



**PLAZMA POLİMERİZASYON TEKNİĞİ KULLANILARAK
UÇUCU YAĞ BİLEŞENLERİNDEN ELDE EDİLEN
İNCE FİLMLEİN ANTİBAKTERİYEL
ETKİLERİNİN VE BAZI FİZİKSEL
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Özkan BAYRAM

Doktora Tezi

Nanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı

Nanomalzeme Bilim Dalı

Prof. Dr. Önder ŞİMŞEK

2016

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**PLAZMA POLİMERİZASYON TEKNİĞİ KULLANILARAK
UÇUCU YAĞ BİLEŞENLERİNDEN ELDE EDİLEN İNCE
FİLMLEİN ANTİBAKTERİYEL ETKİLERİNİN VE BAZI
FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Özkan BAYRAM

**NANOBİLİM ve NANOMÜHENDİSLİK ANABİLİMDALI
Nanomalzeme Bilim Dalı**

**ERZURUM
2016**

Her hakkı saklıdır



TEZ ONAY FORMU

PLAZMA POLİMERİZASYON TEKNİĞİ KULLANILARAKUÇUCU YAĞ
BİLEŞENLERİNDEN ELDE EDİLEN İNCE FİLMLEİN ANTİBAKTERİYEL
ETKİLERİNİN VE BAZI FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Prof. Dr. Önder ŞİMŞEK danışmanlığında, Özkan BAYRAM tarafından hazırlanan bu çalışma, 29/07/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Nanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı Nanomalzeme Bilim Dalı'nda Doktora tezi olarak **oybirliği / oy çokluğu (.../...)** ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Ali ERCAN EKİNCİ

İmza :

Üye : Prof. Dr. Önder ŞİMŞEK

İmza :

Üye : Prof. Dr. Mehmet ERTUĞRUL

İmza :

Üye : Prof. Dr. Abdulhalik KARABULUT

İmza :

Üye : Doç. Dr. Çağrı ÇIRAK

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu'nun **11.08/2016** tarih ve **32...../25.....** nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Ertan YILDIRIM
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: 2013/322

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Doktora Tezi

PLAZMA POLİMERİZASYON TEKNİĞİ KULLANILARAK UÇUCU YAĞ BİLEŞENLERİNDEN ELDE EDİLEN İNCE FİMLERİN ANTİBAKTERİYEL ETKİLERİNİN VE BAZI FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Özkan BAYRAM

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

Danışman: Prof. Dr. Önder ŞİMŞEK

Bu çalışmada, organik bileşik olan *Cinnamaldehyde* ve *Perillaldehyde* uçucu yağ bileşenlerinden radyo frekansı plazma destekli kimyasal buhar biriktirme (RF-PECVD) yöntemi kullanılarak cam altlıklar üzerinde antibakteriyel özelliğe sahip polimerik ince filmlerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen polimerik ince filmlerin morfolojik yapıları atomik kuvvet mikroskobu (AFM), filmlerin yüzeyindeki tanecik büyüklükleri ise Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılarak belirlenmiştir. Monomer olarak kullanılan *Cinnamaldehyde* ve *Perillaldehyde* uçucu yağ bileşenlerinin ve RF-PECVD tekniği kullanılarak bu bileşenlerden elde edilen polimerik ince filmlerin Fourier Transform Infrared Spektrometresi (FTIR) ile alınan spektrumları karşılaştırılarak, monomerin moleküler yapısının polimer yapıda nasıl değiştiği incelenmiştir. Kaplamaların optik band aralıkları (E_g), UV-VIS spektrofotometresi kullanılarak yapılan optik geçirgenlik analizleri yardımıyla tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen deneysel veriler, literatürdeki benzer çalışmalar ile karşılaştırılarak sonuçlar yorumlanmıştır.

2016, 154 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Organik Yarıiletkenler, Polimerik İnce Filmler, Uçucu Yağlar

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

INVESTIGATION OF THE ANTIBACTERIAL EFFECTS AND SOME PHYSICAL PROPERTIES OF POLYMERIC THIN FILMS OBTAINED FROM THE ESSENTIAL OIL COMPONENTS BY MEANS OF USING PLASMA POLYMERIZATION TECHNIQUE

Ozkan BAYRAM

Ataturk University
Graduate School Of Natural and Applied Sciences
Department Of Nanoscience and Nanoengineering

Supervisor: Prof. Dr. Onder SİMSEK

This study intends to obtain antibacterial polymeric thin films on glass substrates via radio frequency plasma enhanced chemical vapor deposition process (RF-PECVD) from the essential oil components which are organic Cinnamaldehyde and Perillaldehyde compounds. The morphological structures of polymeric thin films were determined under Atomic Force Microscope (AFM), grain sizes on the film surfaces determined under Scanning Electron Microscope (SEM). By means of comparing the spectra of the essential oil components Cinnamaldehyde and Perillaldehyde used as monomers and of the polymeric thin films obtained from these components via the Fourier Transformation Infrared Spectroscopy (FTIR), it was analyzed how the molecular structure of the monomer has changed in the polymer structure. Optical bandgap (E_g) of the coatings were determined through the optical transmittance analyses employing UV-VIS spectrophotometer. The experimental data from the study were compared to the similar studies in literature and the outputs were interpreted accordingly.

2016, 154 Pages

Keywords: Organic Semiconductors, Polymeric Thin Films, Essential Oil

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında benden yardımını, anlayışını, hoşgörüsünü, bilgisini ve zamanını esirgemeyen, akademik anlamda gelişmemi sağlayan ve desteğini her zaman hissettiğim değerli tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Önder ŞİMŞEK ve ailesine en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Çalışmalarım esnasında yapmış oldukları değerli katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Mehmet ERTUĞRUL ve Sayın Prof. Dr. Abdulhalik KARABULUT'a teşekkürlerimi sunarım.

Bana daima yol gösteren, benden desteklerini, ilgilerini ve bilgilerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Ömer Selim YILDIRIM'a, Sayın Prof. Dr. Nurtaç CANPOLAT'a, Sayın Prof. Dr. Tacettin PINARBAŞI'na ve Sayın Doç. Dr. Suat ÇELİK'e teşekkür ederim.

Gerek tez çalışmam gerekse akademik çalışmalarım sırasında bana vermiş oldukları desteklerden dolayı; Sayın Yrd. Doç. Dr. Seyda CENGİZ'e, Sayın Doç. Dr. Emre GÜR'e, Sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa Tolga YURTCAN'a, Sayın Yrd. Doç. Dr. Demet TATAR'a, Sayın Arş. Gör. Aydın KIZILASLAN'a, Sayın Arş. Gör. Halim KOVACI'ya, Sayın Uzman Mustafa YAZICI'ya, çalışmakta olduğum kurumumun değerli öğretim üyeleri, Sayın Arş. Gör. Erdal İĞMAN'a, Sayın Arş. Gör. Emin USLU'ya, Sayın Arş. Gör. Recep ÇATAR'a, Sayın Arş. Gör. Halil İbrahim AKGÜL'e, Sayın Arş. Gör. Kübra ÇINAR'a, Sayın Arş. Gör. Deniz Fettahoğlu'na, Sayın Arş. Gör. Aybike KAMILOĞLU'na, Sayın Arş. Gör. Kübra AKŞEHİR'e, Sayın Arş. Gör. Tuğba ELBİR'e, Sayın Arş. Gör. Şule BAŞAR'a, Sayın Arş. Gör. Sinan MARAŞ'a, Sayın Arş. Gör. A. Tahir ŞENSOY'a, Sayın Arş. Gör. Ahmet Burhanettin BEŞİR'e ve ismini sayamadığım bütün hocalarım ve arkadaşlarıma içtenlikle teşekkür ederim.

