



**İPEKTEN SÖKÜLEN/ELDE EDİLEN SERİSİNİN
TEKSTİL SEKTÖRÜNDE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Egemen KUTLU



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İPEKTEN SÖKÜLEN/ELDE EDİLEN SERİSİNİN
TEKSTİL SEKTÖRÜNDE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Egemen KUTLU

ORCID ID: 0000-0003-2064-7277

Prof. Dr. Pervin ANIŞ

ORCID ID: 0000-0002-6295-637X

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

TEZ ONAYI

Egemen KUTLU tarafından hazırlanan “İpekten Sökülen/Elde Edilen Serisinin Tekstil Sektöründe Değerlendirilmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Pervin ANIŞ

Başkan : Prof. Dr. Pervin ANIŞ

ORCID ID: 0000-0002-6295-637X

Mühendislik Fakültesi

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Prof. Dr. Mehmet KANIK

ORCID ID: 0000-0003-2317-7282

Mühendislik Fakültesi

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Prof. Dr. Hasan Basri KOÇER

ORCID ID: 0000-0003-2612-6712

Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi

Lif ve Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Akşel EREN

Enstitü Müdürü

26/08/2019

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

26/08/2019

 **imza**

Egemen KUTLU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İPEKTEN SÖKÜLEN/ELDE EDİLEN SERİSİNİN TEKSTİL SEKTÖRÜNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Egemen KUTLU

Bursa Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Pervin ANIŞ

Bilim ve teknolojinin gelişmesi, insanların yaşam standartlarını önemli ölçüde geliştirmiş ve tekstil ürünleri üzerindeki kalite, konfor, sağlık ve çevre koruması konusundaki farkındalıklarını güçlendirmiştir. Çevrede hemen her yerde bulunabilen mikroorganizmalar nem, besin ve sıcaklık gibi temel gereksinimlerini karşılayabileceği ortam bulduklarında hızla çoğalabilmektedir. Tekstil ürünleri de yapıları ve kullanıldıkları yerler açısından mikroorganizmaların yaşaması ve çoğalması için uygun nem, sıcaklık ve besin maddesi sağlayan ortamlardır. Mikroorganizmaların tekstil materyalleri üzerindeki büyümesi ve çoğalması, kumaşta hoş olmayan koku, leke ve renk değişimi ve kumaşın mekanik mukavemetinde azalma istenmeyen etkiler oluşturmaktadır. Bu çalışmada, antimikrobiyal ürünlere karşı artan talep karşısında toksik kimyasallara alternatif olarak çevre dostu doğal bir protein olan serisin kullanılmıştır. İpekten sökülen serisinin insan ve çevreye karşı herhangi bir toksik etkisinin bulunmaması ve geri elde edilmesi de avantajlar arasında yer almaktadır. Pamuklu kumaşlara bu maddenin uygulanarak, antibakteriyel özellik kazandırılması amaçlanmıştır. Çalışmada geri kazanılmış serisinden üretilen serisin/gümüş nanopartikül, serisin/titanyum dioksit nanopartikül, ticari serisin, geri kazanılmış serisin ve ipekten sökülen serisin maddeleri pamuklu kumaşlara aplike edildikten sonra kumaşların antibakteriyel aktiviteleri araştırılmıştır. Sonuçlar antibakteriyel testlerinin yanı sıra, ham pamuk ile beyazlık indeksi, yırtılma mukavemeti, eğilme rijitliği, UV koruyuculuk, kopma mukavemeti ve uzaması bakımından karşılaştırılmıştır. Antibakteriyellik sonuçlarına bakılacak olursa bitim işlemi sonrasında yapılan testlerde tüm kumaşların antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu görülmektedir. 10 ve 20 evsel yıkama sonrasında bu etkide azalmalar olmuştur. FTIR analizi sonucunda serisin maddesinin kumaşlara başarılı bir şekilde aplike edildiği sonucuna varılmaktadır. UV koruyuculuk testlerinde serisin uygulamasının kumaşların UV koruma faktörünü bir miktar arttırdığı görülmektedir. Mukavemet testleri bitim işlemi uygulanmış kumaşların mekaniksel ve performans özelliklerinde olumsuz herhangi bir etkinin olmadığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Serisin, Antibakteriyel, Pamuk, Serisin/Gümüş, Serisin/TiO₂, geri kazanma, UV koruyuculuk

2019, x + 134

ABSTRACT

MSc Thesis

EVALUATION OF SERICIN FROM SILK REMOVED/OBTAINED IN TEXTILE SECTOR

Egemen KUTLU

Bursa Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Textile Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Pervin ANIŞ

The development of science and technology has significantly improved the living standards of people and strengthened their awareness of quality, comfort, health and environmental protection on textile products. These microorganisms, which can be found almost everywhere in the environment, can rapidly multiply when they find the environment where they can meet their basic requirements such as moisture, nutrients and temperature. Textile products are suitable for moisture, temperature and nutrients for the survival and growth of microorganisms. Growth and proliferation of microorganisms on textile materials, unpleasant odor, stain and color change in fabric and decrease in mechanical strength of the fabric are undesirable effects. In this study, sericin, an environmentally friendly natural protein, was used as an alternative to toxic chemicals in response to the increasing demand for antimicrobial products. The benefits of sericin, which has been removed from the silk and which have no toxic effect on human and environment, are also among the advantages. It is aimed to give antibacterial properties by applying this material to cotton fabrics. In this study, sericin/silver nanoparticle, sericin/titanium dioxide nanoparticle, commercial sericin, recovered sericin and silk-extracted sericin materials were applied to cotton fabrics and the antibacterial activities of the fabrics were investigated. The results were compared with antibacterial tests in terms of whiteness index, tear strength, bending stiffness, uv absorbancy, breaking strength and maximum elongation values with raw cotton. When the antibacterial results are considered, it is seen that all fabrics have antibacterial activity in the tests performed after finishing. This effect was reduced after 10 and 20 household washes. As a result of FTIR analysis, it was concluded that sericin material was applied to fabrics successfully. In the UV protection tests, it was seen that the application of sericin increases the UV protection factor of the fabrics. The strength tests show that there is no negative effect on the mechanical and performance properties of the finished fabrics.

Keywords: Sericin, Antibacterial, Cotton, Sericin /Silver, Sericin/TiO₂, Recovery, UV protection

2019, x+ 134

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının gerçekleştirilmesinde tecrübesi, bilgi ve birikimi ile bana yol gösteren ve manevi olarak her zaman yanımda olan kıymetli danışman hocam Sayın Prof.Dr. Pervin ANIŞ'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışması kapsamında kullandığım kimyasalları sağlayan Rudolf Duraner firmasının değerli yöneticilerine, serisinin geri kazanımındaki yardımlarından dolayı Sayın Doç.Dr. Gökşen ÇAPAR hocama, geri kazanılan serisinin gümüş ve titanyum ile nanopartikül olarak hazırlanmasındaki yardımlarından dolayı Sayın Araş. Gör. Yavuz GÖKÇE hocama, antibakteriyellik testlerinde her türlü bilgisi ve birikimi ile bana yardımcı olan Sayın Doç.Dr. Mehmet ORHAN hocama, tez çalışmam süresince her türlü bilgi ve yardımlarını bana sunan Sayın Dr.Araş.Gör. Serkan TEZEL hocama ve Sayın Araş.Gör. İbrahim Kürşad TÜRKOĞLU hocama ve FTIR analizlerinde yardımcı olan Sayın Araş.Gör. Yasin ALTIN hocama teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince her türlü bilgi ve yardımlarını bana sunan değerli arkadaşlarım Canberk PALAMUT, Sadık YİĞİT, Oğuzhan ÖZSOY, Eyüphan YENER, Gözde Fulya ERYAT, Nevşah Beril GERAY, Derya TÜFEKÇİ ve Umut CABİROĞLU'na teşekkür ederim.

Çalışma süresince tüm zorlukları benimle beraber göğüsleyen ve hayatımın her anında bana destek olan değerli annem, babam ve kardeşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Egemen KUTLU

26/08/2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. İpek Lifinin Tarihçesi	3
2.2. İpek lifinin üretimi	4
2.2.1. Kozadan Lif Çekimi	6
2.3. İpek Liflerinin Fiziksel Yapısı ve Özellikleri	7
2.3.1. Lif Uzunluğu	9
2.3.2. Lif inceliği	9
2.4. İpek Liflerinin Kimyasal Özellikleri	10
2.4.1. Suyun ve Nemin İpek Liflerine Etkisi	10
2.4.2. Sıcaklığın İpek Liflerine Etkisi	10
2.4.3. Tuzların İpek Liflerine Etkisi	10
2.4.4. Gün Işığının İpek Liflerine Etkisi	11
2.4.5. Asitlerin İpek Liflerine Etkisi	11
2.4.6. Alkalilerin İpek Liflerine Etkisi	11
2.4.7. Yükseltgen Maddelerin İpek Liflerine Etkisi	11
2.4.8. İndirgen Maddelerin İpek Liflerine Etkisi	11
2.5. İpek Liflerinin Kimyasal Yapısı	12
2.5.1. Fibroin	12
2.5.2. Serisin	15
2.6. İpek Liflerinde Serisin Sökme İşlemleri	17
2.7. İpek Atık Sularının Karakteristiği	19
2.8. Serisinin Atık Sudan Geri Kazanımı	21
2.9. Membran Filtrasyonu Yöntemi	23
2.9.1. Mikrofiltrasyon Yöntemi	24
2.9.2. Ultrafiltrasyon Yöntemi	24
2.9.3. Nanofiltrasyon	25
2.9.4. Ters Ozmoz	25
2.9.5. Membranların Kirlenmesi ve Temizliği	26
2.10. Serisinin Özellikleri ve Kullanım Alanları	26
2.10.1. Biyobozunur Malzemelerde Serisin Kullanımı	28
2.10.2. Membran Malzemelerinde Serisin Kullanımı	29
2.10.3. Fonksiyonel Biyomalzemelerde Serisin Kullanımı	30
2.10.4. Tıbbi Biyomalzemelerde Serisin Kullanımı	31
2.10.5. İşlevsel Lifler, Kumaşlar Ve Malzemelerde Serisin Kullanımı	32
2.10.6. Kozmetikte Serisin Kullanımı	33
2.11. Mikroorganizmalar ve Özellikleri	33
2.11.1. <i>Escherichia coli</i>	34

2.11.2. <i>Staphylococcus aureus</i>	35
2.12. Antibakteriyel Aktivite	36
2.13. Pamuklu Materyallere Bakteri Atakları	36
2.14. Pamuk Lifine Uygulanan Antibakteriyel Bitim İşlemleri ve Uygulamaları	38
2.14.1. Antibakteriyel maddeler ve çalışma mekanizmaları	40
2.14.2. Antibakteriyel bitim işlemlerinde kullanılan kimyasal maddeler	42
2.14.3. Antibakteriyel Apre Aktarma Yöntemleri	48
2.14.4. Antibakteriyel Aktivite Testleri	51
2.15. Literatür Çalışmaları	53
3. MATERYAL VE YÖNTEM	61
3.1. Materyal	61
3.1.1. Kumaş	61
3.1.2. Kimyasal maddeler	61
3.1.3. Makineler	64
3.2. Yöntem	66
3.2.1. Serisinin sökülmesi ve atık sudan geri kazanımı	66
3.2.2. Serisin/Gümüş nanopartikül (AgNp) sentezi	66
3.2.3. Serisin/Titanyum dioksit (TiO ₂) nanopartikül sentezi	67
3.2.4. Yüksek basınç ve sıcaklık (HT) yöntemi ile giderilmiş serisinli çözeltinin antibakteriyel bitim işleminde kullanılması	68
3.2.5. Uygulanan antibakteriyel bitim işlemi reçeteleri	68
3.2.6. Testler	71
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	81
4.1. Kumaşların Antibakteriyel Aktivite Değerleri	81
4.1.1. ASTM E2149 Yönteminde <i>E. Coli</i> Bakterisine Karşı Pamuklu Kumaşların Antibakteriyel Etkinlik Değerleri	82
4.1.2. ASTM E2149 Yönteminde <i>S. aureus</i> Bakterisine Karşı Pamuklu Kumaşların Antibakteriyel Etkinlik Değerleri	86
4.1.3. JIS L 1902 yönteminde <i>E. coli</i> bakterisine karşı pamuklu kumaşların antibakteriyel etkinlik değerleri	89
4.1.4. JIS L 1902 yönteminde <i>S. aureus</i> bakterisine karşı pamuklu kumaşların antibakteriyel etkinlik değerleri	93
4.2. Kumaşların Mukavemet ve Uzama İndeksleri Ölçümü	96
4.2.1. Kumaşların Yırtılma Mukavemeti Değerleri	96
4.2.2. Kumaşların Kopma Mukavemeti ve Yüzde Uzama Değerleri	100
4.3. Kumaşların Eğilme Rijitliği Değerleri	106
4.4. Kumaşların Spektrofotometre ve Beyazlık İndeksleri Sonuçları	109
4.5. FTIR Spektrumları Analizleri	113
4.6. Kumaşların UPF Sonuçları	116
5. SONUÇ	118
KAYNAKLAR	124
ÖZGEÇMİŞ	132

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AATCC	Amerikan Tekstil Kimyagerleri ve Renk Uzmanları Birliği
Ag NPS-serisin	Gümüş Nanopartiküller-Serisin
a*	Kırmızı – yeşil eksen
BOI	Biyokimyasal oksijen ihtiyacı
b*	Sarı – mavi eksen
Cm	Santimetre
dk	Dakika
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
FT-IR	Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometresi
g	Gram
JIS	The Japanese Industrial Standards- Japon Sanayisi Standartları
kDa	Kilodalton
KOI	Kimyasal oksijen ihtiyacı
L	Litre
L*	Açıklık koyuluk eksen
m	Metre
M	Molar
MF	Mikrofiltrasyon
MW	Moleküler Ağırlık
M.Ö.	Milattan önce
NaIO ₄	Sodyum Periodat
NF	Nanofiltrasyon
nm	Nanometre
NTU	Nefelometrik Bulanıklık Ünitesi
pH	Hidrojenin gücü
Pt-Co	Platinum Kobalt
PVA	Polivinil Alkol
RO	Ters Osmoz
TS	Toplam Katılar
TiO ₂	Titanyum Dioksit
UF	Ultrafiltrasyon
UV	Ultraviyole
°C	Santigrad

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. İpek böceği ve ipek lifleri	3
Şekil 2.2. İpek böceği (<i>Bombyx Mori</i> L.)’nin yaşam döngüsü	5
Şekil 2.3. Ham ipek lifinin yapısı	8
Şekil 2.4. Çeşitli ipeklerin SEM görüntüleri	8
Şekil 2.5. Fibroinin kimyasal yapısı	13
Şekil 2.6. Fibroinin β -pili yapısı	14
Şekil 2.7. Membran filtrasyon sistemleri	24
Şekil 2.8. Serisinin bazı özellikleri	27
Şekil 2.9. Serisinin kullanım alanları	28
Şekil 2.10. <i>E. Coli</i> Bakteri kolonisinin SEM görüntüsü	35
Şekil 2.11. <i>S. aureus</i> Bakteri kolonisinin SEM görüntüsü	35
Şekil 2.12. Yüzeye uygulama yöntemiyle oluşturulmuş antibakteriyel lif kesiti	41
Şekil 2.13. Kimyasal Birleşme yöntemiyle oluşturulmuş antibakteriyel lif kesiti	41
Şekil 2.14. Triklosanın kimyasal yapısı	45
Şekil 2.15. Kitosanın elde edilmesi ve kimyasal yapısı	46
Şekil 2.16. PHMB kimyasal yapısı	48
Şekil 2.17. Çektirme yönteminde kullanılan makineler	49
Şekil 2.18. Emdirme Yönteminde Kullanılan Fulard Makineleri	50
Şekil 2.19. Püskürtme ile Aplikasyon Makineleri	50
Şekil 2.20. Köpükle Aplikasyon Tekniği	51
Şekil 3.1. Numune bobin boyama makinesi	64
Şekil 3.2. Laboratuvar Tipi Numune Emdirme Makinesi	65
Şekil 3.3. Laboratuvar Tipi Numune Ramöz Makinesi	65
Şekil 3.4. TEST 412 NB HT Yıkama Makinesi	74
Şekil 3.5. SHIMADZU AGS-X serisi çekme testi cihazı	75
Şekil 3.6. SDL ATLAS Digital Elmendorf Test Cihazı	76
Şekil 3.7. Kumaş eğilme ölçüm cihazı	76
Şekil 3.8. Konica Minolta 3600d Spektrofotometresi	77
Şekil 3.9. Nicolet İs50 FT-IR ATR Spektrofotometresi	78
Şekil 3.10. SHIMADZU UV-3600 UV-VIS NIR Spektrofotometresi	78
Şekil 4.1. Sökülen serisin uygulanmış kumaşların <i>E. coli</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri	83
Şekil 4.2. Serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış kumaşların <i>E. coli</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri	83
Şekil 4.3. Serisin/TiO ₂ uygulanmış kumaşların <i>E. coli</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri	84
Şekil 4.4. Ticari serisin uygulanmış kumaşların <i>E. coli</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri	85
Şekil 4.5. Geri kazanılmış serisin uygulanmış kumaşların <i>E. coli</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri	85
Şekil 4.6. Sökülen serisin uygulanmış kumaşların <i>S. aureus</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri	86

Şekil 4.7. Serisin/Gümüş nanopartikül uygulanmış kumaşların <i>S. aureus</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri.....	87
Şekil 4.8. Serisin/TiO ₂ uygulanmış kumaşların <i>S. aureus</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri.....	87
Şekil 4.9. Ticari serisin uygulanmış kumaşların <i>S. aureus</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri.....	88
Şekil 4.10. Geri kazanılmış serisin uygulanmış kumaşların <i>S. aureus</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri.....	89
Şekil 4.11. Sökülen serisin uygulanmış kumaşların <i>E. coli</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri.....	90
Şekil 4.12. Serisin/Gümüş nanopartikül uygulanmış kumaşların <i>E. coli</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri.....	90
Şekil 4.13. Serisin/TiO ₂ uygulanmış kumaşların <i>E. coli</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri.....	91
Şekil 4.14. Ticari serisin uygulanmış kumaşların <i>E. coli</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri.....	92
Şekil 4.15. Geri kazanılmış serisin uygulanmış kumaşların <i>E. coli</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri.....	92
Şekil 4.16. Sökülen serisin uygulanmış kumaşların <i>S. aureus</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri.....	93
Şekil 4.17. Serisin/Gümüş nanopartikül uygulanmış kumaşların <i>S. aureus</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri.....	94
Şekil 4.18. Serisin/TiO ₂ uygulanmış kumaşların <i>S. aureus</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri.....	94
Şekil 4.19. Ticari serisin uygulanmış kumaşların <i>S. aureus</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri.....	95
Şekil 4.20. Geri kazanılmış serisin uygulanmış kumaşların <i>S. aureus</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri.....	96
Şekil 4.21. Ham pamuk ve Sökülen serisin uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri.....	97
Şekil 4.22. Ham pamuk ve serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri.....	97
Şekil 4.23. Ham pamuk ve serisin/TiO ₂ uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri.....	98
Şekil 4.24. Ham pamuk ve ticari serisin uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri.....	99
Şekil 4.25. Ham pamuk ve geri kazanılmış serisin uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri.....	99
Şekil 4.26. Ham pamuk ve Sökülen serisin uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki kopma mukavemeti değerleri.....	100
Şekil 4.27. Ham pamuk ve Sökülen serisin uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki % uzama değerleri.....	100
Şekil 4.28. Ham pamuk ve serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki kopma mukavemeti değerleri.....	101
Şekil 4.29. Ham pamuk ve serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki % uzama değerleri.....	102
Şekil 4.30. Ham pamuk ve serisin/TiO ₂ uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki kopma mukavemeti değerleri.....	102

Şekil 4.31. Ham pamuk ve serisin/TiO ₂ uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki % uzama değerleri	103
Şekil 4.32. Ham pamuk ve ticari serisin uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki kopma mukavemeti değerleri	103
Şekil 4.33. Ham pamuk ve ticari serisin uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki % uzama değerleri	104
Şekil 4.34. Ham pamuk ve geri kazanılmış serisin uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki kopma mukavemeti değerleri	104
Şekil 4.35. Ham pamuk ve geri kazanılmış serisin uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki % uzama değerleri	105
Şekil 4.36. Sökülen serisin uygulanmış kumaşların eğilme rijitliği değerleri	106
Şekil 4.37. Serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış kumaşların eğilme rijitliği değerleri	106
Şekil 4.38. Serisin/TiO ₂ uygulanmış kumaşların eğilme rijitliği değerleri.....	107
Şekil 4.39. Ticari serisin uygulanmış kumaşların eğilme rijitliği değerleri.....	107
Şekil 4.40. Geri kazanılmış serisin uygulanmış kumaşların eğilme rijitliği değerleri..	108
Şekil 4.41. Ham pamuk, referans kimyasalı ve sökülen serisin uygulanmış kumaşların Stensby beyazlık indeksi değerleri	110
Şekil 4.42. Ham pamuk ve serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış kumaşların Stensby beyazlık indeksi değerleri.....	111
Şekil 4.43. Ham pamuk ve serisin/TiO ₂ uygulanmış kumaşların Stensby beyazlık indeksi değerleri	111
Şekil 4.44. Ham pamuk ve ticari serisin uygulanmış kumaşların Stensby beyazlık indeksi değerleri	112
Şekil 4.45. Ham pamuk ve geri kazanılmış serisin uygulanmış kumaşların Stensby beyazlık indeksi değerleri.....	112
Şekil 4.46. Ham pamuklu kumaş, geri kazanılmış serisin ve X33 kodlu kumaşın FTIR analizi.....	114
Şekil 4.47. Ham pamuk, ticari serisin ve X25 kodlu kumaşın FTIR analizi.....	115
Şekil 4.48. Bitim işlemi uygulanmış numunelerin UPF değerlerinin ham numuneye göre % olarak artışı.....	117

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Dünya ham ipek üretimi (ton)	4
Çizelge 2.2. İpek liflerinin fiziksel özellikleri	9
Çizelge 2.3. İpek lifinin kimyasal bileşimi (%)	12
Çizelge 2.4. Serisinin amino asit bileşenleri ve kimyasal yapıları	16
Çizelge 2.5. Tekstil Atık Sularının Karakteristiği	20
Çizelge 2.6. Bakteriler ve etkileri	38
Çizelge 2.7. Bakteriyostatik ve bakterisidal ajanların karşılaştırılması	40
Çizelge 2.8. Pamuk lifinde kullanılan bazı antibakteriyel kimyasallar	42
Çizelge 2.9. Kantitatif ve kalitatif yöntemler	52
Çizelge 3.1. Numunelere uygulanan kimyasallar ve numune kodları	70
Çizelge 3.2. ASTM E2149 Standart Test Yöntemine Göre Antibakteriyel Etkinliğin Tespiti.....	72
Çizelge 3.3. JIS L 1902 Standard Test Yöntemine Göre Antibakteriyel Etkinliğin Tespiti.....	73
Çizelge 3.4. CIE Eritemal Spektral Etki (E_λ) ve Güneş Spektral Işınımının Relatif Enerji değeri (S_λ).....	80
Çizelge 4.1. Numunelerin spektrofotometre ölçüm sonuçları.....	109
Çizelge 4.2. Numunelerin UPF, UV-A ve UV-B geçirgenlik değerleri	116

1. GİRİŞ

Bilimin ve teknolojinin gelişmesi, insanların yaşam standartlarını önemli ölçüde geliştirmiş ve tekstil ürünleri üzerindeki kalite, konfor, sağlık ve çevre koruması konusundaki farkındalıkları güçlendirmiştir. Bu bağlamda tekstil ürünleri içerisinde yer alan ipek oldukça önemlidir. “Tekstilin Kraliçesi” olarak bilinen ipek, esas olarak fibroin ve serisin proteinlerinden oluşan doğal esaslı bir liftir. İpek; yüksek konforu, lüks cazibesi, zarafeti, yumuşaklığı, elastik özellikleri ve muhteşem görünümü ile en güçlü doğal liflerden biridir. İpek, işlenmesinin özen ve hassasiyet gerektirmesi sebebiyle oldukça maliyetlidir (Nadiger ve Shukla 2016).

Çevre dostu süreçler içerisinde, ipekböceği kozasından elde edilen ve doğal bir protein olan ipek serisini büyük bir öneme sahiptir. Serisin; biyolojik olarak parçalanabilmekte, toksik olmamakta, nemi absorbe etmekte, oksidasyon direnci, antimikrobiyal aktivite ve UV direnci göstermektedir (Wu ve ark. 2007). Serisinin, biyomedikal malzeme ve ürünlerin, fonksiyonel özellikli membranların, liflerin ve kumaşların üretilmesinde başarılı olarak kullanıldığı bilinmektedir (Zhang 2002).

Tekstil malzemeleri uzun zamandan beri bakteri ve mantar gibi mikroorganizmaların büyümesini destekleyen bir ortam olarak tanınmıştır. Çevrede hemen her yerde bulunabilen bu mikroorganizmalar nem, besin ve sıcaklık gibi temel gereksinimlerini karşılayabildikleri ortam bulduklarında hızla çoğalabilmektedir. Tekstil ürünleri de yapıları ve kullandıkları yerler açısından mikroorganizmaların yaşaması ve çoğalması için uygun nem, sıcaklık ve besin maddesi sağlayan ortamlardır. Sentetik liflerin çoğu, yüksek hidrofobik özellikte olması sebebiyle, doğal elyaflara göre mikroorganizmaların saldırılarına karşı daha dirençlidir. Hayvansal liflerdeki proteinler ve pamuktaki karbonhidratlar belirli koşullar altında besin ve enerji kaynağı olarak işlev görebilmektedir. Ayrıca toprak, toz ve terden kaynaklanan çözücüler ve bazı tekstil kaplamaları da mikroorganizmalar için besin kaynağı olabilmektedir (Purwar ve Joshi 2004).

Mikroorganizmaların tekstil materyalleri üzerinde büyümesi ve çoğalması, sadece tekstil malzemesinin kendisinde değil, aynı zamanda kullanıcının üzerinde de birçok istenmeyen etkiler oluşturmaktadır. Bu etkiler kumaşta hoş olmayan koku, leke ve renk

değişimi, kumaşın mekanik mukavemetinde azalma ve kirlenme olasılığının artması ve patojen mikroorganizmaların insanlar üzerinde enfeksiyona neden olmaları olarak sıralanabilmektedir. Bu sebeple kullanım ve depolama sırasında tekstil ürünleri üzerindeki mikropların büyümesinin en aza indirilmesi oldukça önemlidir. Bu sebeple tekstil ürünlerine antibakteriyel bitim işlemleri uygulanmaktadır (Gao ve Cranston 2008).

Antibakteriyel özellik, kumaş ya da liflere özel işlemler uygulanmasıyla veya kendi kimyasındaki antibakteriyel özellikli liflerin kullanımıyla kazandırılmaktadır. Antibakteriyel özelliğin kazandırılması için uygulanan antimikrobiyal maddeler aktivite mekanizmalarına göre, mikroorganizmaların büyümesini önleyen/azaltan veya tamamen inhibe eden olarak iki gruba ayrılmaktadır (Gutarowska ve ark. 2013). Bununla beraber bu kimyasalların çoğu insanlar için toksik özellik göstermekte, alerji veya tahrişe neden olabilmekte ve çevrede kolayca parçalanamamaktadır. Bu maddeler tekstilin görünümünü olumsuz olarak etkilememeli, uygun maliyetli olmalıdır. Ayrıca antibakteriyel özellik kazandırılan tekstil ürünleri, giyen kişinin cildindeki patojen olmayan bakteri florasını öldürmemelidir. Dolayısıyla tekstil endüstrisi, toksik tekstil kimyasallarının yerini alan çevre dostu süreçler üzerine yoğunlaşmıştır (Rajendran ve ark. 2012).

Bu çalışmada, antimikrobiyal ürünlere karşı artan talep karşısında toksik kimyasallara alternatif olarak çevre dostu doğal bir protein olan serisin kullanılmıştır. İpekten sökülen serisinin insan ve çevreye karşı herhangi bir toksik etkisinin bulunmaması ve geri elde edilmesi de avantajları arasında yer almaktadır. Pamuklu kumaşlara bu maddenin uygulanarak, antibakteriyel özellik kazandırılması amaçlanmıştır. Bu çalışma kapsamında, atık sulardaki serisin maddesi geri kazanılmış ve pamuklu kumaşlara uygulanan serisinin kumaşlardaki bakteri üremesi ve gelişmesini inhibe etmesi incelenmiştir. Çalışmada geri kazanılmış serisinden üretilen serisin/gümüş nanopartikül, serisin/titanyum dioksit nanopartikül, ticari serisin, geri kazanılmış serisin ve ipekten sökülen serisin maddeleri pamuklu kumaşlara applike edilmiştir. Daha sonra kumaşların antibakteriyel aktiviteleri başta olmak üzere bu maddelerin kumaşların kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti, eğilme rijitliği, beyazlık değerleri ve UV koruyuculuk gibi performans özellikleri üzerindeki etkileri de araştırılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. İpek Lifinin Tarihçesi

Bombyx mori isimli ipek böceğinin yaşam evresi dahilinde örmüş olduğu kozadan çekilerek elde edilen ve hayvansal salgı ürünü olan ipek, protein esaslı doğal bir liftir. Şekil 2.1’de ipek böceği ve ipek lifleri verilmiştir (Atav ve Namırtı 2011).



Şekil 2.1. İpek böceği ve ipek lifleri (Atav ve Namırtı 2011)

Parlaklık, incelik, absorbans, mukavemet, esneklik, doğallık ve yumuşaklık gibi cezbedici özellikleri olan ipek lifinin M.Ö. 3000 ile 4000 yılları arasında Çin’de keşfedildiğine dair birçok kanıt bulunmaktadır (Karaca 1992). İpeğin Çinliler tarafından keşfedilmesi kesin kanıtları olmayan efsanelerle anlatılsa da Çinliler bu lifin önemini ve potansiyelini çabuk bir şekilde kavramışlardır. Hatta ipek lifinin kökenini uzun bir süre sır olarak tutmuş ve bu lifle ilgili sırları ülkeden dışarıya çıkarmaya çalışanlara ölüme kadar gidebilen cezalar vermişlerdir (Franck 2001). Daha sonraları ipek yolu açıldığında ipek lifleri batılı ülkelere nakledilmiş ve buralarda kullanılmaya başlamıştır (Wiley 2008).

M.S. 522 yılında Bizanslılar zamanında ipek lifleri Anadolu’ya giriş yapmıştır ancak esas gelişimi ve işlenmesi Osmanlılar zamanında olmuştur (Mangut ve Karahan 2008). İpekböceği yetiştirmeye uygun iklimi sayesinde Anadolu’da 1400-1800 yılları arasında ipek liflerinin üretimi artmış ve üretilen Türk ipekleri diğer rakiplerine göre çok daha fazla tercih edilmiştir (Karaca 1992). İpek lifinden üretilen kumaşlar saraylarda kullanılmış, yüksek rütbeli memurlara, yabancı elçiler ve hükümdarlara hediye edilmiştir. Osmanlı döneminde önemli ipek üretim merkezleri olan Bursa, Diyarbakır ve Halep gibi yerlerde üretilen ipek, Osmanlı ticaretinde önemli paya sahip olmuştur. (Altun 2007).

Sanayi devriminden sonra pamuk lifinin üretimi daha ucuz ve kolay hale geldiği için işlenmesi ve üretimi daha pahalı olan ipek lifinin üretimi azalmıştır. Yeni geliştirilen teknolojiler sayesinde ipek üretiminde verimlilik artsa da, 20. Yüzyılın başlarında ipek böceği hastalığı salgını nedeniyle Fransa’da ipek üretimi azalmıştır. Bu sayede Çin ve Japonya ipek üretimi piyasasında eskiden sahip oldukları paylara tekrardan sahip olmuşlardır. Günümüzde başlıca ipek üreticisi ülkeler; Çin, Japonya, Hindistan, Özbekistan ve Brezilya’dır (Çizelge 2.1.). Son yıllarda poliamid ve polyester gibi yapay elyaflardan üretilen kumaşların artması sebebiyle, ipek üretimi tekrardan azalmış ve ipek nadir kullanılan lüks bir tekstil materyali olmuştur (Babu 2013).

Çizelge 2.1. Dünya ham ipek üretimi (ton) (<https://www.inserco.org/en/statistics>) (erişim tarihi: 12.07.2019)

Ülke	2014	2015	2016	2017	2018
Çin	146.000	170.000	158.400	142.000	120.000
Hindistan	28.708	28.523	30.348	31.906	35.261
Özbekistan	1.100	1.200	1.256	1.200	1.800
Brezilya	560	600	650	600	650
Tayland	692	698	712	680	680
Japonya	30	30	32	20	20
Türkiye	32	30	32	30	30
Diğer	935,62	947,83	1.082,27	1.071,35	1.207
Toplam	178.057,62	202.072,83	192.512,27	177.507,35	159.648

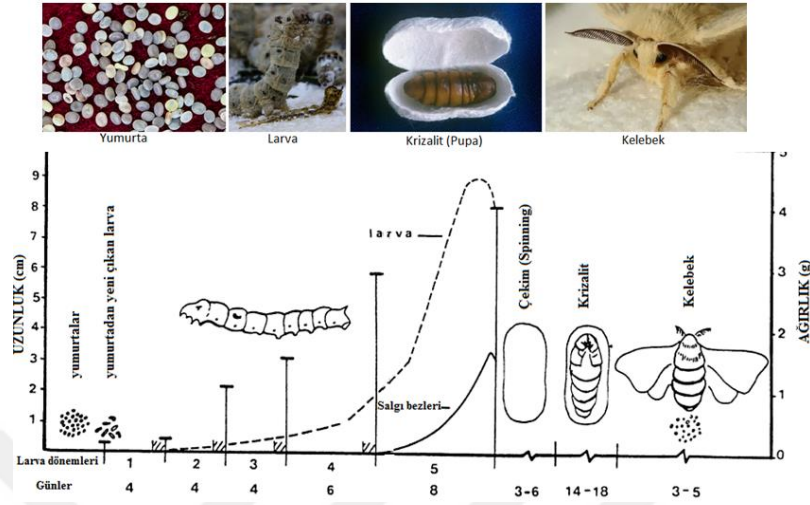
Günümüzde ise ülkemizdeki başlıca ipekböceği üretim yerleri Diyarbakır, Bursa, Bilecik, Antalya ve Eskişehir’dir. Diyarbakır son yıllarda ipekböceği yetiştiriciliğinde Bursa’nın yerini almıştır (Atav ve Namırtı 2011). 1980 yılından sonra ipek üretimindeki yerini yavaş yavaş yitirmeye başlayan Bursa’da, ipek fabrikaları endüstriyel miras sayılmakta ve korunması için çalışmalar yapılmaktadır (Oral ve Ahunbay 2005).

2.2. İpek lifinin üretimi

İpek üretimi, mevsimlik bir aktivitedir ve bu üretim aşamasında ipekböceğinin tek besin kaynağı olan dut yaprağına ihtiyaç duyulması, bu işlemde fazla bir yatırıma gerek olmadığını göstermektedir.

Bombyx mori ipekböceğinin yaşam döngüsü yumurta, larva, krizalit ve kelebek evresi olmak üzere 4 evreden oluşmakta ve 6-8 hafta sürmektedir. Larvalar salgı bezlerinden

19. günden itibaren ipek salgılanmaya başlar ve 5. evresine gelmiş bir larvanın %70'ini ipek lifi oluşturmaktadır (Lewin 2006, Mondal ve ark. 2007).



Şekil 2.2. İpek böceği (*Bombyx Mori L.*)'nin yaşam döngüsü (Lewin 2006)

Larva koza oluşumunu tamamladıktan sonra kendisini kozanın içerisinde hapsedir. Elde edilen ipeğin kalitesi ayrıca kozanın örülme evresindeki çevre şartlarına bağlıdır. Koza içinde kendini hapseden larva deri değiştirerek krizalit formuna dönüşür ve daha sonra 2 haftalık bir süreçte kelebek oluşumu gerçekleşir (Lewin 2006).

İpek çekimi için daha sonra kozalar yaşam döngüsünün uygun bir zamanında toplanır ve sınıflandırılır. Çekim işleminden önce koza içerisindeki krizalit, ipek elde edilirken filamentin kesiksiz çıkabilmesi için koza boğma adı verilen çeşitli yöntemlerle öldürülür. Koza boğma işlemi; düşük sıcaklıkta fırında bekletme, gün ışığı altında bekletme, buharlama, soğuk hava verme, kimyasal maddeler ve radyo dalgaları ile uygulanabilmektedir. Koza boğma işlemi sayesinde koza içerisindeki krizalitin kelebek formuna dönüşmesi engellenir ve böylece ipliğe herhangi bir zarar gelmemiş olur. Bir kozada pek çok faktöre bağlı olarak değişiklik görülmekle beraber, 1500-1600 m civarında ipek lifi bulunur ve bunun 500-600 metresi kesiksiz olarak çekilebilmektedir (Lewin 2006, Mangut ve Karahan 2008).

Koza kurutma işlemi kozayı mikroorganizmalardan korumak ve depolama sırasında uzun bir süre bozulmamasını sağlamak için yapılır. Koza kurutma işleminden sonra lif çekimi mümkün olmadığından kozalar kaynatma (pişirme) işlemine tabi tutulur.

Bu işlemde ipek kozaları yapısına %90-95 oranında su aldığından lif çekim işlemine olanak sağlanmış olur. Koza kaynatma işleminde sıcaklık ve işlem süresinin iyi kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu iki parametre düzgün kontrol edilmezse elde edilen ipliğin kalitesi düşmektedir (Lewin 2006, Mangut ve Karahan 2008).

2.2.1. Kozadan Lif Çekimi

Koza kaynatma işleminden sonra sırası ile uç bulma ve lif çekimi işlemleri yapılmaktadır.

Uç Bulma

Karışık halde bulunan ipek liflerinin kozalardan ayrıştırılması ve lif çekiminin yapılabilmesi için öncelikli olarak uç bulma işlemi yapılmalıdır. Karışık bir halde bulunan ve kamçıbaşı adı verilen liflerin kozalardan uzaklaştırılması hem kaliteli lif elde edilebilmesini sağlamakta hem de lif çekimini oldukça kolaylaştırmaktadır. Uç bulma işlemi iki şekilde yapılabilmektedir (Anonim 2013):

Elle Uç Bulma İşlemi: Elle uç bulma işlemi ilkel bir yöntem olmasına rağmen günümüzde hala bazı küçük işletmelerde kullanılmaktadır. Kaynatma işleminden sonra kozaların yumuşaması sebebiyle yüzeylerinden çıkan lifler bir süpürge ya da çubuk yardımıyla toplanmaktadır. Bu işlemde çekilen ipek liflerinin elde edilme verimi düşük olmaktadır. İpeğin kalitesi, kozaların kalitesine ve elle uç bulma işlemi yapan kişinin bireysel yeteneğine bağlıdır.

Mekanik Uç Bulma İşlemi: Tam ya da yarı otomatik cihazlar kullanılarak gerçekleştirilir. Yarı otomatik mekanik uç bulma cihazlarında uç bulma fırçası kaynayan kozaların üzerine kendi etrafında dönerek ve aşağı-yukarı hareketlerle salınır. Bu hareketle kozaların uçları cihaz tarafından tutulmakta ve 20-25 tur sonrasında yukarı kaldırılmaktadır. Fırça üzerinde kalan karışık lifler daha sonra çalışan kişiler tarafından alınmakta ve temizleme işlemi yapılmaktadır. Tam otomatik çalışan cihazlar ise birden fazla fırçaya sahiptir ve aynı anda birden fazla uç bulma işlemi yapabilmektedir. Daha sonra lifler bir sıyrıcı yardımıyla toplanmakta ve çıkırığa sarılmaktadır.

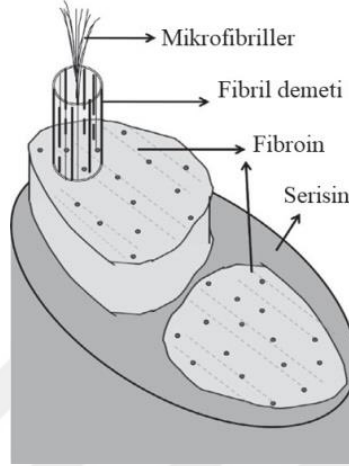
İpek Lifi Çekimi

Uçları bulunan kozalar çekim banyosuna aktarılmaktadır. Çekilecek koza sayısı, üretilecek ipliğin denye numarasına ve çekim makinesinin tipine göre belirlenmektedir. Üretilcek iplik numarasına göre kozalardan çekilen lifler birleştirilip iplik kılavuzundan geçirilir. Kılavuzdan geçirilen iplik büküm verildikten sonra çıkırığa sarılmaktadır (Babu 2013). İpek çekim işlemi için otomatik ipek çekim makineleri, çok gözlü ipek çekim makineleri ve mancınık sistemle çalışan ipek çekim makineleri kullanılmaktadır. Otomatik ipek çekim makineleri denye numaralarının otomatik olarak ayarlanabildiği ve eksilen kozaların yerini otomatik olarak doldurabilen en gelişmiş ipek çekim makineleridir. Krizalitlerin ayrımı, uç besleme, uç toplama, uç bulma ve çekilmiş kozaların ayrımı otomatik olarak yapılabilmektedir. Çok gözlü ipek çekim makinelerinde ise uç bulma işlemi yine otomatik bir şekilde yapılmaktadır ancak çalışma hızı çok düşüktür. İpek ipliklerinin numaralandırılması ve çekimi biten kozaların yenisi ile değiştirilme işlemi el ile yapılmaktadır. 20 adet çekim gözüne sahiptir ve 20 adet çıkırık bulunmaktadır. Bundan dolayı bu makinelerin iş yükü yüksek ve verimi düşüktür. Mancınık sistemle çalışan ipek çekim makineleri çok eskiden beri kullanılmakta olup günümüzde kalitesi düşük kozaların çekiminde kullanılmaktadır ve verimleri çok düşüktür. Genelde çıkırık, koza kaynatma teknesi ve çekimin yapıldığı kap olmak üzere basit bir makinedir. Bu makinelerde kalite ve verim, işçinin yeteneği ve kozanın kalitesine bağlıdır (Babu 2013).

2.3. İpek Liflerinin Fiziksel Yapısı ve Özellikleri

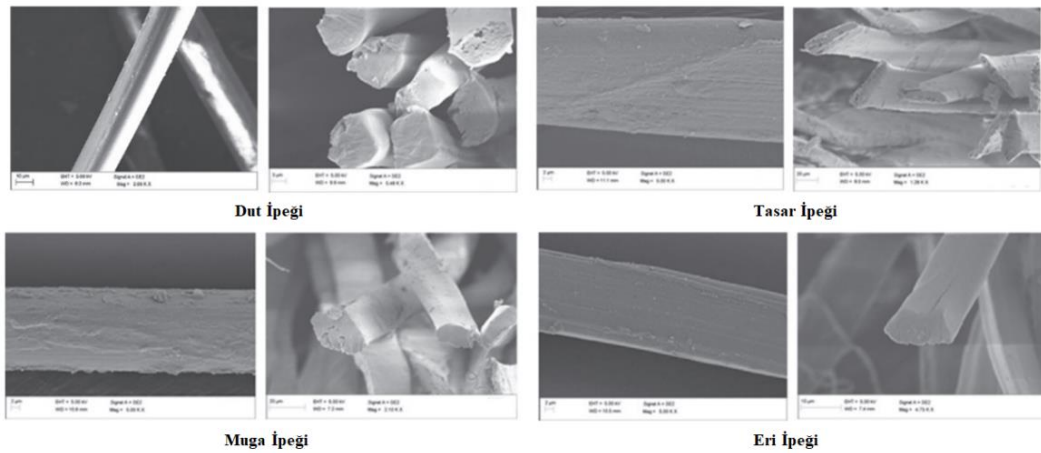
Bombyx mori'nin larvası tarafından oluşturulan ipek lifi doğal bir protein lifidir. Yüksek parlaklığa ve mukavemete sahip olan ipek lifleri ayrıca ince ve dayanıklı monofilament bir elyafır (Yener 2018). İpek liflerinin enine kesiti incelendiğinde; orta kısımda iki ayrı bezden salgılanmış ve lif kısmının esasını oluşturan fibroin, dışında ise salgılanan bu iki ayrı fibroin kısmını yapıştıran ve tüm lifi saran yapışkan özellikli serisin olmak üzere iki ayrı yapı görülmektedir. Amino asit zincirlerinden oluşan fibroin ve serisinin, amino asit bileşimleri önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Amino asit zincir dizileri rastgele düzenlendiği için serisin amorf yapıdadır. Fibroinde ise amino asit zincirleri çoğunlukla düzenli bir kalıp şeklinde paketlenmekte ve bu nedenle kristalize bir yapı görülmektedir. Bununla beraber az miktardaki fibroin amorf bölgelerde de yer

almaktadır. Mikrofibriller, sıralı amino asit zincirlerinden oluşan küçük protein iplikçikleridir. Bu mikrofibriller demetler şeklinde bulunmakta ve birkaç demet tek bir fibroin filamentini oluşturmaktadır. Şekil 2.5’de ham ipek lifinin yapısı gösterilmiştir (Padaki 2015).



Şekil 2.3. Ham ipek lifinin yapısı (Padaki 2015).

Bununla beraber dut ipekböceği haricindeki tırtıllar tarafından da yabancı ipekler üretilmektedir. Bu ipeklerin lif uzunluğu, inceliği ve yoğunluğu dut ipekböceklerinin ipekleri ile karşılaştırıldığında farklılık göstermektedir. Vahşi olarak toplanan kozalar ortaya çıkan güve tarafından genelde tahrip edilmiştir. Bu nedenle kozayı oluşturan ipek ipliği kısa uzunluklara bölünmüştür (Babu 2013). Farklı ipek liflerinin özellikleri Çizelge 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.4. Çeşitli ipeklerin SEM görüntüleri (Padaki 2015)

Çizelge 2.2. İpek liflerinin fiziksel özellikleri (Padaki 2015).

İpeğin koza türü	Lif yoğunluğu (g/cm ³)	Lif inceliği (denye)	Kırılmayan lif uzunluğu (m)	Toplam lif uzunluğu (m)
Dut	1,34	2–3	700–800	1200–1600
Tasar	1,31	8–12	100–250	750–900
Meşe tasarı	1,31	3–5	300–450	800–1000
Muga	1,30	4–7	150–250	600–800
Eri	1,30	3–4	0,05–2,0	400–500

2.3.1. Lif Uzunluğu

İpek böceklerinin oluşturduğu kozalarda yaklaşık olarak 400-1600 m uzunluğunda lif bulunmaktadır. Ancak kozalardan bu liflerin tamamının düzgün olarak çekilebilmesi çok zordur. İpekte lif uzunluğu denildiğinde çekilebilen lif uzunluğu kast edilmektedir. Çekilebilen lif uzunluğu ise ipekböceğinin beslenme mevsimi, ırk ve bakım şartları gibi hususlara bağlıdır. *Bombyx mori* ipek böceğinden çekilebilen lif uzunluğu genelde 800 m civarında olmaktadır (Duran ve ark. 2007).

2.3.2. Lif İnceliği

İpek liflerinin inceliğini belirtmek için denye ifadesi kullanılmaktadır. En ince ipek lifleri dut ipekböceğinden elde edilen ipek lifleridir. İpek liflerinin inceliği genel olarak 2-12 denye arasında değişmektedir (Akbaş 2011).

2.3.3. Lif Mukavemeti ve Uzama Yüzdesi

İpek lifleri, 3-6 g/denye kuru mukavemete, 2,5-5 g/denye ise yaş mukavemete sahip, fiziksel açıdan orta dereceli deformasyonlara dirençli bir liftir. İpek lifleri, homojen dağılan kristal yapıları sayesinde hayvansal lifler içerisinde kopma mukavemeti en yüksek olan liftir. İpek liflerinin kopma anındaki yüzde uzaması ise %15-25 arasındadır. %2'lik uzama karşısında uzadığı miktarın %90'ını geri kazanabilmekte, %20'lik uzamada ise uzadığı miktarın %30-35'ini geri kazanabilmektedir (Needles 1986).

