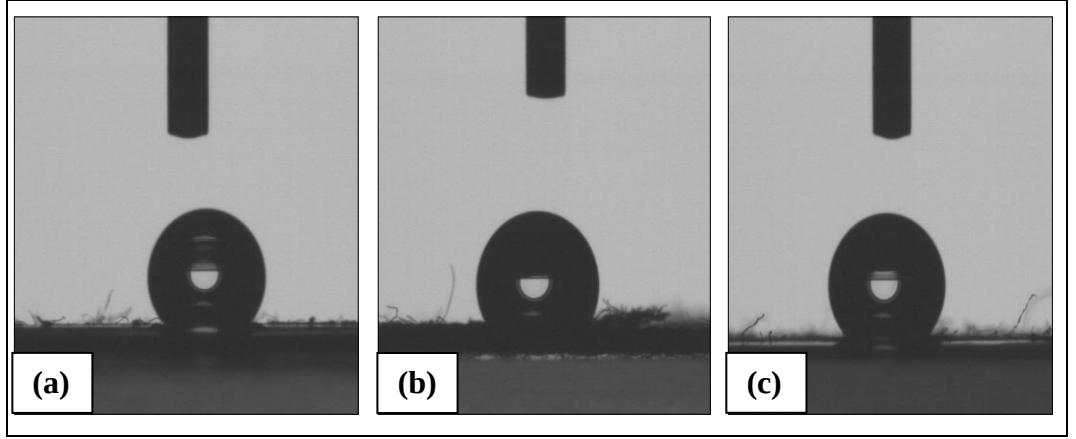
| <b>10<sup>-2</sup> Torr<br/>0.2 A, 420 V</b>  | <b>1<br/>Yıkama</b> | <b>5<br/>Yıkama</b> | <b>10<br/>Yıkama</b> | <b>1<br/>Yıkama</b> | <b>5<br/>Yıkama</b> | <b>10<br/>Yıkama</b> |
|-----------------------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| <b>Pamuk<br/>üzerine 4 dk.<br/>gümüş (Ag)</b> | <b>S.Aureus</b>     | <b>S.Aureus</b>     | <b>S.Aureus</b>      | <b>E.Coli</b>       | <b>E.Coli</b>       | <b>E.Coli</b>        |
| <b>1</b>                                      | +                   | -                   | -                    | +                   | +                   | -                    |
| <b>2</b>                                      | +                   | -                   | -                    | +                   | +                   | -                    |
| <b>3</b>                                      | +                   | -                   | -                    | +                   | +                   | -                    |
| <b>4</b>                                      | +                   | -                   | -                    | +                   | +                   | -                    |
| <b>5</b>                                      | +                   | -                   | -                    | +                   | +                   | -                    |
| <b>- : Bakteri var    + : Bakteri yok</b>     |                     |                     |                      |                     |                     |                      |

### 6.5.1. Kontak Açı Ölçümleri

Yaptığımız çalışmada pamuk kumaşına 1 dk, 4 dk ve 10 dk süre ile gümüş ve bakır metalleri kaplanmıştı. Pamuk kumaşından 4\*4 cm boyutlarında örnekler alınarak temas açısı (contact angle) ölçümleri yapılmıştır. A CCD kamera ile 20 saniye boyunca 5 µL saf su damlatılmış ve deney 20 saniye boyunca her bir saniye için alınan açı değerinin ortalaması alınarak kaydedilmiştir. Hata payı oranı ise % ± 3'tür.