Hayatım boyunca desteklerini her zaman yanımda hissettiğim aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Özkan BAYRAM

Temmuz, 2016

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	4
2.1. Organik Yarıiletkenler.....	14
2.1.1. Organik yarıiletken çeşitleri	14
2.1.2. Organik yarıiletkenlerin özellikleri	15
2.1.3. Organik yarıiletkenlerin uygulamaları	17
2.1.3.a. Organik ışık yayan diyot (OLED)	17
2.1.3.b. Organik fotovoltaj piller (OPV)	19
2.1.3.c. Organik alan etkili tranzistörler (OFET)	22
2.2. Polimerler	24
2.2.1. Polimerik malzemeler.....	24
2.2.2. Polimerlerin özellikleri.....	24
2.2.3. Polimerik malzemelerin sınıflandırılması	25
2.2.3.a. Molekül ağırlığına göre sınıflandırma	26
2.2.3.b. Kaynağına göre sınıflandırma	26
2.2.3.c. Polimer zincirinin fiziksel yapısına göre sınıflandırma.....	26
2.2.3.d. Polimer zincirinin kimyasal yapısına göre sınıflandırma.....	27
2.2.3.e. Isıl davranışına göre sınıflandırma	27
2.3. Polimerizasyon Mekanizması.....	28
2.4. İletken Polimerler	30
2.5. İletken Polimerlerin İletkenlik Mekanizması	30
2.6. Uçucu Yağlar.....	31
2.7. Uçucu Yağların Özellikleri	32

2.8. Uçucu Yağların Sınıflandırılması.....	32
2.8.1. Terpenler	32
2.9. Uçucu Yağların Antimikrobiyal Etkileri	33
2.10. İnce Film Kaplama Yöntemleri.....	34
2.10.1. Fiziksel buhar biriktirme tekniği (PVD)	35
2.10.1.a. Vakum buharlaştırma	35
2.10.2. Kimyasal buhar biriktirme tekniği (CVD)	38
2.10.2.a. Sol-Jel metodu	39
2.10.2.b. Plazma destekli kimyasal buhar biriktirme (RF-PECVD)	41
2.12. Plazma	48
2.13. İnce Filmlerin Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi	49
2.13.1. Atomik kuvvet mikroskobu (AFM)	49
2.13.2. X Işını kırınımı	50
2.13.2.a. X-Işınlarının oluşumu.....	51
2.13.2.b. Bragg yansıması	52
2.13.3. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ölçümleri	53
2.14. Filmlerin Kimyasal Yapılarının Doğrulanması	54
2.15. Filmlerin Optik Özelliklerinin Tayini	55
2.15.1. Yasak enerji aralığının (Eg) hesaplanması	55
2.16. Antibakteriyel Aktivite Analizleri.....	57
2.16.1. Antibakteriyel aktivite testi	57
2.16.2. Bakterilerin üretilmesi	57
2.16.3. Bakterilerin biyokimyasal testlerle doğrulanması	58
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	59
3.1. Materyal.....	59
3.2. Alttaşların Hazırlanması ve Temizlenmesi	60
3.3. Radyo Frekansı Plazma Polimerizasyon Sistemi (RF-PECVD)	60
3.3.1. Vakum odası.....	61
3.3.2. RF güç kaynağı.....	61
3.3.3. Eşleştirme ünitesi	62
3.3.4. Vakum pompası.....	62
3.4. Polimerik Kaplamaların Elde Edilmesi	63

3.5. Antibakteriyel Aktivite İşlemleri.....	65
3.5.1. Antibakteriyel aktivite testi	65
3.5.2. Bakterilerin üretilmesi	65
3.5.3. Bakterilerin biyokimyasal testlerle doğrulanması	66
3.5.4. Kaplamaların antibakteriyel aktivitelerinin tespiti	66
3.6. Antibakteriyel Aktivite Tespiti İçin Yapılan Ön Çalışmalar.....	67
3.7. Optimum Kaplama Parametrelerinin Belirlenmesi	72
3.8. Karakterizasyon İşlemleri.....	74
3.8.1. Atomik kuvvet mikroskobu (atomic force microscopy) analizleri	74
3.8.2. Taramalı elektron mikroskobu ölçümleri (SEM)	75
3.8.3. FTIR Spektroskopisi Ölçümleri	76
3.8.4. Uv-Visible analizleri	77
3.8.5. XRD analizleri.....	77
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	79
4.1. Antibakteriyel Aktiviteler.....	79
4.1.1. <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen polimerik kaplamaların antibakteriyel aktiviteleri	79
4.1.2. <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen polimerik kaplamaların antibakteriyel aktiviteleri	83
4.2. İnce Filmlerin Yüzey Özelliklerin Tespit Edilmesi	87
4.2.1. Atomik kuvvet mikroskobu (AFM) analizleri.....	87
4.2.2. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleri.....	100
4.3. İnce Filmlerin Yapısal Özelliklerinin Tespit Edilmesi.....	107
4.3.1. X-Işını kırınımı analizi	107
4.4. İnce Filmlerin Optik Özelliklerinin Tespiti.....	114
4.4.1. UV-Visible spektroskopi analizleri	114
4.4.1.a. <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filmlerin yasak enerji değerleri.....	114
4.4.1.b. <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filmlerin yasak enerji değerleri.....	119
4.4.2. İnce Filmlerin Film Kalınlıklarının Belirlenmesi.....	123

4.4.2.a. <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filmlerin film kalınlıkları	123
4.4.2.b. <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filmlerin film kalınlıkları	126
4.5. İnce Filmlerin Kimyasal Yapılarının Tespit Edilmesi	129
4.5.1. FTIR spektroskopisi analizleri	129
4.5.1.a. <i>Cinnamaldehyde</i> monomeri için FTIR analizleri	130
4.5.1.b. <i>Perillaldehyde</i> monomeri için FTIR analizleri	135
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	141
KAYNAKLAR	148
ÖZGEÇMİŞ	155

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%T	Optik Geçirgenlik
°C	Santigrat
°K	Kelvin
μ	Mobilite
Å	Angrström
AFM	Atomik Kuvvet Mikroskobu
B	Manyetik Alan
c	ışık hızı
cm	Santimetre
CVD	Kimyasal Buhar Biriktirme Tekniği
d	Düzlemler Arası Mesafe
E	Elektrik Alan
Eg	Yasak enerji aralığı
eV	Elektron Volt
EV	Valans Bandı Maksimum Enerjisi
ETL	Elektron taşıma tabakası
F	Monomer akış hızı
G	Reaktör geometrisi
FTIR	Fourier Transform İnfrared Spectroscopy
h	Planck Sabiti
HOMO	Dolu olan en yüksek enerji orbitali
HTL	Delik taşıma tabakası bulunur
I	Akım
I ₀	Işık şiddeti
IR	Infrared
ITO	İndiyum Katkılı Kalay Oksit
İB	İletim bandı
J	Akım Yoğunluğu
KBr	Potasyum bromür

L	Ortalama Serbest Yol
LUMO	Boş olan en düşük enerji orbitali
MHz	Megahertz
mTorr	Militor
n	Kırınım mertebesi
nm	Nanometre
O	Oksijen
OFET	Organik fototranzistörler
OLED	Organik ışık yayan diyotlar
OPVC	Organik fotovoltaiik hücreler
(Po)	Elektriksel boşalım öncesi basınç
(Pg)	Elektriksel boşalım sırasındaki basınç
PLD	Lazerle Buharlaştırma (PLD)
PVD	Fiziksel Buhar Biriktirme Tekniği
RF-PECVD	Plazma Destekli Kimyasal Buhar Biriktirme
Rm	Kütle birikim hızı
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
SiO ₂	Silisyum dioksit
UV	Ultraviöle
XRD	X-Işını kırınımı
VB	Valans bandı
W	Watt
α	Soğurma Katsayısı
δ	Dislokasyon Yoğunluğu
λ	Dalga Boyu
ν	Frekans
ρ	Özdirenç
σ	İletkenlik
Ω	Ohm

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Bir moleküle ait HOMO ve LUMO diyagramı	16
Şekil 2.2. OLED'in temel yapısı.....	18
Şekil 2.3. OLED'de elektrolüminesans mekanizmasının şematik gösterimi.....	19
Şekil 2.4. OPV'lerde HOMO ve LUMO ilişkisi	20
Şekil 2.5. Bir moleküldeki HOMO ve LUMO bandlarında gerçekleşen elektron ve boşluk geçişleri	21
Şekil 2.6. p-n tipi güneş pillerinin şematik gösterimi	22
Şekil 2.7. p-n tipi güneş pillerinde elektron-boşluk çiftinin oluşumu.....	22
Şekil 2.8. Organik alan etkili transistörlerin genel yapısı.....	23
Şekil 2.9. Fiziksel yapılarına göre polimer sınıfları.....	27
Şekil 2.10. Polimerizasyon aşamaları	28
Şekil 2.11. Polimerizasyon sürecinde başlatıcı evresi	28
Şekil 2.12. Polimerizasyon sürecinde çoğalma prosesi	28
Şekil 2.13. Polimerizasyon sürecinde sonlanma evresi	29
Şekil 2.14. Polimer molekülünün oluşumu.....	29
Şekil 2.15. Farklı büyüklükteki moleküllerin oluşumunda elektronların buldukları Antibağ ve bağ enerji düzeyleri	31
Şekil 2.16. Plazma ile monomerlerin bir alttaş üzerinde polimerleşme mekanizması.....	41
Şekil 2.17. Rf-Pecvd sisteminin şematik gösterimi	43
Şekil 2.18. Farklı geometrik yapıdaki reaktörde gerçekleşen polimerleşme	46
Şekil 2.19. Argon gazına ait plazma	49
Şekil 2.20. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) çalışma prensibi	50
Şekil 2.21. Sürekli X-ışınları	51
Şekil 2.22. Karakteristik X ışınları ve Sürekli X ışınları çizgileri	52
Şekil 2.23. X-ışınlarının bir düzlemden yansımaları.....	53
Şekil 2.24. SEM cihazının önemli bileşenleri.....	54
Şekil 2.25 Infra-Red (IR) cihazının şematik gösterimi.....	55
Şekil 2.26. Bir yarıiletken üzerine gelen bir fotonun optik soğurulması	56