İpek liflerinin mukavemet özelliklerini, lifin fibroin kısmını oluşturan makromoleküller belirlemektedir. Fibroinin kristalin yapıda olmasından dolayı mukavemeti yüksektir ve bu nedenle ipek lifleri parlak ve düzgün bir yüzeye sahip olmaktadır (Mengüç ve Özdi 2014).

2.4. İpek Liflerinin Kimyasal Özellikleri

2.4.1. Suyun ve Nemin İpek Liflerine Etkisi

İpek liflerinin kristalin bölgelerinin çok olmasına rağmen nem absorblama özelliği yüksektir. Su ile muamele edildiğinde suyu bünyesine almakta ve şişmektedir. İpek lifleri su ve nem absorbladıklarında yüzde uzama değerleri artarken mukavemetleri düşmektedir. Ticari nem miktarları %11'dir. Sıcak su ile temas ettiklerinde fibroin kısmı çözünmez ancak serisin çözünmektedir. Ayrıca suyun sertliği ve kirliliği de ipek liflerinin yıkama, boyama ve terbiye işlemlerinde oldukça önemlidir. Bu nedenle suyun yumuşak ve temiz olması önemlidir (Yazıcıoğlu ve ark. 1993).

2.4.2. Sıcaklığın İpek Liflerine Etkisi

İpek lifleri 140°C sıcaklığa kadar bozulmadan dayanabilmektedir ancak 175°C sıcaklığa çıkıldığında hızlı bir şekilde dekompoze olmaktadır. Bu nedenle ipek içerikli ürünlerin kurutulması ve ütülenmesi işlemi dikkatli bir şekilde yapılmalıdır. İpeğin yanma davranışı ise yün lifine benzemektedir. Daha hafif bir koku vererek kıvılcımlı, parlak bir alevle yanmakta ve geriye siyah, gevrek bir kül bırakmaktadır. Ayrıca ipek liflerinin ısı iletkenliği yün ve pamuktan daha düşüktür bu nedenle elektrik kablolarının sarılmasında kullanılabilmektedir (Yazıcıoğlu ve ark. 1993).

2.4.3. Tuzların İpek Liflerine Etkisi

İpek lifleri bazı alkali ve toprak alkali tuzlarının varlığında şişmektedir. Yoğun ve sıcak tuz çözeltileri ise ipeği kısmen çözer. İpeğin ağırlaştırılması işleminde (şarj) bazı metal tuzları kullanılmaktadır. Serisini giderilmiş ipekteki %25-30'luk ağırlık kaybı bu tuzlar ile muamele sayesinde telafi edilir (Yazıcıoğlu ve ark. 1993).

2.4.4. Gün Işığının İpek Liflerine Etkisi

Gün ışığına karşı hassas olan ipek lifleri 200 saat gün ışığına maruz kaldıklarında mukavemetlerinin %50'sini kaybetmekte, kırılğan bir hal almaktadır. Doğal lifler arasında gün ışığına karşı en hassas liflerden biridir (Yazıcıoğlu ve ark. 1993).

2.4.5. Asitlerin İpek Liflerine Etkisi

Asitler ipek üzerinde yüne göre daha etkilidir. İpeğe daha kolay etki etmelerinin sebebi yapısında yündeki gibi disülfür bağlarının bulunmamasıdır. Hidroklorik asit gibi kuvvetli asit çözeltileri, ipek liflerini parçalamakta ve deforme etmektedir. Fibroindeki peptit bağları kuvvetli asitlerin etkisiyle hidrolitik olarak parçalanmaktadır. Seyreltik asitlerde ise ipekte herhangi bir bozunma gerçekleşmez. Asetik asit ve formik asit gibi organik asitler ise ipekli kumaşların parlaklığını artırır ve özel bir tutum verirler (Yazıcıoğlu ve ark. 1993).

2.4.6. Alkalilerin İpek Liflerine Etkisi

İpek lifleri genel olarak bazlara karşı oldukça duyarlı ve hassastır. Soğukta bazik çözeltiler ipek liflerini şişirmektedir. Yüksek sıcaklıkta ve uzun süre bazik çözeltiler ile işlem, tuz bağlarını ve H köprülerini koparmakta bu sebeple ipek liflerinin bozunmasına neden olmaktadır (Yazıcıoğlu ve ark. 1993).

2.4.7. Yükseltgen Maddelerin İpek Liflerine Etkisi

Yükseltgen maddeler karakteristiğine, yoğunluğuna ve ortamın sıcaklığına göre ipek liflerine etki etmektedir. Genel olarak ipek liflerinin uç grup köklerinde ve amino gruplara komşu peptit bağları ile tepkimeye girmektedirler. Kuvvetli yükseltgen maddeler derişik ortamda ipek liflerini çözmektedir. Yükseltgen maddelerin seyreltik çözeltileri bile ipeğe sarımtırak bir renk vermektedir (Tarakçıoğlu 1983).

2.4.8. İndirgen Maddelerin İpek Liflerine Etkisi

İndirgen maddeler ipeğe herhangi bir zarar vermezler. Hidrosülfid, sodyum bisülfid gibi indirgen maddeler ipek liflerinin ağartılmasında kullanılmaktadır. Ancak bu ağartma kalıcı olmamaktadır (Tarakçıoğlu 1983).

2.5. İpek Liflerinin Kimyasal Yapısı

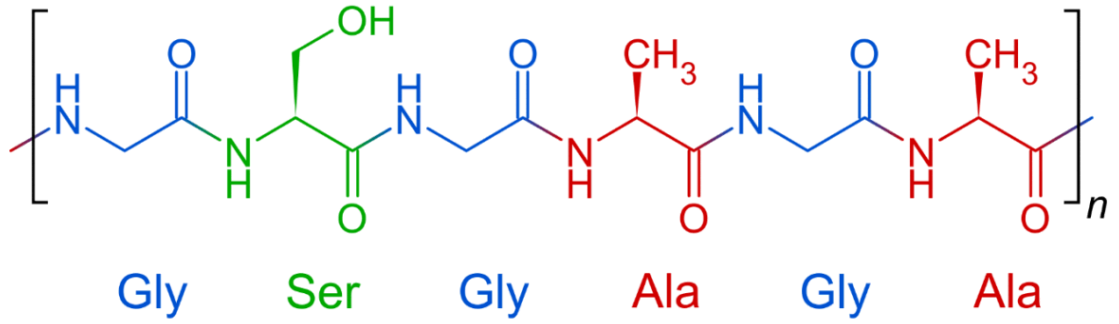
Ham ipek lifinin yapısı incelendiğinde fibroin %75-90, serisin ise yaklaşık %10-25 oranlarında yer almaktadır. Bu iki protein haricinde yağ ve mumlar, boyarmadde ve anorganik maddeler, mineral ve kükürt gibi maddelerde ipek liflerinin yapısında yaklaşık olarak %5 oranında bulunmaktadır. Ham ipek lifinde bu yabancı maddeler, serisin tabakasında bulunmaktadır. Fibroin hidrofobik özellik gösterirken, serisin hidrofilik bir yapıya sahiptir. Ayrıca ham ipeğin kimyasal bileşimi, böceğin kaynağına ve üretim koşullarına göre değişiklik göstermektedir (Lee ve ark. 2005). Çeşitli ipek liflerinin kimyasal bileşimleri çizelge 2.2.' de verilmiştir.

Çizelge 2.3. İpek lifinin kimyasal bileşimi (%) (Padaki 2015)

Bileşen	Dut	Tasar	Muga	Eri
Fibroin	66-72	78-85	80-86	82-88
Serisin	25-32	14-17	12-16	11-13
Yağ ve Mumlar	0,3-0,4	1-2	0,5-1	1,5-2,2
Mineral, Kül ve Anorganik Maddeler	0,7-0,8	3-4	2-3	2-3

2.5.1. Fibroin

İpek lifleri içerisinde önemli bir yer teşkil eden fibroin, disülfür bağları ile kovalent olarak bağlanmış 370 ve 25 kDa'lık iki alt protein biriminden oluşan bir glikoproteindir. Fibroin ipeğin yaklaşık %70'ini oluşturan, çoğunlukla kristalin bölgelerden oluşan ve fibril yapıdaki bir proteindir. Fibroinin yapısında C, H, N, O elementleri bulunmaktadır ve bileşiminde toplam 16 amino asit vardır. Kristalin bölgelerde yer alan fibroinde glisin (%43), alanin (%32), ve serin (%14) amino asitlerinin yüzdesi oldukça yüksektir. Bu amino asitler antiparalel β tabakaları ile birbirine bağlanmaktadır. Fibroin az sayıda amino asit yan zincirine sahiptir. Hidrojen bağının fibroinde oldukça büyük bir önemi bulunmaktadır. Polimer zincirleri, komşu zincirlerin $-NH-CO-$ gruplarındaki karbonil ($-CO-$) ve imin ($-NH-$) grupları arasında oluşan hidrojen bağları ile bağlıdır. Ayrıca yapısında tuz bağları da vardır (Voegeli ve ark. 1993).

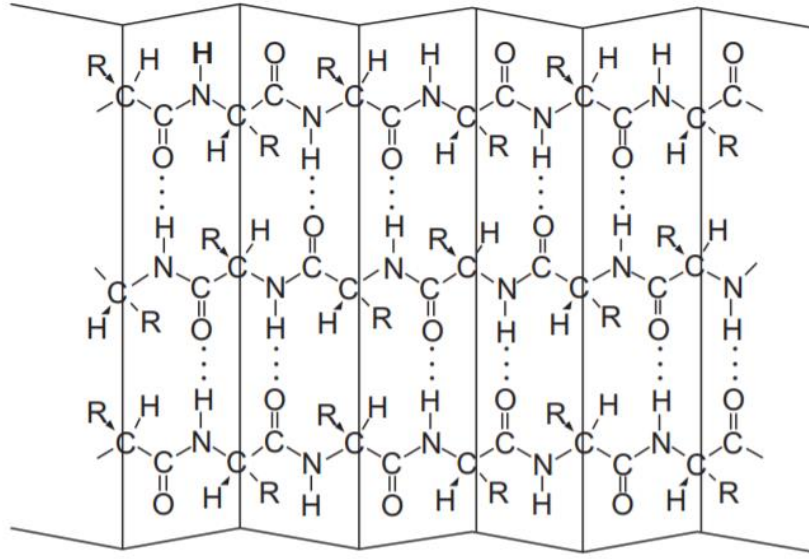


Şekil 2.5. Fibroinin kimyasal yapısı (Reddy 2017)

Fibroin suda çözünmemesine rağmen, kaynar su ya da buharla uzun bir süre işlem görünce önemli ölçüde parçalanabilmektedir. Bu parçalanmanın peptit bağlarının hidrolizi şeklinde olduğu belirlenmiştir. Suyun amorf bölgelerdeki hidrojen bağlarını koparabilme özelliği sebebiyle, yaş ipek liflerinin kopma mukavemeti daha düşük iken, kopma anındaki uzama miktarlarının %20-100 oranında artış gösterdiği belirlenmiştir (Tarakçıoğlu ve ark. 2006).

İpek liflerinde fibroinin morfolojik yapısı, aşağıdaki gibi dört maddede açıklanabilir.

1. Birincil yapı: amino asit yapısı: Fibroin, sıralı ve düzensiz bölgelerde bulunan çok sayıda amino asitten oluşan birçok mikrofibrillerden oluşmaktadır. Bu amino asitler $-HNCH_2RCO-$ olarak dizilmektedir ve burada R farklı bir amino aside özgü yan gruptur. Bu amino asitler, polipeptit bağları olarak bilinen amid bağları (CONH) ile sıralı bir polipeptit zincirinde birleştirilmektedir. Fibroinin moleküler zincirinin uzunluğu yaklaşık 140 nm'dir ve molekül ağırlığı 300-400 kDa arasında değişmektedir (Toole and Toole 1995).
2. İkincil yapı: polipeptit zincir yapısı : Fibroin, çoğunlukla hidrokarbon yan grupları olan basit amino asitlerden oluşmaktadır. Bu yan gruplar sebebiyle, amino asitlerin polipeptit zincirleri arasında güçlü hidrojen bağı ve tuz bağları bulunmaktadır. Bu durum, Şekil 2.6.'da gösterilmiştir (Gupta 1988).



Şekil 2.6. Fibroinin β -pili yapısı (Gupta 1988)

3. Üçüncül yapı: Polipeptit zincirlerinin 3 Boyutlu düzenlenmesi: Fibroinin üçüncül yapısı, β -pileli tabakaların ve polipeptit zincirlerinin 3 boyutlu konfigürasyonunu detaylandırmaktadır. İpek fibroinin kristalin yapısının, dört amino asit molekülünün dikdörtgen bir birim hücre içinden geçmesiyle oluştuğu Takahashi (1994) tarafından bildirilmiştir.
4. Kuaterner yapı: Karmaşık protein yapısı: β -pileli tabaka formundaki polipeptit zincirlerinin, ipek lifinin eksenine paralel olarak düzenlenerek fibroinin yapısını oluşturduğu bilinmektedir. β -pileli tabaka formları düzensiz bölgelerdeki yanal kuvvetler tarafından bir arada tutulmaktadır. Düzenli bölgelerde ise β -pileli tabaka formları ve polipeptit zincirleri birbirine yakın paketlenir, bu paketlenmenin Van der Waals kuvvetleri ve hidrojen bağları ile daha da güçlendiği bilinmektedir (Irvin 1999).

2.5.2. Serisin

İpek liflerinde ikinci tip protein olan serisin, esansiyel amino asitler de dahil olmak üzere 18 amino asit içermekte ve bunlar içerisinde %32'lik bir oranla serin önemli bir yer oluşturmaktadır. Serisinde toplam hidroksi amino asit miktarı %45,8'dir. Serisin, toplam koza ağırlığının yaklaşık olarak %20-30'unu meydana getirmektedir. Serisinin temel görevi fibroini sarmaktır. Serisin ile fibroini oluşturan elementler temel olarak birebir aynıdır ancak aralarındaki temel fark serisinin amorf yapılı olmasına karşılık fibroinin kristalin yapıda olmasıdır. Genel özellik olarak jelatine benzer ve aynı zamanda sarımtırak renkli olduğu için ipeğin doğal beyazlığını örtmektedir. Ayrıca ham ipek lifinde bulunan yağ, boyarmadde ve anorganik maddelerin büyük çoğunluğu serisin tabakasında bulunmaktadır. Serisin varlığında lifler sert ve dayanıklı iken çıkarıldıktan sonra yumuşamakta ve parlak hale gelmektedir. Serisin, temel olarak amorf yapıda iken, daha az miktarda bir β -pili tabakası şeklinde organize yapıda da bulunabilmektedir. Rastgele dizilen yapı, tekrarlanan nem absorpsiyonu ve mekanik gerilmenin bir sonucu olarak β -tabaka yapısına kolaylıkla değişebilmektedir (Voegeli ve ark. 1993).

Serisin çözünürlüğüne bağlı olarak serisin A, serisin B ve serisin C şeklinde sınıflandırılabilir. Serisin A en dış tabakadır ve sıcak suda çözünmez. Serin, treonin, glisin ve aspartik asit gibi amino asitlerin yaklaşık %17,2'sini içermektedir. Serisin B orta tabakadır ve triptofan içermesine ek olarak, asit hidrolizinde serisin A'nın amino asit ürünlerini oluşturmaktadır. Serisin B %16,8 azot içermektedir. Fibroine bitişik olan serisin C, sıcak suda çözünmeyen ancak sıcak seyreltik asit veya alkali şartlarda fibroinden uzaklaştırılabilen en iç tabakadır. Serisin C, prolin ve asit hidrolizinde serisin B'nin amino asitlerini vermektedir. Ayrıca kükürt ve azot içermektedir (Padamwar ve Pawar 2004).

Çizelge 2.4. Serisinin amino asit bileşenleri ve kimyasal yapıları (Kim 2007)

Amino asit	Kimyasal yapı	Amino asit	Kimyasal yapı
Aspartik asit	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{HOOCCH}_2\text{CHCOOH} \end{array}$	Metionin	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_3-\text{S}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHCOOH} \end{array}$
Threonin	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_3\text{CHCHCOOH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	İsolösin	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHCHCOOH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
Serin	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{HOCH}_2\text{CHCOOH} \end{array}$	Lösin	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CHCOOH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
Glutamik asit	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{CHCOOH} \end{array}$	Tirosin	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2\text{CHCOOH} \end{array}$
Prolin	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{N} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Fenilalanin	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2\text{CHCOOH} \end{array}$
Glisin (Glikol)	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_2\text{COOH} \end{array}$	Lisin	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHCOOH} \end{array}$
Alanin	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_3\text{CHCOOH} \end{array}$	Histidin	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{HC}=\text{CCH}_2\text{CHCOOH} \\ \quad \\ \text{N} \quad \text{NH} \\ \\ \text{CH} \end{array}$
Sistein	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_2\text{CHCOOH} \\ \\ \text{SH} \end{array}$	Arjinin	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}(=\text{NH})-\text{NHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHCOOH} \end{array}$
Valin	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_3\text{CHCHCOOH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Triptofan	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CCH}_2\text{CHCOOH} \\ \\ \text{N} \end{array}$

Serisinin ana moleküler konformasyonu olan rastgele dizilen yapı, β tabakalı yapıdan daha kolay bir şekilde çözünebilmektedir. Nem absorpsiyonu, moleküler agregasyon yapısını daha yoğun hale getirmekte ve daha az çözünürlüğe sahip kristal bir yapı oluşturmaktadır (Voegeli ve ark. 1993).

Serisinin molekül ağırlığının 10-300 kDA arasında değiştiği belirtilmiştir. Serisinin fiziksel, kimyasal ya da enzimatik şekilde parçalanabilmesi sonucunda, molekül ağırlığının 5-20 kDA'a kadar düştüğü belirtilmektedir. Ham ipek liflerinden serisin, zıncık çıkarma veya serisin giderme işlemi olarak adlandırılan işlem ile uzaklaştırılabilmektedir. Serisinin uzaklaşmasıyla, ipek lifleri bu maddelerden arınmış olmakta, yumuşak ve parlak bir görünüm almaktadır (Yu-Qing ve ark. 2004).

2.6. İpek Liflerinde Serisin Sökme İşlemleri

İpek liflerinde yapısında istenmeyen maddeler bulunduran, fibroinin etrafını sararak sert bir yapı oluşturan serisinin, ipeğin terbiye işlemleri sırasında uzaklaştırılması gerekmektedir. İpek liflerinde serisinin uzaklaştırılması işleminde pek çok madde kullanılmaktadır. Ham ipek liflerinde serisin sökme işlemleri su, sabun, enzim, asit, alkali, yüksek basınç ve sıcaklık yöntemleri ile yapılmaktadır (Duran ve ark. 2007).

Ham ipek lifleri oda sıcaklığında su ile çözünmez. Ancak yüksek basınç altında ve yüksek sıcaklıkta su ile birlikte serisini fibroinden ayırmak ve uzaklaştırmak mümkündür. Ham ipekten serisinin su ekstraksiyon yöntemi ile uzaklaştırılması işlemi, ilk kez 1944 yılında uygulanmıştır. Bu yöntemde ham ipeğe 2 saat boyunca 120 °C'de işlem yapılmış, bu işlem arka arkaya 4 kez uygulanmış ve serisinin tamamen uzaklaşması sağlanmıştır (Gulrajani 1992).

Günümüzde ipek lifindeki serisin sıcak sabun çözeltisi ile uzaklaştırılmaktadır. Bu işlem için kullanılacak en uygun sabun sodyum oleat olarak belirlenmiştir. Sodyum oleat düşük oranda hidrolize olma özelliğine sahip olması sebebiyle, serisini iyi bir şekilde uzaklaştırmaktadır. Ayrıca bu sabun kolay durulanabilmekte, dayanıklı yağ asidi emülsiyonları oluşturabilmekte ve oksidasyona karşı dayanıklılık gösterebilmektedir. Sabun ipek kumaşların parlaklığını, beyazlığını ve tutumunu arttırmaktadır.

Ancak sabunla serisin giderme işlemlerinin dezavantajları da bulunmaktadır. Suda bulunan kalsiyum ve magnezyum gibi ağır metal iyonları sabunla birleşerek lifin üzerinde birikebilir ve parlaklığını azaltabilmektedir. Lifin içerisinde sabun artığı kalması halinde boyama işleminde düzgünsüzlük görülebilmektedir (Yang ve ark. 2013).

Enzimatik serisin giderme işleminde kullanılan enzimler, protein yapısını bozmalarından dolayı proteazlar olarak adlandırılmaktadır. Enzim konsantrasyonu ve süre, serisinin uzaklaştırılması için en önemli parametrelerdir. Serisin sabun ve alkali ile işleme alındığında, serisinin uzaklaştırılması %27 iken, farklı enzimlerle yapılan işlemler sonrasında bu miktarın yaklaşık olarak %20'ye düştüğü belirlenmiştir (Arami ve ark. 2007). Lizin ve arginin karboksil gruplarının oluşturduğu peptit bağlarını hidrolize etmede en etkili olan enzimler, tripsin ve papaindir. Serisinin enzimlerle uzaklaştırılması işleminde birçok farklı yöntem geliştirilmiştir. Rohm, ipek materyali soda ya da borax içeren %0,05 Pankreatin çözeltisinde 40°C sıcaklıkta birkaç saat işleme tabi tutmuştur. Sonrasında 90-100 °C'de 30 dakika işlem ile ipek lifinden serisinin uzaklaştığını gözlemlemiştir. Mavnier, ipek lifinden serisini tripsin ve papain enzimlerini kullanarak tamamen uzaklaştırmıştır. Papainin tripsinle karşılaştırıldığında, proteinler üzerinde çok daha yüksek parçalama etkisinin olması, serisinin uzaklaştırılmasında daha yaygın kullanımına sebep olmuştur (Duran ve ark. 2007).

Alkali ile serisinin uzaklaştırılma işleminde, alkali serisin tarafından absorbe edilmektedir. Böylelikle COOH grupları çözünmekte ve COONa⁺'a dönüşmektedir. Alkali çözeltilerin serisin proteini üzerinde yıkıcı bir etkisi bulunmaktadır. Bu yöntemle serisinin uzaklaştırılması işlemi sabun çözeltileri ile birlikte uzun zamandır yapılmaktadır. Alkali kullanımı serisinin uzaklaştırılması sürecine yardımcı olmakta, işlem süresini kısaltmakta ve kimyasal kullanımını azaltarak maliyeti düşürmektedir (Nargunamani ve Selvakumar 2002).

Sitrik, hidroklorik ve sülfürik asit gibi asitler, serisinin uzaklaştırılmasında kullanılabilir. Viktorov ve Bloch (1933), yapmış oldukları çalışmada sülfürik ve hidroklorik asitler ile ipektaki serisini gidermeye çalışmışlardır. Mineral asitlerinin organik asitlerden daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca, serisin pH = 1,5-2

arasında oksalik asit, hidroklorik asit ya da tartarik asit kullanımı ile etkili bir şekilde uzaklaştırılabilmektedir (Nargunamani ve Selvakumar 2002).

Serisin uzaklaştırılması ile ipek lifleri, tüketiciler tarafından beğenilen tipik parlaklığına, yumuşaklığına ve ışıklığına ulaşmaktadır. Endüstriyel süreçte serisinin uzaklaştırılmasında yukarıda da bahsedildiği gibi sabun ve enzimler gibi farklı maddelerden yararlanılmaktadır. Birçok çalışmada serisinin sabun, alkali, sentetik deterjanlar veya organik asitler içeren sulu çözeltilerin kaynatılması ile kolayca çözüldüğü görülmüştür (Freddi ve ark. 1996). Bunlar içerisinde sabun ve alkali içerikli banyolar, ham ipekten serisinin uzaklaştırılması işleminde sıklıkla kullanılmaktadır.

Kimyasal olarak serisinin uzaklaştırılmasında dağılım, çözündürme ve farklı serisin polipeptitlerinin hidrolizi gibi etkilerin önemli olduğu belirtilmiştir. Hidrolizin etkin olabilmesi için güçlü alkali bileşikler banyoya eklenebilir. Bu nedenle, sürecin kontrolünün sağlanması için sıcaklık, süre, pH ve alkalinite gibi parametrelerin oldukça önemli olduğu bildirilmiştir. Bu parametrelere dikkat edilmemesi durumunda, güçlü kimyasalların varlığı ile kolay bir şekilde liflerin hidrolitik bozulması gerçekleşmektedir. Liflerin bozulması donukluk, mukavemet kaybı, yüzey fibrilasyonu ve boyama aşamasında dengesizlik gibi estetik ve fiziksel özelliklerin kaybına neden olmaktadır (Freddi ve ark. 2003).

2.7. İpek Atık Sularının Karakteristiği

Tekstilde kumaşlara uygulanan yaş işlemler önemli miktarda emisyon ve atık üretir. Tekstil endüstrisinde yaş işlemler için 1 kg ürün başına 200-500 litre su kullanılması su tüketimi oranlarının çok yüksek olduğunu göstermektedir. İpeğin işlenmesi için ise bir kg ürün için ortalama 50-240 litre su kullanılmaktadır. Tipik su tüketim oranlarıyla karşılaştırıldığında, ipek işleme endüstrisinde su tüketiminin orta derecede olduğu kabul edilebilir (Marcucci ve ark. 2001).

Tüm tekstil atık suları çevre sorunlarına neden olmaktadır. Tekstil işlemlerinde, hammaddenin ve ürünün yapısına bağlı olarak çeşitli kimyasallar kullanılmaktadır. Bu kimyasalların bazıları enzimler, deterjanlar, boyalar, asitler, sodalar ve tuzlardır. Tekstil atıksularında kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ),

toplam katılar (TS) ve ağır metaller bakımından önemli kirlilik yükleri bulunmaktadır. Boyaların ve kimyasalların kullanılması nedeniyle, atıklar renklidir ve estetik olarak istenmeyen bir durum meydana getirmektedir. Ayrıca kullanılan bu kimyasallar su kütlesinin bulanıklığını artırır ve fotosentetik aktiviteyi sınırlandırır. Tekstil atıkları, insanlar için toksiktir, yeraltı ve yüzey su kaynaklarına ciddi bir tehdit oluşturmaktadır (Aslam ve ark. 2004).

İpeğin işlenmesi aşamalarında biri olan serisinin uzaklaştırılması işleminde iki tip atık su üretilmektedir. Bunların ilki koza pişirme işleminden sonra (CW) çıkan atık sular ve ikincisi ipekten serisinin uzaklaştırılması işleminden sonra (SDW) çıkan atık sulardır. Bu atık sular yüksek miktarda KOI, renklilik ve bulanıklık içermektedir. İpeğin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atık sular ve bazı tekstil işlemleri sonrasında ortaya çıkan atık suların kirlilik yükleri Çizelge 2.5.' de verilmiştir (Çapar 2005).

Çizelge 2.5. Tekstil Atık Sularının Karakteristiği (Aygün 2008)

Parametre	Koza Kaynatma	Serisin Giderme	Bitim İşlemleri	İplik Boyama	Halı İmalat
KOI (g/L)	6-15	50-60	0,1-1	0,8	0-4
BOI (g/L)	1-2,4	4-5	0,05-0,4	0,25	0,3-1,2
Renk (Pt-Co)	4000-8000	20000-30000	-	-	10-700
Bulanıklık (Ntu)	400-1000	4000-4200	-	-	0-70
Toplam Katı (g/L)	12-13	30-40	-	-	0,6-0,9
Toplam Protein (g/L)	7-9	40-45	-	-	-
Serisin (g/L)	4-5	30-35	-	-	-
Sıcaklık (°C)	90-100	90-100	30-40	25-50	30-40
pH	5-6	7-9	7-9	5-9	6-8

Bu tablodan görüldüğü gibi, koza pişirme ve ipek serisin uzaklaştırma işleminden sonra oluşan atık sular, diğer atık su türlerine göre çok daha yüksek KOİ, toplam katı, renk ve bulanıklık değerlerine sahiptir.

Ayrıca serisinin uzaklaştırılması işleminde 100 kg ipek için yaklaşık olarak 35 kg sabun ve 2 kg soda kullanılmaktadır. Bu nedenle ipeğin işlenmesinden sonra ortaya çıkan atık suların yüksek miktarda KOİ yükü, sabun ve protein içermesinden dolayı arıtma işlemi uygulanmadan deşarjı doğada olumsuz sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Sabunların içerisinde çeşitli kimyasal maddelerin bulunması çevreye zarar verme potansiyellerini yükseltmektedir. Sabunların bünyelerine katılan bazı kimyasalların hayvanlarda doğum kusurlarına ve karaciğerde hasara neden olduğu kanıtlanmıştır (Green Living Tips 2008).

Ayrıca sabunların bünyesinde kullanılan yüzey aktif maddelerin bazıları insanlara, balıklara ve bitki örtüsüne zararlıdır. Nehirlerde ve atık su arıtma tesislerinde köpük oluşmasına ve suyun kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Yüzey aktif maddeler, ekosistemde uzun ve kısa vadeli değişikliklere neden olabilmektedir (Aboulhassan ve ark. 2006). Bu nedenle, ipek işlenmesinden sonra ortaya çıkan atık sular, çevreye şarj edilmeden önce uygun bir yöntemle arıtılmalıdır. Ayrıca bu atık sular serisin gibi değerli bir protein içermektedir. Ancak, bu protein atık olarak atılmaktadır. Bu nedenle, çevre ve ekonomi açısından çok önemli olan bu değerli hammadde geri kazanılmalıdır.

2.8. Serisinin Atık Sudan Geri Kazanımı

İpek lifi üretiminde, su tüketiminin çok olduğu işlemlerden biri boyama işleminden önce serisinin giderilmesidir. 100 kg'lık ipek lifi yaklaşık olarak 22 kg serisin içermektedir. Alkali ile uzaklaştırma işlemine tabi tutulan serisin, peptidlere (amino asitlerin bir araya gelmesiyle oluşan kısa alt birim) ya da hidrolize olarak daha düşük molekül ağırlıklı serisine indirgenmektedir (Zhang ve ark. 2004). Serisinin bu peptit ve hidrolizatı mükemmel nem absorplama özelliğine, antioksidasyon, tirozinaz aktivitesi inhibisyonu ve antikanser aktivitesi gibi birçok biyolojik aktiviteye sahiptir. Dolayısıyla bunlar kozmetik, gıda, ilaç sektörü, tekstil ve biyomateryallerin üretimi gibi birçok alanda kullanılabilir (Zhang 2002).

İpeğin işlenmesi sırasında oluşan atıklarda iki çeşit serisin bulunmaktadır. Bunlardan birisi koza kaynatma işleminden sonra atık olarak atılan serisin, diğeri ise serisin giderme işleminden sonra atılan serisidir. Koza kaynatma ve ipekte serisin giderme işlemleri sonrasında geri kazanılan serisinlerin moleküler ağırlık dağılımları oldukça farklıdır. Serisin giderme atık sularından elde edilen serisin esas olarak 110-120 kDa'lık tek bir moleküler ağırlık fraksiyonuna sahipken, koza kaynatma atıklarındaki serisinin 10-200 kDa arasında değişen geniş bir moleküler ağırlık aralığı bulunmaktadır (Aygün 2008). Geri kazanılan serisinin molekül ağırlığı, son kullanımını etkilemektedir. Yüksek moleküler ağırlıklı serisinin (20 kDa'dan büyük) biyomateryal ve membran yapımında uygun olduğu, düşük moleküler ağırlıklı serisinin (20 kDa'dan az) ise kozmetik, cilt bakım ürünleri ve ilaçlar için uygun olduğu bildirilmiştir (Zhang 2002). Ayrıca, Türkiye'deki ipek serisin giderme atıksuları literatürde belirtildiği gibi, serisin içermesinin yanında, sabun ve soda da içermektedir. Ayrıca, serisinin doğaya deşarjı, ipek atıklarının çok yüksek organik içeriği nedeniyle ciddi kirlilik sorunlarına neden olabilir. Bu bakımdan serisinin geri kazanılması ile ipek üretim süreçlerindeki çevresel etki de önemli ölçüde azalmış olacaktır.

Serisin; antibakteriyel, UV dirençli, oksidatif dirençli ve nemlendirici özelliklere sahip olduğundan, önemli bir biyomoleküldür. Atıksulardan serisinin geri kazanımı, serisinin pek çok farklı sektörde kullanımı ve ticari değerinin yüksek olması sebebiyle oldukça önemlidir. Serisinin gram fiyatı yaklaşık olarak 80-90 € olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla serisin proteininin geri kazanılması, önemli bir ekonomik ve sosyal fayda sağlayabilmektedir. Serisinin moleküler yapısı nedeniyle, geri kazanımı için en uygun yöntemin membran teknolojisi olduğu belirtilmiştir (Fersi ve ark. 2005).

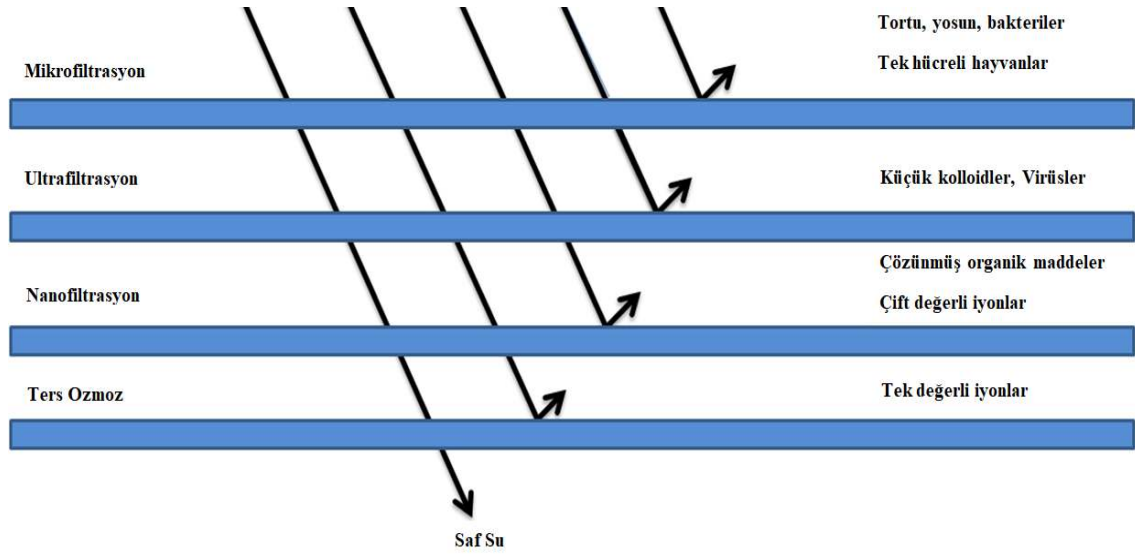
Membran teknolojisi, endüstriyel atıklardan verimli bir şekilde geri kazanım sağlanması için ümit vaat eden bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır. Membran prosesleri tekstil endüstrisinde geniş bir uygulama alanına sahiptir. Serisin gibi proteinlerin ayırımı için yaygın olarak kullanılmaktadır. Membran filtrasyonunun uygulanması sadece yüksek çıkarılma verimliliği sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda olası son kullanımlar için suyun ve değerli atık bileşenlerinin geri kazanılmasını da sağlamaktadır (Kwon ve ark. 2008).

Vaithanomsat ve ark. (2007) yapmış oldukları çalışmada atık su kalitesini iyileştirmenin yanında atık sudan serisini de geri kazanmayı amaçlamışlardır. İşlem maliyetini düşürmek için ipek liflerinden serisin, enzimatik hidroliz yöntemiyle uzaklaştırılmış ve daha sonra membran filtrasyonu yardımıyla geri kazanılmaya çalışılmıştır. Sonuçlar, atık su kalitesinin arttığını ve ayrıca 2427-9863 Da arasında moleküler ağırlığa sahip bir miktar serisin proteininin membran filtrasyon işleminden sonra geri kazanıldığını göstermiştir.

2.9. Membran Filtrasyonu Yöntemi

Sıvıların içerisinde birçok molekül, askıda kalan madde, mikroorganizmalar veya farklı partikül boyutlarında bileşenler bulunmaktadır. Herhangi bir sıvının içerisinde ayırmak veya konsantre edilmek istenen madde/bileşenleri farklı boyutlarda gözeneklere sahip membranlar kullanarak filtrelemek mümkündür. Membran teknolojisi, kimyasal maddeleri ayırmak ve kirleticileri su kaynaklarından uzaklaştırmak için sentetik membranların kullanıldığı birçok farklı proses içermektedir. Membran filtrasyonu, sıvıyı yarı geçirgen bir membran kullanarak iki akışkana ayıran basit bir teknolojidir. Membranlar seçici-geçirgen özellikte olup bir karışımda bazı bileşenlerin geçişine izin verirken diğer bileşenleri tutar. Basınç farkı membran gözenek boyutundan daha küçük olan bileşenleri membrandan geçmeye zorlar ve bu bileşenlere “permeate-süzüntü” adı verilmektedir.

Kalan bileşenler ise “konsantrat” olarak kalır. Mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon, nanofiltrasyon ve ters ozmoz sistemleri membran filtrasyon sistemlerinde kullanılan yöntemlerdir. Membran teknolojisindeki yeni eğilimler oldukça çeşitlidir ve çevre mühendisliğinden enerji üretimine, gıda teknolojisinden biyomedikal uygulamalara, kimyasal işlemeye ve kaynak geri kazanımına kadar çeşitlilik göstermektedir (Van Der Bruggen ve ark. 2003).



Şekil 2.7. Membran filtrasyon sistemleri

2.9.1. Mikrofiltrasyon Yöntemi

Mikrofiltrasyon, geleneksel kaba filtrelemeye en çok benzeyen membran prosesidir. Gözenek büyüklüğü 0.05–10 μm olan membranlar kullanılmaktadır. MF, birçok farklı su arıtma işleminde bir sıvıdan 0.1 μm 'den daha büyük çapa sahip parçacıkların temizlenmesi durumunda uygulanabilir. Mikrofiltrasyon yöntemi, 0,2-4 bar basınçta (genellikle 2 bardan daha az) çalışan ve tuzların, şekerlerin ve proteinlerin membran gözeneklerinden geçmesine izin veren ancak bakteri ve yağ kürecikleri boyutlarındaki moleküllerin ise geçmesine izin vermeyen bir membran filtrasyon prosesidir. Bu yöntemin prensibi moleküllerin fiziksel ayrıştırılmasıdır (Keskinler ve ark. 2004).

2.9.2. Ultrafiltrasyon Yöntemi

Ultrafiltrasyon yöntemi, nanofiltrasyon ile mikrofiltrasyon arasında kalan bir membran filtrasyon yöntemidir. Kullanılan membranların gözenek boyutları 1 nm ile 100 nm arasında değişmektedir. Ultrafiltrasyon, 1-10 bar basınçta çalışan bir membran filtrasyon sistemidir. Protein büyüklüğündeki moleküllerin membran gözeneklerinden geçmesine izin vermez. Ultrafiltrasyon işleminden sonra yeniden büyüme olasılığı olmadan bakteri, virüs, protein ve bazı şekerler atıksulardan uzaklaştırılmaktadır. Ultrafiltrasyon yöntemi, kolloidal materyaller, organik ve inorganik polimerik moleküller gibi yüksek molekül ağırlıklı bileşenlerin; sodyum, kalsiyum, magnezyum

klorür ve sülfat gibi düşük moleköl ağırlıklı bileşenlerden ayrılması gereken durumları içeren geniş bir uygulama alanında kullanılmaktadır (Jones ve O'Melia 2001).

2.9.3. Nanofiltrasyon

Nanofiltrasyon yöntemi, ters ozmoz ve ultrafiltrasyon membranlarının ayrılma kabiliyeti arasında uygulama alanı bulan, yani şekerlerin küçük molekülleri gibi çözünen maddelerden iyonların ayrılmasında uygulanan ve basınçla çalışan bir filtrasyon sistemidir. NF membranların tipik gözenek boyutu 0.5-5 nm'dir ve uygulanan basınçlar tipik olarak 5-20 bar'dır.

NF membranları, düşük moleköl ağırlıklı organik bileşiklerin (200-1000 Da) ve iki değerlikli tuzların kayda değer bir şekilde ayrılmasını sağlamaktadır. Bu membran teknolojisi ile ultrafiltrasyona göre daha yüksek KOİ yükü elimine edebilir. Daha az kirlenme ve membran tıkanma sorunları görülmektedir. NF esas olarak su yumuşatma ve tuzlu suyun arıtılması, atık suların arıtımı, mikro kirlenici maddelerin uzaklaştırılması ve çok değerlikli iyonlar gibi organik maddelerin uzaklaştırılması işlemlerinde kullanılmaktadır (Teixeira ve Rosa 2005).

2.9.4. Ters Ozmoz

Ters ozmoz, çözelti içinde düşük moleköl ağırlıklı maddeleri yoğunlaştırmak/ayırmak veya atık suyu temizlemek için kullanılan ve proseste kullanılan suyu temiz bir şekilde geri kazandırabilen yüksek verimli bir tekniktir. Tüm çözünmüş ve askıda kalan katı maddeleri konsantre etme kabiliyetine sahiptir. Tipik RO membran gözenek büyüklüğü 1 nm'den azdır ve esas olarak tüm çözünen maddeleri ayırabilirler. RO gözenek büyüklüğünün yaklaşık onda biri kadar bir moleköl büyüklüğe sahip olan su, zardan serbestçe geçebilir ve ters ozmoz işlemi sonunda saf su elde edilebilir. Geçirgenler ve membran polimerleri arasındaki moleköl sürtünmenin üstesinden gelmek için, difüzyon sırasında büyük çalışma basınçları (10-100 bar) uygulanabilmektedir. RO temel olarak tuzlu su ve deniz suyunun tuzdan arındırılması, çeşitli endüstriler için saf su üretimi, atık su arıtımı alanlarında ve sulu çözeltilerin işlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır (Malaeb ve Ayoub 2011).

2.9.5. Membranların Kirlenmesi ve Temizliği

Filtrasyonda kullanılan membranın kirlenmesi, akı düşüşünün bir sonucu olarak verimliliği azaltmaktadır. Kirlenme esas olarak mikroorganizma büyümesi sonucunda oluşan yan ürünlerin, besleme suyundaki partiküllerin ve seyrek olarak çözünebilir minerallerin birikmesi sebebiyle gerçekleşmektedir. Membran kirlenme derecesi temizleme sıklığını, zarın ömrünü ve gerekli olan zar alanını belirler. Bu durum membranın maliyeti, tasarımı ve çalışması üzerinde önemli bir etkiye sahip olmaktadır. Membran temizliği, membran işleminin genel performansı için önemli ekonomik ve çevresel etkilere sahiptir. Ayrıca bir membran işleminin geçirgenliğini ve seçiciliğini muhafaza etmede de önemli bir adımdır.

Temizlik genellikle fiziksel, kimyasal ve fiziko-kimyasal yöntemlerle yapılır. Gerekli olan temizleyici tipi, dolgu maddesinin ve membran malzemesinin yapısına bağlıdır. Tipik membran temizleme maddeleri asitler, alkaliler, deterjanlar, formüle edilmiş ürünler ve sterilizatörlerdir. Kirlenmeyi ve sık sık ortaya çıkan temizlik problemlerini önlemek için membranlara iyi bir ön işlem ve temizleme yapılması gerekmektedir.

En basit haliyle membranlara yapılacak bir ön işlem; kimyasal ilavesi olmayan mikro-süzme, pH ayarlaması, koagülasyon/çöktürme, aktif karbon üzerinde adsorpsiyon ve mikrofiltrasyon içermektedir. Ayrıca membranların bakteriyolojik koşulları, istenmeyen mikroorganizmaların büyümesini önlemek için sürekli olarak kontrol edilmelidir (Van der Bruggen ve ark. 2008).

2.10. Serisinin Özellikleri ve Kullanım Alanları

Serisin ipek lifinde iki ana fibroin fiberini bir arada tutan yapıştırıcı özellikli bir proteindir. İpeğin işlenmesi sırasında yumuşak tutum ve parlaklık elde edilmesi için serisin uzaklaştırılmaktadır (Zhang 2002).

Serisin yapısında serin, glisin ve lisin gibi yüksek miktarda hidrofilik amino asit içermektedir (Aramwit ve ark. 2012). Ana amino asit olan serin yüksek miktarda nemi tutma ve serbest bırakma kapasitesine sahiptir. Bu özelliği sayesinde serisin birçok kozmetik üründe önemli bir bileşen olarak kullanılmaktadır (Padamwar ve Pawar 2004).

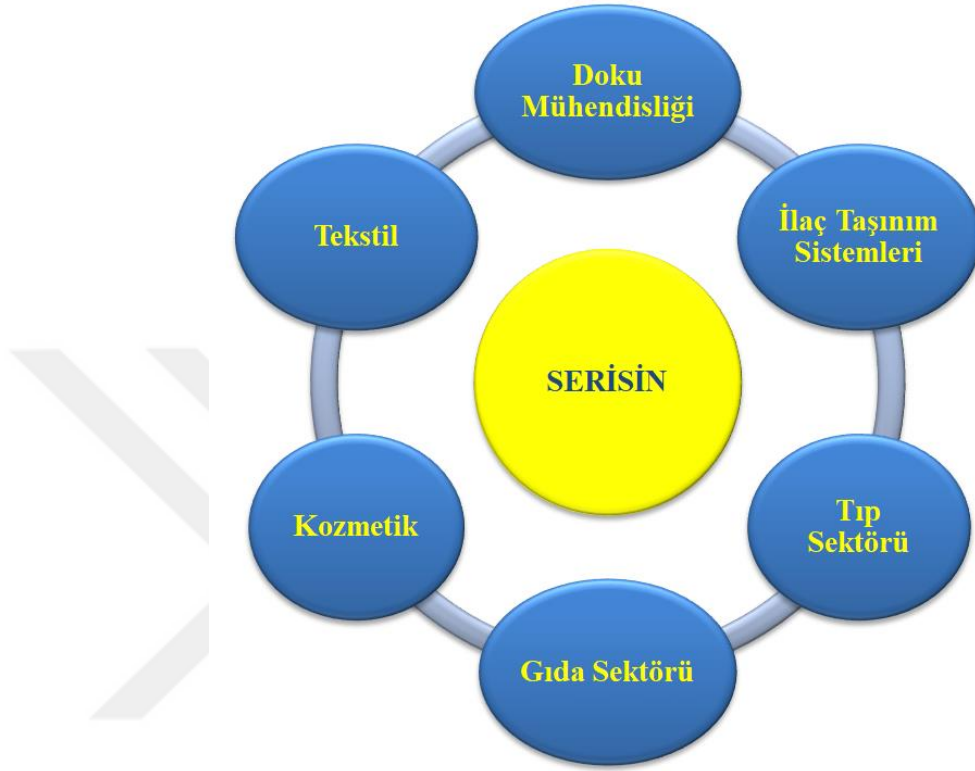
Serisin insan vücuduna biyouyumlu, antibakteriyel özelliğe, UV dayanımına, oksidasyona ve biyolojik bozunmaya dirençli olduğu için tıp ve kozmetik alanlarında kullanılan önemli bir biyomalzemedir. Yapısındaki tirozin ve kinaz amino asitleri sebebiyle ve asidik ortamda yapısındaki katyonik NH_2 grupları sayesinde bakterileri inhibe edici özellik gösterdiği için medikal uygulamalarda kullanılabilir (Zhang 2002). Serisinin bazı özellikleri ve kullanım alanları Şekil 2.8. ve Şekil 2.9.'da verilmiştir.



