



**LİNALOOL MONOMERİNDEN
PLAZMA POLİMERİZASYONU İLE
ANTİBAKTERİYAL İNCE FİLM ELDE EDİLMESİ**

Kenan ÇAKMAK

**Yüksek Lisans Tezi
Nanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı
Nanobiyoteknoloji Bilim Dalı
Prof. Dr. Ahmet MAVİ
2017
Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**LİNALOOL MONOMERİNDEN
PLAZMA POLİMERİZASYONU İLE
ANTİBAKTERİYAL İNCE FİLM ELDE EDİLMESİ**

Kenan ÇAKMAK

**NANOBİLİM VE NANOMÜHENDİSLİK ANABİLİM DALI
Nanobiyoteknoloji Bilim Dalı**

**ERZURUM
2017**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**VLS TEKNİĞİ İLE BAKIR OKSİT (CUO) NANOTELLERİN
ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU**

Prof. Dr. Fatih SEVİM danışmanlığında, Ece AKTÜRK tarafından hazırlanan bu çalışma 10.02/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Nanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı – Nanomalzeme Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr. Raşit TURAN

İmza :

Üye : Prof.Dr. Fatih SEVİM

İmza :

Üye : Prof.Dr. Mehmet ERTUĞRUL

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 16.02.2017 tarih ve 7.../...29 nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Cavit KAZAZ
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

LİNALOOL MONOMERİNDEN PLAZMA POLİMERİZASYONU İLE ANTİBAKTERİYAL İNCE FİLM ELDE EDİLMESİ

Kenan ÇAKMAK

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Nanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı
Nanobiyoteknoloji Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet MAVİ

Bu çalışmada linalool monomerinin plazma polimerizasyon tekniği kullanarak cam alttaş yüzeyinde ince filmleri (ppLin) sentezlendi ve bu filmlerin antibakteriyal etkisi incelendi. Plazma polimerizasyon ünitesi, linalool monomerinin 20W ve 15W elektrik akımlarında 15 ve 30 dakika sürede ve 500mTorr basınçta cam alttaşların yüzeylerinde ince film oluşturmak için kullanıldı. Sentezlenen ppLin FTIR, SEM, AFM analizi yapıldı. İnce filmlerin hidrofilik karakteri temas açısı ölçümleri yapılarak belirlendi. ppLin'in fonksiyonel grupları, *E.coli* (ATCC25922) ve *S. aureus*'a (ATCC29213) karşı antibakteriyal özellikleri test edildi. Elde edilen sonuçta en iyi antibakteriyal adezyon etkiyi *E. coli* için 20W 15 dakikada üretilen ppLin ince filmleri ve *S. aureus* için 20W 30 dakikada üretilen ppLin ince filmleri gösterdi. ppLin ince filmleri antibakteriyal etkileri McFarland 0,5 standardına göre belirlendi. 20W 15 dakikada üretilen ppLin ince filmleri, *E.coli* sayısında ilk gün %6 azalma dördüncü gün sonunda %10 azalma sağladı. 20W 30 dakikada üretilen ppLin ince filmleri, *S. aureus* sayısında ilk gün %4 azalma dördüncü günün sonunda %87 azalma sağladı.

2017, 69 sayfa

Anahtar Kelimeler: Linalool, Plazma Polimerizasyon, İnce film, Antibakteriyal aktivite, *S. aureus*, *E.coli*

ABSTRACT

Master Thesis

PREPARATION OF ANTIBACTERIAL THIN FILMS OBTAINED FROM LINALOOL BY USING PLASMA POLYMERIZATION

Kenan ÇAKMAK

Ataturk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Nano Science and Nano Engineering
Nanobiotechnology Science

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet MAVİ

In this study, antibacterial effect of the thin film (ppLin) synthesized linalool monomer on the surface of glass substrate by using plasma polymerisation technique was investigated. The plasma polymerization unit was used to form a thin film of linalool monomer at 20W and 15W electrical currents for 15 and 30 minutes and at 500mTorr pressure on the surfaces of glass substrate. FTIR, SEM, AFM analyzes were performed for the synthesized ppLin. The hydrophilic characterization of the surface was determined by measuring contact angle of samples. Antibacterial properties of ppLin against *E.coli* (ATCC 25922) and *S.aureus* (ATCC 29213) were tested. The result have showed that the best antibacterial adhesion effect was for ppLin thin films produced at 20W for 15 minutes at *E.coli* and at 20W for 30 minutes at *S.aureus*. Antibacterial effects of ppLin thin films were determined according to McFarland 0.5 standard. 20W for 15 minutes of ppLin thin films resulted in 6% reduction on the first day and in 10% reduction at the end of the fourth day of *E. coli* examination. 20W for 30 minutes of ppLin thin films resulted in 4% reduction on the first day and in 87% reduction at the end of the fourth day of *S.aureus* examination.

2017, 69 pages

Keywords: Linalool, Plasma Polymerization, Thin film, Antibacterial activity, *S. aureus*, *E.coli*

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışma, Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Fizik ve Kimya Eğitimi Anabilim Dalı, Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, ve DAYTAM’da gerçekleştirilmiştir.

Bu tezin gerçekleştirilmesinde son ana kadar çalışmalarına yön veren danışmanım Sayın Prof. Dr. Ahmet MAVİ’ye katkılarından ve desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Ahmet GÜRSES, Sayın Prof. Dr. Önder Şimşek, Sayın Prof. Dr. Güzin KABAN, Sayın Doç. Dr. Özlem BARIŞ, Sayın Doç. Dr. Bülent ÇETİN, Sayın Arş. Gör. Kübra ÇINAR, Sayın Arş. Gör. Özkan Bayram’a teşekkür ederim.

Çalışmalarında bana destek veren N. Sedanur ÇİFTÇİ, Kübra GÜNEŞ, Kübra FETTAHOĞLU, Kübra SOLAK ve Yeliz DEMİR’e teşekkür ederim.

Ailem, annem ve babam Hülya & Ali ÇAKMAK’a, kardeşlerim Kaan ÇAKMAK, Beyza ÇAKMAK’a, amcalarım Mustafa ÇAKMAK, Mehmet ÇAKMAK ve Kamil ÇAKMAK’a her konuda yanımda oldukları için teşekkür ederim.

Kenan ÇAKMAK

Şubat 2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Nanoteknoloji.....	1
1.2. Nano Boyutta Kuantum Sınırlamanın Önemi	2
1.2.1. Boyutsuz Sistemlerde Kuantum Sınırlama	3
1.2.2. Tek Boyutlu Sistemler Kuantum Sınırlama	3
1.2.3. İki Boyutlu Sistemlerde Kuantum Sınırlama	4
1.2.4. Üç Boyutlu Sistemlerde Kuantum Sınırlama (Yığın Materyaller)	4
1.3. Nanometre Sınırlarına Bakış	5
1.4. Nanoteknoloji Gelişimi ve Teknolojik Devrimi	6
1.5. Nanoteknolojide Yapılan Mimikri Çalışmaları.....	7
1.6. Nanobiyoteknoloji ve Bu Alanda Yapılan Çalışmalar	8
1.7. Kuantum Noktalar	9
1.8. Polimerler	11
1.9. Polimerlerin Sınıflandırılması	12
1.9.1. Molekül ağırlıklarına göre (oligomer, makro molekül)	12
1.9.2. Doğada bulunup bulunmamasına göre (doğal, yapay).....	13
1.9.3. Organik ya da inorganik olmalarına göre.....	14
1.9.4. Isıya karşı gösterdikleri davranışa göre (termoset, termoplastik)	15
1.9.5. Zincir yapısına göre (homopolimer, kopolimer).....	16
1.9.6. Zincirin fiziksel ve kimyasal yapısına göre (amorf, dallanmış, çapraz bağlı, düz polimerler).....	17
1.9.7. Sentezleme şekillerine göre (basamak, zincir).....	19

2. KAYNAK ÖZETİ	23
2.1. Mikroorganizmalar.....	23
2.1.1. Mikroorganizmaların Gelişimini Etkileyen Bazı Faktörler	25
2.2. Antimikrobiyal Yapay Korucu Maddeler.....	26
2.3. Antimikrobiyal Doğal Koruyucu Maddeler	28
2.4. Linalool (3,7-dimetiloktan-1,6-dien-3-ol).....	31
2.5. İnce Film Teknolojisi	31
2.6. Plazma Polimerizasyon	32
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	41
3.1. Kimyasallar	41
3.2. Cihazlar	41
3.3. Camların Hazırlanması.....	41
3.4. ppLin Sentezi ve Tanımlanması.....	42
3.5. Antibakteriyal Analiz	43
3.5.1. Antibakteriyal analiz için ön işlemler	43
3.5.2. Antibakteriyal Adezyon Deneyleri	44
3.5.3. Antibakteriyal Etkinlik Testi.....	45
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	47
4.1. SEM Sonuçları	47
4.2. AFM Analizleri	48
4.3. FTIR Sonuçları.....	49
4.4. Temas Açıları	50
4.5. Antibakteriyal Adezyon Deney Sonuçları	51
4.5.1. <i>Escherichia coli</i>	51
4.5.2. <i>Staphylococcus aureus</i>	54
4.6. Antibakteriyal Etkinlik Test Sonuçları.....	57
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	59
KAYNAKLAR	64
ÖZGEÇMİŞ	69

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a	Sınırlı
Å	Angstrom
ABA	Antibakteriyal Aktivite
AFA	Antifungal Aktivite
AFM	Atomic Force Microscope (Atomik Kuvvet Mikroskopisi)
ALE	Atomik Katman Epitaksisi
AOA	Antioksidan Aktivite
Au	Altın
BPO	Benzoil peroksit
CdSe	Kadmiyum Selenür
cm	Santimetre
CVD	Kimyasal Buhar Biriktirme
d	Boyut
DOCA	Deoksikolik asit
<i>E.coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
FTIR	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
h ⁺	Boşluk
k	Sürekli
K	Kelvin
Kob	Koloni oluşturan birim
LB	Luria Bertani
LMWH	Düşük molekül ağırlıklı heparin
LPCVD	Düşük Basınçta Kimyasal Buhar Biriktirme
m	Metre
m ²	Metrekare
MBE	Moleküler Demet Epitaksisi
ml	Mililitre
mm	Milimetre
MOCVD	Metal-Organik Kimyasal Buhar Biriktirme

nm	Nanometre
NNI	National Nanotechnology Initiative (Ulusal Nanoteknoloji Girişimi)
PECVD	Plazma Destekli Kimyasal Buhar Biriktirme
r	Ekziton yarıçapı
RF	Radyo Frekansı
<i>S.aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
SEM	Scanning Electron Microscope (Taramalı Elektron Mikroskobu)
STM	Scanning Tunnelling Microscope (Taramalı Tünelleme Mikroskobu)
TSA	Tryptic Soy Agar
TSB	Tryptic Soy Broth
λ	De Broglie dalga boyu
μm	Mikrometre

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Boyut değıştikçe etki eden kuvvetlerin gösterimi (Hivet <i>et al.</i> 2012).....	1
Şekil 1.2. Hacim ile yüzey alanının boyuta göre değışikliğinin gösterimi	2
Şekil 1.3. Ekziton yapısının gösterimi ($h: 6,626 \times 10^{-34}$ J.s) (Achuthan and Bhat 2007). .	2
Şekil 1.4. Sıfır boyutlu sistemlerin hareket şeması (Schmid 2008).....	3
Şekil 1.5. Tek boyutlu sistemlerin hareket şeması (Schmid 2008).....	4
Şekil 1.6. İki boyutlu sistemlerin hareket şeması (Schmid 2008).....	4
Şekil 1.7. Üç boyutlu sistemlerin hareket şeması (Schmid 2008)	5
Şekil 1.8. Boyut şeması (Schneider 2010).....	5
Şekil 1.9. Altın elementinin boyuta karşı kristal diziliminin gösterimi (Anonymous, 2017).	6
Şekil 1.10. Teknolojinin evrimsel tarihi (Poise 2006)	7
Şekil 1.11. Lotus yaprağının ve üzerindeki su taneciğinin SEM görüntüsü (Barthlott <i>et al.</i> 1997).	8
Şekil 1.12. pRNA üçgen nanopartiküllerin oluşumu (Khisamutdinov <i>et al.</i> 2014).....	9
Şekil 1.13. Kuantum noktaların dalga vektörüne (k) karşı enerji (E) grafiğı (Schmid 2008).	10
Şekil 1.14. CdSe kuantum noktaların boyuta göre farklılaşan optiksel özelliklerinin gösterimi (Liu <i>et al.</i> 2008).....	10
Şekil 1.15. Q-LHD kuantum noktaların oluşumu ve görüntülenmesi (Khatun <i>et al.</i> 2012).	11
Şekil 1.16. Monomerlerden polimer oluşumunun gösterimi	12
Şekil 1.17. Oligomerlerin oluşumu.....	12
Şekil 1.18. Doğal polimer nişastanın gösterimi	13
Şekil 1.19. Yapay polimerlerden polietilenin yapısı.....	14
Şekil 1.20. Organik polimerler (poliesterlerin oluşum mekanizması).....	14
Şekil 1.21. İnorganik polimerler (polidimetilsiloksan oluşum mekanizması)(Saçak 2004).	15
Şekil 1.22. Termoplastik polimerler (polistiren oluşum mekanizması).....	15
Şekil 1.23. Termoset polimerlerin (fenol formaldehit reçinesi) oluşum mekanizması...	16

Şekil 1.24. Homopolimer (polivinilklorürün oluşum mekanizması)	16
Şekil 1.25. Stiren akrilonitril ardışık kopolimerin oluşum mekanizması	17
Şekil 1.26. Polimerlerin kristal yapı gösterimi	18
Şekil 1.27. Doğrusal, dallanmış ve çapraz polimerlerin gösterimi	18
Şekil 1.28. Basamak polimerizasyon (nylon 6-6 oluşum mekanizması)	19
Şekil 1.29. Serbest radikal (benzoioksi radikali) oluşum mekanizması	20
Şekil 1.30. Radikalik katılma polimerizasyonunun (poliakrilonitril) oluşum mekanizması.....	20
Şekil 1.31. Karbon karbon çift bağının homojen ve heterojen kırılması	21
Şekil 1.32 Poliakrilonitrilin radikal merkezlerinin gösterimi	21
Şekil 2.1. Linalool monomerinin yapısının gösterimi.	31
Şekil 2.2. Plazma boşluğunda bulunan partiküller ve çarpışmalar (Wang <i>et al.</i> 2007)..	33
Şekil 2.3. Güneş yüzeyinde patlamalar sonucunda oluşan plazmanın görünümü (Anonymous 2016b).....	34
Şekil 2.4. Plazma polimerizasyonun cihazının gösterimi	36
Şekil 2.5. Plazma polimerizasyonunda gerçekleşen zincir büyüme mekanizmasının gösterimi (Friedrich 2011).	37
Şekil 3.1. Lamelin kesim şeklinin gösterimi (sol üst bölgenin kesilmesi kaplı yüzeyin belirlenmesini sağlamaktadır) (a: antibakteriyal etkinlik testlerinde kullanılmıştır. b: antibakteriyal adezyon deneylerinde kullanılmıştır.).....	42
Şekil 3.2. Besi yerine ekim ve ppLin numunelerin yerleştirimi (ppLin kaplı yüzeyler besiyerine gelecek şekilde konulmuştur)	45
Şekil 3.3. Antibakteriyal etkinlik testin yapılışının gösterimi	46
Şekil 4.1. ppLin'in FTIR spekturumu.....	50
Şekil 4.2. ppLin ince filmlerinin temas açısı ölçüm sonuçları.....	51
Şekil 4.3. Boş camın <i>E.coli</i> içeren yüzeylere karşı etkisinin görünümü	52
Şekil 4.4. ppLin (15W 15 dakika) ince filmlerinin <i>E.coli</i> içeren yüzeylere karşı etkisinin görünümü	52
Şekil 4.5. ppLin (15W 30 dakika) ince filmlerinin <i>E.coli</i> içeren yüzeylere karşı etkisinin görünümü	53
Şekil 4.6. ppLin (20W 15 dakika) ince filmlerinin <i>E. coli</i> içeren yüzeylere karşı etkisinin görünümü	53

Şekil 4.7. ppLin (20W 30 dakika) ince filmlerinin <i>E. coli</i> içeren yüzeylere karşı etkisinin görünümü	54
Şekil 4.8. Boş camın <i>S. aureus</i> içeren yüzeylere karşı etkisinin görünümü	55
Şekil 4.9. ppLin (15W 15 dakika) ince filmlerinin <i>S. aureus</i> içeren yüzeylere karşı etkisinin görünümü	55
Şekil 4.10. ppLin (15W 30 dakika) ince filmlerinin <i>S. aureus</i> içeren yüzeylere karşı etkisinin görünümü	56
Şekil 4.11. ppLin (20W 15 dakika) ince filmlerinin <i>S. aureus</i> içeren yüzeylere karşı etkisinin görünümü	56
Şekil 4.12. ppLin (20W 30 dakika) ince filmlerinin <i>S. aureus</i> içeren yüzeylere karşı etkisinin görünümü	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

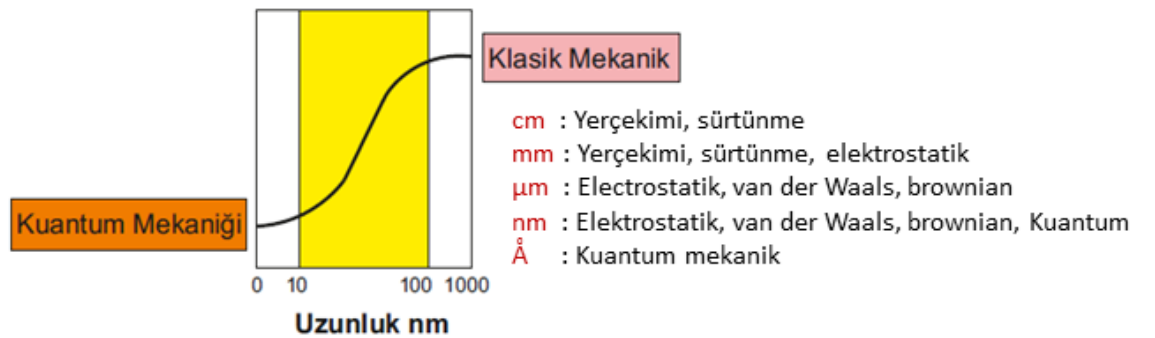
Çizelge 1. Bazı bakterilerin genel özellikleri (Sert 2008).....	24
Çizelge 2. Mikroorganizmaların gelişimi için minimum, optimum ve maksimum pH değerleri (Sert 2008).	25
Çizelge 3. Mikroorganizmaların su aktivite değerleri (Sert 2008).	25
Çizelge 4. Bazı gıdaların indirgenme ve yükseltgenme (Eh) değerleri (Sert 2008).	26
Çizelge 5. Gıda sanayinde antimikrobiyal olarak kullanılan maddeler ve özellikleri (Gökalp vd. 2002).....	27
Çizelge 6. Koruyucu özellikleri bilinen maddeler.	28
Çizelge 7. Koruyucu özellikleri bilinen maddeler.	29
Çizelge 8. Literatürde uçucu yağlar ile yapılmış bazı çalışmalar (ABA: Antibakteriyal aktivite, AOA: Antioksidan aktivite, AFA: Antifungal aktivite).....	30
Çizelge 9. İnce film biriktirme metotlarının gösterimi (kimyasal buhar biriktirme (CVD), Atomik katman epitaksisi (ALE), moleküler demet epitaksisi (MBE)) (Anonymous 2016a).....	32
Çizelge 10. Plazmanın ortamında bulunan gazların sıcaklığına göre sınıflandırılması..	35
Çizelge 11. Organik kaynakların plazma polimerizasyonu ile ince film oluşumu	38
Çizelge 12. ppLin'in karakterizasyon ve antibakteriyal testlerin akış şeması.	40
Çizelge 13. ppLin sentez ve karakterizasyonda kullanılan cihazlar	41
Çizelge 14 ppLin numunelerinin SEM görüntüleri	47
Çizelge 15. ppLin'lerin 3D ve 2D AFM görüntüsü ve pürüzlülük(Ra) değerleri	48
Çizelge 16. ppLin'lerin 3D ve 2D AFM görüntüsü ve pürüzlülük(Ra) değerlerinin devamı	49
Çizelge 17. ppLinlerin ve kontrolün <i>E.coli</i> 'ye karşı antibakteriyal adezyon etkisi.....	51
Çizelge 18. ppLinlerin ve kontrolün <i>S. aureus</i> 'a karşı Antibakteriyal adezyon etkisi ...	54
Çizelge 19. Antibakteriyal testin dört gün okunan absorbans değerleri	57

1.GİRİŞ

1.1. Nanoteknoloji

Nanoteknoloji, 1-100nm boyutlarında materyal tasarlayan ve bu materyalleri teknolojiye sunan bir bilim dalıdır. Nanoteknoloji ayrıca metrenin milyarda biri kadar küçük bir ölçü biriminde; materyallerin tasarımı, yüzey modifikasyonu, yüzey pürüzlülüğü, homojen düzgün bir morfolojik yapı oluşturma sistemi olarak da tanımlanabilir. Nanoteknoloji multi-disipliner bir alandır. Bu alan; kimya, biyoloji, fizik, tıp, eczacılık ve mühendislik gibi alanlara ortak çalışma alanı sağlar.

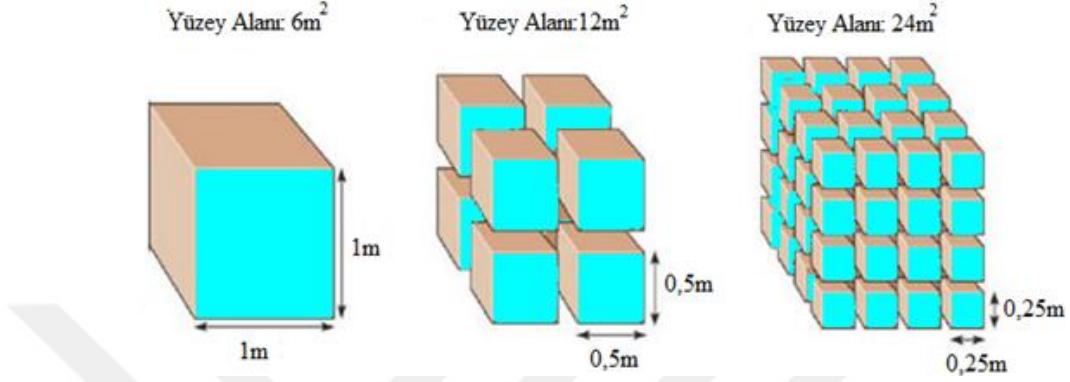
Nanoteknolojik yöntemler ile üretilen materyaller, geleneksel yöntemler ile üretilen materyaller göre optik, manyetik, kimyasal ve fiziksel özellikleri açısından farklılık göstermektedir. Bu farklılığın asıl sebebi hacim ile yüzey alanı oranı, kuantum sınırlama ve etki eden kuvvetlerin farklı olmasıdır. Şekil 1.1’de boyut değiştikçe etki eden kuvvetlerin değişim verilmiştir. Yığın yapıda yerçekimi ve sürtünme gibi kuvvetler etki ederken, nano boyutlarda itme çekme kuvvetleri, van der Waals kuvvetleri, elektrostatik etki ve Brownian hareketler etkili olmaktadır (Hivet *et al.* 2012).



Şekil 1.1. Boyut değiştikçe etki eden kuvvetlerin gösterimi (Hivet *et al.* 2012)

Maddelerinin boyuta göre hacim ile yüzey alanı değişikliği Şekil 1.2’de gösterilmiştir. Nano boyutlarda elde edilen ürünlerin yığın yapıdakilere göre daha fazla yüzey alanına

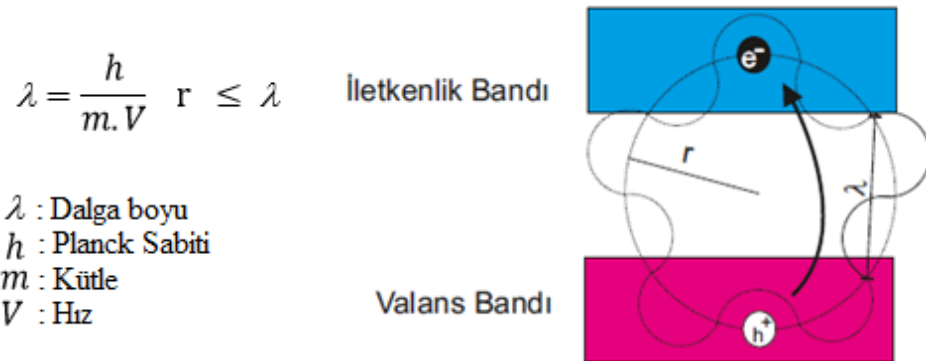
sahip olmasının sebebi hacim ile yüzey alanı oranının boyut değıştikçe farklılaşmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 1.2. Hacim ile yüzey alanının boyuta göre değışikliğinin gösterimi

1.2. Nano Boyutta Kuantum Sınırlamanın Önemi

De Broglie tarafından öne sürülen kuantum sınırlama etkisi; nano boyuta yön veren ve bu boyutta oluşacak yapıların sınırlarını belirleyen kuralların bütünüdür. Nano boyutta malzemelerin kuantum sınırlamaya uğrayabilmesi için ($r \leq \lambda$) ekziton yarıçapının De Broglie dalga boyundan küçük ya da eşit olması gerekmektedir. De Broglie dalga boyu aşağıdaki formülle ifade edilmektedir (Achuthan and Bhat 2007).