Şekil 2.27. Işığın soğurulması.....	56
Şekil 3.1. <i>Cinnamaldehyde</i> 'in kimyasal yapısı.....	59
Şekil 3.2. <i>Perilaldehide</i> 'in kimyasal yapısı	59
Şekil 3.3. Rf-Pecvd sistemi.....	61
Şekil 3.4. Rf güç kaynağı.....	62
Şekil 3.5. Eşleştirme ünitesi.....	62
Şekil 3.6. Kuartz cam alttaş üzerinde elde edilen polimerik ince filmin şematik gösterimi	64
Şekil 3.7. <i>Cinnamaldehyde</i> uçucu yağ bileşeninin <i>S. Aureus</i> (A) ve <i>E. Coli</i> (B) için oluşturduğu zonlar.....	70
Şekil 3.8. <i>Perillaldehide</i> uçucu yağ bileşeninin <i>S. Aureus</i> (A) ve <i>E. Coli</i> (B) için oluşturduğu zonlar.....	70
Şekil 3.9. <i>Amoksisilin-klavulanik asit</i> 'in <i>S. Aureus</i> (A) ve <i>E. Coli</i> (B) için oluşturduğu zonlar	71
Şekil 3.10. <i>Enrofloksasin</i> 'in <i>S.Aureus</i> (A) ve <i>E. Coli</i> (B) için oluşturduğu zonlar	71
Şekil 3.11. Negatif kontrol.....	71
Şekil 3.12. AFM cihazı görüntüsü	75
Şekil 3.13. SEM cihazı görüntüsü	75
Şekil 3.14. FTIR cihazı görüntüsü	76
Şekil 3.15. UV-Vis spektroskopisi cihaz görüntüsü	77
Şekil 3.16. XRD ölçüm cihazı	78
Şekil 4.1. 20 W 30 dk kaplama parametresinde <i>Perillaldehide</i> monomerinden elde edilen ince filmin <i>E. Coli</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskobundan alınan görüntüsü	80
Şekil 4.2. 20 W 15 dk kaplama parametresinde <i>Perillaldehide</i> monomerinden elde edilen ince filmin <i>E. Coli</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskobundan alınan görüntüsü	80
Şekil 4.3. 20 W 10 dk kaplama parametresinde <i>Perillaldehide</i> monomerinden elde edilen ince filmin <i>E. Coli</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskobundan alınan görüntüsü	81

Şekil 4.4. 30 W 30 dk kaplama parametresinde Perillaldehyde monomerinden elde edilen ince filmin <i>E. Coli</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskobundan alınan görüntüsü.....	81
Şekil 4.5. 30 W 15 dk kaplama parametresinde Perillaldehyde monomerinden elde edilen ince filmin <i>E. Coli</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskobundan alınan görüntüsü.....	82
Şekil 4.6. 30 W 10 dk kaplama parametresinde Perillaldehyde monomerinden elde edilen ince filmin <i>E. Coli</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskobundan alınan görüntüsü.....	82
Şekil 4.7. Perillaldehyde monomeri için negatif kontrol	83
Şekil 4.8. 20 W 30 dk kaplama parametresinde Cinnamaldehyde monomerinden elde edilen ince filmin <i>E. Coli</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskobundan alınan görüntüsü.....	84
Şekil 4.9. 20 W 15 dk kaplama parametresinde Cinnamaldehyde monomerinden elde edilen ince filmin <i>E. Coli</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskobundan alınan görüntüsü.....	84
Şekil 4.10. 20 W 10 dk kaplama parametresinde Cinnamaldehyde monomerinden elde edilen ince filmin <i>E. Coli</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskobundan alınan görüntüsü.....	85
Şekil 4.11. 30 W 30 dk kaplama parametresinde Cinnamaldehyde monomerinden elde edilen ince filmin <i>E. Coli</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskobundan alınan görüntüsü.....	85
Şekil 4.12. 30 W 15 dk kaplama parametresinde Cinnamaldehyde monomerinden elde edilen ince filmin <i>E. Coli</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskobundan alınan görüntüsü.....	86
Şekil 4.13. 30 W 10 dk kaplama parametresinde Cinnamaldehyde monomerinden elde edilen ince filmin <i>E. Coli</i> bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskobundan alınan görüntüsü.....	86
Şekil 4.14. Cinnamaldehyde monomeri için negatif kontrol	87
Şekil 4.15. <i>Perillaldehyde</i> monomerinden 10 dakika ve 20 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için (a) 2,5µm x 2,5µm	

- düzleminde 3 boyutlu **(b)** 2,5µm x 2,5µm düzleminde 2 boyutlu **(c)** çizgisel yükselti AFM görüntüleri **(d)** Ortalama yükselti değerleri..... 89
- Şekil 4.16.** *Perillaldehyde* monomerinden 15 dakika ve 20 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için **(a)** 5µm x 5 µm düzleminde 3 boyutlu **(b)** 5µm x 5µm düzleminde 2 boyutlu **(c)** çizgisel yükselti AFM görüntüleri **(d)** Ortalama yükselti değerleri 90
- Şekil 4.17.** *Perillaldehyde* monomerinden 30 dakika ve 20 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için **(a)** 5µm x 5 µm düzleminde 3 boyutlu **(b)** 5µm x 5µm düzleminde 2 boyutlu **(c)** çizgisel yükselti AFM görüntüleri **(d)** Ortalama yükselti değerleri 91
- Şekil 4.18.** *Perillaldehyde* monomerinden 10 dakika ve 30 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için **(a)** 5µm x 5 µm düzleminde 3 boyutlu **(b)** 5µm x 5µm düzleminde 2 boyutlu **(c)** çizgisel yükselti AFM görüntüleri **(d)** Ortalama yükselti 92
- Şekil 4.19.** *Perillaldehyde* monomerinden 15 dakika ve 30 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için **(a)** 3µm x 3 µm düzleminde 3 boyutlu **(b)** 3µm x 3µm düzleminde 2 boyutlu **(c)** çizgisel yükselti AFM görüntüleri **(d)** Ortalama yükselti değerleri..... 93
- Şekil 4.20.** *Perillaldehyde* monomerinden 30 dakika ve 30 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için **(a)** 3µm x 3 µm düzleminde 3 boyutlu **(b)** 3µm x 3µm düzleminde 2 boyutlu **(c)** çizgisel yükselti AFM görüntüleri **(d)** Ortalama yükselti değerleri..... 94
- Şekil 4.21.** *Cinnamaldehyde* monomerinden 10 dakika ve 20 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için **(a)** 5µm x 5µm düzleminde 3 boyutlu **(b)** 5µm x 5µm düzleminde 2 boyutlu **(c)** çizgisel yükselti AFM görüntüleri **(d)** Ortalama yükselti değerleri..... 95
- Şekil 4.22.** *Cinnamaldehyde* monomerinden 15 dakika ve 20 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için **(a)** 5µm x 5 µm düzleminde 3 boyutlu **(b)** 5µm x 5µm düzleminde 2 boyutlu **(c)** çizgisel yükselti AFM görüntüleri **(d)** Ortalama yükselti değerleri..... 96
- Şekil 4.23.** *Cinnamaldehyde* monomerinden 30 dakika ve 20 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için **(a)** 5µm x 5 µm

	düzleminde 3 boyutlu (b) 5µm x 5µm düzleminde 2 boyutlu (c) çizgisel yükselti AFM görüntüleri d) Ortalama yükselti değerleri	97
Şekil 4.24.	<i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden 10 dakika ve 30 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için (a) 5µm x 5 µm düzleminde 3 boyutlu (b) 5µm x 5µm düzleminde 2 boyutlu (c) çizgisel yükselti AFM görüntüleri d) Ortalama yükselti değerleri	98
Şekil 4.25.	<i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden 15 dakika ve 30 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için (a) 1,5µm x 1,5µm düzleminde 3 boyutlu (b) 1,5µm x 1,5µm düzleminde 2 boyutlu (c) çizgisel yükselti AFM görüntüleri d) Ortalama yükselti değerleri	99
Şekil 4.26.	<i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden 30 dakika ve 30 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için (a) 5µm x 5µm düzleminde 3 boyutlu (b) 5µm x 5µm düzleminde 2 boyutlu (c) çizgisel yükselti AFM görüntüleri d) Ortalama yükselti değerleri	100
Şekil 4.27.	10 dakika 20 W Rf güç değerlerinde <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği	101
Şekil 4.28.	15 dakika 20 W Rf güç değerlerinde <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği	102
Şekil 4.29.	30 dakika 20 W Rf güç değerlerinde <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği	102
Şekil 4.30.	10 dakika 30 W Rf güç değerlerinde <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği	103
Şekil 4.31.	15 dakika 30 W Rf güç değerlerinde <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği	103
Şekil 4.32.	30 dakika 30 W Rf güç değerlerinde <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği	104
Şekil 4.33.	10 dakika 20 W Rf güç değerlerinde <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği	104
Şekil 4.34.	15 dakika 20 W Rf güç değerlerinde <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği	105
Şekil 4.35.	30 dakika 20 W Rf güç değerlerinde <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği	105