Şekil 2.8. Serisinin bazı özellikleri (Mondal ve ark. 2007)

Serisin yapısında polar olmayan ve alifatik gruba sahip olan alanin, glisin, pirolin, valin, lösin, izolisin gibi amino asitler de içermektedir. Bu gruptaki amino asitler hidrofobik özellik gösterirler. Aromatik -R grubuna sahip amino asitler ise fenil alanin, tirozin ve triptofandır. Bu gruplar aynı zamanda nonpolar ve hidrofobik özellik de gösterirler. Serisin ayrıca polar ve yüksüz -R grubuna sahip amino asitler de içermektedir. Bu gruptaki amino asitlerin suda çözünürlükleri polar olmayan amino asitlere göre daha fazladır. -R grupları su ile hidrojen bağı yapabilen yüksüz polar fonksiyonel gruplar içermektedir. Bu gruptaki amino asitler serin, treonin, sistein, metionin, asparajin ve glutamindir. Her amino asitin yapısındaki -R grubu farklılık göstermektedir.

Bu nedenle serisini oluşturan amino asitler arasında elektrik yükü ve çözünürlük, hidrojen bağlama kapasitesi ve kimyasal reaktivite açısından farklılıklar meydana gelmektedir (Ercan 2007).



Şekil 2.9. Serisinin kullanım alanları (Aramwit ve ark. 2012)

Kapsamlı araştırmalar serisinin, polimer jellerine, membranlara, köpüklere, liflere ve diğer kompozit malzemelere faydalı ve sıra dışı özellikler sağlayabildiğini kanıtlamaktadır. Serisinin jelleşme kabiliyeti, nem tutma ve cilde bağlanması gibi bazı özellikleri sebebiyle tıp, kozmetik ve ilaç sektörlerinde geniş bir uygulama alanı bulunmaktadır (Padamwar ve Pawar 2004).

2.10.1. Biyobozunur Malzemelerde Serisin Kullanımı

Serisin ile reçineler karıştırılarak çevre dostu biyobozunur polimerler, fimler, köpükler ve lifler üretilmektedir. Serisin içeren poliüretan köpüklerin mükemmel nem absorpsiyon ve desorpsiyon özelliklerine sahip oldukları belirtilmiştir. Serisin içeren poliüretan köpüklerin nem absorpsiyon/desorpsiyon oranlarının, normal köpüklere göre iki ile beş kat daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Annamaria ve ark. 1998).

Kabayama yapmış olduğu çalışmada serisin çözeltisi ve sentetik bir reçine kullanarak sentetik reçine pompası üretmiştir (Kabayama 2000). Reçine pompa şu şekilde üretilmiştir; Poliol stok çözeltisi ilk önce bir köpükleştirici madde, bir köpük şekillendirici madde, poliol, bir katalizör, bir alev geciktirici ve sulu serisin çözeltisi varlığında karıştırılarak oluşturulmuştur. Sonra bir poliizosiyanat stok çözeltisi, poliadisyon reaksiyonunu başlatmak için yoğrularak serisin ile karıştırılmıştır. Reaksiyonda ısı açığa çıkmakta ve stok çözeltiden salınan gaz, köpüğün karakteristik hücrelerini üretmektedir. Son adımda köpüklü sıvı, sert bir üretan köpüğünün üç boyutlu yapısına katılaştırılmıştır.

2.10.2. Membran Malzemelerinde Serisin Kullanımı

Membran bazlı filtrasyon sistemleri (ters ozmoz, ultrafiltrasyon, mikrofiltrasyon) suyun tuzunun giderilmesi, aşırı saf su üretimi, biyolojik işlem endüstrisi ve bazı kimyasal işlemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Chisti 1998). Serisin ve fibroin, filtrasyon işlemlerinde kullanılmak üzere membranların yapısında kullanılabilmektedir.

Saf serisinden membran zarları yapmak pek mümkün değildir, fakat çapraz bağlanmış veya diğer maddelerle kopolimerize edilmiş serisin ile membran zarları kolayca hazırlanabilmektedir. Serisin nötr polar fonksiyonel gruplara sahip büyük miktarda amino asit içerdiğinden, serisin içeren membranlar oldukça hidrofiliktir. Serisin kompozit membranlar, sulu-organik bir sıvı karışımında su için geçirgendir. Mizoguchi ve ark. (1991) su ve etanol için ayırıcı bir zar olarak kullanılmak üzere serisinden yapılan çapraz bağlı bir ince filmi tarif etmişlerdir. Membran hidroklorik asit, formaldehit gibi bir çapraz bağlama maddesinin sulu çözeltisi, termal olarak reaktif üretan reçine kopolimerin sulu çözeltisi ve sıvı serisin karıştırılarak yapılmıştır. Elde edilen çözelti oda sıcaklığında düz bir plaka üzerine yayılmıştır ve formaldehit ile çapraz bağlanma reaksiyonunun tamamlanması için oda sıcaklığında bekletilmiştir. Elde edilen filme 10 dakika boyunca 120⁰C’de fikse işlemi uygulanmıştır. Bu işlemlerin sonucunda çapraz bağlanmış ince bir membran (yaklaşık 130 mm kalınlığında) oluşturulmuştur. Bu membran su ve alkol karışımını ayırmak için kullanılmıştır. Serisin içerikli membranın, karışımdan alkolü etkili bir şekilde ayırabildiği ve bu membranın ayırma işlemleri için tekrar kullanabildiği sonucuna varılmıştır.

2.10.3. Fonksiyonel Biyomalzemelerde Serisin Kullanımı

Serisin maddesi ile tek başına çalışıldığında yeterince güçlü ve elastik zar yapıları elde etmek mümkün değildir. Bununla birlikte serisin proteini ince bir film şeklinde başka bir matrise dönüştürülebilir. Nakajima (1994), serisin ince filmini sıvı bir kristalin üzerine yerleştirmiştir. Yüksek kaliteli sıvı kristal ekranlar sağlamak için sıvı kristal moleküllerinin serisin tarafından düzgün şekilde yönlendirildiğini bulmuştur.

Ayrıca soğutma donanımlarının yüzeylerinde donma önleyici etkisinden dolayı serisin kaplı film kullanılmaktadır. Serisin filmi ile kaplama işlemi buzdolaplarına, derin donduruculara ve soğutma kamyonlarına yaygın olarak uygulanabilen etkili bir donma önleme yöntemidir. Dahası serisin kaplama filmlerinin yollarda ve çatılarda kullanılması donma yüzünden oluşabilecek zararları önleyebilmekte ve kar temizleme işlemini kolaylaştırabilmektedir. Serisin proteini, kaplama malzemelerinin işlevselliğini artırmak için çeşitli dayanıklı malzemelerin yüzeylerinde kullanılabilir. Ayrıca serisin ile kaplanmış malzemeler iyi geçirgenliğe ve nefes alabilirliğe sahiptir (Tanaka 2001).

Serisin, polivinil alkol (PVA) gibi suda çözünebilir polimerlerle iyi bir şekilde kompozit materyal oluşturabilmektedir. Ishikawa ve ark. (1987), yapmış oldukları çalışmada geri kazanılmış serisin ve PVA karışımından kompozit membran elde etmişlerdir. TEM, X-RD ve elektron mikroskobu analizleri, oluşturulan membranın mikro-faz ayrımlı bir yapıya sahip olduğunu göstermiştir. Oluşturulan membranın iyi kırılma gerinimi ve yüksek sıcaklıkta çok az uzama gösterdiği sonucuna varılmıştır. % 10-30 serisin içeren filmin iyi termal ve mekanik özelliklere sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Serisin/fibroin ve PVA karışımından oluşan harmanlanmış hidrojel esnekliğe, mükemmel nem tutucu ve emici özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir (Yoshii ve diğerleri 2000). Üretilen hidrojel, kültür tohumlarının hazırlanmasında, tıbbi malzemelerde ve yara sargılarında kullanılabilir.

Wang ve ark. (1998) PVA/serisin karışımli hidrojel zarlarının yapılarını ve fiziksel özelliklerini araştırmışlardır. Polimerik hidrojel, fonksiyonel bir film olarak kullanılmak için yüksek mukavemet, yüksek nem içeriği ve dayanıklılığa sahip olduğu görülmüştür.

2.10.4. Tıbbi Biyomalzemelerde Serisin Kullanımı

Serisin içerikli filmler iyi sargı malzemeleridir ve oluşturdıkları film yeterli esnekliğe ve gerilme direncine sahiptir. İyi biyouyumluluk özelliği ve enfeksiyonlara dirençli doğası nedeniyle yara pıhtılaştırıcı olarak kullanılabilir. Tsubouchi (1999) iyileşmeyi hızlandırabilen ve cilde zarar vermeyen, ipek fibroini ve serisini bazlı bir sargı bezi geliştirmiştir. Fibroin-serisin filminin, %10'dan daha az bir kristallenme derecesine sahip olduğu bildirilmiştir. Filmin, 10-130 mm kalınlığa ve 1100–1400 kg/m³ yoğunluğa sahip olduğu görülmüştür. Sargı bezinin, oda sıcaklığında su içinde %10 veya daha fazla çözünürlüğe ve %100 su emiciliğine sahip olduğu bildirilmiştir.

Serisin ve fibroinden oluşan bir membran, yapışkan hayvan hücrelerinin çoğalmasını engellemek için etkili bir substrattır ve kollajen yerine kullanılabilir. Minoura ve ark. (1995) ve Tsukada ve ark. (1999), serisin ve fibroinden yapılmış filmlere hayvan hücrelerinin bağlanmasını ve büyümesini araştırmışlardır. Hücre bağlanması ve büyümesi davranışlarının, büyük oranda kompozit membran içindeki serisin maddesine bağlı olduğu sonucuna varmışlardır. Fibroin veya serisin içerikli membranların, memeli hücre kültürü için yaygın olarak kullanılan bir substrat olan kollajenin yerini alabileceği bildirilmiştir.

Serisin ve fibroinden yapılan film oksijen geçirgenliğine sahiptir ve işlevsel özellikleri insan korneasına benzer. Serisin-fibroin harman filminin suni kornea oluşturmak için kullanılması umulmaktadır. Kontakt lensler, elastik suni kan damarları ve bazı protezlerin üretilmesi için de benzer yöntemler kullanılabilir (Murase, 1994).

Sülfonasyon işlemi ile serisin ve fibroin proteinleri, antikoagülan özellikleri olan bir biyomateryal haline getirilebilir. Elde edilen antikoagülan, sektörde çoğunlukla kullanılan heparinin potansiyel bir alternatiftir. Antikoagülan, tıbbi cihazların yüzeylerini işlemekten geçirmek için kullanılabilir (Tamada 1997).

2.10.5. İşlevsel Lifler, Kumaşlar ve Malzemelerde Serisin Kullanımı

Bazı sentetik elyafların fonksiyonel özellikleri kitin, kitosan, fibroin ve serisin gibi doğal makromoleküllerin yardımıyla iyileştirilebilmektedir. Sentetik polyester elyafı, 0,001–10 µm çapında mikro gözeneklere sahiptir. Serisin molekülü bu mikro gözeneklere girebilmekte ve çapraz bağlanabilmektedir. Yamada ve Matsunaga (1994), çapraz bağlayıcı varlığında serisin ile modifiye edilmiş polyester elyafı geliştirmişlerdir. Wakabayashi ve Sugioka (1994)' da serisin modifiyeli polyester elyafı hazırlamıştır. Serisin ile modifiye edilmiş polyester elyafı, muamele edilmemiş polyesterlerden beş kat daha fazla higroskopik özelliğe sahiptir ve başlangıçtaki higroskopikliğinin %85'inden fazlasını 50 yıkamadan sonra dahi koruyabilmektedir. Literatürde poliamid ve poliolefin gibi diğer sentetik liflerde, serisin ile kimyasal olarak modifiye edilmiştir (Mori ve ark. 1997). Ayrıca serisin uygulaması ile modifiye edilmiş kumaşlara yapılan antibakteriyellik testlerine göre, *Proteus vulgaris* bakteri popülasyonunda %51, *Staphylococcus aureus* bakterisi popülasyonunda ise %38 oranında azalma gözlemlenmiştir (Joshi ve ark. 2009).

Yamada ve Nomura (1998) serisin ile kaplanmış liflerin, aşındırıcı cilt yaralanmalarını ve cilt döküntülerini önleyebildiğini bildirmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada sentetik ve doğal lifler serisin ile kaplanmıştır. Serisin kaplı elyaflardan dokunan kumaşlar bebek bezleri ve yara örtüleri gibi ürünlerde kullanılmıştır. Ayrıca serisin ile kaplanarak üretilen bu malzemelerin iyi emiciliğe sahip olduğu ve ciltte kızarıklığa neden olmadığı belirtilmiştir.

Serisin ile karıştırılarak bir kauçuk daha biyoyumlu hale getirilebilmektedir. Kauçuk içinde hidrolize edilmiş serisin karışımı ile cilde doğal kauçuktan daha az tahriş kabiliyeti olan bir ürün elde edilebilir. Bu modifiye edilmiş kauçuktan lastik eldivenler, bisiklet tutacakları ve çeşitli spor malzemeleri üretilmektedir.

Serisin, pamuk ve yün için fonksiyonel bir madde olarak rol oynayabilmektedir. Rajendran ve ark. (2012), serisini pamuklu kumaşlarda bir antibakteriyel bitim işlemi maddesi olarak uygulamıştır ve *S. aureus* bakteri popülasyonunda %89,4, *E. coli* bakteri popülasyonunda ise %81 oranında azalma olduğu gözlemlemiştir (Rajendran ve ark. 2012).

2.10.6. Kozmetikte Serisin Kullanımı

Serisin yüksek oranda serin (%33) ve glisin içeriğine (%14) sahiptir, bu nedenle kozmetik endüstrisinde nemlendirici olarak kullanılabilir (Kato ve diğerleri, 1998). Nemlendirme, transepidermal su kaybını önleyerek ve doğal nemlendirme faktörlerini geri kazandırarak elde edilir. Ayrıca, kolajen teşvik edici aktivitesi nedeniyle hem kırışıklık karşıtı hem de yaşlanma karşıtı etkilere sahiptir (Voegeli ve ark. 1993). Serisinin %0,02-2'sinin diğer ürünlerle birlikte saç ürünlerinde bulunması durumunda saç dış etkenlere karşı koruyarak saç yüzeyindeki hasarı azalttığı da belirtilmiştir (Hoppe ve ark. 1984).

2.11. Mikroorganizmalar ve Özellikleri

Varlıklarının farkına çoğunlukla varamamamıza rağmen hayatımızın her döneminde mikroorganizmalar ile karşı karşıya gelebiliriz. Mikroorganizmalar soluduğumuz havada, vücudumuzda, temas ettiğimiz yüzeylerde ve toprak gibi birçok yüzeyde bulunabilmektedir. Mikroorganizma terimi genel olarak birçok biyolojik reaksiyonda önemli rol oynayan ve çok küçük boyutlu olan bakteri, maya, mantar, küf ve virüsleri içermektedir. Tekstil ürünleri için önemli olan mikroorganizmalar ise öncelikli olarak bakteriler ve mantarlardır (Menezes 2002).

Bakteriler ve mantarlar nem, sıcaklık ve kendileri için uygun bir gıdanın varlığında gelişmeye başlarlar ve ideal şartlar altında mikrobik büyüme çok hızlı gerçekleşir. Bu durumda tekstil materyalleri üzerinde istenmeyen koku oluşumuna, görsel bozulmalara, renk değişimlerine, ürünün kullanım ömrünün azalmasına, insan sağlığı üzerinde potansiyel tehlikelere, bazı durumlarda hijyenik ve estetik olan malzemelerin kullanılamamasına sebep olabilmektedir.

İdeal sıcaklık (37°C) ve nem varlığında çok hızlı gelişen tek hücreli mikroorganizmalara bakteri denilmektedir. Morfolojilerini temel olarak sınıflandırmak zordur ancak şekillerine, biyokimyasal yapılarına ve geliştikleri koşullara göre sınıflandırılabilirler. 1923 yılında Bergey yapmış olduğu çalışmada bakteri türlerini iki isim kullanarak sınıflandırmıştır. İlk isim bakteri cinsine (genus) göre latince olarak bulan kişinin adını veya bakterinin morfolojik, fizyolojik ya da diğer özelliklerini belirtir.

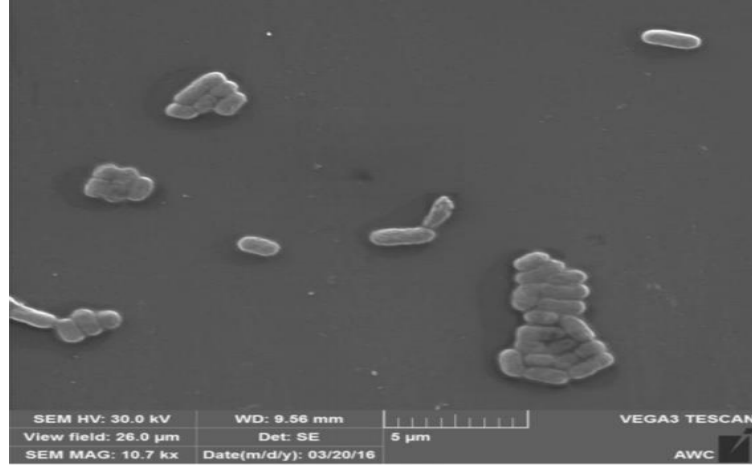
İkinci isim ise küçük harfle yazılıp bakterinin türünü ifade etmektedir. Ayrıca bakteriler gram pozitif ve gram negatif, spor oluşturanlar ve spor oluşturmayanlar olarak da sınıflandırılabilir. Uygun koşullarda besiyerlerine ekimi yapılan bakteriler kısa zaman içerisinde koloniler oluştururlar. Her bakteri türü kendisine özel renk, koku, büyüklük ve yapıda kolonilere sahiptir. Büyüklüğüne göre değişmek üzere bir kolonide milyonlarca veya milyarlarca bakteri bulunabilmektedir (Bilgehan 1994).

Gram pozitif bakteriler, hücre duvarında mor renk oluşturan bakterilerdir. Hücre duvarlarının %90'ı şeker ve amino asitten oluşmaktadır.

Gram negatif bakteriler, gram boyası ile işlem yapıldığında hücre duvarlarında lekelenme görülmeyen bakteri türleridir. Gram pozitif bakterilerinden farklı olarak hücre duvarlarının dışında ilave bir tabaka bulunmaktadır. Bu kısım porin ve lipo polisakkaritten oluşmaktadır (Demir ve ark. 2008).

2.11.1. *Escherichia coli*

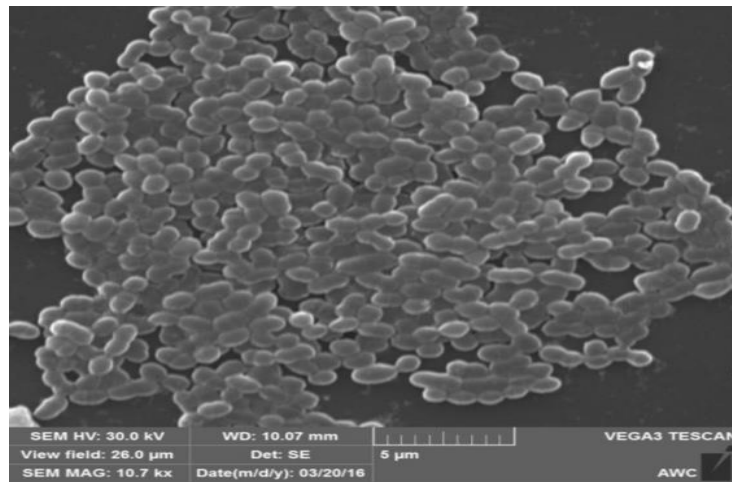
1885–1886 yıllarında yeni doğan bebeklerin dışkılarından bakteri izole eden Escherich isimli bir araştırmacı, tespit etmiş olduğu bakteriye *Bacterium coli commune* ismini vermiştir. Daha sonra bu bakteri *Escherichia coli* adıyla sınıflandırmada yerini almıştır. *Escherichia* cinsi içinde yer alan en önemli bakteri türü *koli basili* olarak da bilinen *Escherichia coli* bakterisidir. *E. coli* bakterisi bilimsel açıdan en çok çalışılan bakterilerden birisidir ve genellikle canlıların bağırsak kanallarının normal florasında bulunur. Hareketsiz gibi görünürler ancak yavaşta olsa etraflarında bulunan kirpikleri sayesinde hareket ederler. *E. coli* bakterisinin genel besi yerleri, buyyon ve jeloz olup bu besiyerlerde kolayca üreyebilirler. Optimal üreme sıcaklığı 37 °C, optimum pH aralığı ise 7-7,2'dir. Gram negatif bakteri sınıfına girerler ve biyolojik boyalarla kolaylıkla boyanabilirler (Demir ve ark. 2008).



Şekil 2.10. *E. Coli* Bakteri kolonisinin SEM görüntüsü (Manzoor 2016)

2.11.2. *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus, gıda zehirlenmesi ve toksik şokların yanı sıra deri ve yumuşak doku enfeksiyonları gibi hastalıklara neden olan gram pozitif bakterilerdir. *S. aureus*, 37 °C optimum sıcaklıkta ve optimum pH 7,5'ta büyüyen bir fakültatif anaerob bakteridir. 0,5- 1,5 µm çapında, düzensiz üzüm salkımına benzer kümeler halinde hareketsiz bir bakteri türüdür. İnsanlarda ve birçok hayvan türünün derisi ve mukozalarında, kolonize bir halde normal florada kalıcı veya geçici olarak bulunmaktadır. Besi yerlerinin üzerinde oluşturdukları kolonilerin rengi genel olarak altın rengi veya krem arasındadır. *S.aureus* insanlarda enfeksiyona neden olan, virülansı yüksek ve hastalık yapan bir patojendir (Bilget 2013).



Şekil 2.11. *S. aureus* Bakteri kolonisinin SEM görüntüsü (Manzoor 2016)

2.12. Antibakteriyel Aktivite

Antimikrobiyal aktivite, mikroorganizmaların yaşam faaliyetlerine olumsuz bir müdahalenin gerçekleşmesi durumuna verilen isimdir. Bu müdahale funguslara karşı olursa antifungi aktivite, bakterilere karşı olursa antibakteriyel aktivite olarak isimlendirilmektedir (Altınok 2008).

Tekstil endüstrisinde antibakteriyel özellik, kumaş ya da liflere özel işlemler uygulanmasıyla veya kendi kimyasına ek olarak antibakteriyel özellikli liflerin katılımıyla kazandırılmaktadır. Antibakteriyel özelliğin kazandırılması için uygulanan antimikrobiyal maddeler aktivite mekanizmalarına göre, mikroorganizmaların büyümesini önleyen ya da azaltan (biyostatik) veya tamamen inhibe eden (biyosid) olarak iki gruba ayrılmaktadır (Gutarowska ve ark. 2013). Organik ve/veya inorganik kaynaklı antibiyotikler, biyositler, fenoller, inorganik tuzlar, nitro bileşikler, üreaz, aminler ve formaldehit kalıntıları gibi birçok kimyasal madde bunlar içerisinde yer almaktadır. Bu maddeler tekstil materyalinin görünümünü olumsuz olarak etkilememeli, uygun maliyetli olmalıdır. Ayrıca antibakteriyel özellik kazandırılan tekstil ürünleri, giyen kişinin cildindeki patojen olmayan bakteri florasını öldürmemelidir. Ciltteki bu flora, cilt yüzey pH'ını düşürmekte ve patojenik bakterilerin büyümesini engellemektedir (Rajendran ve ark. 2012).

2.13. Pamuklu Materyallere Bakteri Atakları

Pamuklu materyallerin yüzeyleri, hidrofilik ve gözenekli yapıya sahip olması, ayrıca su, oksijen ve besinlerin tutulması sebebiyle bakteriyel büyüme için eşsiz bir ortam oluşturmaktadır. Dolayısıyla pamuk yüzeylerinde sentetik mamullerden çok daha fazla bakteriyel saldırı ve çoğalma yaşanmaktadır. Bu durum bakterilerin biyofilm oluşturmaya ve hızlı bir şekilde gelişmesine olanak sağlamaktadır. Hızla gelişen bu bakteriler kötü kokuların oluşumu, görüntü ve renk bozuklukları, leke oluşumu, tutum, mukavemet, elastisite gibi fonksiyonel özelliklerin kaybı, kullanım ömründe azalma ve çevre ve insan sağlığında zararlara neden olabilmektedir (Chen 2001, Menezes 2002).

Bakteriler yeteri kadar nem içermeyen ortamlarda yaşayamamaktadır. Bakterilerin özellikle nemli ortamlarda daha hızlı çoğaldıkları ve çok daha fazla zararlara sebep oldukları söylenebilmektedir. Genellikle anaerobik bakteriler, %80-95 nem içeren materyaller üzerinde, aerobik bakteriler ise %50-75 nem içeren tekstil materyallerinde faaliyet göstermektedir. Tekstil materyalleri üzerindeki bakterilerin üremesi için nem oranının en az %10 oranında olması gerekmektedir. Pamuk elyafının da %25-27 oranında nem içeriğine sahip olması sebebiyle bakterilerin büyümesi ve üremesinde oldukça iyi bir ortam olduğu belirtilmektedir. Literatürde sıcaklık ve diğer şartlar sabit olduğu halde, 1 gram pamukta %10 oranında nem olduğunda 120 milyon, nem oranı %20'ye çıkartıldığında ise 1 milyar 112 milyon mikroorganizma olduğu saptanmıştır (Mangut ve Karahan 2008).

Doğada yaygın bir şekilde yer alan ve patojenik etkileri yüksek olan mezofilik bakteriler, tekstil materyallerine de zarar vermektedir. Yüksek sıcaklıkta üreyen termofilik bakteriler de nemli ve kötü koşullarda depolanan tekstil materyalleri üzerinde yanma olayına sebep olmaktadır. Aynı zamanda bakterilerin tekstil materyallerine zarar vermelerinde ortamın karanlık olması da üremelerini artırmaktadır (Orhan 2007).

Bakteriler tekstil materyallerinin baskı, boyama ve bitim işlemlerini olumsuz olarak etkileyebilmektedir. Bazen bakteri gelişmesi ile estetik ve hijyenik olan bir materyal kullanılamamaktadır. Ayrıca kötü koku oluşturan patojen bakteriler kumaş yüzeylerine tutunarak taşıyıcı materyal olabilmektedir. Bu sebeple hastane ve otellerde sıklıkla kullanılan tekstil ürünlerinde, tıbbi malzemelerde, cerrahi elbiselerde, yatak malzemelerinde, havlularda ve birçok giyside antibakteriyel işlevin kazandırılması oldukça önemlidir. Bununla beraber bakteri üremesi çevre ve insan sağlığı üzerinde de tehditlere sebep olabilmektedir (Thiry 2001).

Çizelge 2.6. Bakteriler ve etkileri (Rowell ve Young 1978)

Bakteri	İnsan vücuduna etkisi	Tekstillere etkisi
<i>Staphylococcus aureus</i>	Akut irin, toksik şok, ateşli enfeksiyonlar, apse oluşumu	Çorap, iç giyim
<i>Bacillus subtilis</i>	Göz enfeksiyonu	Çorap, iç giyim, pantolon
<i>Escherichia coli</i>	Ülser ve idrar yolları enfeksiyonu	Çorap, iç giyim, pantolon
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Yara, yanık, çoklu enfeksiyonlar, akciğer	İç giyim, pantolon
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Zatürre, idrar yolları enfeksiyonu	İç giyim, pantolon

2.14. Pamuk Lifine Uygulanan Antibakteriyel Bitim İşlemleri ve Uygulamaları

Pamuk lifinin maruz kaldığı bakteriyel saldırıların yapılan yıkama işlemleri sonucunda dahi engellenemediğinin bilinmesi sebebiyle, tekstil malzemelerine antibakteriyel bitim işlemleri uygulanmaktadır. Antibakteriyel bitim işlemlerinin uygulama yöntemleri içerisinde yer alan emdirme, çektirme, vakumla aplikasyon, köpükle aplikasyon, aktarma, püskürtme ve kaplama gibi yöntemlerden birinin yardımı ile tekstil ürünlerine antibakteriyel maddeler aktarılmakta ve bakterilerin etkinlikleri durdurulmaktadır. Bu yöntemler içinde emdirme, çektirme ve kaplama işlemlerinin sanayide en yaygın kullanılan antibakteriyel kimyasal aplikasyon yöntemleri olduğu bilinmektedir. Bununla beraber parti boyamaları sırasında lif içine antibakteriyel maddelerin daha iyi bir şekilde penetre olabileceği düşünüldüğünden, işlem kalıcılığının geliştirilmesi için boyama aşamalarında da antibakteriyel madde çözeltiye eklenebilmektedir.

Halojenleştirilmiş salisilik asit, amonyum bileşikler, kuaterner amonyum tuzları, gümüş ve çinko gibi metaller, bitim işlemlerinde en sık kullanılan antibakteriyel maddeler olduğu ifade edilmektedir (Seventekin ve ark. 2001).

Antibakteriyel bitim işlemlerinde; patojenik bakterilerin sebep olduğu enfeksiyonların önlenmesi, bakteri saldırılarının kontrol edilmesi, patojenlerin taşınmasının ve yayılmasının önlenmesi, bakterilerin tekrardan önemli bir şekilde oluşumunun sınırlandırılması, liflerin performans özelliklerinde bakterilerin sebep olabileceği kayıpların önlenmesi, ter ile beraber bakteriyel bozunma sonucunda ortaya çıkan koku oluşumunun azaltılması ve tekstil ürünlerinin lekelenme, solma, renk değişimi ve kalite kayıplarından koruması amaçlanmaktadır (Mucha ve ark. 2002).

Tekstil ürünlerine uygulanan antibakteriyel işlemlerle tekstil materyalleri bakterilerden kaynaklanan olumsuz etkilerden korunabilmektedir. Dolayısıyla tekstil ürünlerinin performans özelliklerinin kalıcılığı sağlanabilecektir. Özellikle düşük mikrobiyal dayanımı sebebiyle pamuk lifine antibakteriyel bitim işleminin yapılması oldukça önemlidir. Teknik tekstiller, üniformalar, örtüler, çoraplar, paspas gibi tekstillere de benzer biçimde bitim işlemi uygulanmaktadır. Dış giyim, spor ve sağlık amaçlı kullanılan tekstillerde patojenik mikroorganizmaların taşınması ve yayılmasının önlenmesi ile koku kontrolü ve deodorantlama kapsamında yer alan iki yeni özellik açığa çıkmıştır. Deodorantlama etkisinin tekstil üzerinde bulunan terin mikrobiyal bozunmasını önlediği bilinmektedir.

Bu sebeple koku maddesinin serbest kalma durumu engellenmektedir. Tekstil ürünlerinin genellikle terlemenin meydana geldiği ve direk deri ile teması sağlanan bölgelerde giyilmesi sebebiyle, buralardaki mikroorganizmaların yok edilmesine gerek duyulmaktadır. Bütün bu anlatılanlar dâhilinde tekstillere uygulanan antibakteriyel bitim işlemleri; kumaşlara tazelik kazandırmakta, bakterilerin sebep olduğu kokuları yok etmekte, bakteriyel büyümenin neden olduğu lekelerin kontrolünü sağlamakta, kullanım ömrünü uzatmakta, pamuk gibi pek çok tekstil materyallerinin tutumunu iyileştirmekte, deri tahrişi ve hastalıklarının oluşmasını önlemektedir (Holme 2002).

Antibakteriyel bitim işlemlerinde, tekstil yüzeyinin antibakteriyel ajanlar ile muamele edilmesi gerekmektedir. Bu antibakteriyel ajanlar iki grup içerisinde yer almaktadır. Bunlar “bakteriyostatik” ve “bakterisidal” olarak isimlendirilmektedir. Bakterisidal ajanlar uzun yıllardır kullanılmasına rağmen, bakteriyostatik ajanlar sonradan geliştirilmiştir. Çizelge 2.7.’de her iki ajanında etki alanları ve farkları verilmiştir (Altınok 2008).

Çizelge 2.7. Bakteriyostatik ve bakterisidal ajanların karşılaştırılması (Altınok 2008)

Bakteriyostatik Ajanlar	Bakterisidal Ajanlar
Bakterilerin üremelerini engellemek için uygunsuz yüzey yapıları oluşturmaktadır.	Bakterilerin öldürülmesini sağlamakta ve daha fazla üremesini engellemektedir.
Bakterilerin üremelerinin engellenmesinde yavaş etki göstermektedir.	Oldukça hızlı tesir göstermesi sebebiyle bakterilerin yok edilmesini sağlamaktadır.
Çevresel risk içermektedir. Mikrobik direnç fazladır.	Çevresel risk daha azdır. Mikrobik direnç azdır.

Bakteriyostatik ve bakterisidal ajanlar tekstil materyalleri ile temas ettiğinde, tekstil materyalinin içerisindeki bakterilerin hücre duvarına zarar verdiği, hücre duvarı sentezini engellediği, hücre duvarına nüfuz ederek değişiklikler oluşturduğu, nükleik asit ve protein sentezini engellediği ve enzim üretimi gerçekleştirilemeyerek bakterilerin üremelerinin önlendiği belirtilmiştir (Altınok 2008).

2.14.1. Antibakteriyel maddeler ve çalışma mekanizmaları

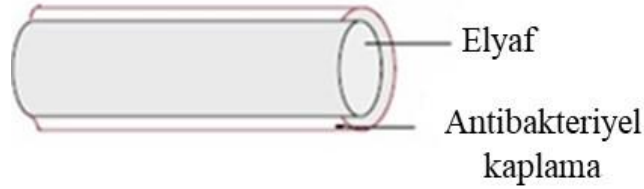
Uzun zamandır bakterilerin hastalıklara sebep olduğu bilinmesine rağmen antibakteriyel maddeler 20. yüzyıldan itibaren üretilmeye başlanmıştır. Antibakteriyel maddelerin pek çok endüstri alanında kullanımından sonra, tekstil materyallerine uygulanması da önem kazanmıştır (Altınok 2008).

Tekstil materyallerine antibakteriyel özellik iki farklı şekilde kazandırılabilir. Bunlardan birincisi kumaşlara uygulanan özel bitim işlemleridir. İkinci yöntem ise tekstil liflerine daha kumaş formuna gelmeden antibakteriyel özellik kazandırılmasıdır (Tulunay 2015).

Liflerin kullanım alanına göre antibakteriyel özellik ise üç farklı yöntemle kazandırılmaktadır (Altınok 2008).

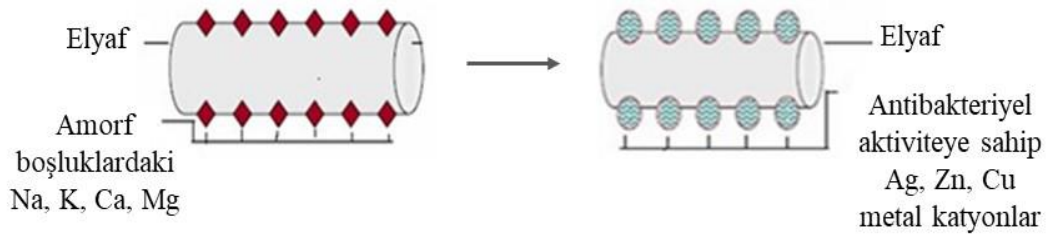
- 1-** Antibakteriyel ajanların elyafın bünyesine yerleştirilmesi yöntemi; sentetik filamentlerde uygulanmaktadır. Antibakteriyel ajanlar, lif çekimi sırasında polimer içine yerleştirilmektedir. Dolayısıyla lif aşınmaları olsa dahi antibakteriyel özellik devam etmektedir.

- 2- Yüzey uygulamaları yöntemi; tüm liflere uygulanabilmekle beraber, lif aşınmalarında antibakteriyel özelliğin kısmen veya tamamen yok olabildiği belirtilmiştir. Şekil 2.12.'de antibakteriyel ajanların yüzeye uygulama yöntemiyle oluşturulan elyaf gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Yüzeye uygulama yöntemiyle oluşturulmuş antibakteriyel lif kesiti

- 3- Kimyasal birleşme yöntemi; antibakteriyel özellik açısından dayanıklılığı sağlamak için en iyi yoldur. Bununla beraber bu yöntemle yüzey oluşturmak için farklı kristalin formlarda ve yapılarda yer alan doğal veya sentetik tekstil yüzeylerinde uygun reaktiflerin bulunması gerekmektedir. Tekstil yüzeylerindeki amorf boşlukların katyonlar (Na, K, Ca, Mg gibi) ve su molekülleriyle doldurulmuş olması gerekmektedir. Bu katyonlar ise antibakteriyel aktiviteye sahip olan Ag, Zn, Cu gibi metal katyonlarla kolay bir şekilde yer değiştirebilmektedir. Dolayısıyla antibakteriyel aktiviteye sahip bu metal iyonları lif bünyesine yerleştirilmektedir. Şekil 2.13.'de kimyasal birleşme yöntemiyle oluşturulmuş antibakteriyel lif görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 2.13. Kimyasal birleşme yöntemiyle oluşturulmuş antibakteriyel lif kesiti

2.14.2. Antibakteriyel bitim işlemlerinde kullanılan kimyasal maddeler

Antibakteriyel özellik sağlayacak kimyasal maddelerin ilk olarak istenmeyen bakterileri sınırlamaları ya da öldürmeleri gerekmektedir. Bu kimyasal maddeler pamuk lifine en azından yarı kalıcı şekilde bağlanmalıdır. Dayanıklı etki göstermeleri ve etkisinin kısa sürede kaybolmaması gerekmektedir. Bu kimyasalların ayrıca insanlar için aşırı toksik olmaması ve çevreye zarar vermemeleri gerekmektedir. Bakteriler kolay bir şekilde bu kimyasallara karşı bağışıklık göstermemelidir. Ayrıca bu maddelerin bütün tekstil mamullerinde kullanılabilirliği de oldukça önemlidir (Tulunay 2015). Bakterilerin yaşamsal faaliyetlerini sınırlayan veya tamamıyla engelleyen bu kimyasal maddeler Çizelge 2.8.'de verilmiştir (Tarakçıoğlu 2006).

Çizelge 2.8. Pamuk lifinde kullanılan bazı antibakteriyel kimyasallar (Tarakçıoğlu 2006)

Organik Bileşikler	Anorganik Bileşikler	Metaller	Çeşitli Bileşikler
Halojen yayan ajanlar (Klorin yayan ajanlar vb.)	Zeolitler	Gümüş	Kitosan
Fenol bileşikleri	NaAl-Silikat	Çinko	Klorofil
Kuaterner amonyum bileşikleri (kuaterner amonyum tuzu vb.)		Bakır	
Rezorsinol ve türevleri			
Benzoik esterler			

Antibakteriyel tekstil materyallerinin üretiminde gümüş, çinko gibi metal iyonlarının, triklosan, kitosan ve kuaterner amonyum bileşiklerinin sıklıkla kullanıldığı görülmektedir (Dural Erem 2012).

Gümüş ve nanopartikülleri

Gümüş iyonları ve nanopartikülleri bakterilerin çoğalmasını iki farklı mekanizma ile engellemektedir. Bunlardan birincisi hücre zarına zarar verme ya da hücre zarından geçerek enzim gruplarına bağlanmadır. Enzimatik aktivitelerin sürekli azalması ile bakterilerin metabolizmasında değişiklik ortaya çıkmaktadır. İkincisi ise, gümüş iyonlarının bakterilerin molekül yapılarında zarara neden olan oksijen radikallerinin üretimini katalizlemesi ile oluşmaktadır. Bu mekanizmada bakteri ve antibakteriyel madde arasında direk bir temasa gerek olmadığı belirtilmiştir (Süpüren ve ark. 2006).

Gümüşün antibakteriyel aktivitesinin fosfor ve sülfüre olan yüksek eğiliminden kaynaklandığı ifade edilmektedir. Gümüş iyonları ve nanopartikülleri bakterilerin DNA'sındaki fosfor kısımlarıyla reaksiyona girmekte, DNA'nın çoğalmasını inaktif hale getirmekte ve enzim fonksiyonlarını engellemektedir. Bakteriyel hücre zarındaki sülfür içeren proteinler ile gümüş nanopartikülleri hücre zarının içinde veya dışında reaksiyona girmekte ve hücrenin yaşama yeteneğini etkilemektedir (Şahin 2011).

Gümüş metalinin pek çok hastalığa neden olan 650'den fazla mikroorganizmaya karşı etkisi klinik deneyler ile kanıtlanmıştır. Dolayısıyla gümüş iyonlarının bakterilere karşı etkisinin oldukça yüksek olması, toksin olmaması, deri tahrişi gibi negatif etkisinin olmaması nedeniyle, antibakteriyel tekstil materyalleri üretiminde oldukça sık bir şekilde tercih edilmektedir (Russel ve Hugo 1994).

Titanyum dioksit nanopartiküller

Titanyum dioksit (TiO_2) nanopartiküllerin antimikrobiyal etkinliği redoks tepkimeleri sonucu oluşan hidroksil radikallerinden kaynaklanmaktadır. TiO_2 nanopartiküller uygun dalga boyundaki UV ışığına maruz kaldıklarında bu ışınlarını emerek elektron (e^-) ve h^+ çifti oluşturmaktadır. Bu e^- ve h^+ çiftleri taneciklerin yüzeylerine difüzlenerak ortamdaki su ve oksijen gibi reaktiflerle redoks tepkimesi başlatarak hidroksil radikallerinin oluşmasını sağlamaktadır.

Bu oluşan hidroksil radikalleri mikroorganizmaların yapısındaki organik bileşikleri oksitleyerek mikroorganizmaları etkisiz hale getirmektedir (Rawat ve ark. 2007). Yarı iletken metal oksitler içinde bant boşluğu görünür ışığa en yakın olan TiO_2 kolay

bulunması ve toksin özellik göstermemesi nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Pascal ve ark. 1978). Yarı iletken metal oksit yüzeylerde fotonların soğurulması bir fotokatalitik tepkime sisteminin ilk adımı olup, uygun enerjiye sahip, genellikle UV dalga boyundaki fotonların malzeme tarafından soğurulması ile yarı iletken malzemelerin (MO) valens bandındaki elektronları, iletim bandına geçerek elektron/boşluk (e^-/h^+) çiftlerinin oluşturmaktadır.

Fotokatalitik işlemler sonucu ortaya çıkan O_2 ve özellikle OH radikalleri mikroorganizmaları etkisiz hale getirmektedir. Bu radikaller bakterilerin yapısında bulunan organik bileşikleri oksitleyerek mikroorganizmaların ölmesini sağlamaktadır (Rana ve Mısra 2005).

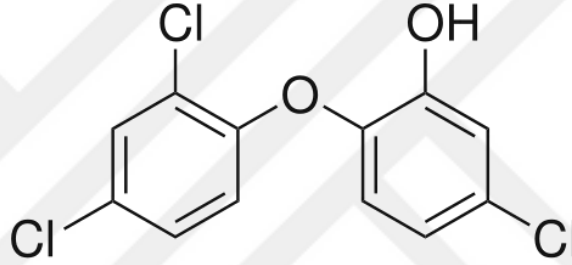
Çinko

Çinko iyonları da gümüş iyonları gibi iki farklı mekanizma ile bakterilerin çoğalmasını engellemektedir. Çinko metalinin gümüşe kıyasla antibakteriyel özelliğinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Çinkonun antibakteriyel etkinliğe sahip önemli formlarından birisi çinko oksit formudur. Çinko oksidin elektrik iletkenliğinin ve UV absorpsiyonunun yüksek, fotokatalitik etkiye sahip bir metal oksit olduğu bilinmektedir. Çinko oksit insan ve hayvan hücrelerine toksik etki göstermeyen, biyolojik anlamda uyumlu ve güvenli bir malzemedir.

Çinko oksidin nanoparçacıklarının, bakteri hücrelerinin zarını mekanik bir şekilde bozduğu ya da UV ışınlarla maruz kalarak elektron çiftleri yayıp hidrojen peroksit ürettiği ve bu hidrojen peroksidin bakteri hücrelerine nüfuz etmesiyle bakterileri öldürdüğü ifade edilmektedir (Perelshtein ve ark. 2008, Yan ve ark. 2009).

Triklosan

Tekstil sektöründe oldukça yaygın bir şekilde kullanılan antibakteriyel kimyasallarının başında triklosan yer almaktadır. Triklosan, difenol eterin türevi olarak bilinen 2,4,4'-trikloro-2' hidroksidifenol eterdir (Şekil 2.17). Triklosanın sentezlenmesinde ortaya çıkan dioksin ve dibenzofuran gibi yan ürünler kanserojen etki gösterebilmektedir. Bununla beraber triklosan suda çözünmediğinden difüzlenememektedir. Bu sebeple triklosan, bakterilerin bulunduğu yüzeye temas ederek etkin hale gelmekte ve bakterilerin üremesini engellemektedir. Triklosan, tutunduğu bakterilerin hücre duvarını delerek hücre bütünlüğünü bozmakta ve bakteriler etkisiz hale gelmektedir (Schindler ve Hauser 2004).



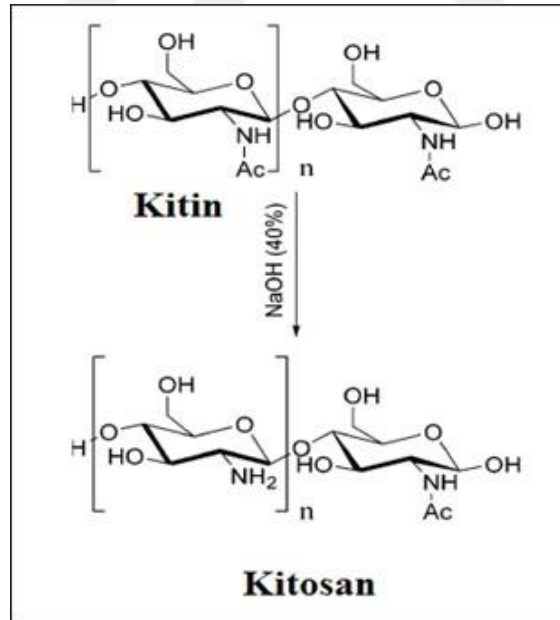
Şekil 2.14. Triklosanın kimyasal yapısı (Schindler ve Hauser 2004).

Triklosan, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* ve *Klebsilla* gibi pek çok bakteriye karşı oldukça etkilidir. *Pseudomonas* gibi bakteri cinslerinde ise az etkiye sahiptir. Triklosanın ayrıca kozmetik sektörü, deodorantlar, sabun, diş macunu ve ağız temizleyicilerinde kullanıldığı da bilinmektedir. Dolayısıyla tekstil malzemesinde kullanımının güvenli olduğu ve insanlar üzerinde herhangi bir alerjik reaksiyona sebep olmadığı belirtilmiştir. Triklosan çoğunlukla lif çekimi sırasında lif çekim çözeltisi içerisine eklenmektedir. Böylelikle antibakteriyel etkide kalıcılık sağlanmış olmaktadır (Süpüren ve ark. 2006).

Kitosan

Kitosan doğal bir biyopolimer olan kitinden elde edilmektedir. Kitin doğada selülozdan sonra en yaygın olarak yer alan ikinci biyopolimerdir. Kimyasal yapısı selüloza çok benzeyen kitinin, ikinci karbon atomuna bağlı hidroksil grubunun yerine asetoamido grubunun bulunduğu bilinmektedir. Kitosan, kitinin deasetile edilmesi ile elde edilmekte ve her ikisi de lif üretiminde kullanılabilmektedir (Agboh ve Qin 1997).

Kitosandan üretilen liflerin antibakteriyel, yara iyileştirici ve kan tutucu özellikleri olduğu bilinmektedir. Bu nedenle sargı bezleri gibi tıbbi uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu polimerlerin etkinliğinin temel olarak polikasyonik özelliklerinden kaynaklandığı belirlenmiştir. Yapılarındaki pozitif yüklü amino gruplarının negatif yüklü bakteri yüzeylerine bağlanmasıyla, bakterilerin hücre geçirgenliği artmaktadır. Hücre geçirgenliğinin artması ise bakterileri etkisiz hale getirmektedir. Kitin ve kitosanın antibakteriyel etkinliği; molekül ağırlığı, deasetilasyon derecesi, eklenen ve eklenmeyen amino gruplarının birbiri arasındaki orana göre değişmektedir (Huang ve ark. 2008).