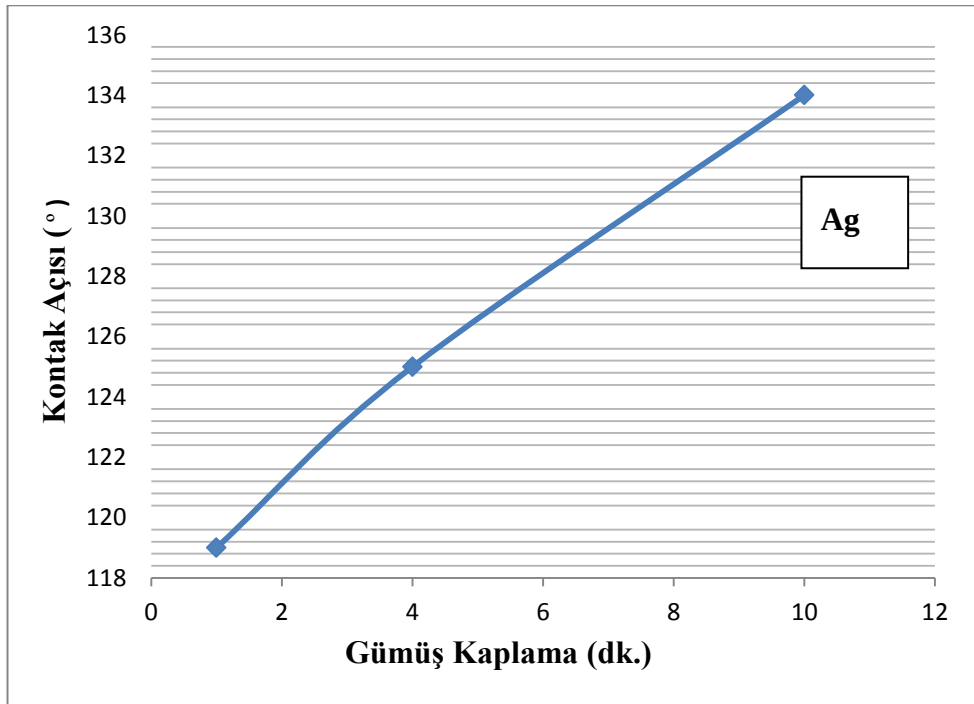
Tablo 6.7: Kontak açı değerleri.

| PAMUK  | GÜMÜŞ | BAKIR |
|--------|-------|-------|
| 1 DK.  | 119   | 100   |
| 4 DK   | 125   | 114   |
| 10 DK. | 134   | 124   |

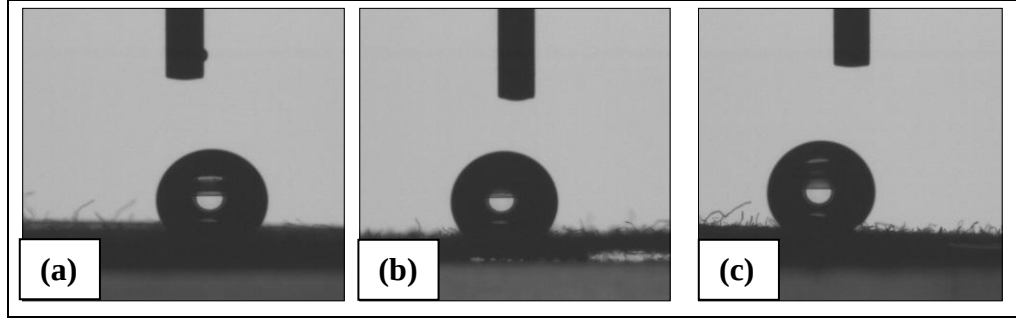


Şekil 6.19: Pamuk üzerine gümüş kaplanmış kumaşların kontak açısı ölçümleri, a) 1 dk, b) 4 dk, c) 10 dk süre ile kaplama.

1 dk, 4 dk ve 10 dk süre ile pamuk kumaşına kaplanmış gümüşün kontak açısı değerleri sırasıyla  $119^{\circ}$ ,  $125^{\circ}$  ve  $134^{\circ}$  olarak bulunmuştur. Bu verilere göre gümüşün pamuk üzerindeki hidrofobik etkisi artan kaplama süresi ile artmıştır.