Şekil 4.36. 10 dakika 30 W Rf güç değerlerinde <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği	106
Şekil 4.37. 15 dakika 30 W Rf güç değerlerinde <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği	106
Şekil 4.38. 30 dakika 30 W Rf güç değerlerinde <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği	107
Şekil 4.39. 10 dakika 20 W Rf güç değerlerinde <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği	108
Şekil 4.40. 15 dakika 20 W Rf güç değerlerinde <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği	108
Şekil 4.41. 30 dakika 20 W Rf güç değerlerinde <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği	109
Şekil 4.42. 10 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği	109
Şekil 4.43. 15 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği	110
Şekil 4.44. 30 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği	110
Şekil 4.45. 10 dakika ve 20 W Rf güç değerlerinde <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği	111
Şekil 4.46. 15 dakika ve 20 W Rf güç değerlerinde <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği	111
Şekil 4.47. 30 dakika ve 20 W Rf güç değerlerinde <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği	112
Şekil 4.48. 10 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği	112
Şekil 4.49. 15 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği	113
Şekil 4.50. 30 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği	113
Şekil 4.51. <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden 10 dakika ve 20 W gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\omega h\nu)^2 - h\nu$ (enerji) grafiği	116

Şekil 4.52. <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden 15 dakika ve 20 W Rf gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$ (enerji) grafiği	116
Şekil 4.53. <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden 30 dakika ve 20 W Rf gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$ (enerji) grafiği	117
Şekil 4.54. <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden 10 dakika ve 30 W Rf gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$ (enerji) grafiği	117
Şekil 4.55. <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden 15 dakika ve 30 W Rf gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$ (enerji) grafiği	118
Şekil 4.56. <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden 30 dakika ve 30 W Rf gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$ (enerji) grafiği	118
Şekil 4.57. <i>Perillaldehyde</i> monomerinden 10 dakika ve 20 W Rf gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$ (enerji) grafiği	120
Şekil 4.58. <i>Perillaldehyde</i> monomerinden 15 dakika ve 20 W Rf gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$ (enerji) grafiği	121
Şekil 4.59. <i>Perillaldehyde</i> monomerinden 30 dakika ve 20 W Rf gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$ (enerji) grafiği	121
Şekil 4.60. <i>Perillaldehyde</i> monomerinden 10 dakika ve 30 W Rf gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$ (enerji) grafiği	122
Şekil 4.61. <i>Perillaldehyde</i> monomerinden 15 dakika ve 30 W Rf gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$ (enerji) grafiği	122
Şekil 4.62. <i>Perillaldehyde</i> monomerinden 30 dakika ve 30 W Rf gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$ (enerji) grafiği	123
Şekil 4.63. <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden 20 W Rf gücü ve 10 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin ortalama film kalınlığı	124
Şekil 4.64. <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden 20 W Rf gücü ve 15 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin film kalınlığı	125
Şekil 4.65. <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden 20 W Rf gücü ve 30 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin film kalınlığı	125
Şekil 4.66. <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden 30 W Rf gücü ve 10 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin film kalınlığı	125
Şekil 4.67. <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden 30 W Rf gücü ve 15 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin film kalınlığı	126

Şekil 4.68. <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden 30 W Rf gücü ve 30 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin film kalınlığı	126
Şekil 4.69. <i>Perillaldehyde</i> monomerinden 20 W Rf gücü ve 10 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin film kalınlığı	127
Şekil 4.70. <i>Perillaldehyde</i> monomerinden 20 W Rf gücü ve 15 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin film kalınlığı	128
Şekil 4.71. <i>Perillaldehyde</i> monomerinden 20 W Rf gücü ve 30 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin film kalınlığı	128
Şekil 4.72. <i>Perillaldehyde</i> monomerinden 30 W Rf gücü ve 10 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin film kalınlığı	128
Şekil 4.73. <i>Perillaldehyde</i> monomerinden 30 W Rf gücü ve 15 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin film kalınlığı	129
Şekil 4.74. <i>Perillaldehyde</i> monomerinden 30 W Rf gücü ve 30 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin film kalınlığı	129
Şekil 4.75. <i>Cinnamaldehyde</i> monomerine ait FTIR spektrumu	130
Şekil 4.76. 10 dakika ve 20 W Rf güç değerlerinde <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu	132
Şekil 4.77. 15 dakika ve 20 W Rf güç değerlerinde <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu	133
Şekil 4.78. 30 dakika ve 20 W Rf güç değerlerinde <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu	133
Şekil 4.79. 10 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu	134
Şekil 4.80. 15 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu	134
Şekil 4.81. 30 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu	135
Şekil 4.82. <i>Perillaldehyde</i> monomerine ait FTIR spektrumu	136
Şekil 4.83. 10 dakika ve 20 W Rf güç değerlerinde <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu	137
Şekil 4.84. 15 dakika ve 20 W Rf güç değerlerinde <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu	138

Şekil 4.85. 30 dakika ve 20 W Rf güç değerlerinde <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu	138
Şekil 4.86. 10 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu	139
Şekil 4.87. 15 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu	139
Şekil 4.88. 30 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu	140



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Uçucu yağlara ait minimum inhibisyon dozları	8
Çizelge 2.2. İnce film kaplama yöntemleri	34
Çizelge 3.1. Uçucu yağların ve antibiyotiklerin, <i>E. Coli</i> ve <i>S. Aureus</i> için oluşturdukları zon çapları	69
Çizelge 3.2. <i>Cinnamaldehyde</i> uçucu yağ bileşeninden elde edilen ince filmlere ait kaplama parametrelerin listesi	73
Çizelge 3.3. <i>Perillaldehyde</i> uçucu yağ bileşeninden elde edilen ince filmlere ait kaplama parametrelerin listesi	73
Çizelge 3.4. Optimum kaplama parametre listesi	74
Çizelge 4.1. Farklı kaplama parametrelerinde elde edilen ince filmler için ortalama yüzey pürüzlülük değerleri	88
Çizelge 4.2. <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filmlerin yasak enerji değerleri	115
Çizelge 4.3. <i>Perillaldehyde</i> 'den elde edilen ince filmlerin yasak enerji değerleri	120
Çizelge 4.4. <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filmlerin film kalınlıkları	124
Çizelge 4.5. <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filmlerin film kalınlıkları	127
Çizelge 4.5. <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinin FTIR spektrumundan elde edilen dalga sayısına karşılık gelen fonksiyonel grupların listesi	130
Çizelge 4.6. <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen ince filmlere ait bazı fonksiyonel gruplar ve band değerleri	132
Çizelge 4.7. <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen FTIR spektrumuna göre bazı fonksiyonel gruplar ve band değerleri	136
Çizelge 5.1. <i>Cinnamaldehyde</i> monomerinden elde edilen polimerik kaplamalar için optimum kaplama parametreleri ve bakteri sayısı ilişkisi	142
Çizelge 5.2. <i>Perillaldehyde</i> monomerinden elde edilen polimerik kaplamalar için optimum kaplama parametreleri ve bakteri sayısı ilişkisi	142
Çizelge 5.3. Optimum kaplama parametre listesi	143

Çizelge 5.4. Uçucu yağ bileşenlerinden elde edilen ince filmlere ait ortalama pürüzlülük değerleri.....	144
Çizelge 5.5. <i>Cinnamaldehyde</i> çucu yağ bileşeninden elde edilen ince filmlerin yasak enerji değerleri.....	145
Çizelge 5.6. <i>Perillaldehyde</i> uçucu yağ bileşeninden elde edilen ince filmlerin yasak enerji değerleri.....	145