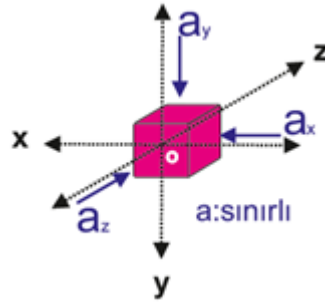


Şekil 1.3. Ekziton yapısının gösterimi (h : $6,626 \times 10^{-34}$ J.s) (Achuthan and Bhat 2007).

Valans bandındaki bir elektron, iletkenlik bandına geçtiğinde valans bandında bir boşluk (h^+) bırakır. Şekil 1.3'te iletkenlik bandındaki elektron ile valans bandındaki boşluk arasında hayali bir daire oluşturulmuştur. Bu daireye ekziton denir. Ekzitonun yarıçapı r ile ifade edilir.

1.2.1. Boyutsuz Sistemlerde Kuantum Sınırlama

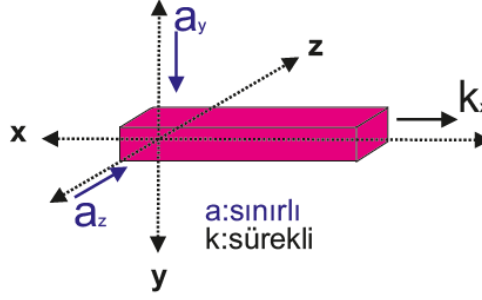
Orijinden (0,0) başlayarak x , y ve z düzlemlerine doğru sadece birkaç nanometre elektron hareketine imkân sunan koordinat sistemine, boyutsuz sistemler denir. Bu sistemler “kuantum nokta” adıyla da bilinmektedir. Boyutsuz sistemler üç (a_x , a_y ve a_z) boyutta kuantum sınırlamaya uğramış sistemlerdir (Schmid 2008).



Şekil 1.4. Sıfır boyutlu sistemlerin hareket şeması (Schmid 2008)

1.2.2. Tek Boyutlu Sistemler Kuantum Sınırlama

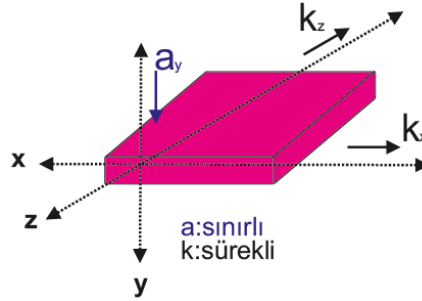
Orijinden (0,0) başlayarak tek boyutta (k_x) sonsuz elektron hareketine imkân sunan koordinat sistemine, tek boyutlu sistemler denir. Bu sistemler “kuantum tel” adıyla da bilinmektedir. Tek boyutlu sistemler, iki (a_y , a_z) boyutta kuantum sınırlamaya uğramış sistemlerdir (Schmid 2008).



Şekil 1.5. Tek boyutlu sistemlerin hareket şeması (Schmid 2008)

1.2.3. İki Boyutlu Sistemlerde Kuantum Sınırlama

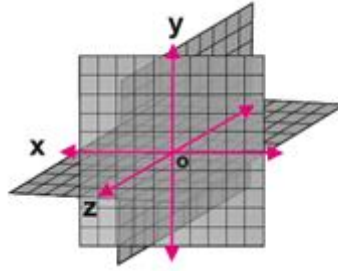
Orijinden (0,0) başlayarak iki boyutta (k_x ve k_z) sonsuz elektron hareketine imkân sunan koordinat sistemine, iki boyutlu sistemler denir. Bu sistemler “kuantum levha” adıyla da bilinmektedir. İki boyutlu sistemler bir (a_y) boyutta kuantum sınırlamaya uğramış sistemlerdir (Schmid 2008).



Şekil 1.6. İki boyutlu sistemlerin hareket şeması (Schmid 2008)

1.2.4. Üç Boyutlu Sistemlerde Kuantum Sınırlama (Yığın Materyaller)

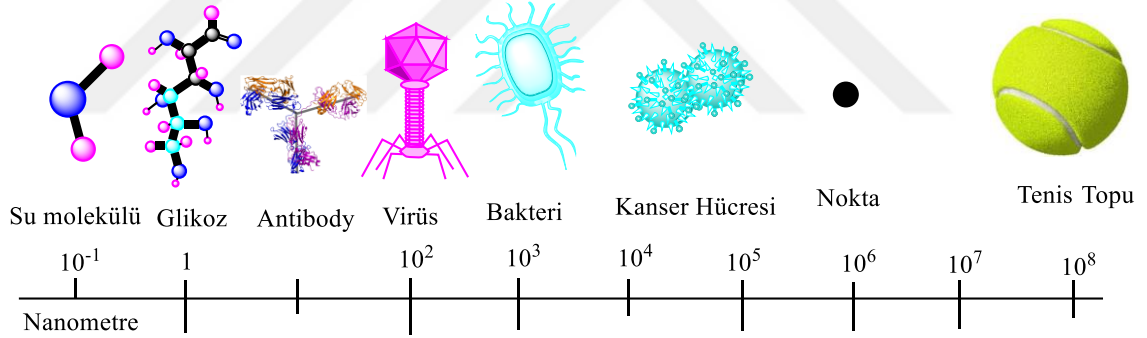
Orijinden (0,0) başlayarak üç boyutta (k_x , k_y ve k_z) sonsuz elektron hareketine imkân sunan koordinat sistemine, üç boyutlu sistemler denir. Bu sistemler “yığın yapı” adıyla da bilinmektedir. Üç boyutlu sistemler kuantum sınırlamaya uğramamış sistemlerdir (Schmid 2008).



Şekil 1.7. Üç boyutlu sistemlerin hareket şeması (Schmid 2008)

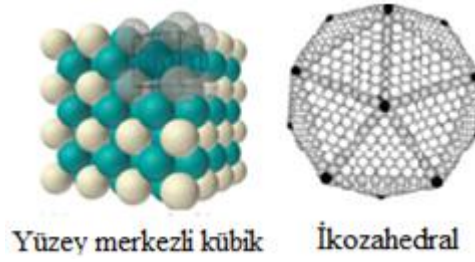
1.3. Nanometre Sınırlarına Bakış

Nanometre, metrenin milyarda biri olarak tanımlanan bir ölçü birimidir. Örneğin glikoz molekülü 1nm iken kanser hücresi 10^4 - 10^5 nm arasındadır.



Şekil 1.8. Boyut şeması (Schneider 2010)

Boyutun değişmesi parçacıkların fiziksel, kimyasal, optik ve manyetik özelliklerinde değişmesine yol açmaktadır. Örneğin, altın (Au) 5nm'den küçük boyutlarda ikozahedral kristal yapıda bulunurken, yığın yapıda genellikle yüzey merkezli kübik kristal yapıda bulunabilmektedir (Jin *et al.* 2011).



Şekil 1.9. Altın elementinin boyuta karşı kristal diziliminin gösterimi (Anonymous, 2017).

1.4. Nanoteknoloji Gelişimi ve Teknolojik Devrimi

Son yirmi yıl içerisinde hayatımızda önemli yerlere gelmiş olan nanoteknolojik ürünlerin elde edilmesi ve kullanılması; 1959 yılında Richard Feynman'ın nanoteknolojinin doğuşuna zemin hazırlayan konuşmasından sonra başlamıştır. IBM tarafından 1981 yılında Taramalı Tünelleme Mikroskobu (STM) ve 1986 yılında Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) cihazının geliştirilmesiyle bu süreç devam etmiştir. Angstrom ve nano boyutta hassas ölçüm yapabilen bu cihazların gelişmesi önceden var olan malzemelerinde analizine imkân vermiştir. Örneğin; Romalılar tarafından yapılan Lycurgus Kupası ve Ayasofya'daki renkli cam vitraylar, tarihi nanoteknolojik ürünlerdir (Freestone *et al.* 2007).

Günümüzde nanoteknolojik ürünler diğer ürünlere göre; ekonomik, uzun ömürlü ve daha dayanıklıdır. Örneğin 1879 yılında Thomas Edison tarafından icat edilen elektrik ampulleri, günümüzde yerini farklı renklerde ışık veren LED lambalara bırakmıştır. Aydınlatma kapasitesi yüksek olan bu lambalar, günümüzde otomotiv sanayisinden bina aydınlatmasına kadar çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (Chung *et al.* 2011).



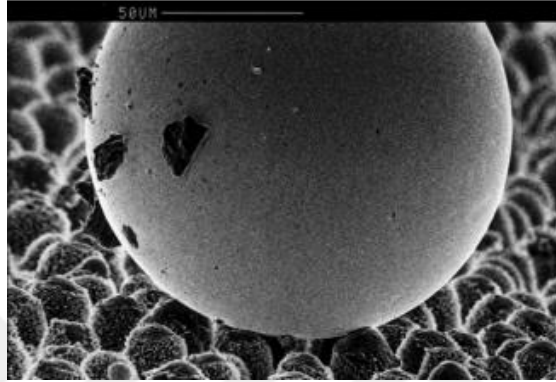
Şekil 1.10. Teknolojinin evrimsel tarihi (Poise 2006)

Şekil 1.10’da tekstilin önemli olduğu 19. yüzyıldan, nanoteknolojinin önemli olduğu 21. yüzyıla kadar teknolojinin evrimsel değişimleri gösterilmiştir. Endüstriyel devrim ile başlayan bu yenilenme anlayışı, yeni teknolojilerin ortaya çıkmasına ve mevcut teknolojilerinde geliştirilmesine olanak sağlamıştır. 1825 yılında buharlı motorların icadı demir yolu ulaşımının ve 1886 yılında otomotiv sektörünün ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Teknolojinin hızla gelişimi 1939 yılında hesap makinesi ile başlayan bilgisayar çağına ortaya çıkmasına ve 1997 yılında ise hassas görüntüleme sistemlerin gelişmesi ile başlayan nanoteknoloji devriminin ortaya çıkmasına sebep olmuştur (Wolf and Medikonda 2014; Ramsden 2009). Nanoteknoloji alanında ülkeler muazzam seviyelerde yatırımlar yapmaktadırlar. Amerika ulusal nanoteknoloji girişimi (NNI) 2016 yılında nanoteknoloji araştırmaları için 1,5 milyar Amerikan Dolarından fazla bütçe ayrılmıştır ve 2017 yılı için ise 1,4 milyar Amerikan Dolarından fazla bütçe ayracağı rapor edilmiştir. Toplamda 2001 yılından sonra NNI birime aktarılan miktar 24 milyar Amerikan Dolarıdır (Anonymous 2016).

1.5. Nanoteknolojide Yapılan Mimikri Çalışmaları

Mimikri, hayvanları, bitkileri ve mikroorganizmaları taklit ederek yeni ürünler elde etmeyi amaçlayan bir bilim dalıdır. Doğada bulunan mükemmel bir örneği taklit etmemiz, nano boyutun anahtarı olabilecek bilgiler içerebilir. Örneğin Wilhelm Barthlott, Lotus çiçeğinin süper hidrofobik (temas açısı $\geq 140^\circ$) özelliğe sahip yapraklarının olduğunu tespit

etmiştir. Şekil 1.11’de lotus bitkisinin yaprak yüzeyinde su damlacığının görüntüsü verilmektedir. Su damlacığı yaprak yüzeyine düştüğünde yüzeyde bulunan partikülleri uzaklaştırmaktadır ve lotus bitkisinin yağmurdan sonra yüzeyin devamlı temiz kalmasını sağlamaktadır (Barthlott *et al.* 1997).



Şekil 1.11. Lotus yaprağının ve üzerindeki su taneciğinin SEM görüntüsü (Barthlott *et al.* 1997).

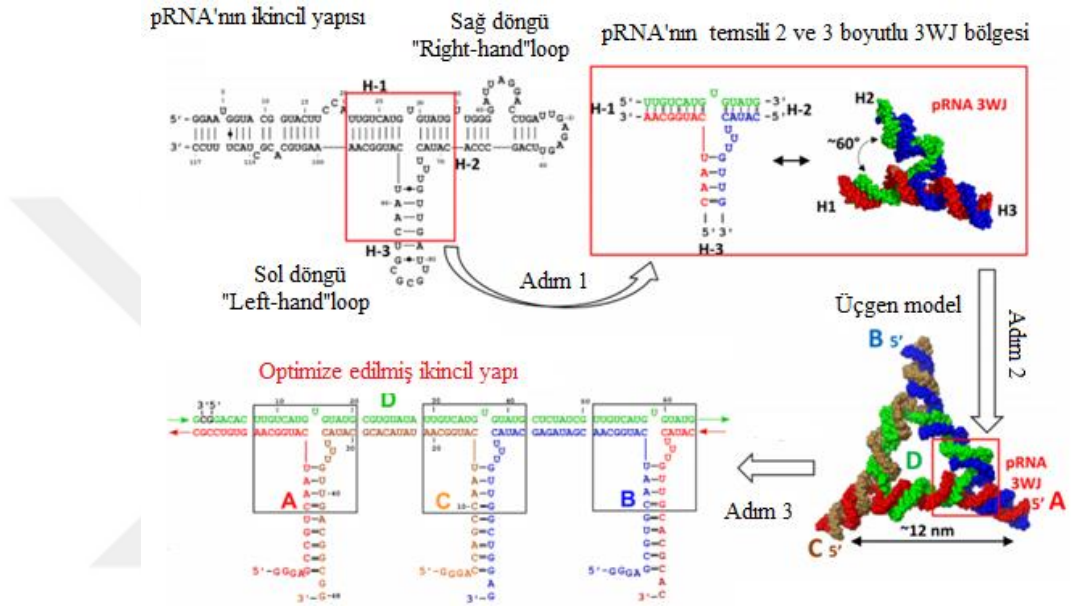
Lotus bitkisinin yapraklarının karakter özellikleri günümüzde süper hidrofobik karakterde kumaşlar, formikalar, tuğlalar vb. birçok materyal üretilmesine imkân sağlamıştır (Solga *et al.* 2007).

Yüksek seviyede radyasyona dayanıklı olan *Deinococcus radiodurans* bakterisinin bu özelliğinde yararlanarak gelecekte yeni nesil askeri giysiler daha basit bir donanım ile radyasyona dayanıklı bir hale getirileceği beklenmektedir (Daly *et al.* 2004).

1.6. Nanobiyoteknoloji ve Bu Alanda Yapılan Çalışmalar

Nanobiyoteknoloji; nanobilim ve biyoteknoloji gibi iki disiplini içeren ve biyolojik sistemlerin nanoteknolojiye uyarlanmasını amaçlayan bir bilim dalıdır. Bir hücrede saniyede gerçekleşen onbinlerce biyokimyasal reaksiyon, bugün en gelişmiş laboratuvarlarda çok uzun sürelerde ve çok fazla emek harcayarak yapılabilmektedir.

Mikron boyutunda çeşitli reaksiyonları gerçekleştirebilme yetisine sahip olan hücrenin veya bileşenlerinin nanoteknoloji alanında kullanılması, hem teknoloji gelişimine hem de hücreyi daha iyi tanımamıza yardımcı olacaktır. Örneğin; kendi kendine meydana gelen (self assembly) pRNA(packaging RNA) üçgen modeli oluşumunu inceleyelim.



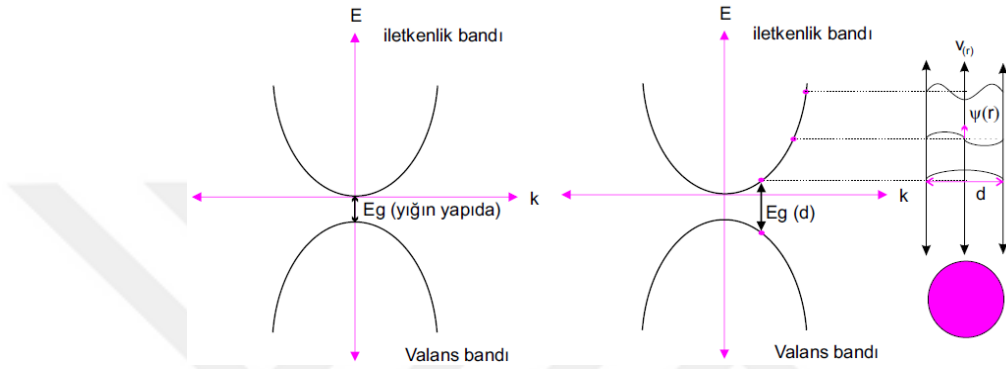
Şekil 1.12. pRNA üçgen nanopartiküllerin oluşumu (Khisamutdinov *et al.* 2014).

Şekil 1.12’de kendi kendine birleşme sonucunda elde edilen pRNA’nın 3WJ (3-way junction) motifinin ve üçgen model oluşumu gösterilmiştir. Kendi kendine birleşme eğilimi gösteren nükleik asitler 12nm heliks uzunluğuna sahip nanoparçacıkların oluşmasını sağlamıştır. 100°C sıcaklığa karşı dirençli özel bir RNA polimeri elde edilmiştir. (Khisamutdinov *et al.* 2014).

1.7. Kuantum Noktalar

Kuantum noktalar, üç boyutu da kuantum sınırlamasına uğramış nanoparçacıklardır. De Broglie dalga boyunda küçük ya da eşit bir yarıçapa sahip olan bu parçacıklar kritik özelliklere sahiptir. Kuantum noktalar fabrikasyon tekniklerine göre boyut, şekil ve tek dağılımlı (monodisper) olarak yüksek hassasiyetle üretilebilir. Yarı iletken kuantum

noktaların çarpıcı etkileri valans bandının en tepe noktası ile iletkenlik bandının en düşük noktası arasında mesafeden kaynaklanmaktadır. Bu mesafe, enerji bant aralığı (bandgap, E_g) olarak isimlendirilir. Şekil 1.13'te yarı iletken nanoparçacıkların E-k grafiği çizilmiştir.



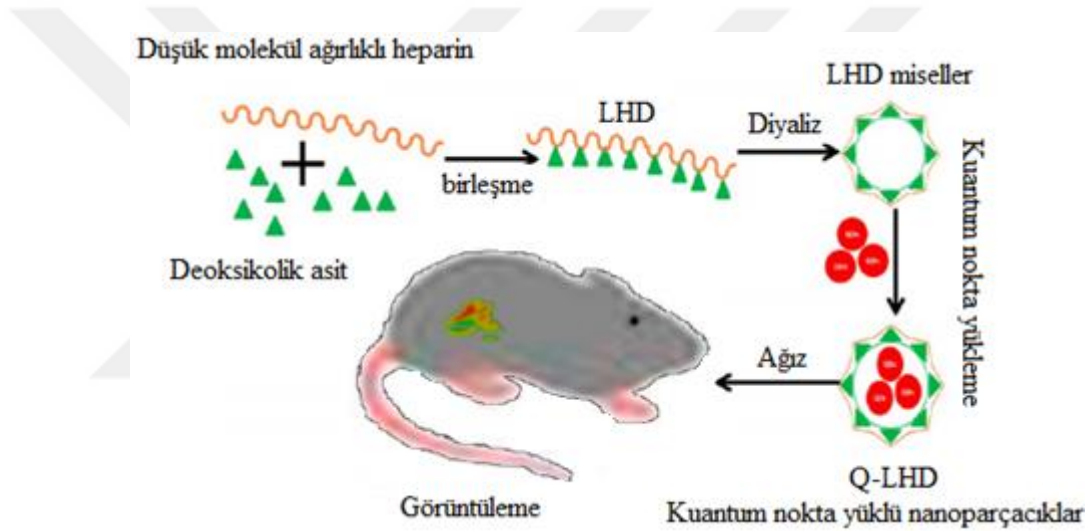
Şekil 1.13. Kuantum noktaların dalga vektörüne (k) karşı enerji (E) grafiği (Schmid 2008).

Kuantum noktaların enerji bant aralığı yığın yapılardan daha fazladır. Kuantum noktaların farklı optik özellikte olmasının sebebi, farklı enerji bant aralığı sahip olmalarından dolayıdır. Işığın emilmesi için minimum enerjiye ihtiyaç vardır. Bu enerjinin altında alınan ışık emilemez. CdSe'in farklı boyutlarda farklı renklerde ışık yaymasının sebebi, farklı enerji bant aralığına sahip olmasıdır. Şekil 1.14'te kuantum noktaların boyutun artırılmasıyla renginde meydana gelen değişimler gösterilmektedir.



Şekil 1.14. CdSe kuantum noktaların boyuta göre farklılaşan optiksel özelliklerinin gösterimi (Liu et al. 2008).

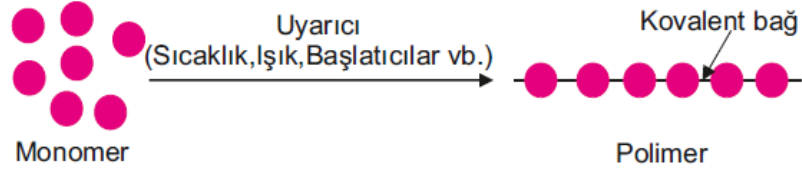
Khatun *et al.* (2012) tarafından yapılan bu çalışmada, düşük molekül ağırlıklı heparin (LMWH) ve deoksikolik asit (DOCA) birleşerek LHD yapısını oluşturmaktadır. Bu yapılar misel formunu alabilecek etkileşmelerle donatılmıştır. Kuantum noktaların bu misellere yüklenmesiyle Q-LHD nanoparçacıkları oluşmaktadır. Q-LHD nanoparçacıklar canlı fareye ağız yoluyla farklı miktarlarda (2.5 mg/ kg ve 5 mg/kg) verilmiştir. Canlı vücudunda biriken kuantum noktalar Kodak moleküler görüntüleme sistemi (KMIS) ile görüntülenmiştir. Akciğer, karaciğer, dalak, böbrekte biriken Q-LHD nanopartiküllerin görüntüleri alınmıştır.



Şekil 1.15. Q-LHD kuantum noktaların oluşumu ve görüntülenmesi (Khatun *et al.* 2012).

1.8. Polimerler

Poli (poly), Latince bir kelime olup “çok” anlamına gelir. Meros, “parçacık” anlamını ifade eder. Polimer çok parçacık anlamına gelmektedir. Polimerler, monomer denilen yapıların bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Monomer, polimerizasyonu sağlayan en küçük birimdir ve tekrarlanan birim olarak da isimlendirilebilir. Monomerlerin belirli bir düzen halinde kovalent bağlarla bir araya gelmesiyle uzun ve yüksek molekül ağırlığına sahip polimer oluşturmak mümkündür (Seçkin 2015; Saçak 2004; Beşergil 2003).



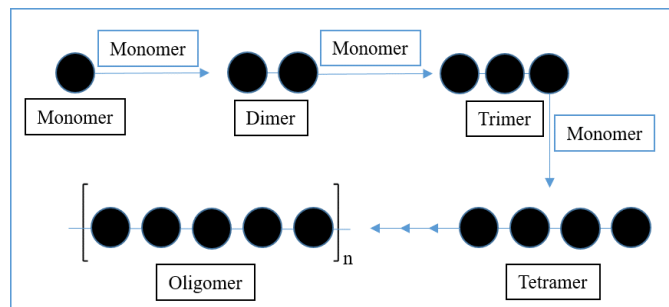
Şekil 1.16. Monomerlerden polimer oluşumunun gösterimi

Şekil 1.16’da monomerlerden uyarıcı etkisiyle polimer oluşumu gösterilmektedir. Bir polimer molekülü yüzlerce monomerden meydana gelmektedir. Polimerler günlük yaşamda çeşitli malzemelerin yapımında kullanılmaktadır. Örneğin poşetler, plastik borular, kimyasal kaplar, kalemler, saatler, telefon parçaları, bilgisayar parçalar (klavye, dış kasa, kabloların dış kısımları, fare), araba parçaları, ev aletleri, pencere çerçeveleri vb. malzemelerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Seçkin 2015; Saçak 2004; Beşergil 2003).

1.9. Polimerlerin Sınıflandırılması

1.9.1. Molekül ağırlıklarına göre (oligomer, makro molekül)

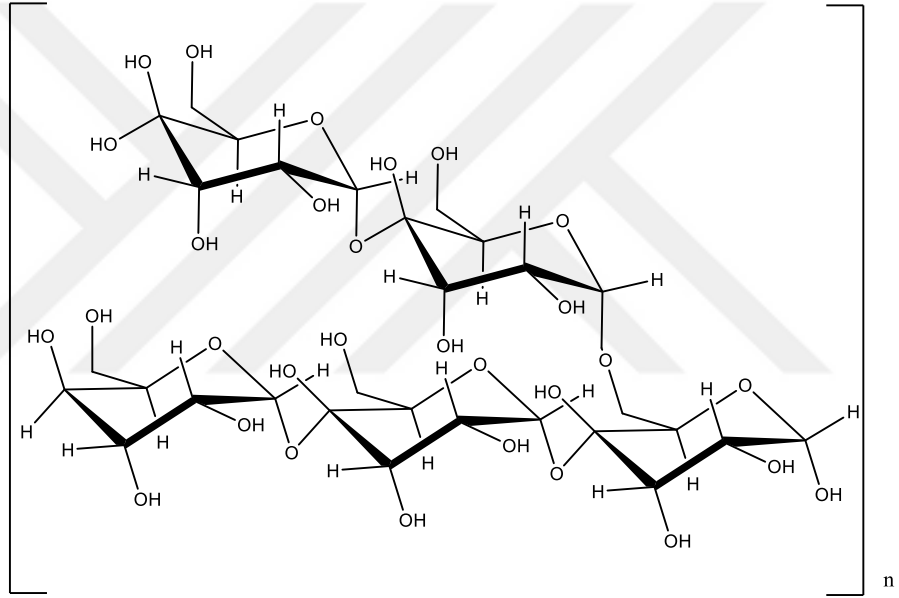
Monomerlerin belirli bir düzen halinde dimer, trimer, tetramer ve ileri aşamalarda oligomer oluşumu gerçekleşmektedir. Bu zincir şeklinde devam eden polimerizasyonun ileri safhalarında ise makro moleküller oluşmaktadır. Şekil 1.17’de oligomerin oluşumu verilmiştir (Seçkin 2015; Saçak 2004; Beşergil 2003).