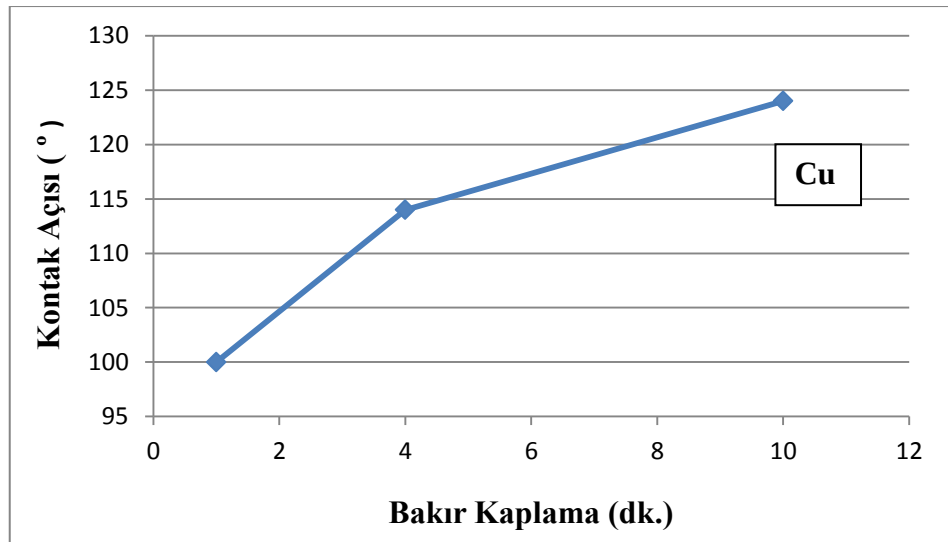


Şekil 6.20: Gümüş kaplı pamuk için kontak açısı zaman grafiği.



Şekil 6.21: Pamuk üzerine bakır kaplanmış kumaşların kontak açısı ölçümleri, a) 1 dk, b) 4 dk, c) 10 dk süre ile kaplama.

Pamuk altlık üzerine 1 dk, 4 dk ve 10 dk süre ile kaplanan bakırın kontak açısı değerleri sırasıyla ile  $100^{\circ}$ ,  $114^{\circ}$  ve  $120^{\circ}$  olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre bakırın hidrofobik özelliği artan kaplama süreleri ile orantılı olarak artmıştır diyebiliriz.



Şekil 6.22: Bakır kaplı pamuk için kontak açısı zaman grafiği.

Sonuç olarak, aynı altlık üzerine kaplanan iki farklı metalin hidrofobik özelliğini karşılaştırmak gerekirse bakırın kontak açısı değerlerinin daha büyük olduğu dolayısıyla pamuk kumaşını daha hidrofobik yaptığı gözlemlenmiştir. Kaplama süresinin artması hidrofobikliği arttırmıştır. Altlık malzemenin değişmesi deney sonucunu hangi oranda etkileceği çalışılmaya değer bir durumdur.

## 7. GENEL SONUÇLAR

Bu yüksek lisans tez çalışması kapsamında magnetron sıçratma sistemi kullanılarak pamuk kumaşı üzerinde gümüş ve bakır metalleri biriktirilerek, antibakteriyel özellik gösteren teknik tekstiller üretilmeye çalışılmış olup bu kapsamda üretilen kaplamaların yapısal karakterizasyonu taramalı elektron mikroskobu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Antibakteriyellik davranışlarının belirlenmesi için E.Coli ve S.Aureus bakterilerine karşı standart protokollere göre paralel şerit ve süspansiyon testleri uygulanmıştır. Oluşturulan kaplamalara ıslatmazlık ve damla testlerinin yanı sıra yıkama testleri de yapılarak antibakteriyellik davranışlarındaki değişimler incelenmiştir. Yapılan çalışmalar ve incelemeler sonucunda elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir.

Gerçekleştirilen ön çalışmalar sonucunda belirlenen optimum magnetron sıçratma parametreleri kullanılarak pamuk kumaşı üzerinde gümüş ve bakır metalleri sırası ile başarılı bir şekilde biriktirilmiştir. Gerçekleştirilen taramalı elektron mikroskop incelemeleri sonucunda hem gümüş hem de bakır kaplamaların genel olarak tüm kumaş yüzeyini homojen bir şekilde kapladığı görülmüştür. Yapılan detaylı taramalı elektron mikroskop çalışmaları sonuçlarına göre kumaş yüzeylerinde oldukça homojen olarak biriktiği belirlenen kaplamaların yüzeylerinde yer yer çok az miktarlarda da olsa bazı düzensizlikler (küçük çatlaklar ve atmalar) içerdikleri belirlenmiştir. Oluşturulan kaplamaların yüzeylerinde yapılan taramalı elektron mikroskop elementel kimyasal analiz sonuçlarına göre EDX paternlerinde kaplama malzemelerini oluşturan gümüş ve bakır elementlerinin yanı sıra az miktarlarda oksijen ve karbon da belirlenmiş olup EDX paterninde oksijen ve karbona ait piklerin altlık malzemesi olarak kullanılan pamuk kumaşının yapısındaki selülozdan kaynaklandığı belirlenmiştir.