1. GİRİŞ

Biyoelektronik ve organo-elektronik başta olmak üzere yeni teknolojik alanlarının ortaya çıkışı, organik kaynaklardan elde edilen polimerik ince filmlerin üretilip geliştirilmesine duyulan ilgide büyük bir artışa sebep olmuştur. Bu nedenle son zamanlarda araştırmacılar, organik kaynaklardan elde edilen polimerik ince filmler üzerine çalışmalarını yoğunlaştırmışlardır (Bae *et al.* 2001). Bu çalışmalarda, herhangi bir malzemenin yüzeyini istenilen özelliklere sahip malzemelerle kaplamak, yani malzemelerin yüzey özelliklerini değiştirmek amaçlanmaktadır (Inouye *et al.* 2001). Çeşitli malzemelerin yüzeylerinin uygun maddelerle kaplanması sonucunda hidrofilik (suyu seven) veya hidrofobik (suyu sevmeyen) yüzeylerin elde edilmesi konusunda literatürde oldukça fazla çalışma mevcuttur (Inouye *et al.* 2001). İnorganik yüzeyler üzerine organik ince filmlerin büyütülmesi geniş bir uygulama alanına sahiptir. Geniş bir uygulama alanına sahip olan inorganik yüzeyler üzerine organik moleküllerin kaplanması işlemi, yaygın olarak kullanılan uygulamalardan biri de, moleküllerin yüzeyde polimerizasyonudur.

Polimerizasyon, monomer adı verilen çok sayıda molekülün bir seri kimyasal reaksiyon ile birleşmesi sonucunda, polimer olarak adlandırılan makromoleküllerin oluşmasıdır. Polimerizasyon süreci birbirini izleyen aktivasyon, başlama, ilerleme ve bitiş olmak üzere 4 safhadan oluşmaktadır. Günümüzde kullandığımız birçok plastik çeşidi, radikallik zincir reaksiyonu üzerinden yürüten polimerleşme reaksiyonu ile elde edilmektedir. İşleyiş mekanizmaları açısından da polimerizasyon, kondensasyon veya katılma polimerizasyonu şeklinde olmaktadır. Kondensasyon (basamak) polimerizasyonu benzer veya farklı yapıdaki monomerlerin reaksiyona girmesi sonucu küçük moleküllerin oluşması ile gerçekleşmektedir. Bu yöntem çok aşamalı olduğu için ekonomik değildir. Katılma (zincir) polimerizasyonu ise monomerlerin, aktif merkeze birer birer katılarak polimer zincirini oluşturmasıyla gerçekleşmektedir. Zincir reaksiyonları ile monomerlerin doğrudan doğruya polimer moleküllere katıldığı bu süreçte zincir büyüklüğü çok fazla değişmemektedir. Zincir büyütme polimerizasyonu olarak da adlandırılan bu yöntemde, her hangi bir monomerden polimer elde edilme

işlemi, oldukça uzun zaman gerektirmektedir. Düşük reaktiviteye sahip olan ve biyobozunur (geri dönüşümlü) olmayan, kondenzasyon ve katılma polimerizasyonu yöntemi ile her organik molekülün polimerleştirilmesi mümkün değildir. Organik molekülleri polimerleştirmenin diğer bir yolu ise “Plazma Polimerizasyon” tekniğidir. Bu yöntem molekül yapısına bağlı olmaksızın her organik molekülün polimerleştirilmesini mümkün kılmaktadır. Bu teknik esasen, düşük sıcaklıkta termal dengede olmayan bir plazma içerisinde gerçekleşen ışımalı bir kimyasal buhar biriktirme (PECVD) metodudur.

Günümüzde plazma polimerizasyon tekniği olarak adlandırılan bu yöntemin tarihi 1870’li yıllara kadar uzanmaktadır. Polimerleşmelerin gerçekleşmesi için monomerlerin reaktif gruba sahip olmasını gerektiren geleneksel yöntemlerin aksine, plazma polimerizasyon tekniğinde böyle bir gereklilik söz konusu değildir. Ayrıca, elde edilen polimer ince filmlerin fiziksel özellikleri dikkate alındığında, plazma polimerizasyon tekniğinin geleneksel tekniklere olan üstünlüğü, açıkça görülmektedir. Söz konusu tarihten günümüze kadar yapılan birçok çalışmada plazma polimerizasyonu yöntemi kullanılarak çeşitli polimerler üretilmiştir. Ancak, bu yöntemle üretilen polimerler başlangıçta arzu edilmeyen yan ürünler olarak düşünüldüğünden, 1950’lere kadar bu tekniğe gereken ilgi gösterilmemiştir. Organik veya organo-metalik bileşiklerin plazma ortamındaki polimerizasyonu, yukarıda ifade edilen geleneksel polimerizasyon yöntemlerinden son derece farklıdır. Geleneksel yöntemlerle polimerleşmelerin gerçekleşmesi için monomerlerin reaktif gruba sahip olması gerekmektedir. Buna karşın, plazma polimerizasyonu tekniğinde monomerler için böyle bir gereklilik söz konusu değildir. Ayrıca bu yöntemle elde edilen polimer ince filmler fiziksel özellikler bakımından diğer yöntemlerle elde edilenlerden daha üstündür. Plazma polimerizasyon tekniği, yukarıda belirtilen avantajları nedeniyle başta biyomedikal alan olmak üzere birçok alanda, arzu edilen üstün özelliklere sahip yüzeylerin elde edilmesinde kullanılan oldukça popüler bir yöntemdir. Bu tekniğin, 200 nm den 2000 nm ye aralıklarında değişen kalınlıklarda filmlerin elde edilmesini mümkün kılması, çok ince (plastik güneş pilleri) ve kalın (örneğin; plastik elektronik göstergelerde) filmlere ihtiyaç duyan birçok elektrik ve optik uygulama alanlarında uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada, antibakteriyel aktiviteye sahip olan Cinnamaldehyde ve Perillaldehyde uçucu yağ bileşenlerinden cam alttaşlar üzerinde plazma polimerizasyonu tekniği kullanılarak, antibakteriyel özelliğe sahip polimerik ince filmlerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen ince filmlerin ayrıca, optik ve yüzey özellikleri araştırılarak; optik, elektronik ve biomedikal endüstrisi gibi gelişmekte olan yeni teknoloji alanlarında da kullanılabilme potansiyelleri belirlenmiş olacaktır.

Bu çalışma 5 bölümden oluşmaktadır. I. bölümde Giriş başlığı altında, çalışma ile ilgili genel bilgilere yer verilmiştir. Kaynak özetleri ve Kuramsal Temeller ile çalışmanın alt yapısı hakkında temel bilgilere II. Bölümde yer verilmiştir. Bölüm III de, kullanılan sistem ve yöntem açıklanmış ve IV. bölüm Araştırma Bulguları ve Tartışmaya ayrılmıştır. Çalışmanın Sonuç ve Öneriler kısmı V. bölümde tartışılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER

Biyomedikal uygulamalarda kullanılan biyomalzemelerin yüzey özellikleri, büyük bir önem arz etmektedir. Çoğu zaman, vücuda yerleştirilen bir biyomalzemenin vücut içerisinde enfeksiyonlara sebep olması, uygun yüzey özelliklerine sahip olmamasından kaynaklanmaktadır. Yüzey modifikasyonu ile bu malzemelerin yüzey özellikleri değiştirilerek, malzemelere antibakteriyellik gibi birçok özellik kazandırılabilir (Kaminska *et al.* 2002). Bir katı yüzeye bakteri bağlanması, o malzemenin yüzeyinin, kimyasal bileşimi, aktifliği, enerjisi, hidrofobitesi (Piglowski *et al.* 1994), pürüzlülüğü (Bos *et al.* 1999) ve gözenekliği gibi özelliklerine bağlıdır. Yapılan bazı araştırmalarda, hidrofilik poliüretan kaplamalar hazırlanmış ve bu kaplamaların bakterilerin yüzeye yapışmasını azalttığı görülmüştür (Nagel *et al.* 1996). Ayrıca elde edilecek yüzeylerin mikroorganizmaların yüzeye yapışmasını önlemesinin yanı sıra antibakteriyel özelliğe de sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle, bazı araştırmacılar çeşitli antibiyotikleri içeren kaplamalar üreterek, bakteri bağlanmasını önlemenin yanında bakteri hücrelerini yok etmeyi hedeflemiştir (Fu *et al.* 2005; Norowski and Bumgardner 2009).

