

T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOMÜHENDİSLİK ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİĞE SAHİP MODİFİYE EDİLMİŞ POLİ (ETİLEN
TERAFTALAT) LİFLERİN SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU

KÜBRA GÜNAY

ŞUBAT 2018

Biyomühendislik Anabilim Dalında Kübra GÜNAY tarafından hazırlanan ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİĞE SAHİP MODİFİYE EDİLMİŞ POLİ (ETİLEN TERAFTALAT) LİFLERİN SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU adlı Yüksek Lisans Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa YİĞİTOĞLU
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve tezin **Yüksek Lisans Tezi** olarak bütün gerekliliklerini yerine getirdiğini onaylarım.

Doç. Dr. Metin ARSLAN
Danışman

Jüri Üyeleri

Başkan : Doç. Dr. Nuri ÜNLÜ _____
Üye (Danışman) : Doç. Dr. Metin ARSLAN _____
Üye : Yrd. Doç. Dr. Murat İNAL _____

...../...../.....

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onaylamıştır.

Prof. Dr. Mustafa YİĞİTOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİĞE SAHİP MODİFİYE EDİLMİŞ POLİ (ETİLEN TERAFTALAT) LİFLERİN SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU

GÜNAY, Kübra

Kırıkkale Üniversitesi

Biyomühendislik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Metin ARSLAN

Şubat 2018, 105 sayfa

İki bölüm halinde gerçekleştirilen çalışmanın birinci bölümünde öncelikle poli (etilen teraftalat) (PET) liflerinin 4-vinil piridin (4-VP), metil metakrilik asit (MMA) ve glisidil metakrilat (GMA) monomerlerinin aşılmasını sulu ortamda benzoil peroksit (Bz_2O_2) başlatıcısı kullanılarak yapılmıştır. PET lifler aşılmasını kolaylaştırmak amacıyla polimerizasyon işleminden önce dikloretan (DCE) içerisinde $90\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 2 saat süre ile şişirilmiştir. 4-VP, MMA ve GMA aşılınmış PET lifler (4-VP-g-PET, MMA-g-PET ve GMA-g-PET); amin, klor, H_2O_2 , triklosan (Trc) gibi fonksiyonel gruplarla optimum koşullarda modifiye edilerek antibakteriyel özellik kazandırılmıştır.

Tez çalışmasının ikinci bölümünde ise modifiye edilmiş PET liflerin antibakteriyel özelliklerinin incelenmesi yer almaktadır. Antibakteriyel özellik belirleme çalışmalarında *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) ve *Escherichia coli* (*E. coli*) bakterileri kullanılmıştır. Kirby- Bauer Test yöntemi ile antibakteriyel etkinlik incelenmiştir. Bu doğrultuda katı besiyeri ortamında bakteri ekimi yapılmış, besiyerine modifiye edilmiş PET lifler disk haline getirilerek yerleştirilmiştir. Besiyerine koyulan diskler etrafında oluşan inhibisyon zonlarına bakılarak disklerin antibakteriyel etkinliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Kontrol amacıyla aynı işlemler antibiyotik ve boş diske de yapılmıştır. *E. coli* bakterisi için en yüksek zon çapı 56 mm ile Trc-GMA-g-PET lif iken, *S. aureus* bakterisi için en yüksek zon çapı 130 mm ile Trc-MMA-g-PET lif olduğu görülmüştür. En yüksek zon çapına sahip Trc-MMA-g-PET lif *S. aureus* ekimi yapılan sıvı bakteri ortamına atılmış ve bakterinin üreme eğrisi saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler Poli (etilen teraftalat) lif, 4-Vinil piridin, Metil metakrilik asit, Glisidil metakrilat, Antibakteriyel özellik

ABSTRACT

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF MODIFIED POLY (ETHYLENE TEREPHTHALATE) FIBERS

GÜNAY, Kübra

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Bioengineering, Master Thesis

Supervisor: Doç. Dr. Metin ARSLAN

February 2018, 105 pages

The first part of the work that has been performed in two parts, primarily 4-vinyl pyridine (4-VP), methyl methacrylic acid (MMA) and glycidyl methacrylate (GMA) monomers on poly (ethylene terephthalate) (PET) fibers were grafted by using benzoyl peroxide (Bz₂O₂) initiator in aqueous medium. For the purpose of expediting grafting, PET fibers were swelled up in dichloroethane (DCE) for 2 h at 90 °C before polymerization process. 4-VP-g-PET, MMA-g-PET and GMA-g-PET fibers; amine, chlorine, H₂O₂, triclosan (Trc) were modified optimum conditions with a functional group, such as antibacterial properties.

In the second part of the thesis is the investigation of the antibacterial properties of modified PET fiber. Antibacterial property to determine whether the work of *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) and *Escherichia coli* (*E. coli*) bacteria. Kirby-Bauer Test method with antibacterial activity. In this respect the solid medium made the cultivation of bacteria in the environment, mediums of modified PET fiber turned into a disk. In medium, the discs consisting of inhibition zones around the disks that persecuted it has been determined that have antibacterial activity. The same processes in order to control antibiotic and empty disks. *E. coli* bacteria to the highest zone diameter 56 mm with Trc-GMA-g-PET fiber, while *S. aureus* bacteria with 130 mm and the diameter of the highest zones for Trc-MMA-g-PET fiber. Has the highest zone diameter Trc-MMA-g-PET fiber *S. aureus* bacteria in the liquid medium, and made the cultivation of bacteria reproduction curve.

Key Words Poly (ethylene teraphthalate) fibers, 4-Vinyl pyridine, Methyl methacrylic acid, Glycidyl methacrylate, Antibacterial property

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőması sűrecince deęerli bilgilerini benimle paylaőan, bilim ıőıęında beni aydınlatarak yűnlendiren, manevi desteęini esirgemeyen, yolundan ayrılmayacaęım kıymetli danıőman hocam Sayın Doç. Dr. Metin ARSLAN 'a sonsuz minnet ve teőekkűrlerimi sunarım.

Hayatımı anlamlandıran, çalıőmalarım boyunca manevi desteklerini esirgemeyen, umutsuz olduęum zamanlarda yol gűsteren ve beni her daim motive eden kıymetli arkadaőlarım M. Rifat- Esra ATALAY 'a, Műcahit GűMűŐ 'e, K. Gizem İMRAK 'a, M. aęrı BAYKAL 'a, Oęuzhan ERKAN 'a, Zehra SűLEYMANOęLU 'na, E. Ŭnsal ŬRERSOY 'a ve yengelerim Sultan ve Fatma ŐİMŐİR 'e sonsuz teőekkűrler.

Aldıęım bűtűn kararlarda hep yanımda olan, varlıklarıyla beni gűçlendiren, iyi ki var olan canım GŬNAY Ailesi 'ne teőekkűr ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Polimerler	2
1.2. Poliester Lifler.....	8
1.2.1. PET Poliester Lifleri	10
1.2.2. PET Poliester Liflerinin Fiziksel Özellikleri.....	12
1.2.3. PET Poliester Liflerinin Kimyasal Özellikleri	12
1.3. Aşı Kopolimerler	14
1.4. Mikroorganizmalar Hakkında Genel Bilgi	15
1.4.1. Bakteriler	16
1.4.1.1. <i>Escherichia coli</i>	20
1.4.1.2. <i>Staphylococcus aureus</i>	21
1.5. Antimikrobiyal Aktivitenin Tanımı	22
1.6. Antimikrobiyal Ajanların Etki Mekanizmaları	23
1.6.1. Antifungal Ajanların Etki Mekanizmaları	23
1.6.2. Antibakteriyel Ajanların Etki Mekanizmaları.....	24
1.6.2.1. Hücre Duvarı Sentezini Etkileyen Antibakteriyel Maddeler	28
1.6.2.2. Hücre Zarının Yapısını ve İşlevini Bozan Maddeler	29
1.6.2.3. Nükleik Asit Sentezini İnhibe Eden Maddeler	30
1.6.2.4. Protein Sentezini İnhibe Eden Maddeler	31
1.6.2.5. Antimetabolit Etki Gösteren Maddeler	31
1.7. Liflere Antibakteriyel Özellik Kazandırma Yöntemleri.....	31
1.8. Antibakteriyel Etki Testleri	33

1.8.1. 0,5 McFarland Standartı.....	33
1.8.2. Kirby-Bauer Testi (Disk Difüzyon Duyarlılık Testi).....	35
2. MATERYAL VE YÖNTEM	37
2.1. Materyal	37
2.1.1. Cihazlar	37
2.1.2. Kimyasallar	38
2.1.3. Besiyerleri	38
2.1.4. Mikroorganizmalar	39
2.2. Yöntem	40
2.2.1. PET Liflerin Şişirilmesi İşlemi.....	40
2.2.2. Aşı Kopolimerizasyon Yöntemi.....	40
2.2.2.1. 4-VP-g-PET Liflerin Modifikasyonu	41
2.2.2.2. MMA-g-PET Liflerin Modifikasyonu	41
2.2.2.3. GMA-g-PET Liflerin Modifikasyonu	42
2.2.3. Polimerin Karakterizasyonu	42
2.2.3.1. FT-IR Spektrum	42
2.2.3.2. Taramalı Elektron Mikroskopisi (SEM) Analizi	43
2.2.4. Antibakteriyel Etki Testi.....	43
2.2.4.1. Disk Difüzyon Duyarlılık Testi	43
2.2.4.2. Sıvı Kültür Testi.....	45
2.2.4.3. Bakteri Üreme Eğrisi.....	46
3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	47
3.1. Aşılama Mekanizmaları.....	47
3.2. Polimerlerin Karakterizasyonu	50
3.2.1. SEM	50
3.2.2. FT-IR	51
3.3. Antibakteriyel Çalışma	54
3.3.1. Disk Difüzyon Duyarlılık Testi Sonuçları	55
3.3.2. Sıvı Kültür Testi Sonuçları.....	64
3.3.3. Bakteri Üreme Eğrisinin Belirlenmesi.....	74
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	76
KAYNAKLAR	79

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

	<u>Sayfa</u>
1.1. Polimerlerin önemli kullanım yerleri	4
1.2. Amorf, yarı-kristal, kristal polimerlerde ısıl geçişler arasında gözlenen davranış değişiklikleri	7
1.3. Polimerizasyon yöntemleri	8
1.4. Liflerin elde edildiği kaynağa göre gruplandırılması	9
1.5. Poliesterin eldesi	9
1.6. <i>Terylene</i> sentez mekanizması	10
1.7. <i>Dacron</i> sentez mekanizması	11
1.8. Aşı Kopolimerizasyon	14
1.9. Canlıların sınıflandırılması	15
1.10. Kristal boya ile boyanmış bakteriler	18
1.11. Bakteri hücre duvarları	19
1.12. <i>E.coli</i> bakterisinin SEM görüntüsü	20
1.13. <i>S. aureus</i> bakterisinin SEM görüntüsü	21
1.14. Antifungal ajanların etki mekanizmaları	23
1.15. Triklosan bileşiği	26
1.16. GMA bileşiği	27
1.17. MMA bileşiği	27
1.18. 4-VP bileşiği	28
2.1. <i>Streak plate</i> ekimi	44
2.2. Agar besiyerine yerleştirilmiş diskler a: (1) Antibiyotik disk, (2) Boş disk, (3) Antibakteriyel polimer b: Zon çapı ölçümü	45
2.3. Sıvı kültüre koyulmuş antibakteriyel polimer lifler	46
3.1. 4-VP-g-PET lif ve türevleri sentez mekanizması a: 4-VP-g-PET b: N-oksit-4-VP-g-PET c: Cl-4-VP-g-PET	49
3.2. MMA-g-PET lif ve türevleri sentez mekanizması a: Amin-MMA-g-PET b: Cl-Amin-MMA-g-PET c: Trc-MMA-g-PET	49
3.3. GMA-g-PET lif ve türevleri sentez mekanizması	50

3.4. SEM fotoğrafları a: original PET lifleri b: 4-VP-g-PET lifleri c: MMA-g-PET lifleri d: GMA-g-PET lifleri	50
3.5. 4-VP-g-PET lif türevlerinin FT-IR analizi	51
3.6. Aminlenmiş MMA-g-PET liflerin FT-IR analizi	52
3.7. Trc-MMA-g-PET lif FT-IR analizi	53
3.8. Trc-GMA-g-PET lifin FT-IR analizi.....	54
3.9. Antibakteriyel aktivite	56
3.10. <i>E. coli</i> ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki PET lifler (üst), <i>S. aureus</i> ekimi yapılmış katı besiyerindeki PET lifler (alt) a: PET b: Gentamisin c: 4-VP-g-PET d: N-oksit-4-VP-g-PET e: Cl-4-VP-g-PET (Aşılama yüzdesi: %65)	58
3.11. <i>E. coli</i> ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki PET lifler (üst), <i>S. aureus</i> ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki PET lifler (alt) a: PET b: Gentamisin c: MMA-g-PET d: HMDA-MMA-g-PET e: Cl-HMDA-MMA-g-PET (Aşılama yüzdesi: %120, Amin yüzdesi: %20).....	59
3.12. <i>E. coli</i> ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki PET lifler (üst), <i>S. aureus</i> ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki PET lifler (alt) a: PET b: Gentamisin c: MMA-g-PET d: TEPA-MMA-g-PET e: Cl-TEPA-MMA-g-PET (Aşılama yüzdesi: %120, Amin yüzdesi: %20).....	61
3.13. <i>E. coli</i> ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki PET lifler (üst), <i>S. aureus</i> ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki PET lifler (alt) a: PET b: Gentamisin c: MMA-g-PET d: Trc-MMA-g-PET (Aşılama yüzdesi: %120).....	62
3.14. <i>E. coli</i> ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki PET lifler (üst), <i>S. aureus</i> ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki PET lifler (alt) a: PET b: Gentamisin c: GMA-g-PET d: Trc-GMA-g-PET (Aşılama yüzdesi: %100)	64
3.15. <i>E. coli</i> için 4-VP-g-PET lif türevlerinin antibakteriyel etkisinin optik yoğunlukla değişimi (Besiyeri: Sadece besiyerinin bulunduğu ortam; Besiyeri- Bakteri: Sadece bakteri ekilmiş kültür ortamı; PET: Orijinal lif ilave edilmiş kültür ortamı; 4-VP-g-PET: 4-VP-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; N-oksit-4-VP-g-PET: N-oksit-4-VP-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; Cl-4-VP-g-PET: Cl-4-VP-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı)	65
3.16. <i>S. aureus</i> için 4-VP-g-PET lif türevlerinin antibakteriyel etkisinin optik yoğunlukla değişimi (Besiyeri: Sadece besiyerinin bulunduğu ortam;	

Besiyeri- Bakteri: Sadece bakteri ekilmiş kültür ortamı; PET: Orijinal lif ilave edilmiş kültür ortamı; 4-VP-g-PET: 4-VP-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; N-oksit-4-VP-g-PET: N-oksit-4-VP-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; Cl-4-VP-g-PET: Cl-4-VP-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı).....	66
3.17. <i>E. coli</i> için MMA-g-PET lif türevlerinin antibakteriyel etkisinin optik yoğunlukla değişimi (Besiyeri: Sadece besiyerinin bulunduğu ortam; Besiyeri- Bakteri: Sadece bakteri ekilmiş kültür ortamı; PET: Orijinal lif ilave edilmiş kültür ortamı; MMA-g-PET: MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; HMDA-MMA-g-PET: HMDA-MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; Cl-HMDA-MMA-g-PET: Cl-HMDA-MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı).....	67
3.18. <i>S. aureus</i> için MMA-g-PET lif türevlerinin antibakteriyel etkisinin optik yoğunlukla değişimi (Besiyeri: Sadece besiyerinin bulunduğu ortam; Besiyeri- Bakteri: Sadece bakteri ekilmiş kültür ortamı; PET: Orijinal lif ilave edilmiş kültür ortamı; MMA-g-PET: MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; HMDA-MMA-g-PET: HMDA-MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; Cl-HMDA-MMA-g-PET: Cl-HMDA-MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı).....	68
3.19. <i>E. coli</i> için MMA-g-PET lif türevlerinin antibakteriyel etkisinin optik yoğunlukla değişimi (Besiyeri: Sadece besiyerinin bulunduğu ortam; Besiyeri- Bakteri: Sadece bakteri ekilmiş kültür ortamı; PET: Orijinal lif ilave edilmiş kültür ortamı; MMA-g-PET: MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; TEPA-MMA-g-PET: TEPA-MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; Cl-TEPA-MMA-g-PET: Cl-TEPA-MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı).....	69
3.20. <i>S. aureus</i> için MMA-g-PET lif türevlerinin antibakteriyel etkisinin optik yoğunlukla değişimi (Besiyeri: Sadece besiyerinin bulunduğu ortam; Besiyeri- Bakteri: Sadece bakteri ekilmiş kültür ortamı; PET: Orijinal lif ilave edilmiş kültür ortamı; MMA-g-PET: MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; TEPA-MMA-g-PET: TEPA-MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; Cl-TEPA-MMA-g-PET: Cl-TEPA-MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı).....	70

3.21. <i>E. coli</i> için MMA-g-PET lif türevlerinin antibakteriyel etkisinin optik yoğunlukla değişimi (Besiyeri: Sadece besiyerinin bulunduğu ortam; Besiyeri- Bakteri: Sadece bakteri ekilmiş kültür ortamı; PET: Orijinal lif ilave edilmiş kültür ortamı; MMA-g-PET: MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; Trc-MMA-g-PET: Trc-MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı).....	71
3.22. <i>S. aureus</i> için MMA-g-PET lif türevlerinin antibakteriyel etkisinin optik yoğunlukla değişimi (Besiyeri: Sadece besiyerinin bulunduğu ortam; Besiyeri- Bakteri: Sadece bakteri ekilmiş kültür ortamı; PET: Orijinal lif ilave edilmiş kültür ortamı; MMA-g-PET: MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; Trc-MMA-g-PET: Trc-MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı).....	72
3.23. <i>E. coli</i> için GMA-g-PET lif türevlerinin antibakteriyel etkisinin optik yoğunlukla değişimi (Besiyeri: Sadece besiyerinin bulunduğu ortam; Besiyeri- Bakteri: Sadece bakteri ekilmiş kültür ortamı; PET: Orijinal lif ilave edilmiş kültür ortamı; GMA-g-PET: GMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; Trc-GMA-g-PET: Trc-GMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı).....	73
3.24. <i>S. aureus</i> için GMA-g-PET lif türevlerinin antibakteriyel etkisinin optik yoğunlukla değişimi (Besiyeri: Sadece besiyerinin bulunduğu ortam; Besiyeri- Bakteri: Sadece bakteri ekilmiş kültür ortamı; PET: Orijinal lif ilave edilmiş kültür ortamı; GMA-g-PET: GMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; Trc-GMA-g-PET: Trc-GMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı).....	74
3.25. Trc-MMA-g-PET liflerinin bulunduğu sıvı besiyerindeki bakterinin üreme eğrisi	75

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

	<u>Sayfa</u>
1.1. Antibakteriyel ajanlar	25
1.2. McFarland Standart çizelgesi.....	34
1.3. McFarland standartı için <i>S. aureus</i> ve <i>E. coli</i> değerleri	35
2.1. Nutrient broth agarın bileşimi.....	39
2.2. Nutrient brothun bileşimi.....	39
3.1. <i>E. coli</i> ve <i>S. aureus</i> ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki 4-VP-g-PET lif türevlerinin zon çapları	57
3.2. <i>E. coli</i> ve <i>S. aureus</i> ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki HMDA-MMA-g-PET lif türevlerinin zon çapları	59
3.3. <i>E. coli</i> ve <i>S. aureus</i> ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki TEPA-MMA-g-PET lif türevlerinin zon çapları	60
3.4. <i>E. coli</i> ve <i>S. aureus</i> ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki Trc-MMA-g-PET lif türevlerinin zon çapları	62
3.5. <i>E. coli</i> ve <i>S. aureus</i> ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki Trc-GMA-g-PET lif türevlerinin zon çapları	63

1. GİRİŞ

Bilimsel çalışmalar teknolojinin hızla gelişmesi ile hız kazanmaktadır. Firmalar artan tüketici beklentilerini karşılayabilmek için daha ucuz, daha uzun süre etkili olabilen ürünleri piyasaya sunmak için yarışmaktadırlar. Bu yarışın yaşandığı iş kollarından biri de tekstil sektörüdür. Bu alanda, daha konforlu, daha pratik, daha ucuz ve en önemlisi daha sağlıklı kumaş üretimi hedeflenmektedir [1]. Endüstriyel tekstiller, son yıllarda yüksek büyüme oranına erişen tekstil ve hazır giyim sanayinde en dinamik alandır. Özellikle uzay, havacılık, askeriye, sağlık gibi ileri teknolojinin kullanıldığı alanlarda stratejik role sahip olan sentetik tekstiller, günlük yaşamımızda da spor, hazır giysi, ev tekstili, mobilya, bina donanımı, otomobil gibi alanlarda yoğun olarak kullanılmaktadır [2]. Hastanelerde, çocuk yuvalarında, otellerde vb. topluma açık yerlerde kullanılan tekstil ürünleri bulaşıcı patojenler için taşıyıcı rol oynayabilmektedir [3,4]. Bu nedenle, insan patojenleriyle bulaşık hale gelen ve mikroorganizmaların üzerinde çoğalabildiği tekstil ürünleri insan sağlığı açısından büyük tehlike arz etmektedir [5]. Bunun sonucu olarak da son yıllarda antibakteriyel tekstil ürünlerine olan talep giderek artmaktadır. Antibakteriyel lifler hem insan sağlığını tehdit eden hem de kumaş performansını ve konfor özelliklerini azaltan mikroorganizmalara karşı etkilidirler [6-8].

Sentetik polimerlerden oluşturulan sentetik liflerin kullanıldığı en önemli alan tekstil endüstrisidir [9]. Poliesterler, poliamitler ve poliakrilonitril gibi polimerler lif üretiminde ticari açıdan önem kazanmış polimerlerdir [10-12]. Günümüzde PET, poliester lif üretiminde kullanılan hemen hemen tek polimerdir. Üstün fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olması, bakteri ve güvelere dayanıklılığı, ışıktaki yapısının bozulmaması ve kaynama sıcaklığında bile asitlere karşı dayanıklı olması bu ürünün üstün özellikleridir [13-16].

Son zamanların en hızlı gelişen tekstil sektöründe yeni ürünlerden olan antibakteriyel tekstillere olan talep son yıllarda, hızlı yayılan epidemik bulaşıcı hastalık tehdidinden dolayı giderek artmaktadır [17,18]. Uygun sıcaklık aralıkları, nem ve diğer uygun çevresel etkenler sayesinde bakteriler tekstil yüzeylerinde, çok hızlı bir şekilde

çoğalarak tehlike oluşturabilirler. Günümüzde üretilen antibakteriyel tekstil ürünleri sadece bir çeşit antibakteriyel madde içerdiğinden dolayı belirli mikroorganizma (bakteri gibi) gruplarına karşı etkili olmaktadır [19,20].

Bu çalışmanın amacı yeni, antibakteriyel özelliğe sahip materyal üretmektir. Bunun için poli (etilen tereftalat) lifler ilk önce 4-vinil piridin, metil metakrilik asit ve glisidil metakrilat monomerleri aşikopolimerizasyon yöntemi ile aşlamıştır. Daha sonra HCl piridin üzerinden life bağlanmıştır. Metil metakrilik asit aminlendirildikten sonra klorla muamele edilmiştir. Ayrıca Metil metakrilik asit ve glisidil metakrilat güçlü bir kimyasal ajan olan triklosan ile modifiye edilmiştir [21-24]. Klor içerikli bileşikler eski zamanlardan beri kullanılan dezenfektanlardır; mantarlar ve virüsler de dahil mikroorganizmaların çoğu üzerinde kısa sürede ölümcül etki gösterirler. Yüksek konsantrasyonda uzun süre temas halinde bakteri sporlarını öldürür [25]. Antibakteriyel özellik kazanmış modifiye edilmiş lifler FT-IR spektrumları ve SEM fotoğrafları çekilerek karakterize edilmiştir. Modifiye edilen PET liflerin bakteri (*E. coli* ve *S. aureus*) 'lere karşı antibakteriyel etkinliği incelenmiştir. Modifiye edilmiş PET liflerin antibakteriyel etkinliğine Disk Difüzyan Duyarlılık Testi ve sıvı kültür testleri ile bakılmış ve bakteri üreme eğrisi belirlenerek değerlendirilmiştir.

1.1. Polimerler

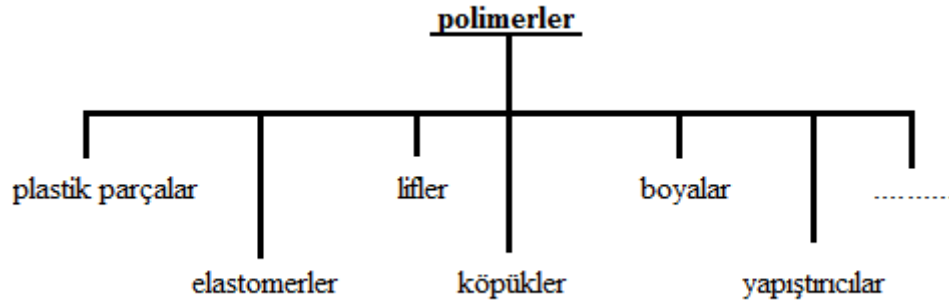
Polimerler, en basit tanımıyla çok sayıda aynı veya farklı atomik grupların kimyasal bağlarla az veya çok düzenli bir biçimde bağlanarak oluşturduğu uzun zincirli yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerdir. Polimer, birden fazla molekülün ısı ve basınç altında birleşerek uzun zincirlerin meydana gelmesiyle oluşur [26]. Polimer kelimesi sırasıyla birçok ve parçaları ifade eden Yunanca *poli* ve *meros* tan türetilmiştir. Bazı bilim adamları, polimer yerine makromolekül veya büyük molekül kullanmayı tercih etmektedir [27]. Son zamanların en popüler bilim disiplinleri arasında yer alan polimer bilimi önemini çok eski zamanlardan beri devam ettirmektedir [28,29]. Günümüzde çok fazla bilim insanının farklı alanlarda, farklı amaçlarla kullandığı polimerler, teknolojinin gelişmesiyle bilim dünyasında etkinliğini daha da

arttırmaktadır [30]. Eski Yunanlılar tüm maddeleri hayvan, sebze ve mineral olarak sınıflandırmıştır. Mineraller simyacılar tarafından vurgulanmış, ancak orta çağ insanları hayvansal ve bitkisel maddeleri vurgulamıştır [31]. Bu nedenle doğal polimerlerin endüstriye yönelik kullanımları daha eskiye dayanmaktadır ve doğal kauçuk, selüloz, nişasta en çok kullanılan doğal polimerlerdir [29,32]. Tarihsel gelişim içinde doğal polimerler yerlerini “modifiye edilmiş (doğal polimere, fiziksel özelliklerini değiştiren katkı, dolgu maddesi ve benzeri ilave edilmesi) doğal polimerlere” yani “yarı sentetik polimerlere” bırakmışlardır. Bunun sebepleri; polimerik ham maddelerin işlenmesindeki sorunlar ile ürünlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin yetersiz olmasıdır [33]. 1770 yılında işaretleri sildiği için silgi (rubber) denilen doğal kauçuk 1839 yılında Amerika’da Charles Good Year tarafından kükürt ile vulkanize edilerek kullanışlı hale getirilmiş, modifiye edilen doğal kauçuktan su geçirmez botlar, yağmurluklar, lastik gibi ürünler üretilmiştir [34]. 1930 ‘lardan başlamak üzere, özellikle II. Dünya Savaşı ’ndan sonra, insanlar tarafından yapılmış ürünlerin çeşitliliğinde belirgin bir artış gözlenir. Bunun nedeni, polimer kimyasındaki gelişmelere bağlı olarak değişik plastik, lif, elastomer türlerinin sentetik yöntemlerle üretilmesi ve kullanılmasıdır. Temel yapıları polimer olan bu malzemelerin, insanların yaşamlarını kolaylaştırıcı etkileri günümüzde de hızla sürmektedir [35,36].

Polimerler, monomerler olarak adlandırılan çok sayıdaki molekülün sıralı olarak dizilmesiyle meydana gelmektedirler. Polimerlerin çoğu tek bir monomer çeşidinin dizilmesiyle oluşmaktadır. Bazıları ise iki veya üç monomer çeşidinin bir araya gelmesinden oluşabilmektedirler. Polimerlerin karakteristik özellikleri arasında düşük yoğunluklu, düşük dayanımlı ve yüksek mekanik sönümlenme özellikleri gösterilebilir [26].

Polimerler; hafif, ucuz, mekanik özellikleri çoğu kez yeterli, kolay şekillendirilebilen, değişik amaçlarda kullanıma uygun, dekoratif, kimyasal açıdan inert ve korozyona uğramayan maddelerdir. Bu üstün özelliklerinden dolayı, yalnız kimyacıların değil; makine, kimya, tekstil, endüstri ve fizik mühendisliği gibi alanlarda çalışanların da ilgisini çeken materyallerdir. Tıp, biyokimya, biyofizik ve moleküler biyoloji açısından da polimerlerin önemi büyüktür [35].

Polimerler, son 40-50 yıl içinde büyük gelişme göstererek günümüzde hacim olarak metallerle hemen hemen eşit oranda kullanılmaya başlanmıştır. Bunun başlıca nedenleri; bu malzemelerin nispeten ucuz, kolay işlenebilir, hafif, yüksek kimyasal ve korozyon direncine sahip olmalarıdır. Ayrıca yüksek ısı ve elektriksel özelliklere ve yeterli mekanik özelliklere sahiptirler [26]. Polimerler günlük yaşamda ağırlıklı plastik parçalar, kauçuk, lif, yapıştırıcı, köpük, boya vb. son ürünler halinde tüketilirler (Şekil 1.1) [36].



Şekil 1.1. Polimerlerin önemli kullanım yerleri [36]

Polimerleri sınıflandırırken birden fazla kriter kullanılabilir:

- Elde ediliş yollarına göre;
 - Doğal polimerler: Selüloz, kitin, pamuk ...
 - Sentetik polimerler: Polietilen, poliakrilamid, naylon 6-6 ...
- Yapısındaki elementlere göre;
 - Organik Polimerler: Organik moleküllerden oluşmuş polimerlerdir.
 - İnorganik Polimerler: Metal ve ametallerden oluşan polimerlerdir.
- Zincirin fiziksel ve kimyasal yapısına göre;
 - Düz Zincirli
 - Dallanmış
 - Çapraz Bağlı
- Isıya karşı gösterdiği davranışa göre;

– Termoplastik: Isı etkisiyle eritilerek yumuşayan ve şekillendirilebilen düz zincirli polimerlerdir.

– Termoset: Isı ile bozulan ve yeniden şekillendirilemeyen çapraz bağlı polimerlerdir.