Gümüş ve bakır metalleri kullanılarak pamuk kumaş yüzeylerinde oluşturulan kaplamaların antibakteriyel etkileri üzerine yapılan çalışmalar sonucuna göre genel olarak gümüş kaplanmış pamuk kumaşının E.coli ve S.Aureus bakterisine karşı bakır kaplanmış pamuk kumaşa göre daha etkili olduğu belirlenmiştir. Her iki kaplama kendi içerisinde değerlendirildiğin de antibakteriyel etki kaplama süresi ve/veya kalınlığı ile doğru orantılı olarak arttığı görülmüştür. Daha uzun süre ile kaplama işlemine tabi tutulan kumaşların bakterilere karşı daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Gümüş ve bakır kaplamalar bir biri ile antibakteriyel etki açısından kıyaslandığında 4 dk süre ile gümüş kaplanmış kumaş malzemenin antibakteriyel aktivitesinin 10 dk süre ile bakır kaplanmış kumaş malzemenin göstermiş olduğu antibakteriyel aktiviteye neredeyse eşit olduğu görülmüştür. Bu durum gümüş kaplanmış kumaş malzemenin antibakteriyel aktivitesinin bakıra göre daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Gümüş ve bakır kaplanmış kumaş malzemelere uygulanan antibakteriyel etki testlerinin yanı sıra ısılatmazlık ve damla testleri de yapılmıştır. Yapılan kontak açısı ölçüm sonuçlarına göre hidrofilik özellikte olan pamuk kumaşının bakır ve gümüş metalleri ile kaplanması ile hidrofobik özellik göstermeye başladıkları belirlenmiş olup hidrofobik etkinin artan magnetron sıçratma kaplama süresi ile orantılı olarak arttığı görülmüştür. Bakır ve gümüş kaplamalar kendi aralarında karşılaştırıldığında antibakteriyellik etkide de belirlenen davranışa paralel olarak gümüş kaplanmış kumaş malzemenin bakır kaplanmış kumaş malzemeye göre daha hidrofobik bir davranış sergilediği belirlenmiştir (bakır metali ile kaplanmış pamuk kumaşının kontak açısı gümüşe göre daha düşük bulunmuştur).