Şekil 2.15. Kitosanın elde edilmesi ve kimyasal yapısı (Rabea ve ark. 2003)

Kuaterner amonyum tuzları

Kuarterner amonyum tuzlarının da içerisinde yer aldığı katyonik yüzey aktif maddeleri, uzun yıllardır antiseptik ve dezenfektan olarak kullanılmaktadır. Kuarterner amonyum bileşiklerinin, gram negatif ve gram pozitif bakteriler için geniş spektrumlu bir antibakteriyel madde olduğu bilinmektedir (Massi ve ark. 2009).

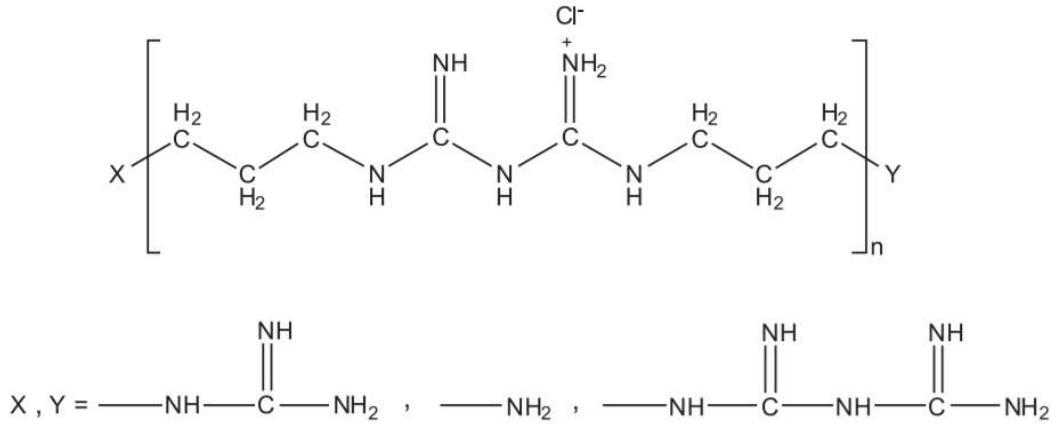
Kuarterner amonyum bileşiklerinin antibakteriyel etkinliği zincirinin uzunluğuna, içerisinde bulunan perflor bileşiklerine ve moleküldeki katyonik amonyum gruplarına bağlı olarak değişmektedir. Bileşiklerin antibakteriyel etkinliği, yapılarında bulunan katyonik amonyum gruplarla bakterilerin negatif yüklü hücre zarı arasındaki çekimle artış göstermektedir. Bu çekimle birbirlerine yaklaşan kuarterner amonyum bileşikleri ve bakteriler bir kompleks oluşturmaktadır. Sonuçta kuarterner amonyum bileşikleri ile etkileşime giren bakteriyel hücre zarı işlevini yerine getirememekte ve hücre içerisindeki protein etkinlikleri durmaktadır (Gilbert ve Moore 2005). Ayrıca kuarterner amonyum bileşiklerinin, bakterilerin DNA'larına etki ederek bakterilerin üremesini engellediği belirlenmiştir (Marini ve ark. 2007).

Kuarterner amonyum tuzlarının suda kolayca çözünmeleri ve uygulandıkları tekstil yüzeyleri için kimyasal bağ oluşturacak fonksiyonel gruplarının olmaması, bu yüzeylerde çok yüksek oranda difüzenemediğini göstermiştir. Dolayısıyla kuarterner amonyum tuzlarının tekstil malzemeleri üzerindeki kalıcılıklarının ve yıkama dayanımlarının yeterli düzeyde olmadığı belirlenmiştir (Caillier ve ark. 2009).

Polyhexamethylene biguanide hydrochloride (PHMB)

Biguanid yapısı taşıyan bileşiklerin iyi bir antibakteriyel aktiviteye sahip oldukları bilinmektedir ve bu maddeler antibakteriyel bitim işlemlerinde kullanılmaktadır. PHMB mükemmel antimikrobiyal aktivitesi, kimyasal stabilitesi, düşük toksisitesi ve makul maliyeti nedeniyle dünya çapında pazarlanan ve biguanitlerin hetero dağınık bir karışımından oluşan hızlı etkili, geniş spektrumlu bir antimikrobiyal katyonik biyosittir. PHMB, pamuk üzerinde bulunan karboksilat grupları ile zayıf iyon-iyon bağlantıları yoluyla bağlanır. PHMB, hücre zarına bağlanarak bakteriyel hücrelere saldırılmaktadır.

PHMB, oda sıcaklığında ve nötral pH' larda çektirme yöntemi ve emdirme-kurutma-fikse yöntemiyle selülozik materyallere kolayca uygulanabilir. PHMB çeşitli dezenfektanlar, hijyen ürünleri, gıda endüstrisi uygulamaları ve tekstil endüstrilerinde sıklıkla kullanılmaktadır. PHMB selülozik materyallere antimikrobiyal aktivite kazandırmak için kapsamlı bir şekilde çalışılmıştır (Gao ve Cranston 2008).



Şekil 2.16. PHMB kimyasal yapısı (Simoncic ve Tomsic 2010)

2.14.3. Antibakteriyel Apre Aktarma Yöntemleri

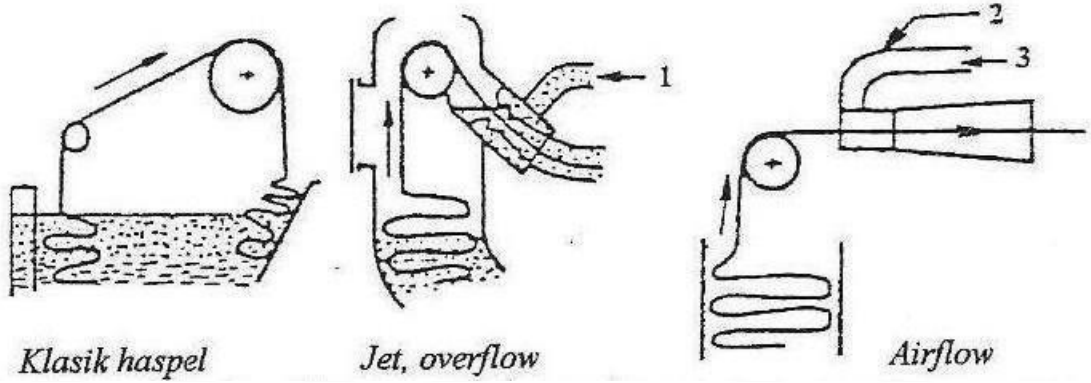
Çektirme yöntemi

Çektirme yöntemine göre aplikasyonda terbiye veya boyama işlemi görecektir materyal, uzun flotte oranlarında ve uzun sürelerde işlem görmektedir. Flottedeki kimyasal maddelerin, lifler ile reaksiyona girip büyük bir kısmının düzgün bir şekilde applike edilmesi gerekir. Flotte oranları genel olarak 1/2 ile 1/100 arasında değişmektedir. Bu durum çektirme yönteminin önemli sakıncalarından olup, flotte oranının uzun olması sebebiyle su, terbiye maddesi ve enerji tüketiminin yüksek olmasına neden olmaktadır.

Çektirme metodunda kullanılan kimyasal maddelerin tekstil materyaline karşı afinitelerinin (substantiftiklerinin/ilgilerinin) olması gerekmektedir. Çektirme yönteminde, genellikle kesikli ve halat halinde çalışılmaktadır (Çoban 1999).

Çektirme yönteminde liflerin flottedeki kimyasal maddeleri düzgün bir biçimde flotteden çekip alması belli bir sürede meydana gelmektedir. Kimyasal maddelerin aplikasyonu sırasında süre ilerledikçe, banyodaki terbiye maddesi konsantrasyonu

azalırken lifin içerisindeki veya üzerindeki terbiye maddesi konsantrasyonu artar. Belirli bir süre sonra flottedeki terbiye maddesi miktarı ile tekstil mamulü tarafından çekilen terbiye maddesi miktarı arasında dinamik bir denge oluşmakta ve terbiye maddesinin difüzyonu durmaktadır. Çalışma esnasında pH, elektrolit içeriği ve sıcaklık değişmediği sürece oluşan dinamik denge bozulmaz. İstenen durumlarda bu değişkenlere müdahale edilerek dinamik denge istenen tarafa kaydırılabilir ve istenen etki veya renk elde edilmeye çalışılır. Bu yöntemle göre çalışan makineler genel olarak jet (overflow), haspel ve airflow makineleridir.

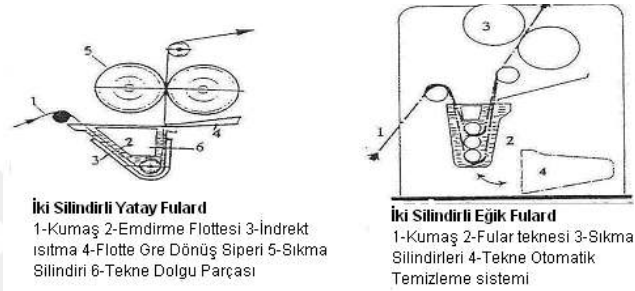


Şekil 2.17. Çektirme yönteminde kullanılan makineler (Çoban 1999)

Emdirme yöntemi

Tekstil mamulünün bir tekne veya küvet içerisindeki flotteden kısa süre içerisinde geçirilip sıkılması şeklinde yapılan aplikasyon yöntemine emdirme işlemi denir. Emdirme işleminde kullanılan kimyasal maddelerin çektirme metodunun aksine liflere substantifliğinin (affinitesinin) olmaması veya mümkün derece düşük olması istenmektedir. Emdirme yönteminde tekstil mamulü kısa flotte oranındaki (1/2' den küçük) bir banyo içerisinde işleme tabi tutulur ve sonra sıkılır. Bir tekne ile sıkma merdanelerinden oluşan fulard, emdirme işleminde kullanılan en basit ve en yaygın makinedir. Asıl amaç tekstil mamulü üzerine boyama, apre ve baskı işlemlerinde kullanılan kimyasal maddelerin eşit ve düzgün bir şekilde aktarılmasıdır. Uygulaması kolay olup tekstil yüzeylerine açık en halinde kimyasal maddelerin aplikasyonu yapılabilmektedir. Sürekli veya yarı sürekli olarak çalışmak mümkündür.

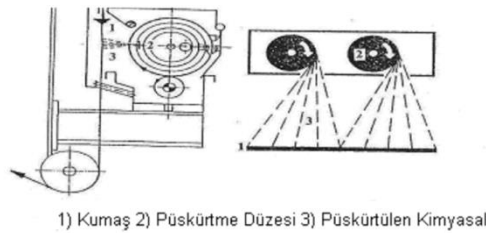
Mamulün eşit sürede banyoda kalması ve banyo seviyesinin aynı tutulması gerekir. Bu nedenle mamul tarafından kimyasal maddeler alındıkça banyoya aynı konsantrasyonu sağlayacak şekilde kimyasal eklemesi yapılmalıdır. Aplikasyon süresi çektirme metoduna göre oldukça kısadır ancak yine de flottede kimyasalların kumaş tarafından alınması için minimum bir süre gereklidir. Aksi durumlarda materyale düzgün bir aplikasyon sağlanamamaktadır. Emdirme yönteminde tekstil ürünü tarafından alınan flotte miktarını etkileyen faktörler; kumaşın geçiş hızı, sıkma silindiri basıncı, tekstil materyalinin cinsi ve konstrüksiyonu, tekstil ürününün önceden gördüğü işlemler ve banyonun sıcaklığıdır (Çoban 1999).



Şekil 2.18. Emdirme Yönteminde Kullanılan Fular Makineleri (Çoban 1999)

Püskürtmeyle aktarma

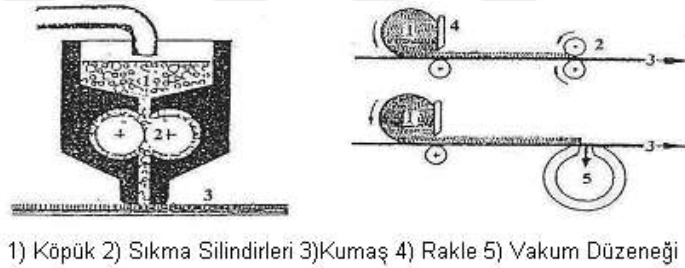
Bu yöntemde terbiye maddesi aplikasyonu bir düze sistemi yardımıyla püskürtülerek yapılmaktadır. Genellikle hassas tekstil materyallerinin bitim işlemlerinde kullanılmaktadır. Kumaşlarda hiçbir mekanik zorlamaya neden olmaması, baş-son farkı yaratmaması, kurutma sırasında migrasyon tehlikesinin az olması, su, enerji ve kimyasal madde tasarrufu sağlaması avantajlarıdır. Ancak kumaşın her tarafına devamlı ve eşit olarak flotte aktarmanın zor olması, kıvamlı apre kimyasalları ile çalışıldığında düzelerin tıkanması gibi dezavantajlarından dolayı günümüzde çok yaygın bir şekilde kullanılmamaktadır (Çoban 1999).



Şekil 2.19. Püskürtme ile Aplikasyon Makineleri (Çoban 1999).

Köpükle aktarma

Bu yöntemde su bazlı flotteler yerine köpük flotteleri ile tekstil materyallerinin yüzeyine aplikasyon yapılmaktadır. Yüzey aktif maddeler yardımıyla havanın su içinde ince zerrecikler halinde dağıtılmasıyla köpük oluşur. Ancak köpük oluştururken kullanılan tensidin flottedeki apre maddesini etkilememesi gerekmektedir. Köpük, bir sıvının gaz yardımıyla şişirilerek yüzey alanının 1000 kat artırılmış, kısa ya da uzun ömürlü ve metastabil bir sistemdir. Köpük özel bir jeneratör yardımıyla sürekli olarak üretilir ve kumaşa applike edilir. Püskürtme yönteminde olduğu gibi iletim için kullanılan aparatlarda tıkanmalar meydana gelmektedir. Köpükle aplikasyon enerji, kimyasal madde ve atıklar yönünden önemli avantajlar sağlasa da geniş bir uygulama alanı bulamamıştır (Çoban 1999).



Şekil 2.20. Köpükle Aplikasyon Tekniği (Çoban 1999)

2.14.4. Antibakteriyel Aktivite Testleri

Bitim işlemi uygulanmış tekstillerin antibakteriyel etkinliğinin belirlenmesi için birçok test yöntemi uygulanmaktadır. Bu yöntemler genel olarak kantitatif ve kalitatif olmak üzere iki kategori içerisinde yer almaktadır. Çizelge 2.9’da kantitatif ve kalitatif yöntemler içerisinde yer alan bazı test standartları gösterilmiştir (Pinho ve ark. 2011).

Çizelge 2.9. Kantitatif ve kalitatif yöntemler (Pinho ve ark. 2011).

Kantitatif yöntemler	Kalitatif yöntemler
AATCC 100 (Newyork City Protokolü)	AATCC 147 (Antibakteriyel)
AATCC 174, Pt II (Halılar için)	AATCC 174, Pt I (Halılar için)
JIS L 1902 Absorbsiyon Metodu (Antibakteriyel, Antifungal)	JIS L 1902 Absorbsiyon Metodu (Antibakteriyel, Antifungal)
ASTM E2149 (Antibakteriyel, Antifungal)	AATCC 90 (Agar testi)

Kalitatif test yöntemleri AATCC 147, AATCC 90 ve AATCC 174 standartlarını içermektedir. Yapılması basit olan bu testlerin, her çeşit tekstil mamulüne uygulanabilmesi sebebiyle, en çok tercih edilen antibakteriyel test yöntemlerinden biri olduğu görülmektedir (Gao ve Robin 2008). En yaygın olarak kullanılan diğer testlerden biri de kantitatif test yöntemidir. Bu testler ile antibakteriyel bitim işlemi görmüş olan tekstil ürünlerinin antibakteriyel etkinlik dereceleri ölçülmektedir. Bu ölçüm yüzde azalma olarak ifade edilmektedir. Ancak kalitatif test yöntemlerinden daha fazla zaman almaktadır. Kantitatif testler içerisinde AATCC 100 ve ASTM E2149 gibi testler yer almaktadır (Gao ve Cranston 2008).

2.15. Literatür Çalışmaları

Lee ve Jeong (2004), çalışmalarında, poliester dokusuz yüzeyler üzerinde nano boyutta kolloidal gümüş çözeltilerin antibakteriyel aktivite etkilerini ve uygulama yöntemlerini incelemişlerdir. Farklı partikül boyutlarındaki nano kolloidal gümüş çözeltileri, farklı konsantrasyonlarda polyester dokusuz yüzeylere aplike edilmiştir. Agar difüzyon yöntemine göre gram-pozitif ve gram-negatif bakterilerine karşı antibakteriyel aktivite tayini hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan nano boyutta kolloidal gümüş maddelerinin, konsantrasyonu arttıkça ve partikül boyutları küçüldükçe, antibakteriyel etkinliklerinin arttığı tespit edilmiştir. TEM analizi gümüş nanopartiküllerinin şekil ve boyutlarını göstermiştir. SEM analizi görüntüleri, gümüş nanopartiküllerin bitim işlemi uygulanmış kumaşların yüzeylerinde iyi bir şekilde dağıldığını göstermiştir. Dokusuz polyester kumaşlara antibakteriyel aktivite kazandırma işlemi, nano boyutta kolloidal gümüş solüsyonları ile kolayca elde edilmiştir.

Orhan ve ark. (2007), pamuklu kumaşlarda triklosan antibakteriyel maddesi olarak uygulamışlardır ve bu maddenin tekrarlı ev yıkamalarına karşı dayanımını çalışmışlardır. Nihai sonuçlar, ham kumaşların en düşük antibakteriyel aktiviteye sahip olduğunu ve ağartma ön işlemi yapılmış kumaşlarda bakteri büyümesinde önemli bir azalma olduğunu göstermektedir. Triklosan maddesi ile bitim işlemi uygulandıktan sonra kumaşların özellikle gram pozitif *S. aureus* bakterisine karşı iyi bir antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, yapılan tekrarlı ev yıkamalarının, kumaşların antibakteriyel aktivitesinde azalmalara neden olduğu da anlaşılmıştır.

Jothi (2009) “Experimental study on antimicrobial activity of cotton fabric treated with aloe gel extract from Aloe vera plant for controlling the Staphylococcus aureus (bacterium)” çalışmasında antimikrobiyal kumaş geliştirmek için, %100 pamuklu kumaşa aloe vera jel aplike etmiştir. Prosesin parametrelerinin optimizasyonu için aloe vera ekstratı çeşitli konsantrasyonlar ile pamuklu kumaşa emdirme-kurutma-fikse yöntemiyle uygulanmıştır. Aloe vera jel bitim işlemi uygulanmış kumaşlar *S. aureus* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite göstermiştir. İşlem görmüş pamuklu kumaşların antimikrobiyal etkinliğinin 50 evsel yıkama sonrasında dahi iyi olduğu gözlemlenmiştir.

Zhang ve ark. (2009), çalışmalarında HBP-NH₂ polimeri ile AgNO₃ sulu çözeltisini oda sıcaklığında karıştırarak yeni bir gümüş nanopartikül çözeltisi hazırlamışlardır. Dinamik ışık saçılımı (DLS), TEM ve UV/Vıs spektroskopisi testleri sonucunda, hazırlanan çözeltideki gümüş nanopartiküllerin kolloidal özellikte olduğu tespit edilmiştir. Pamuklu kumaşlara antibakteriyel özellik kazandırmak için, hazırlanan gümüş nanopartikül çözeltisi emdirme yöntemi kullanılarak kumaşlara aplike edilmiştir. Kumaşların beyazlık indeksi, gümüş içeriği, antibakteriyel aktiviteleri ve yıkama dayanımları incelenmiştir. Sonuç olarak 88 mg/kg gümüş içeren kumaşta gram negatif *E. coli* ve gram pozitif *S. aureus* bakterilerine karşı antibakteriyel etkinliğin %99 seviyelerinde olduğu ve 20 yıkama sonucunda bile %98,77 seviyesinde kaldığı tespit edilmiştir.

Wasif ve Laga (2009), çalışmaları kapsamında 5, 10, 15, ve 20 g/l gibi çeşitli konsantrasyonlarda gümüş nanopartikül çözeltisini, PVOH ve çevre dostu bir çapraz bağlayıcı varlığında pamuklu dokuma kumaşlara antimikrobiyal bitim işlemi olarak uygulamışlardır. Antimikrobiyal bitim işlemi, pamuklu kumaşlara emdirme-kurutma ve fikse yöntemi ile uygulanmıştır. Fikse işlemi 140, 150 ve 160 °C sıcaklıklarında 1, 2 ve 3 dakika sürelerinde uygulanmıştır. Bitim işlemi uygulanmış kumaşlara daha sonra gerilme mukavemeti, eğilme uzunluğu, kat düzeltme açısı ve bakteriyel inhibisyon bölgesi gibi çeşitli testler uygulanmıştır. Antimikrobiyal aktiviteyi belirlemek için inhibisyon bölgelerinde *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* bakterileri üzerinde çalışılmıştır. Bitim işlemi uygulanmış kumaştaki polimer oluşumunu gözlemlemek için, bu kumaşların yüzey karakteristikleri Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılarak incelenmiştir. Sonuç olarak gram negatif *E. coli* ve gram pozitif *S. aureus* bakterilerine karşı iyi bir antimikrobiyal aktivite elde edilmiştir. PVOH konsantrasyonu arttıkça, eğilme uzunluğu ve kat düzeltme açısının da arttığı görülmüştür. Ayrıca fikse sıcaklığının ve süresinin, kumaşların gerilme mukavemeti üzerinde derin bir etkisinin olduğu gözlenmiştir. Fikse sıcaklığı ve süresi arttıkça kumaşların çekme mukavemeti değerlerinin de o kadar düştüğü tespit edilmiştir.

Montazer ve Rangchi (2009), çalışmalarında polyester, polipropilen ve viskoz esaslı dokusuz yüzey kumaşlara CTAB (Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide) maddesini antimikrobiyal maddesi olarak uygulamıştır. Aynı zamanda CTAB antimikrobiyal

maddesi ile birlikte, su itici özellikte bir florokarbon kimyasalı da kumaşlara apre maddesi olarak uygulanmıştır. Bitim işlemi uygulanmış kumaşlara antimikrobiyal aktivite tayini, su ve kan iticilik testleri uygulanmıştır. Antimikrobiyal aktivite testi, bitim işlemi uygulanmış kumaşlara AATCC 100 standardına göre yapılmıştır. Numunelerin yüzeylerindeki bakteri azalma değerleri *S. aureus*, *E. coli* ve *P. aeruginosa* bakterilerine karşı ölçülmüştür. %0,5, %1 ve %2 konsantrasyonlarında kullanılan CTAB solüsyonlarının polyester, polipropilen ve viskoz esaslı dokusuz yüzeyli kumaşlarda kabul edilebilir seviyede antimikrobiyal aktivite göstermiştir. %4 ve %8 konsantrasyonlarında kullanılan CTAB solüsyonlarının ise iyi derecede antimikrobiyal aktivite gösterdiği görülmüştür. CTAB ve su itici özellikte florokarbon kimyasalın kullanıldığı örneklerde ise iyi derecede antimikrobiyal aktivite, su ve kan iticilik değerleri tespit edilmiştir.

Rajendran ve ark. (2010), çalışmalarında antimikrobiyal özellikli pamuklu kumaş geliştirmek için çinko oksit nanopartiküller üzerine odaklanmışlardır. Çinko oksit nanopartiküller yaş kimyasal sentez yöntemiyle üretilmiştir ve emdirme-kurutma-fikse yöntemi kullanılarak pamuklu kumaşlara uygulanmıştır. İşlem görmüş ve görmemiş kumaşlar topografik analizlerine göre çalışılmış ve karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, kalitatif ve kantitatif test yöntemlerinde işlem görmüş kumaşın *S. aureus* bakterisine karşı çok iyi antibakteriyel aktivitesi olduğunu göstermiştir. SEM analizleri bitim işlemi uygulanmış kumaşlarda çinko oksit nanopartiküllerin varlığını ispatlamıştır. Bitim işlemi uygulanmış kumaştaki çinko oksit nanopartiküllerin antibakteriyel aktivitesi, 25 yıkamaya kadar dayanıklılık göstermiştir.

Jassim ve Al-Saree (2010), araştırmalarında %2 serisin çözeltisini pamuklu kumaşa aplike etmeden önce ve aplike ettikten sonra spor kolonilerinin büyümesini ve kopma mukavemetine etkisini çalışmışlardır. Buna göre, %2 serisin aplikasyonundan sonra kumaşların kopma mukavemetinin yaklaşık beş kat arttığı ve spor kolonilerinin azaldığı sonucuna ulaşmışlardır. Serisinin etkisini belirlemek için *Micrococcus leuteus* bakterisi kullanılmış ve serisinin bu bakteriyi inhibe ettiği görülmüştür. Sonuç olarak serisinin antimikrobiyal ve antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, serisinin bazı patojenik bakterilerin izole edilmesinde, tıbbi bandajlarda, antibakteriyel sabunlarda ve diş macunlarında kullanılabileceği belirtilmiştir.

El-Rafie ve ark. (2010), çalışmalarında F.Solani mantarının biyokütlesinden filtre edilen gümüş nanopartikülleri hazırlamıştır. 54 ppm'den küçük hazırlanan gümüş nanopartikülleri herhangi bir çapraz bağlayıcı olmadan pamuklu kumaşlara bitim işlemi maddesi olarak uygulanmıştır. Bitim işlemi uygulanmış kumaşların karakterizasyonu taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca gümüş nanopartiküllerinin antibakteriyel etkinliği ve dayanıklılığı tespit edilmiştir. Bitim işlemi uygulanmış pamuklu kumaşların antibakteriyel etkinlikleri bakteri kolonisindeki yüzdesel olarak azalma cinsinden ifade edilmiştir. *S. aureus* bakterisine karşı %97, *E. coli* bakterisine karşı %91 bakteriyel azalma sonuçları elde edilmiştir. Bitim işlemi uygulanmış pamuklu kumaşlara 20 evsel yıkama işlemi yapılması sonucunda ise *S. aureus* bakterisine karşı %53 ve *E. coli* bakterisine karşı ise %48,7 bakteriyel azalma değerleri elde edilmiştir. Bu durumu düzeltmek için bitim işlemi reçetesine çapraz bağlayıcı bir madde eklendiğinde 20 evsel yıkama sonucunda *S. aureus* bakterisine karşı %94, *E. coli* bakterisine karşı %85 bakteriyel azalma sonuçları elde edilmiştir.

Arık ve Seventekin (2011), çalışmalarında kitosan, titanyum dioksit ve silika maddelerini farklı oranlarda kombine ederek pamuklu kumaşlara uygulamışlardır. Bitim işlemi uygulanmış numunelerin antibakteriyel aktivite testi, ASTM E2149-01 standardına göre kantitatif olarak değerlendirilmiştir. Test yapılan ortam ile titanyum dioksit kaplamalarının aktivitesi arasında doğrusal bir ilişki olduğu bulunmuştur. Deney sonuçlarına göre, titanyum dioksit esaslı kaplanan tüm örnekler UV ışını altında 5 saat ışınlamadan sonra mükemmel aktivite göstermiştir. Ancak karanlık ortam koşullarında yapılan testlerde aktivite değerlerinin diğer örneklerden daha az olduğu görülmüştür. Titanyum ve kitosan çözeltilerinin kombinasyonu ile kaplanan numunelerin aktivite değerlerinin, sadece kitosan kaplaması uygulanan numunelerin aktivite değerlerine göre daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır. Buna ek olarak, silika ve kitosan kombinasyonlarının tek başına kitosan veya silika solüsyonundan daha etkili olduğu görülmüştür. Yapılan evsel yıkama işleminden sonra kombine sistemlerin en iyi antibakteriyel aktivite değerlerini verdiği tespit edilmiştir. Pamuklu kumaşın yapısı ve morfolojisi SEM-EDX, X-RD ve FT-IR analizleri kullanılarak incelenmiştir. SEM görüntülerinden, pamuklu kumaş ve kombine maddelerin kullanıldığı kaplamalar arasında uyumlu bir bağ olduğunu ve bu durumun yıkama dayanıklılığını sağladığı gözlenmiştir. EDX analizi sonucunda, kaplamalardaki titanyum ve silikanın varlığı

doğrulanmıştır. X-RD analizine göre, örneklerin kristalinitesinin stabilitesini gösteren süreçler arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir.

Duangstri ve ark. (2012), tekstilde uygulamak üzere, tütün yaprağından elde edilen polifenol katkılı çevreci ve doğal bir antimikrobiyal bitim işlemi geliştirmek üzerinde yoğunlaşmışlardır. Tütün yaprağından elde edilen ekstratın antimikrobiyal etkinliği disk difüzyon metodu kullanılarak tespit edilmiştir. Antimikrobiyal aktivite gram pozitif (*S. aureus*) ve gram negatif (*E. coli*) bakterileri üzerinde test edilmiştir. İnhibisyon çaplarının zone'ları 21.33 ± 0.86 ve 18.50 ± 0.77 mm olarak ölçülmüştür. Sonuçlar, tütün yaprağından elde edilen polifenol ekstratının antimikrobiyal ve anti oksidantlık gibi tekstil bitim işlemi uygulamaları için büyük bir potansiyelinin olduğunu göstermiştir.

Rajendran ve ark. (2012) yapmış oldukları çalışmalarında *Bombyx mori* ipek böceklerinin kozalarından serisin giderilmesi ve geri elde edilmesi için etkili bir teknoloji geliştirmişlerdir. Serisin giderme işlemi yapıldıktan sonra çözelti önce soğuk etanol ile çöktürülmüştür. İnkübasyon işleminden sonra çökelti 15 dakika santrifüj işleminden geçirilerek saf su içerisinde çözülmüştür. Elde edilen serisin ekstratı emdirme-kurutma-kürleme yöntemi ile pamuklu kumaşlara applike edilmiştir. Serisin applike edilmiş pamuklu kumaşa FTIR analizi sonucu, belirgin amid tepeleri görülmüştür. Kumaşların antimikrobiyal aktivitesini değerlendirmek için *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* bakterileri kullanılmıştır. Çalışmada antimikrobiyal aktivite testleri kalitatif AATCC 147-2001 ve kantitatif AATCC 100 standartlarına göre yapılmıştır. *E. coli* ve *S. aureus* bakterileri için agar difüzyon yönteminde 28 mm ve 30 mm'lik bir inhibisyon zonu ve paralel çizgi yönteminde ise *E. coli* ve *S. aureus* için 40 mm ve 42 mm'lik bölgeler elde edilmiştir. Bakterilerin yüzdesel azalması testi ile yapılan kantitatif değerlendirme sonucunda ise sırasıyla *S. aureus* ve *E. coli* bakterileri için %89.4 ve %81'lik azalma yüzdeleri elde edilmiştir. Bulgular, serisinin antimikrobiyal özellikle tekstil materyallerinin geliştirilmesi için değerli bir bileşen olabileceğini göstermiştir.

Khalifa ve ark. (2012)'nın yapmış olduğu çalışmada serisin, kumaşlara bitim işlemi maddesi olarak uygulanmıştır. İlk olarak serisin kozalardan giderilerek geri kazanılmıştır. Daha sonra bu serisin yün ve pamuklu kumaşın bazı özelliklerini

modifiye etmek için kullanılmıştır. Yapılan işlemlerde serisinin yün lifine afinitesi olduğu görülmüştür. Bu lifin tutumunu 4 puan'a kadar yükseltmiş, su absorpsiyonunda ise %70,75 oranında artış sağlamıştır. Ayrıca serisin uygulanan örneklerde antibakteriyel etkinlik gözlemlenmiştir. Serisinin sonuç olarak endüstride uygulanan bitim işlemleri için toksik kimyasallar yerine kullanılabileceği görülmüştür.

Doakhan ve ark. (2013) pamuklu kumaşlara antibakteriyel özellik kazandırmak için serisin ve titanyum dioksit maddelerinden nano boyutta kompozit bir madde geliştirmişlerdir. Geliştirilen bitim işlemi kimyasal tek başına veya polikarboksilik asit esaslı çapraz bağlama ajanı ile birlikte, emdirme-kurutma-kürleme yöntemi kullanılarak pamuklu kumaşlara aplike edilmiştir. Serisin/TiO₂ nanopartikül ve çapraz bağlama maddelerinin pamuklu kumaş üzerindeki varlığı FTIR, SEM, EDX ve XRD analizleri ile belirlenmiştir. Bitim işlemi uygulanmış pamuklu kumaşların antibakteriyel aktivitesi ve dayanıklılığı, gram-pozitif (*Staphylococcus aureus*) ve gram-negatif (*Escherichia coli*) bakterilerine karşı araştırılmıştır. Bitim işlemi kimyasal, *S. aureus* bakterisinde, *E. coli*'ye göre daha etkili antibakteriyel aktivite göstermiştir. TiO₂ nanopartikül ile muamele edilen kumaşların, serisine kıyasla bakterilere karşı daha fazla antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu görülmüştür. Serisinin antibakteriyel aktivitesi nanokompozit maddesi ile geliştirilmiştir. Çapraz bağlayıcılı ve bağlayıcısız bitim işlemi uygulanan kumaşların antibakteriyel aktivitesinde, 20 ve 40 yıkamadan sonra önemli bir değişiklik görülmemiştir. Serisin-titanyum dioksit nanokompozitler ile muamele edilen kumaşların kopma mukavemeti değerleri incelendiğinde ham pamuklu kumaşın değerlerine kıyasla önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Das ve ark. (2014), pamuğu hidrolize serisin ve katalist varlığında emdirme-kurutma-kürleme yöntemine göre modifiye etmiştir. Serisinin pamuğa modifikasyonu optimum şekilde sağlandıktan sonra pamuklu kumaşın reaktif boyar maddeler ile boyanması, tuz olmadan başarıyla gerçekleştirilmiştir. Hidrolize serisin ile modifikasyon sonrasında yapılan boyamalarda ışığa, sürtmeye ve yıkamaya karşı renk haslığı değerleri incelendiğinde konvansiyonel yöntem ile aynı değerler elde edilmiştir. Serisin ve katalist ile modifiye edilen pamuklu kumaşın yüzeyi amine hale gelerek boyar maddenin life fikse oranı %90 'a ulaşmış ve modifiye işleminden sonra yapılan reaktif

boyama işlemlerinde konvansiyonel yöntemle göre daha yüksek renk derinliği değerleri elde edilmiştir.

Yue ve ark. (2014), çalışmalarında çok işlevli pamuklu kumaşlar üretmek için serisin-gümüş nanopartikül (Ag NP-serisin) hibridi kullanmışlardır. Pamuklu kumaşlar, sodyum periodat (NaIO_4) ile oksitlenmiştir ve daha sonra pamuklu kumaşlara Ag NP-serisin hibridi bitim işlemi maddesi olarak uygulanmıştır. Bitim işlemi uygulanmış pamuklu kumaşların iyi antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca bu işlem kumaşların yüzeylerini nispeten pürüzsüz bir hale getirmiş ve iyi bir aşınma dayanımı kazandırdığı belirtilmiştir. FTIR analizi serisin proteininin selüloz lifleri üzerine başarılı bir şekilde applike edildiğini doğrulamıştır. Ag NP'ler UV-Vis spektroskopisi, transmisyon elektron mikroskobu (TEM) ve X-ışını toz difraksiyonu (XRD) ile karakterize edilmiştir. SEM, X-ışını fotoelektron spektroskopisi (XPS) ve EDS analizleri, Ag NP-serisin hibrid maddesinin pamuklu kumaşların yüzeyine başarılı bir şekilde applike edildiğini göstermiştir. Antibakteriyel aktivite deneylerinde *S.aureus* ve *E.coli*'nin bakteriyel azalma oranlarının %99'un üzerinde olduğu görülmüştür. 20 yıkama döngüsü sonrasında dahi kumaşların, *S.aureus* ve *E.coli* bakterilerine karşı %95'in üzerinde antibakteriyel aktivite gösterdiği belirlenmiştir.

Bhandari ve ark. (2016) çalışmalarında su kirliliğine sebep olan serisini deşarj suyundan geri kazanarak pamuklu kumaşlara uygulamışlardır. Serisin, kumaşlara çapraz bağlama maddesi ve katalizör ile birlikte uygulanmış ve kumaş daha sonra doğal boya ile boyanmıştır. Serisin ile muamele edilen kumaşların kat düzelme açıları, ıslanabilirlik, hava geçirgenliği ve UV koruma özellikleri test edilmiştir. Bu kapsamda, kat düzelme açısının geri kazanımı ve ıslanabilirliğin arttığı, hava geçirgenliğinin ise azaldığı görülmüştür. Sonuçta, serisin uygulanmasının pamuklu kumaşın özelliklerini geliştirdiği belirlenmiştir.

Tao ve ark. (2016) yapmış oldukları çalışmada antibakteriyel uygulamalar için ultraviyole ışık destekli in situ sentez yaklaşımı ile serisin jelin yüzeyinde, immobilize halde gümüş nanopartikülleri geliştirilmiştir. Serisin jeli yüzeyinde hareketsizleştirilmiş gümüşün miktarını ışınlama süresi ile düzenlemişlerdir. Serisin jelin gözenekli yapısı ve özelliğinin yapılan modifikasyon işleminden sonra herhangi bir değişime uğramadığı, taramalı elektron mikroskobu (SEM), X-ışını difraktometrisi (X-RD) ve Fourier

dönüşümü kızılötesi spektroskopisinin (FT-IR) analizleri ile kanıtlanmıştır. Diferansiyel tarama kalorimetrisi (DSC) analizi ile gümüş nanopartikül modifikasyonunun serisin jelinin termal stabilitesinin arttırdığı tespit edilmiştir. Bakteri büyüme eğrisi ve inhibisyon zonu deneyleri, gümüş nanopartikülleri ile modifiye edilen serisin jelinin, hem gram negatif hem de gram pozitif bakterilere karşı güçlü antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir. Serisinin biyomedikal amaçlı kullanımlar için büyük bir potansiyeli olduğu sonucuna varılmıştır.

Bhandari ve ark. (2018), serisin ile modifiye edilmiş pamuklu kumaşların boya alma özelliklerini doğal boya kullanarak araştırmışlardır. Serisin %0,5 (w/v) konsantrasyonda, %4'lük çapraz bağlama maddesi ve %1'lik katalizör varlığında belirli sıcaklıklardan geçirilerek, pamuk kumaşlara uygulanmış ve sonrasında pamuklu kumaşlar manjistha doğal boyası ile boyanmıştır. Serisin ile muamele edilmiş pamuk kumaşın boya alımının tüm optimize değişkenlerin kullanımı sonrasında %19,5'ten %31,7'ye çıktığını belirlemişlerdir. Sonuçta, serisinin pamuklu kumaşlara uygulanmasından sonra boyarmadde alımını arttırdığı ve boyamada kullanılan metalik mordantların kullanılmasını engelleyerek su kirliliğini azalttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca serisin uygulamasıyla antimikrobiyal aktivite ve ultraviyole koruma özellikleri gibi fonksiyonel özelliklere sahip olan tekstil ürünleri de üretilebilmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda serisin/Ag, serisin/TiO₂, ticari serisin ve geri kazanılmış serisin maddeleri ile pamuklu kumaşlara antibakteriyel aktivite kazandırılması amaçlanmıştır. Antibakteriyel bitim işlemi, pamuklu kumaşlara emdirme-kurutma-fikse yöntemi ile uygulanmıştır.

- Antibakteriyel özellikli referans ve diğer kimyasalların kumaşa uygulanması ve fikse edilmesi
- Antibakteriyel etkinliğin kalıcılığının gözlemlenmesi için kumaşlara 10 ve 20 tekrarlı evsel yıkamaların yapılması
- Antibakteriyel etkinliğin ölçülmesi için ASTM E2149 ve JIS L 1902 metotlarının uygulanması

3.1. Materyal

3.1.1. Kumaş

Çalışmada kullanılan dokuma kumaş ön terbiye işlemleri yapılmış %100 pamuk, 1/1 bezayağı örgüde, 120 g/m² ağırlığında, Nm 60 atkı ve çözgü ipliği numaralarında olup 55 çözgü/cm ve 30 atkı/cm sıklık değerlerine sahiptir.

3.1.2. Kimyasal maddeler

Çalışmada kullanılan ®Ruco-Bac AGL antibakteriyel apre maddesi, ®AC 249, ®RUCO-PLAST PMN ve ®RUCO-COAT VA 3210 çapraz bağlayıcı maddeleri Rudolf-Duraner firmasından temin edilmiştir. Ay-Kim firmasından temin edilen asetik asit ve sitrik asit maddeleri ise çözeltilerin pH' ının ayarlanmasında kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan serisin, Kirman İplik A.Ş.' den temin edilen ipek liflerinden sökülerek elde edilmiştir.

Serisin/Ag, serisin/TiO₂, ticari serisin ve atık sudan geri kazanılmış serisin

Tez çalışmamızda antibakteriyel özelliğini araştırdığımız serisin maddesi, hem ticari olarak hem ipekten sökülerek hem de titanyum dioksit ve gümüş ile nanopartikül kompozit oluşturularak kullanılmıştır. Bu maddeler TÜBİTAK 114Y461 nolu “Tekstil Endüstrisi - İpek İpliği İşleme Atıksularından Membran Hibrit Prosesler ile Serisin Proteini Geri Kazanımı ve Prototip Serisin Üretimi” projesi kapsamında Ankara Üniversitesi Su Enstitüsünden temin edilmiştir.

®Ruco-Bac AGL

Özellikle deri ile temas eden mamuller olmak üzere her çeşit liften yapılan tekstil mamulüne uygulanabilen, yıkamaya dayanıklı antimikrobiyal koruyucu apre maddesidir. İnorganik tuzların ve yüzey aktif maddelerin karışımından oluşmaktadır. Antibakteriyel ve zayıf antifungal (anti-mantar) özelliğe sahiptir ve göç etme (migrasyon) özelliği yoktur. pH 3-11 arasında stabildir ve sararmaya karşı dayanıklıdır. Beyaz viskoz emülsiyon halindeki maddenin özgül ağırlığı, 20°C’de yaklaşık 1,1 g/cm³, pH değeri yaklaşık 7’dir. Soğuk veya ılık suda kolaylıkla seyreltilebilir. Anyonik karakterde ve AgCl/TiO₂ kimyasal kompozisyonda, bakteriyosidal ve hafif fungisidal özelliklere sahip kimyasal bir maddedir. Bu madde emdirme ve çektirme yöntemleri ile kumaşlara aplike edilebilir. Yıkama ve kuru temizlemeye karşı haslığı yüksek olup, cilde temas eden tekstil ürünlerinde kullanımı uygundur.

®AC 249

Binder olarak kullanılan noniyonik yapıdaki madde, akrilik ester kopolimeri esaslıdır. Yıkama ve kuru temizleme karşı dayanıklıdır . Pasta ve köpük uygulamalarıyla kaplama, flok yapıştırıcısı, pigment baskı binderi, stor perde kaplama uygulamalarında binder olarak kullanılır. Beyaz, sütümsü dispersiyon halindeki madde su ile her oranda karıştırılabilir ve pH değeri yaklaşık 2–4 arasında değişmektedir.

®Ruco-Plast Pmn

Noniyonik yapıdaki akrilat kopolimeri olan ®RUCO-PLAST PMN maddesi binder olarak kullanılmıştır. Ilıman yıkamalara, kuru temizlemeye ve sararmalara karşı dayanıklıdır. Antipilling efekti de kazandırmaktadır. Sütümsü emülsiyon halindeki maddenin özgül ağırlığı, 20°C’ de yaklaşık 1,08 g/cm³, pH değeri yaklaşık 2,5 - 3,5 seviyesindedir. Soğuk suda kolayca seyretilenmektedir. Noniyonik yapısından dolayı birçok apre maddesi ile birlikte kullanılabilir.

®Ruco-Coat Va 3210

Vinil asetat etilen kopolimeri olan anyonik yapılu madde köpük, pasta kaplamalarında ve fulard uygulamalarında sulu polimerik dispersiyon halinde kullanılabilir. Yumuşak, elastik, yapışkan ve hidrofilik yapıda film oluşturabilen madde kendi kendine çapraz bağlanabilir. Hassas yıkamalara dayanıklıdır, kuru temizleme solventlerinde çözülmez, fakat şişebilir. Beyaz dispersiyon halindeki maddenin özgül ağırlığı yaklaşık, 20°C’ de 1.05 g/cm³ olup, pH değeri 4 - 5 seviyesindedir. Soğuk su ile kolayca sulandırılabilir. RUCO-COAT VA 3210 pasta, köpük kaplamalarında, fulard ve tek taraflı aktarma uygulamalarında kullanılabilir. Kurutma işlemleri 90-120 °C’de yapılabilir ve çapraz bağlanmanın tamamlanması için 140-160 °C’ de fikse (kondanse) sıcaklıklarına dayanıklıdır.

Asetik asit

Sanayide biyolojik ve sentetik yollar ile imal edilebilen asetik asit, etanoik asit ya da sirke asidi olarak anılan, CH₃COOH açık formüllü, C₂H₄O₂ kapalı formüllü organik bir asittir. Suda tamamen çözünen asetik asidin tuz ve esterine asetat adı verilir. Kimya sektöründe etanoik asit olarak anılır. Zayıf bir asittir. Sanayide oldukça geniş bir kullanımı olan asetik asit, kimyasalların üretiminde hammadde olarak değerlendirilir. Vinil asetat üretiminde yoğun şekilde kullanılır. Tekstil sektöründe çözücü olarak, pH ayarlamalarında ve ard işlemlerde nötralizasyon maddesi olarak kullanılır.

Sitrik asit

Formülü $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ olan sitrik asit monohidrat, renksiz kristal yapılı bir kimyasaldır. Yoğunluğu 20°C’de 1.54 gr /cm³’tür. Halk arasında limon tuzu olarak da adlandırılır. Fiziksel hali kristal olan sitrik asit anhidrat kimyasalının rengi beyazdır.

3.1.3. Makineler

Pamuklu kumaşlara uygulanan antibakteriyel bitim işlemleri Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Numune bobin boyama makinesi

ATAÇ Lab-Dye HT marka numune bobin boyama makinesi 100 °C ve üzerindeki sıcaklıklarda çalışabilen yüksek basınçlı boyama makinesidir. Makine kapasitesi mamul ağırlığı olarak 4 kg’dır. Su alma hacmi 2 lt, çalışma basıncı 3,5 bar ve çalışma sıcaklığı 140 °C’dir. Makine işlem ekranından program yazılarak çalışma ve manuel olarak çalışmak mümkündür. İçten dışa – dıştan içe sirkülasyon prensibiyle çalışmakta ve boyama işlemi yapılabilmektedir. İpek liflerine yüksek basınçta serisin sökme işlemi bu makinede yapılmıştır. Serisin söküldükten sonra elde edilen serisinli su makineden alınarak antibakteriyel işlemlerinde kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Numune bobin boyama makinesi

Laboratuvar tipi numune fulard makinesi

Laboratuvar tipi numune emdirme fulardı olan Werner Mathis AG makinesi, pamuklu kumaşlara uygulanan antibakteriyel bitim işlemlerinde kullanılmıştır. Kumaş geçiş hızı 0,5-8 m/dk olan cihazın sıkma silindirleri arasındaki maksimum çalışma basıncı ise 10 bar'dır. Maksimum kumaş eni 50 cm'dir.



Şekil 3.2. Laboratuvar Tipi Numune Emdirme Makinesi

Laboratuvar tipi XIAMEN RAPID (H-TS-3) numune ramöz makinesi

Numune ramöz makinesi pamuklu kumaşlara uygulanan antibakteriyel işlemlerin etkinliğinin iyileştirilmesi ve kalıcılığının artırılması için kurutma ve fikse işlemlerinde kullanılmıştır. Otomatik besleme ve ayarlanabilir süre özellikleri bulunan numune ramöz makinesi 250 °C'a kadar sıcaklıklara çıkabilmektedir. Çalışılabilen numune boyutu maksimum 36 cm*42 cm'dir.