- Uzaydaki yapılarına göre;

– İzotaktik

– Sindiotaktik

– Ataktik

- Sentezlenme tepkimesine göre;

– Basamaklı Polimerleşme

– Katılma Polimerleşmesi

- Zincir yapısındaki monomer sayısına göre;

– Homopolimer: Tek bir monomerin birleşmesiyle oluşan polimerlerdir.

– Kopolimer: İki ya da daha fazla monomerin bir araya gelerek oluşturdukları polimerdir.

- ❖ Gelişigüzel kopolimer:

-A-B-B-A-A-A-B-A-B-B-A-B-A-A-B-B-B-B-

- ❖ Blok kopolimer:

-A-A-A-A-B-B-B-B-A-A-A-A-B-B-B-B-

- ❖ Art arda (periyodik) kopolimer:

-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-

- ❖ Aşırı kopolimer:

-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-

|

-B-B-B-B-B-B-B-

- Molekül kütlesine göre [37-39].

Çeşitli fonksiyonel gruplar içeren polimerlerin sentezi ile ilgili çalışmalar, son 20 yıl içinde hızla çeşitlenerek artmıştır. Fonksiyonel gruplar içeren polimerlerin, mekanik ve termal dayanıklılığını artırması [40], yüksek katalitik etki gösterebilmesi [41], anyonik polielektrolit olarak hidrometalurjide [42], su vb. kirliliğinin kontrol edilebilmesi [43,44] ve biyoinorganik sistemlerde [45] kullanılmasıyla birlikte, bu tür

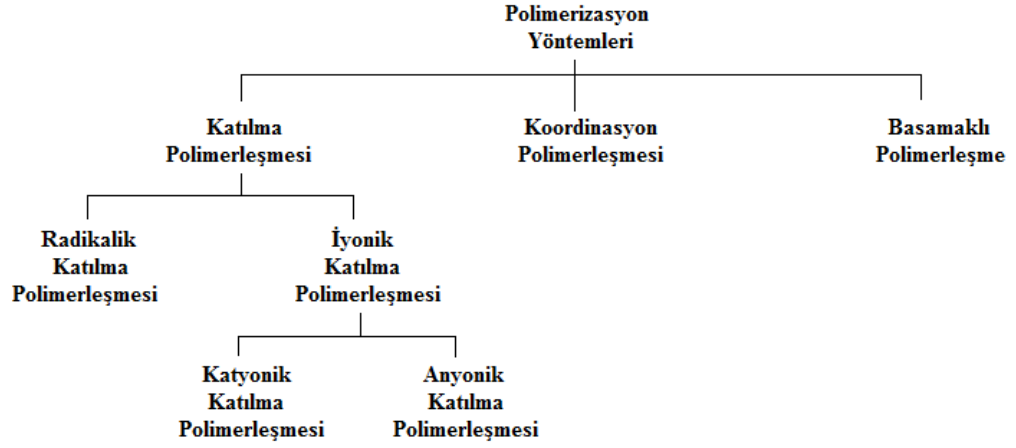
polimerlerin sentezi ve karakterizasyonu üzerine çalışmalar yapılmaya başlanmıştır [46,47].

Kimyada molekül kütlesi kavramı bileşiğin kendine özgü bireysel bir özelliğidir ve bileşiğin her bir molekülü için aynı dereceye sahiptir. Değerinin değişmesiyle bileşiğin fiziksel ve kimyasal özelliği de değişir. Hâlbuki polimer kimyasında 'molekül kütlesi' farklı büyüklükte yüzlerce, binlerce polimer molekülünün tümünü temsil eden kütsel bir özelliktir. Polimerlerin molekül kütsesinde birkaç bin mertebesinde olan bir değişiklik, polimerlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde hiçbir değişmeye neden olmayabilir. Farklı büyüklükteki moleküllerin molekül kütselerinden oluşan ortalama bir değerdir. Bu nedenle polimer için molekül kütsesi değil ortalama molekül kütsesi kavramı kabul edilmiştir [47].

Polimerler katı, sıvı veya çözelti halinde bulunabilirler. Bu durumlardaki yapı farklılıkları; termal, mekanik ve fiziksel özellikleri ile ilgilidir. Polimerlerin bu yapıdaki kimyasal formülü ve morfolojisi de önemlidir. Morfoloji; polimerin katı halinde bulunan kristal veya amorf bölgelerin varlığı, büyüklüğü, yerleşme düzeni gibi özelliklerini kapsamaktadır. Katı haldeki bir polimerde üç temel düzen vardır;

- Amorf yapı,
- Kristal yapı,
- Yarı-kristal yapı [37].

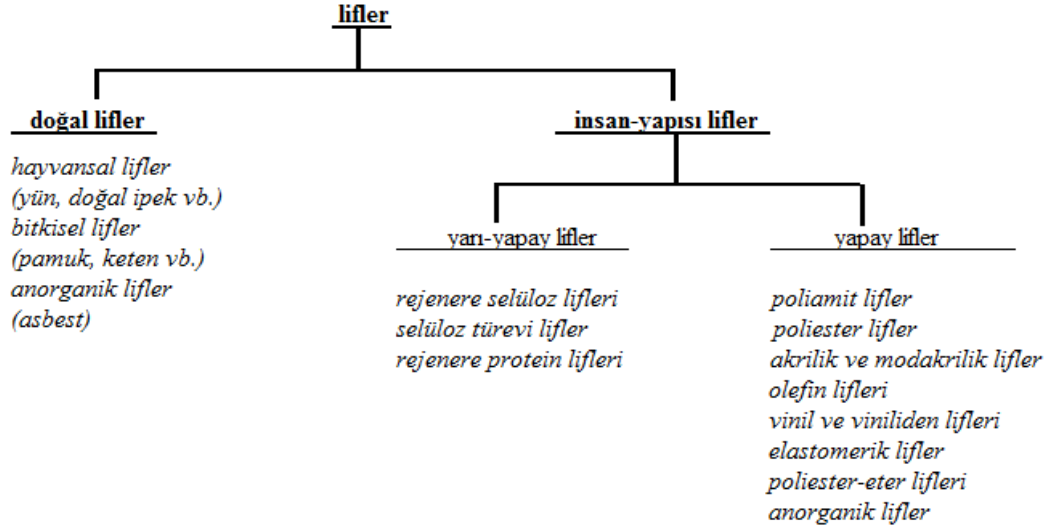
Amorf polimerler yeterince düşük sıcaklıklarda sert ve kırılığandır (cam gibi). Böyle bir polimer ısıtıldığında *camsı geçiş sıcaklığı* (T_g) denilen bir sıcaklıkta yumuşayarak kauçuk (derimsi) özellik gösterir. Polimerin camsı geçiş sıcaklığı üzerinde ısıtılması sürdürülürse; polimer kağıçuşumsu davranışı da bırakarak zamk görüntüsü üzerinden yeterince yüksek sıcaklıklarda sıvı halini alır [48]. Yarı-kristal polimerlerde amorf ve kristal bölgeler birlikte bulunur. Bu polimerler camsı geçiş sıcaklıkları altında amorf polimerlere benzer şekilde kırılığandır. Kırılığlık özelliklerini camsı geçiş sıcaklığına kadar korurlar. Erime sıcaklığına kadar (T_e) kağıçuşumsu ve zamksı davranış göstermeden termoplastik özelliklerini korurlar ve erime sıcaklığına gelindiğinde kristal yapıları yıkılarak viskoz bir sıvı verecek



Şekil 1.3. Polimerizasyon yöntemleri

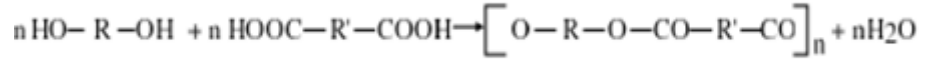
1.2. Poliester Lifler

Polimerlerin kullanıldığı en önemli malzemelerden birisi liflerdir. Lif, en genel anlamıyla esnek, makroskopik açıdan homojen, uzunluk/çap oranı çok büyük olan maddeler şeklinde tanımlanır. Bir malzemenin lif tanımına girebilmesi için, uzunluk/çap oranının en az 100 olması gerektiği varsayılır [49]. Lifler, lif yapımında kullanılan polimerin ana kaynağına göre gruplandırılır (Şekil 1.4). Doğal lifler, doğada kendiliğinden bulunan ve doğrudan lif teknolojisinde kullanılan liflerdir. İnsan-yapısı lifler ise, polimerin sentezi veya life dönüştürülmesi kısmında insan müdahalesinin olduğu liflerdir ve kendi arasında yarı-yapay ve yapay olmak üzere ayrılır.



Şekil 1.4. Liflerin elde edildiği kaynağa göre gruplandırılması [49]

Poliester kelimesi, genel olarak bir dialkol ile bir dikarboksilik asidin kondenzasyon ürünü olan uzun zincirli polimerlere verilen addır (Şekil 1.5) [50].

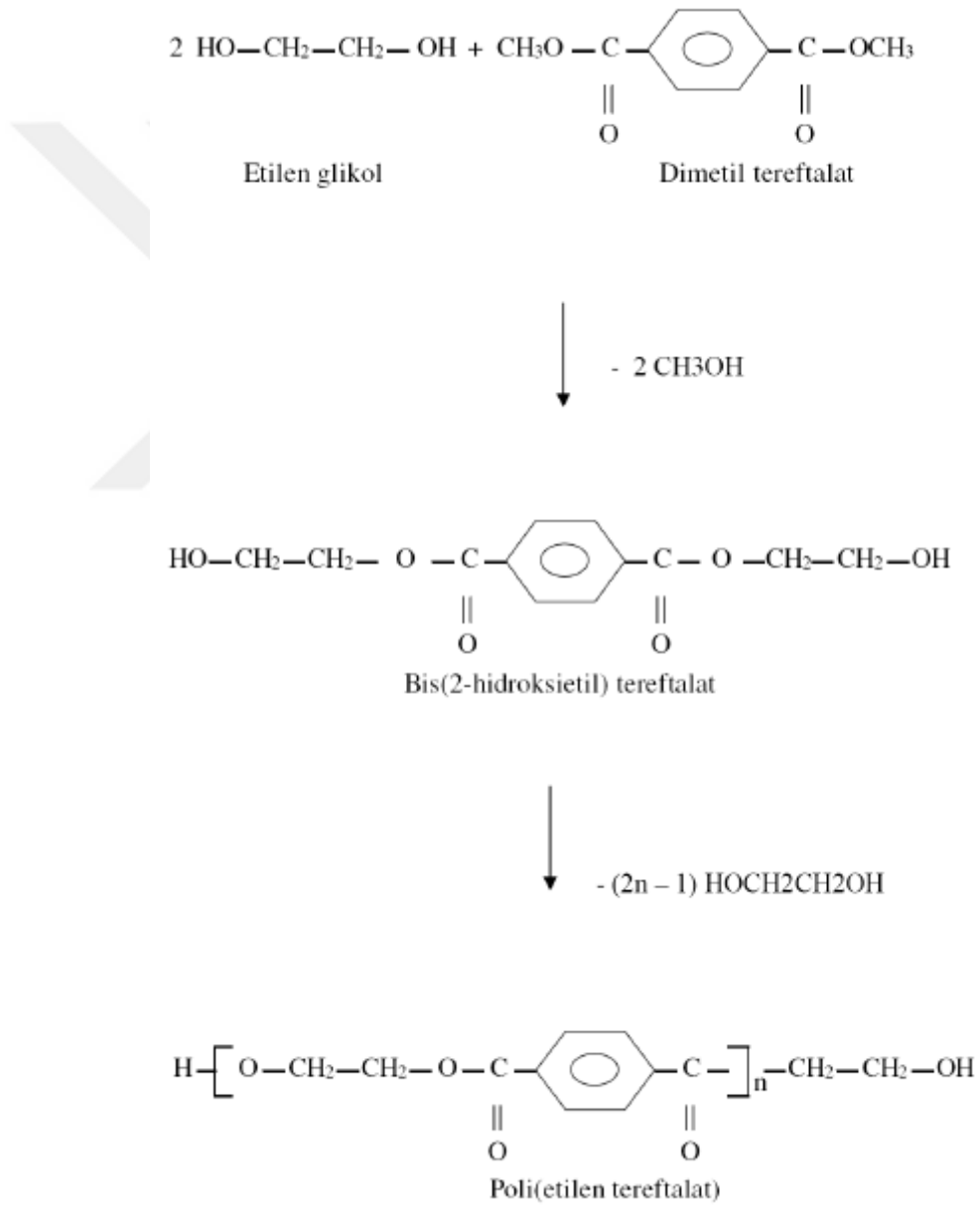


Şekil 1.5. Poliesterin eldesi [51]

Zincirdeki R ve R' alifatik yapıda ise, polimerin erime noktası çok düşüktür. Bu yüzden tekstilde kullanılmaz. Tekstilde kullanılabilen polimerin elde edilebilmesi için aromatik yapıda bileşenler seçilir. Bu bileşenlere göre farklı yapıda poliesterler elde edilir [50,51].

1.2.1. PET Poliester Lifleri

İngiliz araştırmacılar J.R. Whinfield ve J.T. Dickson 1941 de, etilen glikol ve dimetil tereftalattan yola çıkararak lif eldesine uygun olan poli (etilen tereftalat) (PET) 1 sentezlemişlerdir (*Terylene*) (şekil 1.6). Amerika 'da ise 1953 'te, etilen glikol ve tereftalik asitten *Dacron* (şekil 1.7) adı verilen poliester lif üretilmiştir. ıkış maddeleri ayrı olsa da, *Dacron* ve *Terylene* temelde aynı kimyasal yapıdadır ve her ikisinin de polimeri poli (etilen tereftalat) tır [49].



şekil 1.6. *Terylene* sentez mekanizması [50]

ulaşılana kadar devam edilir. Mol kütlesi kontrolü genelde karıştırıcının çektiği elektrik gücü izlenerek yapılır [49].

1.2.2. PET Poliester Liflerinin Fiziksel Özellikleri

PET liflerinin yoğunluğu 1,36-1,45 g/cm³ tür. Bu değer polimerdeki kristalin bölge oranları ile değişir. Kristalin bölge oranı fazla olan liflerde yüksek, az olan liflerde ise daha düşüktür. Termoplastik polimerlerdir ve sıcakta mukavemet özellikleri değişir. Erime noktası 252-256 °C 'dir. Filamentlerin mukavemeti 4-7 g/denye; kesikli lifleri ise 4-5 g/denyedir. Kristalin bölge oranının yüksekliği ve apolar yapısından dolayı nem çekme özelliği azdır. Su molekülleri ancak bir moleküler film tabakası şeklinde lif yüzeyine tutunabilir. Oda sıcaklığında ve standart koşullarda en fazla %0,4 nem absorblar. Tamamıyla hidrofobik karakterde olması nedeniyle ıslandığında dayanıklılığında bir azalma görülmez. Ütüleme sıcaklığı 135–140 °C olmalıdır. Aşınma direnci naylon hariç, diğer yapay ve doğal liflere göre daha fazladır. Tutuşması zordur. Alev uzaklaştığında yanmaya devam etmez [50].

Mikroskop altında incelendiğinde kesiti şeffaf cam boru şeklindedir. Güneş, hava koşulları ve bakterilere karşı afiniteleri çok fazladır ve elektrostatik yüklerini biriktirmeye yatkındırlar. 200 °C civarında yumuşama gösterir. Bükülme ve kıvrılmaya karşı direnç gösterir. Bu nedenle buruşmaya karşı dayanıklıdır [49-51].

1.2.3. PET Poliester Liflerinin Kimyasal Özellikleri

PET lifler makro molekülleri yüksek bir simetri düzeyine sahip oldukları için trans-trans konformasyonunda bulunmayı tercih etmektedirler. Trans-trans konformasyonunda, karbonil gruplarını oluşturduğu dipoller zıt yönde uzanmış olduklarından, birbirlerini doyurmakta ve böylece daha düşük enerji düzeyi, daha stabil bir molekül yapısı ve daha yüksek bir erime noktası sonuçlarını doğurmaktadır.

Poliester liflerinde kristalin bölgelerde yalnızca trans-trans konformasyonu mevcut iken, amorf bölgelerde diğer konformasyon imkanlarının da olduğu kabul edilmektedir [50,52].

Poliester liflerinde mukavemeti arttırmak için yapılan germe-çekme işleminde kristalinite ile birlikte kimyasal reaktiflere ilgisizlikte artar. Bu nedenle poliester lifleri soğukta ve sıcakta zayıf asit çözeltilerine dayanıklıdır. Derişik organik asitlerde de oda sıcaklığında etkilenmez. Bu özelliğinden poliester liflerinin selülozik liflerden farklılaştırılmasında yararlanır. Sabun ve deterjanlara karşı dayanıklıdır. Fakat makro molekül zincirde içerdikleri ester bağları nedeniyle kuvvetli bazlara karşı dayanıksızdır. Özellikle sodyum hidroksit (NaOH) gibi kuvvetli anorganik bazların etkisinin lif yüzeyinden başladığı ve yüzeydeki makromoleküller sabunlaşarak parçalandıkça, bazın etkisinin içeriye doğru ilerlediği araştırmalarda gözlemlenmiştir. Bu durum lifte önemli oranda ağırlık kaybına yol açarken kopma dayanımında çok fazla düşme yaratmaktadır. Baz etkisiyle kopma dayanımındaki azalma daha çok liften yapılan poliester ipliklerinde gözlenmektedir. Çünkü bunlarda liflerin birbirlerine tutunmaları azalmaktadır [50].

Yükseltgen ve indirgen maddelere karşı son derece iyi dayanım göstermektedir. Sodyum hipoklorit, sodyum klorit, hidrojen peroksit gibi yükseltgen maddeler ve sodyum hidrojen sülfid (bisülfid), sodyum ditiyonit (hidrosülfid) gibi indirgen maddelerle ağır koşullar altında yapılan deneyler sonunda bile, liflerin dayanımında hiç veya çok az bir azalma meydana geldiği görülmektedir. PET lifi güneş ışığına karşı dayanıklıdır. UV ışınlarından bir miktar etkilenir. Yakıldığında erir ve isli bir alev çıkarır. Geriye sarı-kahverengi bir boncuk kalır. Dumanları karakteristik, aromatik, tatlımsı kokudur. Filament şeklinde üretilen PET liflerinin çözündürülmesinde fenol kullanılır. Kimyasal reaktiflerden etkilenmeyen yapısı, boyama işleminde de kendini gösterir. Poliester lifleri boyarmaddelerle kimyasal reaksiyona giremez [49]. Boyama, dispersiyon boyarmaddeleri denilen ve suda çok az çözünürlüğü olan boyarmaddelerle yapılır. Liflerin boyanması, kimyasal bağlanma şeklinde değil, boyarmaddenin lifler içinde çözünmesi şeklinde gerçekleşir [50].

1.3. Aşı Kopolimerizasyon

Aşı kopolimerlerde bir polimerin ana zincirine farklı bir polimer zinciri zincir sonları dışında bir yere bağlanmıştır (Şekil 1.8). Aşı kopolimerler, bir polimerin yanında başka bir monomerin polimerizasyonu ile elde edilebilir. Bu koşullarda polimerizasyon sonunda ortamda aşılınmamış polimer, aşı kopolimer ve aşılana monomerin homopolimerleri bulunduğu bir karışım olacaktır. Karışım, homopolimerleri çözebilen uygun çözücülerle yıkanarak aşı kopolimer ayrılır. Karışımından aşı kopolimerin çöktürülerek ayrılması bir başka yöntemdir [32].



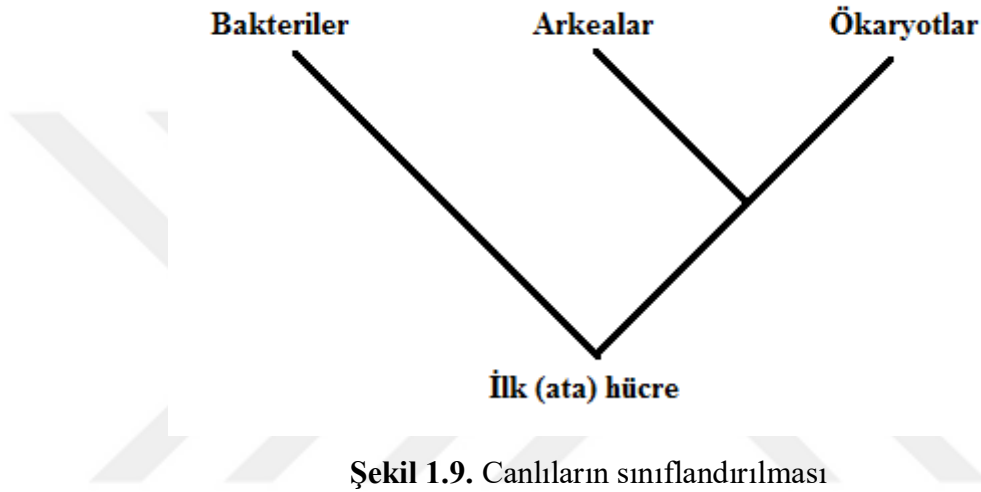
Şekil 1.8. Aşı Kopolimerizasyon

Birkaç farklı yöntemle sentezlenebilen aşı kopolimerler monomerin bağlanma yerine bağlı olarak blok kopolimerlerden ayrılırlar ve daha kolay sentezlenebilirler. Dallı polimerler tipik olarak aşı kopolimerlerdir [53]. Aşı kopolimerlerde polimerler ana zincirine rastgele bağlanarak dallı bir yapı oluştururlar [54]. Kopolimerin dallanmış yapısı viskozitesinin azalmasına sebep olur [55,56].

PET lifler gibi polimerler zincir transfer tepkimeleri ile aşı kopolimerizasyon oluşturabilirler. Bir monomer, başka bir polimerin ortamdaki varlığında radikal katılma polimerizasyonu gerçekleştirirse; monomer, polimerde zincir transferi

sonucu aktif merkezler oluşturabilir. Aktif merkezler üzerinden monomer, polimerin yapısına katılarak aşırı kopolimer elde edilir [57]. PET lifler bulunduğu ortamda metil metakrilat [58], akrilik asit [59], akrilamid [60], akrilonitril [61] gibi monomerlerin varlığında zincir transfer tepkimesiyle aşırı kopolimer oluşturabilir.

1.4. Mikroorganizmalar Hakkında Genel Bilgi



Mikroorganizmalar kendi içlerinde virüsler, tek hücreliler (arkealar, öbakteriler, protistalar, bazı mantarlar ve bazı klorofitler) ve az sayıda basit çok hücreliler (daha büyük mantarlar, klorofitler) olarak kendi içinde bölünebilen farklı organizma gruplarıdır (Şekil 1.9). Bu daha büyük mikroorganizmalar, gerçek doku farklılaşması göstermeyen filamentöz, yaprağımsı, şerit şeklinde ipliğimsi, büyük porlar içeren süngerimsi bir yapıya sahip karakterlerdir. Mikroorganizmaların çoğu bir mikroskop olmadan görünmezler [62]. Dünya üzerindeki yaşamın büyük çoğunluğu insan gözü için görünmezdir. Mikroorganizma veya mikrop olarak bilinen mikroskopik organizmalar, dünya üzerindeki neredeyse her ortamda çok sayıda bulunur. Bakteri ve arkea gibi çoğu mikrop yalnızca tek bir hücreden oluşur [63]. Hayvanlar ve bitkiler dahil tüm yaşam dalları, mikroorganizma türlerini içerir. Bununla birlikte, en yaygın olarak, mikroskopik organizmaların incelenmesi, bakteriler, protistler ve

mantarlar gibi gruplara odaklanmaktadır. Son yıllarda önemli çaba arkea adı verilen az bilinen bir mikrop grubu üzerinde yoğunlaşmıştır [64,65].

Mikroorganizmalar dünya üzerindeki her yaşamı etkiler [66]. Bazı mikroplar hastalığa neden olur, ancak çoğunluk tamamen zararsızdır [67]. Bu canlı formları ekosistemlerinde bulunan besin maddelerinin dönüşümünde gereklidir [68,69].

Arkealar, çok az şey bildiğimiz geniş bir mikroorganizma grubudur. Yaygın olarak sıcak kaynaklar gibi aşırı ortamlarda bulunurlar ve üç yaşam alanından birini oluştururlar [70]. Ökaryotik organizmaların çoğunluğu protista olarak adlandırılan çeşitli bir gruba aittir. Bir protist, hayvan, bitki veya mantar olmayan ve algler ve amipler gibi organizmaları içeren herhangi bir ökaryottur [71]. Mantarlar, hayvanlarla yakından ilişkili olan çoğunlukla mikroskopik organizmalardır. Mantar, maya gibi spor üreten organizmaları içerirler [72]. Bakteriler dünyadaki her yerde bulunan eski, mikroskopik organizmalardır. Bunlar, prokaryotik hücrelere sahip tek hücreli mikroplar olup, yaklaşık 3,5 milyar yıllık geçişe sahiptirler [73].

1.4.1. Bakteriler

Tüm bakteriler tek hücreli organizmalardır. Çok çeşitli organizmalar grubudur. Bakterilerin varlığı ekolojik denge için önemlidir. Diğer yaşam formları için önemli oldukları kadar endüstriyel açıdan da önemlidirler [74].

Bazı bakteri türleri hastalıklara ve enfeksiyonlara neden olur, ancak birçok bakteriler faydalıdır. Hayvan ve insanların mide ve bağırsaklarında yaşayan bakteriler sindirime yardımcı olur. Bakterilerin, bitki lifleri gibi hayvanın sindiremediği zorlu gıdaları sindirebilen enzimleri vardır [75].

Bakteriler önemli ekolojik süreçlerde rol oynar. Ölü bitki ve hayvanların parçalanmasında ana rol oynar ve besin maddelerini ekosistemlere geri dönüştürmeye yardımcı olurlar. Aynı zamanda atmosferden gaz alabilir ve onları

karbonhidratlar ve nitratlar gibi kullanılabilir besin maddeleri haline getirebilirler [76].

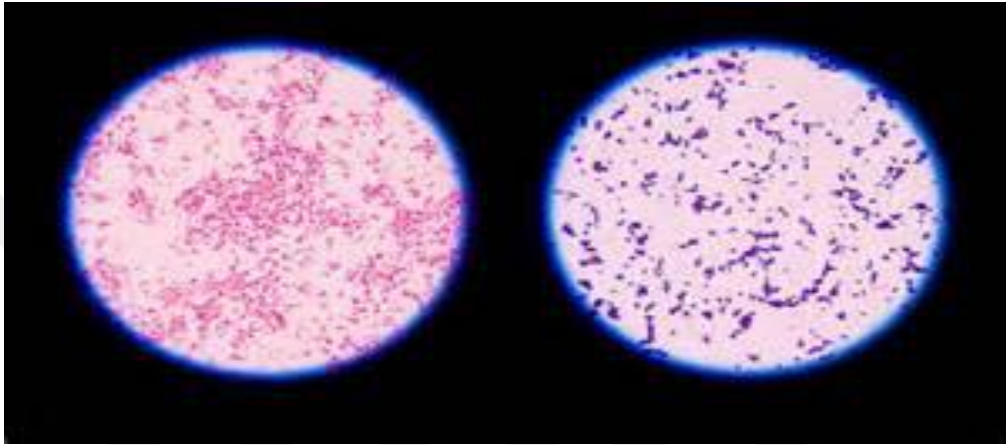
Bazı endüstriyel işlemler bakterilerin metabolizmasını kullanır. Bakteri, peynir ve yoğurt gibi gıdaların üretimine yol açan fermantasyondan sorumludur [77]. Atık arıtma tesislerinde insan atıklarını, gıda atıklarını ve temizlik ürünlerini parçalama sürecini hızlandırmak için bakteriler de kullanılır [78]. Bakteriler dünyadaki hemen hemen her yerde bulunur: Okyanus diplerinde, toprakta, havada ve diğer organizmalarda [79].

Bakteri, prokaryotik organizmalardır. Hepsinin tek bir hücresi vardır ve bu hücrenin gerçek bir çekirdeği veya organelleri yoktur. DNA'ları bir çekirdeğe yerleştirilmek yerine, DNA nükleoid denilen hücre alanına sıkıca sarılıdır. Nükleoid gerçek bir çekirdek değildir, çünkü bir zar tarafından çevrelenmezler. Bakteri hücresi ökaryotik bir hücrenin %1 'inden de az DNA'ya sahiptir [78]. Bakteri hücrelerinin önemli bir özelliği hücre duvarıdır. Hücre duvarı bakteri hücrelerini çevreler ve koruma sağlar. Ayrıca hücrenin şeklini korur ve açık patlamayı engeller. Selülozdan yapılmış bitkilerin hücre duvarlarıyla karşılaştırıldığında, bakteri hücre duvarlarının farklı bileşiklerden yapılmış çok katmanları vardır. Bakterilerin hücre duvarındaki farklılık, bakterilere çeşitlilik katar. Hücre duvarlarının yapısındaki farklılıklar, bakterilerin gram-pozitif ve gram-negatif bakterilere dönüşmesine neden olur [80]. Bakteri öldürmek için genellikle antibiyotikler tarafından hedeflenen hücre duvarıdır [81].

Bakteri hücrelerinin organelleri olmamasına rağmen, ribozomlar ve flamot olarak adlandırılan alt hücreli yapılara sahiptirler. Ribozomlar, DNA tarafından sağlanan bilgileri kullanarak protein üretmek için kullanılır [82]. Kamçılar, bazı bakteri hücrelerinden uzanan ve hareket için kullanılan uzun, ince yapılardır. Bakteri kamçısı, ökaryotik hücrelerde bulunan kamçıdan tamamen farklıdır, ancak aynı işlevi yerine getirirler. Bakteriyel bir kamçı her zaman tam hızda hareket eder ve bakterinin nereye hareket ettiğini kontrol eder [80].