Şekil 1.17. Oligomerlerin oluşumu

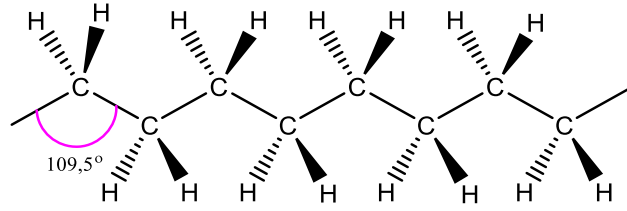
1.9.2. Doğada bulunup bulunmamasına göre (doğal, yapay)

Doğal polimerler, doğada kendiliğinde oluşan polimerlerdir. Selüloz, nişasta, DNA, RNA, karbonhidratlar, peptidler örnek olarak verilebilir. Şekil 1.18’de amilopektin (α -1,6 glikozit bağı ile bağlı dallanmış zincir) ve amiloz (α -1,4 glikozit bağı ile bağlanmış düz zincir) kısımlarından oluşan nişasta yapısı verilmiştir (Seçkin 2015; Saçak 2004; Beşergil 2003).



Şekil 1.18. Doğal polimer nişastanın gösterimi

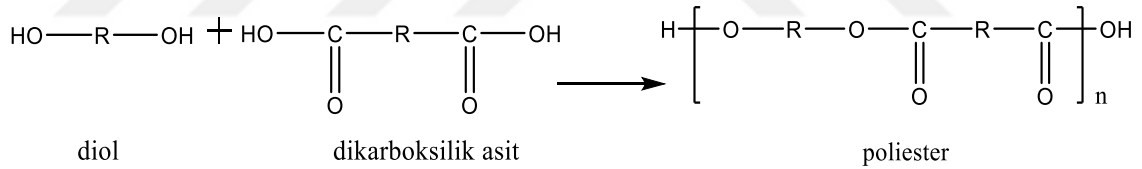
Doğada kendi kendine sentezlenmeyen, yardımcı elemanlara (asit, baz, metal vb.) ihtiyaç duyulan ve bir uyarıcı (ısı, ışık, vb.) etkisiyle oluşan polimerlere yapay polimerler denir. Etilen monomerinin uyarıcı etkisi sonucu oluşan polimerizasyon ürünü polietilendir. Şekil 1.19’da verilen polietilen bugün çeşitli ev aletlerinden, ambalaj sanayisine kadar çeşitli alanlarda tercih edilen bir polimerdir (Seçkin 2015; Saçak 2004; Beşergil 2003).



Şekil 1.19. Yapay polimerlerden polietilenin yapısı

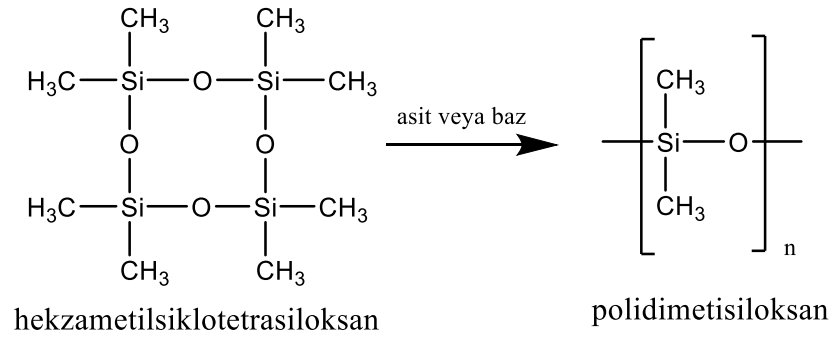
1.9.3. Organik ya da inorganik olmalarına göre

Organik polimerler karbon, hidrojen, azot gibi elementleri yapısından bulunduran polimer çeşididir. Bu polimerlerin merkezi atomları karbon atomudur. Zincir büyümesi bu merkezi atom üzerinden olmaktadır. Poliesterler, proteinler ve selüloz organik polimerlere örnek olarak verilebilir. Şekil 1.20’de poliesterlerin oluşum mekanizması verilmiştir (Seçkin 2015; Saçak 2004; Beşergil 2003).



Şekil 1.20. Organik polimerler (poliesterlerin oluşum mekanizması)

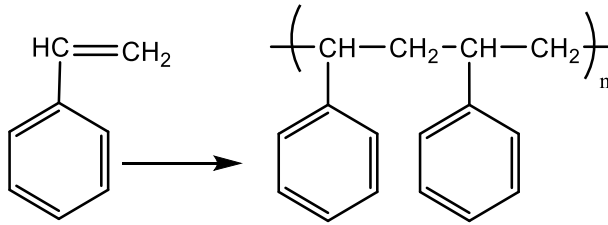
İnorganik polimerler merkezi atomu veya yan grupları karbon haricinde başka bir elementten oluşan polimer çeşididir. Merkezi atom olarak en yaygın olarak kullanılan element silisyumdur. Şekil 1.21’de silikonun bir çeşidi olan polidimetilsiloksan oluşum mekanizması verilmiştir. Polidimetiloksanın oluşum mekanizmasında silisyum elementinin merkezi atomdur. Mutfakta, banyoda ve pencere kenarlarında kullanılan silikonlar bugün plastik sanayisinde önemli bir polimerdir (Saçak 2004).



Şekil 1.21. İnorganik polimerler (polidimetisiloksan oluşum mekanizması)(Saçak 2004).

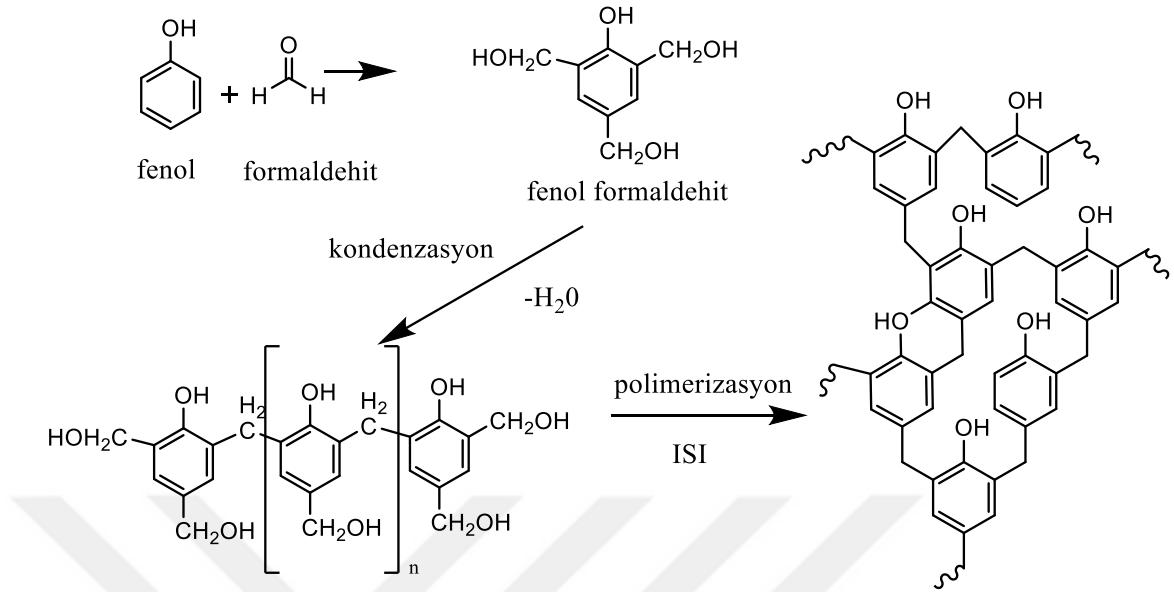
1.9.4. Isıya karşı gösterdikleri davranışa göre (termoset, termoplastik)

Termoplastik polimerler ısıya karşı yeniden şekillenebilme özelliğine sahip polimerlerdir. Polietilen, polistiren, polivinil klorür termoplastik polimerlere örnek olarak verilebilir (Saçak 2004; Beşergil 2003).



Şekil 1.22. Termoplastik polimerler (polistiren oluşum mekanizması)

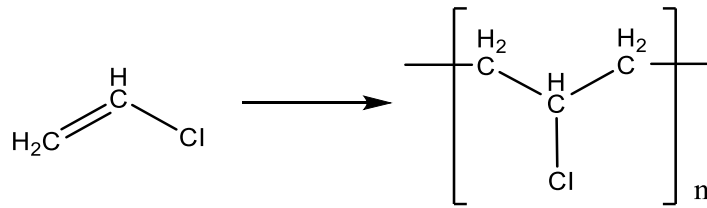
Termoset polimerler ısı ile eritemeyen polimerlerdir. Çok sayıda çapraz bağlanmaları içeren bir polimer çeşididir. Fenol formaldehit, üre formaldehit, melamin formaldehit termoset polimerler örnek olarak verilebilir. Şekil 1.23'te fenol formaldehit reçinesinin oluşum mekanizması verilmiştir (Saçak 2004).



Şekil 1.23. Termoset polimerlerin (fenol formaldehit reçinesi) oluşum mekanizması

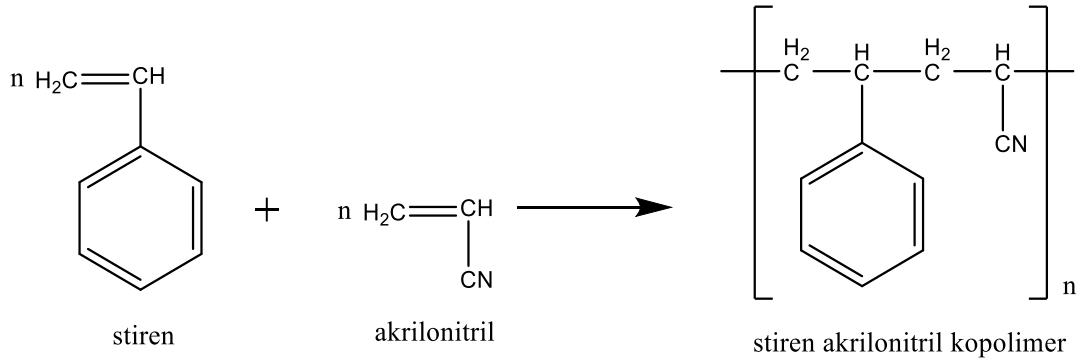
1.9.5. Zincir yapısına göre (homopolimer, kopolimer)

Polimerizasyon süreci içerisinde tek çeşit monomerlerin bir araya gelmesiyle oluşan polimerlere homopolimer denir. Polietilen, polistiren, polivinil klorür homopolimerlere örnek olarak verilebilir.



Şekil 1.24. Homopolimer (polivinilklorürün oluşum mekanizması)

İki veya daha fazla monomer çeşitinin bir araya gelmesiyle oluşan polimerlere kopolimer denir. Kopolimerleri oluşturan monomerlerin diziliş sırasına göre ardışık, rastgele ve bloklu kopolimer türleri bulunmaktadır (Seçkin 2015; Saçak 2004; Beşergil 2003).

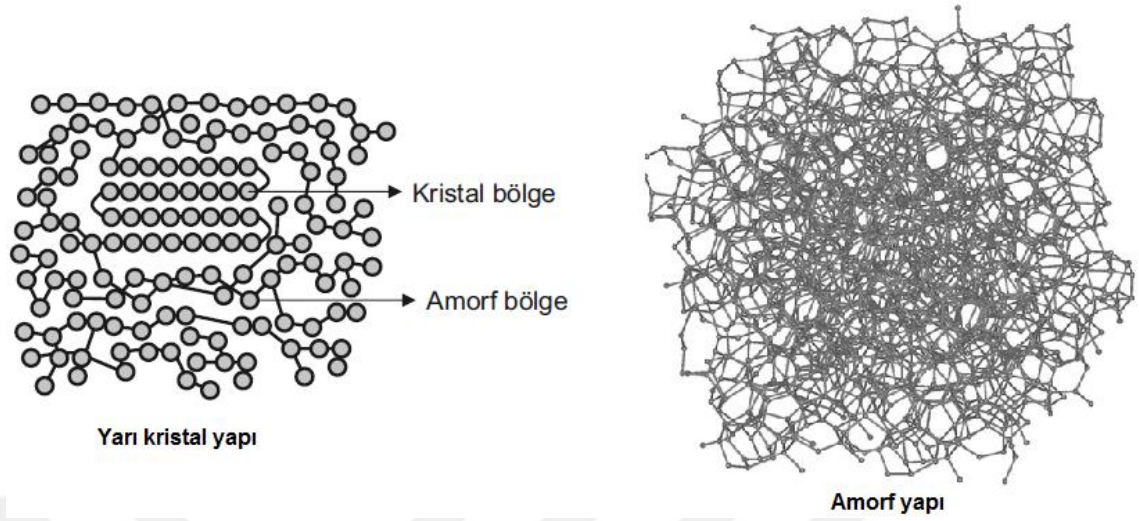


Şekil 1.25. Stiren akrilonitril ardışık kopolimerin oluşum mekanizması

1.9.6. Zincirin fiziksel ve kimyasal yapısına göre (amorftan, dallanmış, çapraz bağlı, düz polimerler)

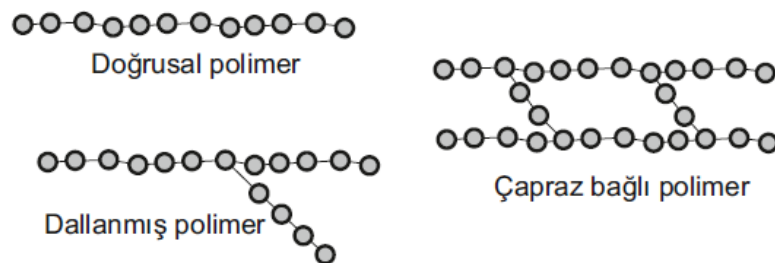
Monomerlerin belirli bir düzende bir araya gelmesiyle oluşturdukları yapıya kristalin yapı denir. Monomerlerin belirli bir düzen gözetmeksizin bir araya gelmesiyle oluşturdukları yapıya amorf yapı denir (Seçkin 2015; Saçak 2004; Beşergil 2003).

Polimerler mükemmel ticari ortam şartlarında bile belirli bir düzen halinde bir araya gelmeleri neredeyse imkânsızdır. Bundan dolayı kristal yapı oluşturamazlar. Şekil 1.26'da polimerlerin kristal formları gösterilmiştir. Polimerlerin genellikle yapıları ya yarı kristal halde ya da amorf haldedir. Yarı kristal yapı, belirli bir düzende sıralanmış monomer zincirlerinin yanında düzensiz şekilde sıralanmış monomer zincirlerini de içeren bir yapıdır. Amorf yapı ise düzensiz şekilde bir araya gelen monomerlerden oluşmuştur (Seçkin 2015; Saçak 2004; Beşergil 2003).



Şekil 1.26. Polimerlerin kristal yapı gösterimi

Doğrusal polimerler, tek bir polimer zinciri boyunca sıralanmış monomerler dizisi olarak düşünebiliriz. Doğrusal polimerler ana zinciri başka bir zincire bağlı olmayan polimerlerdir. Isıtma işlemi sonucunda tekrar şekil verilebilir. Polivinilklorür doğrusal polimerlere örnek olarak verilebilir. Dallanmış polimerler, zincirler arası etkileşme sonucunda birbirleriyle kovalent bağlarla bağlanan polimerlerdir. Dallanmış polimerlere yüksek basınçlarda üretilen polietilen ve düşük yoğunluklu polietilen örnek olarak verilebilir. Çapraz bağlı polimerler yapılarında çok sayıda çapraz bağlar bulunduran polimer çeşididir. Çapraz bağlı polimerlere insülin proteini örnek olarak verilebilir (Seçkin 2015; Saçak 2004; Beşergil 2003).

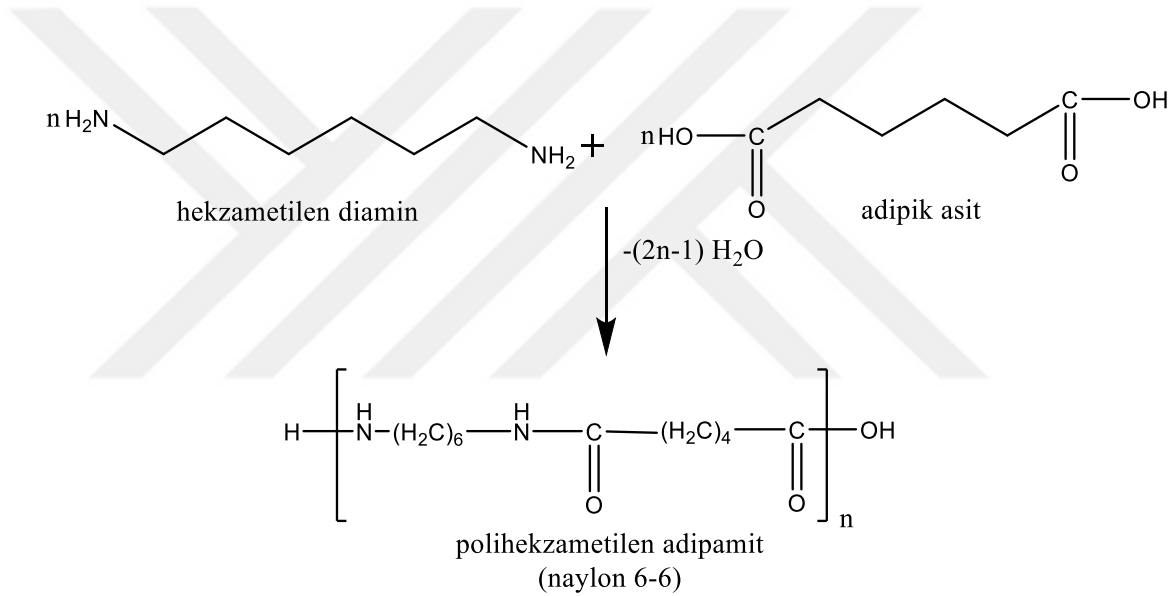


Şekil 1.27. Doğrusal, dallanmış ve çapraz polimerlerin gösterimi

1.9.7. Sentezleme şekillerine göre (basamak, zincir)

1.9.7.1. Basamak (Kondenzasyon) polimerizasyon

-OH, -NH₂, -COOH gibi fonksiyonel gruplar taşıyan moleküllerde basamak polimerizasyon süreci gözlemlenir. Poliester oluşumu basamak polimerizasyona örnek olarak verilebilir. Basamak polimerizasyonu monomerler ile fonksiyonel gruplar arasında gerçekleşen reaksiyon sonucunda oluşurlar (Saçak 2004).



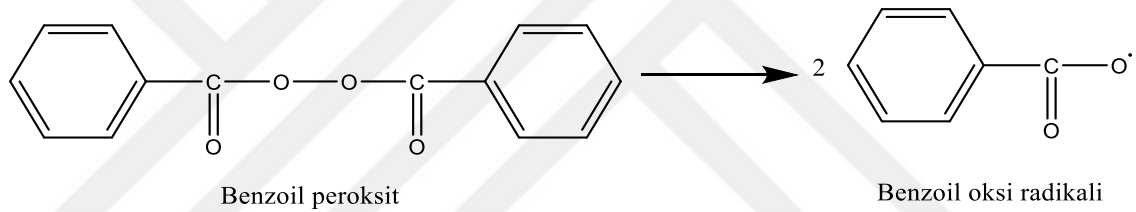
Şekil 1.28. Basamak polimerizasyon (nylon 6-6 oluşum mekanizması)

1.9.7.2. Zincir polimerizasyonu

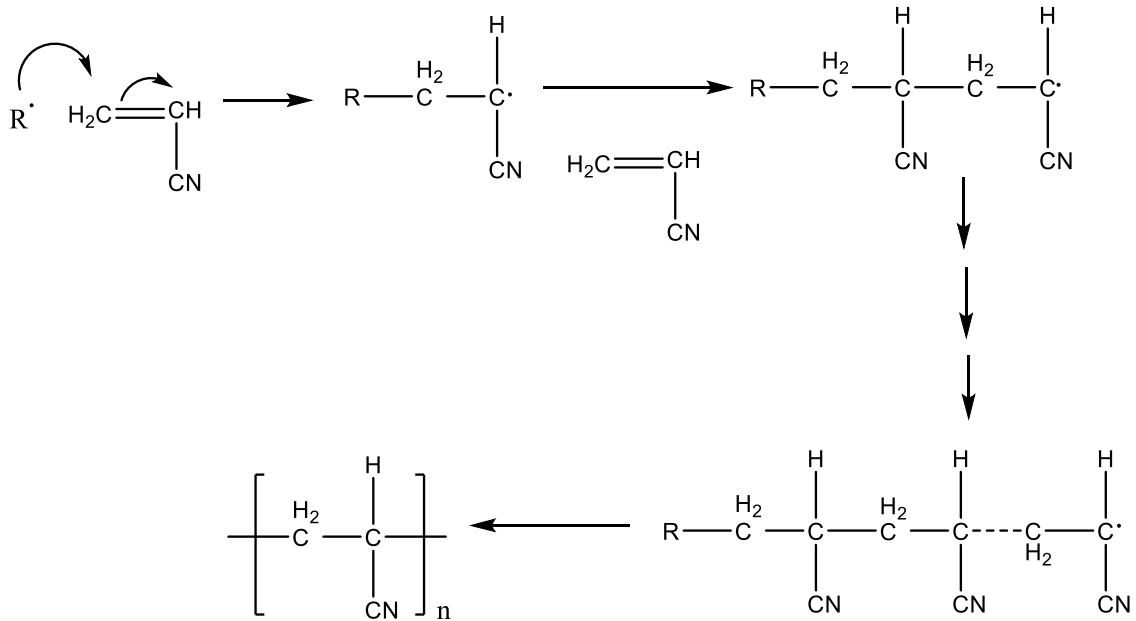
Monomerlerin aktif bölgelerine ile art arda ve hızla katılarak zincir büyümesi olarak ifade edilir. Zincir reaksiyonları ile monomerler doğrudan doğruya polimer moleküllerine bağlanır. Radikalik, iyonik (anyonik, katyonik) ve kontrollü olmak üzere üç çeşidi vardır (Seçkin 2015; Saçak 2004; Beşergil 2003).

1.9.7.2.1. Radikal katılma polimerizasyonu

Serbest radikal oluşumu ile başlayan ve zincir tepkimesi niteliği taşıyan katılma polimerizasyonudur. Çiftleşmemiş elektron içeren elektriksel olarak nötral serbest radikaller reaksiyonu başlatıcı rol üstlenir. Örneğin benzoil peroksit (BPO), azobisisobüronitril (AIBN), asetil peroksit, redoks başlatıcılar gibi organik bileşiklerin yanında ısı, ışık, UV ışınları ve yüksek enerjili ışınlar gibi fiziksel etkilerle serbest radikaller verecek şekilde parçalanırlar. Oluşan serbest radikaller, polimerizasyon oluşumunu tetikler. Zincir tepkimeleri başlama, büyüme ve sonlanma basamaklarından meydana gelmektedir (Seçkin 2015; Saçak 2004; Beşergil 2003).



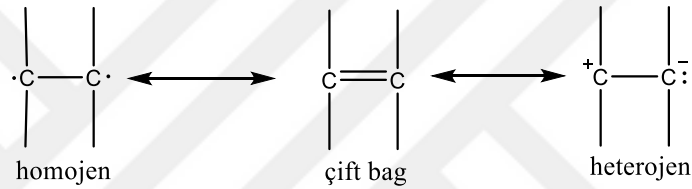
Şekil 1.29. Serbest radikal (benzoiloksi radikali) oluşum mekanizması



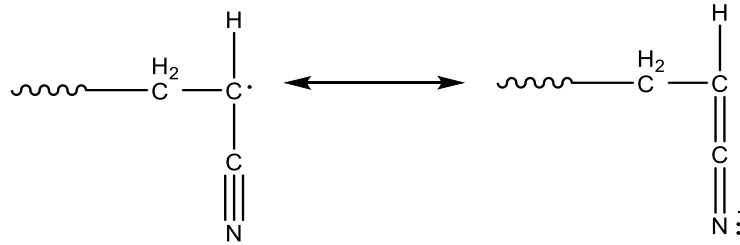
Şekil 1.30. Radikalik katılma polimerizasyonunun (poliakrilonitril) oluşum mekanizması

1.9.7.2. İyonik katılma polimerizasyonu

Polimerizasyonun pozitif ve negatif yükün bağlı bulunduğu merkez atomlar tarafından gerçekleştirilir. Çift bağın kırılmasıyla sonucunda oluşan iyonik bölgelere monomerlerin katılmasıyla oluşmaktadır. Şekil 1.31’de karbon karbon çift bağının homojen ve heterojen şekilde kırılması gösterilmektedir. Polimerizasyon reaksiyonunun ilerlemesi heterojen veya homojen kırılma sonucunda gerçekleşmektedir (Seçkin 2015; Saçak 2004; Beşergil 2003).