Şekil 3.3. Laboratuvar Tipi Numune Ramöz Makinesi

3.2. Yöntem

3.2.1. Serisinin sökülmesi ve atık sudan geri kazanımı

İpek liflerine uygulanan serisin giderme işlemi Anış ve ark. (2016) tarafından geliştirilen yüksek basınç ve sıcaklık yöntemine göre yapılmıştır. Herhangi bir kimyasal kullanılmadan sadece yüksek sıcaklık ve basınç altında ipek liflerinden serisin sökülüştür. Serisin sökme işlemi 110⁰C sıcaklık ve 20 dakika işlem süresinde gerçekleştirilmiştir. İşlem sonrasında serisin içerikli atık çözelti makineden alınarak atık sudan serisinin geri kazanılması amacıyla Ankara Üniversitesi Su Yönetimi Enstitüsüne gönderilmiştir.

Serisinin atık sudan geri kazanılması işlemi Ankara Üniversitesi Su Yönetimi Enstitüsü'nde gerçekleştirilmiştir. Çapar ve ark. (2009) tarafından geliştirilen membran hibrit prosesi ile serisin maddesi serisin giderme atık sularından geri kazanılmıştır. Serisin giderme işlemi pH 9-10 civarında gerçekleştirildiği için HCL yardımıyla çözeltinin pH'ı 3,5' a getirilerek flokülasyon işlemi yapılmıştır. Asidik ortamda yapılan santrifüj işleminden sonra serisin giderme atık suyundaki sabun dibe çökmektedir ve üst kısımda toplanan serisin içeren süpernatant kısım membran filtrasyon sistemine beslenmiştir. Serisin içerikli süpernatant çözeltisi nanofiltrasyon membranı (AlfaLaval) kullanılarak konsantre edilmiştir. Daha sonra etanol ile çökeltme ve liyofilizasyon işlemleri ile serisin maddesi atık sudan toz halde geri kazanılmıştır.

3.2.2. Serisin/Gümüş nanopartikül (AgNp) sentezi

Gümüş nanopartikül, sulu ortamda gümüş tuzunun bir indirgeyici yardımıyla indirgenmesi yöntemiyle sentezlenmiştir. Gümüş tuzu olarak gümüş nitrat (AgNO₃, Sigma-Aldrich), indirgeyici olarak ise sodyum hidroksit (NaOH, Merck) ve sodyum bor hidrür (NaBH₄, Merck) kullanılmıştır. Bu yöntemle göre serisin/gümüş nanopartikül üretimi kısaca şu şekildedir; NaOH ve NaBH₄ içeren çözeltiye serisin eklenmiş ve serisin tamamen çözünene kadar manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır.

Nanopartikül oluşumu için AgNO_3 çözeltileri, indirgeyici/serisin karışımının bulunduğu çözeltiye damla damla eklenmiştir. AgNO_3 çözeltisinin eklenmesi ile birlikte oluşan süspansiyonun renginin değişmeye başladığı gözlenmiştir. Serisin/gümüş nanopartikül sentezi herhangi bir ısı işlem uygulanmaksızın $25\text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan çözelti %0,2 M'dır.

3.2.3. Serisin/Titanyum dioksit (TiO_2) nanopartikül sentezi

Serisin/ TiO_2 nanopartikül örneklerinin sentezi kısaca şöyledir; serisin içerikli çözelti pH 11'e ayarlanmıştır. Bu çözelti içerisine toz halde TiO_2 nanoparçacıkları (Crystal, anataz faz, $< 50\text{ nm}$) eklenmiş ve 2 dakika ultrasonikasyon işlemi ile TiO_2 nanoparçacıklarının çözelti içerisinde homojen bir şekilde dağılması sağlanmıştır. Serisinin, parçacık aglomerasyonunu önleyici özelliği olduğu için nanopartikül hazırlama sürecinde stabilizatör özelliğinden faydalanılmıştır. Son olarak manyetik karıştırıcı yardımıyla 15 dakika karıştırma işlemi yapılmıştır. Böylece serisin/ TiO_2 nanopartikül sentezi gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan çözelti %0,2 M'dır.

Çalışma kapsamında antibakteriyel referans kimyasalı, serisin/Ag, serisin/ TiO_2 , geri kazanılmış serisin ve ticari serisinin antibakteriyel etkileri incelenmiştir. Bu maddeler pH 5'te farklı çapraz bağlayıcı maddeler ile beraber kumaşlara emdirme-kurutma-kondenzasyon (pad-dry-cure) yöntemine göre fulardda applike edilmiştir. Kurutma ve fiksasyon işlemleri sırasıyla $100\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 3 dakika ve $150\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 2 dakikada yapılmıştır. Kontrol numunesi olarak ticari antibakteriyel kimyasalı (Ruco BAC AGL) firmanın önerdiği koşullarda kumaşa applike edilmiş olup, herhangi bir çapraz bağlayıcı kullanılmamıştır. Uygulanan emdirme işleminde alınan flotte oranının % 90 olması için, sıkma silindirlerinin basıncı 1,5 bar olarak ayarlanmıştır. Numunelere uygulanan kimyasallar ve numune kodları Çizelge 3.1.'de verilmiştir. Reçetelerin detayları aşağıda verilmiştir.

3.2.4. Yüksek basınç ve sıcaklık (HT) yöntemi ile giderilmiş serisinli çözeltinin antibakteriyel bitim işleminde kullanılması

Numune bobin boyama makinesinde serisin giderme işlemi yüksek basınç ve sıcaklık yöntemine göre yapılmıştır. Herhangi bir kimyasal kullanılmadan sadece yüksek sıcaklık ve basınç altında ipek liflerinden serisin sökülüştür.

Çalışılan banyo oranı 1:10 olup işlem sonunda, içerisinde sökülüş serisin olan çözelti boşaltılmadan makineden geri alınmıştır. Daha sonra bu çözelti pH 5' e ayarlanıp çeşitli çapraz bağlayıcılar ile birlikte antibakteriyel bitim işleminde kullanılmıştır.

3.2.5. Uygulanan antibakteriyel bitim işlemi reçeteleri

- 1) RUCO-BAC AGL (referans kimyasalı)
 - 50 g/l RUCO-BAC AGL
 - $A_F = \% 90$
 - pH: 5
 - Kurutma/ Kondenzasyon: 100 °C, 5 dakika
- 2) Geri Kazanılmış Serisin/Ag Nanopartikül ve AC-249/ Ruco Coat VA/ Ruco Plast PMN Çapraz Bağlayıcıları
 - 20 ve 40 g/l konsantrasyonlarında serisin/Ag çözeltisi
 - % 5 çapraz bağlayıcı
 - $A_F = \% 90$
 - pH: 5
 - Kurutma/ Kondenzasyon: 100 °C, 3 dakika / 150 °C, 2 dakika
- 3) HT Yöntemiyle İpekten Sökülen Serisin ve AC-249/ Ruco Coat VA/ Ruco Plast PMN Çapraz Bağlayıcıları
 - HT yönteminde 110 °C de serisin sökme işlemi yapıldı. Serisin sökme çözeltisi, antibakteriyel bitim işlemi çözeltisi olarak kullanıldı.
 - % 5 çapraz bağlayıcı
 - $A_F = \% 90$
 - pH: 5
 - Kurutma/ Kondenzasyon: 100 °C, 3 dakika / 150 °C, 2 dakika

4) Geri Kazanılmış Serisin/TiO₂ ve AC-249/ Ruco Coat VA/ Ruco Plast PMN Çapraz Bağlayıcıları

- 20 ve 40 g/l konsantrasyonlarında serisin/TiO₂ çözeltisi
- % 5 çapraz bağlayıcı
- A_F= % 90
- pH: 5
- Kurutma/ Kondenzasyon: 100 °C, 3 dakika / 150 °C, 2 dakika

5) Ticari Serisin ve AC-249/ Ruco Coat VA/ Ruco Plast PMN Çapraz Bağlayıcıları

- 20 ve 40 g/l konsantrasyonlarında ticari serisin çözeltisi
- % 5 çapraz bağlayıcı
- A_F= % 90
- pH: 5
- Kurutma/ Kondenzasyon: 100 °C, 3 dakika / 150 °C, 2 dakika

6) Geri Kazanılmış Serisin ve AC-249/ Ruco Coat VA/ Ruco Plast PMN Çapraz Bağlayıcıları

- 20 ve 40 g/l konsantrasyonlarında geri kazanılmış serisin çözeltisi
- % 5 çapraz bağlayıcı
- A_F= % 90
- pH: 5
- Kurutma/ Kondenzasyon: 100 °C, 3 dakika / 150 °C, 2 dakika

Çizelge 3.1. Numunelere uygulanan kimyasallar ve numune kodları

	Etken madde					Çapraz bağlayıcı		
	Liften Sökülen Serisin (g/l)	Geri Kazanılmış Serisin+Ag (g/l)	Geri Kazanılmış Serisin+TiO ₂ (g/l)	Ticari Serisin (g/l)	Geri Kazanılmış Serisin (g/l)	AC249	PMN	VA
İşlemsiz								
Referans								
X1	20							
X2	20					X		
X3	20						X	
X4	20							X
X5		20						
X6		20				X		
X7		20					X	
X8		20						X
X9		40						
X10		40				X		
X11		40					X	
X12		40						X
X13			20					
X14			20			X		
X15			20				X	
X16			20					X
X17			40					
X18			40			X		
X19			40				X	
X20			40					X
X21				20				
X22				20		X		
X23				20			X	
X24				20				X
X25				40				
X26				40		X		
X27				40			X	
X28				40				X
X29					20			
X30					20	X		
X31					20		X	
X32					20			X
X33					40			
X34					40	X		
X35					40		X	
X36					40			X

3.2.6. Testler

Bitim işlemi uygulanmış kumaşların kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti, eğilme rijitliği ve beyazlık indeksi değerleri Uludağ Üniversitesi Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Laboratuvarı'nda, antibakteriyel aktivite testleri ise Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Mikrobiyoloji Laboratuvarı'nda yapılmıştır. FT-IR analizi ve UV absorbans ölçümleri Bursa Teknik Üniversitesi Lif ve Polimer Mühendisliği Bölüm Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan pamuklu kumaşlar antibakteriyel bitim işlemi uygulanmadan önce ve bitim işlemi uygulandıktan sonra TS EN ISO 139 standardına göre $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ sıcaklıkta $\% 65 \pm 4$ bağıl nem ortamında kondisyonlanarak numunelerin izafi neminin korunması sağlanmıştır. Numuneler hava alabilen bir dolap içerisinde 24 saat kondisyona bırakılıp sonrasında testler uygulanmaya başlanmıştır.

ASTM E2149 standart test metodunun uygulanması

ASTM E2149 test metodu ile yapılan shake flask testi (dinamik çalkalama) kantitatif sonuç vermektedir. Bu test metodu antibakteriyel ürünler ile işlem görmüş olan kumaşların, dinamik koşullar içinde bakterilerin büyümesine karşı gösterdikleri dirençleri ölçmede kullanılmaktadır (Çakar, 2015).

Bu test metodunda, içerisinde numune kumaş bulunan solüsyonun, başlangıçtaki bakteri sayısı ile 24 saat çalkalama sonrasındaki bakteri sayısı oranlanmaktadır (Palamutçu ve ark. 2008).

Çizelge 3.2. ASTM E2149 Standart Test Yöntemine Göre Antibakteriyel Etkinliğin Tespiti

Test Yöntemi	: ASTM E2149
Numune Ağırlığı	: 1.000 mg
Bakteri Türü	: <i>Escherichia coli</i> (ATCC 35218) <i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 6538)
Bakteri Konsantrasyonu	: $5,55 \times 10^4$ cfu*/mL (log 4,74) : S. Aureus : $1,41 \times 10^5$ cfu*/mL (log 5,15) : E. Coli (*cfu: Koloni oluşturan birim)
İnkübasyon Sıcaklığı	: $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
İnkübasyon Süresi	: 24 saat
Numune Bilgisi	: Farklı işlem uygulanmış kumaş örnekleri

Antibakteriyel Etkinliğin Hesaplanması

Toplam Antibakteriyel Etkinlik = $\log \text{cfu (Kontrol)}_{24 \text{ saat}} - \log \text{cfu (Numune)}_{24 \text{ saat}}$

Bakteri azalma oranı (%) = $[(A - B) / A] \times 100$ (3.1.)

A: “0” temas zamanında test örneklerinden elde edilen bakteri sayısı

B: 24 saat süresince inkübe edilen test örneklerinden elde edilen bakteri sayısı

JIS L 1902 standart test metodunun uygulanması

JIS L 1902 test metodunda, bir gelişim ortamında 1 ml gibi küçük hacimli bir bakteriyel inokülüm, serbest bir sıvı bırakmaksızın, uygun miktarda kumaş örneğinin içerisine tamamen absorbe edilebilmektedir. Bu durum kumaş ve bakteriler arasındaki yakın temasın güvence altına alınmasını sağlamaktadır. 37°C sıcaklıkta 18 saate kadar aşılana kumaşların inkübasyonu sonrasında, kumaş içindeki bakteriler ayrıştırılarak seri sulandırma yapılmakta ve agar plaklar üzerinde toplam popülasyon sayısı belirlenmektedir. Antibakteriyel aktivite, ilk popülasyon ve inkübasyon sonundaki popülasyonun karşılaştırılması ile hesaplanmaktadır (Gao ve Cranston 2008).

Çizelge 3.3. JIS L 1902 Standard Test Yöntemine Göre Antibakteriyel Etkinliğin Tespiti

Test Yöntemi	: JIS L1902
Numune Ağırlığı	: 400 mg
Bakteri Türü	: <i>Escherichia coli</i> (ATCC 35218) <i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 6538)
Bakteri Konsantrasyonu	3,84 x10 ⁵ cfu*/mL (log 5,58) : S. Aureus
	: 1,64 x10 ⁵ cfu*/mL (log 5,21) : E. Coli (*cfu: Koloni oluşturan birim)
İnkübasyon Sıcaklığı	: 37 ⁰ C ± 1 ⁰ C
İnkübasyon Süresi	: 18 saat
Numune Bilgisi	: Farklı işlem uygulanmış kumaş örnekleri

Antibakteriyel Etkinliğin Hesaplanması

Toplam Antibakteriyel Etkinlik = log cfu (Kontrol) _{18 saat} - log cfu (Numune) _{18 saat}

$$\text{Bakteri azalma oranı (\%)} = [(A - B) / A] \times 100 \quad (3.2.)$$

A: “0” temas zamanında test örneklerinden elde edilen bakteri sayısı

B: “18” saat süresince inkübe edilen test örneklerinden elde edilen bakteri sayısı

Evsel ve ticari yıkama haslığı testi

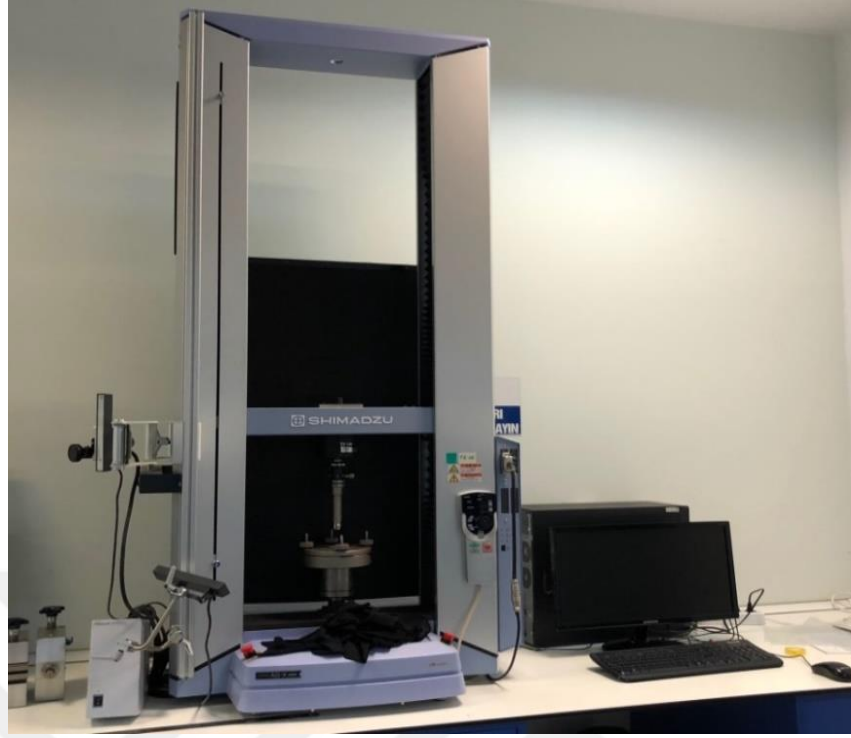
Evsel ve ticari yıkama haslığı testleri TEST 412 NB HT yıkama makinesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışılabilen tüp sayısı 12'dir ve istenilen çalışma için programlanabilir. Antibakteriyel bitim işlemi uygulanmış numunelerin 10 ve 20 yıkama dayanımlarını ölçmek için yıkama işlemlerinde kullanılmıştır. Yıkama işlemi TS EN ISO 105-C06 standardına göre yapılmıştır.



Şekil 3.4. TEST 412 NB HT Yıkama Makinesi

Numunelerin kopma mukavemetleri ve % uzama değerlerinin ölçümü

Antibakteriyel bitim işlemi uygulanan pamuklu kumaşların mukavemetleri ve % uzama değerleri şekil 3.5' de gösterilen SHIMADZU AGS-X serisi çekme testi cihazında yapılmıştır. 1 N ila 10 kN kapasiteli değiştirilebilir 11 farklı yük hücresi takılabilir, masaüstü modeldir. 10 kN'luk ana gövdeye sahiptir. TS EN ISO 13934-1 standardına göre yapılmıştır. 5 kN'luk yük hücresi kullanılmıştır. Çekim hızı 100 mm/dk olup çeneler arası mesafe 20 milimetredir. Teste tabi tutulacak numunelere, test işleminden 24 saat önce standart atmosfer koşullarında kondisyonlama (20°C, %65 bağıl nem) yapılmıştır. Deneyler 2 adet atkı ve 2 adet çözüğü yönünden numune alınarak yapılmıştır. Numunelerin eni 50 mm ve uzunluğu 200 mm olacak şekilde ayarlanmıştır. Hazırlanan numuneler test cihazının çeneleri arasına çalışma prensibine bağlı olarak ön gerilme verilerek yerleştirilmiştir. Ölçümlerden sonra elde edilen sonuçların aritmetik ortalamaları alınmıştır.



Şekil 3.5. SHIMADZU AGS-X serisi çekme testi cihazı

Numunelerin yırtılma mukavemetlerinin ölçümü

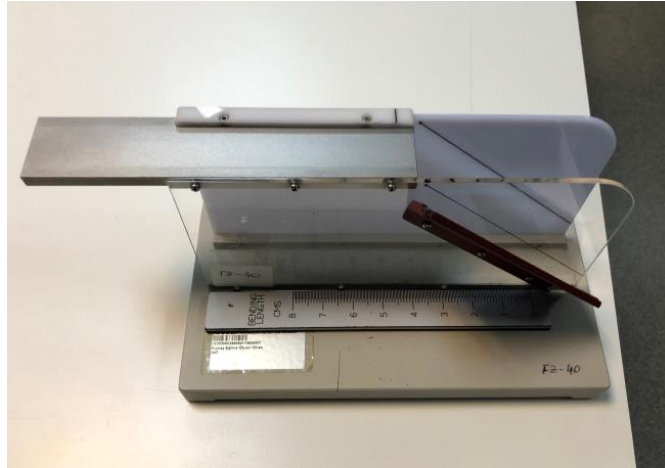
Yırtılma mukavemetinin ölçümünde kullanılan SDL Atlas Digital Elmendorf test cihazı 4 farklı ağırlık ve 1 adet kalibrasyon ağırlığı ile kullanılmaktadır. Testler TS EN ISO 13937-1 standardına göre atkı ve çözgü yönünde 2 tekrarlı olarak yapılmıştır. Numunelere test işleminden önce 24 saat boyunca standart atmosfer koşullarında kondisyonlama işlemi uygulanmıştır. Numuneler test standardında yer alan şablona göre 100 x 63 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler cihazdaki kışkaçlara bağlanır ve her bir numuneye çentik atılır. Daha sonra cihazdaki sarkaç serbest bırakılarak sabit çene ile hareketli çenenin numuneyi yırtması sağlanır ve numunelerin yırtılma mukavemeti ölçülür. Elde edilen sonuçların aritmetik ortalaması alınmıştır.



Şekil 3.6. SDL ATLAS Digital Elmendorf Test Cihazı

Eğilme rijitliğinin ölçümü

Kumaşların eğilme rijitliği atkı ve çözgü yönünde 3 tekrarlı olacak şekilde TS 1409 standardına göre yapılmıştır. Numuneler atkı ve çözgü yönünde 3'er adet 2,5 cm x 20 cm boyutlarında hazırlanmıştır. Eğilme ölçüm cihazında her bir numune için ön yüz ve arka yüzlerinden ve her iki uçlarından olmak üzere 4 ölçüm yapılmıştır. Daha sonra elde edilen sonuçların aritmetik ortalaması alınmıştır.



Şekil 3.7. Kumaş eğilme ölçüm cihazı

Beyazlık ve parlaklık indeksleri ölçümü

Beyazlık ve parlaklık indeksleri ölçümleri 360-740 nm dalga boyları arasında ölçüm yapabilen Konica Minolta CM-3600D spektrofotometresinde (D65 ışık kaynağında 10 °C bakış açısı altında) Argetek Colormission v.3.4.1 yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Her bir örneğin farklı bölgelerinden 4 ölçüm alınmıştır.



Şekil 3.8. Konica Minolta 3600d Spektrofotometresi

Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometresi (FT-IR) ölçümü

Pamuklu kumaşların fonksiyonel gruplarında meydana gelen değişimleri saptamak amacıyla Nicolet İs50 FT-IR ATR marka Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrofotometresi kullanılmıştır. Numunelerin FT-IR ölçümleri azaltılmış toplam yansıma (ATR) yöntemi metoduyla yapılmıştır. Bu cihaz oda sıcaklığı altında 350-7800 cm^{-1} bölgelerinde ölçüm yapmaktadır. Sonuçlar Spectra 4 cm^{-1} çözünürlüğünde elde edilmektedir.



Şekil 3.9. Nicolet Is50 FT-IR ATR Spektrofotometresi

Kumaşların UV absorbans değerlerinin ölçümü

Pamuklu kumaşlara uygulanan antibakteriyel işlemlerinde serisin ve serisinin farklı maddeler ile kombine olarak kullanıldığı kumaşlarda UV absorbans değerlerinin ölçümü yapılmıştır. Bu ölçümler SHIMADZU UV-3600 UV-VIS NIR Spektrofotometresinde yapılmıştır. Cihaz 185 ile 3.300 nm gibi geniş dalga boyu aralığında, ultraviyole, görünür ve yakın kızılötesi bölgeleri üzerinde ölçüm yapabilmektedir.



Şekil 3.10. SHIMADZU UV-3600 UV-VIS NIR Spektrofotometresi

Kumaşların % transmittanslarının ölçümleri UV görünür alan spektrofotometresi ile AS/NZS 4399: 1996 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Her bir örneğin 5'er nm'lik aralıklarla 290 nm'den 400 nm'ye kadar UVR transmittansı ölçülmüş ve aynı standartta belirtilen formül ve Çizelge 3.4.'de her dalga boyuna karşılık gelen değerlere göre, her bir numunenin UPF'si hesaplanmıştır (Australia / New Zealand Standard AS / NZS 4399-1996)[Formül 3].

UPF Hesaplama Formülü;

$$UPF = \frac{\sum_{290}^{400} (E_{\lambda} * S_{\lambda} * \Delta\lambda)}{\sum_{290}^{400} (E_{\lambda} * S_{\lambda} * \Delta\lambda * T_{\lambda})} \quad (3.3.)$$

$$UV - A = \frac{\sum_{315}^{400} (T_{\lambda} * \Delta\lambda)}{\sum_{315}^{400} \Delta\lambda} \quad (3.4.)$$

$$UV - B = \frac{\sum_{290}^{315} (T_{\lambda} * \Delta\lambda)}{\sum_{290}^{315} \Delta\lambda} \quad (3.5.)$$

E_{λ} = Relatif Eritemal Spektral Etki

S_{λ} = Güneşin Spektral Radyasyonu (Albuquerque) (W/cm²)

T_{λ} = Materyalin Spektral Transmittansı

$\Delta\lambda$ = Dalgaboyu Adımları (nm olarak)

Çizelge 3.4. CIE Eritemal Spektral Etki (E_λ) ve Güneş Spektral Işınımının Relatif Enerji değeri (S_λ)

Dalga Boyu (nm)	E_λ	S_λ
290	1	3,09E-09
295	1	7,86E-08
300	0,649	0,000000864
305	0,225	0,00000577
310	0,0745	0,0000134
315	0,0258	0,0000228
320	0,00855	0,0000314
325	0,002965	0,0000403
330	0,00136	0,0000532
335	0,00115	0,00005135
340	0,000966	0,0000539
345	0,000813	0,00005345
350	0,000684	0,0000559
355	0,000576	0,00006095
360	0,000484	0,0000564
365	0,000408	0,0000683
370	0,000343	0,0000766
375	0,000289	0,00006635
380	0,000243	0,0000754
385	0,000204	0,00006055
390	0,000172	0,0000757
395	0,000145	0,0000668
400	0,000122	0,000101

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Pamuklu kumaşlara uygulanan serisin ve serisinin çeşitli maddeler ile birleşimini içeren çözeltiler ile işlem görmüş kumaşların antibakteriyel etkinlikleri, mukavemet değerlerindeki değişimler, eğilme rijitliği, FT-IR analizi, ultraviyole koruyuculuk faktörleri ve beyazlık değerleri test edilmiş ve sonuçları yorumlanmıştır.

4.1. Kumaşların Antibakteriyel Aktivite Değerleri

İşlem görmemiş ham pamuklu kumaş, referans kimyasalı uygulanmış kumaş ve geri kazanılmış serisinin hem tek başına hem de diğer maddeler ile kombine edilerek antibakteriyel bitim işlemi uygulanmış kumaşların antibakteriyel etkinlikleri kantitatif olarak ASTM E2149 ve JIS L 1902 standartlarına göre belirlenmiştir. Antibakteriyel etkinliğin kalıcılığını test edebilmek için kumaşlara 10 ve 20 evsel yıkama işlemi yapılmıştır. Evsel yıkama işleminden sonra da kumaşların antibakteriyel etkinliğine bakılmıştır. Sonuçlar yorumlanırken (+) olarak verilen % bakteri değerleri bakteri sayısında artışı, (-) olarak verilen % bakteri değerleri ise bakteri sayısında azalmayı göstermektedir. (-) %100 değeri, yüzey üzerinde bulunan tüm bakterilerin öldüğünü belirtmektedir. Elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

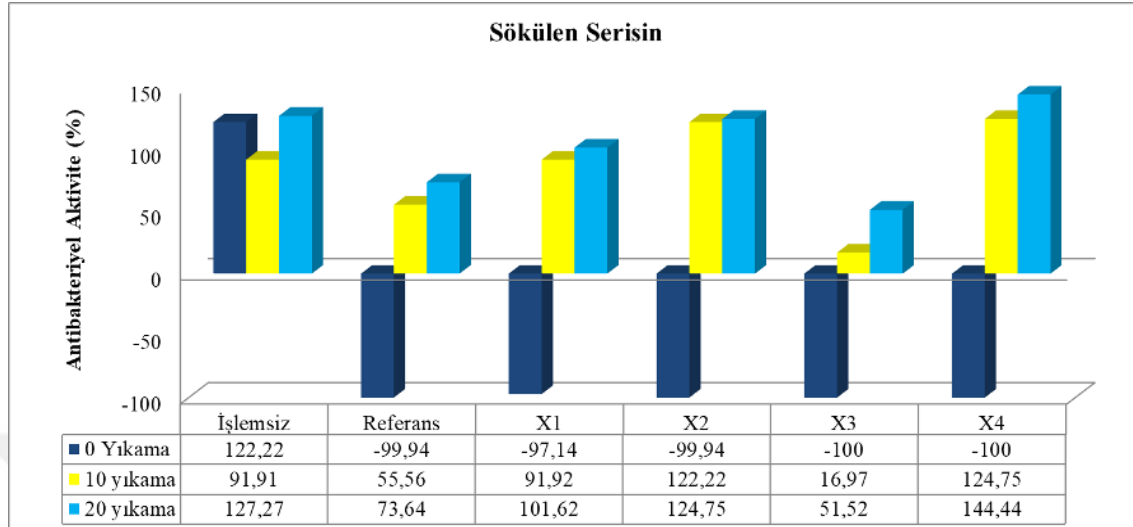
Çapraz bağlayıcılar ile kumaşlara uygulanan işlemlerden sonra bu maddelerin kumaşlara olan etkileri kurutma ve fikse işlemlerinin sıcaklığı ve süresine bağlıdır. Akrilik esaslı çapraz bağlayıcılar kumaşların yüzeyini kaplayan bir film tabakası oluşturmakta ve liflerin arasındaki boşlukları doldurmaktadır. Bu çapraz bağlayıcıların UV ışınlarına, ısıya, suya ve kuru temizleme solventlerine karşı dayanımlarının iyi olduğu bilinmektedir. Akrilik esaslı çapraz bağlayıcılardan gelen karboksilik asitler selülozun hidroksil grupları ile ester bağı oluşturmaktadır (Sen 2007, Litim ve ark. 2017). Vinil asetat esaslı çapraz bağlayıcılar liflere iyi adhezyonu, yüksek elastisite, darbe dayanımı ve termal dayanım gibi özelliklere sahiptir. Ancak suya karşı düşük dayanıma sahiptir. İçeriğindeki vinil asetat miktarına bağlı olarak kristalizasyonu değişmektedir. Vinil asetat selülozun hidroksil gruplarına kolay bir şekilde bağlanabilmektedir. Bu reçineler kumaşların sertliğini ve rijitliğini değiştirebilmektedir (Mhumak ve ark. 2018). Serisin proteini ise pamuklu kumaşlara H bağları ve Vander Waals kuvvetleri ile bağlanmaktadır (Gupta ve ark. 2014). Serisindeki amin grubu

(NH₂) asidik ortamda katyonik hale gelmektedir ve bu özelliği ile bakterileri inhibe ettiği bilinmektedir. Literatürde yapılan çalışmalarda serisinin antibakteriyel aktivitesinin, asidik ortamdaki poli katyonik yapısının negatif yüklü bakteriyel hücre zarı ile etkileşime girmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir (Doakhan ve ark. 2013). Gümüş iyonlarının kükürt ve fosfata karşı yüksek afinitelerinin, antimikrobiyal etkilerinin en önemli faktörü olduğu düşünülmektedir. Ancak gümüş nanopartiküllerin bakteriler üzerindeki etki mekanizması kısmen bilinmektedir. Gümüş nanopartiküller, diğer metal tuzlarına kıyasla etkileyici ve dayanıklı antimikrobiyal özellik göstermektedir. Çünkü son derece geniş bir yüzey alanına sahiptirler. Bu sayede bakterilerle temasları ve bakterisidal etkinlikleri artmaktadır (Landage ve Wasif 2012, Akdeniz 2016). Gümüş nanopartiküller, bakterilerin hücre zarındaki kükürt içeren proteinlerle etkileşime girebilmekte ve bakteri hücresinin aktivitesini inhibe edebilmektedir. Başka bir yaklaşım olarak ise, gümüş nanopartiküllerden salınan gümüş iyonları (Ag⁺) bakterilerin DNA'sında bulunan fosfor içeren proteinlerle etkileşime girmektedir. Bu sayede gümüş iyonunun bakteri DNA'sının replikasyonunu etkisizleştirdiği ve engellediği varsayılmaktadır (Gupta ve ark. 1998, Doakhan ve ark. 2013). Titanyum dioksit (TiO₂) nanopartiküllerin antimikrobiyal etkinliği redoks tepkimeleri sonucu oluşan hidroksil radikallerinden kaynaklanmaktadır. Fotokatalitik işlemler sonucu ortaya çıkan O₂ ve özellikle OH radikalleri mikroorganizmaları etkisiz hale getirmektedir. Bu radikaller bakterilerin yapısında bulunan organik bileşiklerini oksitleyerek mikroorganizmaların ölmesini sağlamaktadır (Rana ve Mısra 2005).

4.1.1. ASTM E2149 Yönteminde *E. Coli* Bakterisine Karşı Pamuklu Kumaşların Antibakteriyel Etkinlik Değerleri

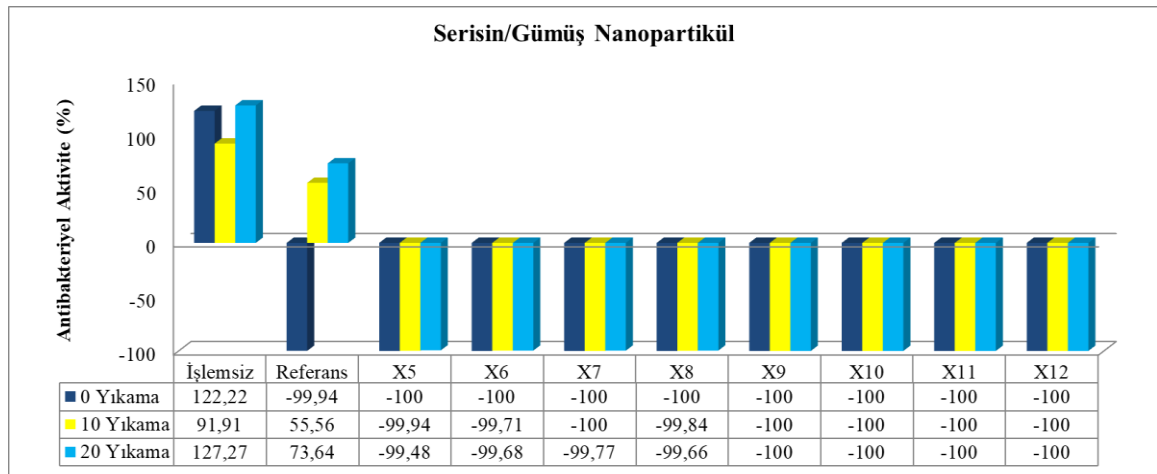
İşlemsiz ham pamuklu kumaş, referans kimyasalı uygulanmış kumaş ve ipekten sökülen serisin çözeltisinin direkt olarak uygulandığı kumaşların ASTM E2149 yöntemine göre *E. coli* bakterisine karşı antibakteriyel etkinlikleri Şekil 4.1.'de verilmiştir. İşlem görmemiş ham pamuklu kumaşta %122,22 bakteri üremesi gözlemlenmiştir. Yıkama yapılmamış ve işlem görmüş kumaşların ise *E. coli* bakterisine karşı oldukça etkili bir antibakteriyel etkinliği olduğu görülmektedir. İşlem görmüş kumaşların antibakteriyel etkinliklerinin kalıcılığının test edilmesi için yapılan yıkama işlemleri

(10 ve 20 yıkama) sonucunda ise kumaşlarda herhangi bir antibakteriyel etkinliğin kalmadığı ve bakteri kolonisinde üreme olduğu görülmektedir.



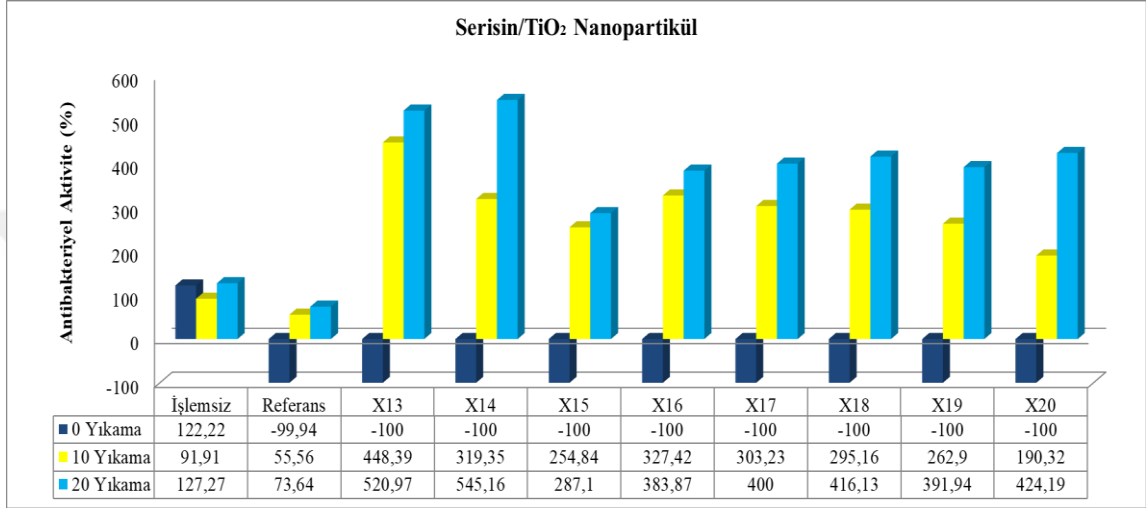
Şekil 4.1. Liftten sökülen serisin uygulanmış kumaşların *E. coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri

Serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış kumaşların *E. coli* bakterisine karşı antibakteriyel etkinlik değerleri Şekil 4.2.'de verilmiştir. Serisin/gümüş nanopartikül maddesinin tüm konsantrasyonlarında hem çapraz bağlayıcısız hem de çapraz bağlayıcı maddeler ile birlikte uygulandığı tüm yıkamasız kumaşlarda iyi seviyede (% -100) antibakteriyel etkinlik elde edilmiştir. Serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış kumaşların 10 ve 20 yıkama sonrasındaki antibakteriyel etkinliklerinin de iyi seviyede olduğu görülmektedir.



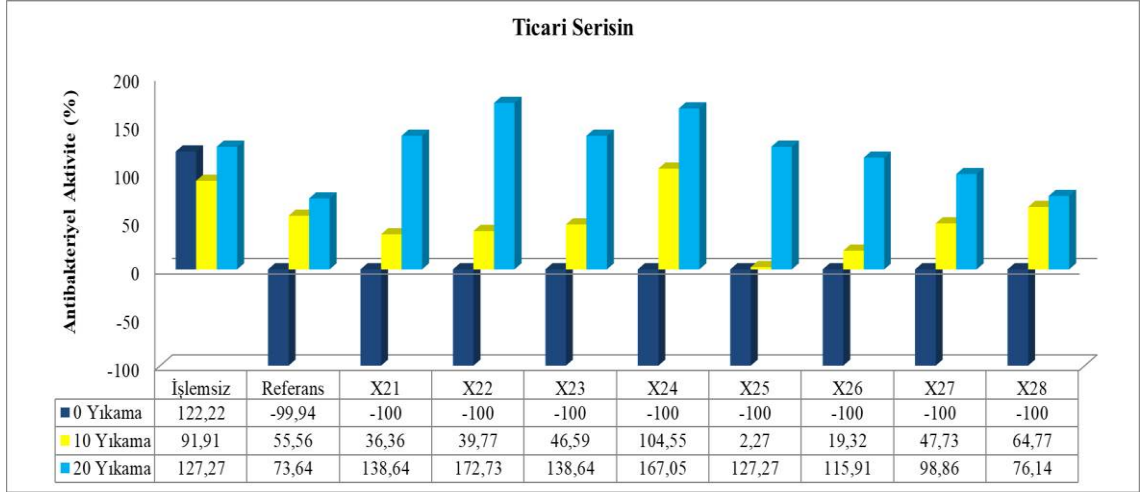
Şekil 4.2. Serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış kumaşların *E. coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri

Serisin/TiO₂ nanopartikül maddesi uygulanmış kumaşların yıkamasız, 10 yıkama ve 20 yıkama sonucundaki antibakteriyel etkinlikleri Şekil 4.3.'de verilmiştir. Bitim işlemi uygulandıktan sonra yapılan testlerde kumaşların *E. coli* bakterisine karşı iyi seviyede antibakteriyel etkinliğe sahip olduğu görülmektedir. Bitim işlemi uygulanmış kumaşlara yapılan 10 ve 20 evsel yıkama işlemi sonrasında ise antibakteriyel etkinliğin kalmadığı ve bakteri sayısında artış olduğu gözlemlenmiştir.



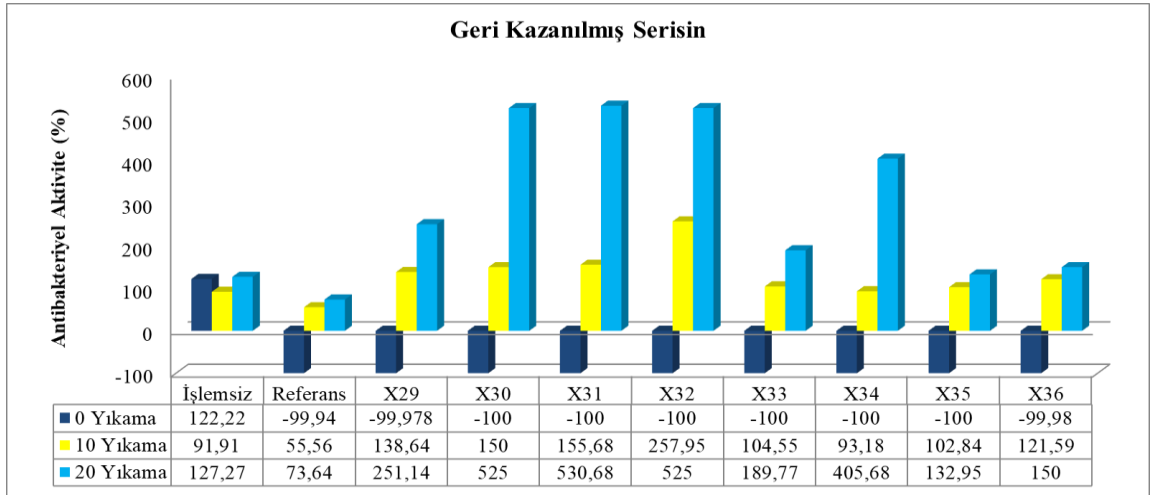
Şekil 4.3. Serisin/TiO₂ uygulanmış kumaşların *E. coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri

Şekil 4.4. pamuklu kumaşlara ticari serisin maddesinin 20 ve 40 g/l konsantrasyonlarda bitim işlemi olarak uygulanması sonucu elde edilen antibakteriyel etkinliği göstermektedir. Ticari serisin maddesi uygulandıktan sonra pamuklu kumaşların *E. coli* bakterisine karşı antibakteriyel etkinliğinin iyi seviyede olduğu görülmektedir. 10 ve 20 evsel yıkama işleminin sonrasında kumaşlarda herhangi bir antibakteriyel etkinliğin kalmadığı görülmektedir.



Şekil 4.4. Ticari serisin uygulanmış kumaşların *E. coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri

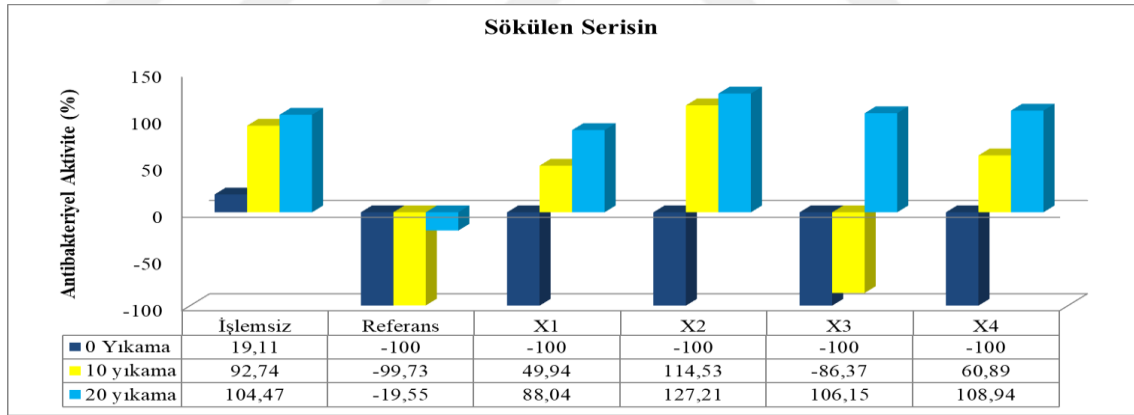
Geri kazanılmış serisinin uygulandığı pamuklu kumaşların *E. coli* bakterisine karşı antibakteriyel etkinlikleri Şekil 4.5.'de verilmiştir. Yine tüm kumaşların bitim işlemi sonrasındaki antibakteriyel etkinliklerinin iyi seviyede olduğu görülmektedir. Yapılan 10 ve 20 evsel yıkama sonrasında ise yine kumaşlarda bakteri üremeleri olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.5. Geri kazanılmış serisin uygulanmış kumaşların *E. coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri

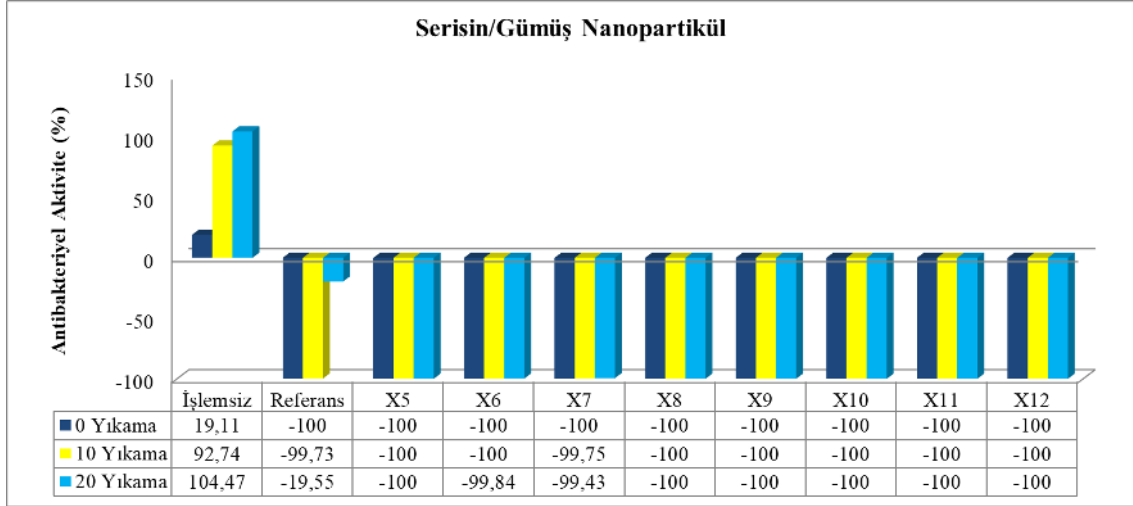
4.1.2. ASTM E2149 Yönteminde *S. aureus* Bakterisine Karşı Pamuklu Kumaşların Antibakteriyel Etkinlik Değerleri

İşlemsiz ham pamuk kumaş, referans kimyasalı uygulanmış kumaş ve ipekten sökülen serisinli çözeltilerin hem çapraz bağlayıcısız hem de 3 farklı çapraz bağlayıcı ile birlikte uygulandığı kumaşların ASTM E-2149 standart test yönteminde gram pozitif *S. aureus* bakterisine karşı antibakteriyel etkinliklerinin verileri Şekil 4.6.'da verilmiştir. Kumaşlara yıkama işlemi yapılmadığında referans kimyasalı ve serisinli çözelti uygulanmış kumaşların hepsinde *S. aureus* bakterisine karşı iyi seviyede (% -100) antibakteriyel etkinlik elde edilmiştir. Kumaşlara yapılan 10 evsel yıkama işlemi sonrasında ise birçok kumaşta antibakteriyel etkinliğin kaybolduğu görülmektedir. Gümüş içerikli referans kimyasalı ve ipekten sökülen serisinli çözeltinin PMN çapraz bağlayıcısı ile birlikte uygulandığı X3 kodlu kumaşlarda iyi derecede antibakteriyel etkinlik gözlenmektedir. 20 evsel yıkama sonrasında ise referans kimyasalının uygulandığı kumaşta % -19 antibakteriyel etkinlik gözlenmektedir. Diğer kumaşlarda yine *S. aureus* bakterisine karşı herhangi bir antibakteriyel etkinlik görülmemektedir.