Gram-pozitif ve gram-negatif bakteriler:

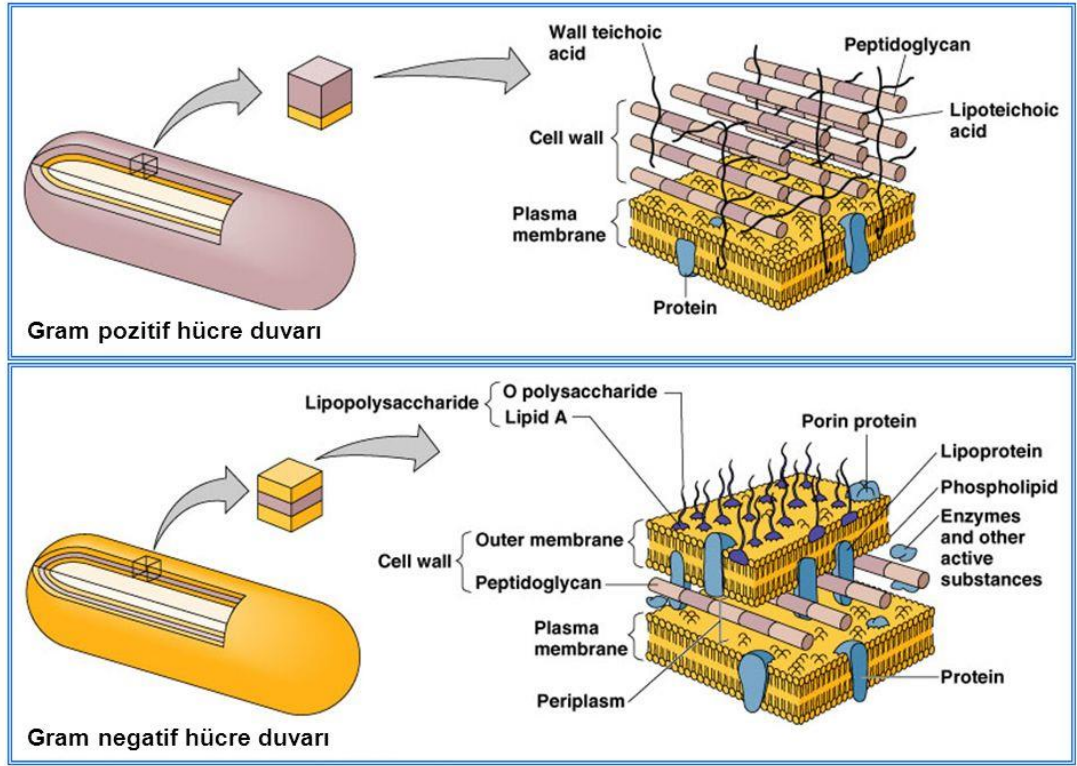
Hücre duvarlarının yapısındaki farklılıklar bakterileri iki farklı gruba ayırır: gram-pozitif ve gram-negatif. Bakterilerin hangi gruba ait olduğunu belirlemek için kristal mor renkli bir boya ile boyanır. Gram-pozitif bakteriler, boya yıkandıktan sonra mavi veya mor renk alırlar. Gram-negatif bakteriler kırmızı veya pembe renkte olur (Şekil 1.10) [83].



Şekil 1.10. Kristal boya ile boyanmış bakteriler [83].

İki grup bakteri, 'peptidoglikan' olarak adlandırılan hücre duvarlarındaki bir bileşiğin farklı kalınlıkları nedeniyle farklı renkte olurlar. Gram-pozitif bakterilerin hücre duvarlarında peptidoglikanın kalın bir tabakası vardır. Peptidoglikanın kalın tabakası, bir kristal menekşe boyaya maruz bırakıldıktan sonra mavi veya mor olur. Gram-negatif bakterilerin hücre duvarlarında peptidoglikanın kalın bir tabakası yoktur. Kristal mor renkle boyandıklarında, hücre duvarları boyanın rengini koruyamaz ve bunun yerine kırmızı veya pembe renk alır [84].

Gram-negatif bakterilerin hücre duvarları, gram-pozitif bakterilerin hücre duvarlarına göre daha karmaşıktır. Gram-negatif bakterilerin hücre duvarını çevreleyen bir dış zar vardır (Şekil 1.11). Bu dış zar, gram-negatif bakterileri antibiyotiklerle öldürmeyi zorlaştırır [85,86].



Şekil 1.11. Bakteri hücre duvarları [85].

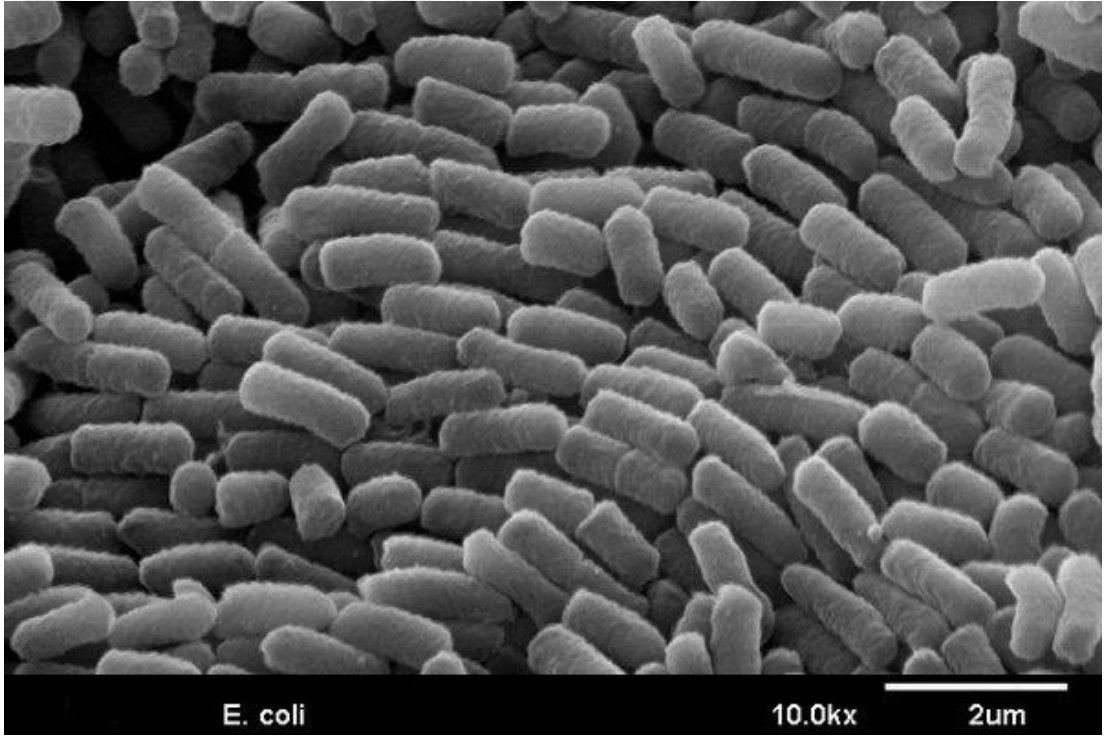
Bakteri hücrelerinin üremesi henüz tam olarak anlaşılamamıştır. Bakteriler birçok şekilde çoğalabilirler ve çok hızlı bir şekilde üreyebilirler. Bakteri hücreleri, bir hücrenin iki hücreye ayrıldığı ikili fisyon yoluyla yaygın olarak çoğalır. Bazı türler fragmanlara bölünür ve her fragmanın tam gelişmiş bakterilere dönüşme potansiyeli vardır. Bazı bakteriler ise, 'endospor' olarak adlandırılan ve uzun süre sert çevre şartlarında hayatta kalabilen uzun yaşayan hücreler üretir. Çevre şartları iyileştiği zaman endosporlar normal bakteri hücrelerini üretir ve bakteri popülasyonu tekrar büyümeye başlar [83,86,87].

Patojen terimi, başka bir organizmanın hastalık veya hastalığına neden olan bir organizmayı tanımlamak için kullanılır. Birçok patojen aslında bakteri olmasına karşın mantar, virüs veya protist olabilir. Bakterilerin büyük çoğunluğu patojen değildir. Ancak, patojen olan birkaç bakteri türü canlılar için ciddi sorunlara yol

açabilir. İnsanlar için zararlı patojenler olan bazı bakteri türleri, şarbon, boğmaca, menenjit, tüberküloz gibi hastalıklara neden olur [88].

1.4.1.1. *Escherichia coli*

Escherichia, Enterobacteriaceae familyası üyesi olup, 0,3-1,0 µm genişlik ve 1,0-6,0 µm boyunda, çoğu hareketsiz, düz ve basil şeklinde (Şekil 1.12), gram-negatif özelliğe sahip bakterilerdir [89,90]. Fakültatif anaerop olup 15-45 °C de üreme özelliği gösterirler. Bu özellik onun diğer bakterilerden ayrılmasını sağlar. S tipi koloniler yaparlar. Endospordurlar ve karbon kaynağı olarak glikozu kullanırlar [91].



Şekil 1.12. *E. coli* bakterisinin SEM görüntüsü [91]

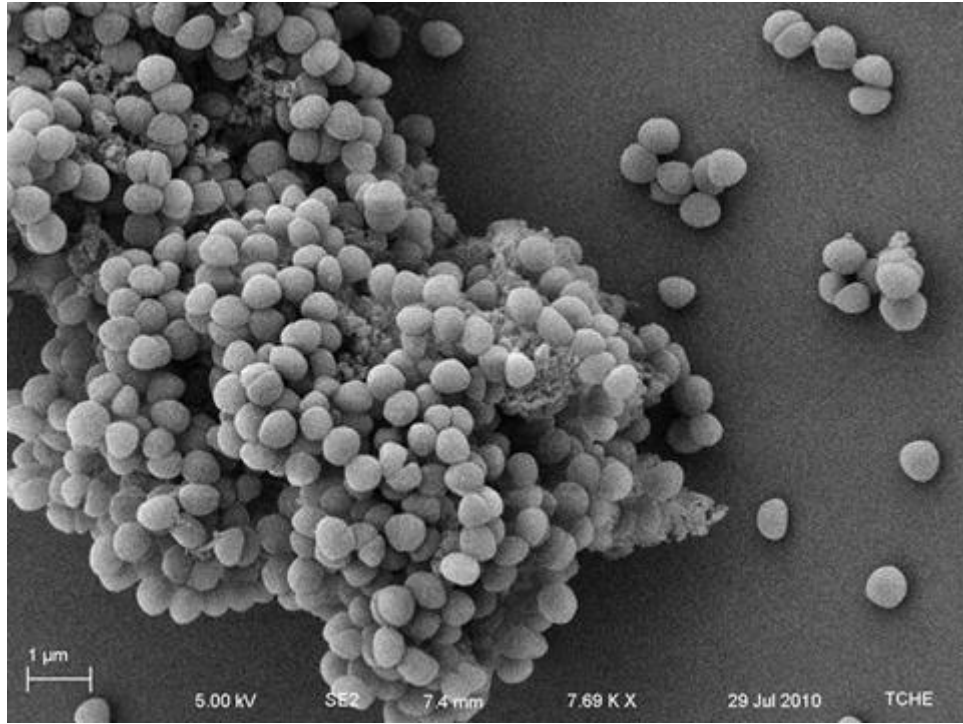
Katalaz pozitif, oksidaz negatif, indol, metil red, voges proskauer ve sitrat testlerinde kendine özgü farklılıklar gösterirler [92]. *Escherichia coli* (*E. coli*), dezenfektanlara,

Malaşit yeşili, Füksin gibi bazı boyalara, safra ve safra tuzlarına, %7 NaCl 'e karşı duyarlıdır. Isı ve soğuğa karşı ise dirençlidir [93].

Bağırsak bakterisi olan *E. coli*, memeli ve kuşlarda bulunur. Bağırsak içinde beslenme, mayalanma gibi işlemlerde rol oynayan bu bakteri, diğer bakterilerle bağırsak içinde uyumlu ve dengeli yaşar [94]. Canlının bağışıklık sistemi zayıfladığında doku ve kana karışarak enfeksiyona neden olur. Bağırsak ve bağırsak dışı hastalıklara yol açarlar [95].

1.4.1.2. *Staphylococcus aureus*

Micrococcaceae familyasında yer alan *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), *Staphylococcus* cinsinin bir üyesidir. Sporsuz ve hareketsiz kok şeklinde (Şekil 1.13) olan bu bakteriler gram-pozitif özellik göstermektedirler. Fakültatif anaerob gelişim gösterirler. Optimum üreme sıcaklığı 30-37 °C, gelişme sınırları 6-46 °C arasındadır. Mezofil karakter gösterirler ve S tipi kolonilere sahiptirler [96].



Şekil 1.13. *S. aureus* bakterisinin SEM görüntüsü [96]

Lesitinaz aktivitesi, koagulaz üretimi, entertoksin oluşturma ve termonukleaz aktivitelerini göstermesiyle, bakteri dünyasında önemli bir yere sahiptir. Geniş spektrumlarda toksine dönüşebilmesi nedeniyle birçok hastalığa neden olan *S. aureus*, en fazla burun ve boğaz boşluğunda yer alan mukoz dokuda koğuşlanır. Deriye çok hızlı yayılım gösteren bu bakteriler apseli yaralara, sivilce ve çıbanlarda yoğun olarak bulunmaktadır. Boğaz kültürlerinden alınan ve izole edilen suşların %20 den fazlasının enterotoksin olduğu belirlenmiştir [97,98].

Yüksek tuz konsantrasyonuna karşı dirençli olan *S. aureus*, %10 içerikli tuz ortamında gelişim gösterebilirler. %20 tuzlu ortamı tolere edebilen suşların varlığı da bilinmektedir [99]. Tellurit, civa klorür, sodyum azid gibi kimyasallara ve neomisin gibi antibiyotiklere karşı dirençlidir [100].

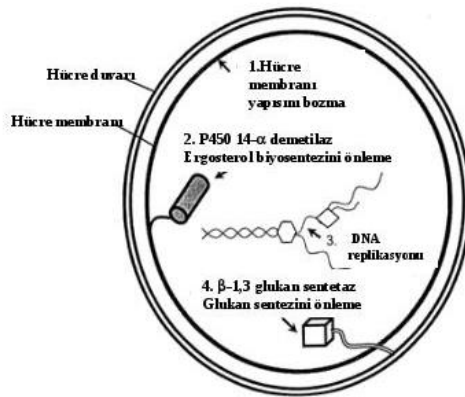
1.5. Antimikrobiyel Aktivitenin Tanımı

Antimikrobiyel maddeler; mikroorganizmaları öldüren (= mikrobisid etki) veya onların üremesini/gelişimini engelleyen (= mikrobiyostatik etki) kimyasal maddelerdir. Bu tanıma; dezenfektanlar, antiseptikler, antibiyotikler ve inhibitör etkili diğer bazı maddeler girmektedir. Hipokloritler, kloraminler, iyodoforlar, kuarterner amonyum bileşikleri, amfoterik bileşikler, oksidan maddeler (hidrojen peroksit, perasetik asit, ozon, vb.), alkaliler (sodyum hidroksit; kostik veya kostik soda, potasyum hidroksit gibi), asitler, alkoller, aldehitler (formaldehit gibi), fenol ve türevleri, sabunlar, ağır metal iyonları ve tuzları gibi çeşitli dezenfektanlar ve antiseptikler, penisilin, streptomisin ve tetrasiklinler gibi antibiyotikler, metilen mavisi, kristal violet ve brilliant green gibi inhibitör etkili çeşitli mikrobiyostatik boyalar ve sodyum klorür, sodyum nitrat gibi koruyucu olarak kullanılan bazı gıda maddeleri antibakteriyel maddelere örnek olarak gösterilebilir [101]. Mikroorganizmanın yaşam faaliyetlerine olumsuz etki edecek bir müdahale olursa, buna antimikrobiyel aktivite adı verilmektedir [102].

1.6. Antimikrobiyal Ajanların Etki Mekanizmaları

1.6.1. Antifungal Ajanların Etki Mekanizmaları

Antifungal ajanların gelişimi, antibakteriyel ajanların gerisinde kalmıştır. Bu, ilgili organizmaların hücresel yapısının tahmin edilebilir bir sonucudur. Bakteriler prokaryotiktir ve dolayısıyla insan konakçısından farklı birçok yapısal ve metabolik hedefler sunar (Şekil 1.14). Buna karşın funguslar ökaryotlardır ve dolayısıyla mantarlara toksik olan çoğu ajan için toksiktir. Dahası, mantarlar genelde yavaş ve sıklıkla çok hücreli formlarda büyüdüklerinden, bakterilere kıyasla miktarlarının belirlenmesi daha zordur. Bu zorluk potansiyel bir antifungal maddenin *in vitro* veya *in vivo* özelliklerini değerlendirmek için tasarlanmış deneyleri zorlaştırmaktadır [102,103]. Antifungal ajanlar etkilerini fungal hücre çekirdeğini ve fungal hücre zarını etkileyerek genel olarak iki mekanizma üzerinden gösterirler. Antifungal ajanların büyük bir kısmı aktivitelerini funguslar için önemli fonksiyona sahip bir sterol olan ergosterolü etkileyerek gösterirler. Steroller doğada yaygın olarak bulunan ve canlılarda D vitaminin, safra tuzlarının ve hormonların üretiminde hayati öneme sahip bileşiklerdir. Ergosterol ve kolesterol en bilinen sterol bileşikleridir [104].



1-Polyenler

Amfoterisin B
Nistatin

2-Azoller

Ketokonazol
Flukonazol
Itrakonazol vd

3-Nükleozit analogu

Flusitozin

4-Ekinokandinler

Caspofungin

Şekil 1.14. Antifungal ajanların etki mekanizmaları

1.6.2. Antibakteriyel Ajanların Etki Mekanizmaları

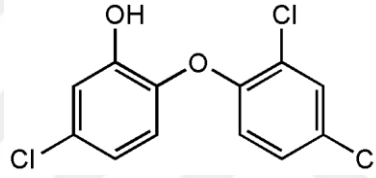
Bakteriyel enfeksiyonlara ve hastalığa neden olan bakterilere patojen bakteriler denir. Vücut içine girdiklerinde hastalıklara ve enfeksiyonlara neden olurlar ve sağlıklı bakteri üreterek normal steril dokularda çoğalmaya başlarlar [105]. Antibakteriyel ajan, bakterilerin büyümesine ve çoğalmasına müdahale eden bir maddedir. Antibiyotik ve antibakteriyellerin her ikisi de bakterilere saldırmakla birlikte, bu terimler yıllar geçtikçe iki farklı anlam ifade edecek şekilde gelişti. Antibakteriyel maddeler en yaygın olarak, yüzeyleri dezenfekte etmek ve potansiyel olarak zararlı bakterileri ortadan kaldırmak için kullanılan maddeler olarak tanımlanmaktadır. Antibiyotiklerin aksine, insanlarda veya hayvanlarda ilaç olarak kullanılmazlar, ancak sabun, deterjan, sağlık ve cilt bakımı ürünleri ve ev temizleyicileri gibi ürünlerde bulunurlar [106].

Antibakteriyel maddeler, etki hızları ve artık madde üretim hızlarına göre iki gruba ayrılabilir (Çizelge 1.1): Birinci grup, bakterileri yok etmek için hızla harekete geçiren maddeleri (buharlaştırma veya parçalanma ile) çabucak yok olanları içerir ve geride hiç aktif tortu bırakmazlar. Bu tür örnekler alkoller, klor, peroksitler ve aldehitlerdir. İkinci grup çoğunlukla dezenfekte edilecek yüzey üzerinde uzun etkili tortuları bırakan ve böylece uzun süreli bir etkiye sahip daha yeni bileşiklerden oluşur (artık üreten). Bu grubun yaygın örnekleri triklosan ve benzalkonyum klorürdür [107].

Çizelge 1.1. Antibakteriyel ajanlar

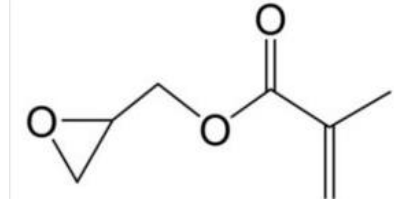
Kısa süreli etki eden ajanlar	
Alkoller	Etanol İzopropanol [108,109]
Aldehitler	Glutaraldehit Formaldehit [110,111]
Halojen salıcı bileşikler	Klor bileşikleri İyot bileşikleri [112,113]
Peroksitler	Hidrojen peroksit Ozon Perasetik asit [114]
Gaz halindeki maddeler	Etilen oksit, formaldehit [111,115]
Uzun süreli etki eden ajanlar	
-anilidler	Triklorokarbon [116]
Biguanidler	Klorheksidin Alexidin Polimerik biguanitler [117]
Bisfenollar	Trikloran Heksaklorofen [118-120]
Halofenoller	PCMX (p-kloro-m-ksilenol) [121]
Ağır metaller	Cıva Gümüş [122,123]
Fenoller ve kresoller	Fenol Kresol [124]
Kuaterner amonyumbileşikleri	Setrimid Benzalkonyum klorür Setilpiridinyum klorür [125,126]

❖ **Triklosan:** Tekstil sektöründe en yaygın kullanılan antibakteriyellerin başında triklosan gelmektedir. Triklosan, difenol eter türevi olarak bilinen 2,4,4'-trikloro-2' hidroksidifenol eterdir (Şekil 1.15). Triklosan suda çözünmediğinden difüzlensemez. Bu yüzden triklosan, mikroorganizmaların bulunduğu yüzeye temas etmesi ile etkinleşmekte ve mikroorganizmaların gelişimini engellemektedir. Triklosan yapısında bulunan klor atomlarının da etkisiyle temas ettiği mikroorganizmaların hücre duvarını delip hücre bütünlüğünü bozarak onları etkisiz hale getirmektedir. Triklosan suda çözünmediği için tekstil yüzeylerine uygulanması sırasında dispersant ve bindere ihtiyaç duyulmaktadır [118,119,127]. Triklosan hem gram-negatif hem gram-pozitif bakterilerin lipid yalıtım yapısını bozarak inhibisyona neden olur [128-130].



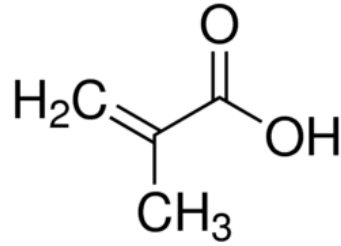
Şekil 1.15. Triklosan bileşiği

❖ **Glisidil metakrilat (GMA):** Endüstri alanındaki yaygın uygulamaları sebebiyle ticari önemi olan fonksiyonel bir monomerdur. Aynı zamanda homojen ve heterojen polimer ağı yapılarının hazırlanmasında kullanılarak, polimer kimyası ve teknolojiye önemli bir rol oynamaktadır. GMA bazlı polimer desteklerinin en önemli avantajı kolaylıkla dönüştürülebilir oksiran gruplarının olmasıdır. Ayrıca; son zamanlarda bazı GMA polimerleri ilaç ve biyomolekül bağlama gibi özel uygulamalardaki üstün performansından dolayı daha fazla ilgi çekmektedir. GMA, yüzey epoksi gruplarının fazlalığından (Şekil 1.16) ve polistirenden daha hidrofilik karakterde olduğu için çok ilgi görmektedir [131,132]. GMA 'lar kuarterner amonyum tuzları ile modifiye edilerek antibakteriyel özellik gösterebilirler [133].



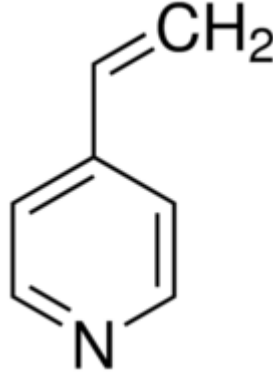
Şekil 1.16. GMA bileşiği

- ❖ **Metil Metakrilik Asit (MMA):** Metakrilik asit organik bir bileşiktir (Şekil 1.17). Bu renksiz, yapışkan, hoş olmayan bir kokuya sahip bir karboksilik asittir. Sıcak suda çözünür ve çoğu organik çözücü ile karışabilir. Metakrilik asit esterleri, özellikle metil metakrilat (MMA) ve poli (metil metakrilat) (PMMA) için öncül olarak endüstriyel olarak geniş çapta üretilmektedir. Metakrilatların, özellikle Lucite ve Plexiglas gibi ticari isimler taşıyan polimerlerin imalatında sayısız kullanımları vardır. Akrilik asitlerin etken olarak antibakteriyel özelliklerinin olduğu bilinmektedir [134]. GMA ile benzer etkiye sahip MMA bileşikleri bakteri hücre membran yapısını bozarak inhibitör olarak kullanılmaktadır [135].



Şekil 1.17. MMA bileşiği

- ❖ **4-Vinil Piridin (4-VP):** Halojenler ile kuarternize edilmiş 4-vinil piridin monomerleri (Şekil 1.18) antibakteriyal çalışmalarda kullanılmış ve ideal antibakteriyal maddeler oldukları belirtilmiştir [136].



Şekil 1.18. 4-VP bileşiği

1.6.2.1. Hücre Duvarı Sentezini Etkileyen Antibakteriyel Maddeler

Yapısal olarak, bakteriyel hücre duvarı katmanlarını oluşturan peptidoglikan adlı polisakkarit omurgasının varlığı, bütün diğer organizmaların farklıdır. N-asetilmuramik asit ve N-asetilglukozamin yapılarından oluşur [137]. Diğer tüm organizmalar gibi, bakteri hücre duvarı da hücrenin yapısal olarak tamamlanmasını sağlar. Bu nedenle, bakteri üremesini engellemek için en önemli işlem, bakteriyel hücre duvarlarının peptidoglikan tabakasını inhibe ederek hücre duvarı sentezini durdurmaaktır. Bu işleme karşı kullanılan ajanlar hücre duvarı sentezi inhibitörleri olarak adlandırılır ve bu ajanlar varlığında büyüyen yeni bakterilerin hücre duvarı peptidoglikandan yoksundur [138].

Penisilin türevleri, sefalosporinler, monobaktamlar ve karbapenleri içeren β -laktam ilaçları, bakteri hücre duvar sentezini inhibe eden başlıca antibiyotiklerdir. İnhibisyon sürecinde, peptidoglikanın sentezinin son basamağın penisilin-bağlayıcı

proteinler işlev görmektedir. Bu nedenle, bu başlangıçta ilacın hücre reseptörlerine, yani penisilin-bağlayıcı proteinlere bağlanmasıyla inhibisyon süreci oluşur. Böylece, β -laktam ilaçları, D-alanil-D-alanil transpeptidazlar için ajan molekül olarak çalışır ve bu da transpeptidasyon reaksiyonu ve peptidoglikan sentezini inhibe eder. Bundan sonra, otolitik enzim inhibitörleri inhibisyonu gerçekleştirir. Basit trasin, teikoplanin, vankomisin, ristosetin ve novobiosin gibi bazı diğer antibiyotikler, peptidoglikan sentezinin erken safhalarını engelleyen inhibitörlerdendir [139].

Gram-pozitif ve gram-negatif bakteriler, hücre duvardaki yapısal farklılıklar nedeniyle β -laktam ilaçlara duyarlılık bakımından farklılık gösterirler, yani gram-negatif bakteriler genellikle daha az duyarlılığa sahiptir, çünkü bu antibiyotikler bloke oldukları hücre duvarına erişemezler. Peptidoglikan miktarı, reseptörler ve lipidlerin bulunabilirliği, çapraz bağlanma özelliği, otolitik enzimlerin aktivitesi gibi faktörler ilaçların aktivitesini, nüfuzunu ve katılmasını büyük ölçüde etkiler [140].

1.6.2.2. Hücre Zarının Yapısını ve İşlevini Bozan Maddeler

Sitoplazmayı örten sitoplazmik zar, seçici bir bariyer görevi görür ve hücrenin iç kompozisyonunu kontrol eder. Sitoplazmik zarın bu fonksiyonel rolleri bozulduğunda, makromoleküller ve iyonlar dışarı iletilecek ve bu da hücre yok oluşuna veya ölüme neden olacaktır. Ajanlar tarafından bakteriyel hücre zarı hedeflenecekse, ajanların seçiciliği önemlidir [141]. Polimiksinler aktif hidrofobik kuyruklu siklik peptitler olan antibakteriyel ajanlardır. Polimiksinler, A, B, C, D, E formunda bulunur, burada B ve E terapötik olarak kullanılabilir. Polimiksinler, birçok gram-negatif bakterinin dış zarında bulunan polisakkarit molekülleri için özgülüklerini gösterir. Bu nedenle, polimiksinlerin, gram-negatif bakteriler için seçici toksik olduğu düşünülmektedir. Mekanik olarak, Gram-negatif bakterilerin dış zarındaki lipopolisakkarit substrat ile birleşmesinden sonra, polimiksinler membran yapısını değiştirerek geçirgenliği artmakta ve bu da ozmotik dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Buna ek olarak, hücrenin içinden moleküllerin aktarılması, solunumun inhibisyonu ve artan su alımı gibi değişiklikler hücre ölümüne yol açar [142]. Gram-pozitif bakterilerin, bu moleküllerin gram-pozitif bakteriyel hücre

membranına girmesini engelleyen çok kalın bir hücre duvarına sahip oldukları için, polimiksinlerin gram-pozitifleri üzerinde daha az veya hiç etkisi yoktur. Ancak, hücrenin içinden moleküllerin boşaltılması, solunumun inhibisyonu ve artan su alımı gibi değişiklikler hücre ölümüne yol açar [143].

1.6.2.3. Nükleik Asit Sentezini İnhibe Eden Maddeler

Enfeksiyöz hastalıkları tedavi etmek için kullanılan antibiyotikler için en önemli hedeflerden biri nükleik asit sentezidir ve kullanılan antibiyotiklere nükleik asit sentez inhibitörleri denir. Ökaryotik ve prokaryotik hücreler arasında DNA ve RNA sentezi gerçekleştiren enzimlerin farkı, seçici toksisite elde etmeye yardımcı olur ve bu da antibiyotik gelişimini desteklemektedir [144]. Bu sınıftaki antibakteriyel maddeler DNA inhibitörleri ve RNA inhibitörleri olarak ikiye ayrılabilir. RNA inhibitörleri, genetik materyalin haberci RNA transkriptlerinin daha sonraki proteinlere dönüşümü için üretildiği bakteriyel transkripsiyon prosesine müdahale eder. Rifamisin ailesinin iyi bilinen bir örneği olan rifampin gibi RNA inhibitörleri, DNA bağımlı RNA polimeraza bağlanmakta ve böylece RNA'nın uzamasını engelleyen bir duvar yaratmaktadır. Böyle bir durum, hücre ölümü ile sonuçlanan bakterilerin normal işlevini etkileyen gen transkripsiyonunu engeller [144,145]. Diğer tüm biyolojik polimerizasyon proseslerinde olduğu gibi, DNA sentezi de başlatma, uzatma ve sonlandırma aşamaları ile gerçekleştirilir. Bu nedenle antibakteriyel ilaçlar DNA sentezini inhibe etmek için bu işlemlerden herhangi birini hedef alır. Nalidiksik asit ve siprofloksasin de dahil olmak üzere kinolonlar, DNA inhibitörleri olarak çalışırlar. DNA kiraz (topoizomeraz), replikasyon sırasında kromozomal DNA parçalardan birini kesmekten sorumludur. Kinolonlar, sonuçta hücre hasarına yol açan DNA replikasyonunun inhibisyonuyla sonuçlanan işlevlerini inhibe ederek DNA zincirine bağlanır [146].

1.6.2.4. Protein Sentezini İnhibe Eden Maddeler

Protein sentezi, bakteri hücrelerinin de en önemli fonksiyonlardan biridir. Bu nedenle, patojen bakterilerin yol açtığı bulaşıcı hastalıkları tedavi etmek için, protein sentezi inhibitörü antibiyotikler olarak adlandırılan ilaçların en önemli hedefidir. Hem insan hem de bakteri hücreleri protein sentezlediğinden, insan proteinlerinin yavaş sentezi nedeniyle selektif antibiyotiklerin geliştirilmesi için rahat bir görev olmaya devam etmiştir. Mekanik olarak, protein sentezi inhibitörleri, başlatma ve uzatma safhaları (aminoasil tRNA girişi, peptidil transferi, ribozomal translokasyon ve sonlandırma) gibi protein sentezinin herhangi bir aşamasını bozacak şekilde hareket eder [147].