Dört dakika süre ile gümüş kaplanmış pamuk kumaş malzemenin yıkama sayısına bağlı olarak antibakteriyel etki özelliğindeki değişiminin belirlenmesi için aynı şartlar altında 1, 5 ve 10 kez yıkama işlemleri sonrasında E.coli ve S.Aureus bakterisine karşı antibakteriyellik testlerine tabi tutulmuştur. Genel eğilim olarak yıkama sayısı arttıkça gümüş kaplanmış kumaş malzemenin antibakteriyel etkisinin azaldığı belirlenmiştir. 1 kez yıkama sonrasında belirgin bir şekilde görülen antibakteriyel etki varlığının 10.cu kez yıkama sonrasında tamamen kaybolduğu yani antibakteriyel etki göstermediği belirlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Murray P. R., Drew W. L., Kobayashi G. S., Thompson J. H., (1990), “MedicalMicrobiology”, Wolfe Medical Publ.
- [2] Çetin E.T., (1982), “Dezenfeksiyon, Antisepsi, Sterilizasyon İşlemleri ve Hastanede Uygulanışları”, İstanbul Tıp Fakültesi Yayını, 137, 4-15.
- [3] Sproul W.D., (1996), “Physical Vapor Deposition Tool Coatings”, Surface and Coatings Technology, 81, 1-7.
- [4] Balcı H., (2006), “Akıllı (Fonksiyonel) Tekstiller, Seçilmiş Kumaşlarda Antibakteriyel Apre ve Performans Özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi.
- [5] Doğan A., Pekşen C., (2005), “Metal İyon katkılı Antimikrobiyal Malzemelerin Hastane Enfeksiyonlarını Önlemede Katkıları ve Uygulamaları”, 4. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi, 59-68, Eskişehir, Türkiye, 20-24 Nisan.
- [6] Balcı H., Babaarslan O., (2005), “Antibakteriyel Bitim İşleminin % 100 Pamuklu Kumaş Özelliklerine Etkisi”, TMMOB Tekstil Mühendisleri Odası, Tekstil Teknolojileri ve Tekstil makineleri Kongresi, Gaziantep, Türkiye, 11-12 Kasım.
- [7] Üreyen M.E., (2006), “Nanoteknoloji ve Türk tekstil ve Hazır Giyim Sektörleri”, Bilim ve Teknik, 39 (469), 40-41.
- [8] Bülbül F., (2006), “Darbeli-DC Manyetik Alanda Sıçratma Yöntemi İle Kaplanan TİB2 ve Me-DLC Filmlerin Mekanik, Yapısal ve Tribolojik Özelliklerinin Araştırılması” Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi.
- [9] Web1,(2014), [http://www.itkib.org.tr/ihracat/DisTicaretBilgileri/raporlar/ara\\_stirmaraporlari/tekniktektilller.pdf](http://www.itkib.org.tr/ihracat/DisTicaretBilgileri/raporlar/ara_stirmaraporlari/tekniktektilller.pdf), (Erişim Tarihi: 27/03/2014).
- [10] Cireli A., Kutlu B., Onar N., Erkan G., (2006), “Tekstilde ileri teknolojiler”, Tekstil ve Mühendis, 13(61),7-20.
- [11] Özdemir D., (2006), “Kemiksi Dokuların Polimer Yöntemi ile Üretilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi.
- [12] T.C. Ekonomi Bakanlığı, (2014), Teknik tekstil sektörü, Türkiye Cumhuriyeti-Ekonomi Bakanlığı.
- [13] Göcek İ., Kurşun S., Küçük G., (2007), “Tekstil endüstrisinde nanoteknoloji uygulamaları”, Nonwoven Technical Textiles Techonology, 14, 64-69.

- [14] Altınok U., (2008), “Tekstil Yüzeylerinin Antibakteriyel Özelliklerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi.
- [15] Duran K., Bahtiyari M.İ., Atav R., (2007) “Koruyucu Dokusuz Teknik Tekstiller”, Tekstil ve Konfeksiyon, 174-177, İzmir, Türkiye, Temmuz - Eylül 2007.
- [16] Czajka, R., (2005), “Development of Medical Textile Market”, Fibres and Textiles in Eastern Europe, 13, 1 (49), 13-15.
- [17] Arnell R.D., Kelly P. J., (1999), “Recent Advances in Magnetron Sputtering”, Surface and Coatings Technology, 112, 170-176,
- [18] Web 2, (2009), <http://www.tekstilteknik.com/Referanslar/Tekniktekstiller.asp>, (Erişim Tarihi: 14/03/2009).
- [19] Balcı H., (2006), “Akıllı (Fonksiyonel) Tekstiller, Seçilmiş Kumaşlarda Antibakteriyel Apre ve Performans Özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi.
- [20] Atar E., (2004), “Zirkonyum Hafniyum Nitrür Kaplamaların Mekanik ve Aşınma Özelliklerinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [21] Hamamcıoğlu M., (1982), “Lif Teknolojisi (Pamuk ve Diğer Bitkisel Lifler)”, Nadir Kitap.
- [22] Palamutcu S., Keskin R., Devrent N., Sengül M. Haşcelik B., (2009), “Fonksiyonel Tekstiller II: Antimikrobiyal Tesktikler”, Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, 3, 95-108
- [23] Web 3, (2016), [https://books.google.com.tr/books?id=dTmAsG07D00C&printsec=frontcover&hl=tr&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=snippet&q=dition&f=false](https://books.google.com.tr/books?id=dTmAsG07D00C&printsec=frontcover&hl=tr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=snippet&q=dition&f=false), (Erişim Tarihi: 19/12/2016).
- [24] Peter J. B., (1992), “ASM Handbook Friction, Lubrication and Wear Technology”, 18th Edition, ASM International.
- [25] Mattox D. M., (1998), “Handbook Of Physical Vapor Deposition (PVD) Processing”, 5th Edition, Noyes Publications.
- [26] Türküz M. C., (2006), “Fiziksel buhar biriktirme yöntemi ile yapılan zirkonyum nitrür ince film kaplamanın kaplama parametrelerinin incelenmesi ve optimizasyonu”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [27] Barocha P., Musila J., Vlceka J., Namc K.H., Han J.G., (2005), “Reactive magnetron sputtering of TiOx films”, Surface and Coatings Technology, 193, 107–111.