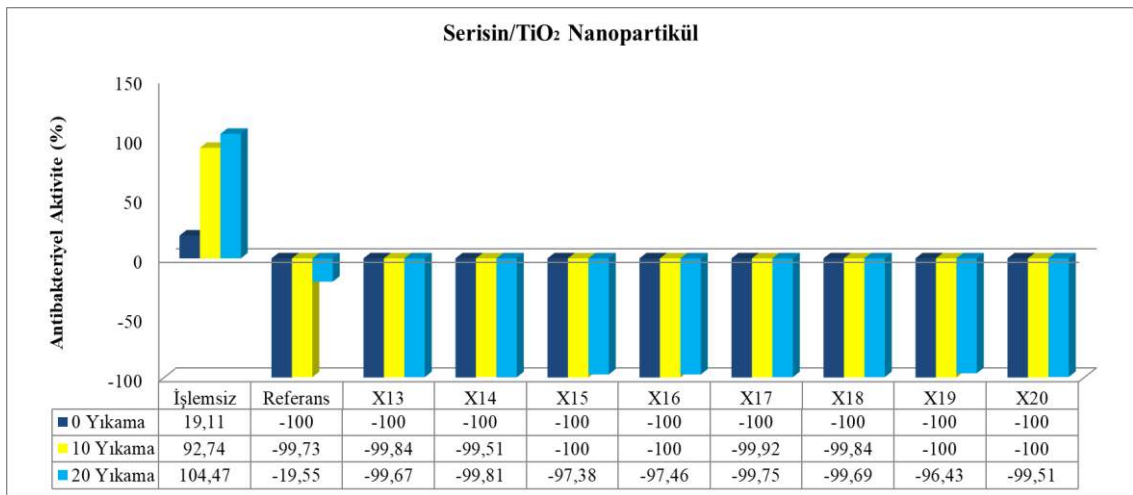
Şekil 4.6. Liftten sökülen serisin uygulanmış kumaşların *S. aureus* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri

Şekil 4.7.'de işlemsiz ham pamuklu kumaş, 20 ve 40 g/lt konsantrasyonlarda kumaşlara uygulanan serisin/gümüş nanopartikül maddesinin *S. aureus* bakterisine karşı antibakteriyel etkinlik sonuçları verilmiştir. *E. coli* bakterisine karşı daha zayıf olan *S. aureus* bakterisinde serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış kumaşların hem çapraz bağlayıcı kullanıldığında hem de kullanılmadığı durumda, yıkama işlemleri sonrasında dahi tamamında iyi seviyede antibakteriyel etkinlik görülmüştür.



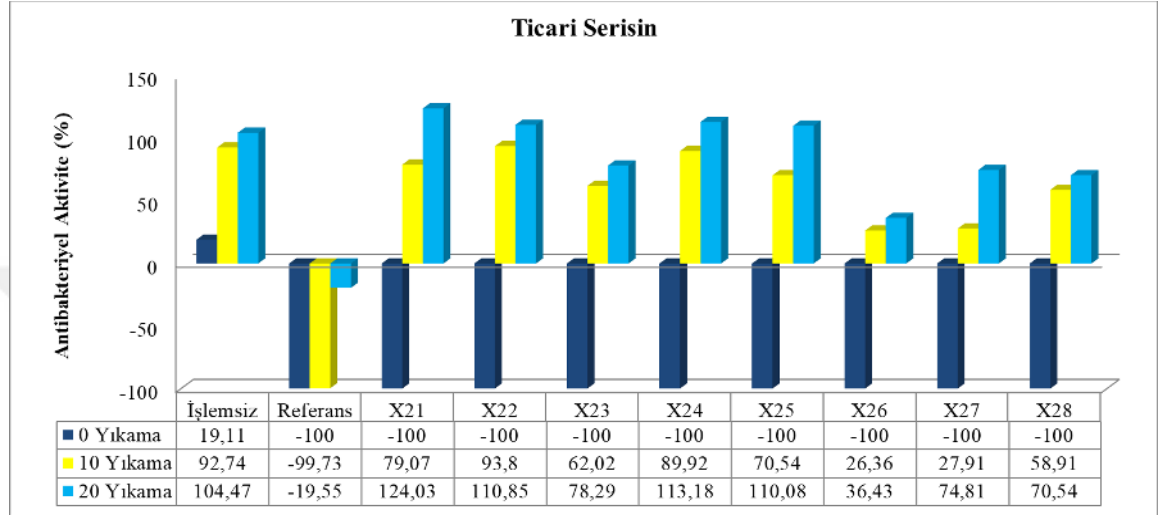
Şekil 4.7. Serisin/Gümüş nanopartikül uygulanmış kumaşların *S. aureus* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri

İşlemsiz ham pamuk kumaş, referans kimyasalı ve 2 farklı konsantrasyonda serisin/TiO₂ nanopartikül maddesi uygulanmış pamuklu kumaşların *S. aureus* bakterisine karşı ASTM E-2149 standardına göre antibakteriyel aktiviteleri Şekil 4.8.'de gösterilmiştir. Serisin/TiO₂ nanopartikülün her iki konsantrasyonda, çapraz bağlayıcı madde kullanılarak ve kullanılmadan kumaşlara uygulandığı tüm numunelerin, *S. aureus* bakterisine karşı iyi seviyede antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu görülmektedir. 10 ve 20 evsel yıkama sonrasında dahi numunelerde iyi seviyelerde antibakteriyel aktivite tespit edilmiştir.



Şekil 4.8. Serisin/TiO₂ uygulanmış kumaşların *S. aureus* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri

İşlemsiz ham pamuk kumaş ve ticari serisin maddesi uygulanmış kumaşların ASTM E-2149 standardına göre *S. aureus* bakterisine karşı antibakteriyel etkinlikleri Şekil 4.9.'da verilmiştir. Evsel yıkama işlemi uygulanmamış numunelerin hepsinde iyi seviyede antibakteriyel etkinlik tespit edilmiştir. 10 ve 20 evsel yıkama işlemleri sonrasında ise numunelerde herhangi bir antibakteriyel etkinliğe rastlanmamıştır.



Şekil 4.9. Ticari serisin uygulanmış kumaşların *S. aureus* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri

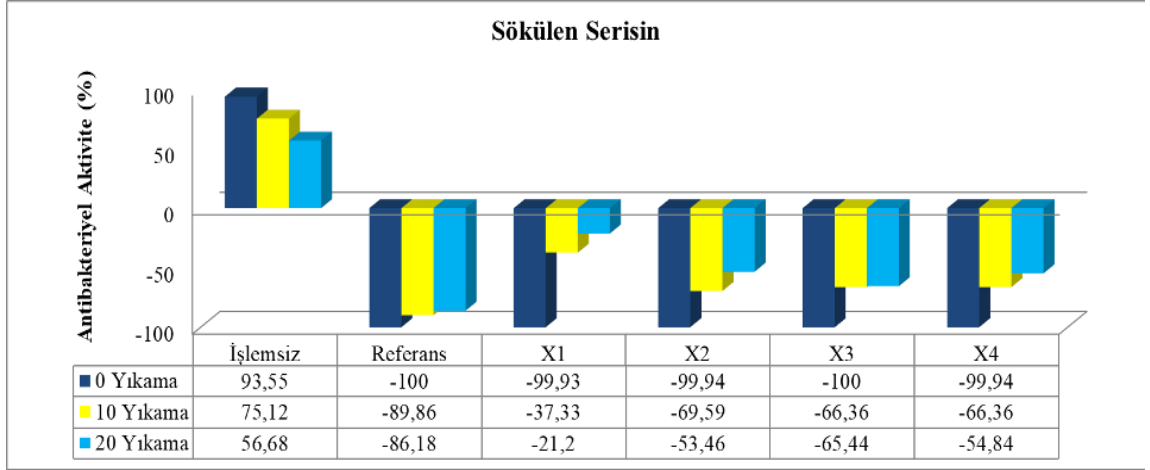
Şekil 4.10.'da işlemsiz ham pamuk kumaş ve atık sudan geri kazanılmış serisin uygulanmış kumaşların ASTM E-2149 standardında *S. aureus* bakterisine karşı antibakteriyel aktiviteleri gösterilmektedir. Evsel yıkama işlemi yapılmamış numunelerin hepsinde *S. aureus* bakterisine karşı iyi seviyede antibakteriyel etkinlik tespit edilmiştir. 10 evsel yıkama işlemi sonrasında ise X31 kodlu 20 g/l geri kazanılmış serisin ve PMN çapraz bağlayıcısı kullanılan numunede düşük seviyede, X35 kodlu 40 g/l konsantrasyonda geri kazanılmış serisin ve PMN çapraz bağlayıcısının kullanıldığı numunede ise iyi seviyede antibakteriyel etkinliğin kaldığı, diğer numunelerde ise herhangi bir antibakteriyel etkinliğin kalmadığı görülmektedir. 20 evsel yıkama sonrasında ise tüm numunelerde herhangi bir antibakteriyel etkinliğin kalmadığı gözlenmiştir.



Şekil 4.10. Geri kazanılmış serisin uygulanmış kumaşların *S. aureus* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri

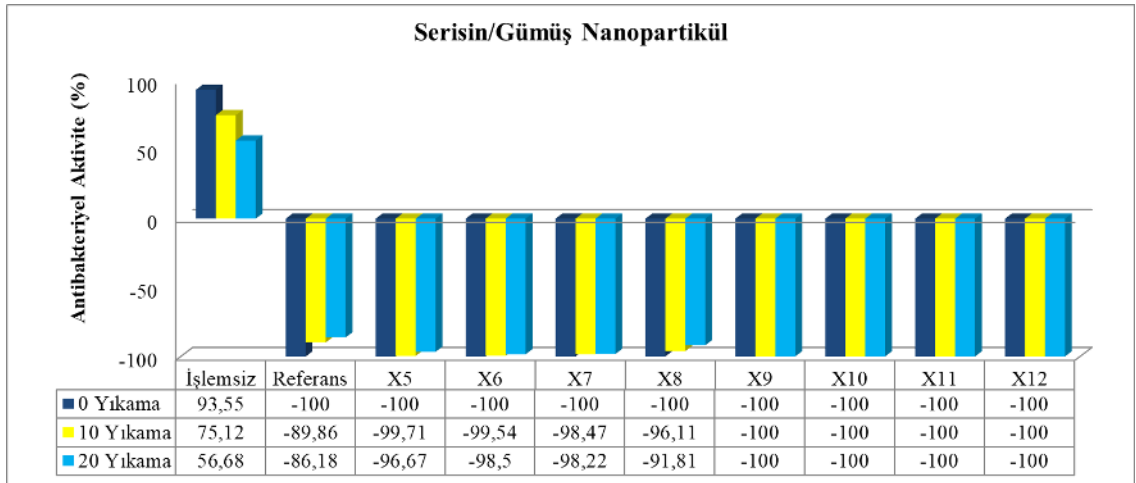
4.1.3. JIS L 1902 yönteminde *E. coli* bakterisine karşı pamuklu kumaşların antibakteriyel etkinlik değerleri

İşlemsiz ham pamuk kumaş, referans kimyasalı uygulanmış kumaş ve ipekten sökülen serisinli çözeltilerin uygulandığı kumaşların JIS L 1902 standardına göre *E. coli* bakterisine karşı antibakteriyel etkinlikleri Şekil 4.11.'de verilmiştir. Bu yöntemde ASTM E-2149 metodundan farklı olarak numuneler 18 saat boyunca durağan çözeltilerde işleme sokulmuştur. Yıkama işlemi yapılmamış numunelerde *E. coli* bakterisine karşı iyi seviyede antibakteriyel etkinlik görülmektedir. Yapılan 10 ve 20 evsel yıkama işlemleri sonrasında numunelerin antibakteriyel etkinliklerinde bir miktar azalmalar olsa da hala antibakteriyel etkinliklerini korudukları görülmektedir. Yapılan 10 ve 20 evsel yıkama sonrasında çapraz bağlayıcının kullanılmadığı X1 numunesinde sırasıyla % -37,33 ve % -21,2 olmak üzere düşük seviyede antibakteriyel etkinliğin kaldığı, çapraz bağlayıcı kullanılan numunelerde ise % -53,46'dan % -69,59'a kadar orta seviye antibakteriyel etkinliğin bulunduğu görülmüştür. Yani çapraz bağlayıcı madde ile birlikte kullanılan antibakteriyel kimyasalı kumaş üzerinde biraz daha kalıcı hale gelmiştir.



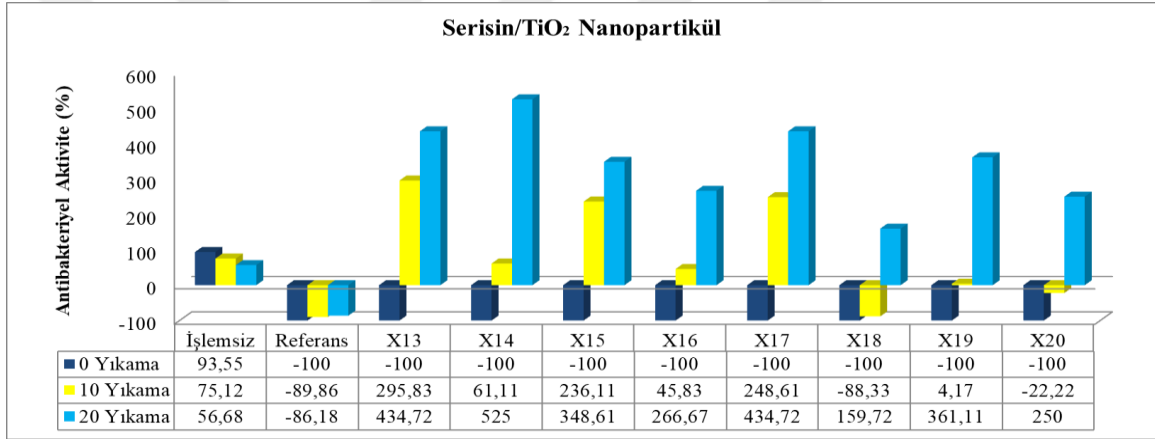
Şekil 4.11. Liftten sökülen serisin uygulanmış kumaşların *E. coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri

İşlemsiz ham numune ve serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış numunelerin JIS L 1902 standardına göre *E. coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivitelerinin sonuçları Şekil 4.12.'de gösterilmektedir. Serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış tüm numunelerde çapraz bağlayıcı olsa da olmasa da iyi seviyede antibakteriyel etkinlik değerleri elde edilmiştir. 10 ve 20 evsel yıkama işlemi sonrasında dahi serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış numunelerin antibakteriyel etkinliklerinin iyi seviyede olduğu görülmektedir.



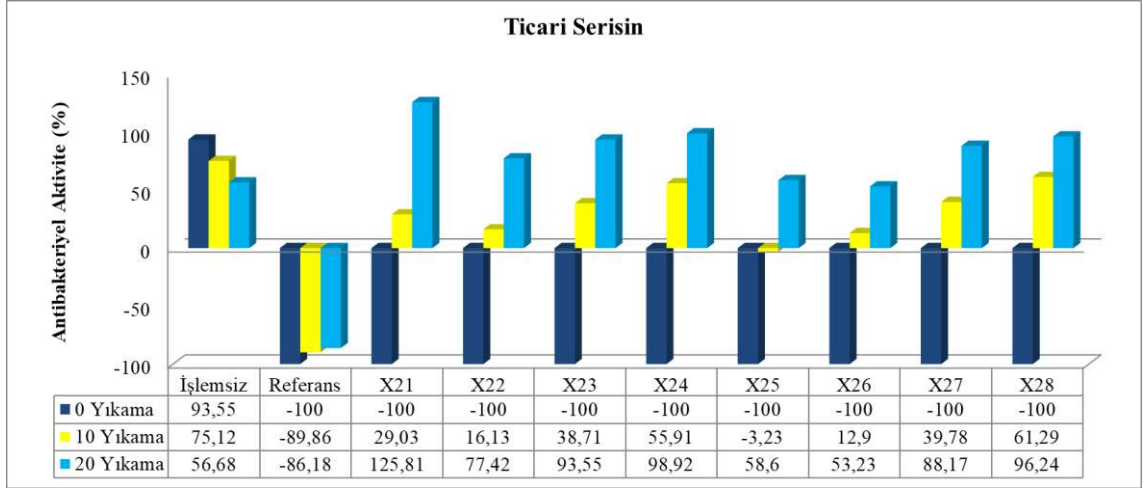
Şekil 4.12. Serisin/Gümüş nanopartikül uygulanmış kumaşların *E. coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri

JIS L 1902 standardında serisin/TiO₂ nanopartikül uygulanmış kumaşların *E. coli* bakterisine karşı antibakteriyel etkinlikleri Şekil 4.13.'te verilmiştir. Evsel yıkama işlemi yapılmamış numunelerin *E. coli* bakterisine karşı güçlü seviyede antibakteriyel etkinliğe sahip oldukları tespit edilmiştir. 10 evsel yıkama işlemi sonucunda X18 ve X20 numuneleri haricindeki kumaşlarda antibakteriyel aktivite kalmadığı görülmektedir. 40 g/L serisin/TiO₂ nanopartikül ve akrilik esaslı AC-249 çapraz bağlayıcısının kullanıldığı X18 kodlu numunede 10 evsel yıkama sonucunda çapraz bağlayıcısının da etkisiyle güçlü bir antibakteriyel etkinliğin (% -88,23) kaldığı, 40 g/L serisin/TiO₂ nanopartikül ve vinil asetat esaslı VA çapraz bağlayıcısının kullanıldığı X20 kodlu numunede ise zayıf antibakteriyel etkinliğin (% -22,22) kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.13. Serisin/TiO₂ uygulanmış kumaşların *E. coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri

İşlemsiz ham numune ve ticari serisin maddesinin uygulandığı kumaşların JIS L 1902 standardına göre *E. coli* bakterisine karşı sahip oldukları antibakteriyel etkinlik değerleri Şekil 4.14.'de verilmiştir. Evsel yıkama işlemi yapılmayan kumaşlarda yine daha önceki numunelerde olduğu gibi *E. coli* bakterisine karşı güçlü seviyede antibakteriyel etkinlik tespit edilmiştir. 10 evsel yıkama sonrasında ise ticari serisinin 40 g/l konsantrasyonda çapraz bağlayıcı olmadan uygulandığı X25 kodlu numune haricindeki kumaşlarda herhangi bir antibakteriyel etkinlik kalmadığı, X25'de ise çok düşük seviyede (% -3,23) antibakteriyel etkinliğin kaldığı görülmektedir. 20 evsel yıkama işleminden sonra ise tüm numunelerde bakteri üremesine rastlanılmıştır.



Şekil 4.14. Ticari serisin uygulanmış kumaşların *E. coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri

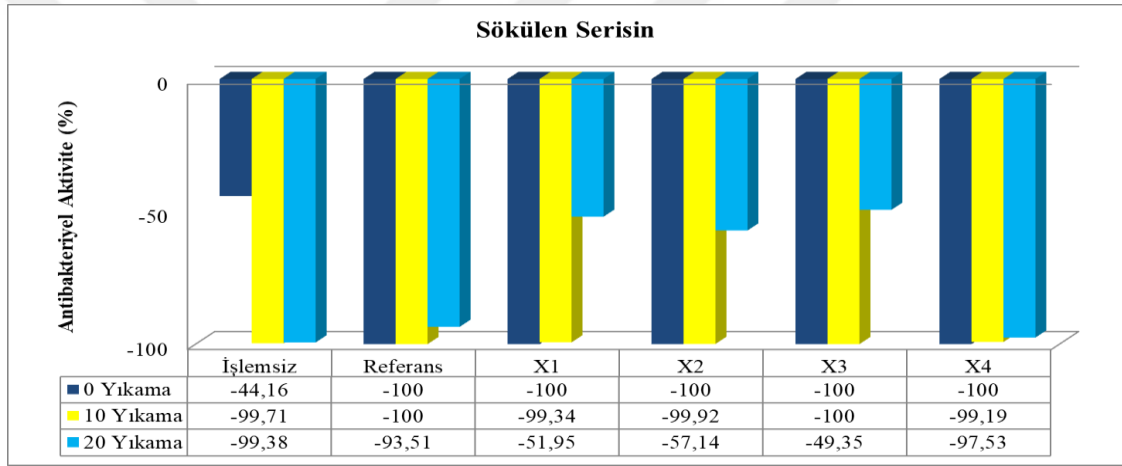
Şekil 4.15.' de işlemsiz ham pamuk kumaş ve atık sudan geri kazanılmış serisin uygulanmış numunelerin JIS L 1902 standardına göre *E. coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri verilmiştir. Yıkama işlemi yapılmamış numunelerde yine *E. coli* bakterisine karşı güçlü seviyelerde antibakteriyel etkinlik görülmektedir. 10 ve 20 evsel yıkama işlemlerinden sonra ise yapılan antibakteriyel testleri sonucunda numunelerde herhangi bir antibakteriyel etkinliğin kalmadığı görülmektedir.



Şekil 4.15. Geri kazanılmış serisin uygulanmış kumaşların *E. coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri

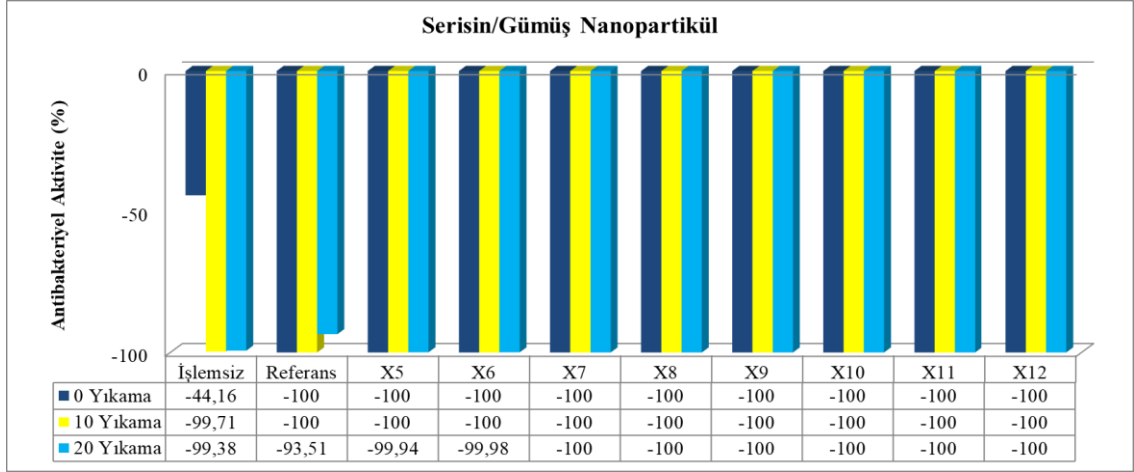
4.1.4. JIS L 1902 yönteminde *S. aureus* bakterisine karşı pamuklu kumaşların antibakteriyel etkinlik değerleri

İpekten sökülen serisinin çözelti halinde pamuklu kumaşlara uygulandığı numunelerin JIS L 1902 standardına göre *S. aureus* bakterisine karşı antibakteriyel etkinlikleri Şekil 4.16'da verilmiştir. Evsel yıkama işlemi uygulanmamış numunelerin hepsinde iyi seviyede antibakteriyel aktivite görülmektedir. 10 evsel yıkama işlemi sonunda yine numunelerin hepsinde güçlü antibakteriyel etkinlikler bulunmaktadır. 20 evsel yıkama sonrasında ise X1, X2 ve X3 numunelerinde orta seviye antibakteriyel aktivite, X4 numunesinin ise hala güçlü seviyede antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu görülmektedir.



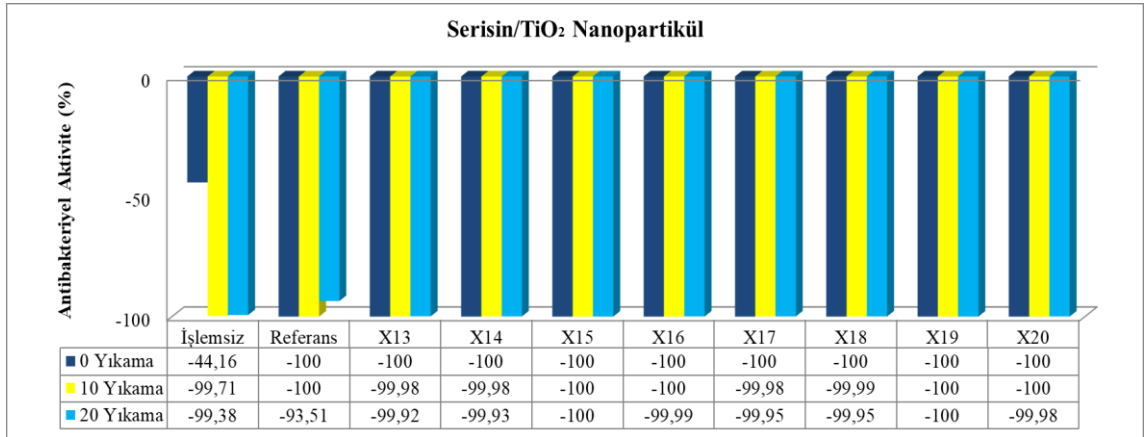
Şekil 4.16. Liftten sökülen serisin uygulanmış kumaşların *S. aureus* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri

Şekil 4.17'de işlemsiz ham pamuk kumaş ve 20-40 g/l konsantrasyonlarında, hem çapraz bağlayıcısız hem de 3 farklı çapraz bağlayıcı madde ile birlikte serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış kumaşların JIS L 1902 standardına göre *S. aureus* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri verilmiştir. Serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış kumaşların 20 ve 40 g/l konsantrasyonlarında ve hem çapraz bağlayıcı kullanıldığı hem de kullanılmadığı tüm durumlarda 10 ve 20 evsel yıkama sonrasında dahi *S. aureus* bakterisine karşı iyi seviyede antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 4.17. Serisin/Gümüş nanopartikül uygulanmış kumaşların *S. aureus* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri

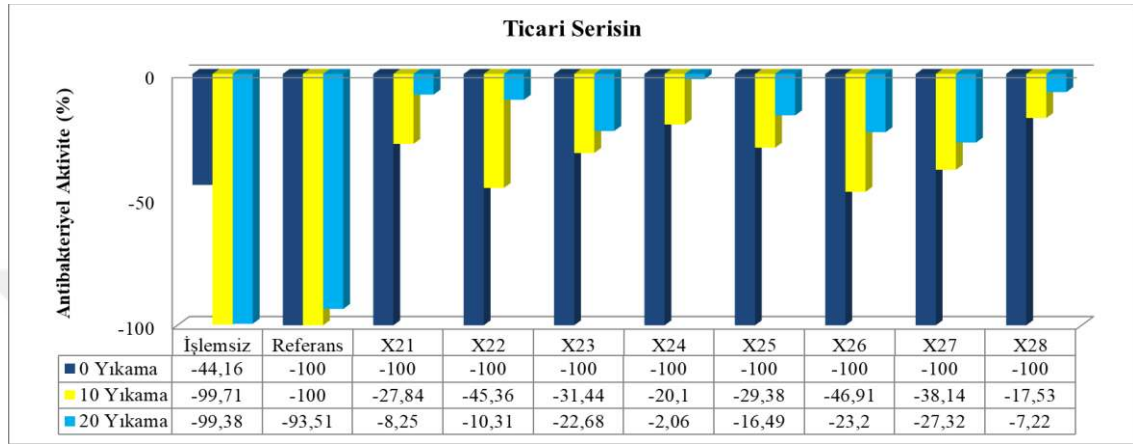
İşlemsiz ham pamuklu kumaş ve serisin/TiO₂ nanopartikül uygulanmış numunelerin *S. aureus* bakterisine karşı antibakteriyel etkinlikleri Şekil 4.18.'de verilmiştir. Serisin/TiO₂ nanopartikül uygulanmış numunelerin tüm durumlarda JIS L 1902 standardına göre *S. aureus* bakterisine karşı güçlü seviyede antibakteriyel aktivitelerinin olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.18. Serisin/TiO₂ uygulanmış kumaşların *S. aureus* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri

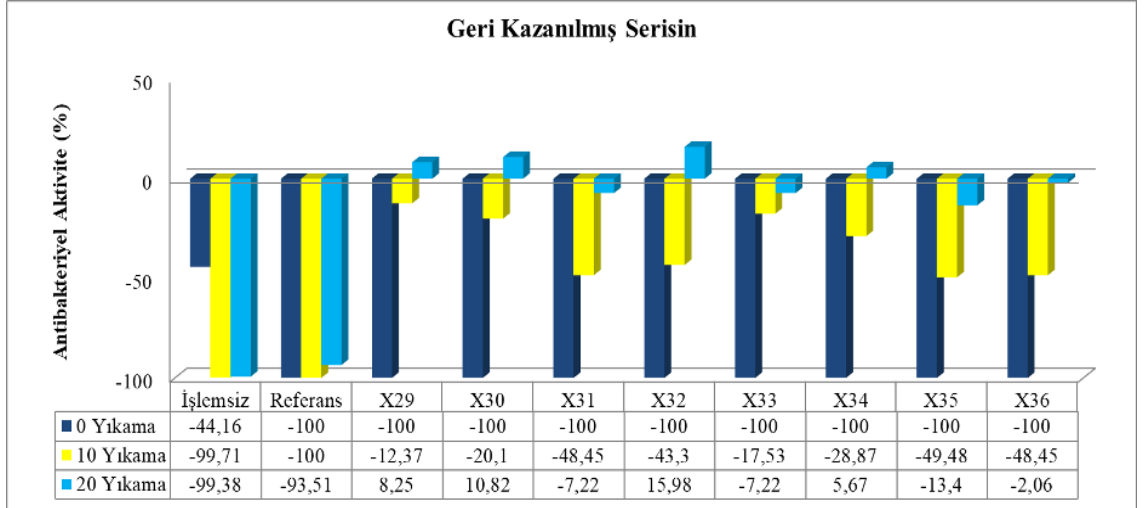
Şekil 4.19.'da ticari serisin maddesi uygulanmış numunelerin JIS L 1902 standardında *S. aureus* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri görülmektedir. Evsel yıkama işlemi yapılmamış numunelerin *S. aureus* bakterisine karşı antibakteriyel etkinliklerinin iyi seviyelerde olduğu görülmektedir. 10 ve 20 evsel yıkama işlemi sonrasında

numunelerin antibakteriyel etkinliklerinde azalmalar olduğu tespit edilmiştir. 10 yıkama sonuçlarında ticari serisinin 40 g/l konsantrasyonda ve AC-249 çapraz bağlayıcısı ile birlikte kullanıldığı X26 kodlu numunede, 20 yıkama sonuçlarında ise ticari serisinin 40 g/l konsantrasyonda ve PMN çapraz bağlayıcısı ile birlikte kullanıldığı X27 kodlu numunede en iyi sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4.19. Ticari serisin uygulanmış kumaşların *S. aureus* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri

İşlemsiz ham pamuklu kumaş ve atık sudan geri kazanılmış serisinin uygulandığı numunelerin JIS L 1902 standardına göre *S. aureus* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri Şekil 4.20’de verilmiştir. Evsel yıkama yapılmayan numunelerin *S. aureus* bakterisine karşı antibakteriyel etkinlikleri incelendiğinde tüm numunelerin güçlü seviyede (% -100) antibakteriyel aktivitelerinin olduğu görülmektedir. 10 ve 20 evsel yıkama işleminden sonra ise numunelerin antibakteriyel aktivitelerinde azalmalar olduğu görülmektedir. 10 yıkama sonrasında X31, X32, X35 VE X36 kodlu numunelerde orta seviye diğer numunelerde ise düşük seviyede antibakteriyel etkinlik tespit edilmiştir. 20 evsel yıkama işleminde sonra ise X31, X33, X35 ve X36 kodlu numunelerde düşük seviyede antibakteriyel etkinlik kaldığı diğer numunelerde ise bakteri üremelerinin olduğu görülmektedir.

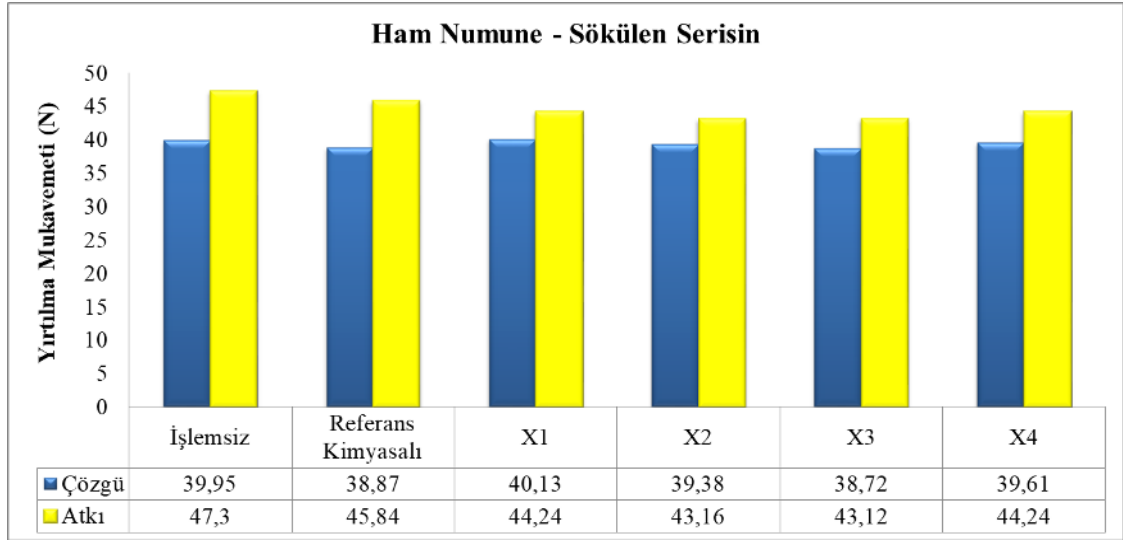


Şekil 4.20. Geri kazanılmış serisin uygulanmış kumaşların *S. aureus* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri

4.2. Kumaşların Mukavemet ve Uzama İndeksleri Ölçümü

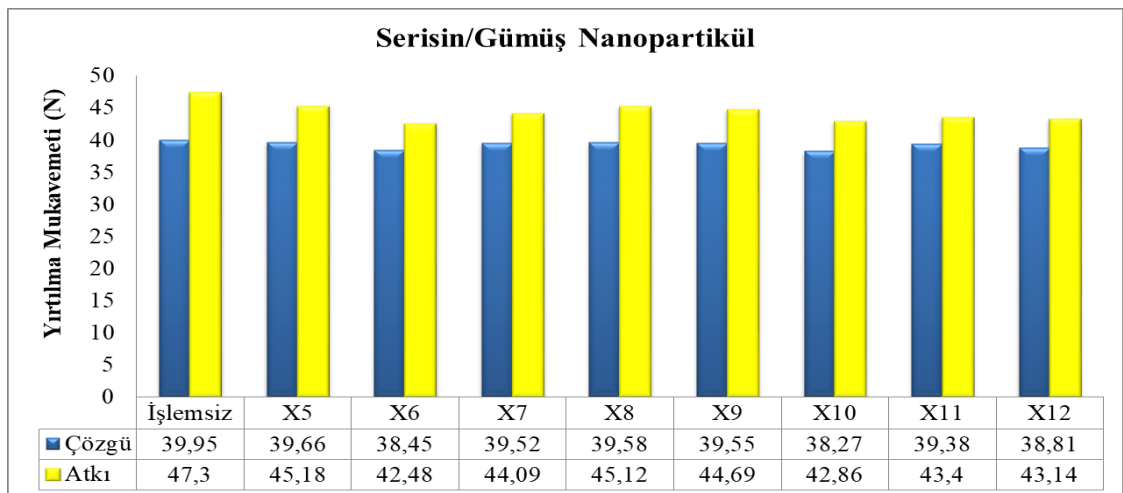
4.2.1. Kumaşların Yırtılma Mukavemeti Değerleri

Şekil 4.21’de işlemsiz ham pamuk, referans kimyasalı uygulanmış kumaş ve ipekten sökülen serisin uygulanmış kumaşların atkı ve çözgü yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri verilmiştir. Atkı yönündeki mukavemet değerleri çözgü yönündeki değerlerden daha yüksek çıkmıştır. Genel anlamda incelendiğinde pamuklu kumaşa uygulanan işlemten sonra numunelerin atkı ve çözgü yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri, işlem uygulanmayan ham pamuk kumaşın yırtılma mukavemeti değerlerinden daha düşük çıkmıştır. Atkı ve çözgü yönündeki en düşük yırtılma mukavemeti değeri, X3 kodlu sökülen serisinin PMN çapraz bağlayıcısı ile birlikte kullanıldığı numunede elde edilmiştir.



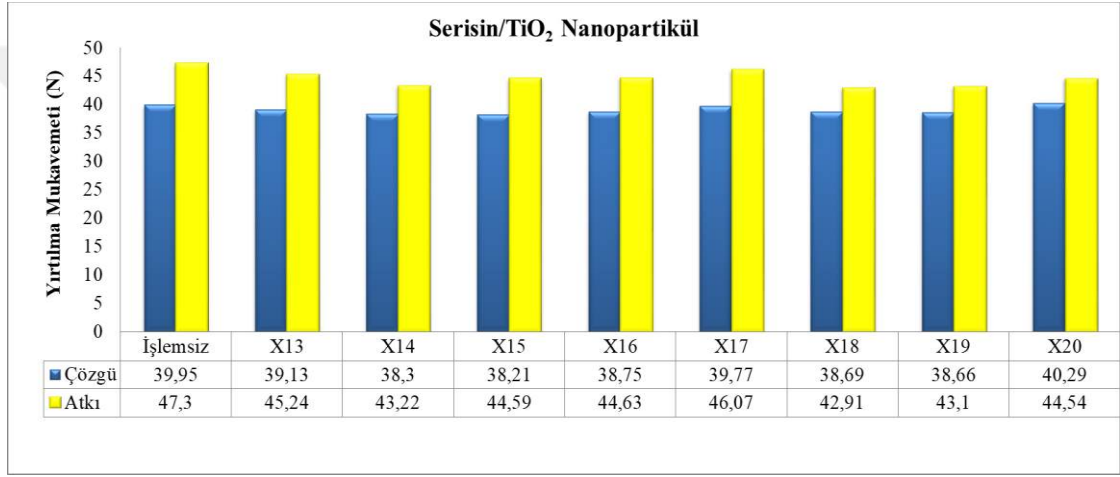
Şekil 4.21. Ham pamuk ve liften sökülen serisin uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri

Şekil 4.22.'de işlemsiz ham numune ve serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış kumaşların atkı ve çözgü yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri verilmiştir. Atkı ve çözgü yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri incelendiğinde serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış tüm numunelerin, ham pamuklu kumaşın yırtılma mukavemeti değerinden düşük değer aldığı görülmektedir. Tüm değerler incelendiğinde çapraz bağlayıcı olmayan numunelerin yırtılma mukavemeti değerleri çapraz bağlayıcı olan numunelerin değerlerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



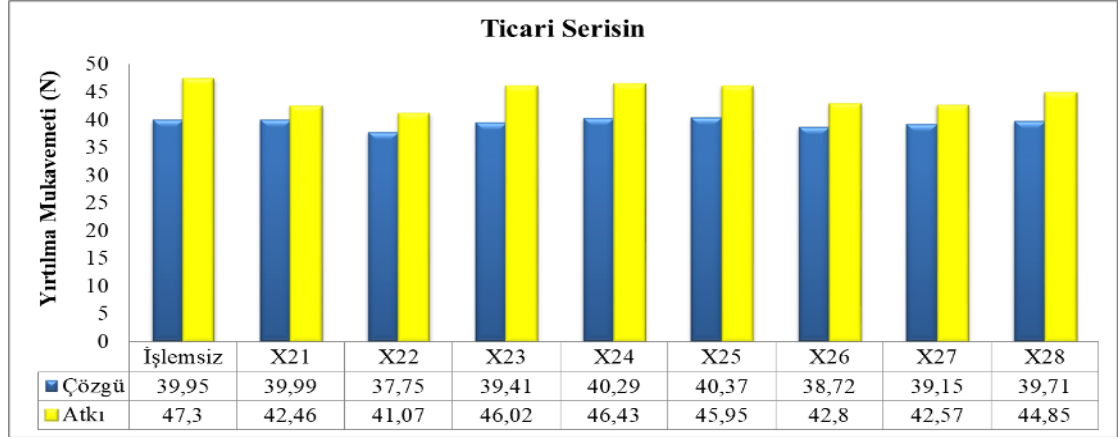
Şekil 4.22. Ham pamuk ve serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri

İşlemsiz ham pamuklu numune ve serisin/TiO₂ nanopartikül uygulanmış numunelerin yırtılma mukavemeti değerleri Şekil 4.23.'de verilmiştir. Çözgü yönünde ham pamuklu kumaşın, X20 numunesi hariç diğer tüm numunelere göre daha yüksek yırtılma mukavemeti değeri verdiği görülmektedir. Atkı yönünde yine ham pamuklu kumaşın yırtılma mukavemeti değeri, serisin/TiO₂ nanopartikül uygulanmış tüm numunelerin yırtılma mukavemeti değerinden yüksektir. Çapraz bağlayıcının kullanılmadığı numunelerde çapraz bağlayıcı kullanılan numunelere göre daha yüksek mukavemet değerleri elde edilmiştir. Atkı yönündeki mukavemet değerleri çözgü yönüne göre daha yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.23. Ham pamuk ve serisin/TiO₂ uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri

Şekil 4.24.'de işlemsiz ham pamuklu kumaş ve ticari serisin uygulanmış numunelerin yırtılma mukavemeti değerleri verilmiştir. Çözgü yönünde X21, X24 ve X25 numunelerinin yırtılma mukavemeti değerleri ham pamuklu kumaşın değerinden yüksek çıkmıştır. Diğer numunelerin değerleri daha önceki durumlarda olduğu gibi ham pamuklu kumaşın yırtılma mukavemeti değerinden düşük çıkmıştır. Atkı yönü incelendiğinde işlemsiz ham pamuk kumaş, ticari serisin uygulanmış numunelerin yırtılma mukavemeti değerinden daha yüksek değer aldığı görülmektedir. Ticari serisinin 40 g/L konsantrasyonda uygulandığı numunelerde beklendiği gibi hem atkı hem de çözgü yönünde çapraz bağlayıcının kullanılmadığı numunelerin daha yüksek mukavemet değerleri verdiği görülmektedir.



Şekil 4.24. Ham pamuk ve ticari serisin uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri

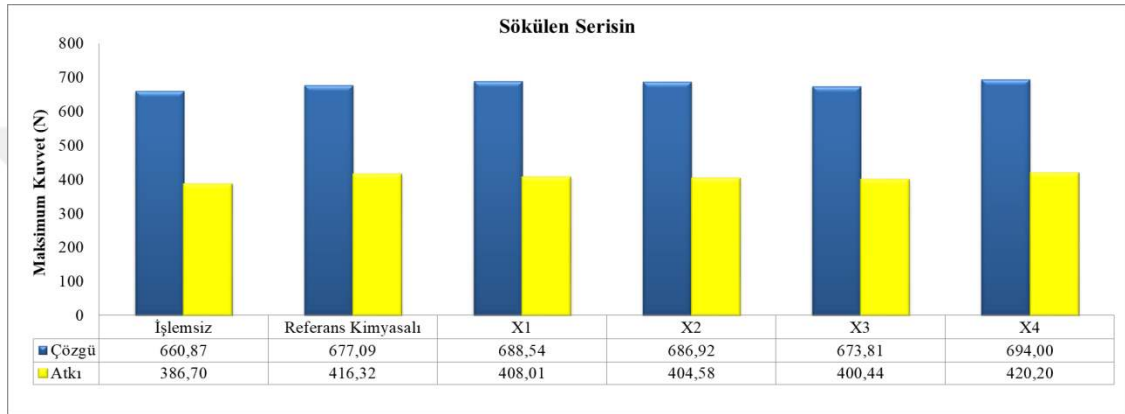
İşlemsiz ham pamuklu kumaş ve atık sudan geri kazanılmış serisinin uygulandığı numunelerin yırtılma mukavemeti değerleri Şekil 4.25.'de verilmiştir. Atkı ve çözgü yönü incelendiğinde işlemsiz ham pamuk kumaşın geri kazanılmış serisin uygulanmış numunelere göre daha yüksek yırtılma mukavemet değeri verdiği görülmektedir. Geri kazanılmış serisinin 20 g/L konsantrasyonda uygulandığı numunelerde (X29-X30-X31-X32) VA çapraz bağlayıcısının kullanıldığı X32 kodlu numune hariç çapraz bağlayıcı olmayan numunenin yırtılma mukavemeti değerinin atkı ve çözgü yönünde daha yüksek olduğu görülmektedir. Diğer numunelerde beklendiği gibi herhangi bir istisna olmadan çapraz bağlayıcı olmayan numune daha yüksek mukavemet değeri vermiştir. Atkı yönündeki mukavemet değerlerinin yine çözgü yönüne göre daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.25. Ham pamuk ve geri kazanılmış serisin uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri

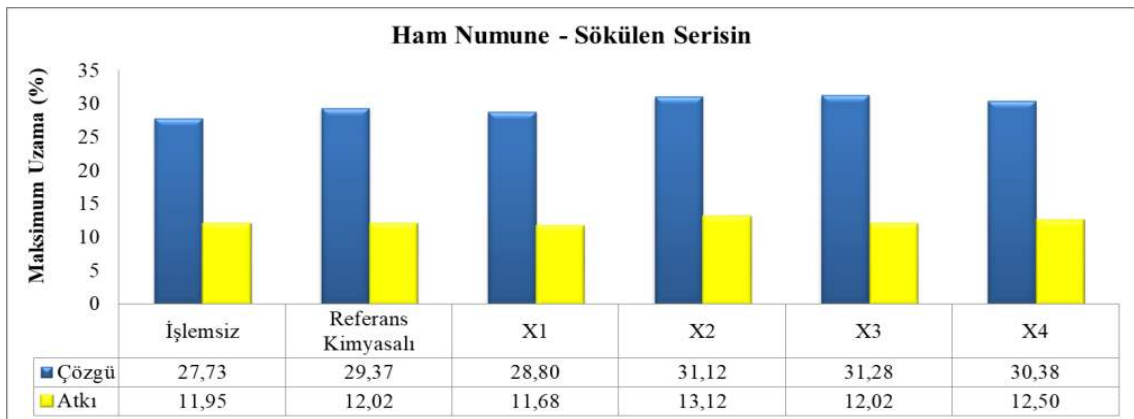
4.2.2. Kumaşların Kopma Mukavemeti ve Yüzde Uzama Değerleri

İşlem uygulanmamış ham pamuklu kumaşın ve ipekten sökülen serisin çözeltilerinin uygulandığı numunelerin kopma mukavemeti sonuçları Şekil 4.26.'da verilmiştir. Çözgü yönündeki mukavemet değerleri çözgü sıklığının daha yüksek olmasından dolayı atkı yönüne göre daha yüksek çıkmıştır. Çözgü ve atkı yönündeki sonuçlar incelendiğinde bitim işlemi uygulanmış bütün numunelerin kopma mukavemeti değerleri, ham numunenin değerinden daha yüksek çıkmıştır.