1.6.2.5. Antimetabolit Etki Gösteren Maddeler

Bu grupta sülfonamidler ve diamino pirimidinler bulunmaktadır. Antimetabolitler yapıcı normal substratlara benzer ve enzimlerin üzerindeki etkin yerler için onlarla yarış halindedirler. Bu tür maddeler bakterilerin metabolizması için gerekli bazı maddelerin sentezini bozarlar. Örneğin sülfonamidler dihidropteroat sentezi inhibe ederek dihidropteroik asit sentezini bozarlar. Sonuç olarak bakterilerde DNA ve RNA sentezi bozulur ve hücre ölümü gerçekleşir [104].

1.7. Liflere Antibakteriyel Özellik Kazandırma Yöntemleri

Özellikle tekstilde kullanılan liflere antibakteriyel özellik kazandırılmasının amacı hem tekstil ürünlerini hem de kullanıcılarını mikrobiyal saldırıların sonucunda oluşacak zararlardan korumaktır [148-163]. Antibakteriyel tekstillerin istenen performansı göstermeleri için belli özelliklere sahip olmaları gerekmektedir.

- ❖ Antibakteriyel tekstillerin insan ve çevre sağlığına zararlı olmamaları
- ❖ İstenmeyen mikroorganizmalara karşı seçici etkinliğe sahip olmaları
- ❖ Yıkama, kuru temizleme ve ısı işlemlere karşı dayanıklı olmaları (özellikle tekrarlanan yıkamalar sonucu antibakteriyel etkinliklerini uzun süre korumalıdır.)

- ❖ Uygulanan antibakteriyel maddeler ve uygulama yöntemleri tekstil mamullerinin tutum, mukavemet gibi kalite özelliklerini ve görünümünü olumsuz yönde etkilememeli
- ❖ Tekstil malzemelerinin daha sonra göreceği üretim ve bitim işlemlerine uygun olmalı
- ❖ Sterilizasyon işlemlerine karşı dayanıklı olmalı
- ❖ Vücut sıvılarına karşı dayanıklı olmalıdır [127].

Antibakteriyel tekstiller, günümüzde tıp ve hijyen uygulamalarında, gaz ve sıvı filtrelerinde, yapı malzemelerinde, otomobil sektöründe, ayakkabı ve giyim sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır [127,164, 165-173].

Tekstil malzemelerine antibakteriyel özellik kazandırılması üç şekilde mümkündür:

- 1) Tekstil malzemelerinin üretiminde yapısı itibariyle antibakteriyel özelliğe sahip liflerin kullanılması: Kitosan, kitin ve bambu lifleri bilinen ve yaygın olarak kullanılan kendi kimyasal yapılarından dolayı antibakteriyel özelliğe sahip olan liflerdir. Bu lifler içerdikleri antibakteriyel maddeler ya da yüzey özellikleri vasıtasıyla mikroorganizmaları etkisiz hale getirmektedirler.
- 2) Tekstil malzemelerinin üretiminde kullanılan liflere lif çekimi esnasında antibakteriyel özellik kazandırılması: Liflere antibakteriyel özellik kazandırılması uygun antibakteriyel maddelerin lifin yapısına katılması ile mümkündür. Liflere antibakteriyel maddelerin katılması işlemi lif üretiminin polimerizasyon aşamasında ya da lif çekim aşamasında yapılabilmektedir [174,175].
- 3) Tekstil malzemelerine antibakteriyel bitim işlemlerinin uygulanması: Antibakteriyel bitim işlemleri sayesinde lif, iplik, kumaş ya da son mamul tüm tekstil materyallerine antibakteriyel özellik kazandırmak mümkündür. Antibakteriyel bitim işlemleri sırasında apre banyoları içinde çözülmüş haldeki antibakteriyel maddeler daldırma, fularlama-kurutma, spreyleme veya köpük yöntemlerinden biri kullanılarak tekstil mamullerine aktarılmaktadır. Ayrıca tekstil mamullerine yüzey kaplama metodu kullanılarak da antibakteriyel özellik kazandırmak mümkündür [127,176,177].

1.8. Antibakteriyel Etki Testleri

1.8.1. 0,5 McFarland Standartı

McFarland baryum sülfat bulanıklık standardı sıvı ortamda oluşturulan bakteri süspansiyonlarında bulanıklık ile oluşturulan McFarland standartlarının gözle karşılaştırılarak içerdikleri bakteri sayısını yaklaşık olarak saptamayı sağlamaktadır. McFarland standartları, baryum klorür ($BaCl_2$) ve sülfürik asitin (H_2SO_4) karışımının sonucu oluşan baryum sülfatın neden olduğu bulanıklık esasına dayanır. $BaCl_2$ ve H_2SO_4 in farklı hacimlerde karıştırılması ile oluşan farklı bulanıklık düzeyleri ile bakterilerin farklı sayıları ile oluşturduğu bulanıklıkların karşılaştırılarak standardize edilmesi sağlanır. Bu standart en sık McFarland 0,5 değeri ile klinik mikrobiyoloji laboratuvarlarında antibakteriyel duyarlılık testleri için kullanılacak bakteri yoğunluğunu ayarlamak için kullanılır. McFarland 0,5; süspansiyon içinde $1,5 \times 10^8$ cfu/mL (genellikle $1,0 \times 10^8$ ile $2,0 \times 10^8$ arasında cfu/mL) bakteri varlığını ifade etmektedir. McFarland Standartlarının karşılık geldiği bakteri sayıları bakteri türlerine göre değişiklik gösterebilmektedir [178]. *S. aureus* ve *E. coli* için değerler Çizelge 1.2 ve 1.3 'te verilmiştir.

Çizelge 1.2. McFarland Standart çizelgesi

Standart no	Hacim (mL)		Bakteri/mL sayısı (x10 ⁸)
	BaCl ₂ .2H ₂ O (%1,175)	H ₂ SO ₄ (%1)	
0,5	0,05	9,95	1,5
1	0,1	9,9	3
2	0,2	9,8	6
3	0,3	9,7	9
4	0,4	9,6	12
5	0,5	9,5	15
6	0,6	9,4	18
7	0,7	9,3	21
8	0,8	9,2	24
9	0,9	9,1	27
10	1,0	9,0	30

Çizelge 1.3. McFarland standartı için *S. aureus* ve *E. coli* değerleri

Standart no	Bakteri/mL sayısı ($\times 10^8$)	
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
0,5	1,5	1,2
1	3	4
2	6	8
3	9	11
4	12	15
5	15	19
6	18	23
7	21	27
8	24	30
9	27	34
10	30	38

Kültürlerde bakteriler üredikçe bulanıklık artar. Sıvı besiyerlerindeki bulanıklığı tayin etmek için spektrofotometre kullanılmaktadır. Bu aletin esası ışık üzerine kurulmuştur. Bir ortam ne kadar berrak olursa, o kadar fazla ve ne kadar bulanık olursa, o kadar az ışık geçirir. Bulanıklılık sayesinde de üremenin meydana gelip gelmediği ve derecesi öğrenilmektedir. McFarland standartı için 625 nm deki absorbans 0,08-0,13 aralığında olmalıdır [179].

1.8.2. Kirby-Bauer Testi (Disk Difüzyon Duyarlılık Testi)

Agar difüzyon yöntemi de denilen Kirby-Bauer Testi, test edilecek mikroorganizmayı içeren katı besiyerine antibakteriyel polimer peletleri yerleştirildikten sonra besiyeri üzerinde mikrobiyal büyüme gözlemleninceye kadar inkübasyona bırakılması ilkesine dayanır. Bu yöntemden yararlanılarak test edilecek mikroorganizmanın antibakteriyel maddelere duyarlılığı veya herhangi bir ortamdaki antibakteriyel maddenin varlığı belirlenebilmektedir. İnkübasyon süresince, pelettteki

antibakteriyel madde besiyerine difüzlenerak film çevresinde, mikroorganizma gelişiminin gözlenmediği bir inhibisyon zonu oluşturur. Oluşan bu inhibisyon zonu mikroorganizma gelişiminin engellendiğini ortaya koyar. Pelet etrafında oluşan zon çapı ölçülerek antibakteriyel madde etkinliği nicel olarak ifade edilebilir [180-183].



2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Petri Kabı (IsoLab)

Platin Öze (Süber Cam)

Otoklav Bandı (IsoLab)

Wellplate (InterLab)

Wickerdam Kağıdı (MERCK)

Antibiyotik Disk (Gentamicin 10 µg) (Sigma)

Boş Disk (Sigma)

Diğer cam ve plastik malzemeler Süber Cam firmasından temin edilmiştir.

2.1.1. Cihazlar

Termostat (Sirkulasyonlu yağ ve su banyosu Selectra Unitronic OR)

Etüv (Elektromag M 5040B)

Analitik Terazî (RADWAG AS 220.R2)

Monomer Distilasyon Sistemi

Polimerizasyon Sistemi (100 mL'lik gaz girişli pyreks tüp, geri soğutucu)

Sokslet Sistemi

FTIR Spektrofotometresi (Vertex 70V, Bruker marka, Amerika)

pH metre (HANNA marka 221 model dijital)

Azot Gazı Tüpü

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) (JSM5600 model, Jeol marka, Japonya)

Otoklav (Hirayama marka HG 80 model)

Bek Alevi

UV-Visible Spektrofotometresi (Perkin Elmer Lambda25)

2.1.2. Kimyasallar

PET (SASA (Sun'i ve Sentetik Elyaf A.Ş))

Aseton (Sigma-Aldrich)

1,2-Diklor Etan (DCE) (Fluka)

Distile su (dH₂O)

4-Vinil Piridin (4-VP) (abrc)

Hidrojen Peroksit (Sigma)

Tetrahidrofur (THF) (Sigma-Aldrich)

Toluen (Carlo Erba)

Metanol (Sigma-Aldrich)

Etanol (Sigma-Aldrich)

Metil Metakrilik Asit (MMA) (Fluka)

Asetik Asit (Sigma-Aldrich)

Hidrojen Klorür (HCl) (Sigma-Aldrich)

Benzoil Peroksit (BPO) (MERCK)

Sodyum Hidroksit (NaOH) (Sigma-Aldrich)

Triklosan (Trc) (Sigma)

Glisidil Metakrilat (GMA) (Fluka)

Tetraetilen Pentaamin (TEPA) (Aldrich)

2-Propanol (Sigma-Aldrich)

Sülfirik Asit (H₂SO₄) (Sigma-Aldrich)

Baryum Klorür (BaCl₂) (MERCK)

Hekzametilen Diamin (HMDA) (MERCK)

2.1.3. Besiyerleri

Nutrient Broth Agar: Disk difüzyon duyarlılık testi için katı besiyeri olarak kullanılmıştır. MERCK firmasından tedarik edilmiştir.

Çizelge 2.1. Nutrient broth agarın bileşimi

Bileşimi	g/L
Pepton	5 g
Et özütü	5 g
Maya özütü	1 g
Agar	12 g

Besiyeri 500 mL'lik erlenlerde saf su ile hazırlandıktan sonra 121°C'de 1 atm basınç altında otoklavda steril edilmiştir.

Nutrient broth: Sıvı kültür testi için ve stok kültürü saklamak amacıyla sıvı besiyeri olarak kullanılmıştır. MERCK firmasından tedarik edilmiştir.

Çizelge 2.2. Nutrient brothun bileşimi

Bileşimi	g/L
Pepton	5 g
Et özütü	3 g

Besiyeri 500 mL'lik erlenlerde saf su ile hazırlandıktan sonra 121°C'de 1 atm basınç altında otoklavda steril edilmiştir.

2.1.4. Mikroorganizmalar

Gram-pozitif bakteri olan *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), gram-negatif bakteri olan *Escherichia coli* (*E. coli*) Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi'nden (KÜBTUAM) temin edilmiştir.

2.2. Yöntem

2.2.1. PET Liflerin Şişirilmesi İşlemi

0,30 ± 0,01 g kütlesinde tartılan lifler 6 saat süreyle sokslet sisteminde aseton'da yıkanarak temin aşaması sırasında oluşabilecek kirlilikler uzaklaştırılmıştır. Lif numuneleri kurutulup sabit tartıma getirildikten sonra şişirme işlemi için 100 mL pyreks tüplere konulmuştur. DCE içinde 90 °C'da 2 saat boyunca su banyosunda tutulmuştur. Şişirme işlemi sonucunda lif üzerinde kalmış olan fazla çözücü filtre kağıdı yardımıyla alınarak aşı kopolimerizasyon ortamına konulmuştur [184,185].

2.2.2. Aşı Kopolimerizasyon Yöntemi

Aşı kopolimerizasyonu için 4-VP [186,187], MMA [188,189] ve GMA [190] olmak üzere 3 farklı monomer kullanılmıştır. 4-VP monomeri polimerizasyon öncesi vakumda 65°C 'de, 2 mmHg 'da distillenerek saflaştırılmıştır. DCE içerisinde şişirilen PET lifler azot gazı girişi olan 100 mL'lik polimerizasyon tüplerine konulduktan sonra, üzerine belirli miktarlarda monomerler ayrı ayrı eklenmiştir. Başlatıcı eklenmeden önce polimerizasyon tüpleri sabit sıcaklıktaki su banyosunda azot gazı geçirilerek termal dengeye gelmesi için 15 dk bekletilmiştir. Daha sonra üzerlerine 2 mL asetonda çözülmüş başlatıcı olan Bz₂O₂ ilave edilmiş ve karışım su ile 20 mL 'ye tamamlanarak sıcaklığı ±1°C ile kontrol edilebilen optimum sıcaklıklarda su banyosuna konulmuştur. 2 saat süre sonunda, polimerizasyon çözeltilisinden alınan lif örnekleri 48 saat Sokslet'de uygun yıkama çözücülerıyla yıkanarak homopolimerlerden temizlenmiştir. Etüv'de 50°C 'de kurutulmuş ve tartılmıştır [191].

Aşılama verimi (%Aşı), orjinal ve aşılınmış lif kütlelerinden aşağıdaki eşitlik yardımıyla gravimetrik olarak hesaplanmıştır [192].

$$\% A_{ş1} = [(m_A - m_o)/m_o] \times 100 \quad [2.1.]$$

m_A = Aşılanmış lifin kuru kütlesi,

m_o = Orijinal lifin kuru kütlesidir.

2.2.2.1. 4-VP-g-PET Liflerin Modifikasyonu

4-VP aşılanmış olan PET liflere oksidasyon ve klorlama işlemleri yapılmıştır.

Oksidasyon işlemi: Aşılanmış lifler 30 mL %20 'lik hidrojen peroksit asetik asit karışımı içeren 50 mL 'lik erlenlere atılmıştır. Bu karışım 25 °C 'de 24 saat boyunca 125 rpm hızda çalkalayıcıda karıştırılmıştır. Oksitlenmiş lif 12 saat süresince su ile yıkanmış ve etüvde 50 °C 'de kurutulmuştur [187,193].

Klorlama işlemi: Aşılanmış lifler 30 mL %25 lik hidroklorik asit çözeltisi içeren 50 mL 'lik erlenlere atılmıştır. Bu karışım 25 °C de 3 saat boyunca 110 rpm hızda çalkalayıcı su banyosunda karıştırılmıştır. Klorlanmış lif 8 saat süresince su ile yıkanmış ve etüvde 50 °C de kurutulmuştur.

2.2.2.2. MMA-g-PET Liflerin Modifikasyonu

MMA aşılanmış olan PET liflere aminleme, aminlenmiş life klorlama ve triklosan bağlama işlemleri yapılmıştır.

Aminleme: Aminlenme işlemlerinde heksametilen diamin (HMDA) ve tetraetilen pentamin (TEPA) kullanılmıştır. Aşılanmış lifler 30 mL %50 'lik HMDA- etanol ve %50 'lik TEPA- 2-propanol karışımı içeren 50 mL 'lik erlenlere atılmıştır. Bu karışım 30 °C 'de 1 saat boyunca 110 rpm hızda çalkalayıcı su banyosunda karıştırılmış, aminlenmiş lifler 3 saat süresince metanol ile 24 saat süresince de su ile yıkanmış ve etüvde 50 °C 'de kurutulmuştur [189].

Klorlama işlemi: Aminlenmiş lifler 30 mL %25 'lik hidroklorik asit çözeltisi içeren 50 mL 'lik erlenlere atılmıştır. Bu karışım 25°C 'de 3 saat boyunca 110 rpm hızda çalkalayıcı su banyosunda karıştırılmıştır. Klorlanmış lif 8 saat süresince su ile yıkanmış ve etüvde 50°C 'de kurutulmuştur.

Triklosan bağlama: 9,15 mmol triklosan 100 mL tetrahidrofur (THF) 'da çözülmüştür. 20 mL triklosan çözeltisine asidik ortam için 1 mL 0,1 molar H₂SO₄ ilave edilmiştir. 0,1 g aşılansız lif atılmış, bu karışım 50°C 'de 12 saat boyunca 110 rpm hızda çalkalayıcı su banyosunda karıştırılmıştır. Triklosan bağlanmış lifler 24 saat süresince su ile yıkanmış ve etüvde 50°C 'de kurutulmuştur.

2.2.2.3. GMA-g-PET Liflerin Modifikasyonu

GMA aşılansız olan PET liflere triklosan bağlama işlemi yapılmıştır.

Triklosan bağlama: 9,15 mmol triklosan 100 mL tetrahidrofur (THF) 'da çözülmüştür. 20 mL triklosan çözeltisine asidik ortam için 1 mL 0,1 molar H₂SO₄ ilave edilmiştir. 0,1 g aşılansız lif atılmış, bu karışım 50°C 'de 12 saat boyunca 110 rpm hızda çalkalayıcı su banyosunda karıştırılmıştır. Triklosan bağlanmış lifler 24 saat süresince su ile yıkanmış ve etüvde 50°C 'de kurutulmuştur.

2.2.3. Polimerlerin Karakterizasyonu

2.2.3.1. FT-IR Spektrum

PET, monomer aşılansız PET ve modifiye edilmiş PET liflerinin FTIR spektrumları elde edilmiştir. Lifler yaklaşık 1 mm boyutta kesilmiş, KBr ile karıştırılmış ve daha sonra preslenmiştir. Spektrumlar bir Bruker Vertex 70V FTIR fotometrede kaydedilmiştir.

2.2.3.2.Taramalı Elektron Mikroskopisi (SEM) Analizi

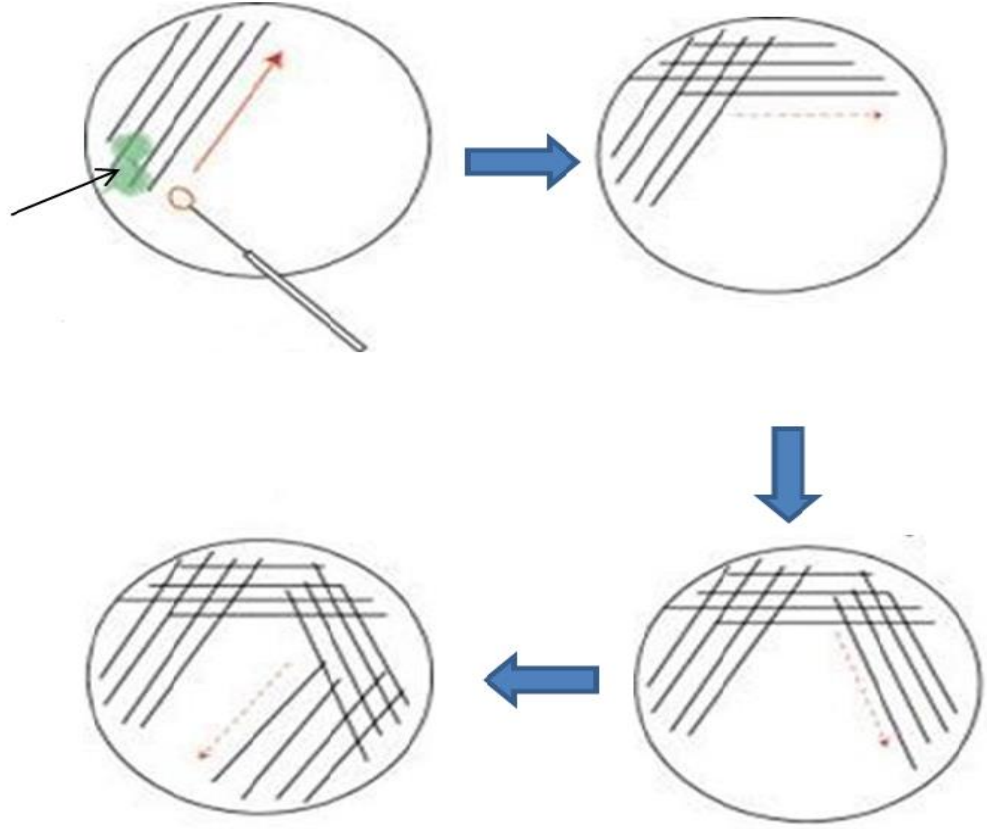
SEM analizi JEOL Model JSM 5600 kullanılarak orijinal PET ve monomer aşılınmış PET liflerinin yüzey morfolojisini araştırmak için gerçekleştirilmiştir.

2.2.4. Antibakteriyel Etki Testleri

Bakteri olarak *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) ve *Escherichia coli* (*E. coli*) kullanılmıştır. Başlangıçta 24 saat süreyle sıvı kültür ortamında bakteriler büyütülmüştür. Özellikle antibakteriyel duyarlılık-etki testlerinin yapımında hazırlanan bakteri süspansiyonlarında bakterinin belirli sayıda olması istenmektedir. Bakterilerin sıvı ortamdaki sayıları ile paralel oluşturdukları bulanıklığın McFarland baryum sülfat bulanıklık standartları ile karşılaştırılması gerekmektedir. Bu amaçla bakteri kültürü McFarland standartına uygun hale getirilmiştir.

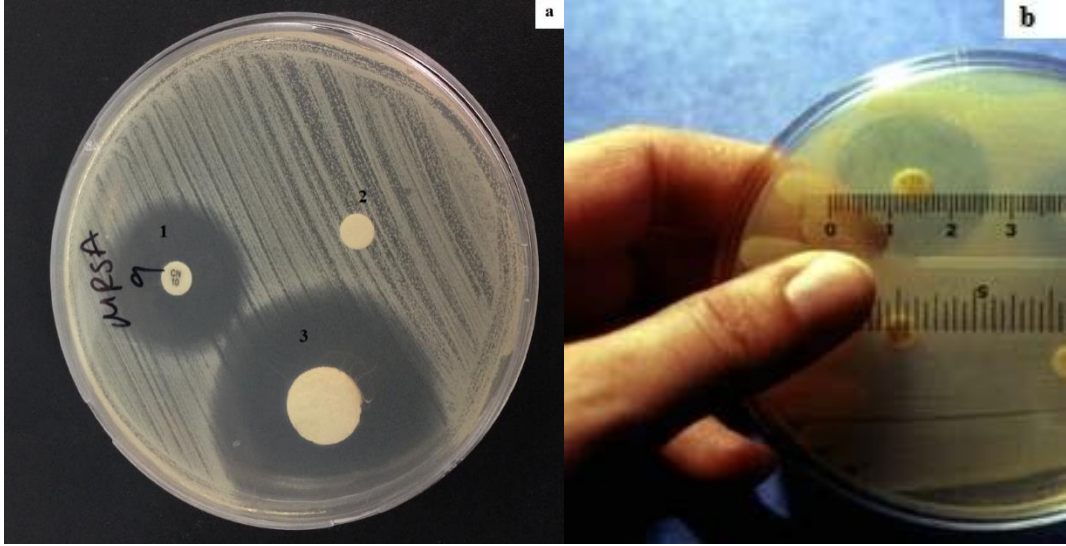
2.2.4.1. Disk Difüzyon Duyarlılık Testi

Steril katı besiyeri bek alevi etrafında petri kaplarına (90 mm ve 200 mm) dökülmüştür. Stoktan alınan ve standarta uygun hale getirilen bakteri kültürü *Streak plate* ekimi ile petri kaplarına ekilmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. *Streak plate* ekimi

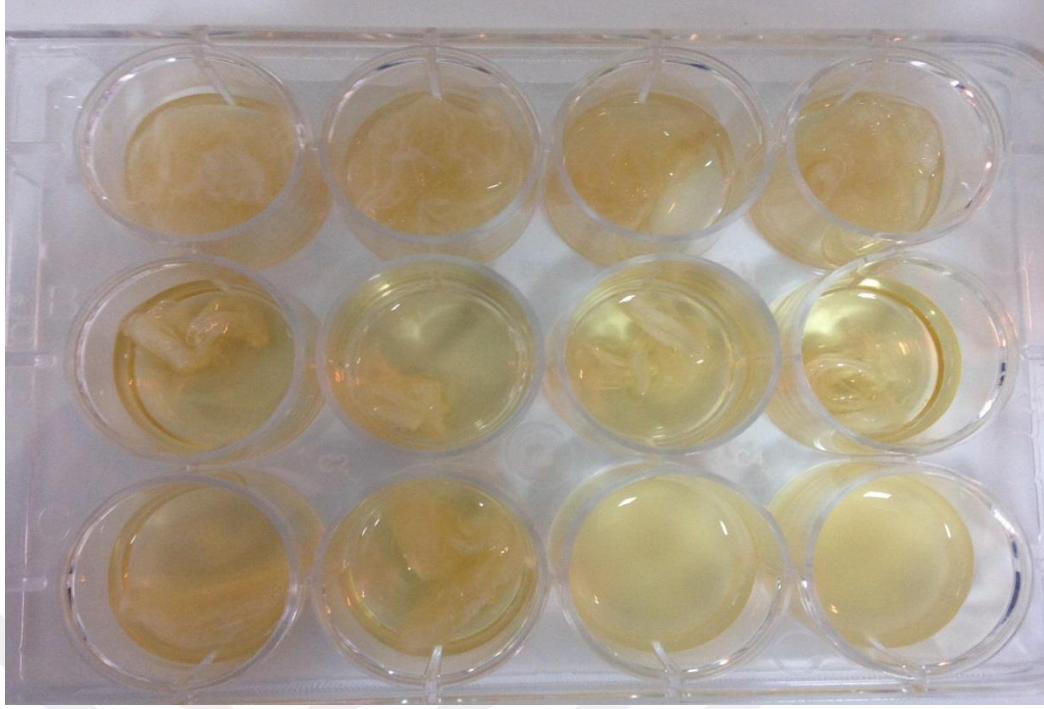
Bakteri ekimi yapılan petriler oda sıcaklığında 5-6 dk bekletilmiş; antibiyotik disk, antibakteriyel pelet ve kontrol amacıyla boş disk yerleştirilmiştir (Şekil 2.2a). Petrilerin inkübasyonu 37°C etüvde 18-24 saatte yapılmıştır. Oluşan zon çapları cetvel yardımıyla ölçülmüştür (Şekil 2.2b) [194-199].



Şekil 2.2. Agar besiyerine yerleştirilmiş diskler a: (1) Antibiyotik disk, (2) Boş disk, (3) Antibakteriyel polimer b: Zon çapı ölçümü

2.2.4.2. Sıvı Kültür Testi

Sıvı kültür ortamında büyütülen bakteriler standartlara uygun hale getirildikten sonra 40 μ L çözelti 10 mL kültür ortamına ilave edilmiştir. Antibakteriyel polimerler 12 kuyucuklu wellplate içine alınmış ve bakteri aşılansız kültür ortamından her bir kuyucuğa 2 mL olacak şekilde eklenmiştir (Şekil 2.3). Ekim işlemleri bek alevi etrafında gerçekleştirilmiştir. Bakterilerin etüvde 37°C 'de 24 saat büyümesi beklenmiş ve hücre yoğunlukları 600 nm dalga boyunda UV-VIS spektrometresinde belirlenmiştir.



Şekil 2.3. Sıvı kültüre koyulmuş antibakteriyel polimer lifler

2.2.4.3. Bakteri Üreme Eğrisi

Sıvı besiyeri olarak nutrient broth kullanılmış ve *S. aureus* kültüründen 100 µL örnek alınarak, 100 mL nutrient broth içine ekim yapılmıştır. 3 kontrol (içinde lif bulunmayan), 3 'er adet en yüksek zon çapına sahip 0,1 g liflerin içine atıldığı toplam 6 adet kültür 37°C 'de çalkalamalı olarak inkübe edilmiştir. İlk ölçüm başlangıçta daha sonraki ölçümler her 2 saatte bir, OD (Optic Density) 600 nm'de, spektrofotometre ile alınarak üreme eğrisi çizilmiştir [200-205].

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1. Aşılama Mekanizması

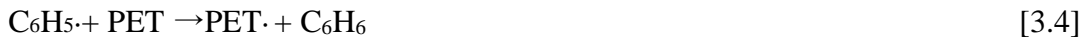
PET polimerinin polimerizasyonu radikalik katılma polimerizasyonu ile gerçekleşmektedir. Radikalik polimerizasyona yatkın bir monomerin polimerizasyonu, bu monomerin varlığında polimerizasyon ortamında serbest radikaller oluşturularak başlatılır. Bu çalışmada başlatıcı olarak kullanılan Bz₂O₂, oksijen-oksijen bağının homolitik kırılmasıyla serbest radikal oluşturmuştur ve bozunarak 2 tane benzoil oksid radikali vermiştir [206].



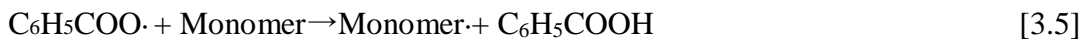
Benzoil oksid radikalleri yeniden fenil radikali ve karbon dioksit parçalanabilir ve fenil gruplarının da monomer katabilme yeteneklerinin olduğu görülmüştür.



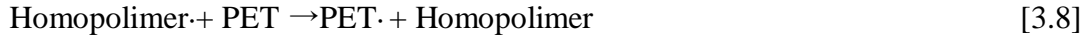
C₆H₅COO· ve C₆H₅· radikalleri polimerizasyon ortamında PET üzerinde aktif merkezler oluşturabilir.



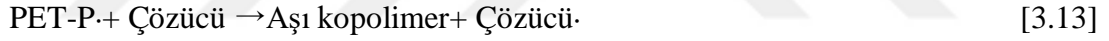
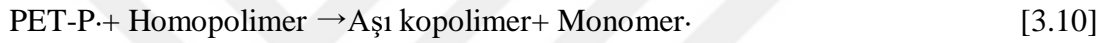
C₆H₅COO· ve C₆H₅· radikalleri monomerlerin homopolimerizasyonunu da başlatabilir.