Cerrahi alanlardaki, özellikle insan vücuduna yerleştirilen tıbbi cihazların neden olduğu enfeksiyonların azaltılmasında, biyolojik olarak aktif kaplamaların elde edilmesi, son yıllarda önemli bir araştırma konusu olmuştur (Hudson *et al.* 1999; Ong *et al.* 1999). Vancomycin, Amoxicillin, ve Gentamicin gibi antibiyotikleri içeren kaplamaların, bakteri gelişmesini engellediği bir takım çalışmalarda ortaya konulmuştur (Price *et al.* 1996; Stigter *et al.* 2004). Ancak, birçok yaygın enfeksiyonun önlenmesinde ve tedavisinde kullanılan antibiyotiklerin etkilerinin hızla azalması ve bakterilerin antibiyotiklere karşı direnç kazanmaları, antibiyotik içeren kaplamaların uygulandığı tıbbi cihazların ve implantların uzun süreli kullanılmalarını imkânsız kılmaktadır. Bu yüzden, hem geniş biyolojik aktiviteye, hem de uzun süreli bakteri öldürme özelliğine sahip, etkili kaplamaların geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Bazaka *et al.* 2011; Gottenbos *et al.* 2002; Griesser *et al.* 2008; Klueh *et al.* 2000). Bu bağlamda yapılan bazı çalışmalar, bazı organik polimerlerden etkili alternatif biyoaktif kaplamaların elde edilebileceğini ortaya koymuştur (Forrest 2004).

Biyoaktif kaplamaların uygulanması, bakteri bağlanmasını ve sonraki biyofilm oluşumunu önlemek ve bunun yanı sıra hücrelerin cihaza daha iyi tutunmasını ve doku iyileşmesini desteklemek için tasarlanmıştır. Bakteri bağlanması ve bunu takip eden biyofilm oluşumu, cihaz kaynaklı enfeksiyonların ve cihaz arızalarının en önemli sebeplerinden birisidir (Liu *et al.* 2004; Stobie *et al.* 2008). Ayrıca, vücudun başka bir yerindeki enfeksiyondan kaynaklanan mikroorganizmaların kan yoluyla yayılması, özellikle kan akımına maruz kalan yapay kapakçıklar gibi tıbbi cihazlar söz konusu olduğunda, tıbbi cihazların enfeksiyonuna sebep olabilmektedir (Montanaro *et al.* 2007).

Yüksek kalitede ince filimler elde edebilmek için plazmaya dayalı polimerizasyon tekniğinin kullanımı araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Dong *et al.* 2011). Radyo frekansı plazma destekli kimyasal buhar biriktirme (RF-PECVD) yöntemiyle üretilmiş polimerik ince filmlerde, alttaşın varlığı nedeniyle bazı yapısal avantajlar kazanılırken, monomere ait bazı yapısal ve fonksiyonel özelliklerin de korunduğu rapor edilmiştir (Yasuda 1981; Shi 1996).

RF-PECVD tekniği, geleneksel polimerizasyon yöntemleri ile elde edilmesi oldukça zor olan, organik moleküllerden düz, pürüzsüz, kusursuz ve homojen ince filmlerin elde edilmesine imkân sağlamaktadır (Bae *et al.* 2001; Sajeev 2006). Bazı araştırmacılar, uçucu yağlardan plazma polimerizasyon tekniği ile elde edilen ince filmlerin, elektronik ve optik özelliklerini araştırmışlardır. Söz konusu çalışmalarında, organik bileşiklerden elde ettikleri polimerik ince filmlerin yarıiletken özelliğe sahip olduklarını belirtmişlerdir (Jacob *et al.* 2008; Bazaka and Jacob 2009; Easton and Jacob 2009; Anderson and Jacob 2010).

Easton *et al.* plazma polimerizasyon yöntemiyle *Cineole* uçucu yağ bileşeninden cam alttaşlar üzerinde ince filmler elde ederek, bu filmlerin elektrik ve optik özelliklerini incelemişlerdir. Elde ettikleri ince filmlerin, oldukça düz, homojen ve pürüzsüz ve aynı zamanda optik açıdan saydam olduğunu rapor etmişlerdir. Diğer bir uçucu yağ bileşeni olan *Terpinen-4-ol*'dan, plazma polimerizasyon tekniği ile cam alttaşlar üzerinde elde

edilen ince filmlerin, elektrik ve optik özellikleri araştırılmıştır. Araştırmacılar, elde ettikleri optik ve yüzey özelliklerine dayanarak, *Terpinen 4-ol*'un elektronik, optik ve biyomedikal endüstrilerinde kullanılma potansiyeline sahip olduğunu iddia etmektedirler (Bazaka and Jacob 2009).

Bazaka and Jacob çalışmalarında, plazma polimerizasyon yöntemiyle *Terpinen-4-ol*'dan farklı RF güçlerinde elde edilen ince filmlerin kararlılıklarının ve bozunmalarının zamanla değişimini incelemiştir. Film kalınlığında ve kırılma indisinde önemli bir değişim olmadığını ve filmlerin kimyasal kararlılığın artan RF gücüyle arttığını rapor etmişlerdir (Bazaka and Jacob 2010).

Jacob *et al.* organik bir bileşik olan *Polyterpenol* uçucu yağ bileşeninden Rf plazma Polimerizasyon tekniğini kullanarak cam alttaşlar üzerinde polimerik ince filmler elde etmişlerdir. Çalışma kapsamında kaplamaların, yüzey özellikleri, optik ve elektriksel özellikleri belirlenmiştir. Kaplamaların yüzey özellikleri dikkate alındığında, homojen ve pürüzsüz olduğu vurgulanmıştır. Bu çalışma kapsamında elde edilen polimerik kaplamanın dielektrik sabitinin, organik elektronik aygıtlarda yaygın olarak kullanılan polimerik malzemelere oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Mohan V Jacob *et al.* 2015).

Pegalajar *et al.* yapmış oldukları bir çalışmada organik bileşen olarak *Cineole* uçucu yağ bileşenini kullanarak plazma Polimerizasyon tekniği ile cam alttaşlar üzerinde polimerik kaplamalar elde etmişlerdir. Monomer malzemenin antibakteriyel özelliğe sahip olmasından yola çıkılarak, bu malzemenin elde edilen ince film kaplamaların da antibakteriyel özellik göstermesi beklenilmiştir. Kaplamaların antibakteriyel aktivitelerinin belirlenmesi amacıyla hastane ve kliniklerde yaygın olarak bulunan ve mortalitesi (ölümcül etki) yüksek olan *Essesria Coli* bakterisine karşı dirençleri araştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre elde edilen polimerik kaplamalar, hem antibakteriyel aktiviteye hem de biyouyumlu özelliğe sahip olduğu ortaya konulmuştur. Bununla birlikte polimerik kaplamaların su itici özelliğe sahip olduğu da araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir (Pegalajar-Jurado *et al.* 2014).

Jacob *et al.* tarafından yapılan bir başka çalışmada, doğal uçucu yağ bileşeni olan *M. Alternifolia* özünden PECVD yöntemi ile grafen filmler elde edilmiştir. Raman sonuçlarına göre neredeyse kusursuz filmler elde edildiği ortaya konulmuştur. Elde edilen Grafen ince filmlerin hidrofobik özellik gösterdiğini rapor edilmiştir (Jacob *et al.* 2015).

Ouyang *et al.* tarafından yapılan bir çalışmada, Rf-Pecvd tekniği kullanılarak *M. Alternifolia* uçucu yağ bileşeninden nikel köpük üzerine grafen nanotabakalar elde edilmiştir. Doğal bir ürün olan *M. Alternefolia* bu çalışmada, grafen elde etmek için karbon kaynağı olarak kullanılmıştır. Kaplama parametrelerinden, kaplama süresi değişimine karşılık elde edilen grafenin yapısının nasıl değiştiği araştırılmıştır. Bu amaçla, 4 dakikalık kaplama süresinde elde edilen grafen ince filmlerin çok tabakalı ve yatay yönelime sahip olduğu buna karşılık olarak 16 dakikalık kaplama süresinde elde edilen grafen ince filmlerin ise yönelim olarak dikey yönelime sahip olduklarını belirtmişlerdir (Ouyang *et al.* 2016).

Easton *et al.* 1,8 Cineole uçucu yağ bileşeninden Rf-Pecvd tekniğini kullanarak cam alttaşlar üzerinde polimerik organik ince filmler elde etmişlerdir. Elde ettikleri ince film kaplamaların 220 nanometre kalınlığında olduğunu belirlemişlerdir. FTIR spektroskopisini kullanarak monomer malzemenin kimyasal yapısı ile monomerdan elde edilen polimer ince filmin kimyasal yapılarının karşılaştırması yapılmıştır. Bununla birlikte ince filmlerin kırılma indisi ve soğurma katsayısı sırasıyla 1,543 (500 nm) ve 0,001 (500 nm) olarak hesaplanmıştır. İnce filmlerin AFM görüntüleri alınarak filmlerin yüzey pürüzlülükleri belirlenmiştir. Araştırmacılar, ayrıca ince filmlere ait temas açısı ölçümleri alarak da elde edilen polimerik kaplamaların hidrofobik özellik gösterdiğini ortaya koymuşlardır (Easton and Jacob 2009; Easton *et al.* 2009).