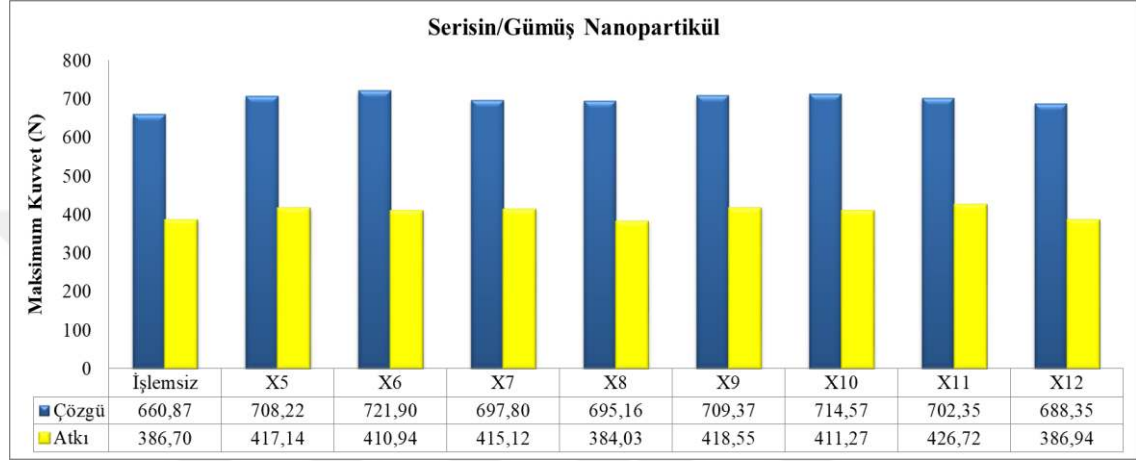
Şekil 4.26. Ham pamuk ve liften sökülen serisin uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki kopma mukavemeti değerleri

İşlemsiz ham numune ve ipekten sökülen serisin çözeltisi uygulanan numunelerin maksimum uzama değerleri Şekil 4.27.'de verilmiştir. Atkı ve çözgü yönündeki değerler incelendiğinde genel anlamda bitim işlemi uygulanmış numunelerin ham numuneye göre maksimum uzama değerlerinin daha yüksek çıktığı görülmektedir.



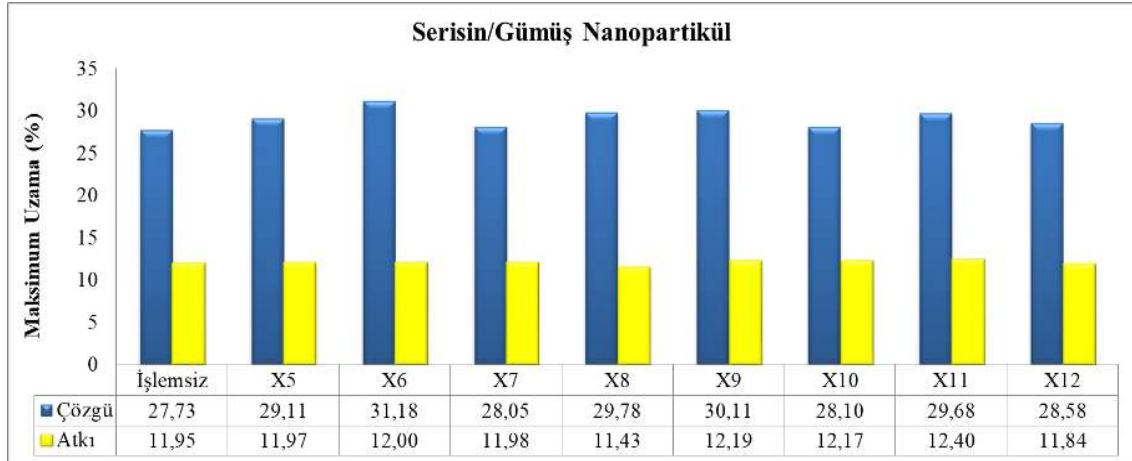
Şekil 4.27. Ham pamuk ve liften sökülen serisin uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki % uzama değerleri

İşlemsiz ham pamuklu kumaş ve serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış numunelerin kopma mukavemeti değerleri Şekil 4.28.'de verilmiştir. Çözü ve atkı yönündeki kopma mukavemeti değerleri incelendiğinde bitim işlemi uygulanmış numunelerin değerleri ham numuneye göre yüksek çıkmıştır. Çözü yönündeki mukavemet değerleri yine atkı yönüne göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni çözü yönünde sıklığın daha yüksek olmasıdır.



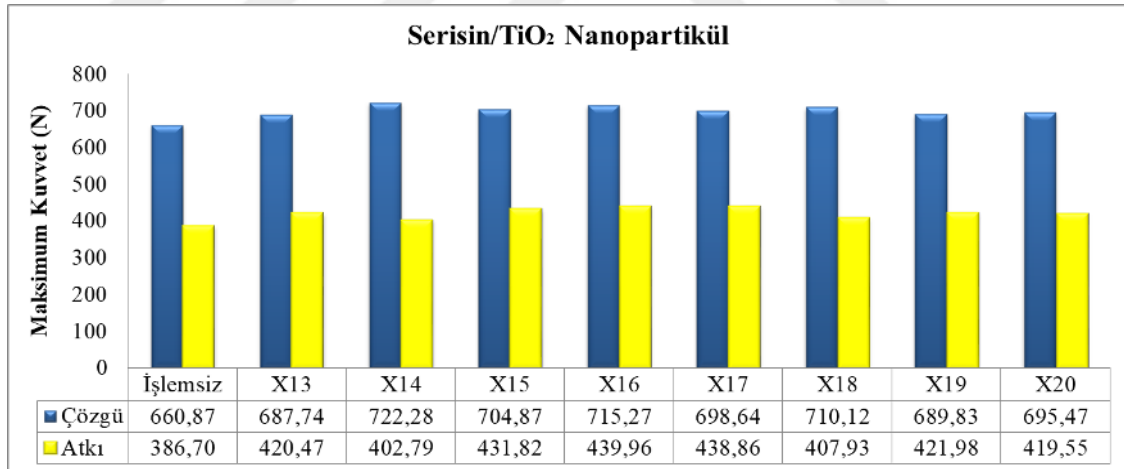
Şekil 4.28. Ham pamuk ve serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözü yönündeki kopma mukavemeti değerleri

İşlemsiz ham numune ve serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış numunelerin maksimum uzama değerleri Şekil 4.29.'da verilmiştir. Çözü yönüne bakıldığında bitim işlemi uygulanmış numunelerin hepsinin maksimum uzama değerleri ham numunenin maksimum uzama değerinden daha yüksek çıktığı görülmektedir. Atkı yönünde X8 ve X12 kodlu numunelerin haricindeki bitim işlemi uygulanmış numunelerin yine maksimum uzama değerleri ham numuneye göre yüksek çıkmıştır.



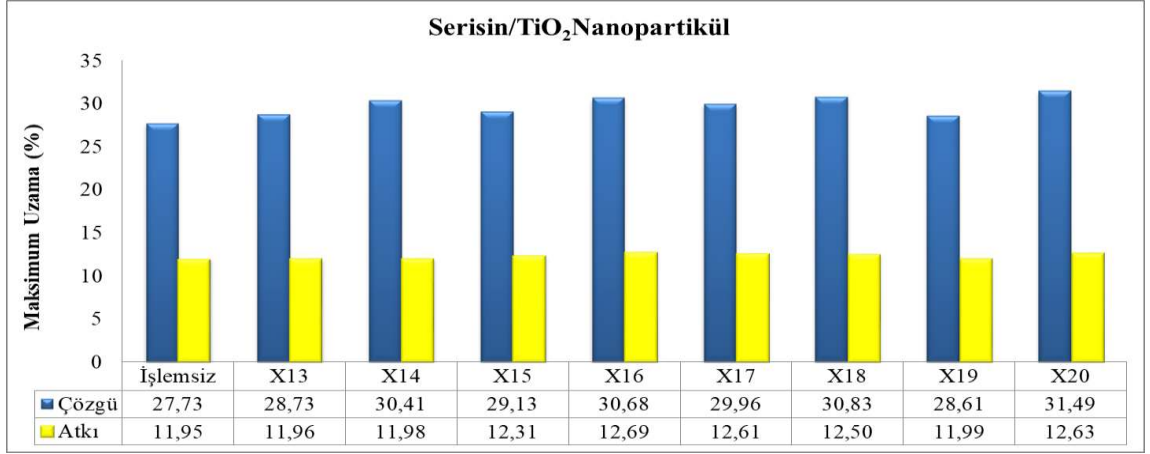
Şekil 4.29. Ham pamuk ve serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki % uzama değerleri

İşlemsiz ham numune ve serisin/TiO₂ nanopartikül uygulanmış numunelerin kopma mukavemeti değerleri Şekil 4.30.'da verilmiştir. Çözgü ve atkı yönünde elde edilen değerleri incelendiğinde bitim işlemi uygulanmış numunelerin kopma mukavemeti değerleri ham numuneye göre daha yüksek olduğu görülmektedir.



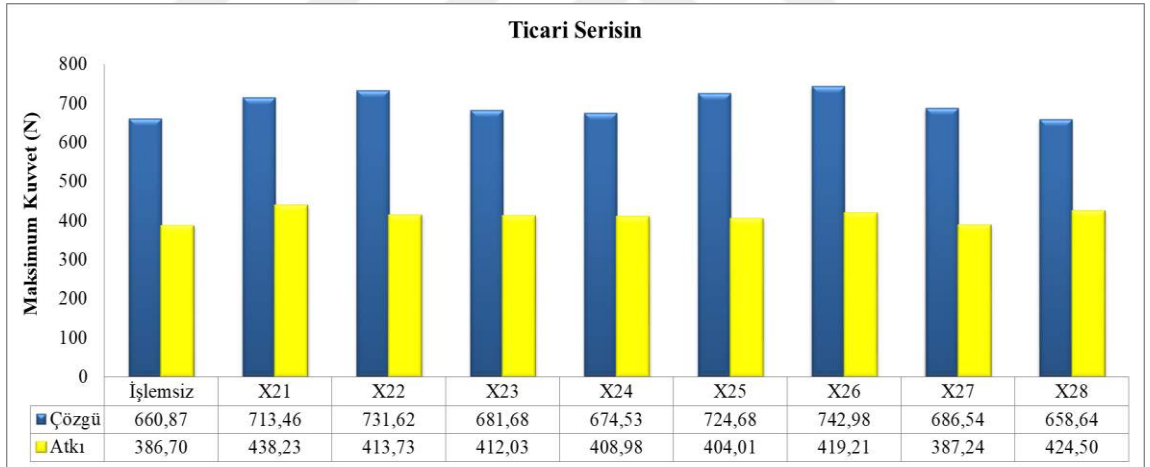
Şekil 4.30. Ham pamuk ve serisin/TiO₂ uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki kopma mukavemeti değerleri

İşlemsiz ham pamuklu kumaş ve serisin/TiO₂ nanopartikül uygulanmış numunelerin maksimum uzama değerleri Şekil 4.31.'de verilmiştir. Atkı ve çözgü yönündeki değerler incelendiğinde bitim işlemi uygulanmış numunelerin hepsinin maksimum uzama değerleri ham pamuklu kumaşa göre daha yüksektir.



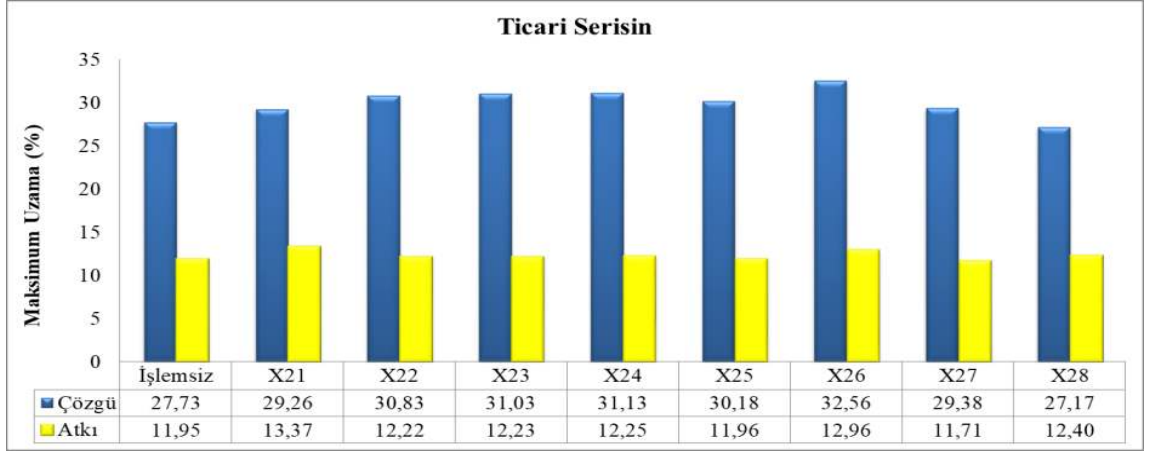
Şekil 4.31. Ham pamuk ve serisin/TiO₂ uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki % uzama değerleri

Şekil 4.32.'de ham pamuk ve ticari serisin uygulanmış numunelerin atkı ve çözgü yönündeki kopma mukavemeti değerleri verilmiştir. Çözgü ve atkı yönünde ticari serisin uygulanmış numunelerin hepsinde kopma mukavemeti değerleri ham pamuklu kumaşın kopma mukavemeti değerinden yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.32. Ham pamuk ve ticari serisin uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki kopma mukavemeti değerleri

Ham pamuk kumaş ve ticari serisin uygulanmış numunelerin maksimum uzama değerleri Şekil 4.33.'de verilmiştir. Çözgü yönünde ticari serisin uygulanmış numunelerin maksimum uzama değerleri, X28 kodlu numune hariç ham pamuklu kumaşın değerinden yüksektir. Atkı yönünde ise X27 kodlu numune haricindeki ticari serisin uygulanmış numunelerin maksimum uzama değerleri yine ham pamuklu kumaşın maksimum uzama değerinden yüksek olarak görülmektedir.



Şekil 4.33. Ham pamuk ve ticari serisin uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki % uzama değerleri

İşlemsiz ham numune ve atık sudan geri kazanılmış serisinin uygulandığı numunelerin kopma mukavemeti değerleri Şekil 4.34.'de verilmiştir. Çözgü ve atkı yönünde atık sudan geri kazanılmış serisin uygulanan numunelerin hepsinin kopma mukavemeti değerleri, ham pamuklu kumaşın kopma mukavemeti değerinden yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.34. Ham pamuk ve geri kazanılmış serisin uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki kopma mukavemeti değerleri

Şekil 4.35.'de İşlemsiz ham pamuklu numune ve atık sudan geri kazanılmış serisin uygulanmış numunelerin maksimum uzama değerleri verilmiştir. X33 kodlu numune haricindeki geri kazanılmış serisin uygulanmış numunelerin hepsi çözgü ve atkı yönünde, ham pamuklu kumaşa göre daha yüksek maksimum uzama değerleri vermiştir.

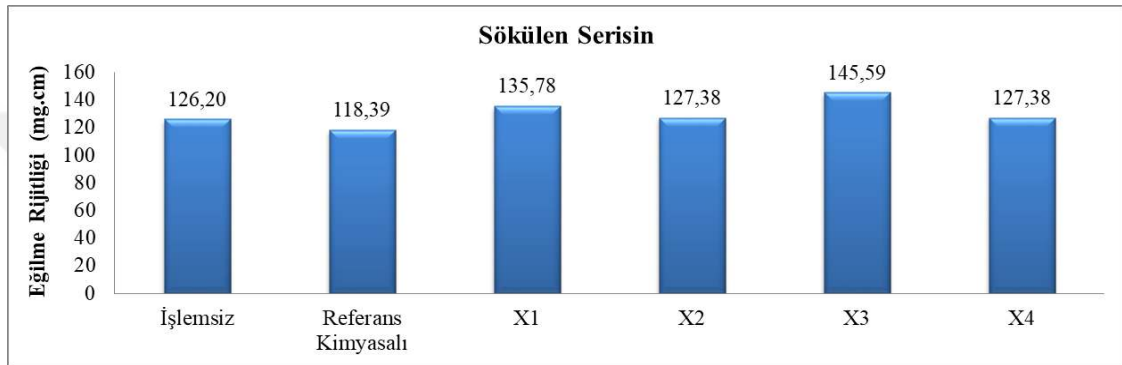


Şekil 4.35. Ham pamuk ve geri kazanılmış serisin uygulanmış pamuklu kumaşların atkı ve çözgü yönündeki % uzama değerleri

Genel olarak bakıldığında serisin maddesi uygulanmış tüm numunelerin atkı ve çözgü yönlerindeki kopma mukavemeti ve maksimum uzama değerlerinin işlemsiz ham numuneye göre artış gösterdiği görülmektedir. Akrilik ve vinil asetat esaslı çapraz bağlayıcı kullanılmış numunelerde de bu durum görülmektedir. Elde edilen sonuçlar daha önce literatürde yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermektedir (Jassim ve Al-Saree 2010, Litim ve ark. 2017).

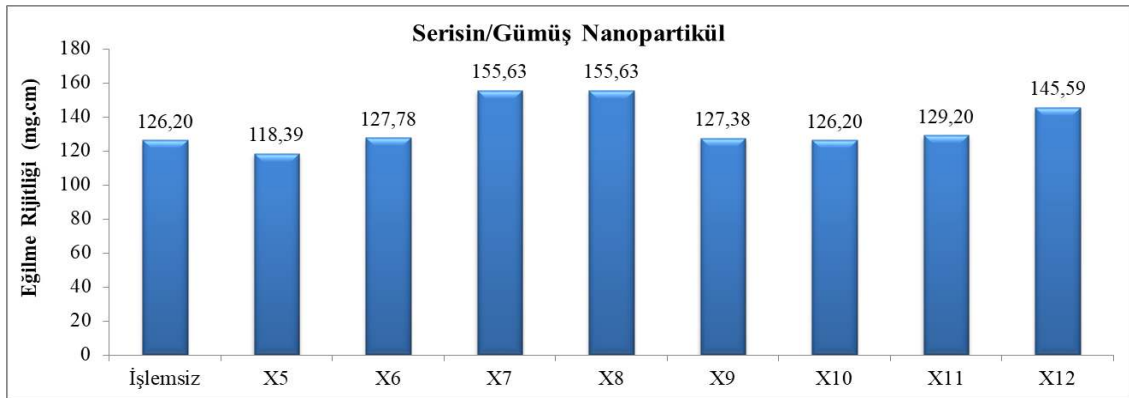
4.3. Kumaşların Eğilme Rijitliği Değerleri

Şekil 4.36.'da işlemsiz ham pamuklu kumaş, referans kimyasalı uygulanmış kumaş ve sökülen serisin uygulanmış numunelerin eğilme rijitliği değerleri verilmiştir. Değerler incelendiğinde referans kimyasalı uygulanan kumaşın eğilme rijitliği ham numuneye göre düşük çıkarken, sökülen serisin uygulanmış kumaşların değerlerinin ham numuneye göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bitim işlemi uygulanmış kumaşların sertliği artmıştır



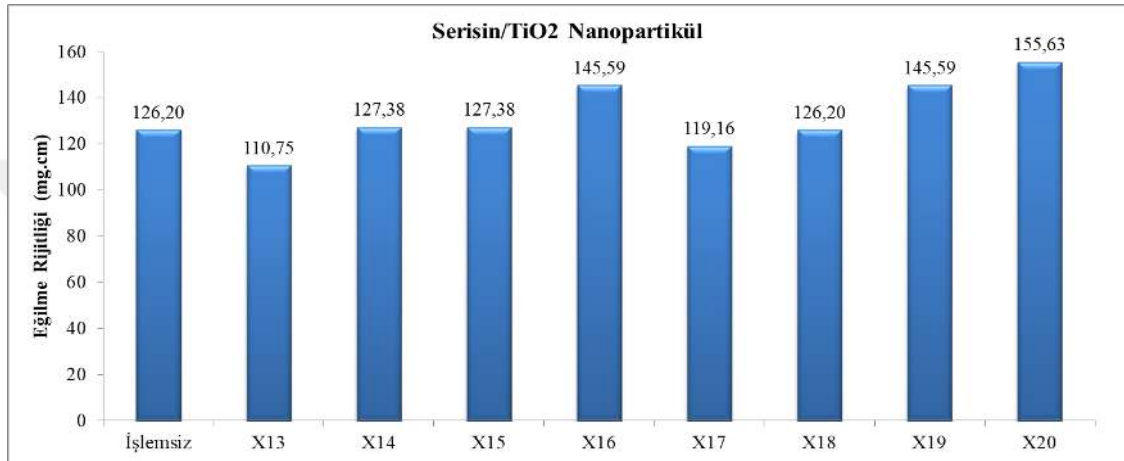
Şekil 4.36. Sökülen serisin uygulanmış kumaşların eğilme rijitliği değerleri

Serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış kumaşların eğilme rijitliği değerleri Şekil 4.37.'de verilmiştir. X5 kodlu serisin/gümüş nanopartikülün 20 g/L konsantrasyonda çapraz bağlayıcı olmadan bitim işlemi uygulanmış numune haricindeki numunelerin tümünün eğilme rijitliği değerinin, ham numuneye göre daha yüksek olduğu görülmektedir.



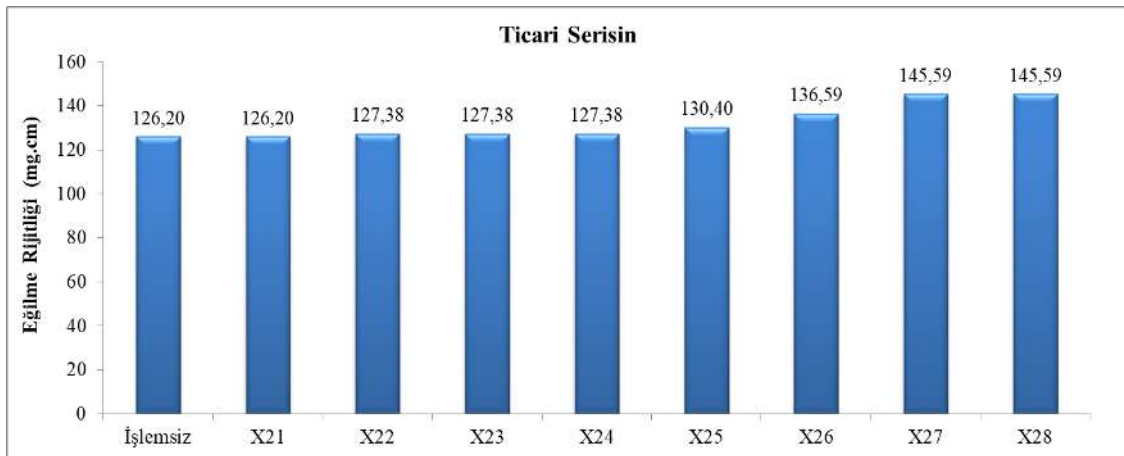
Şekil 4.37. Serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış kumaşların eğilme rijitliği değerleri

Şekil 4.38.'de Serisin/TiO₂ uygulanmış kumaşların eğilme rijitliği değerleri verilmiştir. Çapraz bağlayıcı bulunmayan sırasıyla 20 g/L ve 40 g/L konsantrasyonlarda serisin/TiO₂ uygulanan X13 ve X17 kumaşlarının eğilme rijitliği değeri ham numuneye göre düşük çıkmıştır. Çapraz bağlayıcı varlığında bitim işlemi uygulanan kumaşların eğilme rijitliği değerleri ise ham numunenin değerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Kullanılan çapraz bağlayıcıların kumaşların sertliğinde artışa neden olduğu görülmektedir.



Şekil 4.38. Serisin/TiO₂ uygulanmış kumaşların eğilme rijitliği değerleri

Ticari serisin uygulanmış kumaşların eğilme rijitliği değerleri Şekil 4.39.'da verilmiştir. Değerler incelendiğinde bitim işlemi uygulanmış tüm numunelerin eğilme rijitliği değerlerinin, ham numuneye göre daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.39. Ticari serisin uygulanmış kumaşların eğilme rijitliği değerleri

Şekil 4.40.'da geri kazanılmış serisin uygulanmış kumaşların eğilme rijitliği değerleri verilmiştir. Bitim işlemi uygulanmış numunelerin hepsinin eğilme rijitliği değerleri ham numuneye yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.40. Geri kazanılmış serisin uygulanmış kumaşların eğilme rijitliği değerleri

Serisin ve çapraz bağlayıcı maddelerin pamuklu kumaşların sertliğini arttırarak eğilme rijitliğini arttırdığı görülmektedir. Serisin konsantrasyonu arttıkça kumaşların eğilme rijitliğinin de arttığı görülmektedir. Ayrıca akrilik ve vinil asetat esaslı çapraz bağlayıcı maddelerinin uygulandığı kumaşlarda bu değer daha da yükselmiştir. Vinil asetat esaslı çapraz bağlayıcıların kumaşlara daha fazla sertlik kazandırdığı bilinmektedir. Bu çalışmada da en yüksek eğilme rijitliği değerleri asetat esaslı çapraz bağlayıcının aplike edildiği kumaşlarda elde edilmiştir (Kanık 1995, Gupta ve ark. 2014, Awaliyah ve Khairul 2018).

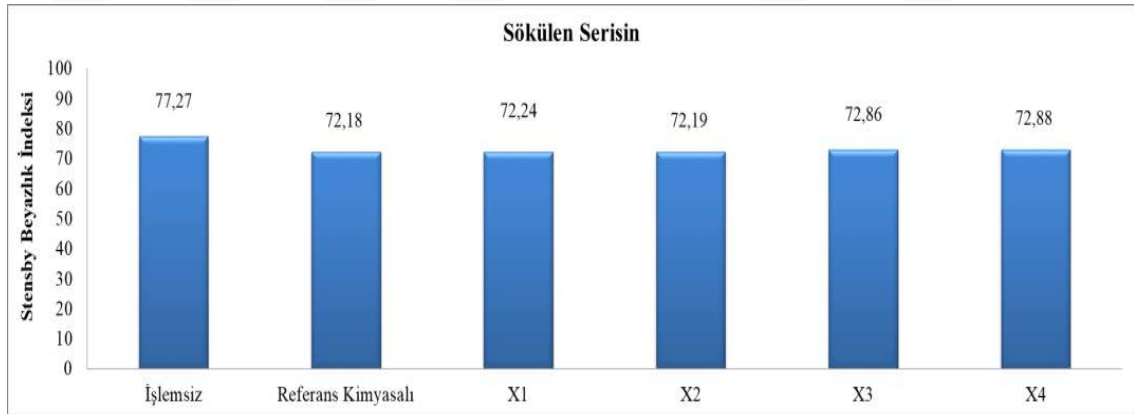
4.4. Kumaşların Spektrofotometre ve Beyazlık İndeksleri Sonuçları

Çizelge 4.1. Numunelerin spektrofotmetre ölçüm sonuçları

NUMUNELER	L*	a*	b*	ΔE
İşlemsiz	89,73	-0,43	2,61	-
Referans Kimyasalı	90,55	-0,47	4,46	2,02
X1	92,14	-0,46	5,04	3,42
X2	92,19	-0,51	5,01	3,44
X3	92,36	-0,46	4,9	3,49
X4	92,34	-0,49	4,86	3,45
X5	89,46	-0,26	7,05	4,45
X6	91,05	-0,32	6,19	3,82
X7	90,41	-0,39	5,45	2,92
X8	90,05	-0,24	5,36	2,78
X9	87,84	-0,42	8,21	5,91
X10	90,17	-0,48	7,52	4,93
X11	88,2	-0,51	6,88	4,54
X12	91,5	-0,36	5,79	3,64
X13	92,19	-0,5	5,68	3,93
X14	92,13	-0,43	4,57	3,10
X15	92,63	-0,49	4,49	3,46
X16	92,97	-0,41	5,28	4,20
X17	93,16	-0,5	5	4,18
X18	92,28	-0,45	4,52	3,19
X19	92,77	-0,62	4,67	3,68
X20	92,49	-0,58	4,91	3,60
X21	92,53	-0,27	3,8	3,05
X22	92,4	-0,37	3,98	3,00
X23	92,52	-0,63	5,01	3,69
X24	91,31	-0,58	4,43	2,41
X25	92,6	-0,45	4,53	3,45
X26	92,47	-0,41	4,24	3,19
X27	90,82	-0,62	4,55	2,23
X28	91,52	-0,53	4,03	2,29
X29	93,21	-0,37	4,82	4,12
X30	92,2	-0,5	4,89	3,36
X31	92,67	-0,57	4,72	3,62
X32	92,47	-0,49	4,88	3,56
X33	92,58	-0,45	4,44	3,39
X34	92,69	-0,44	5,32	4,01
X35	92,27	-0,44	4,58	3,21
X36	92,34	-0,36	3,89	2,91

İşlemsiz ham pamuklu kumaş, referans kimyasalı ve bitim işlemi uygulanmış tüm numunelerin spektrofotometre sonuçları Çizelge 4.1.'de verilmiştir. L* değerleri incelendiğinde işlem uygulanmış numunelerin L* değerleri, ham numunenin değerine göre %3-3,5 oranında artmış olduğu görülmektedir. Tüm numunelerin a* eksenine baktığımızda ise numunelerin a* değerlerinin ham kumaşın değerine göre (-) a* ekseninde ilerlediği gözlemlenmiştir. b* değerleri incelendiğinde işlem uygulanmış tüm numunelerin değerlerinin ham numuneye göre (+) b* ekseninde artmış olduğu gözlenmiştir. Özellikle serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış kumaşların değerlerinin diğer numunelere göre yüksek çıktığı görülmektedir. Ayrıca serisin/gümüş nanopartikül konsantrasyonu da arttıkça numunelerin b* değerlerinin arttığı görülmektedir. Bu durum işlem uygulanmış numunelerin daha sarımtırak bir renkte olduğunu göstermekte ve buna bağlı olarak Stensby beyazlık değerlerinde azalmalar meydana gelmektedir.

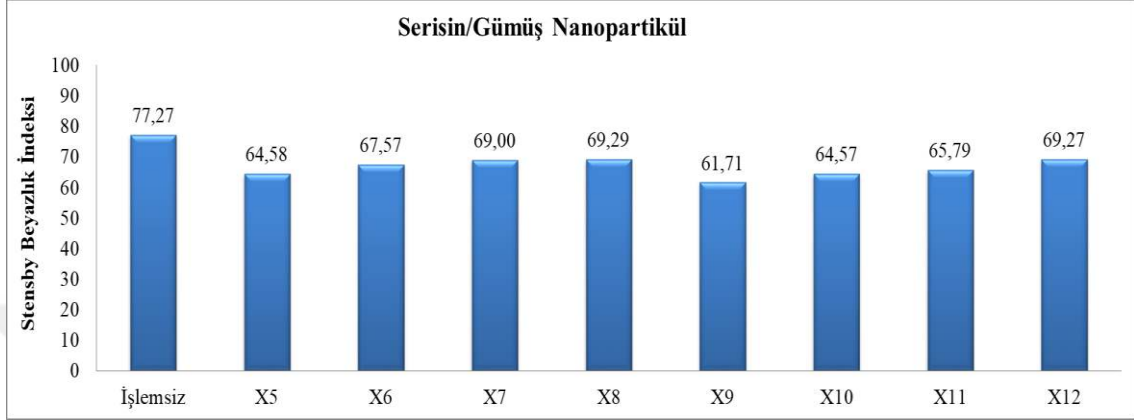
Şekil 4.41.'de işlemsiz ham pamuklu kumaşın, referans kimyasalı uygulanmış numune ve ipekten sökülen serisin çözeltisinin uygulandığı numunelerin Stensby beyazlık indeksi değerleri verilmiştir. Bitim işlemi uygulanmış numunelerin beyazlık değerinin ham pamuklu kumaşın beyazlık değerine göre daha düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 4.41. Ham pamuk, referans kimyasalı ve sökülen serisin uygulanmış kumaşların Stensby beyazlık indeksi değerleri

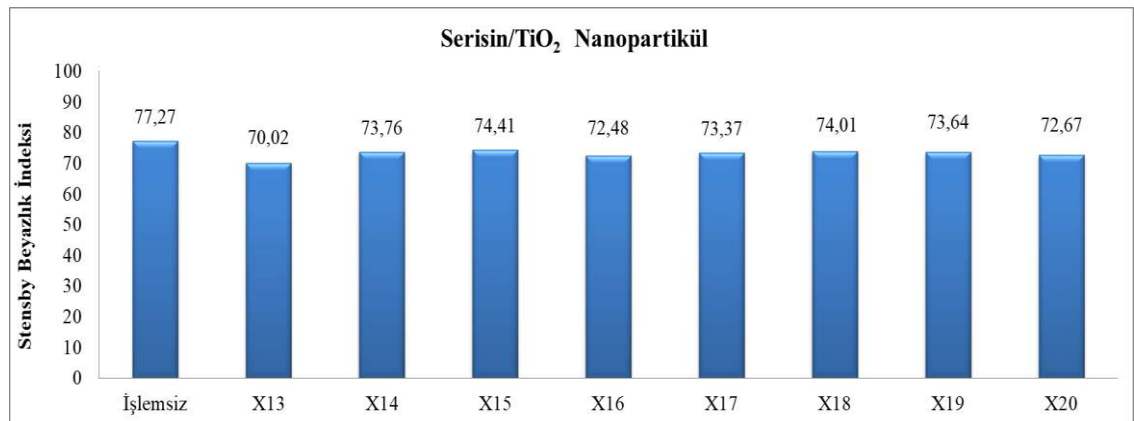
Şekil 4.42.'de görüldüğü gibi işlemsiz ham pamuklu kumaşın Stensby beyazlık indeksi değeri, serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış numunelerin beyazlık indeksi değerlerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çapraz bağlayıcı kullanılmadan serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış numunelerin beyazlık indeksi, çapraz bağlayıcı maddenin kullanıldığı duruma göre daha düşüktür.

Yani kullanılan serisin/gümüş nanopartikül maddesi tek başına numunelerin beyazlığını daha fazla azaltmıştır. Ayrıca serisin/gümüş nanopartikül maddesinin konsantrasyonu arttıkça beyazlık indeksi değeri daha düşük çıkmıştır. En düşük değer X9 kodlu numune ile 61,71 beyazlık indeksi değeridir.



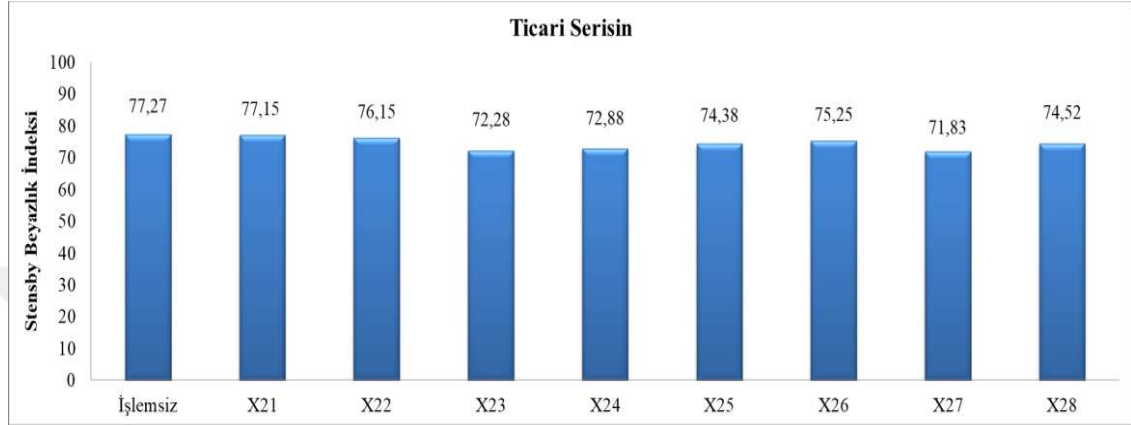
Şekil 4.42. Ham pamuk ve serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış kumaşların Stensby beyazlık indeksi değerleri

İşlemsiz ham pamuk kumaş ve serisin/TiO₂ nanopartikül uygulanmış numunelerin Stensby beyazlık indeksi değerleri Şekil 4.43.'de verilmiştir. Ham pamuklu kumaşın Stensby beyazlık indeksi değeri, serisin/TiO₂ uygulanmış numunelerin beyazlık indeksi değerine göre daha yüksektir. Serisin/TiO₂ nanopartikül maddesi, serisin/gümüş nanopartikül maddesine göre daha yüksek beyazlık indeksi değerine sahiptir.



Şekil 4.43. Ham pamuk ve serisin/TiO₂ uygulanmış kumaşların Stensby beyazlık indeksi değerleri

Şekil 4.44.'de işlemsiz ham pamuk kumaş ve ticari serisin uygulanmış numunelerin Stensby beyazlık indeksi değerleri verilmiştir. Ham numunenin beyazlık indeksi değeri, ticari serisin uygulanmış numunelerin beyazlık indeksi değerlerine göre daha yüksektir. Ticari serisinin 20 g/L konsantrasyonda çapraz bağlayıcı madde olmadan uygulandığı X21 kodlu numunede ham numuneye en yakın beyazlık indeksi değeri elde edilmiştir.



Şekil 4.44. Ham pamuk ve ticari serisin uygulanmış kumaşların Stensby beyazlık indeksi değerleri

Ham pamuklu kumaş ve atık sudan geri kazanılmış serisin maddesinin uygulandığı numunelerin Stensby beyazlık indeksi değerleri Şekil 4.45.'de verilmiştir. Ham pamuklu kumaşın beyazlık indeksi değeri, atık sudan geri kazanılmış serisinin uygulandığı numunelerin beyazlık indeksi değerlerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.45. Ham pamuk ve geri kazanılmış serisin uygulanmış kumaşların Stensby beyazlık indeksi değerleri

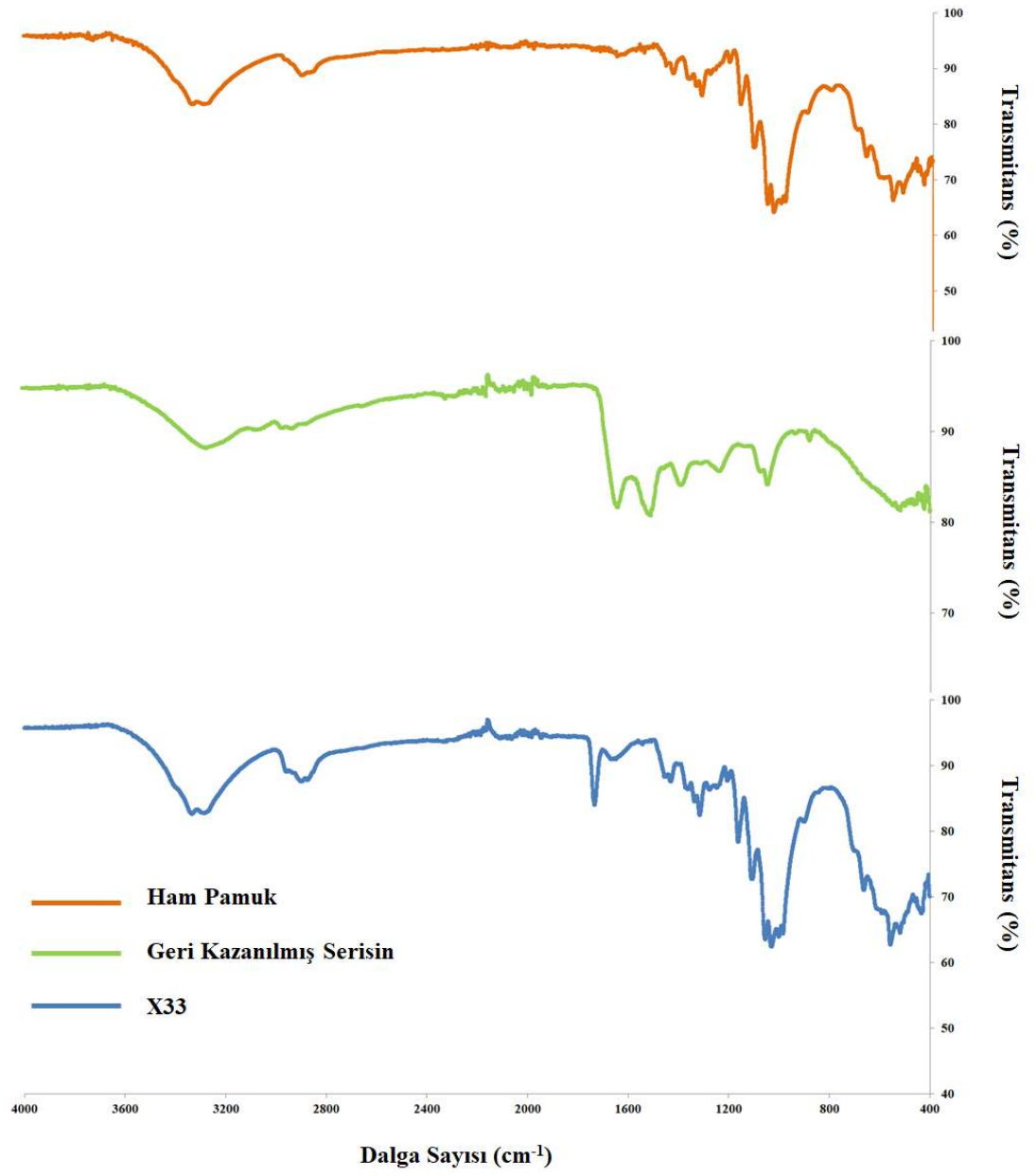
4.5. FTIR Spektrumları Analizleri

Pamuklu kumaşlara uygulanan antibakteriyel bitim işlemlerinin fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometresi (FT-IR) ölçümleri materyal ve yöntemde belirtilen test metoduna göre yapılmıştır. Bitim işlemi uygulanmış kumaşların yapısındaki değişiklikler FTIR-ATR yöntemi ile belirlenmiş ve bu değişiklikler Şekil 4.46. ve Şekil 4.47.'de verilmiştir. Şekil 4.46.'da ham pamuklu kumaş, geri kazanılmış serisin ve geri kazanılmış serisinin çapraz bağlayıcı kullanılmadan uygulandığı X33 kodlu kumaşın FTIR-ATR analizi sonuçları gösterilmiştir.

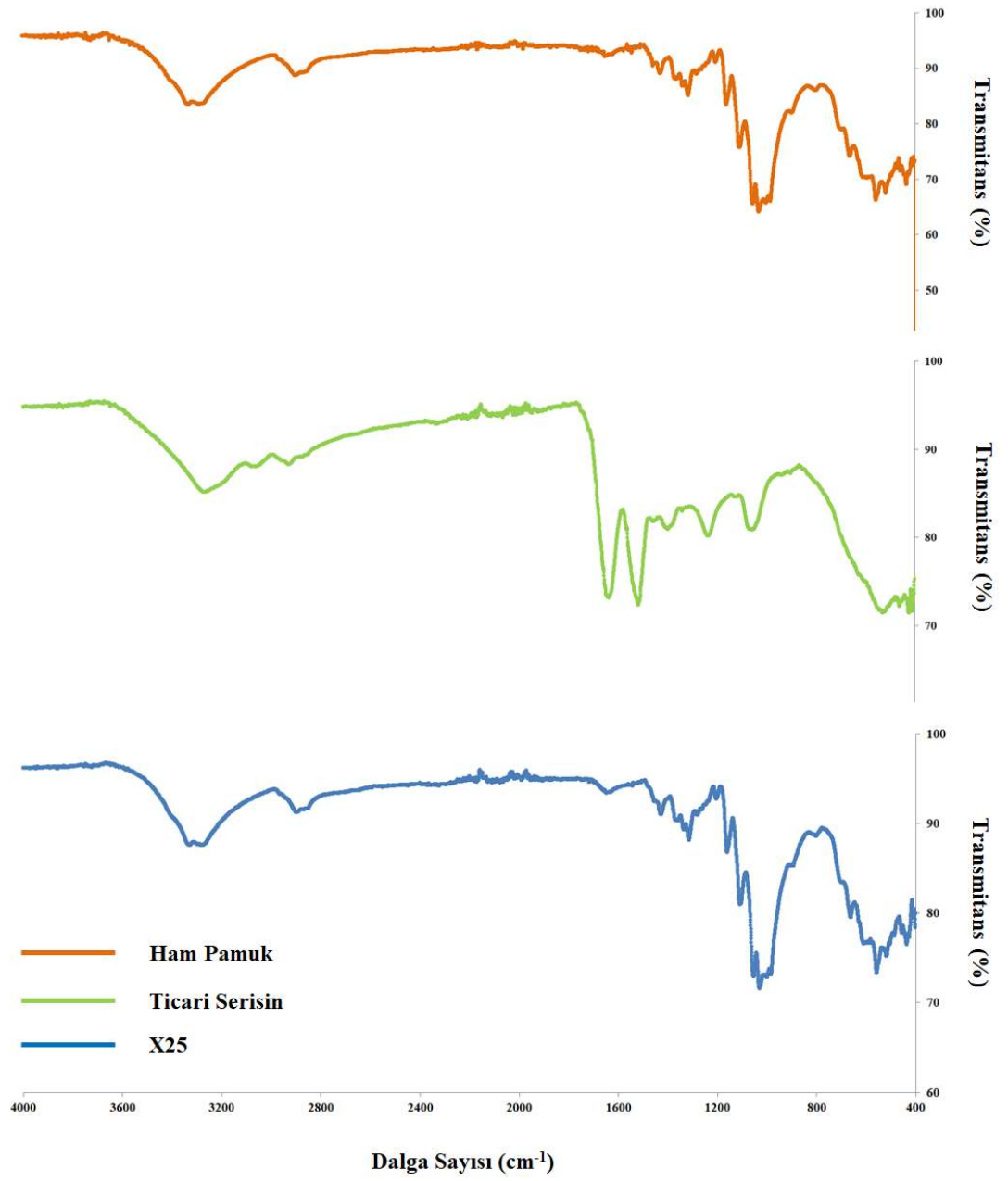
İpek böceği kozalarından elde edilen serisinin FT-IR spektrumunda protein yapısında bulunan bu gruplara ait karakteristik pikler görülmektedir. 3500-3000 cm^{-1} aralığındaki N-H (Amit A bandı) ve 3600-3200 cm^{-1} aralığındaki O-H gerilme titreşimlerine ait bantlar üst üste çakışmış haldedir. Amit I grubuna ait C=O gerilme titreşim piki 1636 cm^{-1} 'de keskin bir pik halinde görülmektedir. Proteinlerin ikincil yapısı, Amit I pik pozisyonundan belirlenebilmektedir. 1508 cm^{-1} 'de oluşan pik ikincil amid gerilmesini (N-H) ve 1236 cm^{-1} dalga boyundaki pikler üçüncül amid gerilmesini (C-N) göstermektedir. İkincil yapıdaki α -heliks, β -yaprak ve gelişigüzel kıvrımlara ait pikler sırası ile 1655, 1630 ve 1645 cm^{-1} civarında görülmektedir (Jackson 1995, Teramoto, 2008.)

1732 cm^{-1} 'de aşağı doğru olan pik ve 2196 cm^{-1} 'de yukarı doğru olan pikler incelediğinde, bu piklerin ham pamuklu kumaşa olmadığı, geri kazanılmış serisinde ve bitim işlemi uygulanmış X33 kodlu kumaşa var olduğu görülmektedir. Bu pikler serisinin pamuklu kumaşa başarılı bir şekilde applike edildiğini göstermektedir.

Şekil 4.47.'de ham pamuk kumaş, ticari serisin maddesi ve ticari serisin maddesinin çapraz bağlayıcı olmadan kumaşa uygulandığı X25 kodlu kumaşın FTIR-ATR analizi verilmiştir. Transmittans spektrumları incelendiğinde ham pamuklu kumaşa olmayan 1646, 2095 ve 2183 cm^{-1} pikleri, ticari serisin maddesi ve X25 numunesinin FTIR-ATR analizi sonucunda görülmektedir. Bu pikler ticari serisin maddesinin pamuklu kumaşa başarılı bir şekilde applike edildiğini göstermektedir.