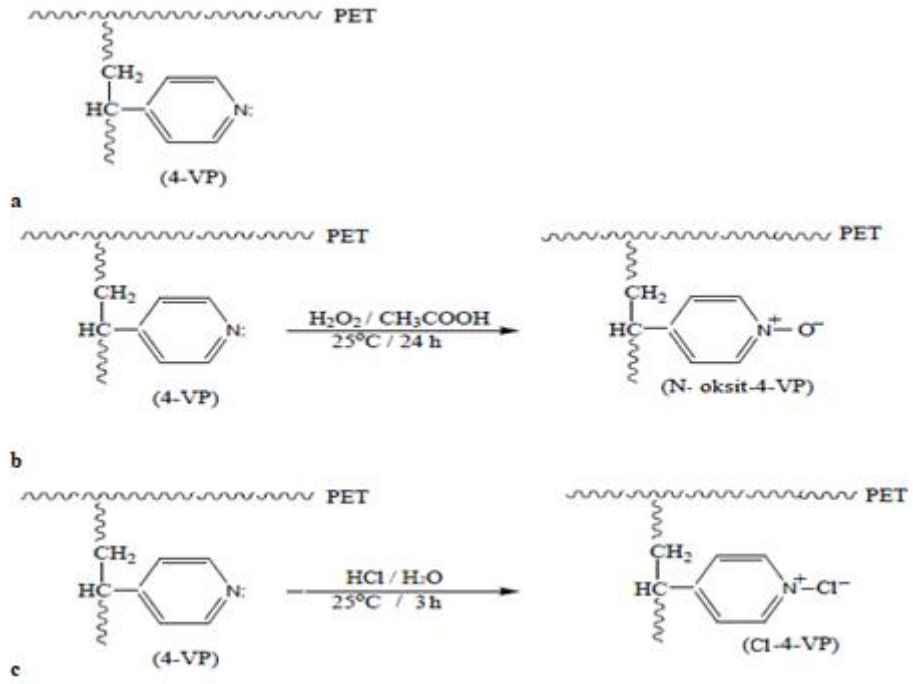
Homopolimer zincirleri ve PET arasındaki zincir transfer tepkimesi sonucu PET radikalleri oluşabilir.



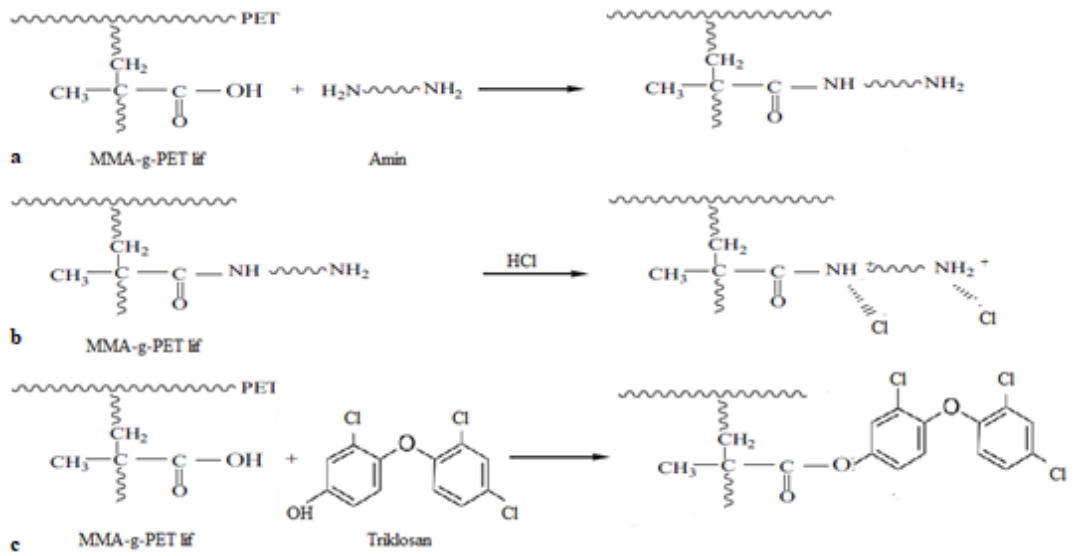
PET-P·radikallerinin sonlanmasıyla PET aşısı polimer oluşmuştur. Oluşan zincir radikallerinin sonlanması zincir transfer kombinasyon reaksiyonları sonucu gerçekleşmiştir [32].



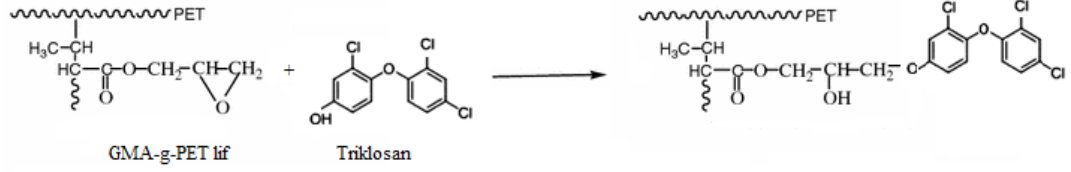
Başlangıçta 4-VP, GMA, MMA monomerleri aşılansız PET liflere oksitleme, klorlama, aminleme, aminlenmiş lifleri klorlama ve asidik-bazik ortamlarda triklosan bağlama işlemleri yapılarak ikinci bir modifikasyon işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1,2,3).



Şekil 3.1. 4-VP-g-PET lif ve türevleri sentez mekanizması a: 4-VP-g-PET b: N-oksit-4-VP-g-PET c: Cl-4-VP-g-PET



Şekil 3.2. MMA-g-PET lif ve türevleri sentez mekanizması a: Amin-MMA-g-PET b: Cl-Amin-MMA-g-PET c: Trc-MMA-g-PET

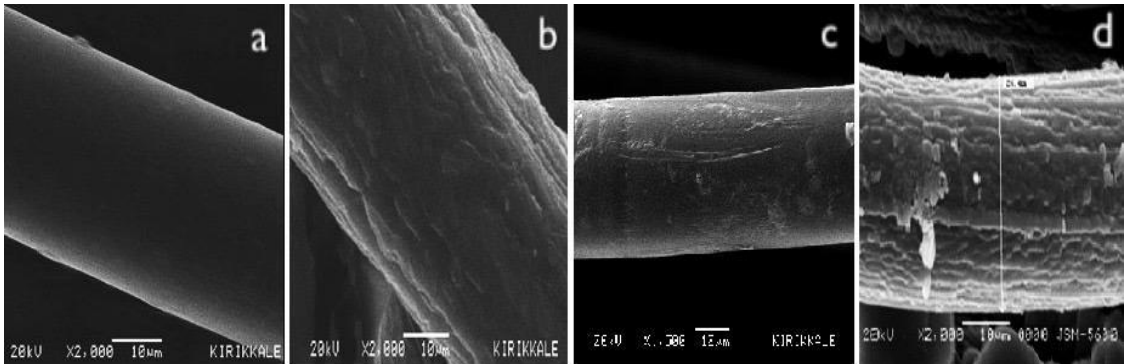


Şekil 3.3. GMA-g-PET lif ve türevi sentez mekanizması

3.2. Polimerlerin Karakterizasyonu

3.2.1. SEM

Orijinal ve monomer aşılınmış PET liflerinin taramalı elektron mikrografları Şekil 3.4'te gösterilmektedir. SEM sonuçlarına göre, aşınmamış PET lif yüzeyinin (Şekil 3.4a) düz ve nispeten homojen bir görünüme sahip olduğu açıktır. Aşılınmış yan zincir 4-VP, MMA ve GMA PET lifte mikro fazlar oluşturması ve aşılı kopolimerinde heterojen bir görünüme neden olması (Şekil 3.4b, c, d) aşılamanın kanıtı olarak gösterilebilir.

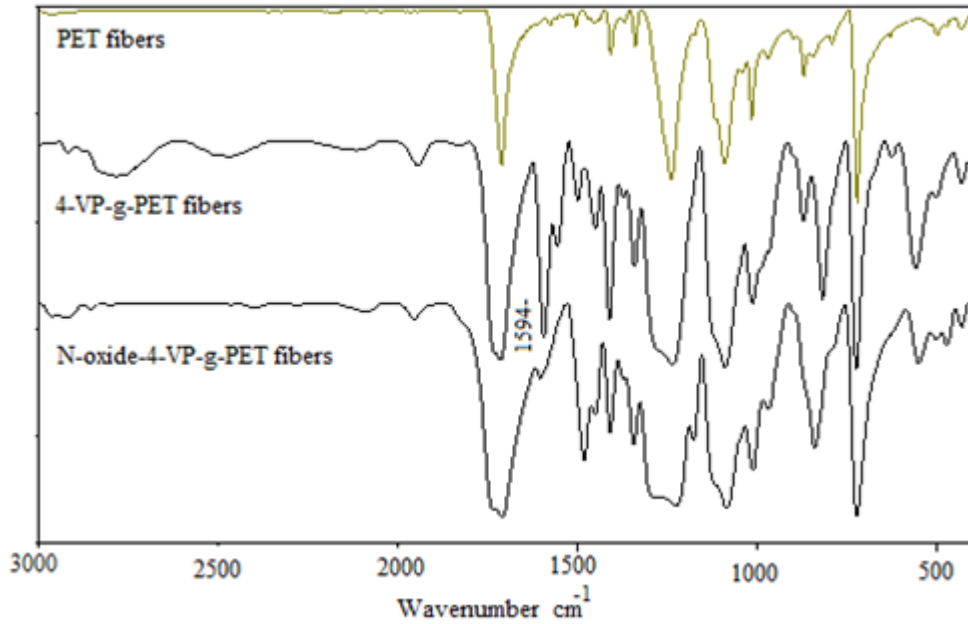


Şekil 3.4. SEM fotoğrafları a: original b: 4-VP-g-PET lifi c: MMA-g-PET lifi d: GMA-g-PET lifi

3.2.2. FT-IR Spektrum

Modifiye edilmiş liflerin karakterizasyonu FT-IR analizi ile yapılmıştır.

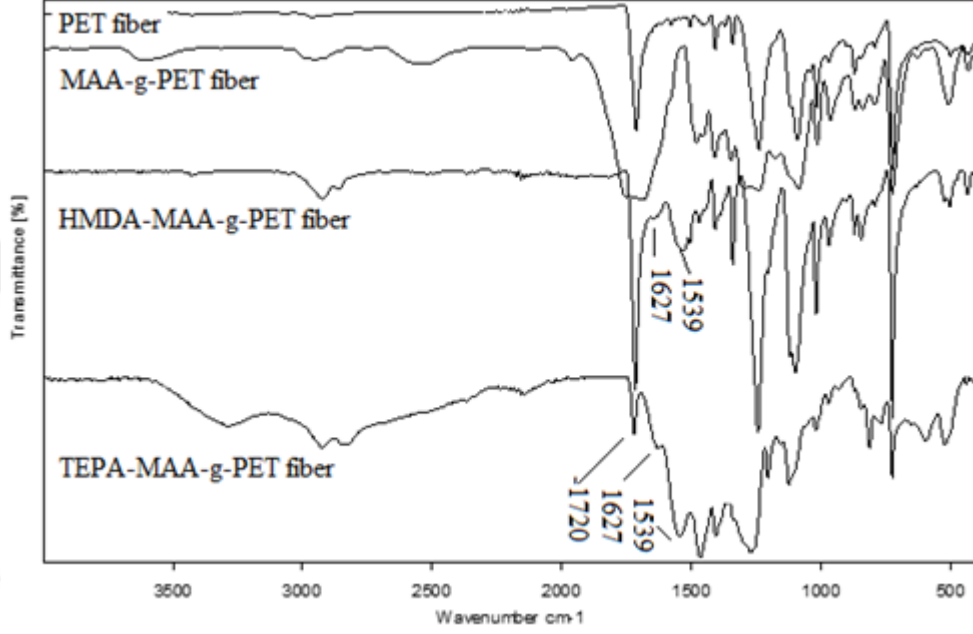
Orijinal, 4-VP-g-PET ve N-oksit-4-VP-g-PET liflerinin FT-IR spektrumu analiz edilmiş ve Şekil 3.5 'de gösterilmiştir. Orijinal PET liflerinin FT-IR spektrumu, C = O (1712 cm^{-1} 'de), C = C ve alifatik C-H (1411 ve 1578 cm^{-1} 'de) PET lifte görülmüştür. 4-VP ile aşılamanın ardından, 4-VP-g-PET liflerinin spektrumu değişmiştir. Spektrumda 1594 cm^{-1} 'de yeni pik oluştuğu görülmüştür [186,187] ve bu durum 4-VP gruplarının rezonans piklerine bağlıdır. 4-VP-g-PET liflerinin N-oksidasyonundan sonra, yeni pik kaybolmuş ve N-oksit-4-VP birimlerinin absorpsiyonunun sonucu olarak, 4-VP halkasının oksitlendiğini göstermiştir.



Şekil 3.5. 4-VP-g-PET lif türevlerinin FT-IR analizi

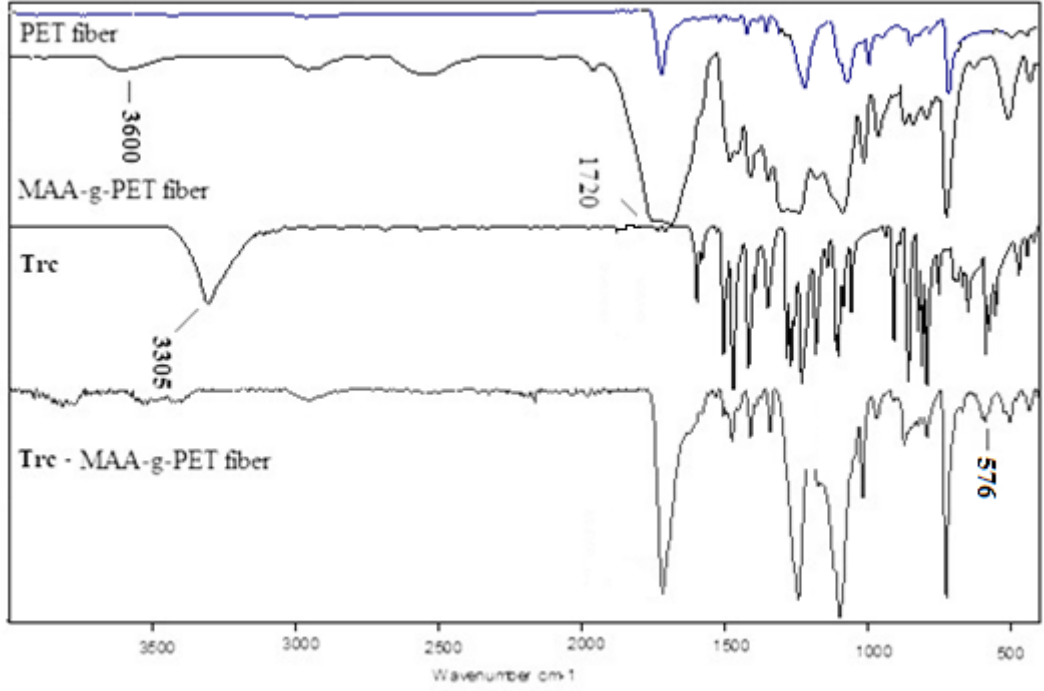
Orijinal, MMA aşılansmış ve amin ile fonksiyonelleştirilen liflerin FT-IR spektrumu Şekil 3.6 'da verilmiştir. PET life MMA aşlandıktan sonra, MMA 'nın COOH grubundan kaynaklı 1720 cm^{-1} 'de pik oluşumu görülmektedir. Karboksilli asitlerin

O-H gerilmesi ise $3600-2300\text{ cm}^{-1}$ 'de çok geniş bir aralıkta görülmektedir. Aminleme işlemi sonrasında N-H bağlanmasına bağlı olarak yeni karakteristik pik 1539 cm^{-1} 'de gözlemlenmiştir. Aminlenmiş PET liflerin spektrumunda 1627 cm^{-1} 'de amid gruplarından kaynaklı pik oluşumu gösterilmiştir [188,189]. Dolayısıyla, FT-IR sonuçları MMA monomerinin PET life aşılandığını ve aminleme işleminin gerçekleşmiş olduğunu göstermiştir.



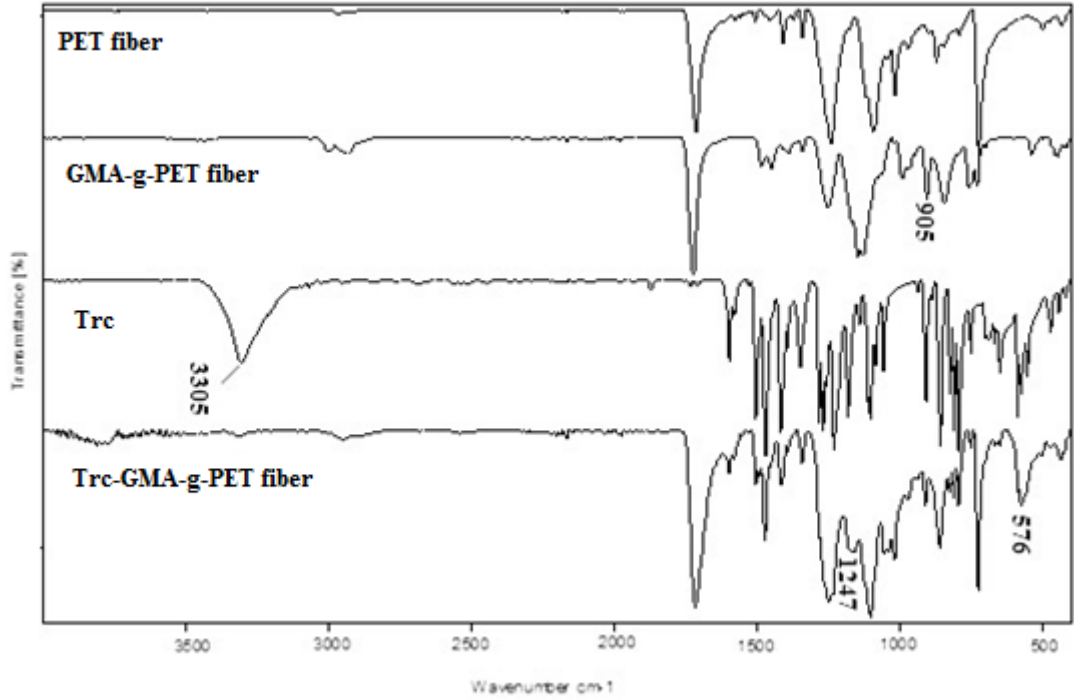
Şekil 3.6. Aminlenmiş MMA-g-PET liflerin FT-IR analizi

Triklosanın MMA-g-PET life modifikasyonu sonucu lifte oluşan değişiklik Şekil 3.7 'de gösterilmiştir. MMA'nın COOH grubundan kaynaklı 1720 cm^{-1} 'de pikin oluştuğu görülmektedir. Karboksilli asitlerin O-H gerilmesi ise $3600-2300\text{ cm}^{-1}$ 'de çok geniş bir aralıkta görülmektedir. Triklosanın yapıya katılmasıyla MMA 'nın COOH grubundan kaynaklı 3600 cm^{-1} 'deki O-H pikinin kaybolduğu görülmektedir. Triklosanın yapısında bulunan C-Cl bağlarının lif yapısına katılmasıyla 576 cm^{-1} 'de, karakteristik pikin oluştuğu görülmektedir.



Şekil 3.7. Trc-MMA-g-PET lif FT-IR analizi

Orijinal, GMA-g-PET ve Trc-GMA-g-PET liflerinin kimyasal yapıları FT-IR spektroskopisi ile analiz edilmiş ve Şekil 3.8 'de gösterilmiştir. Orijinal PET liflerinin FT-IR spektrumu, C = O (1712 cm^{-1} 'de), C = C ve alifatik C-H (1411 ve 1578 cm^{-1} 'de) pikleri görülmüştür. GMA ile aşılandıktan sonra, GMA-g-PET lif spektrumu değişmiş ve 905 cm^{-1} 'de yeni pik oluştuğu görülmüştür [190]. Bu pik GMA 'da bulunan epoksi gruplarından kaynaklanmaktadır. Triklosanın bağlanmasıyla 1247 cm^{-1} 'de Ar-O-Ar grubundan kaynaklı karakteristik pikin oluştuğu gözlenmiştir. Triklosanın yapısında bulunan C-Cl bağlarının lif yapısına katılmasıyla 576 cm^{-1} 'de karakteristik piklerin oluştuğu görülmektedir.



Şekil 3.8. Trc-GMA-g-PET lifin FT-IR analizi

3.3. Antibakteriyel Çalışma

Ekosistemde, çoğu insan patojen olan bakteriler, virüsler, mantarlar vb. mikroorganizmalar birlikte yaşamaktadır. Bu patojenlerin artarak hastalık oluşturmalarını engellemek için çeşitli doğal ve inorganik maddeler içeren antibakteriyel malzemeler kullanılmaktadır [207]. En çok bilinen antibakteriyel kimyasallar halojenler, alkoller, peroksit bileşikleri, fenolik bileşikler, aldehitler ve iyonik yüzey aktif maddelerdir [208]. Literatürde, sentezlenen tekstil ürünlerine antibakteriyel özellik kazandırılma çalışmaları incelenmiştir. Morris ve Welch tarafından yapılan çalışmada alüminyum veya titanyum bileşiklerinin bağlandığı antibakteriyel ajanların, pamuklu kumaşlarla muamelesi ile antibakteriyel yüzeyler meydana getirilmiştir [209]. Morris ve Welch tarafından yapılan diğer bir çalışmada sıvı polietilen içerisindeki kompleks çinko solüsyonu konveksiyonel pad cure banyosu ile kumaşa uygulanmıştır. 15 yıkamadan sonra dahi kumaş yüzeyindeki *S. aureus* bakterisinin çoğalması tamamen engellenebilmiştir. Uygulamanın, *Trichophyton mentagrophytes* bakterisine karşı da tamamen etkili olduğu, öte yandan

mantarlara karşı etkisinin zayıf olduğu tespit edilmiştir [210]. Lim ve Hudson, fiber-reaktif kitosan türevi akrilamidometil- N-[(2-hidroksi-3-trimetilamonyum) propil] kitosan klorid (NMAHTCC) maddesinin pamuklu kumaşlara uygulanması ile elde edilen yüzeyin antibakteriyel aktivitesini çalışmıştır. %1 'lik konsantrasyonda NMAHTCC ile işlem görmüş kumaşın *S. aureus* bakterisine karşı göstermiş olduğu antibakteriyel aktivite miktarı %100 olarak rapor etmişlerdir [211]. Yine pamuk dokuma üzerine vinilbenzil trimetil amonyum aşlanmış ve antibakteriyel aktivitesi incelenmiş; *S. aureus* ve *E. coli* üzerinde etkili olduğu rapor edilmiştir [212].

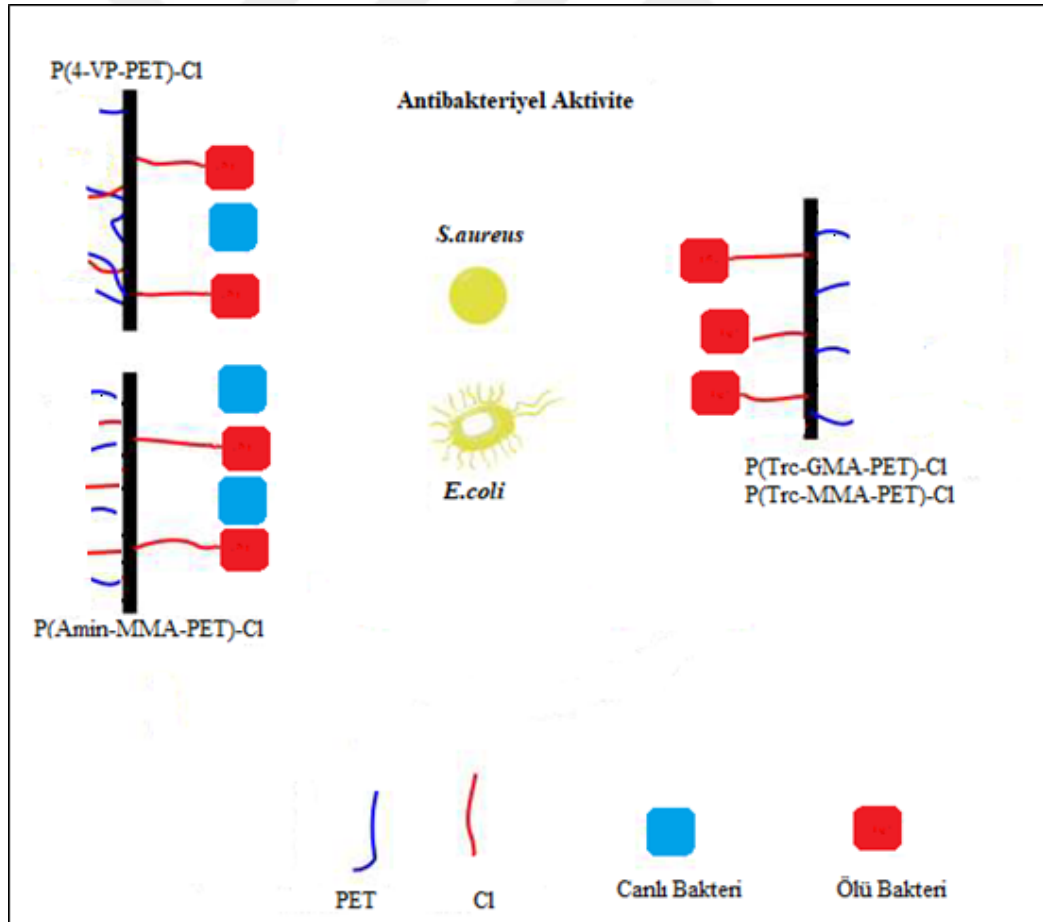
Woo Huh ve arkadaşları akrilik asit aşlanmış PET lifleri kitosanla modifiye etmiş ve antibakteriyel etkinliğini incelemiştir. Bakteri inhibisyonunu %48-58 arasında bulmuşlardır [214]. Hu ve arkadaşları, poli (etilen tereftalat), poli (2-metil-1,3-propilen tereftalat-ko-etilen tereftalat) ve poli (1,4-sikloheksilen tereftalat-ko-etilen tereftalat) olmak üzere 3 farklı poliesterle antibakteriyel çalışma yapmışlardır. Poliesterlerin yapısına kitosan katarak antibakteriyel etkinlikleri artırılmıştır. Çalışmada *Staphylococcus aureus*-1 (MRSA), *Staphylococcus aureus*-2, *Escherichia coli* ve *Pseudomonas aeruginosa* bakterileri kullanılmış, en iyi sonuç *E. coli* de elde edilmiştir [215].

Literatürde tekstil ürünlerine halojenler ile kuarternize edilmiş 4-vinil piridin monomerleri antibakteriyel çalışmalarda kullanılmış ve ideal antibakteriyel maddeler oldukları belirtilmiştir. Yağcı'nın çalışmasında 4-VP-g-PET liflere gümüş adsorpsiyonu yapılarak antibakteriyel özelliği incelenmiş ve *S. aureus*, *E. coli* ve *P. aeruginosa* bakterilerinin inhibe edildiği gösterilmiştir [50].

3.3.1. Disk Difüzyon Duyarlılık Testi Sonuçları

Modifiye edilmiş PET liflerin (MMA-g-PET, 4-VP-g-PET, GMA-g-PET) ve türevlerinin *S. aureus* ve *E. coli* bakterileri üzerinde antibakteriyel etkiye sahip olup olduğu Agar Disk Difüzyon Test Metodu kullanılarak incelenmiş ve liflerin 2 bakteriye karşı antibakteriyel özellik gösterdiği besiyerinde lifler etrafında oluşan inhibisyon alanlarına bakılarak saptanmıştır (Şekil 3.9). İnhibisyon çapları Şekil

3.10-14 'te gösterilmiştir. Besiyerlerine 13 mm çapındaki diskler gömülmüştür ve besiyerinde üreme olduktan sonra ölçülen disk çapları çizelgelerde verilmiştir. Antibiyotik olarak Gentamisin kullanılmış ve antibiyotik diskin zon çapları da çizelgelerde verilmiştir. PET liflerin ve antibiyotiğin zon çapları karşılaştırıldığında, antibiyotiğin *S. aureus* ekiminin yapıldığı petride zon çapı 26 mm ile daha yüksek inhibisyon çapına sahip olduğu görülmüştür. PET liflerin disk çapları karşılaştırıldığında yine en yüksek inhibisyon çapının 130 mm ile *S. aureus* ekimi yapılan petri kabında olduğu gözlenmiştir. Literatürde antibakteriyel etki çalışmaları için çeşitli bileşikler sentezlenip antibakteriyel özellikleri *S. aureus* ve *E. coli* üzerinde test edilmiştir [213]. Yapılan bir çalışmada sentezlenen bileşiklerin *E. coli*, *S. aureus*, *Salmonella enteritidis* gibi bakterilere karşı antibakteriyel aktivitesi incelenmiş ve sentezlenen bütün bileşiklerin *S. aureus* bakterisine karşı daha aktif olduğu görülmüştür [214].



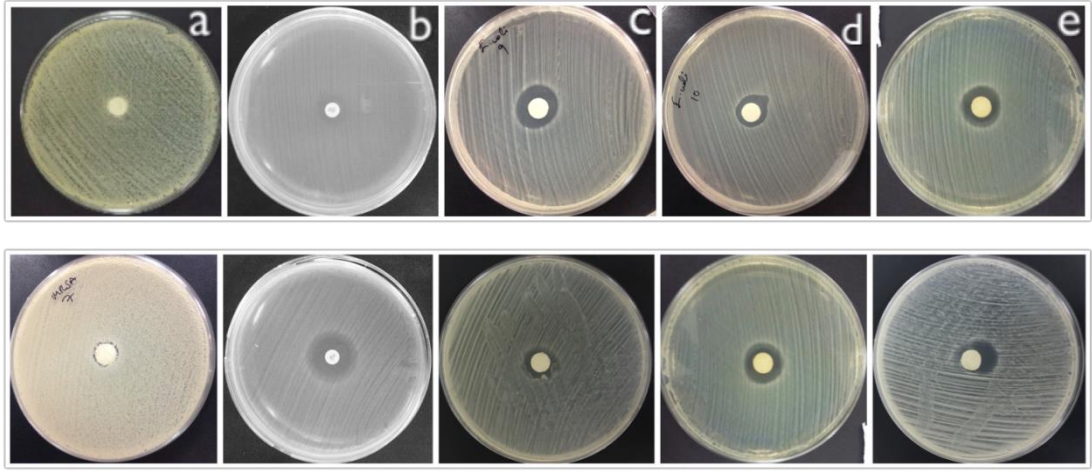
Şekil 3.9. Antibakteriyel aktivite

Katı besiyerine *streak plate* yöntemi ile *S. aureus* ve *E. coli* ekimi yapılmış PET lif ve modifiye edilmiş PET lifler disk haline getirilerek yerleştirilmiş ve antibakteriyel aktiviteleri karşılaştırılmıştır. PET lifin yerleştirildiği petride diskler etrafında zon oluşumu görülmemiştir. Modifiye edilmiş PET liflerin yerleştirildiği petrilere inhibisyon alanı oluşturmuş ve antibakteriyel etkiye sahip olduğu saptanmıştır. En yüksek antibakteriyel etkiye sahip ajanın ise Triklosan olduğu belirlenmiştir.