Inouye *et al.* gaz halindeki bazı uçucu yağların ve temel bileşenlerinin çeşitli bakterilere karşı antibakteriyel aktivitelerini araştırmışlardır (Inouye *et al.* 2001). Bu çalışmada, bazı uçucu yağların ve onların temel bileşenlerinin, bazı yaygın bakterilere karşı yüksek antibakteriyel aktiviteye sahip olduklarını ve antibakteriyel aktivitelerinin, bakteri

türüne bağlı olarak farklılık gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Inouye ve arkadaşları tarafından çeşitli bakteriler için elde edilen, uçucu yağlara ve temel bileşenlerine ait minimum inhibisyon dozları (MID) Çizelge 2.1’de gösterilmektedir (Inouye *et al.* 2001).

Çizelge 2.1. Uçucu yağlara ait minimum inhibisyon dozları (MID)

Uçucu yağ	H. Influenza ATCC	S. Pyogeness ATCC123	S. Pneumoniae PRC-53 ^{a,b}	S. Aureus 209P ^a	E. Coli NIHJ ^a
Cinnamaldehyde	1.56	3.13	1.56	6.25	6.25
Citral	3.13	3.13	6.25	12.5	>12.5
Perillaldehyde	12.5	12.5	12.5	50	>50
Octanol	12.5	25	25	50	25
Nonanal	12.5	12.5	12.5	25	>50
Thymol	3.13	3.13	3.13	3.13	>3.13
Geraniol	6.25	12.5	6.25	>25	>25
Menthol	6.25	25	25	25	>50
Terpinen-4-ol	12.5	25	25	25	25
Linanool	12.5	25	25	50	50

MID değerleri, 37°C’de 18 saatlik inkübasyon için çikolata agar kullanılarak inkübatörlerde elde edilmiştir. a Kanlı agar, b Penicilin’e dirençli bakteriler.

Bazaka *et al.* ları radyo frekansı plazma polimerizasyon tekniğini kullanarak, bazı uçucu yağ bileşenlerinin biyoyumluluk derecelerini ve antibakteriyel aktivitelerini araştırmışlardır. Doğal ürün olan uçucu yağ bileşenleri, cam altlıklar üzerinde optimum (en uygun) kaplama parametreleri altında elde edilmiştir. Elde edilen polimerik kaplamaların antibakteriyel aktiviteleri ile bakteri ve virüslere karşı önemli ölçüde direnç gösteren antibiyotikler ile karşılaştırılması yapılmıştır. Polimerik kaplamaların

antibiyotiklere kıyasla hem antibakteriyel aktivitesi hem de biyouyumluluk derecesinin daha iyi olduğunu ortaya koymuşlardır (Bazaka *et al.* 2011).

Jacob *et al.* yapmış oldukları başka bir çalışmalarında, *3,7-dimethyl-1,6-octadien-3-ol* uçucu yağ bileşeninden Plazma Polimerizasyon tekniğini kullanarak polimerik ince filmler elde etmişlerdir. Polimerik ince filmlerin birikme hızının 40 nm/dk olduğu ve optik özellik açısından transparan (şeffaf) bir görünüme sahip olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca filmlerin yasak enerji değerleri ve kırılma indisleri araştırılmış bu sonuçlardan ince filmlerin, elektriksel iletkenlik açısından yarıiletken özellik gösterdiği belirtilmiştir (Jacob *et al.* 2013).

Jacob *et al.* yapmış oldukları bir çalışmada, organik elektronikte çokça kullanılan organik yarıiletken malzemelere alternatif yeni bir ürün elde ettiklerini belirtmişlerdir. Bu çalışmaya göre Rf-Pecvd tekniği kullanılarak cam altlıklar üzerinde *Lavandula Angustifolia* uçucu yağ bileşeninden polimerik kaplamalar elde etmişlerdir. Elde edilen kaplamaların kalınlıkları 200 nm den 2400 nm ye kadar değişim göstermektedir. Kaplamaların yasak enerji aralıkları yaklaşık olarak 2,93 eV olarak, soğurma katsayısı ve kırılma indisleri 0,01 ve 1.565 olarak belirlenmiştir. Doğal bir ürün olan *Lavandula Angustifolia* uçucu yağ bileşeninden elde edilen polimerik kaplamaların diğer organik aygıtlara oranla çevre dostu ve maliyetinin düşük olması organik yarıiletkenler arasında dikkat çekici bir malzeme olarak görülmüştür (Jacob *et al.* 2008).

Easton *et al.* yaptıkları bir başka çalışmada, *Lavandula Angustifolia* uçucu yağ bileşeninden değişen Rf güç değerlerinde elde ettikleri polimerik kaplamaların optik özelliklerini karşılaştırmışlardır. Kaplamalara ait olarak, kalınlık, pürüzsüzlük, kırılma indisi, soğurma katsayısı ve yasak enerji aralığı belirlenmiştir. Rf güç değeri 10 w değerinden 75 W değerine geçerken kaplamaların kırılma indisleri 1,530 dan 1,543 (500 nm) değerine geçmiştir. Bununla birlikte Rf güç değerinin değişimine karşılık elde edilen polimerik kaplamaların soğurma katsayılarında herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Diğer önemli bir sonuç ise Rf güç değeri arttıkça kaplamaların yasak enerji aralıklarında azalma görülmüştür (Easton and Jacob 2010).

Bazaka *et al.* başka bir çalışmada, *Terpinen 4-ol* uçucu yağ bileşeninin monomer olarak kullanılmasıyla cam alttaşlar üzerinde polimerik ince filmler elde etmişlerdir. Elde edilen ince filmlerin, yüzey özellikleri, optik ve elektriksel özellikleri belirlenmiştir. Filmlerin pürüzsüz ve homojen bir yapıda olduğu ve soğurma katsayısı ile kırılma indisinin sırasıyla 1,55 ve 0,00007 olarak hesaplamışlardır. Polimerik kaplamaların elektriksel özellikleri dikkate alındığında ise yasak enerji aralığının 2,67 eV olduğu belirlenmiştir. Belirtilen yasak enerji aralığına göre polimerik ince filmlerin yarı iletken özellikte olduğu belirtilmiştir (Bazaka and Jacob 2009).

Easton *et al.* radyo frekansı plazma Polimerizasyon tekniğini kullanarak *1,8 Cineole* uçucu yağ bileşenini kullanarak cam altlıklar üzerinde polimerik kaplamalar elde etmişlerdir. Polimerik kaplamaların birikme hızı 55 nm/dk olarak bulunmuştur. FTIR spektrumu kullanılarak monomer malzemelerden elde edilen polimerik kaplamaların monomer malzeme ile kimyasal özelliklerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Ayrıca kaplamaların kırılma indisleri, soğurma katsayıları sırasıyla 1,543 ve 0,001 olarak belirlenmiştir. Kaplamaların yüzey morfolojileri AFM görüntüleri alınarak ortaya konulmuştur. AFM görüntülerinden kaplamaların pürüzsüz ve homojen bir yapıda olduğu belirlenmiştir (Easton *et al.* 2009).

Bazaka *et al.* yapmış oldukları bir çalışmada *Terpinen 4-ol* uçucu yağ bileşeninden Rf-Pecvd sistemiyle cam ve KBr (potasyum bromür) altlıklar üzerinde polimerik kaplamalar elde etmişlerdir. Kaplamaların *P. Aeruginosa* ve *S. Aureus* bakterilerine karşı gösterdikleri antibakteriyel aktiviteleri araştırılmıştır. Bu çalışmada, cam altlıklar kaplamalara ait morfolojik, optik ve elektriksel özellikleri ortaya koymak için KBr altlıklar ise monomer malzemedan elde edilen polimerik kaplamanın monomer malzemenin kimyasal yapısını koruyup korumadığını test etmek için kullanılmıştır (Bazaka *et al.* 2011).

Easton *et al.* başka bir uçucu yağ bileşeni olan *Lavandula Angustifolia* kullanarak cam alttaşlar üzerinde plazma polimerizasyon tekniğini kullanarak polimerik ince filmler elde etmişlerdir. Elde edilen ince filmlerin biyoyumluluklarını incelemişlerdir.