Şekil 1.31. Karbon karbon çift bağının homojen ve heterojen kırılması



Şekil 1.32 Poliakrilonitrilin radikal merkezlerinin gösterimi

Anyonik polimerizasyon

Metil metakrilat, etil akrilat, stiren ve akrilik esterler anyonik polimerizasyon mekanizmasına göre polimerleşirler. Anyonik karakterde aktif uçlar büyümeyi sağlayan bölgelerdir. Anyonik polimerizasyonu başlatıcı olarak alkali metaller (Na, K), Grignard bileşikleri ($RmgX$, R: alkil ya da aril X: halojen), alüminyum alkiler (AlR_3) kullanılmaktadır (Seçkin 2015; Saçak 2004; Beşergil 2003).

Katyonik polimerizasyon

Artı yüklü merkezler üzerinden monomerlerin katılmasıyla oluşan polimerizasyona katyonik polimerizasyon denir. Katyonik polimerizasyonda başlatıcı olarak kuvvetli asitler ve Lewis asitleri kullanılır. Kuvvetli asit olarak H_2SO_4 , HClO_4 , HNO_3 tercih edilir. Bu asitlerin kolaylıkla proton iyonu vermeleri katyonik polimerizasyonda tercih nedenidir. Lewis asidi olarak BF_3 , SnCl_4 , AlCl_3 , ZnCl_2 kullanılmaktadır. Stiren, *N*-vinil karbozol, α -metil stiren, bütadien, izobütilen elektron verici olarak katyonik polimerizasyonda kullanılmaktadır (Seçkin 2015; Saçak 2004; Beşergil 2003).

2. KAYNAK ÖZETİ

2.1. Mikroorganizmalar

Pek çok gıdanın (yoğurt, sucuk, turşu, zeytin) üretiminde yaygın olarak kullanılan çeşitli mikroorganizmalar bulunmaktadır. Örneğin fermente et ürünlerinde (sucuk, sosis) *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Staphylococcus* ve *Micrococcus* türlerinin bazıları starter kültür olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda yoğurt üretiminde *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus* bakterileri starter kültür olarak kullanılmaktadır. Mikroorganizmaların gıda üretiminde starter kültür olarak kullanılması hoş tat ve aromanın oluşumunu sağlamak ve her zaman aynı kaliteden ürünler elde etmek için gereklidir (Gökalp vd. 2002; Metin 2015). Gıda üretiminde mikroorganizmaların faydalı etkilerinin yanında insan sağlığı açısından tehlikeli olan patojen mikroorganizmalar da bulunmaktadır.

Mikroorganizmalar enfeksiyon ve intoksikasyon yolu ile insan sağlığını etkilemektedir. Enfeksiyon, gıdalar üzerinde mikroorganizmaların belirli sayıya ulaşması ve bu gıdaların tüketilmesi sonucunda meydana gelen hastalık durumudur. İntoksikasyon, mikroorganizmaların belirli sayıya ulaştıktan sonra ürettikleri toksik özellikte maddeleri içeren gıdaların tüketilmesi sonucunda meydana gelen hastalık durumudur (Sert 2008). Mikroorganizmalar, gıdalar üzerinde yeterli miktarda karbon kaynağı (karbonhidrat), azot kaynağı (amonyak), mineral maddeler (P,K,S,Mg) ve vitaminler bulduklarında çoğalma eğilimi gösterirler. Mikroorganizmanın sayıları 2^n şeklinde artmaktadır ve çoğalma süresi her mikroorganizmada farklılık göstermektedir (Madigan and Martinko 2012). Yeterli sayıya ulaşan mikroorganizmalar, gıdaların yapılarında enzimatik reaksiyonları etkiler, yeni bileşikler sentezler, tat, koku ve aromada değişimler meydana getirirler. Bu yüzden gıdaların mikrobiyal yük yoğunluklarının minimum seviyelerde olması gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında patojen olarak *E.coli* ve *S.aureus* bakterileri kullanılmıştır. Bu bakterilerin genel özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Bazı bakterilerin genel özellikleri (Sert 2008)

Bakteriler	<i>E.coli</i>	<i>S.aureus</i>
Şekillerine göre	Çubuk	Kok
Solunum şekline göre	Fakültatif anaerob	Fakültatif anaerob
Gram boyamasına göre	Gram negatif	Gram pozitif
Optimum sıcaklık	30-37°C	30-37°C
Optimum pH	7.0	7.0 - 7.5
Su aktivitesi	0.95	0.90

Escherichia coli koliform grubu bakteridir. Koliform grubu bakteriler, Gram (-), kısa çubuk şeklinde, aerobik veya fakültatif anaerobik, spor yapmayan, laktozu parçalayarak gaz meydana getiren bakterilerdir. Koliform grubu bakteriler insan sağlığı açısından istenmeyen bir bakteri grubudur. Gıda ve sağlık alanında, patojen özellikteki bu bakterinin oluşumunun engellenmesi ve kontrol altına alınması gerekmektedir (Sert 2008).

Staphylococcus aureus tabiatta çok yaygın bulunan patojen bir bakteridir. Gram (+) ve üzüm salkımına benzeyen bir görüntüsü vardır. Suda, toprakta ve havada bol miktarda bulunur. İnsanın elleri, cildi, ağzı, burnu ve enfeksiyonel yaralar (sivilce) *S.aureus*’un kaynağı kabul edilir. Hapşırık ve öksürük sonucunda *S.aureus* hızlı bir şekilde ortama yayılabilmektedir ve hızlı bir üreme potansiyeline sahip bir bakteridir. Patojen özellikteki bu bakterilerin oluşumunun engellenmesi gerekmektedir (Sert 2008).

2.1.1. Mikroorganizmaların Gelişimini Etkileyen Bazı Faktörler

Bunlar hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH), su aktivitesi (aw), oksidasyon redüksiyon potansiyeli (O/R) gibi faktörlerdir. Çizelge 2’de mikroorganizmaların gelişimi için minimum, optimum ve maksimum pH değerleri verilmiştir.

Çizelge 2. Mikroorganizmaların gelişimi için minimum, optimum ve maksimum pH değerleri (Sert 2008).

Mikroorganizma	Minimum	Optimum	Maksimum
Bakteriler	4,5	6,5-7,5	9,0
Mayalar	1,5-3,5	4,0-6,5	8,0-8,5
Küfler	1,5-3,5	4,5-6,8	8,0-11,0

Su aktivitesi (aw): Su aktivitesi gıdadaki suyun buhar basıncının (P) aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına (P₀) oranıdır. Su aktivitesi “aw” ile gösterilir. Su aktivitesi 0 ile 1 arasında değer alır. Her mikroorganizmanın gelişebilmesi için belirli bir su aktivitesine ihtiyacı vardır (Demirci 2012). Çizelge 3’te mikroorganizmaların su aktivite değerleri verilmiştir.

Çizelge 3. Mikroorganizmaların su aktivite değerleri (Sert 2008).

$aw: \frac{P}{P_0}$	Mikroorganizma	aw
	Bakteriler	0,91-0,95
	Mayalar	0,88
	Küfler	0,80

Oksidasyon-redüksiyon potansiyeli (O/R, Eh): Gıdalarımızda çok sayıda indirgenme ve yükseltgenme reaksiyonları gerçekleşmektedir. Reaksiyonlar sonucunda elektron kaybetme ya da elektron alma durumları potansiyel bir fark oluşumunu sağlar. Bu fark gıdanın yapısında bulunan fonksiyonel gruplardan, depolanma sırasında meydana gelen gaz oluşum reaksiyonlarından ve mikroorganizma faaliyetlerinde ileri gelmektedir.

Çizelge 4’de bazı gıdaların indirgenme ve yükseltgenme (Eh) değerleri verilmiştir (Sert 2008).

Çizelge 4. Bazı gıdaların indirgenme ve yükseltgenme (Eh) değerleri (Sert 2008).

Gıda Çeşidi	Eh(mV)
Armut suyu	+ 436
Üzüm suyu	+409
Limon suyu	+383
Süt	+340 - (+220)
Pişmiş kıyma	+300
Çiğ kıyma	+250
Kiraz	+179
Şeftali	+175

2.2. Antimikrobiyal Yapay Korucu Maddeler

Antimikrobiyal yapay koruyucu maddeler, kimyasal yollarla sentezlenen ve istenmeyen mikroorganizmaları öldürmek veya onların çoğalmalarını engemek için kullanılan maddelerdir. Bu maddeler mikroorganizmaların hücre zarının stabilitesini bozmakta ve/veya hücredeki biyokimyasal reaksiyonlarda görevli molekülleri inhibe etmektedir. Antimikrobiyal yapay koruyucu maddelerin düşük dozlarda kullanımı da çok önemlidir. Bazı antimikrobiyal yapay maddeler renk pigmentinin ortaya çıkmasında da görev almaktadır. Örneğin nitrat ve nitrit ilavesi fermente ve ısıtılmış sucuklarda renk pigmentinin ortaya çıkmasında önemli rol oynamaktadır (myoglobine, pembemsi-kırmızı renk olan nitrosomyoglobine döner) (Gökalp vd. 2002).

Çizelge 5’te gıda sanayinde antimikrobiyal olarak kullanılan bazı maddeler ve özellikleri verilmiştir.

Çizelge 5. Gıda sanayinde antimikrobiyal olarak kullanılan maddeler ve özellikleri (Gökalp vd. 2002)

Antimikrobiyal Madde	Aktif Formu	Etkili olduğu pH	Hedef alınan Mikroorganizma
Asetik Asit Sodyum Asetat Kalsiyum Asetat Sodyum diasetat	pH düştükçe aktivite artar	$\leq$ pH 4,5	Ekmekte ve fırın ürünlerinde küflerin gelişmesini ve rope hastalığını önler. Laktik asit bakterilerini ve mayaları inhibe etmek için %3,6 gibi yüksek bir konsantrasyon gereklidir.
Benzoik asit Sodyum benzoat	İyonize olmamış formu	pH aralığı 2,5-4,0	En çok maya ve bakterilere, en az da küflere karşı etkilidir. Sorbik asit ile kombine olarak kullanımında miktar ağırlık olarak %0,05 -0,1'dir.
Propiyonik asit Sodyum propiyonat Kalsiyum propiyonat	İyonize olmamış formu	pH 5 ve daha düşük $\leq$ pH 5,0	Küflere ve ekmekte rope hastalığının etmeni olan <i>Bacillus mesentericus</i> 'a karşı etkilidir.
Sorbik asit	İyonize olmamış formu	pH düştükçe aktivite artar, pH 6,5'a kadar etkilidir.	Küf ve mayalara karşı etkilidir. Kuru sosis dolumundan sonra %2,5 Potasyum sorbat çözeltisine daldırıldığında küf çoğalmasını engeller. Tavuk eti salatalarında aroma koruyucudur.
Metil Paraben Propil Paraben esterleri	Zincir uzunluğu arttıkça aktivite artar.	$\geq$ pH 7	Küfler ve mayalara karşı çok etkilidir. Bakterilere karşı özellikle Gram negatiflere karşı etkili değildir.
Sülfidler ve kükürt dioksit	İyonize olmamış sülfüroz asit	$\leq$ pH 4,5 aktivite artar.	Sülfüroz asit maya, küf ve bakterileri inhibe eder. Yüksek pH'larda HSO_3^- bakterilere karşı etkilidir. Fakat mayalara karşı etkili değildir.
Nitrat ve Nitritler	Nitrit ve Nitrozoksit	$\geq$ pH 5-5,5 aktiftir.	<i>Clostridium botulinum</i> sporlarına karşı etkilidir.
Epoksidler Etilen Oksit Propilen Oksit		$\leq$ pH 4 aktiftir.	Mayalara karşı etkilidir.

2.3. Antimikrobiyal Doğal Koruyucu Maddeler

Antimikrobiyal doğal koruyucu maddeler doğal olarak gıdalarımızın yapısında bulunan ve mikroorganizmlara karşı koruyucu görevi üstelenen maddelerdir. Aynı zamanda antimikrobiyal doğal koruyucu maddeler bitkilerden (kök, gövde, yaprak ve tohum), hayvanlardan ve mikroorganizmalardan elde edilebilirler. Hayvanların mikroorganizmalara karşı oluşturdukları koruyucu maddeler antimikrobiyal peptidler (Murdock *et al.* 2007), laktoperoksidazlar (Yıldız ve Sert 2008), lipitler (Desbois and Smith 2010) ve polisakkaritlerdir (Fernandes *et al.* 2008). Çizelge 6’da mikroorganizmalara karşı koruyucu özellikleri bilinen maddeler verilmiştir.

Çizelge 6. Koruyucu özellikleri bilinen maddeler.

Hayvanlar	Mikroorganizmalar
Antimikrobiyal peptidler (laktoferrin) Laktoperoksidaz Polisakkarit (kitosan) ve Lipitler (yağ asitleri)	Penisilin, Aminoglikozitler Metabolitler; Organik asit (laktik asit, formik asit, propiyonik asit, sorbik asit), hidrojen peroksit, etanol ve diasetil
Hayek et al. 2013	Hayek et al. 2013; Skrivanova et al. 2006

Çeşitli reaksiyonlar sonucunda oluşan organik asitler, hidrojen peroksit, etanol ve diasetil gibi bileşikler mikroorganizmalara karşı koruyucu etkiye sahip maddelerdir. Aynı zamanda penisilin, aminoglikozitler, sefalosporin, makrolid antibiyotik çeşitleri de mikroorganizmalar tarafından koruyu olarak üretilen bileşiklerdir (Hayek et al. 2013; Skrivanova et al. 2006).

Bitkilerin mikroorganizmalara karşı oluşturdukları koruyucu maddeler uçucu yağlar, organik asitler ve fenolik bileşiklerdir. Üzüm çekirdeği ve zeytin yaprağından elde edilen uçucu yağların ve fenolik bileşiklerin antimikrobiyal özellikte olduğu yapılan çalışmalarda belirlenmiştir (Theivendran *et al.* 2006; Markin *et al.* 2008). Baharat ve

otlardan ekstrakte edilen uçucu yağlar üzerinde yapılan çalışmalarda uçucu yağların mikroorganizmaları öldürücü ve engelleyici özelliklerinin olduğu bulunmuştur (Burt *et al.* 2003; Hayek *et al.* 2013). Çizelge 7’de bitkilerden elde edilen ve mikroorganizmalara karşı koruyucu özellikleri bilinen maddeler verilmiştir.

Çizelge 7. Koruyucu özellikleri bilinen maddeler.

Bitkiler		
Baharat ve Otlar (Tajkarimi <i>et al.</i> 2010; Lopes <i>et al.</i> 2008)	Meyve ve Sebze (havuç, salatalık, kiraz) (Lee <i>et al.</i> 2003.)	Tohum ve Yaprak (üzüm çekirdeği ve zeytin yaprağı) (Theivendran <i>et al.</i> 2006; Markin <i>et al.</i> 2008)
Antibakteriyal etki gösteren		
Uçucu Yağlar	Fenolikler ve Organik Asitler Fenolik Bileşikler; Terpenler, Alifatik Alkoller, Aldehitler, Ketonlar, Asitler ve İzoflavonoidler Saponin, Flavonoidler, Glukozinolatlar,	Uçucu yağlar ve Fenolik bileşikler
Dorman <i>et al.</i> 2000; Hayek <i>et al.</i> 2013; Helal <i>et al.</i> 2006; Chorianopoulos <i>et al.</i> 2007		

Havuç, salatalık, kiraz gibi bazı meyve ve sebzeler üzerinde yapılan çalışmalarda saponin, flavonoid, glukosinolat, fenolik ve organik asitlerin mikroorganizmalara karşı etkili olduğu tespit edilmiştir (Lee *et al.* 2003; Özkan 2009).

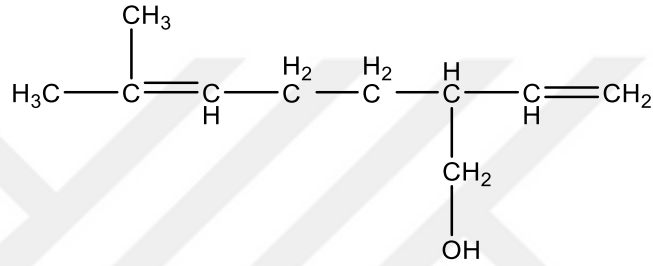
Bitkilerden elde edilen ve mikrobiyal anlamda koruyucu görevi üstlenen ve en yaygın kullanımı olan bileşikler uçucu yağlardır. Uçucu yağlar meyve, kök, gövde, yaprak, tohum ve dallardan elde edilen sıvı fazda aromatik bileşiklerdir. Eterik yağlar olarak da isimlendirilirler. Uçucu yağların yapısında alkol, aldehit ve asidik özellik gösteren fonksiyonel grupların yanında sülfür ve nitrojen gibi elementler de mevcuttur. Bu yağlar ilaç sanayinde katkı maddesi, gıda sanayisinde aroma verici ve kozmetikte koku bileşeni olarak kullanılmaktadır. Uçucu yağların mikroorganizmalara karşı etkisi üzerinde yapılan çalışmalar Çizelge 8’ de verilmiştir.

Çizelge 8. Literatürde uçucu yağlar ile yapılmış bazı çalışmalar (ABA: Antibakteriyal aktivite, AOA: Antioksidan aktivite, AFA: Antifungal aktivite).

Uçucu Yağ	Aktiviteleri	Referans
Carvone	ABA	Chan <i>et al.</i> 2016
Cineole	ABA	Pegalajar-Jurado <i>et al.</i> 2014
Linalool	AOA	Park <i>et al.</i> 2016
1,1,1-trichloroethane	ABA	Mich <i>et al.</i> 2014.
Yer Çamı (<i>Ajuga chamaepitys</i>) Bazı uçucu yağ bileşeni (linoleate, germacrene D, kaurene, β -pinene ve (E)-phytol)	AOA	Venditti <i>et al.</i> 2016
Fesleğen (<i>Ocimum basilicum</i> L.) Bazı uçucu yağ bileşimi (methyl chavicol ve linalool)	AOA	Pandey <i>et al.</i> 2016
Sakız Ağacı (<i>Pistacia lentiscus</i> L.) Bazı uçucu yağ bileşimi (α -pinene, limonene, terpinen-4-ol, β -caryophyllene, germacrene D ve δ -cadinene)	AOA	Aissi <i>et al.</i> 2016
Kişniş (<i>Coriandrum sativum</i> L.) Bazı uçucu yağ bileşimi (Linalool, α -pinene, Gamma-terpinene ve Geranil asetat)	AFA	Zamindar <i>et al.</i> 2016
Kişniş (<i>Coriandrum sativum</i> L.) Bazı uçucu yağ bileşimi ((E)-2-decenal, linalool, (E)-2-dodecenal, dodecanal, (E)-2-undecenal, (E)-2-tridecenal, (E)-2-hexadecenal, tetradecenal, ve α -pinene	ABA-AOA	Yıldız 2015
Çok sayıda uçucu yağ bileşeni	ABA	Kim <i>et al.</i> 2016
Bazı uçucu yağların (Citronella, Coriander vb.)	ABA-AOA	Teixeiraa <i>et al.</i> 2013.
Bazı uçucu yağların (α -pinene, limonene, β -myrcene, β -pinene, limonene ve β -caryophyllene)	ABA	Koutsoudaki <i>et al.</i> 2005

2.4. Linalool (3,7-dimetiloktan-1,6-dien-3-ol)

Linalool, bitkilerden ekstrakte edilen ve antibakteriyal etkiye sahip uçucu bir yağ bileşenidir. Kimyasal formülü $C_{10}H_{18}O$, molekül ağırlığı 154,25g/mol ve yoğunluğu (25°C’de) 0,858-0,868g/cm³’tür. IUPAC ismi 3,7-dimetiloktan-1,6-dien-3-ol’dür. Linalool parfümeri, kozmetik ve deterjan sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

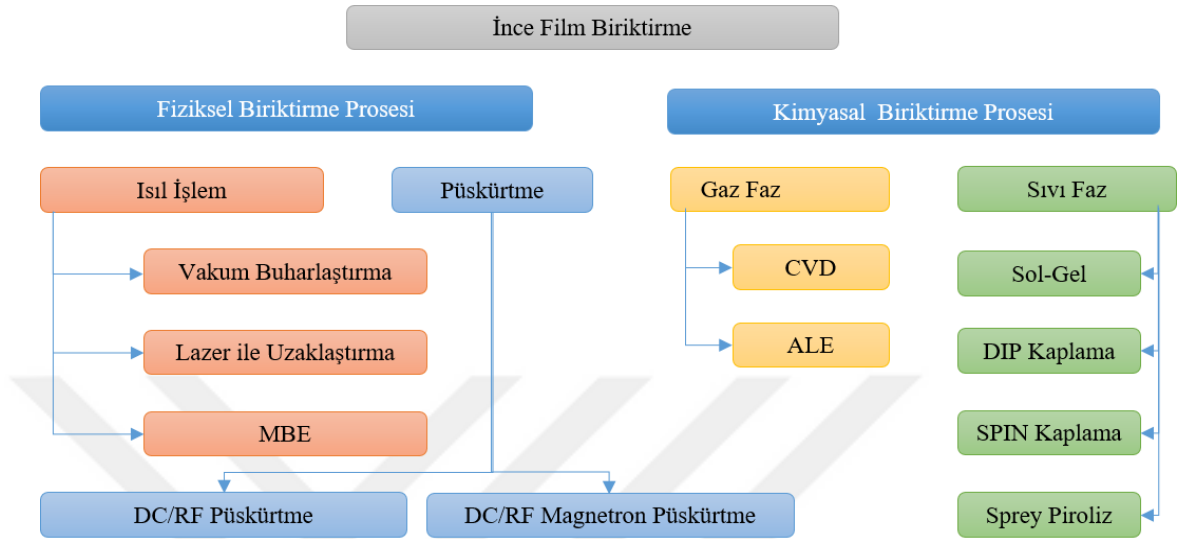


Şekil 2.1. Linalool monomerinin yapısının gösterimi.

2.5. İnce Film Teknolojisi

İnce filmler iyon, molekül ya da atomların bir yoğunlaştırıcı ile tek tek ya da rastgele dizilimi ile oluşmaktadır. İnce filmlerin dizilim dağılımına göre tek kristal ya da çoklu kristal yapılar oluşturmak mümkündür. Alttaşı yüzeyinde monomerlerin biriktirilmesi ile nano boyutlarda yüzeylerin elde edilmesi ince film teknolojisine olan eğilimi artırmıştır. Günümüzde ince filmler elektronik devreler, anakartlar, işlemciler, süper iletken ya da yalıtkan özellik aranan yüzeylerde kullanımı oldukça yaygındır. Aynı zamanda ince filmlerin enerji depolama uygulamalarında kullanılabilmesi için çalışmalar da yapılmaktadır (Anonymous 2016a; Sönmezoğlu vd. 2012). İnce film üretimi çeşitli yöntemler ile yapılmaktadır. Bunlar, Çizelge 9’da belirtilmiştir.

Çizelge 9. İnce film biriktirme metotlarının gösterimi (kimyasal buhar biriktirme (CVD), Atomik katman epitaksisi (ALE), moleküler demet epitaksisi (MBE)) (Anonymous 2016a).

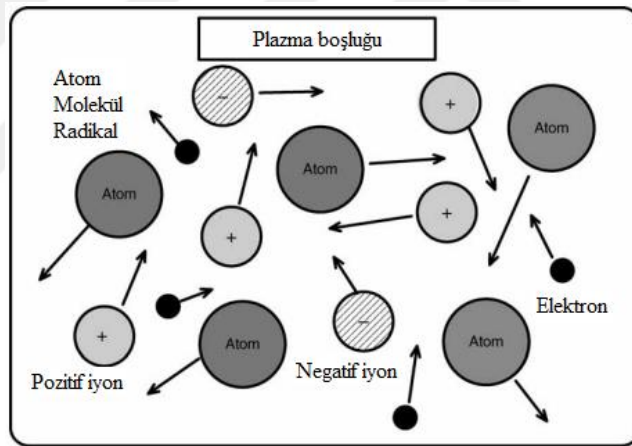


Kimyasal biriktirme prosesi içerisinde yer alan Kimyasal Buhar Biriktirme (CVD) metodu dört başlık altında toplanabilir. Bunlar düşük basınçta kimyasal buhar biriktirme (LPCVD), plazma destekli kimyasal buhar biriktirme (PECVD), lazer destekli kimyasal buhar biriktirme (LECVD) ve metal-organik kimyasal buhar biriktirme (MOCVD) metotlarıdır. Son zamanlar plazma destekli kimyasal buhar biriktirme (PECVD) yöntemi ile ince filmler üretilmesi yaygın olarak kullanılmaktadır. PECVD ile üretilen ince filmlerin kalınlıklarının nano boyut sınırlarında ayarlanabilmesi (Bazaka and Jacob 2009; Easton *et al.* 2009a), hidrofilik ve hidrofobik monomerler kullanılarak istenilen yüzey karakterizasyonunun ayarlanabilmesi (Easton *et al.* 2009b), homojen dağılımlı yüzey elde edilebilmesi ve yüzeyin uzun süre stabilitesini koruyabilmesi PECVD tekniğinin diğer yöntemlere göre avantajlarıdır (Bazaka and Jacob 2010; Chan *et al.* 2016; Xu *et al.* 2015).