Şekil 4.46. Ham pamuklu kumaş, geri kazanılmış serisin ve X33 kodlu kumaşın FTIR analizi



Şekil 4.47. Ham pamuk, ticari serisin ve X25 kodlu kumaşın FTIR analizi

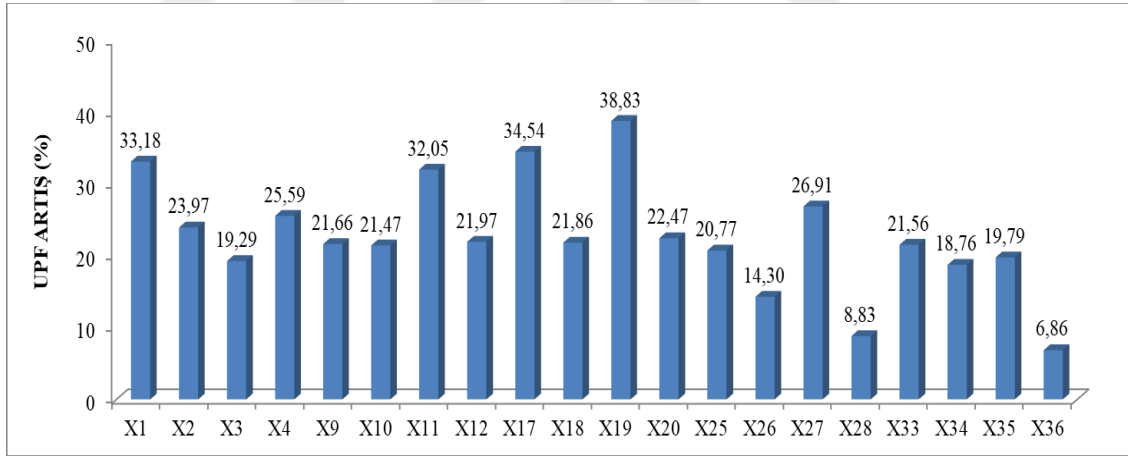
4.6. Kumaşların UPF Sonuçları

Çizelge 4.2. Numunelerin UPF, UV-A ve UV-B geçirgenlik değerleri

KODLAR	UPF	UV - A GEÇİRGENLİK (%)	UV - B GEÇİRGENLİK (%)
İŞLEMSİZ	8,94	16,63	9,50
X1	11,91	13,31	6,84
X2	11,09	14,03	7,42
X3	10,67	14,76	7,75
X4	11,23	13,70	7,36
X9	10,88	14,06	7,68
X10	10,86	12,97	7,16
X11	11,81	14,82	8,27
X12	10,91	13,87	7,80
X17	12,03	13,29	6,92
X18	10,90	14,30	7,77
X19	12,41	13,79	6,57
X20	10,95	14,13	7,73
X25	10,80	14,56	7,73
X26	10,22	13,74	7,84
X27	11,35	13,60	7,42
X28	9,73	15,25	8,75
X33	10,87	14,02	7,75
X34	10,62	14,35	7,93
X35	10,71	14,40	7,87
X36	9,56	15,61	8,87

Bitim işlemi uygulanmış numunelerin ultraviyole ışınlar karşış gösterdiği koruyuculuk faktörü olan UPF değeri ve UV-A, UV-B geçirgenlik değeri Çizelge 4.2.' de verilmiştir. Değerler incelendiğinde kumaşlarda iyi bir ultraviyole koruyuculuk gözlemlenmemiştir. Ancak bitim işlemi uygulanmış kumaşların hepsinin UPF değeri artmış, UV-A ve UV-B geçirgenliklerinin ise azaldığı görülmektedir. Serisin yüksek miktarda serin içermesinden dolayı nemlendirici ve UV radyasyona karşış koruyuculuk özellikleri göstermektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda serisinin, UV-B'nin neden olduğu tümör ve cilt zararına karşış foto-koruyucu bir etki gösterdiği bulunmuştur (Zhaorigetu 2003). Numunelerin UPF değeriindeki artış Şekil 4.48.'de verilmiştir.

Bitim işlemi uygulanmış kumaşlarda UV korumanın artmış, UV geçirgenliğinin UV-A ve UV-B bölgelerinde azaldığı görülmüştür. Şekil 4.48. incelendiğinde UPF derecesindeki en yüksek artış serisin/TiO₂ uygulanmış X17 ve X19 numunelerinde elde edildiği görülmektedir.



Şekil 4.48. Bitim işlemi uygulanmış numunelerin UPF değeriinin ham numuneye göre % olarak artışı

5. SONUÇ

Bu tez çalışmasının temel amacı biyouyumluluk, antioksidan özellik, nem absorbe etme, antibakteriyel aktivite gibi eşsiz özelliklere sahip doğal bir protein olan serisinin pamuklu kumaşlara uygulanabilirliğinin ve uygulama sonrasında kumaşlara katabileceği özelliklerin araştırılmasıdır. İpek liflerine uygulanan serisin giderme işlemi sonrasında doğaya atık olarak şarj edilen serisin içerikli sulardan serisin maddesi nanofiltrasyon yöntemiyle geri kazanılmış ve bu madde hem tek başına hem de gümüş ve titanyum dioksit ile nanopartikül oluşturularak pamuklu kumaşlara antibakteriyel bitim işlemi olarak uygulanmıştır. Yıkama işlemleri sonrasında kalıcılığının sağlanması içinde üç farklı çapraz bağlayıcı madde de kullanılmıştır. Bitim işlemi uygulanmış kumaşların antibakteriyel etkinlikleri bitim işlemi, 10 ve 20 evsel ve ticari yıkama işlemleri sonrasında kantitatif ASTM E 2149 ve JIS L 1902 standartlarında gram pozitif *S. aureus* ve gram negatif *E. coli* bakterilerine karşı araştırılmıştır. Daha sonra işlem uygulanmış kumaşlara yırtılma mukavemeti, kopma mukavemeti, % uzama değerleri, beyazlık indeksleri, UV koruma indeksleri ve FTIR analizleri yapılmıştır. Bütün bu uygulamalar ve testler sonrasında sanayide kullanılan konvansiyonel antibakteriyel bitim işlemleri maddeleri yerine serisin ve serisin içerikli nanopartiküllerin kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Serisin ve serisin içerikli nanopartiküller kumaşlara 20 ve 40 g/L konsantrasyonlarda emdirme-kurutma-fikse yöntemiyle uygulanmıştır.

ASTM E 2149 standardına bakıldığında bitim işlemi uygulandıktan sonra yapılan testlerde her iki bakteri türüne karşı tüm numunelerde iyi seviyede antibakteriyel etkinlik görülmektedir. Bitim işlemi uygulanmamış pamuklu kumaşta herhangi bir antibakteriyel aktivite bulunmamıştır. Sanayide de ticari olarak kullanılan referans kimyasalı uygulanmış numunenin *S. aureus* bakterisine karşı hem yıkamasız hem de yıkama işlemi uygulanmış durumda dahi antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. *E. coli* bakterisine karşı ise yıkama işlemi uygulanmamış numunede antibakteriyel aktivite görülse de 10 ve 20 evsel yıkama sonrasında bakteri kolonilerinde artış gözlenmiştir.

İpekten yüksek basınç ve yüksek sıcaklık yöntemiyle sökülerek çözeltisi elde edilen serisinin uygulandığı numuneler *E. coli* bakterisine karşı antibakteriyel etkinlikleri incelendiğinde; yıkama uygulanmamış numunelerde iyi seviyede antibakteriyel aktivite elde edilmiştir. 10 ve 20 evsel ve ticari yıkama sonrasında ise herhangi bir antibakteriyel aktivite görülmemektedir. Aynı sonuçlar *S. aureus* bakterisinde de elde edilmiştir.

Serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış numunelerde ise hem *E. coli* hem de *S. aureus* bakterilerine karşı bitim işleminden sonra çok iyi seviyede antibakteriyel etkinlik değerleri elde edilmiştir. Uygulanan bu madde 10 ve 20 yıkama işlemlerinden sonra dahi kalıcılığını kanıtlamış ve çok iyi seviyede antibakteriyel etkinlik göstermiştir.

Serisin/TiO₂ nanopartikül uygulanmış numunelerin bitim işlemi uygulamasından sonra gerçekleştirilen antibakteriyellik testlerinde her iki bakteri türüne karşı çok iyi seviyede antibakteriyel etkinliğe sahip olduğu saptanmıştır. Ancak *E. coli* bakterisinde bu madde ile birlikte kullanılan çapraz bağlayıcı maddelerin ve konsantrasyon artışının 10 ve 20 yıkama işlemlerinden sonra kalıcılığı sağlayamadığından dolayı antibakteriyel etkinliğin kalmadığı ve bakteri üremelerinin arttığı gözlenmiştir. *S. aureus* bakterisine karşı ise 10 ve 20 yıkama işlemlerinden sonra dahi çok iyi seviyelerde antibakteriyel aktivite elde edilmiştir.

Ticari serisin uygulanmış numunelerde her iki bakteri türüne karşı yıkama yapılmadığında çok iyi seviyede antibakteriyel etkinlik tespit edilmiştir. Ancak 10 ve 20 yıkama işlemlerinden sonra konsantrasyon artışı ve çapraz bağlayıcı varlığına rağmen herhangi bir antibakteriyel aktivitenin kalmadığı görülmüştür.

Atık sudan geri elde edilen serisinin uygulandığı numunelerde yıkama işlemi uygulanmadığında çok iyi seviyede antibakteriyel etkinliğin olduğu görülmüştür. *E. coli* bakterisine karşı 10 ve 20 yıkama işlemlerinde sonra ise antibakteriyel etkinliğin kalmadığı ve bakteri üremelerinin olduğu tespit edilmiştir. *S. aureus* bakterisine karşı 10 yıkama sonrasında X31 kodlu numunede düşük seviyede, X35 kodlu numunede ise çok iyi seviyede antibakteriyel aktivite elde edilmiştir. Burada akrilat esaslı PMN çapraz bağlayıcısının kalıcılığı arttırdığı görülmüştür. Diğer numunelerde ise 10 ve 20 yıkama işleminden sonra herhangi bir antibakteriyel etkinlik görülmemektedir.

JIS L 1902 metodundaki veriler incelendiğinde antibakteriyel etkinlik sonuçlarının ASTM E 2149 metoduna göre biraz daha iyi olduğu görülmektedir. Bu metotta referans kimyasalında her iki bakteri türüne karşı tüm durumlarda (yıkamasız, 10 yıkama, 20 yıkama) çok iyi seviyede antibakteriyel aktivite elde edilmiştir.

İpekten yüksek basınç ve yüksek sıcaklık yöntemiyle sökülerek çözeltisi elde edilen serisinin uygulandığı numunelerin tüm durumlarda her iki bakteri türüne karşı antibakteriyel etkinliğe sahip oldukları görülmüştür. 10 ve 20 yıkamadan sonra antibakteriyel etkinlik kademeli olarak azalsa dahi hala antibakteriyel etkinliğin olduğu tespit edilmiştir. 10 ve 20 yıkama sonrasında *E. coli* bakterisine karşı tüm numunelerde orta seviye antibakteriyel aktivite görülmektedir. *S. aureus* bakterisine karşı ise 10 yıkama işlemi sonrasında tüm numunelerde çok iyi seviyede, 20 yıkama işleminden sonra ise orta seviyede antibakteriyel etkinlik tespit edilmiştir.

Serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış numunelerde her iki bakteri türüne karşı yıkamasız, 10 yıkama ve 20 yıkama işlemi sonrasında dahi çok iyi seviyede antibakteriyel aktivite görülmüştür.

Serisin/TiO₂ nanopartikül uygulanmış numunelerde tüm durumlarda *S. aureus* bakterisine karşı çok iyi seviyede antibakteriyel etki gözlenmiştir. *E. coli* bakterisinde yıkama işlemi uygulanmamış numunelerde çok iyi seviyede antibakteriyel etkinlik görülmektedir. 10 yıkama sonrasında ise X18 kodlu numunede çok iyi, X20 kodlu numunede ise düşük seviyede antibakteriyel etkinlik elde edilmiştir. Diğer numunelerde 10 ve 20 yıkama sonrasında antibakteriyel etkinliğin kalmadığı görülmektedir.

Ticari serisin uygulanmış numunelerde yıkama işlemi uygulanmamış numunelerde her iki bakteri türüne karşı çok iyi antibakteriyel etkinlik görülmektedir. 10 yıkama sonrasında *E. coli* bakterisine karşı X25 kodlu numune haricindeki kumaşlarda antibakteriyel etkinlik bulunmamaktadır. *S. aureus* bakterisinde ise kademeli olarak azalmasına rağmen 10 ve 20 yıkama sonucunda antibakteriyel aktivite elde edilmiştir.

Atık sudan geri elde edilen serisinin uygulandığı tüm numunelerde yıkama işleminin uygulanmadığı durumda çok iyi seviye antibakteriyel aktivite görülmektedir. *E. coli* bakterisine karşı 10 ve 20 yıkama işlemi sonrasında antibakteriyel etkinliğin kalmadığı

ve bakteri kolonisinde artış olduğu tespit edilmiştir. *S. aureus* bakterisine karşı 10 yıkama sonrasında düşük seviyede antibakteriyel etkinlik görülmektedir. 20 yıkama sonrasında ise herhangi bir antibakteriyel etkinliğin kalmadığı ve bakteri kolonisinde artış olduğu görülmüştür.

Genel anlamda değerlendirilecek olursa yıkama işlemi uygulanmadığı zaman kumaşlarda çok iyi seviyede antibakteriyel etkinlik görülmektedir. Antibakteriyel aktivite sonuçlarına bakıldığında her iki bakteri türü ve test standardında en iyi sonuçların serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış numunelerde elde edildiği görülmektedir. Uygulanan tüm maddeler *S. aureus* bakterisine karşı daha iyi antibakteriyel aktivite göstermişlerdir. Bunun sebebi gram negatif *E. coli* bakterilerinin çok kalın hücre duvarı yapısına karşılık gram pozitif *S. aureus* bakterilerinin daha basit hücre duvarına sahip olmasıdır (Park 1998).

Kumaşlara uygulanan maddelerin yırtılma mukavemeti üzerine etkileri incelendiğinde atkı ve çözgü yönünde tüm numunelerin, bitim işlemi uygulanmamış ham pamuklu kumaşa göre daha düşük değerler verdiği görülmektedir. Literatürde de daha önce yapılan çalışmalarda çapraz bağlayıcı uygulanan kumaşların yırtılma mukavemeti değerlerinde bir miktar azalmalar olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca tüm numunelerde atkı yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri çözgü yönüne göre daha yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi ise çözgü yönündeki sıklığın daha yüksek olmasıdır.

Kopma mukavemeti sonuçlarına bakıldığında bitim işlemi uygulanmış numunelerde, işlemsiz ham pamuklu kumaşa göre atkı ve çözgü yönünde daha yüksek değerler elde edilmiştir. Bitim işlemi uygulanmış numunelerin yüzde uzama değerlerinin de arttığı görülmektedir. Bu durumun sebebinin serisinin film yapabilme yeteneği ve çapraz bağlayıcılardan kaynaklandığı düşünülmektedir (Jassim 2010, Litim ve ark. 2017).

Eğilme rijitliği değerlerinde ise bitim işlemi uygulanmış numunelerin eğilme rijitliği değerlerinin işlemsiz ham pamuklu kumaşa göre arttığı görülmektedir. Uygulanan maddenin konsantrasyonu arttıkça eğilme rijitliği değerinin de arttığı tespit edilmiştir.

Numunelerin beyazlık indeksleri incelendiğinde bitim işlemi uygulanmamış kumaşın beyazlık indeksi, bitim işlemi uygulanmış numunelere göre daha yüksektir. Özellikle

serisin/gümüş nanopartikül uygulanmış numunelerde en düşük beyazlık indeksi değerleri alınmıştır. Ayrıca konsantrasyon arttığında beyazlık indeksi değerlerinin daha da düştüğü görülmektedir.

Bitim işlemi uygulanmamış pamuklu kumaş, atık sudan geri kazanılmış serisin, ticari serisin ve bu maddelerin pamuklu kumaşlara çapraz bağlayıcı olmadan uygulandığı X33 ve X25 kodlu kumaşların fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometresi (FT-IR) analizleri yapılmıştır. Her iki numunede de, bitim işlemi uygulanmamış pamuklu kumaşa olmayan ancak ipeğin ve protein esaslı serisinin karakteristik piki olan amid I pikleri görülmektedir. Bu durum atık sudan geri kazanılan serisin ve ticari serisin maddelerinin başarılı bir şekilde pamuklu kumaşlara applike edildiğini göstermektedir.

Yüksek sıcaklık ve basınçta ipekten sökülen serisin çözeltisinin alınarak kumaşlara bitim işlemi olarak uygulandığı numunelerin ve diğer maddelerin 40 g/L konsantrasyonda uygulandığı numunelerin ultraviyole koruyuculuk faktörleri hesaplanmıştır. İşlem uygulanmış numunelerin ultraviyole koruyuculuk faktörleri, bitim işlemi uygulanmamış pamuklu kumaşa göre yüksek çıkmıştır. Proteinlerin peptit bağları ve aromatik aminoasitler sayesinde ultraviyole radyasyonu absorbladığı bilinmektedir. Serisindeki serin, triptofan ve tirozin gibi aminoasitler sayesinde ultraviyole ışınların absorblandığı ve ultraviyole geçirgenliğin azalarak, koruyuculuğun sağlandığı düşünülmektedir (Gupta ve ark. 2014).

Bu çalışmada, antimikrobiyal ürünlere karşı artan talep karşısında toksik kimyasallara alternatif olarak çevre dostu doğal bir protein olan serisin kullanılmıştır. İpekten sökülen serisinin insan ve çevreye karşı herhangi bir toksik etkisinin bulunmaması ve geri elde edilmesi de avantajlar arasında yer almaktadır. Çalışma sonucunda ipek liflerine uygulanan serisin giderme işlemi sonrasında ortaya çıkan atık sudan serisin maddesi başarılı bir şekilde geri kazanılmış ve bu madde daha sonra hem tek başına hem de gümüş ve titanyum dioksit ile nanopartikül oluşturularak pamuklu kumaşlara applike edilmiştir. Yapılan testler sonucunda yüksek sıcaklık ve basınçta ipekten sökülen serisin çözeltisinin, atık sudan geri kazanılan serisin ve bu serisin ile oluşturulan serisin/gümüş ve serisin/TiO₂ nanopartiküllerin ve ticari serisin maddelerinin, çevreye ve insan sağlığına zararlı maddelere alternatif olarak antibakteriyel bitim işlemi kimyasalı olarak başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

Bitim işlemi sonrasında kumaşlara uygulanan performans testleri bu maddelerin pamuk kumaşlara herhangi bir olumsuz etki yaratmadığını göstermektedir. Ayrıca bu maddeler antibakteriyel etkinliğin yanında kumaşlara ultraviyole koruyuculuk da kazandırmıştır. Serisin maddesinin atık sudan geri kazanılması ile hem doğaya atılan sudaki kirlilik yükü azaltılmış olacaktır hem de birçok olumlu özelliğe sahip değerli bir protein olan serisin maddesinin tekstil sektöründe antibakteriyel bitim işlemlerinde kullanılabileceği gösterilmiştir. Alternatif sürdürülebilir prosesler ülkemiz ve tekstil endüstrisi için umut teşkil etmektedir.



KAYNAKLAR

- Aboulhassan, M.A., Souabi, S., Yaacoubi, A., Baudu, M. 2006.** Removal of Surfactant from Industrial Wastewaters by Coagulation Flocculation Process. *Journal of Environmental Science and Technology*, 3:4. 327-332.
- Agboh, O.C., Qin, Y. 1997.** Chitin and chitosan fibers. *Polymers for Advanced Technologies*, 8: 355-365.
- Akbaş, E. 2011.** İpek Lifinin Open End Rotor İplikçiliğinde Eğrilmesi Üzerine Bir Çalışma. *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Teknolojisi Anabilim Dalı, İzmir.
- Akdeniz, E. 2016.** A new method for production of antibacterial fabrics. *Yüksek Lisans Tezi*, Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Gaziantep.
- Altınok, U.B. 2008.** Tekstil yüzeylerinin antibakteriyel özelliklerinin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Altun, D. 2007.** XIX. Yüzyılda Bursa’da İpekböcekçiliği. T.C. Balıkesir Üniversitesi F.E.F. Karesi Tarih Kulübü Bülteni, 2007/1: 102-108.
- Aniş, P., Çapar, G., Toprak, T., Yener, E. 2016.** Sericin removal from silk fibers with eco-friendly alternative methods. *Tekstil Ve Konfeksiyon*, 26:4, 368-374.
- Annamaria, S., Maria, R., Tullia, M., Silvio, S., Orio, C. 1998.** The microbial degradation of silk: A laboratory investigation. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 42: 203-211.
- Anonim, 2013.** İpek Eldesi: Kozada İpek Filamentini Çekme. <https://tekstilsayfasi.blogspot.com.tr/2013/01/kozadan-ipek-filamentini-cekme-ipek.html> (Erişim tarihi: 13.03.2018).
- Arami, M., Rahimi, S., Mivehie, L., Mazaheri, F., Mahmoodi, N.M. 2007.** Degumming of Persian silk with mixed proteolytic enzymes. *Journal of Applied Polymer Science*, 106(1): 267-275.
- Aramwit, P., Siritientong, T., Srichana, T. 2012.** Potential applications of silk sericin, a natural protein from textile industry by-products. *Waste Management & Research*, 30(3): 217-224.
- Arik, B., Seventekin, N. 2011.** Evaluation of Antibacterial and Structural Properties of Cotton Fabric Coated By Chitosan / Titania and Chitosan / Silica Hybrid Sol-Gel Coatings. *Journal of Textile & Apparel*, 21(2): 107–115.
- Aslam, M.M., Baig, M.A., Hassan, I., Qazi, I.A., Malik, M., Saeed, H. 2004.** Textile Wastewater Characterization and Reduction of Its COD and BOD by Oxidation, *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 3 (6): 804-811.
- Atav, R., Namırtı, O. 2011.** İpek liflerinin dünü ve bugünü. *Journal of Engineering Science and Design*, 1(3): 112-119.
- Aygün, S.S. 2008.** Recovery of Sericin Protein from Silk Processing Wastewaters by Membrane Technology. *Yüksek Lisans Tezi*, Mühendislik Bilimleri Bölümü, ODTÜ, Ankara,
- Awaliyah, R. P., Khairul, U. 2018.** Utilization of Sericin on Modification of Cotton Dyeing using Acid Dyes. *Research Journal of Chemistry and Environment*, 22: 260-266.
- Babu, K.M. 2013.** Silk Processing, properties and applications. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK, 200 pp.

- Belhaj Khalifa, I., Ladhari, N., Touay, M. 2012.** Application of sericin to modify textile supports. *Journal of the Textile Institute*, 103(4): 370–377.
- Bhandari, B., Singh, S.S.J., Rose, N.M. 2016.** Use of sericulture by-product ie Sericin in ecofriendly treatment of cotton fabric. *Environment Conservation Journal*, 17(1): 37-40.
- Bhandari, B., Singh, S.S.J., Rose, N.M. 2018.** Effect of sericin treatment conditions on dye ability of cotton fabric. *Journal of Applied and Natural Science*, 10(1): 102-106.
- Bilgehan, H., 1994.** Temel Mikrobiyoloji ve Bağışıklık Bilimi. Fakülteler Kitap Evi Barış Yayınları, 589 s.
- Bilget, Ö. 2013.** Nano Boyutta Gümüş/Çinko Katkılı Pigment Baskı Uygulanmış Kumaşların Antibakteriyel Özelliklerinin Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, ERÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri.
- Caillier, L., de Givenchy, E.T., Levy, R., Vandenberghe, Y., G ribaldi, S., Guittard, F., 2009.** Synthesis and Antimicrobial Properties of Polymerizable Quaternary Ammoniums. *Eur. J. Med. Chem.* 1, 1-8.
- Chen, H.L. 2001.** Microwave radiation decontamination of mildew infected cotton. *Textile Research Journal*, 71(3): 247-245.
- Chisti Y. 1998.** Strategies in downstream processing. In: Subramanian G, editor. Bioseparation and bioprocessing: a handbook, vol. 2. New York: Wiley-VCH. pp. 3 – 30.
-  akar, A. 2015.** Antibakteriyel  zellikli kuma  üretimi üzerine bir ara tırma. *Yüksek Lisans Tezi* , SD  Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil M hendisliđi Anabilim Dalı, Isparta.
-  apar, G. 2005.** Development of a Membrane Based Treatment Scheme for Water Recovery from Textile Effluents, *Doctor of Philosophy's Thesis*, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
-  oban, S. 1999.** Genel Tekstil Terbiyesi ve Bitim   lemleri. E . Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi Yayını,  zmir, 314 s.
- Das, D., Bakshi, S., Bhattacharya, P. 2014.** Dyeing of Sericin-Modified Cotton with Reactive Dyes. *The Journal of The Textile Institute*, 105(3): 314–320.
- Demir, A.,  ktem, T., Seventekin, N. 2008.** Kitosanın Tekstil Sanayiinde Antimikrobiyal Madde Olarak Kullanımının Araştırılması. *Tekstil Ve Konfeksiyon*, 18(2): 94–102.
- Doakhan, S., Montazer, M., Rashidi, A., Moniri, R., Moghadam, M. B. 2013.** Influence of sericin/TiO2 nanocomposite on cotton fabric: Part 1. Enhanced antibacterial effect. *Carbohydrate Polymers*, 94(2): 737–748.
- Duangstri, P., Juntarapun, K., Satirapipathkul, C. 2012.** The Tobacco Leaf Extract and Antibacterial Activity in Textile. *International Conference: Textiles & Fashion*, 3-8.
- Dural Erem, A. 2012.** Nanokompozit yapılı tekstillerin geliştirilmesi ve antimikrobiyal özellik kazandırılması. *Doktora Tezi*.  T  Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı,  stanbul.
- Duran, K.,  zdemir, D., Namlıg z, E.S. 2007.**  pek liflerindeki serisinin enzimatik olarak uzaklaştırılması. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 17(3): 182-186.
- El-Rafie, M. H., Mohamed, A. A., Shaheen, T., Hebeish, A. 2010.** Antimicrobial effect of silver nanoparticles produced by fungal process on cotton fabrics. *Carbohydrate Polymers*, 80(3): 779–782.

- Ercan, T. B. 2007.** Serin alkali proteaz sentezini kontrol eden aspartik asit grubu amino asitlerin proteaz üretimine etkisinin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*. AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Fersi, C., Gzara, L., Dhahbi, M. 2005.** Treatment of textile effluents by membrane Technologies. *Desalination*, 185: 399-409.
- Franck, R. R. 2001.** Silk, Mohair, Cashmere and Other Luxury Fibres. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 246 pp.
- Freddi, G., Allara, G., Candiani, G. 1996.** Degumming of silk with tartaric acid. *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 112: 191–195.
- Freddi, G., Mossotti, R., Innocenti, R. 2003.** Degumming of silk fabric with several proteases. *Journal of Biotechnology*, 106(1): 101-112.
- Gao, Y., Cranston, R. 2008.** Recent advances in antimicrobial treatments of textiles. *Textile Research Journal*, 78(1): 60-72.
- Gao, Y., Robin, C. 2008.** Recent advances in antimicrobial treatments of textiles. *Textile Research Journal*, 78(1): 60–72.
- Gilbert, P., Moore, L.E. 2005.** Review: Cationic antiseptic: Diversity of action under a common epithet. *Journal of Applied Microbiology*, 99: 703-715.
- Green Living Tips. 2008.** Soap and the Environment, <http://www.greenlivingtips.com/articles/68/1/Soap-and-the-environment.html>, erişim tarihi: 31.05.2019.
- Gulrajani, M.L. 1992.** Degumming of silk. *Review of Progress in Coloration and Related Topics*, 22(1): 79-89.
- Gupta, A.K. 1988.** Structure of silk fibroin. In: Gulrajani, M.L. (Ed.), *Silk Dyeing, Printing and Finishing*. IIT Delhi, New Delhi.
- Gupta, A., Maynes, M., Silver, S. 1998.** Effects of halides on plasmid-mediated silver resistance in *Escherichia coli*. *Appl. Environ. Microbiol.* 64: 5042-5045
- Gupta, D., Gulrajani, M. L., Thakur, A. N., Agrawal, A. 2014.** Optimization of parameters for application of sericin on cotton knits. *Indian Journal of Fibre & Textile Research (IJFTR)*, 39(3): 260-267.
- Gutarowska, B., Machnowski, W., Kowzowicz, L. 2013.** Antimicrobial activity of textiles with selected dyes and finishing agents used in the textile industry. *Fibers and Polymers*, 14: 415-422.
- Holme, L. 2002.** Antimicrobials impart durable freshness. *International Dyer*, 187: 9-11.
- Hoppe, U., Koerbaeher, K., Roeckl, M. 1984.** Hair and bath preparations containing sericin. Ger Offen DE 3233388 A1, 15.
- Huang, K.S., Wu, W.J., Chen, J.B., Lian, H.S. 2008.** Application of low-molecular-weight chitosan in durable press finishing, *Carbohydrate Polymers*, 73: 254-260.
- Irvin, A., 1999.** Easy-Care Finishing of Silk. Ph.D. thesis, School of Textile Industries, University of Leeds, UK.
- Ishikawa, H., Nagura, M., Tsuchiya, Y. 1987.** Fine structure and physical properties of blended film composed of silk sericin and poly(vinyl alcohol). *Sen'i Gakkaishi*. 43: 283-287.
- Islam, S., Shahid, M., Mohammad, F. 2013.** Green chemistry approaches to develop antimicrobial textiles based on sustainable biopolymers. A review. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 52(15): 5245-5260.
- Jassim, K.N., Al-Saree, O.J. (2010).** Study of the antimicrobial activity of silk sericin from silkworm bombyx mori. *Iraqi Journal of Community Medicine*, 23(2): 130-133.

- Jones, K. L., O'Melia, C. R. 2001.** Ultrafiltration of protein and humic substances: effect of solution chemistry on fouling and flux decline. *Journal of Membrane Science*, 193(2): 163–173.
- Joshi, M., Ali, S. W., Purwar, R., Rajendran, S. 2009.** Ecofriendly antimicrobial finishing of textiles using bioactive agents based on natural products. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 34: 295-304.
- Jothi, D. 2009.** Experimental study on antimicrobial activity of cotton fabric treated with aloe gel extract from Aloe vera plant for controlling the Staphylococcus aureus (bacterium). *African Journal of Microbiology*, 3(5): 228–232.
- Kabayama, M. 2000.** Synthetic resin pumice and its production. Japan Patent 2000-014592A,.
- Kanık, M. 1995.** Pigment Baskı Binderleri, Özellikleri ve Seçim Kriterleri. *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, 5(3): 447-453.
- Karaca, E. 1992.** Türkiye’de Doğal İpek Üretimi, Endüstrisi ve Sorunları Üzerine Bir Araştırma. *Yüksek Lisans Tezi*, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Keskinler, B., Yıldız, E., Erhan, E., Doğru, M., Bayhan, Y., Akay, G. 2004.** Crossflow microfiltration of low concentration-nonliving yeast suspensions. *Journal of Membrane Science*, 233(1–2): 59–69.
- Kim, S. J. (2007).** Gas permeation through water-swollen sericin/PVA membranes. *Master Degree Thesis*, Faculty of Chemical Engineering, University of Waterloo, Canada.
- Kwon, B., Molek, J., Zydney, A.L. 2008.** Ultrafiltration of PEGylated proteins: Fouling and concentration polarization effects. *Journal of Membrane Science*, 319: 206-213.
- Landage, S. M., Wasif, A. I. 2012.** Nanosilver an effective antimicrobial agent for finishing textile. *International Journal of Engineering Sciences & Emerging Technologies*. 4: 66-78.
- Lee, H. J., Jeong, S. H. (2004).** Bacteriostasis of nanosized colloidal silver on polyester nonwovens. *Textile Research Journal*, 74(5): 442-447.
- Lee S.M., Cho D., Park W. H., Lee S.G., Han S.O., Drzal L.T. 2005.** Novel Silk /Poly (Butylenesuccinate) Biocomposites: Theeffect Of Shortfibrecontent on Theirmechanicalandthermalproperties, *Composites science and technology*, 65: 647-657
- Lewin, M. 2006.** Handbook of Fiber Chemistry. CRC Press, New York, 1056 pp.
- Litim, N., Baffoun, A., Khoffi, F., Hamdaoui, M., Ben Abdesslem, S., Durand, B. 2017.** Effect of finishing resins on mechanical and surface properties of cotton Denim fabrics. *The Journal of The Textile Institute*, 108(11): 1863-1870.
- Malaeb, L., Ayoub, G. M. 2011.** Reverse osmosis technology for water treatment: State of the art review. *Desalination*, 267(1): 1–8.
- Mangut, M., Karahan, N. 2008.** Tekstil lifleri. Ekin Kitabevi, Bursa, 309 s.
- Manzoor, U., Siddique, S., Ahmed, R., Noreen, Z., Bokhari, H., Ahmad, I. 2016.** Antibacterial, structural and optical characterization of mechano-chemically prepared ZnO nanoparticles. *PLoS ONE*, 11(5): 1–12.
- Marcucci, M., Nosenzo, G., Capannelli, G., Ciabatti, I., Corrieri, D., Ciardelli, G. (2001).** Treatment and Reuse of Textile Effluents Based on New Ultrafiltration and Other Membrane Technologies, *Desalination*, Vol. 138, pp 75-82.
- Marini, J. C., Forlino, A., Cabral, W. A., Barnes, A. M., San Antonio, J. D., Milgrom, S., Coucke, P. 2007.** Consortium for osteogenesis imperfecta mutations in

the helical domain of type I collagen: regions rich in lethal mutations align with collagen binding sites for integrins and proteoglycans. *Human mutation*, 28(3), 209-221.

Massi, L., Guittard, F., Levy, R., Geribaldi, S. 2009. Enhanced activity of fluorinated quarternary ammonium surfactants against *Pseudomonas aeruginosa*. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 44(4): 1615-1622.

Mendu, V., Griffiths, J., Persson, S., Stork, J., Downie, A., Voiniciuc, C., Haughn G., DeBolt, S. 2011. Subfunctionalization of Cellulose Synthases in Seed Coat Epidermal Cells Mediates Secondary Radial Wall Synthesis and Mucilage Attachment. *Plant Physiology*, 157(1): 441–453.

Menezes, E. 2002. Antimicrobial finishing for speciality textiles, *International Dyer*, 12: 13-16.

Mengüç, G. S., Özdi, N. 2014. Özel Hayvansal Lifler. *Electronic Journal of Vehicle Technologies/Tasit Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(2): 30-47.

Mhumak, C., Pechyen, C. 2018. Development and Characterization of Polypropylene/Polyethylene Vinyl Acetate/Micro Cellulose Trays as a Prototype for Chilled Food Packaging Application. *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 15(11): 765-777

Mizoguchi, K., Iwatsubo, T., Aisaka, N. Separating membrane made of cross-linked thin film of sericin and production thereof. Japan Patent 03-284337A, 1991.

Mondal, M., Trivedy, K., Kumar, S. N. 2007. The Silk Proteins, Sericin and Fibroin in Silkworm, Bombyx Mori Linn-A Review. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 5(2): 63-76.

Montazer, M., Rangchi, F. 2009. Simultaneous antimicrobial, water and blood repellent finishing of disposal nonwovens using ctab and fluorochemical. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 19(2): 128–132.

Mori, K., Kanai, T., Kaneda, M., Sakai, Y. Absorptive article. Japan Patent 09-322911A, 1997.

Mucha, H., Hofer, D., Assfalg, S., Swerev, M. 2002. Antimicrobial finishes and modifications. *Melliand International*, 8: 148-151.

Murase, M. Method for solubilizing and molding cocoon silk, artificial organ made of cocoon silk, and medical element made of cocoon silk. Japan Patent 06-166850A, 1994.

Nadiger, V.G., Shukla, S.R. 2016. Antibacterial properties of silk fabric treated with silver nanoparticles. *The Journal of The Textile Institute*, 107(12): 1543-1553.

Nakajima Y. Liquid crystal element. Japan Patent 06-018892A, 1994

Nargunamani, M., Selvakumar, N. 2002. Degumming of Silk. *Colourage*, 43-47.

Needles, H. L. 1986. Textile fibers, dyes, finishes, and processes: a concise guide. Noyes Publications.

Oral, E. Ö., Ahunbay, Z. 2005. Bursa'nın ipekçilikle ilgili endüstri mirasının korunması. *İTÜDERGİSİ/a*, 4(2).

Orhan, M. 2007. Pamuk, poliamid ve poliester esaslı tekstil materyallerinde antimikrobiyel bitim uygulamaları üzerine bir araştırma. *Doktora Tezi*. UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

Padaki, N.V., Das, B., Basu A. 2015. Advances in understanding the properties of silk: Advances in Silk Science and Technology, Editör: Basu, A, UK, s. 3-40.

Padamwar, M.N., Pawar, A.P. 2004. Silk sericin and its applications: A review. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 63: 323-329.

- Palamutçu, S., Şengül, M., Devrent, N., Keskin, R., Hasçelik, B. 2008.** Bazı antimikrobiyal maddelerin % 100 pamuklu kumaşlar üzerindeki mikrobiyolojik etkinliği ve kumaş parametreleri üzerindeki etkilerinin araştırılması. TÜBİTAK 106M338 nolu Proje Kesin Raporu, Denizli.
- Park, J. S., Kim, J. H., Nho, Y. C., Kwon, O. H. 1998.** Antibacterial activities of acrylic acid-grafted polypropylene fabric and its metallic salt. *Journal of Applied Polymer Science*, 69: 2213–2220
- Pascual, J., Camassel, J., Mathieu, H. 1978.** Fine Structure in the Intrinsic Absorption Edge of TiO₂, *Physical Review B*, 18(10): 5606-5614.
- Perelshtein, I., Applerot, G., Perkash, N., Wehrschetz-Sigl, E., Hasmann, A., Guebitz, G.M. Gedanken, A. 2008.** Antibacterial properties of an in situ generated and simultaneously deposited nanocrystalline ZnO on fabrics. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 1(2): 361-366.
- Pinho, E., Magalhães, L., Henriques, M., Oliveira, R. 2011.** Antimicrobial activity assessment of textiles: standard methods comparison. *Annals of microbiology*, 3: 493-498.
- Purwar, R., Joshi, M. 2004.** Recent Developments in Antimicrobial Finishing of Textiles-A Review, *AATCC Review*, 4: 22-26.
- Rabea, E.I., Badawy, M.E.T., Stevens, C.V., Smagghe, G., Steurbaut, W. 2003.** Chitosan as antimicrobial agent: Applications and mode of action, *Biomacromolecules*, 4(6): 1457-1465.
- Rajendran, R., Balakumar, C., Ahammed, H., Jayakumar, S., Vaideki, K., Rajesh, E. 2010.** Use of zinc oxide nano particles for production of antimicrobial textiles. *International Journal of Engineering, Science and Technology*, 2(1): 202–208.
- Rajendran, R., Balakumar, C., Sivakumar, R., Amruta, T., Devaki, N. 2012.** Extraction and application of natural silk protein sericin from Bombyx mori as antimicrobial finish for cotton fabrics. *Journal of The Textile Institute*, 103(4): 458-462.
- Rana, S., ve Misra, R. D. K. 2005.** The Antimicrobial Activity of TitaniaNickel Ferrite Composite Nanoparticles, *Journal of the Minerals, metals, and Materials Society*, 57: 65-69.
- Rawat, J., Rana, S., Srivastava, R., Devesh, R., Misra, K. 2007.** Antimicrobial activity of composite nanoparticles consisting of titania photocatalytic shell and nickel ferrite magnetic core, *Material Science & Engineering C*, 27: 540-545.
- Reddy, V. 2017.** What is the kind of structure of silk fibroin?. <https://www.quora.com/What-is-the-kind-of-structure-of-silk-fibroin> (Erişim Tarihi: 21.03.2018).
- Russell, A.D., Hugo, W.B. 1994.** Antimicrobial activity and action of silver. *Progress in Medicinal Chemistry*, 31: 351-370.
- Schindler, W.D., Hauser, P.J. 2004.** Chemical finishing of textiles,.Woodhead Publishing Ltd., England.
- Sen, A. K. 2007.** Coated textiles: principles and applications. Crc Press.
- Seventekin, N., Öktem, T., Tekeoğlu, S. 2001.** Tekstilde antimikrobiyel madde kullanımı, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 4: 217-224.
- Süpüren, G., Çay, A., Kanat, E., Tarakçıoğlu, I. 2006.** Antimikrobiyal lifler. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 2: 80-89.
- Simoncic, B., Tomsic, B. 2010.** Structures of Novel Antimicrobial Agents for Textiles A Review. *Textile Research Journal*, 80(16): 1721–1737.

- Şahin, S. 2011.** Medikal alanda kullanılan tekstillerde antibakteriyel etkiler için sol-jel uygulamaları. DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- Takahashi, Y. 1994.** Crystal-structure of silk of Bombyx-mori. ACS Symp. Ser. 544: 168–175.
- Tamada, Y.** Anticoagulant and its production. Japan Patent 09-227402A, 1997.
- Tanaka T.** Antifrosting method, antifrosting agent and snow melting agent. Japan Patent 2001-055562A, 2001.
- Tao, G., Liu, L., Wang, Y., Chang, H., Zhao, P., Zuo, H. 2016.** Characterization of Silver Nanoparticle *In Situ* Synthesis on Porous Sericin Gel for Antibacterial Application. *Journal of Nanomaterials*, 2016: 1–8.
- Tarakçıoğlu, I. 1983.** Tekstil terbiyesi ve makinaları cilt: II Protein /yumurta akı / liflerinin terbiyesi. Uludağ Üniversitesi, Bursa, 473 s.
- Tarakçıoğlu, I., Çay, A., Kanat, Z.E., Süpüren, G. 2006.** Antimikrobik lifler. Tübitak Tekstil Araştırma Merkezi.
- Teixeira, M. R., Rosa, M. J. 2005.** Microcystins removal by nanofiltration membranes. *Separation and Purification Technology*, 46(3): 192–201.
- Thiry, M.C. 2001.** Small game hunting: Antimicrobials take the field. *AATCC Review*, 1: 11–17.
- Toole, S., Toole, G. 1995.** Understanding Biology for Advanced Level, third ed. Stanley Thomes Publishers, UK.
- Tulunay, T. 2015.** Tekrarlı yıkama işlemlerinin rejenere selülozik kumaşların antibakteriyel özelliklerine olan etkisinin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri.
- Tsubouchi, K.** Occlusive dressing consisting essentially of silk fibroin and silk sericin and its production. Japan Patent 11-070160A, 1999.
- Tsukada, M., Hayasaka, S., Inoue, K., Nishikawa, S., Yamamoto, S.** Cell culture bed substrate for proliferation of animal cell and its preparation. Japan Patent 11-243948A, 1999.
- Vaithanomsat, P., Kitpreechavanich, V. 2008.** Sericin Separation from Silk Degumming Wastewater, *Separation and Purification Technology*, Vol. 59, pp. 129–133.
- Van Der Bruggen, B., Lejon, L., Vandecasteele, C. 2003.** Reuse, treatment, and discharge of the concentrate of pressure-driven membrane processes. *Environmental Science and Technology*, 37(17): 3733–3738.
- Van der Bruggen, B., Mänttari, M., Nyström, M. 2008.** Drawbacks of applying nanofiltration and how to avoid them: A review. *Separation and Purification Technology*, 63(2): 251–263.
- Voegeli, R., Meier, J., Blust, R. 1993.** Sericin silk protein: unique structure and properties. *Cosmet Toilet*, 108: 101–108.
- Wakabayashi, S., Sugioka, M.** Synthetic fiber improved in hygroscopicity. Japan Patent 06-017372A, 1994.
- Wakelyn, P., Noelle, B., Dexter, A., Thibodeaux, D., Rousselle, M., Triplett, B., Goynes, W., Vincent, J., Hunter, L., McAlister, D., Gamble, G. 2006.** Cotton Fiber Chemistry and Technology, CRC Press, USA, 176 pp.
- Wang, S., Goto, Y., Ohkoshi, Y., Nagura, M. 1998.** Structures and physical properties of poly (vinyl alcohol)/sericin blend hydrogel membranes. *J Seric Sci Jpn.* 67(4):295 – 302.

- Wasif, A. I., Laga, S. K. 2009.** Use of nano silver as an antimicrobial agent for cotton. *Autex Research Journal*, 9(1): 5–13.
- Wiley VCH. 2008.** Ullmann's fibers 1 Fiber Classes, Production and Characterization, Verlag GmbH & Co KGaA, Weinheim.
- Wu, J.H., Wang, Z., Xu, S.Y. 2007.** Preparation and characterization of sericin powder extracted from silk industry wastewater. *Food Chemistry*, 103: 1255-1262.
- Yamada, H., Matsunaga, A.** Synthetic fiber woven or knitted fabric improved in hygroscopicity. Japan Patent 06-017373A, 1994.
- Yamada, H., Nomura, M.** Fibrous article for contact with skin. Japan Patent 10-001872A, 1998.
- Yan, D., Yin, G., Huang, Z., Yang, M., Liao, X., Kang, Y., Yadong, Y., Baoqing, H., Han, D. 2009.** Characterization and bacterial response of zinc oxide particles prepared by a biomineralization process, *Journal of Physical Chemistry B*, 113: 6047–6053.
- Yang, Y., Lee, S.M., Lee, H.S., Lee, K.H. 2013.** Recovery of silk sericin from soap-alkaline degumming solution. *International Journal of Industrial Entomology*, 27(1): 203-208.
- Yazıcıoğlu, G., Gülümser, G., 1993.** İpek ve Diğer Salgı Lifleri, İzmir, s86- 90, 103-117s.
- Yener, E. 2018.** İpek Liflerinde Alternatif Çevre Dostu Yöntemlerle Serisin Giderme. *Yüksek Lisans Tezi*, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Yue, X., Lin, H., Yan, T., Zhang, D., Lin, H., Chen, Y. 2014.** Synthesis of silver nanoparticles with sericin and functional finishing to cotton fabrics. *Fibers and Polymers*, 15(4): 716-722.
- Yu-Qing, Z., Mei-Lin, T., Wei-De, S., Yu-Zhen, Z., Yue, D., Yan, M., Wen-Lin, Z. 2004.** Immobilization of L-asparaginase on the microparticles of the natural silk sericin protein and its characters. *Biomaterials*, 25: 3751–3759.
- Zhang, Y.Q. 2002.** Applications of natural silk protein sericin in biomaterials. biotechnology advances. *Biotechnology Advances*, 20: 91-100.
- Zhang, Y.Q., Tao, M.L., Shen, W.D., Zhou, Y.Z., Ding, Y., Ma, Y., Zhou, W.L. 2004.** Immobilization of L-asparaginase on the microparticles of the natural silk sericin protein and its characters, *Biomaterials* 25: 3751–3759.
- Zhang, F., Wu, X., Chen, Y., Lin, H. 2009.** Application of silver nanoparticles to cotton fabric as an antibacterial textile finish. *Fibers and Polymers*, 10(4): 496–501.
- Zhang, Y.G., Liu, Y., Gao, X., Chen, Y. 2014.** Synthesis of silver nanoparticles and antibacterial property of silk fabrics treated by silver nanoparticles. *Nanoscale Research Letters*, 9: 1-8.
- Zhaorigetu, S., Yanaka, N., Sasaki, M., Watanabe, H., Kato, N. 2003.** Inhibitory effects of silk protein, sericin on UVB-induced acute damage and tumor promotion by reducing oxidative stress in the skin of hairless mouse. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 71: 11-17.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Egemen KUTLU

Doğum yeri ve Tarihi : Bergama/İZMİR 03.01.1994

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu :

Lise : Bergama 13 Nisan Anadolu Lisesi (2008-2012)

Lisans : Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Tekstil Mühendisliği (2012-2016)

Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı (2016-halen)

Çalıştığı Kurum : TÜBİTAK Projesi (16 ay)

İletişim (e-posta) : kutluegemen94@gmail.com

Yayınları;

Toprak, T., Anis, P., Kutlu, E., Kara, A. 2018. Effect of chemical modification with 4-vinylpyridine on dyeing of cotton fabric with reactive dyestuff. *Cellulose*, 25(11): 6793-6809.

Bu tez çalışması TÜBİTAK1003- Öncelikli Alanlar Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı kapsamında desteklenen 114Y461 kodlu “Tekstil Endüstrisi-İpek İşleme Atıksularından Membran Hibrit Prosesler ile Serisin Proteini Geri Kazanımı ve Prototip Serisin Üretimi” projesinin 6’ncı iş paketi olarak Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında, Prof.Dr. Pervin ANIŞ’ın danışmanlığında yapılmıştır.