4-VP-g-PET lif ve modifiye liflerinin antibakteriyel etkileri, orijinal PET lif ve antibiyotik olarak kullanılan Gentamisin ile karşılaştırmalı agar difüzyon disk yöntemi ile incelenmiştir (Şekil 3.10) ve zon çapları Çizelge 3.1 'de verilmiştir. *E. coli* ve *S. aureus* ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki polimerlere bakıldığında en fazla zon çapının 55 mm ile *S. aureus* bakterisi ekilmiş 4-VP-g-PET lifine ait olduğu görülmüştür. 4-VP-g-PET yapısındaki piridin hücre membran yapısını bozarken, oksit ve klor grupları protein denatürasyonuna neden olur. 4-VP-g-PET lifleri, Gentamisin'in iki bakteride de gösterdiği aktivasyonunun 2 katı kadar etkinlik gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. *E. coli* ve *S. aureus* ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki 4-VP-g-PET lif türevlerinin zon çapları

Polimer	İnhibisyon Zonu (mm)	
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
PET	-	-
4-VP-g-PET	32	55
N-oksit-4-VP-g-PET	28	32
Cl-4-VP-g-PET	31	36
Gentamisin (antibiyotik)	15	26

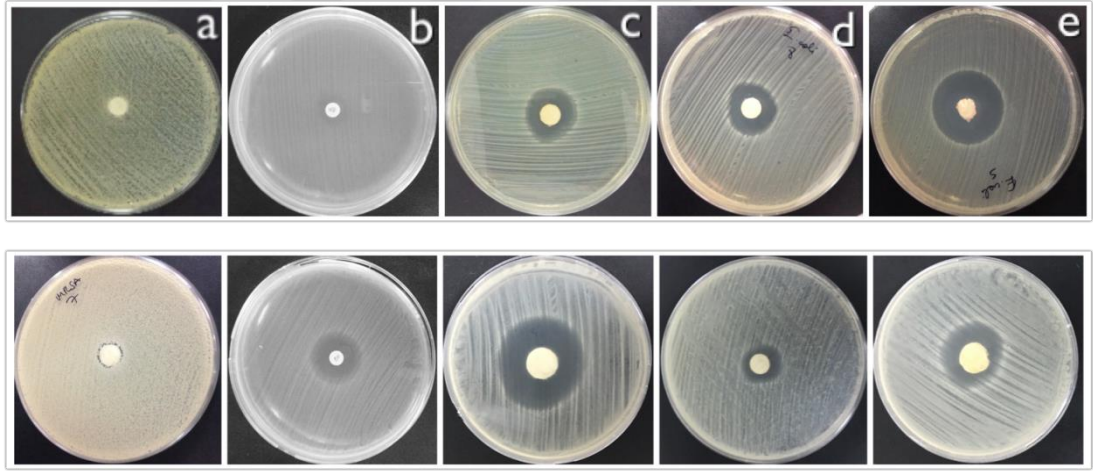


Şekil 3.10. *E. coli* ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki PET lifler (üst), *S. aureus* ekimi yapılmış katı besiyerindeki PET lifler (alt) a: PET b: Gentamisin c: 4-VP-g-PET d: N-oksit-4-VP-g-PET e: Cl-4-VP-g-PET (Aşılama yüzdesi: %65)

MMA-g-PET lif ve heksametilen diamin ile modifiye liflerinin, orijinal PET lif ve antibiyotik olarak kullanılan Gentamisin ile karşılaştırmalı agar difüzyon disk yöntemi ile antibakteriyel aktivitesine bakılmıştır (Şekil 3.11) ve zon çapları Çizelge 3.2 'de verilmiştir. *E. coli* ve *S. aureus* ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki polimerlere bakıldığında en fazla zon çapının 75 mm ile *S. aureus* bakterisi ekilmiş MMA-g-PET lifine ait olduğu görülmüştür. MMA-g-PET yapısındaki akrilik asit hücre membran yapısını ve hücre enzim aktivitesi bozarken, HMDA ve Cl-HMDA 'daki klor grupları protein denatürasyonuna neden olmaktadır. *E. coli* de en yüksek aktivasyonu Cl-HMDA-MMA-g-PET lifi göstermiş, yapıdaki klor bakterinin dış zar yapısını bozarak bakterinin inhibe olmasına neden olmuştur. Her iki bakteride de yeni polimerler antibiyotiğe göre 2-3 kat antibakteriyel etkinlik göstermiştir.

Çizelge 3.2. *E. coli* ve *S. aureus* ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki HMDA-MMA-g-PET lif türevlerinin zon çapları

Polimer	İnhibisyon Zonu (mm)	
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
PET	-	-
MMA-g-PET	20	75
HMDA-MMA-g-PET	28	30
Cl-HMDA-MMA-g-PET	34	59
Gentamisin (antibiyotik)	15	26

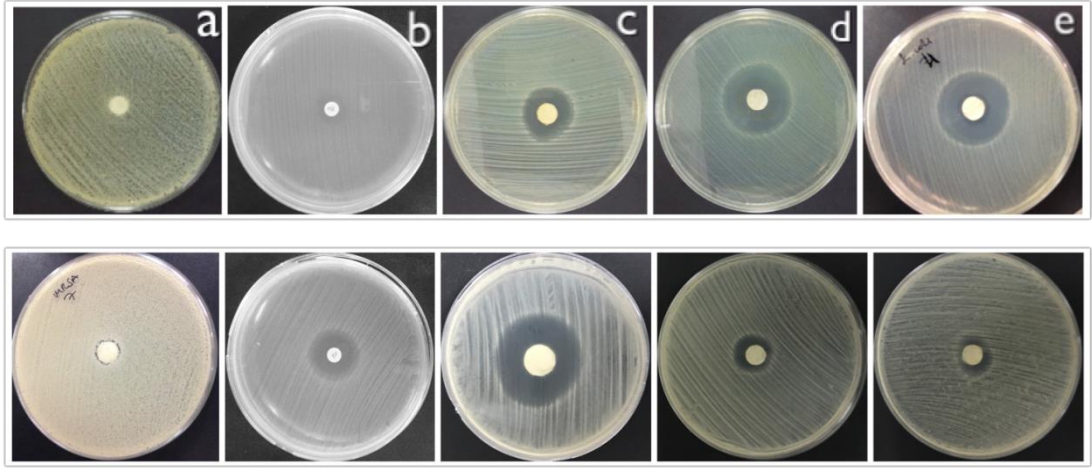


Şekil 3.11. *E. coli* ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki PET lifler (üst), *S. aureus* ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki PET lifler (alt) a: PET b: Gentamisin c: MMA-g-PET d: HMDA-MMA-g-PET e: Cl-HMDA-MMA-g-PET (Aşılama yüzdesi: %120, Aminiyüzdesi: %20)

MMA-g-PET lif ve pentaetilen tetraamin ile modifiye liflerinin, orijinal PET lif ve antibiyotik olarak kullanılan Gentamisin ile karşılaştırmalı agar difüzyon disk yöntemi ile antibakteriyel aktivitesine bakılmıştır (Şekil 3.12) ve zon çapları Çizelge 3.3 'te verilmiştir. *E. coli* ve *S. aureus* ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki polimerlere bakıldığında en fazla zon çapının 75 mm ile *S. aureus* bakterisi ekilmiş MMA-g-PET lifine ait olduğu görülmüştür. MMA-g-PET yapısındaki akrilik asit hücre membran yapısını ve hücre enzim aktivitesi bozarken, TEPA ve Cl-TEPA 'daki klor grupları protein denatürasyonuna neden olmaktadır. *E. coli* de en yüksek aktivasyonu 35 m ile Cl-TEPA-MMA-g-PET lifi göstermiş, yapıdaki klor bakterinin dış zar yapısını bozarak bakterinin inhibe olmasına neden olmuştur. Her iki bakteride de yeni polimerler antibiyotiğe göre 2-3 kat antibakteriyel etkinlik göstermiştir.

Çizelge 3.3. *E. coli* ve *S. aureus* ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki TEPA-MMA-g-PET lif türevlerinin zon çapları

Polimer	İnhibisyon Zonu (mm)	
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
PET	-	-
MMA-g-PET	20	75
TEPA-MMA-g-PET	26	31
Cl-TEPA-MMA-g-PET	35	36
Gentamisin (antibiyotik)	15	26

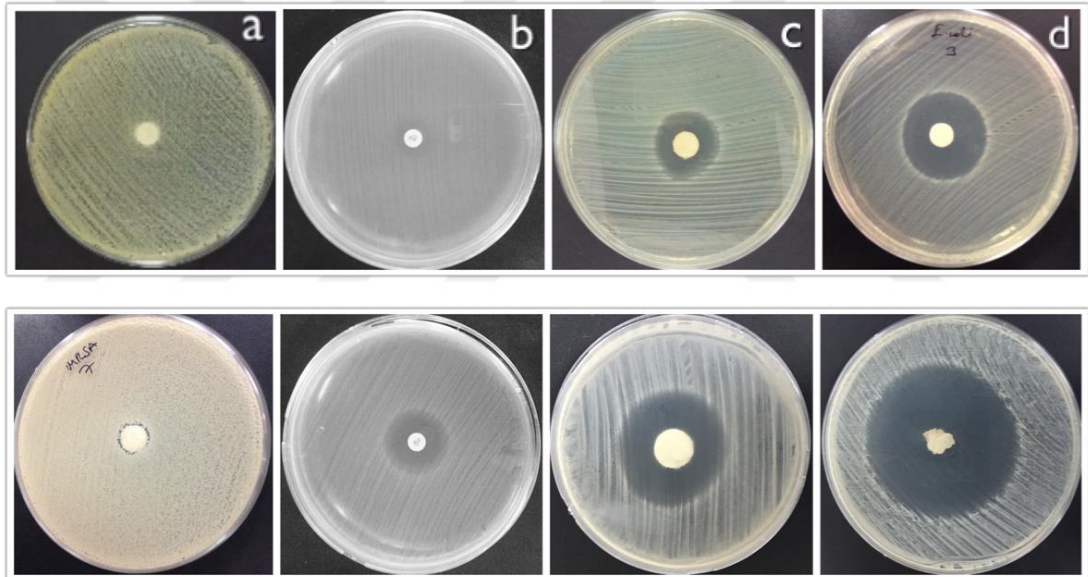


Şekil 3.12. *E. coli* ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki PET lifler (üst), *S. aureus* ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki PET lifler (alt)a: PET b: Gentamisin c: MMA-g-PET d: TEPA-MMA-g-PET e: Cl-TEPA-MMA-g-PET (Aşılama yüzdesi: %120, Amin yüzdesi: %20)

MMA-g-PET lif ve Trc ile modifiye edilmiş lif, orijinal PET lif ve antibiyotik olarak kullanılan Gentamisin ile karşılaştırmalı agar difüzyon disk yöntemi ile antibakteriyel aktivitesine bakılmıştır (Şekil 3.13) ve zon çapları Çizelge 3.4 'te verilmiştir. *E. coli* ve *S. aureus* ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki polimerlere bakıldığında en fazla zon çapının 130 mm ile *S. aureus* bakterisi ekilmiş Trc-MMA-g-PET lifine ait olduğu görülmüştür. Trc-MMA-g-PET yapısındaki triklosan hücre peptidoglikan yapısını ve hücre lipit metabolizmasını bozarak bakteriyi etkisiz hale getirmiştir. Triklosan bakterinin bulunduğu yüzeye temas etmesiyle etkinleşerek, bakterinin yüzey etkileşimini engellemektedir. Triklosan bileşiği uzun süre kalıcı antibakteriyel ajan olarak görev yapmaktadır.

Çizelge 3.4. *E. coli* ve *S. aureus* ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki Trc-MMA-g-PET lif türevlerinin zon çapları

Polimer	İnhibisyon Zonu (mm)	
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
PET	-	-
MMA-g-PET	20	75
Triklosan-MMA-g-PET	49	130
Gentamisin (antibiyotik)	15	26

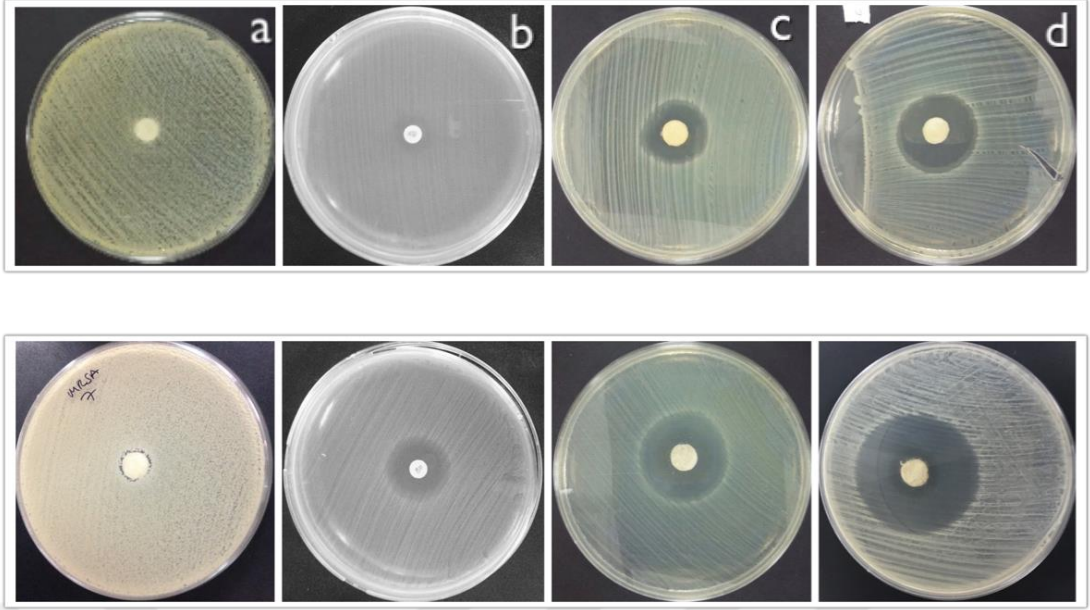


Şekil 3.13. *E. coli* ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki PET lifler (üst), *S. aureus* ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki PET lifler (alt) a: PET b: Gentamisin c: MMA-g-PET d: Trc-MMA-g-PET (Aşılama yüzdesi: %120)

GMA-g-PET lif ve Trc ile modifiye edilmiş lif, orijinal PET lif ve antibiyotik olarak kullanılan Gentamisin ile karşılaştırmalı agar difüzyon disk yöntemi ile antibakteriyel aktivitesine bakılmıştır (Şekil 3.14) ve zon çapları Çizelge 3.5 'te verilmiştir. *E. coli* ve *S. aureus* ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki polimerlere bakıldığında en fazla zon çapının 87 mm ile *S. aureus* bakterisi ekilmiş Trc-GMA-g-PET lifine ait olduğu görülmüştür. Trc-GMA-g-PET yapısındaki triklosan hücre peptidoglikan yapısını ve hücre lipit metabolizmasını bozarak bakteriyi etkisiz hale getirmiştir. Triklosan bakterinin bulunduğu yüzeye temas etmesiyle etkinleşerek, bakterinin yüzey etkileşimini engellemektedir. Triklosan bileşiği uzun süre kalıcı antibakteriyel ajan olarak görev yapmaktadır.

Çizelge 3.5. *E. coli* ve *S. aureus* ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki Trc-GMA-g-PET lif türevlerinin zon çapları

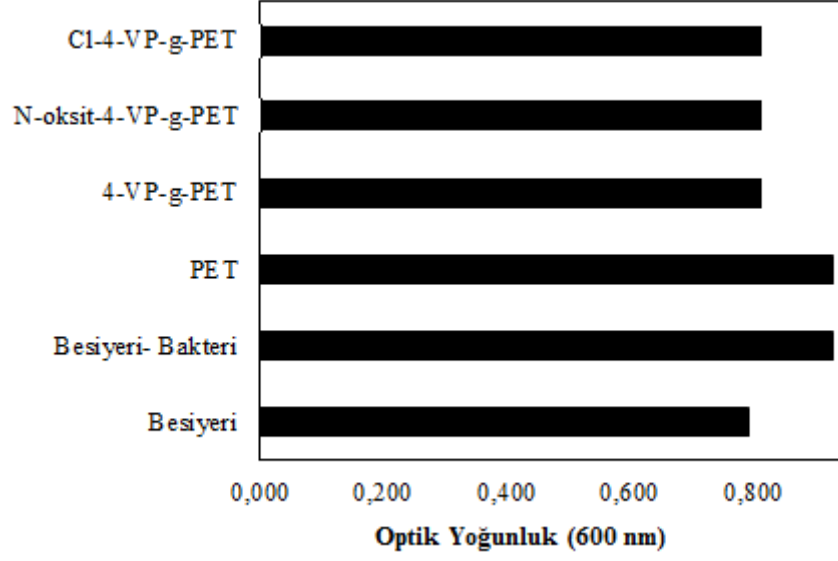
Polimer	İnhibisyon Zonu (mm)	
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
PET	-	-
GMA-g-PET	24	30
Triklosan-GMA-g-PET	56	87
Gentamisin (antibiyotik)	15	26



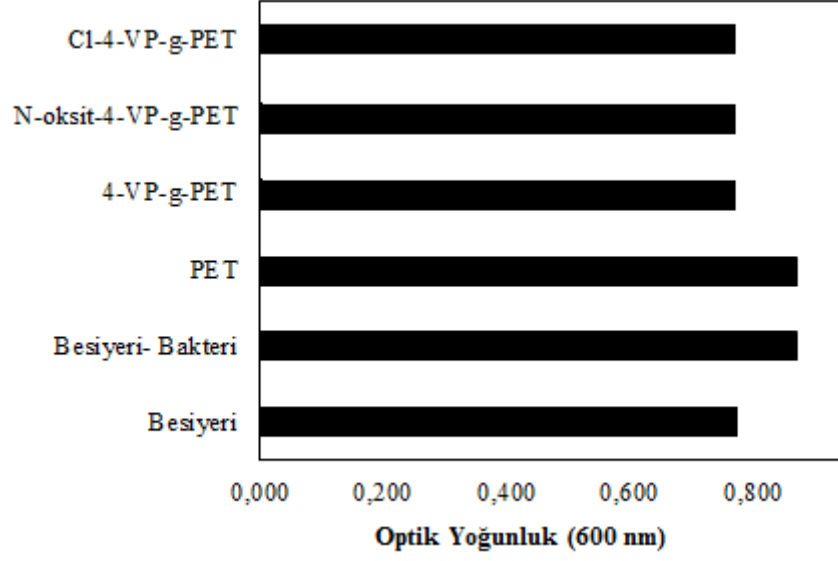
Şekil 3.14. *E. coli* ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki PET lifler (üst), *S. aureus* ekimi yapılmış katı besiyerlerindeki PET lifler (alt) a: PET b: Gentamisin c: GMA-g-PET d: Trc-GMA-g-PET (Aşılama yüzdesi: %100)

3.3.2. Sıvı Kültür Testi Sonuçları

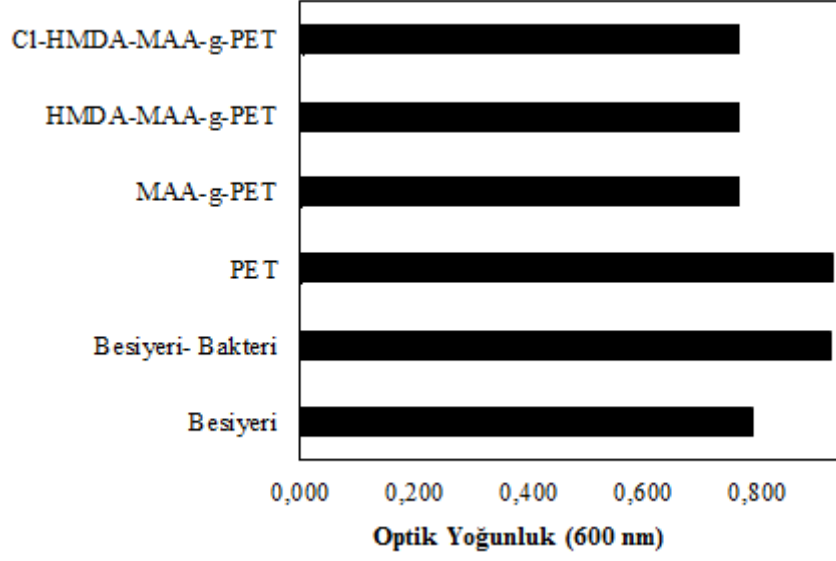
Antibakteriyel testlerin sonuçları incelendiğinde (Şekil 3.15-24), orijinal PET lifin tek başına bulunduğu iki farklı kültür ortamında da bakteri çoğalması gözlenirken, monomerlerle modifiye edilmiş PET liflerin bulunduğu kültür ortamlarında bakteri çoğalmasının azaldığı; triklosan, metil metakrilik asit gibi güçlü kimyasal ajanların bulunduğu ortamlarda ise bakteri çoğalmasının tamamen durduğu optik yoğunluklardan görülmektedir. Bu sonuçlar antibakteriyel özellik göstermeyen PET liflerinin, modifikasyon sonrası antibakteriyel özellik kazandığını göstermektedir.



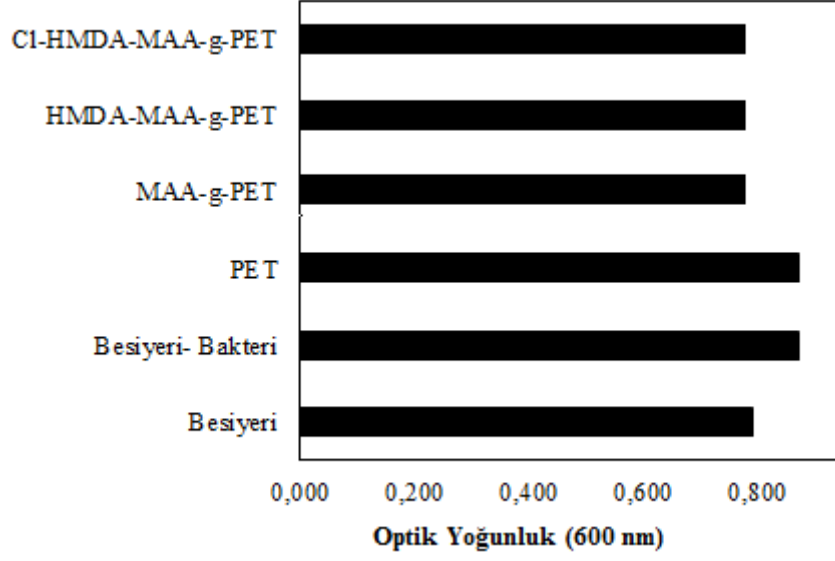
Şekil 3.15. *E. coli* için 4-VP-g-PET lif türevlerinin antibakteriyel etkisinin optik yoğunlukla değişimi (Besiyeri: Sadece besiyerinin bulunduğu ortam; Besiyeri-Bakteri: Sadece bakteri ekilmiş kültür ortamı; PET: Orijinal lif ilave edilmiş kültür ortamı; 4-VP-g-PET: 4-VP-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; N-oksit-4-VP-g-PET: N-oksit-4-VP-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; C1-4-VP-g-PET: C1-4-VP-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı)



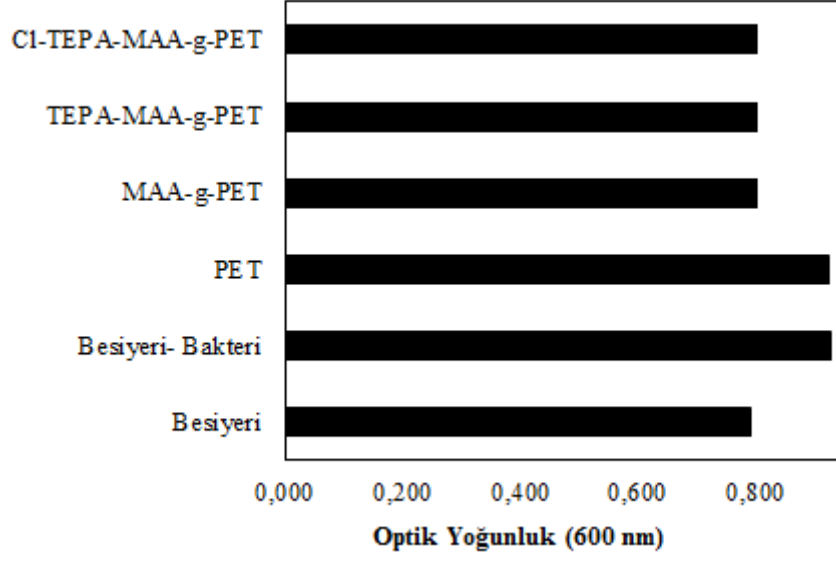
Şekil 3.16. *S. aureus* için 4-VP-g-PET lif türevlerinin antibakteriyel etkisinin optik yoğunlukla değişimi (Besiyeri: Sadece besiyerinin bulunduğu ortam; Besiyeri-Bakteri: Sadece bakteri ekilmiş kültür ortamı; PET: Orijinal lif ilave edilmiş kültür ortamı; 4-VP-g-PET: 4-VP-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; N-oksit-4-VP-g-PET: N-oksit-4-VP-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; C1-4-VP-g-PET: C1-4-VP-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı)



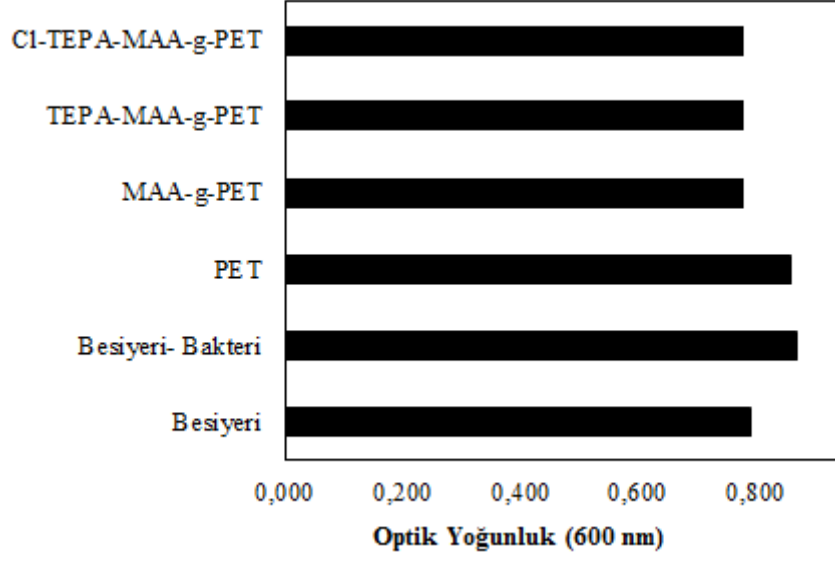
Şekil 3.17. *E. coli* için MMA-g-PET lif türevlerinin antibakteriyel etkisinin optik yoğunlukla değişimi (Besiyeri: Sadece besiyerinin bulunduğu ortam; Besiyeri- Bakteri: Sadece bakteri ekilmiş kültür ortamı; PET: Orijinal lif ilave edilmiş kültür ortamı; MMA-g-PET: MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; HMDA-MMA-g-PET: HMDA-MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; Cl-HMDA-MMA-g-PET: Cl-HMDA-MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı)



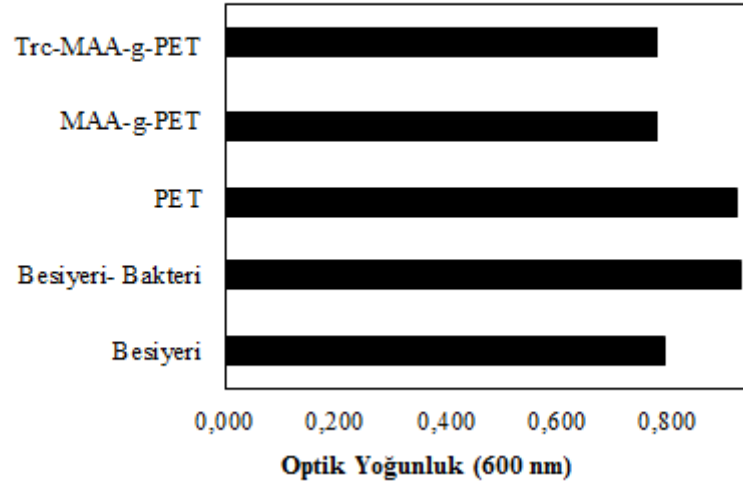
Şekil 3.18. *S. aureus* için MMA-g-PET lif türevlerinin antibakteriyel etkisinin optik yoğunlukla değişimi (Besiyeri: Sadece besiyerinin bulunduğu ortam; Besiyeri- Bakteri: Sadece bakteri ekilmiş kültür ortamı; PET: Orijinal lif ilave edilmiş kültür ortamı; MMA-g-PET: MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; HMDA-MMA-g-PET: HMDA-MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; C1-HMDA-MMA-g-PET: C1-HMDA-MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı)



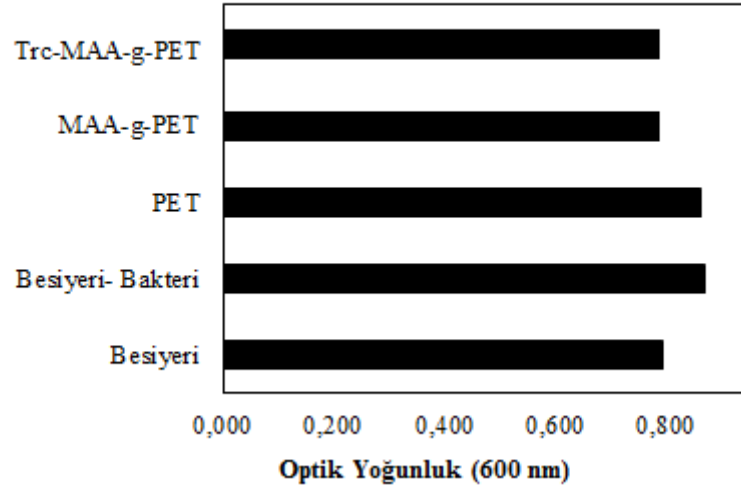
Şekil 3.19. *E. coli* için MMA-g-PET lif türevlerinin antibakteriyel etkisinin optik yoğunlukla değişimi (Besiyeri: Sadece besiyerinin bulunduğu ortam; Besiyeri-Bakteri: Sadece bakteri ekilmiş kültür ortamı; PET: Orijinal lif ilave edilmiş kültür ortamı; MMA-g-PET: MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; TEPA-MMA-g-PET: TEPA-MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; C1-TEPA-MMA-g-PET: C1-TEPA-MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı)