2.6. Plazma Polimerizasyon

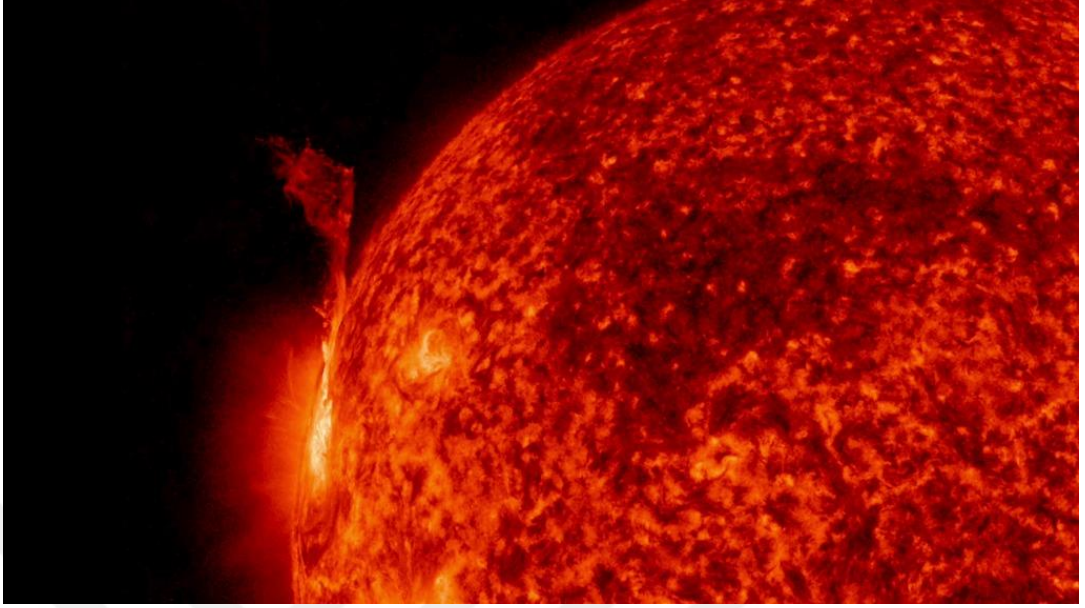
1879 yılında ingiliz fizikçisi William Crookes, katot ışınları üzerinde yapmış olduğu çalışmalarda Crookes tüpü içerisinde iki elektrot arasında hareket eden elektronların anot bölgesinde fosfor atomlarının çarpışmasından dolayı renk oluşumu gözlemlemiştir.

Crookes bu akışkan özellik gösteren maddeyi “Radyan” olarak isimlendirdi (Anonymous 2016d). 1928 yılında Amerikalı fizikçi Dr. Irving Langmuir, iyonlaşmış gazı halini “Plazma” olarak isimlendirmiştir (Anonymous 2016c). Maddenin dördüncü hali olarak kabul edilen plazma, kısmi olarak iyon formuna geçmiş gaz tanecikleri olarak tanımlanır. Gaz formundaki maddeyi ısıtarak, yüksek radyasyona veya elektriksel alana maruz bırakarak plazma oluşumu gerçekleştirilebilir. Plazma oluşumu sırasında renk oluşumunun görülmesi plazma boşluğunda bulunan taneciklerin kinetik enerjilerinin artmasından kaynaklanmaktadır. Plazma boşluğunda bulunan atom, molekül, radikal, elektron, pozitif ve negatif iyonlar enerji artışına neden olan bir etkiye maruz bırakıldıklarında daha hızlı hareket etme eğilimi gösterirler. Şekil 2.2’de plazma boşluğunda bulunan partikülleri ve onların hareket yönleri verilmiştir.



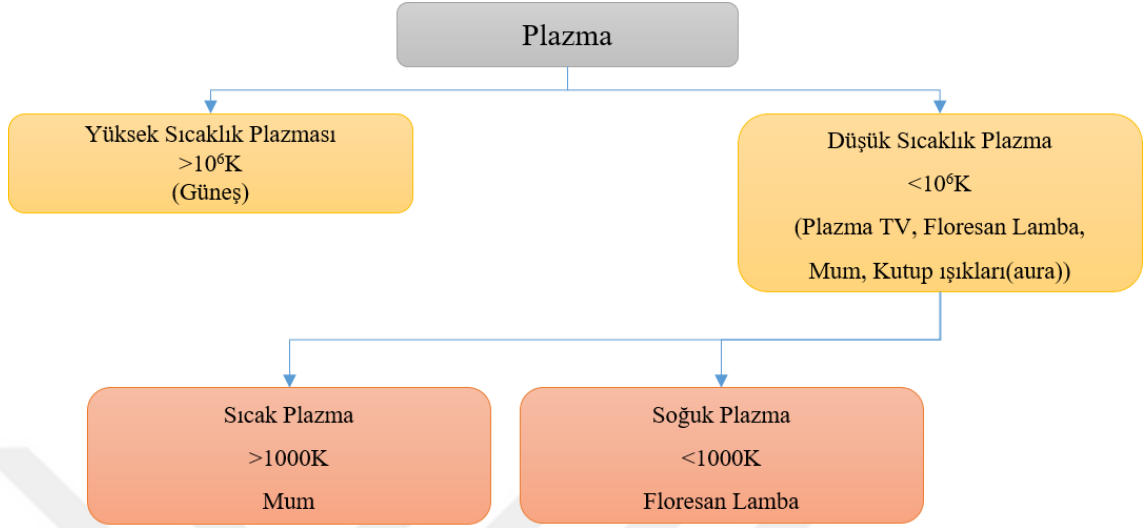
Şekil 2.2. Plazma boşluğunda bulunan partiküller ve çarpışmalar (Wang *et al.* 2007).

Plazma boşluğunda bulunan partiküller birbirleriyle esnek olmayan çarpışmalar yapmaktadırlar. Bu çarpışmalar sonucunda kazanılan enerji alt yörüngedeki elektronların bir üst yörüngeye çıkması için yeter ise elektron bir üst katmana geçer ve buna uyarılmış hal denir. Elektronlar bu uyarılmış halde fazla kalamayacaklarından dolayı bir alt katmana geçiş eğilimi gösterirler ve elektronlar bu katmanlar arası geçişlerde ışıınım yaparlar. Bu ışıınım, plazmanın renkli görünmesine sebep olur. Örneğin Şekil 2.3’te güneşte meydana gelen nükleer reaksiyonlar sonucunda meydana gelen yüksek sıcaklık plazma örneği verilmiştir.



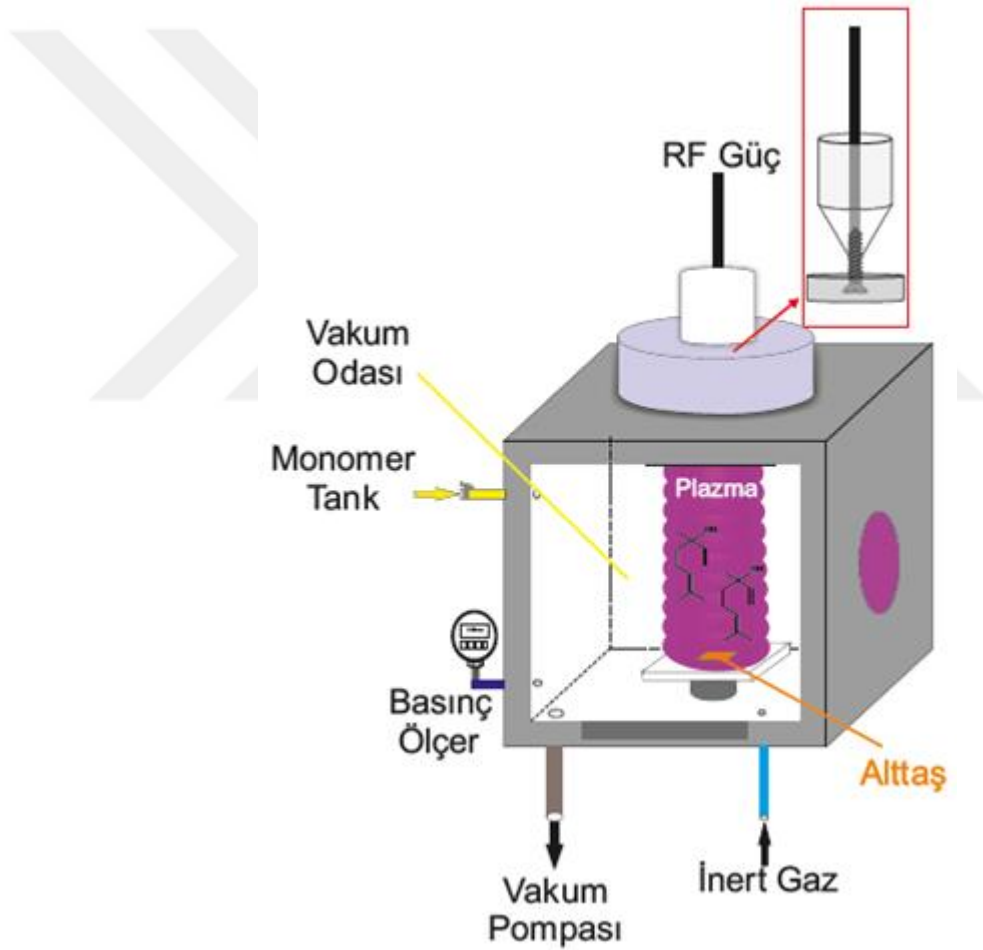
Şekil 2.3. Güneş yüzeyinde patlamalar sonucunda oluşan plazmanın görünümü (Anonymous 2016b).

Plazma, plazma ortamında bulunan gazların sıcaklığına göre ikiye ayrılırlar. Bunlar yüksek ve düşük sıcaklık plazmasıdır. Yüksek sıcaklık plazmasında, gazın sıcaklığı 10^6K 'den fazla olduğu plazma çeşididir. Güneş'te meydana gelen reaksiyonlar yüksek sıcaklık plazmasına örnek verilebilir. Düşük sıcaklık plazmasında, gazın sıcaklığı 10^6K 'den düşük olduğu plazma çeşididir. Plazma TV, kutup ışıkları, mum, floresans düşük sıcaklık plazmasına örnek olarak verilebilir. Ayrıca düşük sıcaklık plazması, sıcak plazma ve soğuk plazma şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Sıcak plazmada, gazın sıcaklığı 1000 K 'den fazladır. Soğuk plazmada gazın sıcaklığı 1000 K 'den daha düşüktür (Güleç 2012). Çizelge 10'da plazmanın ortamda bulunan gazların sıcaklığına göre sınıflandırılması verilmiştir.

Çizelge 10. Plazmanın ortamında bulunan gazların sıcaklığına göre sınıflandırılması

Plazma polimerizasyon ünitelerinde kullanılan plazmanın karakteristik özellikleri elektronların yoğunluğu ve gazların sıcaklığıyla alakalıdır. Düşük sıcaklık plazmaları elektron yoğunluğunun 10^5 - 10^{28}m^{-3} ve gaz sıcaklığının 100 - 10^6K arasındaki parametrelerde oluşturulmaktadır. Düşük sıcaklık plazma bilimi çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, bilgisayar ciplerinde, plazma televizyonları üretiminde, biyokaplama gerektiren ürünlerin kaplanması, floresans lambaların üretiminde, roketlere itici kuvveti oluşturmada, fotovoltaiğin üretiminde, çeşitli materyallerin yüzey kaplamalarında ve tekstil üretiminde kullanılmaktadır. Aynı zamanda düşük sıcaklık plazma uygulama alanları içerisinde polimer üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Düşük sıcaklıklarda elde edilen plazma biyolojik, organik, inorganik ya da yarı iletken maddelerin polimerleştirilmesinde kullanılmaktadır. Son yapılan çalışmalarda düşük sıcaklık plazmaları ile taze gıdalar üzerinde E.coli bakterilerinin inaktivasyonunun sağlanmasında (Aguirre *et al.* 2013), kanser tedavisinde (Schlegel *et al.* 2013), yüzey modifikasyonlarında (Steen *et al.* 2001), ince film üretiminde (Easton *et al.* 2009b) kullanılmaktadır. Plazmayı ince film haline getirilmesinde plazma polimerizasyon üniteleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Monomerleri bir altta yüzeyine soğuk plazma etkisi ile biriktirilmesini sağlayan sisteme Plazma Polimerizasyon sistemi denir. Plazma polimerizasyon üniteleri monomer tank, elektrotlar, basınçölçer, vakum pompası, 13,56MHz'lik RF güç kaynağı, eşleştirme ünitesi ve vakum odasından oluşmaktadır (Şekil 2.4).

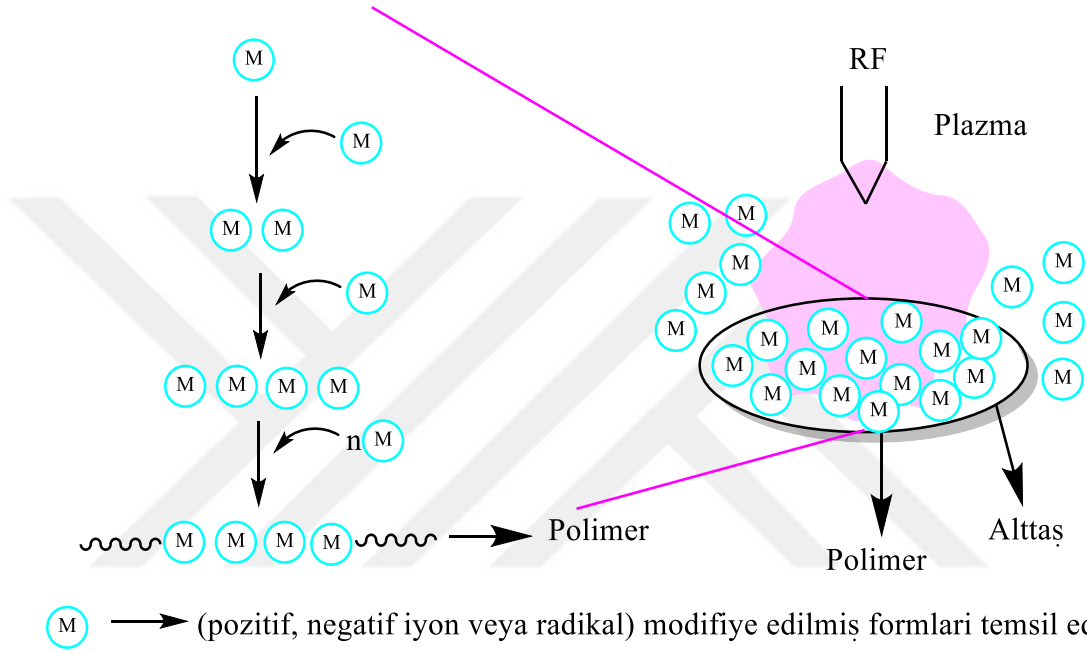
Plazma polimerizasyon ünitelerinde ince film üretimi akış sırası şu şekildedir. Sistemin elektrik, vakum ve gaz bağlantıları kontrol edilir. Vakum odasına altaşlar uygun şekilde yerleştirilir. Monomerler, bağlantı noktasına (monomer tank) uygun şekilde yerleştirilir. Vakum odasının kapağı kapatılır. Vakum pompası çalıştırılır. Vakum odasına inert gaz gönderilir. Ortamın organik kirliliklerden uzaklaştırılması inert gazlarla sağlanır. Ortamın basıncı istenilen seviyeye ayarlanır. RF güç kaynağı istenilen Watt değerine ayarlanır. İnce filmlerin kalınlık miktarları, plazma uygulama süresi ile ayarlanabilir.



Şekil 2.4. Plazma polimerizasyonun cihazının gösterimi

Polimerleşme sürecinde plazma hali monomerleri başlatıcı kimyasal kullanmadan radikal forma dönüştürür. Radikal monomer parçaları diğer monomerlerle birleşir. Oluşan parça-monomer radikali monomerlerin kendisine bağlanmasını sağlamaktadır. Polimer

büyümesi plazma formu bitinceye kadar devam eder. Plazmanın kesilmesi ortamdaki radikal form oluşumunu durduracağı için polimerizasyon süreci de durur. Plazma polimerizasyon sürecinde meydana gelen polimerizasyon mekanizması Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Plazma polimerizasyonunda gerçekleşen zincir büyüme mekanizmasının gösterimi (Friedrich 2011).

Plazma polimerizasyon teknolojinin avantajı şunlardır (Bazaka and Jacob 2010; Chua *et al.* 2002; Güleç 2012):

1. Altaş (kaplama yapılan yüzey) ile polimer arasında güçlü tutunma (adezyon) kuvveti oluşmaktadır.
2. Farklı altaş (demir, plastik, polimer, amorf yapılar, organik ve inorganik materyaller) seçimine imkân sunmaktadır.
3. Basit kullanım imkânı ve nispeten geleneksel yöntemle göre ucuz olmaktadır.
4. Biyouyumlu ürünlerin sentezlenmesine imkân sağlamaktadır.
5. Polimerizasyon için başlatıcı veya çözücüye ihtiyaç duyulmamaktadır.

6. Polimerizasyon işlemi tek basamakta olmaktadır.
7. Polimerizasyon işlemi hızlı gerçekleşmektedir.
8. Polimerizasyon süreci atık oluşturmadağı için çevre dostudur.
9. Kaplama süresi ile kalınlık kontrolü kolaylıkla sağlanmaktadır.
10. Plazma polimerizasyonunda uygun polimerleşme şartları sağlanması halinde monomerlerin kimyasal özellikleri büyük oranda korunmakta ve bu özellikler elde edilen ince filmlerde de gözlenmektedir. Çizelge 11’de Plazma polimerizasyon ünitelerinde monomer olarak organik kaynakların polimerizasyonu ile ince film oluşumuna ait çalışmalar verilmiştir.

Çizelge 11. Organik kaynakların plazma polimerizasyonu ile ince film oluşumu

Organik kaynaklar	Referans
Cineole	Easton <i>et al.</i> 2009b
Polyterpenol	Bazaka and Jacob 2010
Terpinen-4-ol	Bazaka and Jacob 2009
1,1,1-trichloroethane	Mich <i>et al.</i> 2014
Lavander	Jacob <i>et al.</i> 2008
Cineole	Pegalajar-Jurado <i>et al.</i> 2014

Bir çalışmada Easton *et al.* (2009b) 1,8-cineole uçucu yağının plazma polimerizasyon haline ince film haline getirmiştir. AFM görüntülerinde yüzeyin çok pürüzsüz olduğunu ve ölçülen pürüzlülük oranının 0,39nm olduğu belirlenmiştir.

Başka bir çalışmada Bazaka and Jacob (2010) göre politerpenol, plazma polimerizasyonu sonucunda ince film haline getirilmiştir. 300nm, 600nm, 800nm kalınlıklarda elde edilen ince filmlerin optiksel özellikleri, incelenmiştir. Ayrıca ince film yüzeyinin stabilitesine RF gücünün etkisinde incelenmiştir. Yine aynı grup tarafından terpinen-4-ol’un plazma polimerizasyon yöntemi ile ince film haline getirilmiştir. Organik polimerin 2,67eV band gap enerjisine sahip olduğu bulunmuştur.

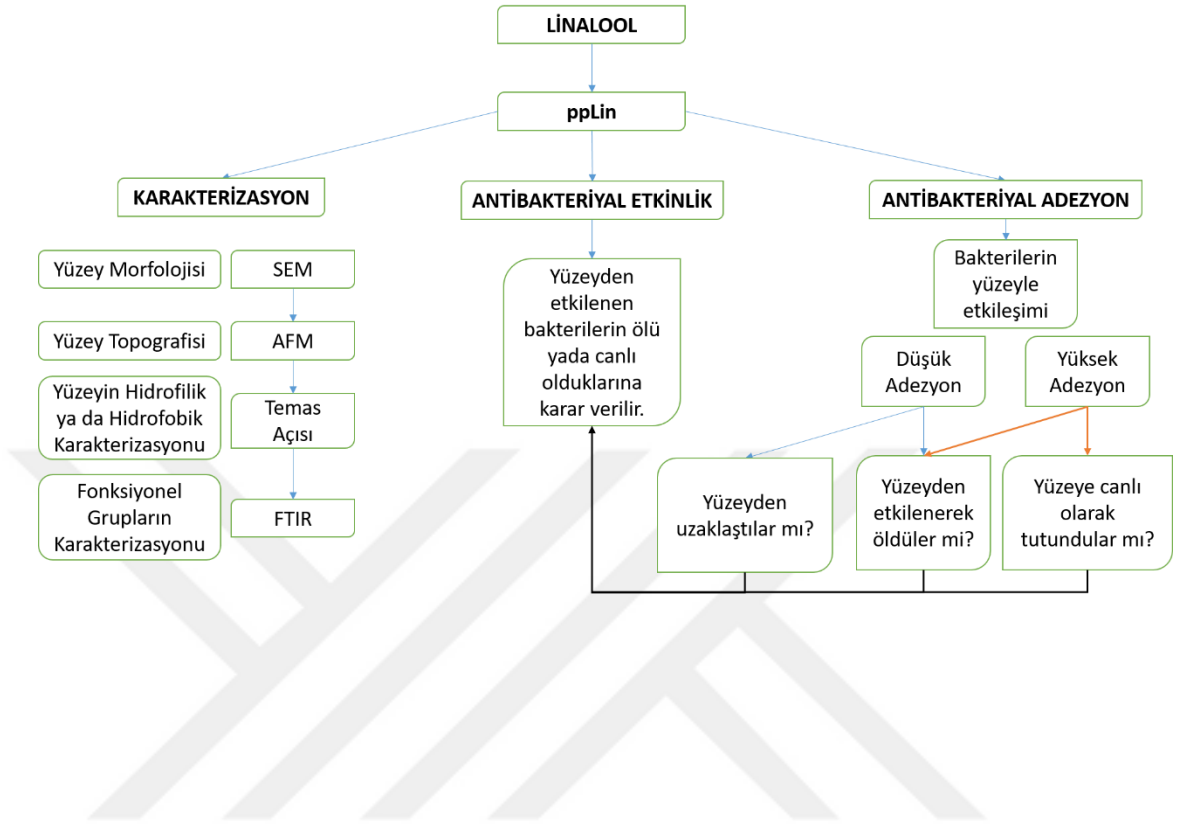
Mich *et al.* (2014) göre 1,1,1-trichloroethane uçucu yağından plazma polimerizasyon ile ince film üretmişlerdir. *Staphylococcus epidermidis*'e karşı elde edilen yüzeyin yüksek seviyede antibakteriyal etkisi olduğu görülmüştür.

Jacob *et al.* (2008) göre lavander uçucu yağından plazma polimerizasyon ile 200-2400nm kalınlıklarda ince film üretmişlerdir. Organik polimerin 2,93eV band gap enerjisine sahip olduğu bulunmuştur.

Pegalajar-Jurado *et al.* (2014) göre cieole uçucu yağı plazma polimerizasyon ile hidrofobik organik polimer haline getirmiştir. Yüzeylerin *E.coli* ve *S.aureus*'a karşı etkinlikleri incelenmiştir.

Bu tez çalışmasında cam yüzeylerde antimikrobiyal ince film oluşturmak amacıyla antibakteriyal olduğu bilinen bir uçucu yağ bileşeni olan linalool, monomer olarak seçilmiştir. Linalool uçucu yağı plazma polimerizasyon tekniği ile cam alttaşlar üzerine ince film halinde kaplanmıştır. İnce filmlerin antibakteriyal özellikleri *E.coli* ve *S.aureus* bakterilerine karşı incelenmiştir. Çizelge 12'de ppLin numunelerinin karakterizasyonu ve antibakteriyal testlerinin akış şeması verilmiştir.

Çizelge 12. ppLin'in karakterizasyon ve antibakteriyal testlerin akış şeması.



3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1. Kimyasallar

($\pm$)- Linalool $C_{10}H_{18}O$ Fluka, izopropil alkol ($(CH_3)_2CHOH$), TSA (Tryptic Soy Agar) ve TSB (Tryptic Soy Broth) Sigma-Aldrich firmasından alınmıştır. LB (Luria Bertani) agar ve LB (Luria Bertani) broth Merck firmasından alınmıştır. Deiyonize su, musluk suyundan cihazla saflaştırılmıştır. Tüm cam eşyalar izopropil alkol ile temizlenmiştir ve $121^\circ C$ 15 dakika sterilizasyon işlemi uygulanmıştır.