- [28] Soloshenko I.A., Tsiolko V.V., Khomich V.A., Shchedrin A.I., Ryabtsev A.V., Bazhenov V., and Mikhno I.L.; (2007), “Sterilization of Medical Products in Low-Pressure Glow Discharges”, Plasma Physics Reports, 9, 792–800.
- [29] Window B., (1995), “Recent Advances in Sputter Deposition”, Surface and Coatings Technology, 71, 93-97.
- [30] Web 4, (2012), <http://www.alacritasconsulting.com/sputterdepositionforthinfilms.html>, (Erişim tarihi: 10/01/2012).
- [31] Tavřanoęlu T., (2001), “Reaktif DC manyetik alanda sıçratma/PECVD hibrit tekniğiyle biriktirilen Ti/TixCy/DLC ince film kaplamaların üretim koşullarının belirlenmesi ve karakterizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [32] Bunshah R. F., (1994), “Handbook of Deposition Technologies for Films and Coatings”, 2nd Edition, William Andrew Publishing/Noyes.
- [33] řener Y., (2005), “řekilli ince film üretimi ve karakterizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [34] Yılmaz T., (2008), “Saçtırma Teknięiyle Hazırlanan Kobalt İnce Filmlerinin Manyetik Karakterizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi.
- [35] Doğan İ., (2008), “Fabrication and Characterization of Aluminum Oxide and Silicon/Aluminum Oxide Films with Si Nanocrystals Formed by Magnetron Co-Sputtering Technique”, Master Thesis, Middle East Technical University.
- [36] Yeřiltepe M., (2012), “R.F Magnetron Kopartma Tekniği Kullanılarak Hazırlanan Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> İnce Filmlerin Optik Özelliklerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi.
- [37] şavaş S., (2010), “Manyetik Alanda Sıçratma Metodu ile Üretilen TiAlN Kaplamaların Yapısal, Mekanik ve Tribolojik Özelliklerinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi.
- [38] Toprakkaya, D., Orhan, M., Güneřlioglu, C., (2003), “Tekstillerde Hijyen Uygulamaları”, 3.Sterilizasyon ve Dezenfeksiyon Kongresi, 134-140, Samsun, Türkiye.
- [39] Ünal H., (2009), “Tek Kullanımlık Hidrofil ve Antibakteriyel Polipropilen nonwoven çarşaf eldesi”, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [40] Crabston R., Gao Y., (2008), “Recent Advances in Antimicrobial Treatments of Textiles”, Textile Research Journal, 78, 60-68.
- [41] Musil J., (1998), “Recent Advances in Magnetron Sputtering Technology”, Surface and Coatings Technology, 100, 280-286.