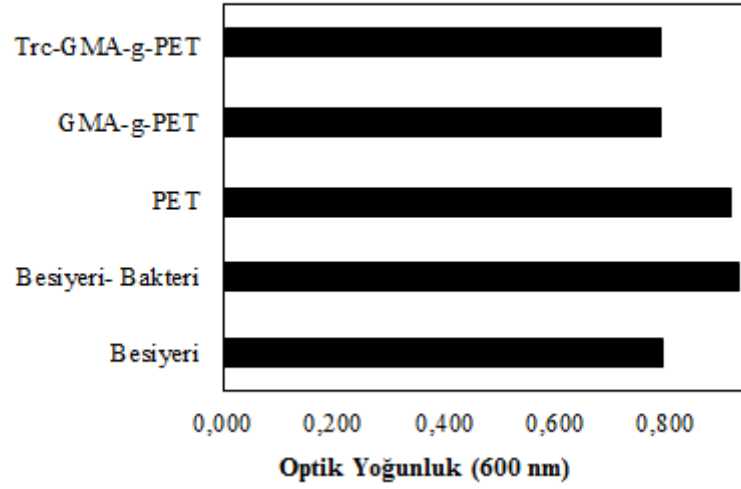
Şekil 3.20. *S. aureus* için MMA-g-PET lif türevlerinin antibakteriyel etkisinin optik yoğunlukla değişimi (Besiyeri: Sadece besiyerinin bulunduğu ortam; Besiyeri-Bakteri: Sadece bakteri ekilmiş kültür ortamı; PET: Orijinal lif ilave edilmiş kültür ortamı; MMA-g-PET: MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; TEPA-MMA-g-PET: TEPA-MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; C1-TEPA-MMA-g-PET: C1-TEPA-MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı)



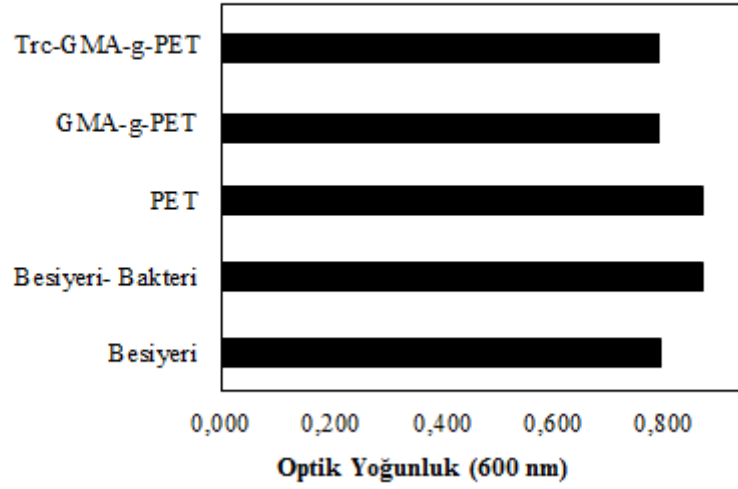
Şekil 3.21. *E. coli* için MMA-g-PET lif türevlerinin antibakteriyel etkisinin optik yoğunlukla değişimi (Besiyeri: Sadece besiyerinin bulunduğu ortam; Besiyeri-Bakteri: Sadece bakteri ekilmiş kültür ortamı; PET: Orijinal lif ilave edilmiş kültür ortamı; MMA-g-PET: MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; Trc-MMA-g-PET : Trc-MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı)



Şekil 3.22. *S. aureus* için MMA-g-PET lif türevlerinin antibakteriyel etkisinin optik yoğunlukla değişimi (Besiyeri: Sadece besiyerinin bulunduğu ortam; Besiyeri-Bakteri: Sadece bakteri ekilmiş kültür ortamı; PET: Orijinal lif ilave edilmiş kültür ortamı; MMA-g-PET: MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; Trc-MMA-g-PET: Trc-MMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı)



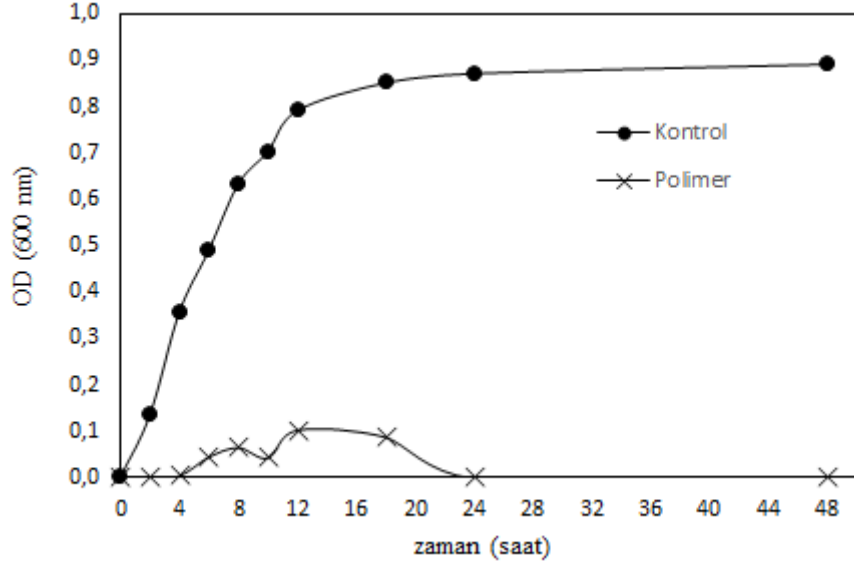
Şekil 3.23. *E. coli* için GMA-g-PET lif türevlerinin antibakteriyel etkisinin optik yoğunlukla değişimi (Besiyeri: Sadece besiyerinin bulunduğu ortam; Besiyeri- Bakteri: Sadece bakteri ekilmiş kültür ortamı; PET: Orijinal lif ilave edilmiş kültür ortamı; GMA-g-PET: GMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; Trc-GMA-g-PET: Trc-GMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı)



Şekil 3.24. *S. aureus* için GMA-g-PET lif türevlerinin antibakteriyel etkisinin optik yoğunlukla değişimi (Besiyeri: Sadece besiyerinin bulunduğu ortam; Besiyeri- Bakteri: Sadece bakteri ekilmiş kültür ortamı; PET: Orijinal lif ilave edilmiş kültür ortamı; GMA-g-PET: GMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı; Trc-GMA-g-PET: Trc-GMA-g-PET lif ilave edilmiş kültür ortamı)

3.3.3. Bakteri Üreme Eğrisinin Belirlenmesi

S. aureus bakterisinin en yüksek zon çapı verdiği polimer olan Trc-MMA-g-PET lifi ve lif bulunmayan ortamda üreme eğrisi belirlenmiş ve Şekil 3.25 'te gösterilmiştir. *S. aureus* bakterisinin lif bulunmayan ortamda log fazına erken geçtiği, modifiye edilmiş PET lifin bulunduğu ortamda daha geç log fazına geçemediği ve hiç üreme göstermediği gözlemlenmiştir. Üreme eğrisine bakılarak triklosan ile modifiye edilmiş MMA-g-PET liflerin antibakteriyel özellik gösterdiği, bakteri üremesinin modifikasyon sonrası inkübe edildiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 3.25. Trc-MMA-g-PET liflerinin bulunduğu sıvı besiyerindeki bakterinin üreme eğrisi

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, aşı kopolimerizasyon yöntemi kullanılarak modifiye edilen poli (etilen tereftalat) liflere antibakteriyel özellik kazandırılması amaçlanmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde; PET lifler aşı kopolimerizasyon yöntemi ile modifiye edilmiştir. Modifiye edilmiş 4-VP hidrojen klorür ile modifiye edilerek klor lif yapısına kazandırılmıştır. Aşılansız MMA ise ilk olarak aminlenmiş, daha sonra klor ile modifiye edilmiştir. Ayrıca GMA ve MMA aşılansız lifler antibakteriyel etkinliği yüksek olarak bilinen triklosan ile modifiye edilmiştir. Liflerin karakterizasyonu FT-IR spektrumları ve SEM fotoğrafları çekilerek gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde ise; modifiye edilmiş PET liflerin bakterilere (*Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus*) karşı antibakteriyel etkinliği katı ve sıvı besiyerinde yapılan testlerle incelenmiş ve sıvı besiyerinde bakterinin üreme eğrisi belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. 4-vinil piridin, metil metakrilikasit ve glisidil metakrilat monomerleri aşı polimerizasyon yöntemi ile başarılı bir şekilde PET liflere bağlanmıştır.
2. Aşılansız 4-VP lifi asetik asit-hidrojen peroksit karışımında oksitlenerek aktif oksijen grubu elde edilmiştir.
3. Aşılansız 4-VP lifi hidrojen klorür ile modifiye edilerek antibakteriyel özelliği bilinen aktif klor atomu yapıya kazandırılmıştır.
4. Aşılansız MMA lifi HMDA ve TEPA ile aminlenmiş ve aminlenen lifler klor ile modifiye edilmiştir.
5. Aşılansız MMA ve GMA lifi asidik ve bazik ortamlarda farklı etkinlik gösteren, güçlü antibakteriyel ajan olarak bilinen triklosan ile modifiye edilmiştir.

6. FTIR sonuçlarına göre yapılan bütün modifikasyon işlemlerinin başarılı olduğu görülmüştür.
7. Polimerizasyon işlemi SEM ile görüntülenmiş, modifiye edilmiş liflerin görüntüsünün orijinal life göre pürüzlü olması işlemin doğru bir şekilde yapıldığını göstermiştir.
8. Orijinal PET lif antibakteriyel özellik göstermezken, modifiye edilmiş liflerin *S. aureus* ve *E. coli* bakterilerine karşı antibakteriyel etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.
9. Katı besiyerinde oluşan zon çapları antibiyotik olarak kullanılan Gentamisin için karşılaştırılmıştır. *E. coli* zon çapı 15 mm, *S. aureus* zon çapı 26 mm olarak bulunmuştur.
10. Katı besiyeri üzerinde PET lif için oluşan zon çapları ölçülmüş, liflerin antibakteriyel aktivite açısından en etkin olduğu bakterinin gram (+) *S. aureus* bakterisi olduğu saptanmıştır.
11. Aşılınmış 4-VP PET liflerinin katı besiyerindeki zon çapları incelendiğinde, 4-VP molekülünün tek başına antibakteriyel etkinliğinin, oksitlenmiş ve klorlanmış formundan daha yüksek olduğu görülmüştür.
12. Metil metakrilik asitin antibakteriyel etkinliğinin olduğu katı ve sıvı kültür testlerinde görülmüştür. Aminlenen liflerin etkinliğinin indüklendiği, aminlenen liflerinin klor ile muamelesiyle zon çapının büyüdüğü görülmüştür.
13. Sıvı kültür testi sonuçlarıyla, disk difüzyon duyarlılık testinin sonuçları desteklenmiş, nicel sonuçlar elde edilmiştir.
14. *S. aureus* ekimi yapılan ve içerisine Trc-MMA-g-PET liften 0,1 g atıldığı sıvı besiyerindeki üreme eğrisinden polimerin antibakteriyel etkiye sahip olduğu saptanmıştır.

Elde edilen sonuçlar ile antibakteriyel özelliğe sahip olmayan PET lifinin modifiye edilerek antibakteriyel özellik kazandırılmasının maliyeti düşük, kolay ve hızlı uygulanabilen işlem olduğunu göstermektedir. Toplum ve çevre sağlığı ile yakından ilgili olan antibakteriyel tekstile uygulanmış olması birçok kullanım alanına sahip PET'in kullanım potansiyelinin artacağı öngörülmüştür. Artan yaşam standartlarını karşılayan, insan sağlığı ile uyumlu, uzun dönem etkisini koruyabilen, çevresel

faktörlere karşı dayanıklı, farklı mikroorganizmalara karşı etkili, tekstil ve yan sektörlerin ihtiyacı olan antibakteriyal malzemelerin üretim prosesinin ve fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesine de katkıda bulunacaktır.



KAYNAKLAR

- [1] Zhang, Z., et al., Antibacterial properties of cotton fabrics treated with chitosan. *Textile Research Journal*. 73(12): 1103-1106, 2003.
- [2] Palamutçu, S., et al., “Bazı Antimikrobiyal Maddelerin %100 Pamuklu Kumaşlar Üzerindeki Mikrobiyolojik Etkinliği Ve Kumaş Parametreleri Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması”, Tübitak Projesi, Proje No: 106M338, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü.
- [3] D., Uysaltürk, Viloft/Pamuk ve Viloft/Polyester Karışım İplik Özelliklerinin ve Örne Kumaş Termofizyolojik Konfor Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2013.
- [4] B., Şahin, Enine Kesitleri Farklı Polyester ve Selülozik Elyaflardan Üretilmiş Örne Kumaşların Konfor Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2014.
- [5] Chung, Y., Kwang, K., and Kim, J., Durable press and antimicrobial finishing of cotton fabrics with a citric acid and chitosan treatment. *Textile Research Journal*. 68 (10): 772-775, 1998.
- [6] Tutak, M., Gün, F., Antimicrobial effect of C.I. Basic Red 18:1 and C.I. Basic Yellow 51 on some pathogenic bacteria. *Fibers and Polymers*. 12 (4): 457-460, 2011.
- [7] O., Bilget, Nano Boyutta Gümüş/Çinko Katkılı Pigment Baskı Uygulanmış Kumaşların Antibakteriyel Özelliklerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2013.

- [8] El-Tahlawy, K., et al., The antimicrobial activity of cotton fabrics treated with different crosslinking agents and chitosan. *Carbohydrate Polymers*. 60(4): 1-10, 2005.
- [9] Gupta, D., Bhaumik, S., Antimicrobial treatments for textile. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 2007. 32: p. 254-263.
- [10] Bian, J., et al., Surface-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry of small drug molecules and high molecular weight synthetic/biological polymers using electrospun composite nanofibers. *Analyst*. 142 (7): 1125-1132, 2017.
- [11] Ye, R., et al., Non-conventional fluorescent biogenic and synthetic polymers without aromatic rings. *Polymer Chemistry*. 8 (10): 1722-1727, 2017.
- [12] Yiğitoğlu, M., Arslan, M., 4-Vinyl pyridine and 2-hydroxyethylmethacrylate monomer mixture graft copolymerization onto poly (ethylene terephthalate) fibers using benzoyl peroxide. *Polym. Bull.*58(5-6): 785-798, 2007.
- [13] Arslan, M., Kinetics of graft copolymerization of acrylamide and 2-hydroxyethylmethacrylate monomer mixture onto poly (ethylene terephthalate) fibers. *Korean Journal of Chemical Engineering*. 27: 991-998, 2010.
- [14] Bozkaya, O., Mustafa Yiğitoğlu, Arslan, M., Investigation on selective adsorption of Hg (II) ions using 4-vinyl pyridine grafted poly (ethylene terephthalate) fiber, *J. Appl. polym. Sci.* 124 (2): 1256 – 1264, 2012.
- [15] Arslan, M., et al., Kinetics of swelling assisted of 4-vinyl pyridine onto poly (ethylene terephthalate) fibers using a benzoyl peroxide initiator. *Polym. Bull.* 51(3): 237-244, 2003.
- [16] Yiğitoğlu, M., Arslan, M., Selective removal of Cr(VI), Cu(II) and Cd(II) ions from aqueous solutions by 4-vinyl pyridine/2-hydroxyethylmethacrylate

- monomer mixture grafted poly (ethylene terephthalate) fiber. *Journal of Hazardous Materials*. 166: 435-444, 2009. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2008.11.075.
- [17] Beden, A.B., et al., Chitosan, Lyocell ve Karışımlarının Bakteriyel Büyümlerinin Kontrolü için Bir Uygulama, XIII. Uluslararası İzmir Tekstil ve Hazır Giyim Sempozyumu, İzmir, 2014.
- [18] Varesano, A., Vineis, C., Aluigi, A., Rombaldoni, F., Antimicrobial polymers for textile products. *Science against Microbial ...*, 99–110, 2011. Retrieved from <http://www.formatex.info/microbiology3/book/99-110.pdf>
- [19] Gao, B.J., et al., Preparation and antibacterial character of a water-insoluble antibacterial material of grafting polyvinylpyridinium on silica gel. *Mater. Lett.* 61: 877–883, 2007.
- [20] Jain, A., Duvvuri, L.S., Farah, S., Beyth, N., Domb, A.J., Khan, W., Antimicrobial Polymers. *Advanced Healthcare Materials*. 3(12): 1969–1985, 2014. <https://doi.org/10.1002/adhm.201400418>
- [21] Wang, C., et al., Hydrophilic and antibacterial properties of polyvinyl alcohol/4-vinylpyridine graft polymer modified polypropylene non-woven fabric membranes. *Journal of Membrane Science*. 345: 223–232, 2009.
- [22] Merlevede, F., Maes G., Vibrational-spectra of charge-transfer complexes of pyridines and halogens 1. A laser Raman study of iodine stretching vibration in complexes pyridine–iodine – comparison with pyridine-bromine. *Adv Mol Relax Interact Process*. 16: 111–30, 1980.
- [23] Yao, C., et al., Surface modification and antibacterial activity of electrospun polyurethane fibrous membranes with quaternary ammonium moieties. *J. Membr. Sci.* 320: 259–267, 2008.

- [24] Oh, S.T., Ha, C.S., Cho, W.J., Synthesis and antibacterial activity of acrylic polymer containing chloro-substituted diphenyl ether. Polymer (Korea). 18(3): 309–15, 1994.
- [25] Temiz, A., Genel mikrobiyoloji uygulama teknikleri. Hatiboğlu Yayınları, 2014.
- [26] Karaduman, N., Polimer malzemeler ve özellikleri, 2016. <http://kbyapikimyasallari.com/polimer-malzemeler-ve-ozellikleri/>. (Erişim Tarihi: 30/06/2017)
- [27] Carraher Jr, C.E., Carraher's polymer chemistry. Marcel Dekker, INC, 2003.
- [28] Yasuda, H., Plasma Polymerization. Academic Press, New York, 1985.
- [29] Callister, W.D., Materials Science and Engineering. Wiley, New York, 2000.
- [30] M., Büyüksarı, Polistirenin Farklı Anhidritlerle Modifikasyonu ve Bunların Hidrazin Türevleri ile Kondensasyon Reaksiyonlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Konya, 2011.
- [31] Carraher Jr, C.E., Carraher's polymer chemistry. CRC Press, 2013.
- [32] Walton, D., Polymers. Oxford, New York, 2001.
- [33] Anonim, Polimer kimyası. <https://metehantosun.wordpress.com/tarihcesi/> (Erişim Tarihi: 17/09/2017)
- [34] T.C. Mili Eğitim Bakanlığı, Polimerlerin fiziksel özellikleri 2, Ankara, 2006. http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Polimerlerin%20Fiziksel%20%20C3%96zellikleri%202.pdf. (Erişim Tarihi: 14/11/2017)
- [35] Saçak, M., Polimer kimyası. Gazi Kitabevi, Ankara, 2015.

- [36] Saçak, M., Lif ve elyaf kimyası. Gazi Kitapevi, Ankara, 2002.
- [37] L., Buzoğlu, Blok Kopolimer Sentezi ve Biyolojik Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Konya, 2012.
- [38] Y., Özcan, Çevresel Etkilere Duyarlı Blok Kopolimerlerinin Yapılarının SAXS Yöntem ile İncelenmesi, Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 2008.
- [39] Saçak, M., Polimer kimyası. Gazi Kitapevi, Ankara, 2006.
- [40] Şen, F., Palancıoğlu, H., and Aldaş, K., Polimerik nanokompozitler ve kullanım alanları. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi. 7 (1): 11-118, 2010.
- [41] Maurya, M.R., et al., Synthesis and characterization and catalytic potential of oxovanadium(IV) based coordination polymers having a bridging methylene group. Applied Catalyses, A: General. 277 (1-2): 45-53, 2004.
- [42] Varvara, S., et al., Copper electrodeposition from sulfateelectrolytes in the presence of hydroxyehylated 2-buthane-1,4-diol. Hydrometallurgy. 75 (1-4): 147-156, 2004.
- [43] Arslan, M., Immobilization horseradish peroxidase on amine-functionalized glycidyl methacrylate-g-poly (ethylene terephthalate) fibers for use in azo dye decolorization. Polymer Bulletin. 66: 865-879, 2011. DOI: 0.1007/s00289-010-0316-8.
- [44] Arslan, M., Preparation and application of glycidyl methacrylate and methacrylic acid monomer mixture grafted poly (ethylene terephthalate) fibers for removal of methylene blue from aqueous solution. Journal Applied Polymer Science. 119: 3034-3042, 2011. DOI: 10.1002/app.33051.

- [45] Nurkeeva, Z.S., et al., Polycomplexes of poly (acrylic acid) with streptomycin sulfate and their antibacterial activity, *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutic.* 57 (2): 245-249, 2004.
- [46] E., Aynacı, E., (Aminometil)Polistirene Takılı Schiff Bazı ve O'nun Ni(II) Komplekslerinin Sentezi, Karakterizasyonu ve β -Galaktosidaz Enziminin İmmobilizasyon Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara, 2009.
- [47] H.H., Güneş, Polistirenin Çift Fonksiyonlaşması, Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Konya, 2012.
- [48] Saçak, M., Polimer kimyası. Gazi Kitapevi, Ankara, 2008.
- [49] Saçak, M., Lif ve elyaf kimyası. Gazi Kitapevi, Ankara, 2002.
- [50] E., Yağcı, 4-Vinil Piridin Aşılınmış Poli (Etilen Teraftalat) Liflere Gümüş Adsorpsiyonu Yapılarak Antibakteriyel Özelliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 2012.
- [51] Başer, İ., Elyaf bilgisi. Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yayını. 139-143, 2002.
- [52] Tarakçıoğlu, I., Polyester liflerinin üretimi ve terbiyesi. *Tekstil Terbiyesi ve Makinaları.* 3: 275-540, 1986.
- [53] Stann, M., *Polymer Blends.* Wiley, NY, 2000.
- [54] Newkome, G., Moorefield, C., Vogtle, F., *Dendrimers and Dendrons.* Wiley, NY, 2001.
- [55] Calleja, F., Roslaniec, Z., *Block Copolymers.* Marcel Dekker, NY, 2000.

- [56] Craver, C., Carraher, C., *Advanced Polymer Science*. Elsevier, NY, 2000.
- [57] Yiğitoğlu, M., Temoçin, Z., Removal of benzidine-based azo dye from aqueous solution using amide and amine-functionalized poly (ethylene terephthalate) Fibers, *Fibers and Polymers*. 11 (7): 996-1002, 2010.
- [58] Temoçin, Z., Yiğitoğlu, M., Studies on selective uptake of Hg(II) and Pb(II) by functionalized poly (ethylene terephthalate) fiber with 4-vinyl pyridine/2-hydroxyethylmethacrylate. *Water Air Soil Pollut.* 210:463-472, 2009.
- [59] Arslan, M., Yiğitoğlu, M., Use of methacrylic acid grafted poly (ethylene terephthalate) fibers for removal of basic dyes from aqueous solution. *Journal Applied Polymer Science*. 110: 30-38, 2008. DOI: 10.1002/app.28421.
- [60] Temoçin, Z., Yiğitoğlu, M., Studies on the activity and stability of immobilized horseradish peroxidase on poly (ethylene terephthalate) grafted acrylamide fiber. *Bioprocess And Biosystems Engineering*. 32 (4):467-474, 2009.
- [61] Arslan, M., Günay, K., Synthesis and characterization of PET fibers grafted with binary mixture of 2-methylpropenoic acid and acrylonitrile by free radical: its application in removal of cationic dye. *Polymer Bulletin*. 74: 1221-1236, 2017. DOI: 10.1007/s00289-016-1773-5
- [62] Barker, S., Griffiths, C., Nicklin, J., *Mikrobiyoloji. Çev. Ed. Mahut Baykan, Nobel Yayın*, 2013.
- [63] Gross, R.J., *Escherichia coli* Diarrhoea. In, Geoffrey RS, Charless SF, Easman (Eds.) *Principles of Bacteriology, Virology and Immunity*. Vol. III. 8th ed., A Division of Hodder, London, 1990.
- [64] Doyle, M.P., Padhye, V., *Escherichia coli*. In Doyle P (Ed) *Foodborne Bacterial Pathogenes*. Micheal Marcel Dekker Inc, Newyork, 1989.

- [65] Örgev, C., Çevre mikrobiyolojisi. Değişim Yayınları, 2010.
- [66] Madigan, M.T., Martinko, J.M., Brock mikroorganizmaların biyolojisi. Çev, ed. Cumhuriyet Çökmüş, Palme Yayıncılık, 2010.
- [67] Ogier, J.C., Serror, P., Safety assesment of dairy microroganisms: The *Enterococcus* genus. Int J Food Microbiol. 126: 291-301, 2008.
- [68] Rutherford, J.C., The emerging role of urease as a general microbial virulence factor. PLoS Pathog. 10(5):e1004062, 2014. pmid: 24831297
- [69] Kuwahara, H., et al., *Helicobacter pylori* urease suppresses bactericidal activity of peroxyntirite via carbon dioxide production. Infect Immun. 68(8):4378–83, 2000. pmid: 10899833
- [70] Alberts, B., et al., Molecular Biology of the Cell. 4th edition. New York: Garland Science, 2002.
- [71] Brooks, G. F., et al., Medical Microbiology. Jawetz, Melnick, & Adelberg's Medical, 2013. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- [72] Newman, E.B., General microbiology. Research in Microbiology, 145(2), 157, 1994. [https://doi.org/10.1016/0923-2508\(94\)90009-4](https://doi.org/10.1016/0923-2508(94)90009-4)
- [73] Blocker, A., Pepler, M.S., Normand, P., Brisse, S., Spitzer, E.D., Rosenthal, K.L., ... Kroos, L., Microbiology. Current Opinion in Microbiology.5 (6): 533–542, 2002. [https://doi.org/10.1016/S1369-5274\(02\)00380-6](https://doi.org/10.1016/S1369-5274(02)00380-6)
- [74] Prescott, L.M., Klein, D.A., Harley, J.P., Microbiology. Microbiology (p. 992), 2002.
- [75] Kell, D.B., Systems microbiology. Microbiology Today. 2010.

- [76] Bitton, G., Wastewater Microbiology: Fourth Edition. Wastewater Microbiology: Fourth Edition. John Wiley and Sons, 2010. <https://doi.org/10.1002/9780470901243>
- [77] Ross, T., McMeekin, T.A., Predictive microbiology. International Journal of Food Microbiology. 23(3–4): 241–264, 1994. [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(94\)90155-4](https://doi.org/10.1016/0168-1605(94)90155-4)
- [78] Weibel, D.B., DiLuzio, W.R., Whitesides, G.M., Microfabrication meets microbiology. Nature Reviews Microbiology, 2007. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1616>
- [79] Rosenberg, E., Coral microbiology. Microbial Biotechnology. 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1751-7915.2009.00090-15.x>
- [80] Brooks G.F., Butel J.S., Morse S.A., et al., Microbiology. Medical Microbiology, New York: Lange Medical Books/McGraw-Hill, 2004.
- [81] Willey, J.M., Sherwood, L.M., Woolverton, C.J., Prescott, Harley and Klein's Microbiology. Climate Change 2013 - The Physical Science Basis, 1–1088, 2008. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- [82] Hugenholtz, P., Tyson, G.W., Microbiology: Metagenomics. Nature. Nature Publishing Group., 2008. <https://doi.org/10.1038/455481a>
- [83] Horneck, G., Klaus, D.M., Mancinelli, R.L., Space Microbiology. Microbiology and Molecular Biology Reviews. 74(1): 121–156, 2010. <https://doi.org/10.1128/MMBR.00016-09>
- [84] McVey, D.S., Kennedy, M., Chengappa, M.M., Veterinary Microbiology. Veterinary Microbiology. 70: 203–205, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2009.09.019>

- [85] Ratledge, C., Microbiology: An introduction. Trends in Biotechnology. 1(3): 97, 1983. [https://doi.org/10.1016/0167-7799\(83\)90064-1](https://doi.org/10.1016/0167-7799(83)90064-1)
- [86] Snyder, J.W., Clinical microbiology newsletter. Clinical Microbiology Newsletter. 23(7): 51–54, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0196-4399\(01\)80013-1](https://doi.org/10.1016/S0196-4399(01)80013-1)
- [87] Prescott, H., Laboratory exercises in microbiology. Laboratory Exercises in Microbiology. 117–124, 2002. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- [88] Betsy, T., Keogh, J., Microbiology Demystified. McGraw-Hill Demystified Series, 2005. <https://doi.org/10.1036/0071446508>
- [89] Rasko, D.A., Rosovitz, M.J., Myers, G.S.A., Mongodin, E.F., Fricke, W. F., Gajer, P., ... Ravel, J., The pangenome structure of *Escherichia coli*: Comparative genomic analysis of *E. coli* commensal and pathogenic isolates. Journal of Bacteriology. 190(20): 6881–6893, 2008. <https://doi.org/10.1128/JB.00619-08>
- [90] Todar, K., Pathogenic *E. coli*, 2017. <https://doi.org/10.1002/0471684228.egp09208>
- [91] Kaper, J.B., Nataro, J.P., Mobley, H.L., Pathogenic *Escherichia coli*. Nature Reviews. Microbiology. 2(2): 123–140, 2004. <https://doi.org/10.1038/nrmicro818>
- [92] Green, R., Rogers, E.J., Transformation of chemically competent *E. coli*. Methods in Enzymology. 529: 329–336, 2013. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-418687-3.00028-8>
- [93] Berg, H.C., Berry, R.M., *E. Coli* in motion. Physics Today, 58(2): 64–65, 2005. <https://doi.org/10.1063/1.1897527>

- [94] Doyle, M.P., Brien, A.O., Maloy, S., Acheson, D., Feng, P., Guerrant, R., *E. coli: Good, Bad, & Deadly*. American Academy of Microbiology. 1–16, 2011. Retrieved from <http://academy.asm.org/images/stories/documents/EColi.pdf>
- [95] Kaper, J.B., Nataro, J.P., Mobley, H.L.T., Pathogenic *Escherichia coli*. *Nature Reviews Microbiology*, 2004. <https://doi.org/10.1038/nrmicro818>
- [96] Rehm, S.J., Tice, A., *Staphylococcus aureus*: methicillin-susceptible *S. aureus* to methicillin-resistant *S. aureus* and vancomycin-resistant *S. aureus*. *Clinical Infectious Diseases: An Official Publication of the Infectious Diseases Society of America*, 51 Suppl 2(Suppl 2), S176–S182, 2010. <https://doi.org/10.1086/653518>
- [97] Lehar, S.M., Pillow, T., Xu, M., Staben, L., Kajihara, K.K., Vandlen, R., ... Mariathasan, S., Novel antibody-antibiotic conjugate eliminates intracellular *S. aureus*. *Nature*, 527(7578): 323–328, 2015. <https://doi.org/10.1038/nature16057>
- [98] Deurenberg, R.H., Stobberingh, E.E., The evolution of *Staphylococcus aureus*. *Infection, Genetics and Evolution*, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2008.07.007>
- [99] Ryu, S., Song, P.I., Seo, C.H., Cheong, H., Park, Y., Colonization and infection of the skin by *S. aureus*: Immune system evasion and the response to cationic antimicrobial peptides. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(5), 8753–8772, 2014. <https://doi.org/10.3390/ijms15058753>
- [100] Otto, M., *Staphylococcus aureus* toxins. *Current Opinion in Microbiology*, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2013.11.004>
- [101] Temiz, A., Genel mikrobiyoloji uygulama teknikleri. Hatiboğlu Yayınları, 2014.
- [102] Kılıçturgay, K., Gökırmak, F., Töre, O., Görel, G., Helvacı, S., *Temel Mikrobiyoloji ve Parazitoloji*. Güneş ve Nobel Tıp Kitapçıları, 2. Basım, Bursa, 1992.