3.2. Cihazlar

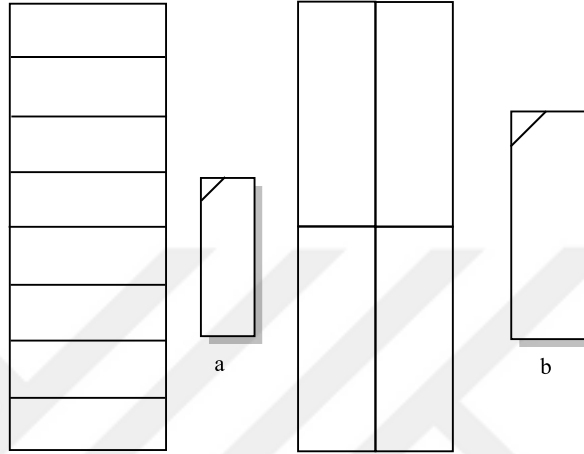
Çizelge 13. ppLin sentez ve karakterizasyonda kullanılan cihazlar

Marka	Model	Kullanım amacı
Plazmatek		ppLin antibakteriyal ince filmlerin üretimi
Theta		Yüzeyin hidrofik karakteri
FTIR	Vertex 80V	Fonksiyonel grupların tespiti
Mikro Raman	WITech Alpha300R	ppLin yüzeyine tutunan bakterilerin dağılımları
AFM	Hitachi 5100N	Topografik bilgisi
SEM	Zeiss Sigma 300	Kalınlık bilgisi
Spektrometre	Jasco	V-530
Hirayama		Besiyeri hazırlanma
Memmert		İnkübasyon fırını

3.3. Camların Hazırlanması

Mikroskop lamelleri Şekil 3.1’de gösterildiği gibi iki farklı şekilde kesilmiştir. Şekil 3.1a’da gösterilen kesim antibakteriyal etkinlik testlerinde kullanılmıştır. Şekil 3.1b gösterilen kesim antibakteriyal adezyon testlerinde kullanılmıştır. Kaplı yüzey ile kaplanmamış yüzeyi ayırt etmek için camlar sol kısımdan kesilmiştir. Kesilmiş camlar

ultrasonik karıştırıcıda 5 dakika bekletilmiştir. Daha sonra camlar izopropanol alkolde ile temizlenmiş ve 121°C 15 dakika sterilizasyon işlemi uygulanmıştır. Kesilmiş camlar plazma polimerizasyon ünitesinde linalool monomeri ile kaplanmıştır.



Şekil 3.1. Lamelin kesim şeklinin gösterimi (sol üst bölgenin kesilmesi kaplı yüzeyin belirlenmesini sağlamaktadır) (a: antibakteriyal etkinlik testlerinde kullanılmıştır. b: antibakteriyal adezyon deneylerinde kullanılmıştır.)

3.4. ppLin Sentezi ve Tanımlanması

ppLin sentezi laboratuvarımız bünyesinde kurulu olan plazma polimerizasyon cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Plazma polimerizasyon cihazı; monomer tank, elektrotlar, basınçölçer, vakum pompası, 13,56MHz'lik RF güç kaynağı, eşleştirme ünitesi ve vakum odasından oluşmaktadır. ppLin üretilmesinde uygulanan akış sırası aşağıda verilmiştir.

- Kullanılan cihazın elektrik, vakum ve gaz bağlantıları kontrol edilmiştir. Vakum odasına kesilmiş olan cam alttaşlar uygun şekilde yerleştirilmiştir.
- Linalool ağzı açık bir kap içerisinde vakum odasına yerleştirilmiştir. Vakum odasının kapağı kapatılmıştır.
- Vakum pompası iki dakika çalıştırılmıştır.
- Vakum odasına argon gazı gönderilerek, ortamın organik kirliliklerden uzaklaştırılması sağlanmıştır.

- Ortamın basıncı 500mTorr'a ayarlanmıştır.
- RF güç kaynağı 15Watt'a ayarlanmıştır. Vakum odasında yer alan elektrotlar arasında argon plazmasının oluşturulması sağlanmıştır.
- 15 dakika süre ile cam alttaş yüzeyinde monomerlerin polimerasyonu sağlanmıştır. RF güç kaynağı kesilmiştir ve vakum kapatılıp gaz bağlantısı kesilmiştir.
- Vakum odasının kapağı açılarak numuneler alınmıştır.
- Aynı işlem 15Watt'ta 30 dakika için yapılmıştır.
- RF güç kaynağı 20 Watt ayarlanarak, aynı işlemler 15 dakika ve 30 dakikaya için yapılmıştır.

Elde edilen numuneler için temas açısı, SEM, AFM, FTIR analizleri yapılmıştır.

3.5. Antibakteriyal Analiz

Antibakteriyal analizler, Atatürk Üniversitesi Gıda Mühendisliği Et Araştırma Laboratuvarında yapılmıştır.

3.5.1. Antibakteriyal analiz için ön işlemler

3.5.1.1. *E.coli* besiyeri hazırlama

TSA (Tryptic Soy Agar) Sigma Aldrich 22091, LB (Luria Bertani) Broth Merck 110285 ve LB (Luria Bertani) Agar Merck (110283) hazırlanmıştır. Otoklavda 121°C'de 15 dakika sterilizasyon süreci uygulanmıştır. Deney gününe kadar besiyerleri muhafaza edilmiştir.

3.5.1.2. *S.aureus* besiyeri hazırlama

TSA (Tryptic Soy Agar) Sigma Aldrich 22091 ve TSB (Tryptic Soy Broth) Sigma Aldrich 22092 hazırlanmıştır. Otoklavda 121°C’de 15 dakika sterilizasyon süreci uygulanmıştır. Deney gününe kadar 4°C’de muhafaza edilmiştir.

3.5.1.3. Bakterilerin aktifleştirilmesi

Bakterilerin aktifleştirilmesi -80°C’de bakteriler tamamı ya da bir kısmı sıvı besiyerlerine aktarılmıştır ve 24 saat 30°C’de inkübasyon sonucunda genç kültürlerin (stok kültür) aktifleştirilmesi gerçekleştirilmiştir.

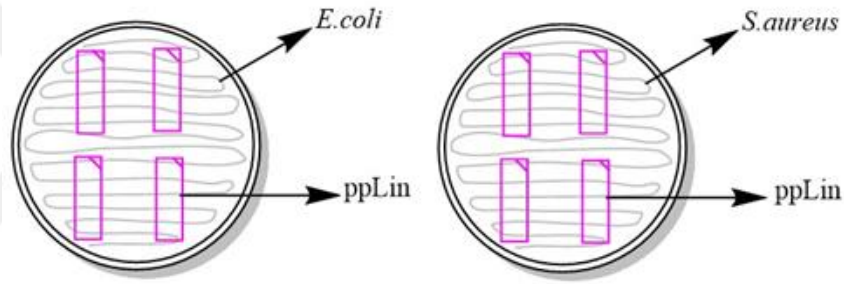
3.5.2. Antibakteriyal Adezyon Deneyleri

3.5.2.1. *Escherichia coli* katı besiyerine ekimi:

Ekimi yapılacak besiyerlerine herhangi bir kontaminasyon olmaması için ilk olarak etil alkol ile ortam steril hale ve bunzen beki eşliğinde ekime hazır hale getirilmiştir. LB agar içeren petri plaklarına aktifleştirilmiş (10^8 kob/ml) *E.coli* bakterileri tek kullanımlık svap ile besiyerine ekilmiştir. Petri plakları asetat kalemle dört eşit parçaya bölünmüştür. Her bölgeye steril edilmiş kısıkaç ile ppLin numuneleri yerleştirilmiştir ve inkübasyona bırakılmıştır. Aynı işlemler diğer ppLin numuneleri için de uygulanmıştır. Antibakteriyal adezyon deneylerinin kontrol gelişimi için ayrı bir petri plağına kontrol numuneler (boş cam) yerleştirilmiştir.

3.5.2.2. *Staphylococcus aureus* katı besiyerine ekimi:

Ekimi yapılacak besiyerlerine herhangi bir kontaminasyon olmaması için ilk olarak etil alkol ile ortam steril hale ve bunzen beki eşliğinde ekime hazır hale getirilmiştir. TSA besiyeri içeren petri plaklarına, aktifleştirilmiş 10^8 kob/ml *S. aureus* bakterileri tek kullanımlık svap ile besiyerine ekilmiştir. Petri kapı asetat kalemle dört eşit parçaya bölünmüştür. Her bölgeye steril edilmiş kısıkaç ile ppLin numuneleri yerleştirilmiştir ve inkübasyona bırakılmıştır. Aynı işlemler uygulanarak hazır hale getirilen petri kaplarına kontrol numuneler (boş cam) yerleştirilmiştir.



Şekil 3.2. Besi yerine ekim ve ppLin numunelerin yerleştirimi (ppLin kaplı yüzeyler besiyerine gelecek şekilde konulmuştur)

3.5.2.3. Antibakteriyal adezyon deneyleri için inkübasyon

Besiyerine uygun şekilde yerleştirilmiş kontrol ve ppLin numuneleri inkübasyon fırınlarına yerleştirilerek, 30°C’de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonucunda besiyerinden alınan numuneler yeteri kadar su ile yıkanmıştır. Yıkanan yüzeyler Alpha300R (100xNA/0,9 objektif) mikroskobu ile görüntülenmiştir.

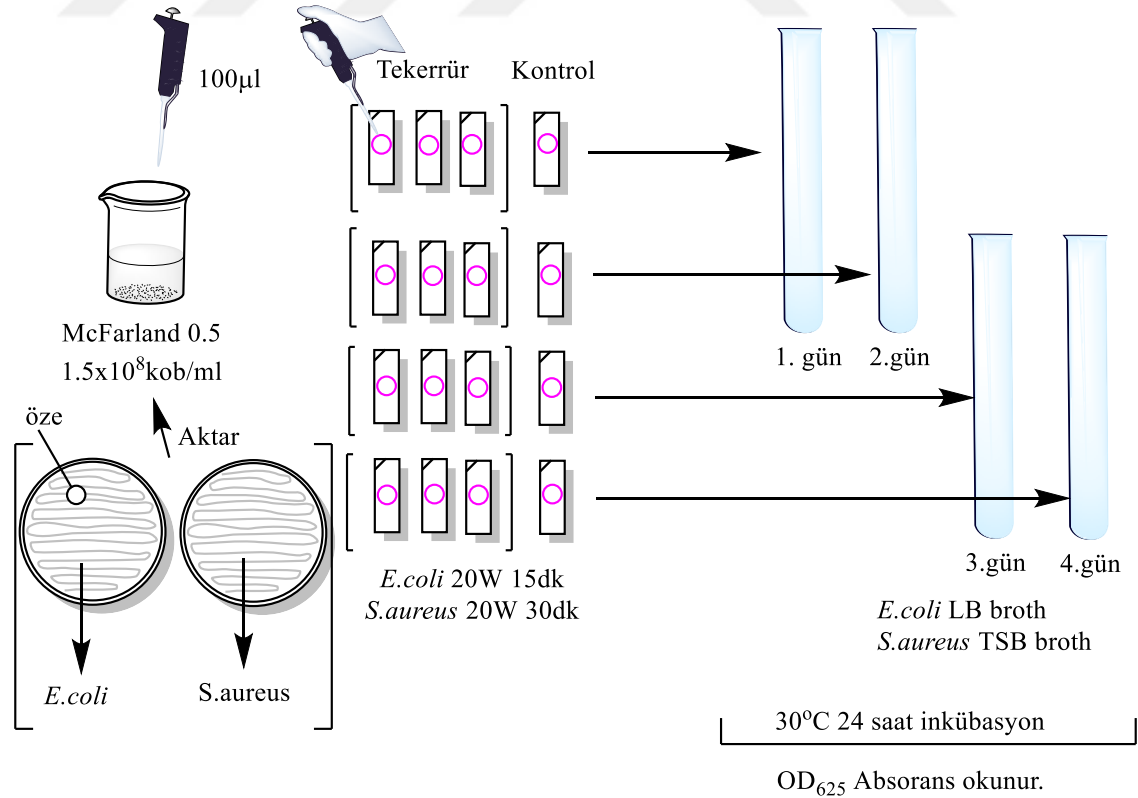
3.5.3. Antibakteriyal Etkinlik Testi

McFarland 0,5 standardını hazırlamak için aktifleştirilmiş bakteriler katı besiyerine (*S.aureus* için TSB agar, *E.coli* için LB agar) ekilmiştir ve inkübasyon sonucunda PBS

tamponuna 625nm’de absorbans değerinin 0,08-0,1 arasında bir değer olana kadar aktarılmıştır.

3.5.3.1. Bakterilerin antibakteriyal etkinlik testleri için sıvı besiyerine ekimi

Hazırlanan PBS çözeltisinde 100µl alınarak 20W 15 dakika (*E.Coli* için en iyi sonuç) ve 20W 30 dakika (*S.aureus* için en iyi sonuç) sürelerde üretilen her bir ppLin yüzeylerine aktarılmıştır. Birinci gün üç adet tekrerrür ile bir adet kontrol uygun sıvı besiyerlerine ekilmiştir ve 30°C’de 24 saat her iki bakteri de inkübasyona bırakılmıştır. İkinci gün üç adet tekrerrür ile bir adet kontrol uygun besiyerine ekilmiştir ve bir önceki günün besiyerinden bir miktar alınarak spektrofometrede absorbans değeri okunmuştur. Üçüncü ve dördüncü günlerde aynı şekilde ekim ve okuma yapılmıştır. ppLin yüzeyin antibakteriyal etkinlik testleri dört günlük süreyle yapılmıştır.



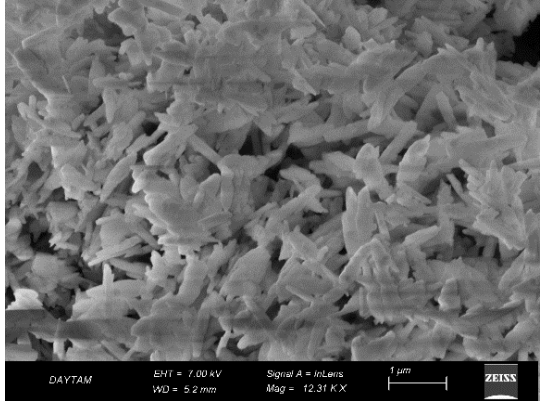
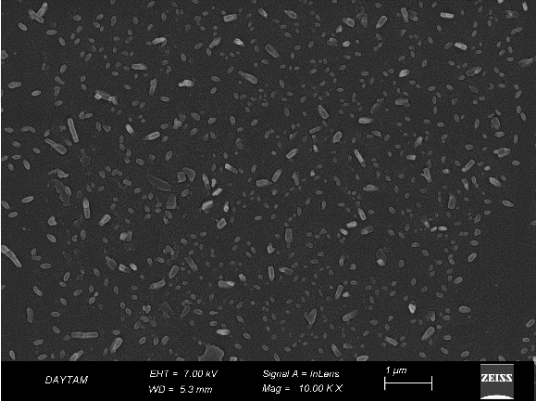
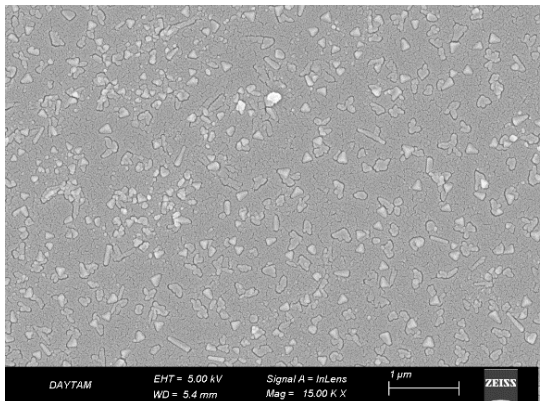
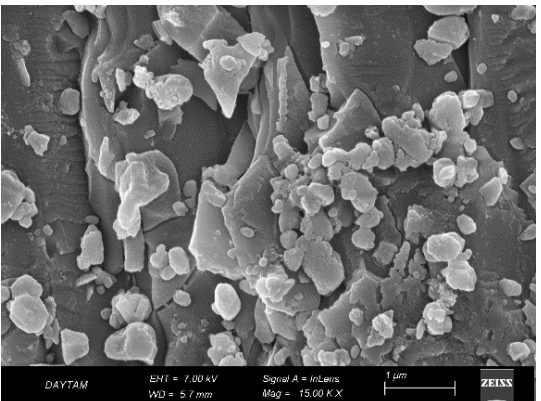
Şekil 3.3. Antibakteriyal etkinlik testin yapılışının gösterimi

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. SEM Sonuçları

ppLin numunelerinin SEM görüntülerinde watt ile süre yüzey morfolojisini dramatik bir şekilde değiştirmektedir.

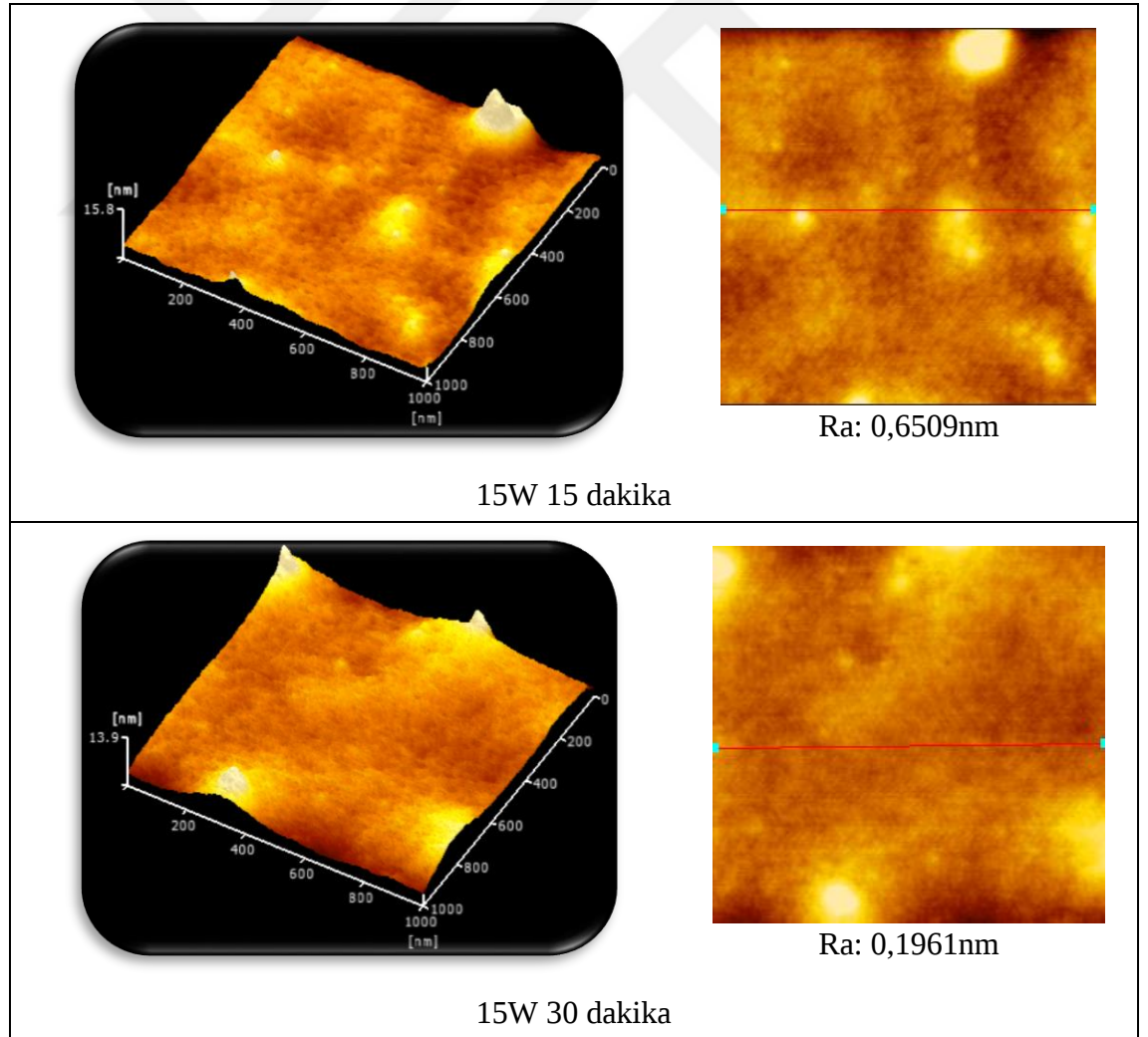
Çizelge 14 ppLin numunelerinin SEM görüntüleri

	
15W 15dk	15W 30 dk
	
20W 15dk	20W 30dk

4.2. AFM Analizleri

ppLin yüzeyleri görüntüler AFM (Hitachi 5100N) görüntülerinde uygulanan watt ile yüzeyin pürüzlülüğü arasında bir ilişki olduğu görülmektedir (Çizelge 15 ve Çizelge 16). Çünkü Çizelge 15 ve Çizelge 16'daki AFM görüntülerinden görüleceği üzere watt arttıkça lokal olarak cam yüzeyinde monomer birikimlerinin daha fazla olduğu bunun da pürüzlülüğü artırdığı söylenebilir. Yine bu görüntülerden 15 watt 15 ve 30 dakika süre ile üretilen ppLin numunelerinde yüzey morfolojisinin nispeten homojen olduğu görülmektedir.

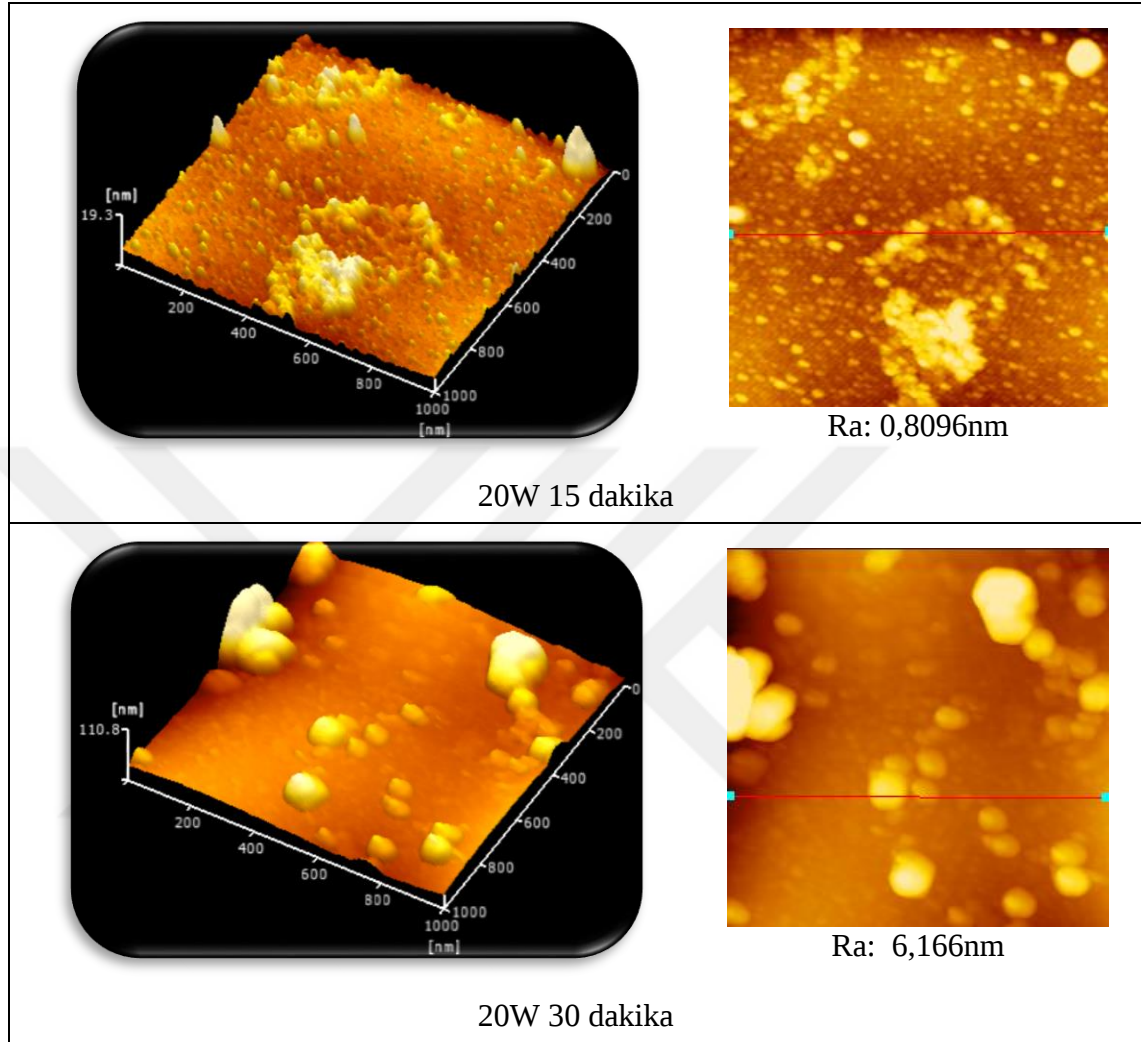
Çizelge 15. ppLin'lerin 3D ve 2D AFM görüntüsü ve pürüzlülük(Ra) değerleri