- [42] Ertek M., (2008), “Hastane Enfeksiyonları: Türkiye Verileri”, Hastane Enfeksiyonları Koruma Ve Kontrol Sempozyumu, 9-14, İstanbul, Türkiye, 1 Ocak 2008.
- [43] Meriç M., (2008), “İnfeksiyon Kontrol Komitelerinin Sağlık Hizmetleri ile İlişkili Enfeksiyonların Kontrolündeki Roller”, Seminer, Kocaeli Üniversitesi.
- [44] Yalçın N., (2008), “Hastane Enfeksiyonları Maliyet Analizi. Hastane Enfeksiyonları Koruma Ve Kontrol Sempozyumu”, 15-22, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, İstanbul, Ocak 2008.
- [45] Aslan N., Şentürk K., Şen T., Çoruhlu T., Vartürk I., Shahidi S., Dobrovolskiy A.M., Tsiolko V.V., Matsevich S.V., Keskin S.S. and Korachi M., (2014), “Investigation of Antimicrobial Activity and Morphological Properties of Metal Coated Textile Surface”, Problems of Atomic Science and Technology, 20, 208-211.
- [46] Çayan M., (2013), “Tungsten Karbonitrür (WCN) İnce Filmlerin Reaktif Doğru Akım Manyetik Alanda Sıçratma Yöntemleriyle Üretimi ve Karakterizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [47] Türküz S., (2010), “İndiyum Kalay Oksit İnce Filmlerin Optoelektronik Özelliklerinin İyileştirilmesi”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [48] Skirlo S., Spaniol A., (2008), “Basic İnformation and Pratical Experiences”, CHT Chemicals Directory, (1-32).
- [49] Window B., (1995), “Recent Advances in Sputter Deposition”, Surface and Coatings Technology”, 71, 93-97.
- [50] Ritchie J.A., Jones C. L., (1990), “Letters in Applied Microbiology”, 11th Edition, 152-154.
- [51] Mertz W., (1987), “Trace Elements in Human and Animal Nutrition”, 5th Edition, Academic Pres.
- [52] WHO, (1996), “Trace Elements In Human Nutrition and Health”, World Health Organization.
- [53] Habashi F., (1997), “Handbook of Extractive Metallurgy”, 2th Edition, Wiley-vch.
- [54] Eberhandt D.M., (2004), “Antibacterial and Laundering Properties at AMS and PMHB as Finishing Agents for Healthcare Worker Uniforms”, Doktora Tezi, Stanford University.
- [55] Web 5, (2016), [http://www.academia.edu/6988006/Metallerin\\_%C3%87evreselEtkileri-I](http://www.academia.edu/6988006/Metallerin_%C3%87evreselEtkileri-I), (Erişim tarihi: 30/06/2016)

- [56] Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, (2001), Metal Madenler Alt Komisyon Bakır-Pirit Çalışma Grubu Raporu.
- [57] Metals Handbook, (1978), “Properties and Selection: Non Ferrous Alloys and Pure Metals”, 9th Edition, 239-248.
- [58] Web 6, <http://www.nedirnedemek.com/peptidoglikan-nedir-peptidoglikan-nedir> (Erisim Tarihi: 01/06/2016)
- [59] Kaya U., (1998), “Pvd Kaplama Tekniği ile Hazırlanan TiN İnce Filmlerin Temel Karakteristiklerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi.
- [60] Demir, F., (2007), “CrN Kaplamalara Antibakteriyel Özellik Kazandırmak Amacıyla Ag ve AgPd Katkılandırılması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [61] Alay S., Göktepe F., (2006), “Cerrahi Giysi ve Kumaslardan Beklenen Performans Özellikleri ve ilgili Standartlar”, Tekstil ve Konfeksiyon İletişim Dergisi, 86 (5), 8- 12.
- [62] Alay M., Öktem T., (2004), “Bazı Antibakteriyel İşlemlerin Yıkamaya Karşı Dayanımı”, Tekstil ve Konfeksiyon, 3, 162-166.
- [63] McClanahan D. and Laegreid N., (1991), “Production of Thin Films by Controlled Deposition of Sputtered Material”, Topics in Applied Physics, 64, 339.
- [64] Baloğlu A., (2008), “Alüminyum Alaşımlarına Anodikoksit Filmi İçerisine Gümüş Katılması Yolu ile Antibakteriyel Özellik Kazandırılması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [66] İTO, (2004), Teknik Tekstil Sektör Araştırması, İstanbul Ticaret Odası

## ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında Sakarya’da doğan Sedat ŞEKER, lisans öğrenimini Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü’nde 2011’de tamamlamış ve ardından Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başlamıştır. Yüksek lisans öğrenimi sırasında TÜBİTAK projesinde proje asistanı olarak çalışmış ve tez çalışmasını da bu proje kapsamında tamamlamıştır.

## **EKLER**

### **Ek A: Tez Çalışması Kapsamında Yapılan Yayınlar**

Şen T., Oraltay G., Şeker S., Atar E., Aslan N. (2016), “Investigation of Surface Characteristics of Textiles Deposited by Magnetron Sputtering Method”, International Conference on Electrical Discharges with Liquids (ICEDL 2016), Kocaeli, Turkey, 14-17 March.