- [103] Butts, A., Krysan, D.J., Antifungal Drug Discovery: Something Old and Something New. PLoS Pathogens, 8(9), 2012. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002870>
- [104] H., Balcı, Akıllı (Fonksiyonel) Tekstiller, Seçilmiş Kumaşlarda Antibakteriyel Apre ve Performans Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Adana, 2006.
- [105] Lio, P.A., Kaye, E.T., Topical Antibacterial Agents. Medical Clinics of North America, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2011.03.008>
- [106] Patrick, G., Antibacterial Agents. Introduction to Medicinal Chemistry, 413–467, 2013. [https://doi.org/10.1016/S0065-7743\(08\)60533-3](https://doi.org/10.1016/S0065-7743(08)60533-3)
- [107] Sleiman, J.N., Kohlhoff, S.A., Roblin, P.M., Wallner, S., Gross, R., Hammerschlag, M.R., ... Bluth, M.H., Sophorolipids as Antibacterial Agents. Annals of Clinical and Laboratory Science. 39(1): 60–63, 2009.
- [108] Bulman, S.E.L., Goswami, P., Tronci, G., Russell, S.J., Carr, C., Investigation into the potential use of poly (vinyl alcohol)/methylglyoxal fibres as antibacterial wound dressing components. Journal of Biomaterials Applications. 29(8): 1193–1200, 2015. <https://doi.org/10.1177/0885328214556159>
- [109] Eghbalifam, N., Frounchi, M., Dadbin, S., Antibacterial silver nanoparticles in polyvinyl alcohol/sodium alginate blend produced by gamma irradiation. International Journal of Biological Macromolecules. 80: 170–176, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.06.042>
- [110] Feulgen, R., Voit, K., Über einen weitverbreiteten festen Aldehyd - Seine Entstehung aus einer Vorstufe, sein mikrochemischer und mikroskopisch-chemischer Nachweis und die Wege zu seiner präparativen Darstellung. Pflügers

Archiv Für Die Gesamte Physiologie Des Menschen Und Der Tiere. 206(1): 389–410, 1924. <https://doi.org/10.1007/BF01722779>

- [111] Lyapina, M.G., Dencheva, M., Krasteva-Panova, A., Tzekova-Yaneva, M., Deliverska, M., Kisselova-Yaneva, A., Współistniejące uczulenie na aldehyd glutarowy i monomery metakrylanowe u stomatologów i ich pacjentów. *Medycyna Pracy*. 67(3): 311–320, 2016. <https://doi.org/10.13075/mp.5893.00106>
- [112] Wang, Z., Shen, Y., Ma, J., Haapasalo, M., The effect of detergents on the antibacterial activity of disinfecting solutions in dentin. *Journal of Endodontics*. 38(7): 948–953, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.03.007>
- [113] Lin, H., Deng, W., Zhou, T., Ning, S., Long, J., & Wang, X., Iodine-modified nanocrystalline titania for photo-catalytic antibacterial application under visible light illumination. *Applied Catalysis B: Environmental*, 176–177: 36–43, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2015.03.039>
- [114] Sawai, J., Shoji, S., Igarashi, H., Hashimoto, A., Kokugan, T., Shimizu, M., Kojima, H., Hydrogen peroxide as an antibacterial factor in zinc oxide powder slurry. *Journal of Fermentation and Bioengineering*. 86(5): 521–522, 1998. [https://doi.org/10.1016/S0922-338X\(98\)80165-7](https://doi.org/10.1016/S0922-338X(98)80165-7)
- [115] Song, J., Remmers, S.J.A., Shao, J., Kolwijck, E., Walboomers, X.F., Jansen, J.A., ... Yang, F., Antibacterial effects of electrospun chitosan/ poly (ethylene oxide) nanofibrous membranes loaded with chlorhexidine and silver. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*. 12(5): 1357–1364, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.nano.2016.02.005>
- [116] Kim, S.A., Rhee, M.S., Microbicidal effects of plain soap etc triclocarban-based antibacterial soap. *Journal of Hospital Infection* 94(3): 276–280, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2016.07.010>

- [117] Kapalschinski, N., Seipp, H.M., Onderdonk, A.B., Goertz, O., Daigeler, A., Lahmer, A., ... Hirsch, T., Albumin reduces the antibacterial activity of polyhexanide-biguanide-based antiseptics against *Staphylococcus aureus* and MRSA. *Burns* 39(6): 1221–1225, 2013.
<https://doi.org/10.1016/j.burns.2013.03.003>
- [118] Schindler, W.D., Hauser, P.J., *Chemical Finishing of Textiles*, Woodhead Publishing Ltd., England, 2004.
- [119] Dring, I., Antimicrobial, rotproofing and hygiene finishes, in *Textile Finishing*, p. 351-371, Ed. Heywood, D. Society of Dyers and Colourists, Bradford, UK, 2003.
- [120] Cui, H., Wu, X., Zhang, D., Zhang, J., Xiao, H., Chen, Y., Thermotolerance and antibacterial properties of MgO-triclosan nanocomposites. In *Procedia Engineering* (Vol. 102, pp. 410–416). Elsevier Ltd., 2015.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.01.175>
- [121] Puthilibai, G., Vasudhevan, S., Kutti Rani, S., Rajagopal, G., Synthesis, spectroscopic characterization, electrochemical behaviour and antibacterial activity of Ru(III) complexes of 2-[(4-N,N'-dimethylaminophenylimino)-methyl]-4-halophenol. *Spectrochimica Acta- Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 72(4): 796–800, 2009.
<https://doi.org/10.1016/j.saa.2008.11.019>
- [122] Donde, K.J., Patil, V.R., Malve, S.P., Antimicrobial studies of hydrazone complexes of Hg(II) and Fe(II) divalent metal ions. *Acta Poloniae Pharmaceutica- Drug Research*. 60(3): 173–175, 2003.
- [123] Chernousova, S., Epple, M., Silver as antibacterial agent: Ion, nanoparticle, and metal. *Angewandte Chemie- International Edition*, 2013.
<https://doi.org/10.1002/anie.201205923>

- [124] Flyvbjerg, J., Jorgensen, C., Arvin, E., Jensen, B.K., Olsen, S.K., Biodegradation of ortho-cresol by a mixed culture of nitrate-reducing bacteria growing on toluene. *Applied and Environmental Microbiology*. 59(7): 2286–2292, 1993.
- [125] Jia, Z., Shen, D., Xu, W., Synthesis and antibacterial activities of quaternary ammonium salt of chitosan. *Carbohydrate Research*. 333(1): 1–6, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0008-6215\(01\)00112-4](https://doi.org/10.1016/S0008-6215(01)00112-4)
- [126] Kim, C.H., Choi, J.W., Chun, H.J., Choi, K.S., Synthesis of chitosan derivatives with quaternary ammonium salt and their antibacterial activity. *Polymer Bulletin*. 38: 387–393, 1997. <https://doi.org/10.1007/s002890050064>
- [127] A., D. Erem, Nanokompozit Yapılı Tekstillerin Geliştirilmesi ve Antimikrobiyal Özellik Kazandırılması, Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2012.
- [128] H., Ünal, Tek Kullanımlık Hidrofil ve Antibakteriyel Polipropilen Nonwoven Çarşaf Eldesi, Yüksek Lisans Tez. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2009.
- [129] Mathıs, R., Günümüzde ve Gelecekte Aktif Tekstiller, 10. Uluslararası İzmir Tekstil ve Hazır Giyim Sempozyumu, İzmir, 2004.
- [130] Kut, D., Orhan, M., Tekstillere uygulanan antimikrobiyal işlemler, bölüm 1- genel antimikrobiyal işlemler. *Tekstil&Teknik Dergisi*. 206-214, 2005.
- [131] Arslan, M., Preparation and use of amine-functionalized glycidyl methacrylate-g-poly (ethylene terephthalate) fibers for removal of Chromium(VI) from aqueous solution. *Fibers and Polymers*. 11: 325-330,2010. DOI: 10.1007/s12221-010-0325-0.
- [132] Vukoje, I.D., Džunuzović, E S., Vodnik, V.V., Dimitrijević, S., Ahrenkiel, S.P., Nedeljković, J.M., Synthesis, characterization, and antimicrobial activity of poly(GMA-co-EGDMA) polymer decorated with silver nanoparticles. In *Journal*

of Materials Science (Vol. 49, pp. 6838–6844). Kluwer Academic Publishers, 2014. <https://doi.org/10.1007/s10853-014-8386-x>

- [133] Huang, Q.T., He, J.W., Lin, Z.M., Liu, F., Lassila, L.V.J., Vallittu, P.K., Physical and chemical properties of an antimicrobial Bis-GMA free dental resin with quaternary ammonium dimethacrylate monomer. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 56: 68–76, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2015.10.028>
- [134] Dizman, B., Mathias, L.J., Synthesis and self-catalyzed phase transfer reaction of novel methacrylate polymers. *Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry*. 43(23): 5844–5854, 2005. <https://doi.org/10.1002/pola.21008>
- [135] Dizman, B., Elasri, M.O., Mathias, L.J., Synthesis and antibacterial activities of water-soluble methacrylate polymers containing quaternary ammonium compounds. *Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry*. 44(20): 5965–5973, 2006. <https://doi.org/10.1002/pola.21678>
- [136] Park, E.S., Kim, H.S., Kim, M.N., Yoon, J.S., Antibacterial activities of polystyrene-block-poly (4-vinyl pyridine) and poly (styrene-random-4-vinyl pyridine). *European Polymer Journal*. 40(12): 2819–2822, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2004.07.025>
- [137] Bugg, T.D.H., Braddick, D., Dowson, C.G., Roper, D.I., Bacterial cell wall assembly: Still an attractive antibacterial target. *Trends in Biotechnology*, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2010.12.006>
- [138] Tang, J., Chen, Q., Xu, L., Zhang, S., Feng, L., Cheng, L., ... Peng, R., Graphene oxide-silver nanocomposite as a highly effective antibacterial agent with species-specific mechanisms. *ACS Applied Materials and Interfaces*. 5(9): 3867–3874, 2013. <https://doi.org/10.1021/am4005495>

- [139] Chung, Y., Su, Y., Chen, C., Jia, G., Wang, H., Wu, J. C. G., Lin, J., Relationship between antibacterial activity of chitosan and surface characteristics of cell wall. *Acta Pharmacologica Sinica* 25(7): 932–936, 2004.
- [140] Kollonitsch, J., Barash, L., Kahan, F.M., Kropp, H., New antibacterial agent via photofluorination of a bacterial cell wall constituent. *Nature*. 243(5406): 346–347, 1973. <https://doi.org/10.1038/243346a0>
- [141] Bai, J., Wu, Y., Liu, X., Zhong, K., Huang, Y., Gao, H., Antibacterial activity of shikimic acid from pine needles of *Cedrus deodara* against *Staphylococcus aureus* through damage to cell membrane. *International Journal of Molecular Sciences* 16(11): 27145–27155, 2015. <https://doi.org/10.3390/ijms161126015>
- [142] Liu, X., Xia, W., Jiang, Q., Xu, Y., Yu, P., Effect of kojic acid-grafted-chitosan oligosaccharides as a novel antibacterial agent on cell membrane of gram-positive and gram-negative bacteria. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 120(3): 335–339, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2015.01.010>
- [143] Devi, K.P., Nisha, S.A., Sakthivel, R., Pandian, S.K., Eugenol (an essential oil of clove) acts as an antibacterial agent against *Salmonella typhi* by disrupting the cellular membrane. *Journal of Ethnopharmacology*. 130(1): 107–115, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.04.025>
- [144] P.E., N., Peptide nucleic acids as antibacterial agents via the antisense principle. *Expert Opinion on Investigational Drugs*. 10(2): 331–341, 2001. <https://doi.org/10.1517/13543784.10.2.331>
- [145] Hansen, A.M., Bonke, G., Larsen, C.J., Yavari, N., Nielsen, P.E., Franzyk, H., Antibacterial peptide nucleic acid- antimicrobial peptide (PNA-AMP) conjugates: Antisense targeting of fatty acid biosynthesis. *Bioconjugate Chemistry*. 27: 863–867, 2016. <https://doi.org/10.1021/acs.bioconjchem.6b00013>

- [146] Ghosal, A., Nielsen, P.E., Potent antibacterial antisense peptide-peptide nucleic acid conjugates against *Pseudomonas aeruginosa*. *Nucleic Acid Therapeutics*. 22(5): 323–334, 2012. <https://doi.org/10.1089/nat.2012.0370>
- [147] Ibrahim, M.A., Panda, S.S., Birs, A.S., Serrano, J.C., Gonzalez, C.F., Alamry, K.A., Katritzky, A.R., Synthesis and antibacterial evaluation of amino acid-antibiotic conjugates. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*. 24(7): 1856–1861, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2014.01.065>
- [148] Jandrey, C., Aguiar, A. P., Aguiar, M.R.M.P., Maria, L.C.S., Mazzei, J.L., Iodine–poly(2-vinylpyridine-co-styrene-co-divinylbenzene) charge transfer complexes with antibacterial activity, *European Polymer Journal*. 43: 4712–4718, 2007.
- [149] Kanazawa, A., Ikeda, T., Endo, T., Polymeric phosphonium salts as a novel class of cationic biocides. III. Immobilization of phosphonium salts by surface photografting and antibacterial activity of the surface-treated polymer films, *J. Polym. Sci. Polym. Chem. Ed.* 31: 1467–1472, 1993.
- [150] Kawabata, A., Taylor, J.A., The effect of reactive dyes upon the uptake and antibacterial efficacy of poly (hexamethylene biguanide) on cotton. Part 3: Reduction in the antibacterial efficacy of poly (hexamethylene biguanide) on cotton, dyed with bis(monochlorotriazinyl) reactive dyes, *Carbohydrate Polymers*. 67: 375–389, 2007.
- [151] Ki, Y.H., Sun, G., Durable Antimicrobial Finishing of Nylon Fabrics with Acid Dyes and a Quaternary Ammonium Salt, *Textile Research Journal*. 71(4): 318–323, 2001.
- [152] Li, G., Shen, J., Zhu, Y., A study of pyridinium-type functional polymers. III. Preparation and characterization of insoluble pyridinium-type polymers *J. Appl. Polym. Sci.* 78(3): 668–675, 2000.

- [153] Nakashima, T., Sakagami, Y., Ito, H., Matsuo, M., Antibacterial Activity of Cellulose Fabric Modified With Metallic Salts, *Textile Resource Journal*. 71 (8): 688-694, 2001.
- [154] Oh, S.T., Yoo, C.S., Min, B.K., Ha, C.S., Cho, W.J., Synthesis and Biocidal Activities of Polymeric Bactericides. *Polymer (Korea)*. 18(2):276-281, 1994.
- [155] Öktem, T., Tekeoğlu, Ş., Yeni Antimikrobiyal Sentetik Lifler. *Tekstil ve Konfeksiyon*. 2: 94-100, 1999.
- [156] Patel, M.B., Patel, H.J., Patel, K.H., Patel, R.M., Synthesis and Characterization of Novel Acrylic Copolymers: Determination of Monomer Reactivity Ratios and Antimicrobial Activity. *Malaysian Polymer Journal*. 3(1): 14-26, 2008.
- [157] Patel, M.G., Patel, S.A., Ray, A., Patel, R.M., Synthesis, Characterization, and Antimicrobial Activity of Acrylic Copolymers. *J. Appl. Polym. Sci.* 89: 895–900, 2003.
- [158] Popaa, A., Davidescu, C.M., Trife, R., Ilia, G., Iliescu, S., Dehelean, G.H., Study of quaternary ‘onium’ salts grafted on polymers: antibacterial activity of quaternary phosphonium salts grafted on ‘gel-type’ styrene–divinylbenzene copolymers. *React. Funct. Polym.* 55: 151–158, 2003.
- [159] Seong, H., Kim, J., Ko, S., Preparing Chito-Oligosaccharides as Antimicrobial Agents for Cotton. *Textile Research Journal*. 69(7): 483-488, 2005.
- [160] Tashiro, T., Antibacterial and Bacterium Adsorbing Macromolecules. *Macromol. Mater. Eng.* 286: 63–87, 2001.
- [161] Tassing, T., Besnard, M., Yarwood, J., A mid infrared study of dynamic processes in iodine–pyridine charge transfer complexes. *Chem. Phys.* 226: 71–82, 1998.

- [162] Wang, Q., Hu, Y., Fan, X., Yuan, J., Lysozyme immobilization on wool and its antibacterial function. *Journal of Biotechnology*. 136: 356–401, 2008.
- [163] Wang, S., Hou, W., Wei, L., Jia, H., Liu, X., Xu, B., Antibacterial activity of nano-SiO₂ antibacterial agent grafted on wool surface. *Surface Coatings Technology*. 202: 460–465, 2007.
- [164] Fragal, V.H., Cellet, T.S.P., Pereira, G.M., Fragal, E.H., Costa, M.A., Nakamura, C.V., ... Silva, R., Covalently-layers of PVA and PAA and in situ formed Ag nanoparticles as versatile antimicrobial surfaces. *International Journal of Biological Macromolecules*. 91: 329–337, 2016.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.05.056>
- [165] Ashjarian, A., Azarmi, R., Ashjarian, M., Overview of some materials and test methods for antimicrobial finishing on textile. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 5(3): 1252–1262, 2014.
- [166] Ibănescu, M., Muşat, V., Textor, T., Badilita, V., Mahltig, B., Photocatalytic and antimicrobial Ag/ZnO nanocomposites for functionalization of textile fabrics. *Journal of Alloys and Compounds*. 610: 244–249, 2014.
<https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2014.04.138>
- [167] Parham, S., Chandren, S., Wicaksono, D.H.B., Bagherbaigi, S., Lee, S.L., Yuan, L.S., Nur, H., Textile/Al₂O₃–TiO₂ nanocomposite as an antimicrobial and radical scavenger wound dressing. *RSC Adv*. 6(10): 8188–8197, 2016.
<https://doi.org/10.1039/C5RA20361A>
- [168] Tunalı, Y., *Farmasötik mikrobiyoloji uygulamaları*. DORA Yayın, 2014.
- [169] Windler, L., Height, M., Nowack, B., Comparative evaluation of antimicrobials for textile applications. *Environment International*. Elsevier Ltd., 2013.
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.12.010>

- [170] Islam, S.U., Mohammad, F., Natural colorants in the presence of anchors so-called mordants as promising coloring and antimicrobial agents for textile materials. ACS Sustainable Chemistry and Engineering. American Chemical Society, 2015. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.5b00537>
- [171] Huang, K.S., Yang, C.H., Huang, S.L., Chen, C.Y., Lu, Y.Y., Lin, Y.S., Recent advances in antimicrobial polymers: A mini-review. International Journal of Molecular Sciences. MDPI AG, 2016. <https://doi.org/10.3390/ijms17091578>
- [172] Jayapriya, S., Bagyalakshmi, G., Textile antimicrobial testing and standards. International Journal of Textile and Fashion Technology. 4(1): 2250–2378, 2013.
- [173] Arora, S., Yadav, V., Kumar, P., Gupta, R., Kumar, D., Polymer based antimicrobial coatings as potential biomaterial: A review. International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research, 2013.
- [174] Hui, F., Debiemme-Chouvy, C., Antimicrobial N -halamine polymers and coatings: A review of their synthesis, characterization, and applications. Biomacromolecules. 14(3): 585–601, 2013. <https://doi.org/10.1021/bm301980q>
- [175] Arora, S., Yadav, V., Kumar, P., Gupta, R., Kumar, D., Polymer based antimicrobial coatings as potential biomaterial: A review. International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research, 2013.
- [176] U.B., Altınok, Tekstil Yüzeylerinin Antibakteriyel Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 2008.
- [177] Sedlarik, V., Antimicrobial Modifications of Polymers. Biodegradation- Life of Science. 187–204, 2013. <https://doi.org/10.5772/56222>

- [178] Charpin, P., Sarkar, S., Polynomials with linear structure and Maiorana-McFarland construction. *IEEE Transactions on Information Theory*. 57(6): 3796–3804, 2011. <https://doi.org/10.1109/TIT.2011.2133690>
- [179] Murray P.R., Baron E.J., McFarland standard. DALYNN Biological, 1999.
- [180] Furtado, G.L., Medeiros, A.A., Single-disk diffusion testing (Kirby-Bauer) of susceptibility of *Proteus mirabilis* to chloramphenicol: Significance of the intermediate category. *Journal of Clinical Microbiology*. 12(4): 550–553, 1980.
- [181] Barry, A.L., Coyle, M.B., Thornsberry, C., Gerlach, E.H., Methods of measuring zones of inhibition with the Bauer-Kirby disk susceptibility test. *Methods of Measuring Zones of Inhibition with the Bauer- Kirby Disk Susceptibility Test*. *J. Clin. Microbiol.* 10(6): 885–889, 1979. Retrieved from <http://jcm.asm.org/cgi/content/long/10/6/885>
- [182] Hudzicki, J., Kirby-Bauer Disk Diffusion Susceptibility Test Protocol. American Society for Microbiology. 1–23, 2013. Retrieved from <http://www.asmscience.org/docserver/fulltext/education/protocol/protocol>
- [183] Biemer, J.J., Antimicrobial Susceptibility Testing by the Kirby-Bauer Disc Diffusion Method. *Ann. Clin. Lab. Sci.* 3(2): 135–140, 1973. Retrieved from <http://www.annclinlabsci.org/content/3/2/135.short>
- [184] Shimano, Y., Okada, T., Sakurada, I., Radiation induced graft copolymerization to polyester fibers with one-step impregnation method. *Nucl. Sci. Abst.* 28 (4): 7989, 1973.
- [185] M., Arslan, Cu(II) İyonlarının, 4-Vinil Piridin Aşılantısı Poli (Etilen Teraftalat) Lifler Üzerine Adsorpsiyon Özelliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 2000.

- [186] Arslan, M., Yiğitoğlu, M., Adsorption behaviour of Congo Red from aqueous solution on 4-vinyl pyridine grafted poly (ethylene terephthalate) fibers. *Journal Applied Polymer Science*. 107: 2846-2853, 2008. DOI: 10.1002/app.27389.
- [187] Arslan, M., Günay, K., Anyonik Boyaların Giderilmesi için 4-VP-g-PET Lif ve N-Oksit Türevinin Sentezi. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi* 9 (2): 32-40, 2017. Retrieved from <http://dergipark.gov.tr/umagd/issue/31737/351467>
- [188] Coşkun, R., Yiğitoğlu, M., Saçak, M., Adsorption behavior of Copper (II) ions from aqueous solutions on methacrylic acid- grafted poly (ethylene terephthalate) fibers. *J. App. Poly. Sci.* 75: 766 – 722, 2000.
- [189] Arslan, M., Günay, K., Synthesis of amine-functionalized methacrylic acid-g-poly (ethylene terephthalate) fiber and its Congo red removal ability. *Polymer Bulletin*. 1-13, 2017.
- [190] Arslan, M., Use of 1,6-diaminohexane-functionalized glycidyl methacrylate-g-poly (ethylene terephthalate) fibers for removal of acidic dye from aqueous solution. *Fibers and Polymers*. 11(2): 177-184, 2010.
- [191] Yiğitoğlu, M., Arslan, M., Adsorption Behaviour Of Methylene Blue From Aqueous Solution On Poly (Ethylene Terephthalate)-g-4-Vinylpyridine 2-Hydroxyethylmethacrylate Fibers. *e-polymers*. 55: 1-15, 2007.
- [192] Işıklan, N., Inal, M., Yiğitoğlu, M., Synthesis and Characterization of Poly(N-Vinyl-2-Pyrrolidone) Grafted Sodium Alginate Hydrogel Beads for the Controlled Release of Indomethacin. *J. Appl. polym. Sci.* 110:481-493, 2008.
- [193] Coşkun, R., Removal of cationic dye from aqueous solution by adsorption onto crosslinked poly (4-vinylpyridine/crotonic acid) and its N-oxide derivative. *Polymer Bulletin*. 67(1): 125–140, 2011. <https://doi.org/10.1007/s00289-011-0463-6>

- [194] Matar, M.J., Ostrosky-Zeichner, L., Paetznick, V.L., Rodriguez, J.R., Chen, E., Rex, J.H., Correlation between E-test, disk diffusion, and microdilution methods for antifungal susceptibility testing of fluconazole and voriconazole. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 47(5): 1647–1651, 2003. <https://doi.org/10.1128/AAC.47.5.1647-1651.2003>
- [195] Mishra, K.K., Srivastava, S., Garg, A., Ayyagari, A., Antibiotic susceptibility of *Helicobacter pylori* clinical isolates: Comparative evaluation of disk-diffusion and E-test methods. *Current Microbiology*. 53(4): 329–334, 2006. <https://doi.org/10.1007/s00284-006-0143-1>
- [196] Matuschek, E., Brown, D.F.J., Kahlmeter, G., Development of the EUCAST disk diffusion antimicrobial susceptibility testing method and its implementation in routine microbiology laboratories. *Clinical Microbiology and Infection*. 20(4), 2014. <https://doi.org/10.1111/1469-0691.12373>
- [197] Lee, S.C., Lo, H.J., Fung, C.P., Lee, N., See, L.C., Disk diffusion test and E-test with enriched Mueller-Hinton agar for determining susceptibility of *Candida* species to voriconazole and fluconazole. *Journal of Microbiology, Immunology, and Infection = Wei Mian Yu Gan Ran Za Zhi*. 42(4): 148–153, 2009. <https://doi.org/10.1128/JCM.39.4.1615>
- [198] Nweze, E.I., Mukherjee, P.K., Ghannoum, M.A., Agar-based disk diffusion assay for susceptibility testing of dermatophytes. *Journal of Clinical Microbiology*. 48(10): 3750–3752, 2010. <https://doi.org/10.1128/JCM.01357-10>
- [199] Baker, C.N., Stocker, S.A., Culver, D.H., Thornsberry, C., Comparison of the E test to agar dilution, broth microdilution, and agar diffusion susceptibility testing techniques by using a special challenge set of bacteria. *Journal of Clinical Microbiology*. 29(3): 533–538, 1991.

- [200] Kahm, M., Kahm, M., Hasenbrink, G., Lichtenberg-Frate, H., Ludwig, J., Kschischo, M., Grofit: Fitting biological growth curves. *Nature Precedings*, 2010. <https://doi.org/10.1038/npre.2010.4508.1>
- [201] Bren, A., Hart, Y., Dekel, E., Koster, D., Alon, U., The last generation of bacterial growth in limiting nutrient. *BMC Systems Biology*, 7, 2013. <https://doi.org/10.1186/1752-0509-7-27>
- [202] Santoyo, G., Moreno-Hagelsieb, G., del Carmen Orozco-Mosqueda, M., Glick, B.R., Plant growth-promoting bacterial endophytes. *Microbiological Research*. Elsevier GmbH., 2016. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.11.008>
- [203] Scott, M., Hwa, T., Bacterial growth laws and their applications. *Current Opinion in Biotechnology*, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.04.014>
- [204] Cao, R., Francisco-Fernández, M., Quinto, E.J., A random effect multiplicative heteroscedastic model for bacterial growth. *BMC Bioinformatics*, 11, 2010. <https://doi.org/10.1186/1471-2105-11-77>
- [205] Baranyi, J., Roberts, T.A., A dynamic approach to predicting bacterial growth in food. *International Journal of Food Microbiology*. 23(3-4): 277-294, 1994. [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(94\)90157-0](https://doi.org/10.1016/0168-1605(94)90157-0)
- [206] Temoçin, Z., Yiğitoğlu, M., Studies On The Activity And Stability Of Immobilized Horseradish Peroxidase On Poly (Ethylene Terephthalate) Grafted Acrylamide Fiber. *Bioprocess And Biosystems Engineering*. 32 (4):467-474, 2009.
- [207] Kim, T.N., et al., Anti-microbial effects of metal ions (Ag^+ , Cu^{2+} , Zn^{2+}) in hydroxyapatite. *J. Materials Science Materials*. 9: 129-134, 1998.

- [208] Kenawy, R., Worley, S.D., and Broughton, R., The chemistry and applications of antimicrobial polymers: A state-of-the-art review. *American Chemical*. 8(5): 1359-1384, 2007.
- [209] Morris, C.E., Welch, C.M., Use of aluminum or titanium compounds to bind antibacterial agents to cotton fabri. *Textile Resource Journal*. December, 725-728, 1983.
- [210] Morris, C.E., Welch, C.M., Antimicrobial finishing of cotton with zinc pyrithione. *Textile Resource Journal*. March, 143-147, 1983.
- [211] Lim, S., Hudson, M., and Hudson, S.M., Application of a fiber-reactive chitosan derivative to cotton fabric as an antimicrobial textile finish. *Carbohydrate Polymers*. 56: 227-234, 2004.
- [212] Kumar, V., et al., Radiation-induced grafting of vinylbenzyl trimethyl ammonium chloride (VBT) onto cotton fabric and study of its antibacterialactivities. *Physics and Chemistry*. 73: 175–182, 2005.
- [213] E., Sağlam, Bazı Tetrahidro-2H-1,3,5-Tiyadiazin-2-Tiyon Türevi Bileşiklerinin Sentezleri ve Antibakteriyel, Antifungal Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 2005.
- [214] M.W., Huh, et al., Surface characterization and antibacterial activity of chitosan-grafted poly (ethylene terephthalate) prepared by plasma glow discharge. *Journal of Applied Polymer Science*. 81(11): 2769-2778, 2001.
- [215] S.G., Hu, C.H., Jou, and M.C., Yang, Surface grafting of polyester fiber with chitosan and the antibacterial activity of pathogenic bacteria. *Journal of Applied Polymer Science*. 86(12): 2977-2983, 2002.

[216] P., Güvenç, Metan Sülfonilhidrazon Türevleri ile Ni(II) ve Co(II) Komplekslerinin Sentezi, Yapılarının Aydınlatılması ve Antibakteriyel Aktivitelerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara, 2007.