Ra: 0,6509nm

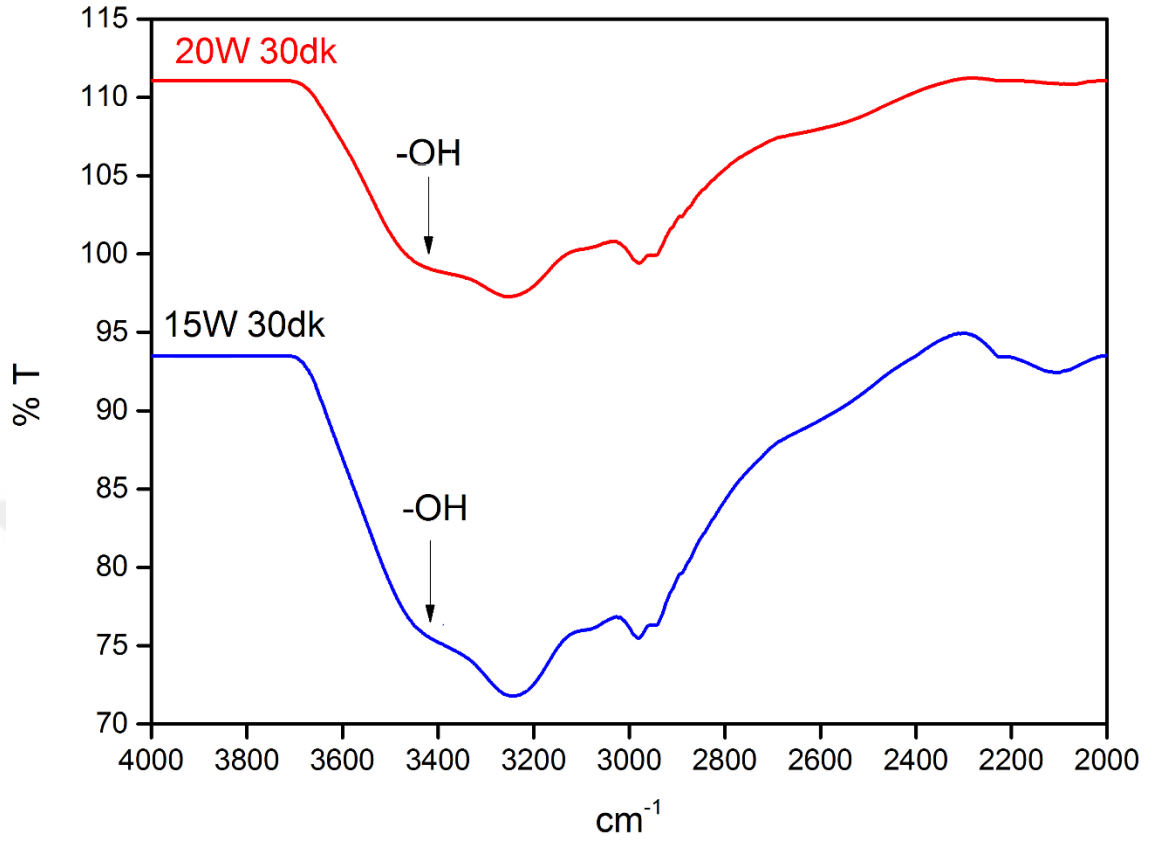
Ra: 0,1961nm

Çizelge 16. ppLin'lerin 3D ve 2D AFM görüntüsü ve pürüzlülük(Ra) değerlerinin devamı



4.3. FTIR Sonuçları

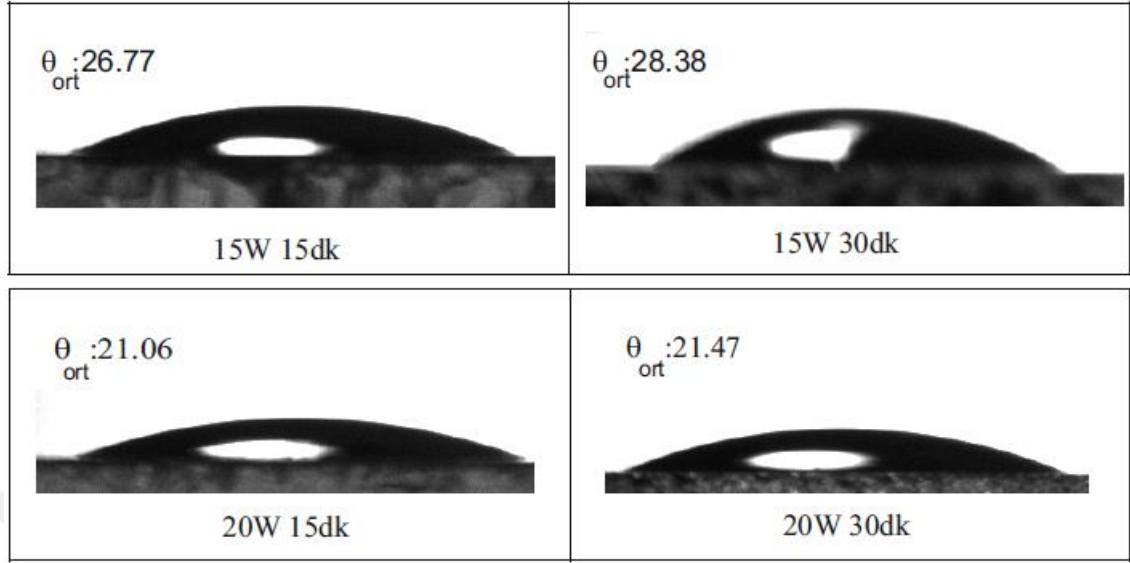
ppLin numunelerinin 15W 30 dakika ve 20W 30 dakika sürelerde üretilen yüzeylerinden elde edilen FTIR spektrasına göre $3200-3400\text{cm}^{-1}$ dalga sayı değerlerinde hidroksi gruplarının korunduğu görülmektedir. Elde edilen ppLin numunelerinde hidroksi grupları linalool monomerinden kaynaklanmaktadır. Hidroksi grupları ppLin yüzeyinin hidrofilik karakterde olmasında ve antibakteriyal etkiyi oluşturmada önemli olan fonksiyonel gruptur.



Şekil 4.1. ppLin'in FTIR spekturumu

4.4. Temas Açıları

Hidrofilik karakterli yüzeylerin temas açısı değerleri $<90^\circ$ olma şartına bağlı olarak belirlenmektedir. Şekil 4.2'de ppLin'in temas açısı değerleri verilmiştir. Enerji artışı (süre s/bt) ile ters orantılı olarak ince film yüzeyinin temas açısı değerleri düşmektedir. Yani hidrofilik karakter artmaktadır. Ayrıca plazma sürenin artırılması (enerji s/bt) ile temas açısı değeri doğru orantılı olarak artmaktadır. Yani hidrofilik karakter azalmaktadır.



Şekil 4.2. ppLin ince filmlerinin temas açısı ölçüm sonuçları

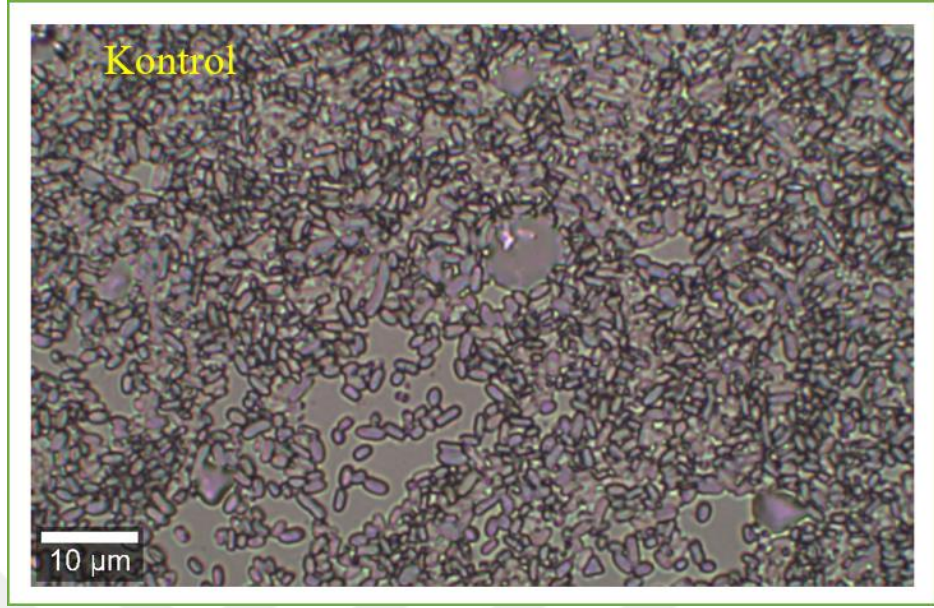
4.5. Antibakteriyal Adezyon Deney Sonuçları

4.5.1. *Escherichia coli*

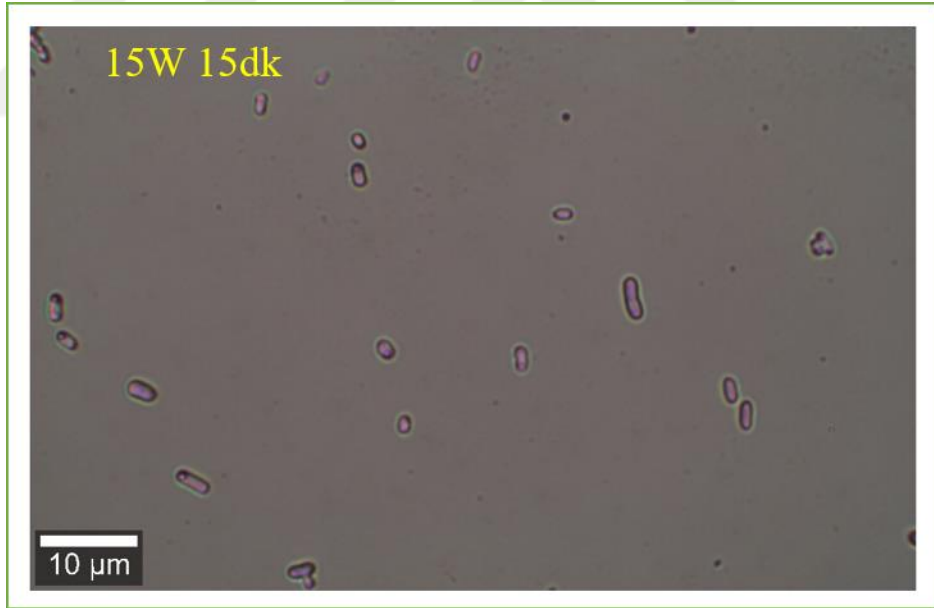
Antibakteriyal adezyon (AA) deneylerinde inkübasyon sonucunda ppLin numuneleri yüzeyinde bulunan *E.coli* kolonileri yeterli miktarda su ile yıkanmıştır. WITech Alpha300R (100xNA/0,9 objektif) mikroskobu ile yüzeylerin antibakteriyal adezyon etkisi görüntüleri elde edilmiştir.

Çizelge 17. ppLinlerin ve kontrolün *E.coli*'ye karşı antibakteriyal adezyon etkisi

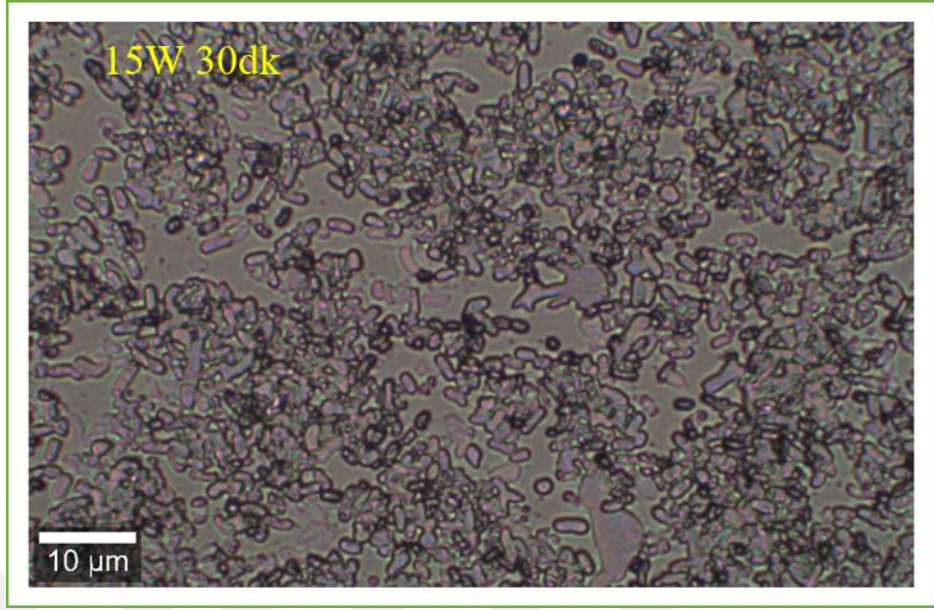
ppLin	<i>E.coli</i>
15W 15dk	İyi antibakteriyal adezyon etki
15W 30dk	Az antibakteriyal adezyon etki
20W 15dk	Çok iyi antibakteriyal adezyon etki
20W 30dk	İyi antibakteriyal adezyon etki
Kontrol	Kuvvetli adezyon etki oluşturmuştur



Şekil 4.3. Boş camın *E.coli* içeren yüzeylere karşı etkisinin görünümü



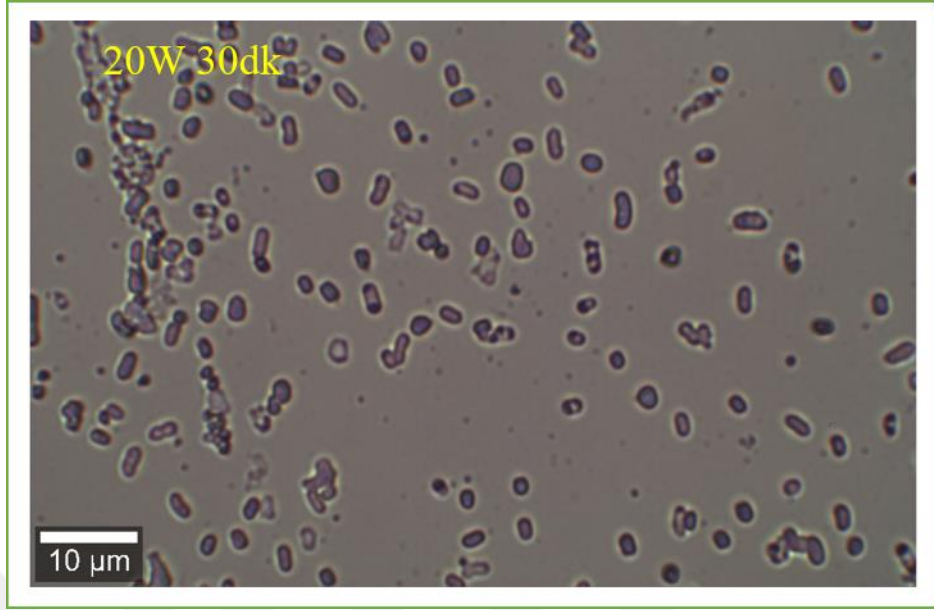
Şekil 4.4. ppLin (15W 15 dakika) ince filmlerinin *E.coli* içeren yüzeylere karşı etkisinin görünümü



Şekil 4.5. ppLin (15W 30 dakika) ince filmlerinin *E.coli* içeren yüzeylere karşı etkisinin görünümü



Şekil 4.6. ppLin (20W 15 dakika) ince filmlerinin *E. coli* içeren yüzeylere karşı etkisinin görünümü



Şekil 4.7. ppLin (20W 30 dakika) ince filmlerinin *E. coli* içeren yüzeylere karşı etkisinin görünümü

4.5.2. *Staphylococcus aureus*

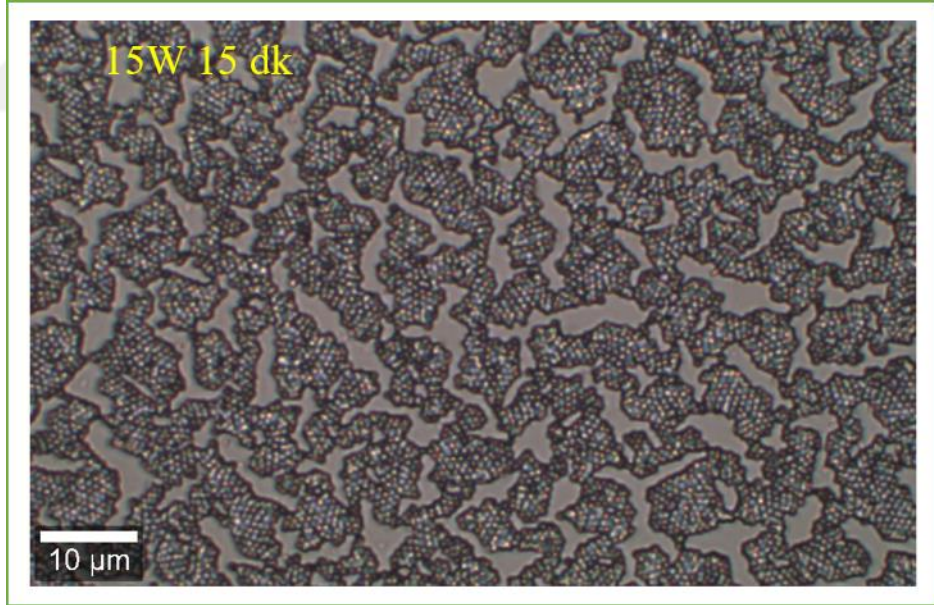
Çizelge 18. ppLinlerin ve kontrolün *S. aureus*'a karşı Antibakteriyal adezyon etkisi

ppLin	<i>S.aureus</i>
15W 15dk	Az antibakteriyal adezyon etki
15W 30dk	İyi antibakteriyal adezyon etki
20W 15dk	Çok iyi antibakteriyal adezyon etki
20W 30dk	Çok iyi antibakteriyal adezyon etki
Kontrol	Kuvvetli adezyon etki oluşturmuştur

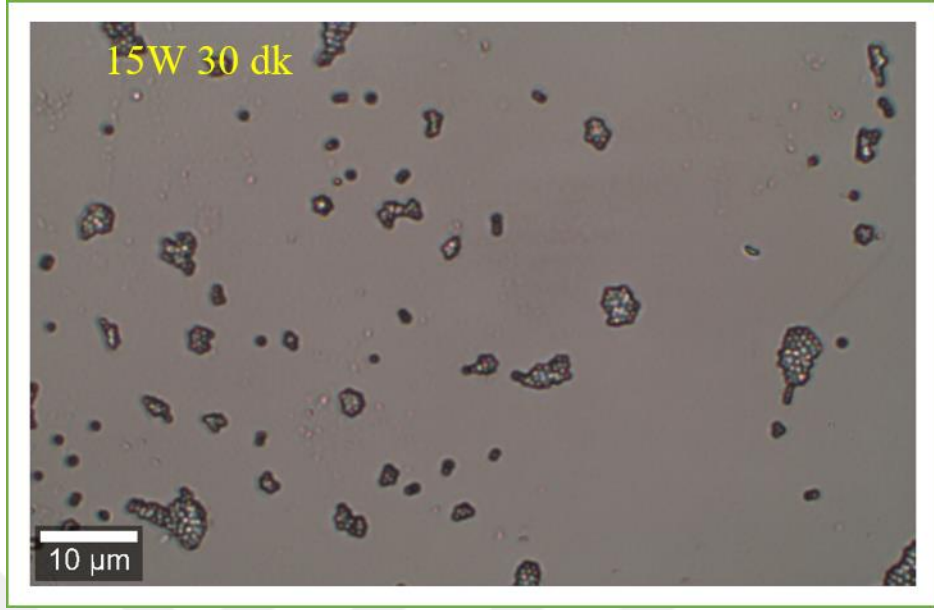
Antibakteriyal adezyon deneylerinde inkübasyon sonucunda ppLin numuneleri yüzeyinde bulunan *S.aureus* kolonileri yeterli miktarda su ile yıkanmıştır. WITech Alpha300R (100xNA/0,9 objektif) mikroskobu ile yüzeylerin antibakteriyal adezyon etkisi görüntüleri elde edilmiştir.



Şekil 4.8. Boş camın *S. aureus* içeren yüzeylere karşı etkisinin görünümü



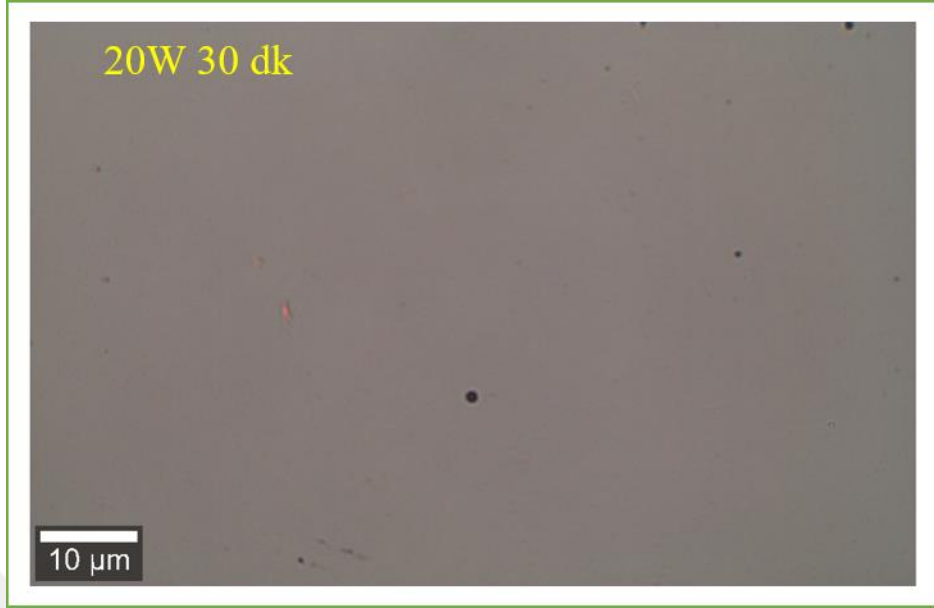
Şekil 4.9. ppLin (15W 15 dakika) ince filmlerinin *S. aureus* içeren yüzeylere karşı etkisinin görünümü



Şekil 4.10. ppLin (15W 30 dakika) ince filmlerinin *S. aureus* içeren yüzeylere karşı etkisinin görünümü



Şekil 4.11. ppLin (20W 15 dakika) ince filmlerinin *S. aureus* içeren yüzeylere karşı etkisinin görünümü



Şekil 4.12. ppLin (20W 30 dakika) ince filmlerinin *S. aureus* içeren yüzeylere karşı etkisinin görünümü

4.6. Antibakteriyal Etkinlik Test Sonuçları

Çizelge 19. Antibakteriyal testin dört gün okunan absorbans değerleri

<i>E. coli</i>			
Absorbans (625nm):0,088 (McFarlan 0,5)			
1.gün	2.gün	3.gün	4.gün
0,497 ± 0,01	0,5575 ± 0,02	0,5407 ± 0,01	0,5034 ± 0,08
%6	%1	%10	%10
<i>S. aureus</i>			
Absorbans (625nm):0,093 (McFarlan 0,5)			
1.gün	2.gün	3.gün	4.gün
1,036 ± 0,06	0,6000 ± 0,5	0,3571 ± 0,3	0,1218 ± 0,07
%4	%50	%72	% 87

Antibakteriyal etkinlik test sonuçları dört gün boyunca günlük olarak ölçülen absorbans değerleri aşağıda verilmiştir.

- *E.coli* dördüncü günün sonunda ölçülen absorbans değerlerine göre %10 azalma göstermektedir.
- *S. aureus* dördüncü günün sonunda ölçülen absorbans değerlerine göre %87 azalma göstermektedir.



5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Plazma polimerizasyon ünitesi ile cam alttaşlar üzerinde monomerlerin kimyasal özelliğini taşıyan, antibakteriyal özelliğe sahip bir ince film üretilmiştir. Üretilmiş olduğumuz ppLin'lerin FTIR, temas açısı, AFM ve SEM analizleri yapılmıştır. Aynı zamanda antibakteriyal adezyon deneyleri ve antibakteriyal etkinlik testleride yapılarak yüzeyin *E.coli* ve *S.aureus*'a karşı etkisi incelenmiştir.

ppLin'lerin FTIR spektrum sonuçlarına göre hidroksi gruplarının bulunduğu görülmüştür (dalga sayısı: $3200-3400\text{cm}^{-1}$) (Şekil 4.1). Ayrıca temas açısı sonuçlarına göre ppLin yüzeylerinin hidrofilik (suyu seven) karakterde oldukları belirlenmiştir (Şekil 4.2). ppLin yüzeylerinin hidrofilik karakterde olmasının sebebi linalool monomerinin yapısında bulunan hidroksi gruplarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu düşüncemizi Şekil 4.1'de FTIR spektrumlarında ppLin yüzeylerindeki bulunan hidroksi gruplarının varlığı desteklemektedir. Şekil 4.1'de ppLin üretiminde, süre ile hidrofilik karakter arasında ters orantı, watt ile hidrofilik karakter arasında doğru orantı olduğu tespit edilmiştir. Yani plazma polimerizasyon sürecinde 15W enerji değerinde, sürenin 15 dakikadan 30 dakikaya çıkarılması, plazmanın alttaş yüzeyinde birikmiş olan hidroksi gruplarının azalmasını sebep olduğunu düşünmekteyiz. Yüzeyin hidrofilik karakterinin azalmasının bununla ilişkili olduğu düşünülebilir. Ayrıca enerji değerinin 15W'tan 20W'a çıkarılması ise yüzede daha çok hidroksi gruplarının oluştuğu düşünülmektedir. Bu düşüncemizi Şekil 4.2'den görüldüğü üzere temas açısı değerlerinin artan watt ile azalması dolayısıyla yüzeyin daha hidrofilik olması desteklemektedir.

AFM sonuçlarına göre uygulanan watt ile yüzeyin pürüzlülüğü arasında bir ilişki olduğu görülmektedir (Çizelge 15 ve Çizelge 16). Çünkü Çizelge 15 ve Çizelge 16'daki AFM görüntülerinden görüleceği üzere watt arttıkça lokal olarak cam yüzeyinde monomer birikimlerinin daha fazla olduğu bunun da pürüzlülüğü artırdığı söylenebilir. Yine bu görüntülerden 15 watt 15 ve 30 dakika süre ile üretilen ppLin numunelerinde yüzey morfolojisinin nispeten homojen olduğu görülmektedir. Yine SEM görüntülerinden

ppLin yüzeylerinin watt ile yüzey morfolojisinin dramatik bir şekilde değiştiği görülmektedir (Çizelge 14).

Antibakteriyal adezyon deneyine göre inkübasyon sonucunda ppLin ve kontrol yüzeylerinin su ile yıkanması sonucunda yüzeyde tutunan bakterilerin görüntüleri elde edilmiştir. Şekil 4.3'te Gram negatif bir bakteri olan *E.coli*'nin cam yüzey ile güçlü bir adezyona sahip olduğu ve su ile yıkama sonucunda yüzeyden uzaklaştırılamadığı görülmüştür. Şekil 4.4 ve Şekil 4.6'ya baktığımızda 15W 15 dakika ve 20W 15 dakika süre ile sentezlenen ppLin yüzeyleri ile *E.coli*'nin düşük bir adezyon kuvvetine sahip olduğu ve su ile kolayca uzaklaştırılabildiği tespit edilmiştir. Ayrıca Şekil 4.5 ve Şekil 4.7'ye baktığımızda *E.coli*'nin 15W 30 dakika ve 20W 30 dakika sürelerinde üretilen ppLin yüzeyleri ile nispeten yüksek bir adezyon kuvvetine sahip olduğu ve su ile yıkamada bir miktar bakterinin yüzeyde tutunduğu görülmüştür. Şekil 4.5 ve Şekil 4.7'de elde edilen görüntülerde bakterinin hücre yapısını koruyamadığı ve hücre zar yapısının Şekil 4.3'teki gibi olmadığı düşünülmektedir. Bu düşüncemiz Şekil 4.2'de gösterilen temas açısı değerlerine göre yüzeyde bulunan hidroksi grupları sürenin artışı ile azalsa bile halen etkili bir şekilde bakterinin hücre zar yapısını etkilediği görülmektedir.

Şekil 4.8'e baktığımızda Gram pozitif bir bakteri olan *S.aureus*'un cam yüzey ile güçlü adezyona sahip olduğu ve su ile yıkama sonucunda yüzeyden uzaklaştırılamadığı görülmüştür. Şekil 4.9'a baktığımızda 15W 15 dakika süre ile sentezlenen ppLin yüzeyinin Gram pozitif bir bakteri olan *S.aureus* ile güçlü bir adezyon kuvvetine sahip olduğu ve su ile yıkama sonucunda yüzeyden uzaklaştırılamadığı görülmektedir. Plazma polimerizasyon sürecinde plazmanın oluşum sırasında voltaj değişikliğinin yüzeyde polimer oluşumu etkilemektedir. Bu yüzden 15W 15 dakika süre ile sentezlenen ppLin yüzeyinin yeteri kadar hidroksi gruplarının yüzeyde biriktirilemediği ve bundan dolayı *S. aureus*'un hücre zarını etkileyemediği düşünülmektedir. Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de *S.aureus*'un 15W 30 dakika, 20W 15 dakika ve 20W 30 dakika sürelerinde üretilen ppLin yüzeyleri ile düşük bir adezyon kuvvetine sahip olduğu ve su ile yıkamada çok az sayıda yüzeyde bakterinin tutunduğu görülmüştür.

Bakterilerin ppLin yüzeylerine yapışmamasının iki sebebi olabilir. Ya bakteriler yüzeyde ölüyor olabilirler ya da yüzeye tutunmuyor olabilirler. Bu iki ihtimalden dolayı numune üzerinde bakterilerin canlılığını devap ettirip ettiremediğini bulmak için numuneler antibakteriyel etkinlik testine tabi tutulmuştur.

Antibakteriyel etkinlik test sonuçlarına göre bakteri ile ppLin yüzeylerinin etkileşimi sonucunda canlı kalan bakterilerin belirlenmesi için sıvı besiyerine bakteri ekimi yapılmıştır ve inkübasyon sonucunda (30°C’de 24 saat) bakteri solüsyonundan okunan absorbans değerleri Çizelge 19’da verilmiştir. Çizelge 19’a baktığımızda *E.coli* için 20W 15 dakika üretilen ppLin ince filmleri ilk gün %6, ikinci gün %1, üçüncü gün %10 ve dördüncü gün ise %10 oranında bakteri sayısında azalma belirlenmiştir. *S. aureus* için 20W 30 dakika üretilen ppLin ince filmleri ilk gün %4, ikinci gün %50, üçüncü gün %72 ve dördüncü gün ise %87 oranında bakteri sayısında azalma belirlenmiştir. Bu farklılık bakterilerinin yapısal özelliklerine bağlı olduğu düşünülmektedir. Gram negatif bir bakteri olan *E.coli*’nin hücre duvar yapısı incelendiğinde; zar, ince peptidoglikan ve lipopolisakkarit-protein yapısında olan dış bir zar yapısından oluşmaktadır. Yapısal olarak en dıştaki katman incelendiğinde fosfolipit tabakasından sonra lipopolisakkarit yapısında uzantılar bulunmaktadır (Madigan and Martinko 2012). Gram pozitif bir bakteri olan *S.aureus*’un hücre duvar yapısı incelendiğinde; zar, kalın peptidoglikan ve lipoteikoik asit uzantılarından oluşmaktadır (Madigan and Martinko 2012). İki bakterinin hücre duvar yapısını birbirinden farklı olması ppLin yüzeylerinde bakterilerin farklı şekilde etkilenmesinin sebebi olarak düşünülmektedir. Aynı zamanda Gram negatif ya da Gram pozitif olmalarının yanında bakterilerin hareketli olup olmaması yüzeyin etkisini farklı kılabilir. *E.coli* kamçıli bir bakteridir ve kamçısı ile bulunduğu ortamda hareket edebilir. Bir başka deyişle *E.coli*, sevmediği yüzeylerden uzaklaşabilir. Bu durum ince film üzerindeki *E.coli*’nin yüzeyde zayıf tutunmasına ve bu sebeple yıkama işlemi sırasında filmten kopmasına yol açmış olabilir. Ayrıca cam yüzeyine *E.coli*’nin yüzeye iyi yapışabilmesi, bu düşüncemizi desteklemektedir. İnce film üzerindeki *E.coli*’nin sadece %10’unun ölmesinin, yüzeyin antimikrobiyal etkisinden *E.coli*’nin kendisini uzak tutabilmesinden kaynaklandığını söyleyebiliriz. Kamçı hareketine sahip olmayan *S.aureus* bakterisinin ince film yüzeyinden uzaklaşma imkânı olmadığı için ppLin’in

antimikrobiyal etkisine maruz kaldığı ve bu sebeple ince filmlerin *S.aureus* üzerinde %87 oranında antimikrobiyal etki gösterdiğini düşünmekteyiz.

Uçucu yağlarla yapılan bir çalışmada, Carvone uçucu yağının plazma polimerizasyonu sonucunda elde edilen hidrofobik kaplamalarda *E.coli*'de %86 azalma ve *S.aureus*'da %84 azalma elde edilmiştir (Chan *et al.* 2016). Cineole uçucu yağının plazma polimerizasyonu sonucunda elde edilen hidrofobik yüzeylerde yapılan antibakteriyal çalışmalarda polimer yüzeylerinin *E.coli*'e karşı etkin oldukları tespit edilmiştir (Pegalajar-Jurado *et al.* 2014). Bu durum hidrofilik yüzeye sahip ppLin numunelerin *E.coli*'ye karşı neden etkili olmadığını açıklayabilir. Ayrıca hidrofobik ve hidrofilik yüzeylerde bakterilerin adezyon etkileri sonucunda *Pseudomonas aeruginosa* bakterisinin *Staphylococcus aureus* dan daha fazla tutunduğu belirtilmektedir (Bruinsma *et al.* 2001). 1,1,1-trichloroethane uçucu yağından elde edilen ince filmin Gram (+) bir bakteri olan *Staphylococcus epidermidis*'e karşı yüksek seviyede antibakteriyal etkisi gözlenmiştir (Mich *et al.* 2014). *Cinnamomum verum* (tarçın), *Origanum vulgare* (mercanköşk), *Thymus vulgaris* (kekik) elde edilen uçucu yağların Gram pozitif bakterilerine karşı yüksek antibakteriyal aktivite göstermiştir (Hersch-Martínez *et al.* 2005). Lavander uçucu yağının plazma polimerizasyon sonucunda ince film haline getirilmiştir ve yüzeyin adezyon kuvveti incelenmiştir. Elde edilen sonuçlarda hidrofobik karaktere sahip olan lavanderin ince film halinde farklı substrat (alttaş) yüzeylerinde yüksek tutunma kuvvetine sahip olduğu tespit edilmiştir (Easton and Jacob 2010).

Sonuç olarak:

- ppLin ince filmler hidrofiliktir ve linaloolde olduğu gibi antimikrobiyal etkiye sahiptir.
- Plazma polimerizasyonunda artan watt yüzeylerin hidrofilikliğini arttırmaktadır.
- Plazma polimerizasyonunda artan süre yüzeylerin hidrofilikliğini azaltmaktadır.
- Yüzeylerin hidrofiliklik dereceleri o yüzeylerin antimikrobiyal aktivitelerini etkilemektedir. Bu sebeple numunelerin elde edilme şartları (watt ve süre) ince filmlerin

fiziksel özelliklerini (kalınlık, pürüzlülük vb.) ve antimikrobiyal etkinliğini belirleyen iki ana faktördür.

- Farklı bakteriler için aynı ppLin yüzeyin sergilediği antimikrobiyal özellik değişmektedir.



KAYNAKLAR

- Achuthan, M. K., Bhat, K. N., 2007. Metal semiconductor contacts: Metal semiconductor and junction field effect transistors, Fundamentals of semiconductor devices, Tata McGraw-Hill, 475-514, Noida.
- Aguirre, B. D., Wemlinger, E., Pedrow, P., Cánovas, B. G., Perez, G. M., 2013. Effect of atmospheric pressure cold plasma (APCP) on the inactivation of *Escherichia coli* in fresh produce. *Food Control*, 34, 149-157.
- Aissi, O., Boussaid, M., Messaoud, C., 2016. Essential oil composition in natural populations of *Pistacia lentiscus* L. from Tunisia: Effect of ecological factors and incidence on antioxidant and antiacetylcholinesterase activities. *Industrial Crops and Products*, 91, 56–65.
- Anonymous, 2016. NNI budget. Nano.gov, <https://www.nano.gov/about-nni/what/funding> (26.11.2016).
- Anonymous, 2016a. Experimental Techniques Used For Thin Films Synthesis and Characterizations, http://shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/9616/10/10_chapter%202.pdf (9.12.2016).
- Anonymous, 2016b. NASA's SDO Watches Bursts of Solar Material, http://svs.gsfc.nasa.gov/vis/a010000/a012200/a012292/YOUTUBE_HQ-12292_SDOBursts_youtube_hq.00370_print.jpg (07.02.2017).
- Anonymous, 2016c. Irving Langmuir, https://tr.wikipedia.org/wiki/Irving_Langmuir (29.01.2017).
- Anonymous, 2016d. William Crookes, https://tr.wikipedia.org/wiki/William_Crookes (29.01.2017).
- Anonymous, 2017. Solids, https://saylordotorg.github.io/text_general-chemistry-principles-patterns-and-applications-v1.0/s16-solids.html (31.01.2017).
- Barthlott, W., Neinhuis, C., 1997. Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces. *Planta*, 202, 1–8.
- Bazaka, K., Jacob, M. V., 2009. Synthesis of radio frequency plasma polymerized non-synthetic Terpinen-4-ol thin films. *Materials Letters*, 63, 1594–1597.
- Bazaka, K., Jacob, V. M., 2010. Post-deposition ageing reactions of plasma derived polyterpenol thin films. *Polymer Degradation and Stability*, 95, 1123-1128.
- Beşergil, B., 2003. Polimer kimyası, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Bruinsma, M. G., Mei, V. C. H., Busscher, J. H., 2001. Bacterial adhesion to surface hydrophilic and hydrophobic contact lenses. *Biomaterials*, 22, 3217–3224.
- Burt, S. A., Reinders, R. D., 2003. Antibacterial activity of selected plant essential oils against *Escherichia coli* O157: H7. *Letters in applied microbiology*, 36, 162- 167.
- Chan, W. Y., Siowa, S. K., Ng, Y. P., Gires, U., Majlis, Y. B., 2016. Plasma polymerized carvone as an antibacterial and biocompatible coating. *Materials Science and Engineering C*, 68, 861–871.

- Chorianopoulos, G. N., Giaouris, D. E., Skandamis, N. P., Haroutounian, A. S., and Nychas, E. J. G., 2007. Disinfectant test against monoculture and mixed-culture biofilms composed of technological, spoilage and pathogenic bacteria: bactericidal effect of essential oil and hydrosol of *Satureja thymbra* and comparison with standard acid–base sanitizers. *Journal of Applied Microbiology* ISSN, 1364-5072.
- Chua, K. P., Chena, Y. J., Wanga, P. L., Huang, N., 2002. Plasma-surface modification of biomaterials. *Materials Science and Engineering R*, 36, 143–206.
- Chung, W., Yu, J. H., Park, H. S., Chun, H. B., Kim, H. S., 2011. YAG and CdSe/ZnSe nanoparticles hybrid phosphor for white LED with high color rendering index. *Materials Chemistry and Physics*, 126, 162–166.
- Daly, J. M., Gaidamakova, K. E., Matrosova, Y. V., Vasilenko, A., Zhai, M., Venkateswaran, A., Hess, M., Omelchenko, V. M., Kostandarithes, M. H., Makarova, S. K., Wackett, P. L., Fredrickson, K. J., Ghosal, D., 2004. Accumulation of Mn(II) in *Deinococcus radiodurans* Facilitates Gamma-Radiation Resistance. *Science*, 5698 (306), 1025-1028.
- Demirci, M., 2012. Gıda Kimyası, Onur Grafik, İstanbul.
- Desbois, P. A., Smith, J. V., 2010. Antibacterial free fatty acids: activities, mechanisms of action and biotechnological potential. *Appl Microbiol Biotechnol*, 85, 1629–1642.
- Dorman, D. J. H., and Deans, G. S., 2000. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*, 88, 308–316.
- Easton, D. C., Jacob, V. M., Shanks, A. R., and Bowden, F. B., 2009a. Surface and Chemical Characterization of PolyLA Thin Films Fabricated Using Plasma Polymerization. *Chem. Vap. Deposition*, 15, 179–185.
- Easton, D. C., Jacob, V. M., Shank, A. R., 2009b. Fabrication and characterisation of polymer thin-films derived from cineole using radio frequency plasma polymerisation. *Polymer*, 50, 3465–3469.
- Easton, D. C., and Jacob, V. M., 2010. Solubility and Adhesion Characteristics of Plasma Polymerized Thin Films Derived from *Lavandula angustifolia* Essential Oil. *Journal of Applied Polymer Science*, 115, 404–415.
- Fernandes, C. J., Tavaría, K. F., Soares, C. J., Ramos, S. O., Monteiro, J. M., Pintado, E. M., Malcata, X. F., 2008. Antimicrobial effects of chitosans and chitooligosaccharides, upon *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*, in food model systems. *Food Microbiology*, 25, 922–928.
- Freestone, I., Meeks, N., Sax, M., Higgitt, C., 2007. The Lycurgus Cup A Roman Nanotechnology. *Gold Bulletin*, 40, 270-277.
- Friedrich, J., 2011. Mechanisms of Plasma Polymerization - Reviewed from a Chemical Point of View, *Plasma Processes and Polymers*, 8(9), 783-802.
- Gökalp, Y. H., Kaya, M., Zorba, Ö., 2002. Et ürünleri işleme mühendisliği, Atatürk Üniversitesi Yayınları No. 786, Erzurum.
- Güleç, A. H., 2012. Gıda endüstrisinde ısı olmayan plazma teknolojileri. *Gıda*, 37 (5), 295-302.
- Hayek, A. S., Gyawali, R., and İbrahim, A. S., 2013. Antimicrobial Natural Products. *Formatex*, 910 – 921.

- Helal, A. G., Sarhan, M. M., Shahla, A. K. N. A., and El-Khair, A. K. E., 2006. Antimicrobial Activity of Some Essential Oils Against Microorganisms Deteriorating Fruit Juices. *Mycobiology*, 34(4), 219-229.
- Hersch-Martínez, P., Leños-Miranda, B. E., and Solórzano-Santos. F., 2005. Antibacterial Effects of Commercial Essential Oils over Locally Prevalent Pathogenic Strains in Mexico. *Fitoterapia*, 76(5), 453-57.
- Hivet, R., Flayac, H., Solnyshkov, D. D., Tanese, D., Boulier, T., Andreoli, D., Giacobino, E., Bioch, J., Bramati, A., Malpuech, G., Amo, A., 2012. Half-solitons in a polariton quantum fluid behave like magnetic monopoles, *Nature physics letters*, (8), 724-728.
- Jacob, V. M., Easton, D. C., Woods, S. G., Berndt, C. C., 2008. Fabrication of a novel organic polymer thin film. *Thin Solid Films*, 516, 3884-3887.
- Jin, R., Zhu, Y., and Qian, H., 2011. Quantum-sized gold nanoclusters: Bridging the gap between organometallics and nanocrystals. *Chemistry-A European Journal*, 17 (24), 6584-6593.
- Khatun, Z., Nurunnabi, M., Cho, J. K., and Lee, Y., 2012. Oral Delivery of Near-Infrared Quantum Dot Loaded Micelles for Noninvasive Biomedical Imaging. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 4, 3880-3887.
- Khisamutdinov, F. E., Jasinski, L. D., and Guo, P., 2014. RNA as a Boiling-Resistant Anionic Polymer Material To Build Robust Structures with Defined Shape and Stoichiometry. *ACS Nano*, 8 (5), 4771-4781.
- Kim, G. Y., Lee, H. J., Gwon, G., Kim, S., Park, G. J., and Lee, J., 2016. Essential Oils and Eugenols Inhibit Biofilm Formation and the Virulence of *Escherichia coli* O157:H7. *Scientific Reports*, 6, 36377.
- Koutsoudaki, C., Krsek, M., and Rodger, A., 2005. Chemical Composition and Antibacterial Activity of the Essential Oil and the Gum of *Pistacia lentiscus* Var. Chia. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 7681-7685.
- Lee, Y. L., Cesario, T., Wang, Y., Shanbrom, E., Thrupp, L., 2003. Antibacterial activity of vegetables and juices. *Nutrition*, 19 994.
- Lopes, L. D., Alviano, D. S., Alviano, C. S., Kolodziejczyk, P. P., 2008. Screening of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia* essential oils. *Phytochemistry*, 69, 1732.
- Madigan, T. M., Martinko, M. J., 2012. *Mikroorganizmaların biyolojisi*, Palme yayıncılık, Ankara.
- Markin, D., Duek, L., Berdicevsky, I., 2008. In vitro antimicrobial activity of olive leaves. *Mycoses*, 46, 132.
- Metin, M., 2015. *Süt teknolojisi Sütün Bileşimi ve İşlenmesi*, Ege Üniversitesi Yayınları no:8 13. baskı, İzmir.
- Mich, D. T., Coad, R. B., Doran, M., Husler, A., Valentin, P. D. J., Vasilev, K., and Griesser, J. H., 2014. Plasma polymerization of 1,1,1-trichloroethane yields a coating with robust antibacterial surface properties. *RSC Adv.*, 4, 27604-27606.
- Murdock, A. C., Cleveland, J., Matthews, R. K., and Chikindas, L. M., 2007. The synergistic effect of nisin and lactoferrin on the inhibition of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7. *Letters in Applied Microbiology*, 44, 255-261.
- Özkan, M., 2009. *Meyve ve Sebze işleme teknolojisi*, Bizim grup basımevi, Ankara.

- Pandey, V., Patel, A., Patra, D. D., 2016. Integrated nutrient regimes ameliorate crop productivity, nutritive value, antioxidant activity and volatiles in basil (*Ocimum basilicum* L.). *Industrial Crops and Products*, 87, 124–131.
- Park, H., Seol, H. G., Ryu, S., Choi, Y. I., 2016. Neuroprotective effects of (2)-linalool against oxygen-glucose deprivation-induced neuronal injury. *Arch. Pharm. Res.*, 39, 555–564.
- Pegalajar-Jurado, A., Easton, D. C., Styanb, E. K., and McArthur, L. S., 2014. Antibacterial activity studies of plasma polymerised cineole films. *J. Mater. Chem. B*, 2, 4993-5002.
- Poise, P. N., 2006. The Great Transformation of 2021. The madness of crowds, 71-78.
- Ramsden, J., 2009. Nanoteknolojinin esasları, Odtü yayıncılık, Ankara.
- Saçak, M., 2004. Polimer kimyası, Gazi kitabevi, Ankara.
- Schlegel, J., Körtzer, J., Boxhammer, V., 2013. Plasma in cancer treatment. *Clinical Plasma Medicine*, 1, 2–7.
- Schmid, G., 2008. Metal nanocluster in catalysis and materials science, Elsevier, 22-23, Netherland.
- Schneider, A., 2010. Amid nanotech's dazzling promise, http://www.allergychat.org/allergy_forum/threads/amid-nanotechs-dazzling-promise-health-risks-grow.340/ (10.11.2016).
- Seçkin, T., 2015. Polimer Kimyası Fonksiyonel Yaklaşım ve Uygulamaları, Seçkin yayınları, Ankara.
- Sert, S., 2008. Genel Mikrobiyoloji, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi ders yayınları No. 195, Erzurum.
- Skrivanova, E., Marounek, M., Benda, V., Brezina, P., 2006. Susceptibility of *Escherichia coli*, *Salmonella* sp. and *Clostridium perfringens* to organic acids and monolaurin. *Veterinarni Medicina*, 51, 81-88.
- Solga, A., Cerman, Z., Striffler, F. B., Spaeth, M., and Barthlott, W., 2007. The dream of staying clean: Lotus and biomimetic surfaces. *Bioinspiration & Biomimetics*, 2, 126–134.
- Sönmezoğlu, S., Koç, M., Akın, S., 2012. İnce film üretim teknikleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28 (5), 389-401.
- Steen, L. M., Hymas, L., Havey, D. E., Capps, E. N., Castner, G. D, Fisher, R. E., 2001. Low temperature plasma treatment of asymmetric polysulfone membranes for permanent hydrophilic surface modification. *Journal of Membrane Science*, 188, 97–114.
- Tajkarimi, M., Ibrahim, S., Cliver, D., 2010. Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control*, 21, 1199-1218.
- Teixeiraa, B., Marquesa, A., Ramosa, C., Nengc, R. N., Nogueirac, F. M. J., Saraivab, A. J., Nunesa, L. M., 2013. Chemical composition and antibacterial and antioxidant properties of commercial essential oils *Industrial Crops and Products*, 43, 587-595.
- Theivendran, S., Hettiarachchy, N. S., Johnson, M. G., 2006. Inhibition of *Listeria monocytogenes* by nisin combined with grape seed extract or green tea extract in soy protein film coated on turkey frankfurters. *Journal of Food Science*, 71, 39.

- Venditti, A., Frezza, C., Maggi, F., Lupidi, G., Bramucci, M., Quassinti, L., Giuliani, C., Cianfaglione, K., Papa, F., Serafini, M., Bianco, A., 2016. Biancoa Phytochemistry, micromorphology and bioactivities of *Ajuga chamaepitys* (L.) Schreb. (Lamiaceae, Ajugoideae): Two new harpagide derivatives and an unusual iridoid glycosides pattern. *Fitoterapia*, 113, 35–43.
- Wang, K. L., Hung, T. Y., Shammass, K. N., 2007. *Advanced Physicochemical Treatment Technologies*, Humana Press Inc, New Jersey.
- Wolf, L. E., Medikonda, M., 2014. *Understanding The Nanotechnology Revolution*, Nobel yayınları, Ankara.
- Xu, Y., Jones, E. J., Yu, H., Yu, Q., Christensen, D. G., Chen, M., Suna, H., 2015. Nanoscale Plasma Coating Inhibits Formation of *Staphylococcus aureus* Biofilm. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 59 (12), 7308-7315.
- Yıldız, H., Sert, S., 2008. Gıdalarda Laktoperoksidaz Sistemin Kullanımı, Türkiye 10. Gıda Kongresi, 969-872.
- Yıldız, H., 2015. Chemical Composition, Antimicrobial and Antioxidant Activities of Essential Oil and Ethanol Extract of *Coriandrum sativum* L. Leaves from Turkey. *International Journal of Food Properties*, 19, 1593–1603.
- Zamindar, N., Sadrarhami, M., Doudi, M., 2016. Antifungal activity of coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil in tomato sauce. *Food Measure*, 10, 589-594.

ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında Kayseride doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Kayseri’de tamamladı. 2006 yılında lisans öğrenimine Anadolu Üniversitesi Kamu Yönetimi Bölümde başladı ve 30.05.2011 yılında tamamladı. 2009 yılında Atatürk Üniversitesi Kimya Öğretmenliği Bölümünde başladı ve 11.06.2013 yılında tamamladı. 2014 yılında Atatürk Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde başladı ve 11.01.2017 yılında tamamladı. 2013 yılında yüksek lisans öğrenimine Atatürk Üniversitesi Nanobilim Nanomühendislik Anabilim Dalı Nanobiyoteknoloji Bölümünde başladı ve halen devam etmektedir.