Kaplamaların kimyasal yapıları FTIR spektrumu alınarak monomer malzemenin kimyasal yapısı ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmadaki en önemli bulgulardan biri olarak, Rf güç değerinin artmasıyla elde edilen polimerik ince filmlerin termal bozulma değerlerinin artması olarak değerlendirilmektedir (Easton *et al.* 2009).

Lakshmi *et al.* yapmış oldukları bir çalışmada, RF plazma polimerizasyon yöntemine uyarladıkları RF saçırma tekniği ile organik uçucu bir bileşen olan *Anilin* monomerini kullanarak organik *Polianiline* ince filmler elde etmiştir. Elde edilen ince filmler için FTIR, UV-Vis, XRD ve SEM analizleri yapılmıştır. Bu analizler sonucunda, polimerik ince filmlerin çapraz bağlı olduğu, amorf yapıda ve yasak enerji aralığının 2,07 eV olduğunu bildirmiştir. Ayrıca ince filmlerin SEM görüntülerinden film morfolojisinin homojen dağılım gösterdiğini belirtmiştir. Bununla birlikte, ince filmlerin (620 nm dalga boyunda) kırılma indisini ve dielektrik sabitinin sırasıyla 1,11 ve 1,12 olarak hesaplamışlardır (Lakshmi *et al.* 2009).

Rahman *et al.* yapmış oldukları bir çalışmada, RF-PECVD tekniğini kullanarak polimerik *o-methoxyaniline* (PPOMA) ince filmler elde etmişlerdir. PPOMA ince filmlerin, homojen ve gözeneksiz bir yapıda olduğunu belirtmişlerdir. FTIR analizlerinden ise, monomer malzemeye oranla geçirgenliğin azaldığını ve bazı fonksiyonel grupların polimerde yer almadığını belirtmişlerdir. PPOMA ince filmler için alınan UV-Vis spektrumlarından film kalınlığı arttıkça ince filmlerin yasak enerji aralıklarının da arttığını gözlemlemişlerdir (Rahman and Bhuiyan 2013).

Lakshmi *et al.* yapmış oldukları başka bir çalışmada, *3-methyl thiophene* bileşimini monomer olarak kullanılmasıyla RF-PECVD tekniğiyle polimerik ince filmler elde etmişlerdir. Elde edilen *poly(3-methyl thiophene)* ince filmlerin, birikme hızının 3,33 nm/dk olarak hesaplamışlardır. FTIR analizi ile ince filmlerin polimerik yapısının monomer malzeme ile kıyaslanması yapılmıştır. Monomer yapının polimerik yapıda da korunduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca polimerlerin çapraz bağlı ve amorf yapıya sahip olduklarını belirtmişlerdir. Polimerik ince filmin yasak enerji aralığının 2,14 eV olduğunu belirtmişlerdir (Lakshmi *et al.* 2010).

Ameen *et al.* yapmış oldukları çalışmada, iyodin (I_2) katkılanmış polianilin ve katkı malzemesi kullanmadan titanyum dioksit (TiO_2) üzerinde polianilin (PANI) ince filmler elde etmişlerdir. Katkılama yapılan polianilin ince filmlerde yapısal ve optik özelliklerde önemli değişimlerin olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma kapsamında, Platin (Pt), TiO_2 ve katkılı ve katkısız polianilin ince filler kullanılarak heteroyapıda aygıtların üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu aygıtlardan, TiO_2 /PANI/Pt ve TiO_2 / I_2 -PANI/Pt kullanılarak farklı iki yapıda heteroyapıya sahip aygıtlar elde etmişlerdir. İyodin katkılama yapılan polianilin ince filmlerin kullanıldığı heteroyapıdaki aygıtın I-V özelliklerinin katkılama yapılmamış polianilin ince filmlerden elde edilen heteroyapıdan çok daha üstün olduğunu belirtmişlerdir (Ameen *et al.* 2012).

Yasuda (1985) yapmış olduğu bir çalışmada, polimerizasyon modelini açıklamak için bir model önermiştir. Bu model birçok radikallik basamakları içermektedir. Genellikle, polimer zincirlerinin ortasında veya sonunda radikal noktaların oluşmasıyla polimerleşmenin oluştuğu düşünülmektedir. Bu radikaller, polimer zincirinden H ayrılması ve C-C bağının kopmasıyla oluşabilmektedir. Genellikle plazma polimerleşmesi yöntemiyle elde edilen ince polimer filmlerin kalınlığı 100 nm veya daha fazla olabilmektedir. Bununla birlikte, polimerleşmenin hem plazma içinde hem de alttaş ile plazma ara yüzeyinde gerçekleştiğini bildirmiştir (Yasuda 1985).

Song *et al.* tarafından yapılan bir çalışmada, RF-PECVD tekniği kullanılarak yüksek kaliteye sahip grafen ince filmler elde edilmiştir. Bu çalışmada, farklı türde alttaş malzemeler üzerinde $750^{\circ}C$ sıcaklıkta, katalizör kullanmadan ve grafen filmlerin başka bir alttaş üzerine transferi olmaksızın kaplamalar elde edilmiştir. Aynı proses uygulanarak farklı alttaşlar üzerinde büyütülen grafen filmlerin benzer morfolojik yapıya sahip olduklarını ve dolayısıyla alttaş türünün grafen ince film kaplamalarının morfolojik yapısına etkisinin olmadığını ortaya koymuşlardır. Bunun nedenini ise epitaksiyel büyüme modlarından biri olan Volmer-Weber mekanizması ile açıklamışlardır. Song ve arkadaşları geniş yüzey alanı ve üstün fotoelektrik özelliklerinden dolayı grafen ince filmlerin, nano boyutlarda materyal üretimi için uygulama alanının olduğunu ileri sürmüşlerdir (Song *et al.* 2014).

Sun *et al.* yapmış oldukları bir çalışmada, düşük sıcaklık PECVD tekniği ile çeşitli cam alttaşlar üzerine katalizör olmadan direk olarak grafen ince film büyütmüşler ve büyütülen bu ince filmlerin yüzey morfolojisine, elektriksel ve optik özelliklerine kaplama parametrelerinin etkisinin olduğunu ortaya koymuşlardır (Sun *et al.* 2015).

Holloway *et al.* RF-PECVD sistemini kullanarak Si, W, Mo, Zr, Ti, Hf, Nb, Ta, Cr, SiO₂ ve Al₂O₃ alttaşlar üzerinde katalizör olmadan ve spesifik alttaş işlemi uygulanmaksızın 680°C alttaş sıcaklığında 900 Watt RF gücü ve 90 mTorr işlem basıncında grafen ince filmler elde etmişlerdir. Elde edilen grafen ince filmin kalınlığını yaklaşık olarak 1nm olarak bulmuşlardır (Zhu *et al.* 2007).

Çizelge 1.1 incelendiğinde, ameliyathanelerde sıkça rastlanan, tedavi maliyetlerinin ve mortalitenin yüksek olmasına sebep olan (Ding *et al.* 2012; Klueh *et al.* 2000; Novick *et al.* 1993) *S. Aureus* ve *E. Coli* gibi (Parker 1972; Sanford *et al.* 1994; Sheagren 1984a, 1984b) bakterilere karşı yüksek antibakteriyel aktiviteye sahip olan uçucu yağ bileşenlerinin, Cinnamaldehyde ve Perillaldehyde olduğu açıkça görülmektedir. Bilgimize göre, Cinnamaldehyde ve Perillaldehyde uçucu yağ bileşenlerinden, plazma polimerizasyonu tekniği kullanılarak antibakteriyel polimerik kaplamaların elde edildiği herhangi bir çalışma literatürde mevcut değildir.

Bu nedenle, bu çalışmada, hastane ve kliniklerde sıkça rastlanan *S. Aureus* ve *E. Coli* (Jan Kluytmans *et al.* 1995) bakterilerine karşı yüksek oranda antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu bilinen, Cinnamaldehyde ve Perillaldehyde (Inouye *et al.* 2001) uçucu yağ bileşenlerinden, plazma polimerizasyon tekniği kullanılarak çeşitli alttaşlar üzerinde polimerik antibakteriyel kaplamaların üretilmesi amaçlanmaktadır. Elde edilen kaplamaların antibakteriyel özelliklerinin yanında bazı fiziksel özellikleri de birtakım seri karakterizasyon işlemleri ile belirlenmiştir. Literatürde, RF-PECVD tekniği kullanılarak elde edilen ince filmlerin yapısal ve morfolojik özelliklerindeki etkileri dikkate alınarak, kaplama parametreleri ve alttaşlar belirlenmiştir. Kaplamalardan antibakteriyel aktiviteye sahip olan kaplamaların kaplama parametreleri dikkate alınarak tekrardan kaplamalar elde edilmiştir. Elde edilen bu kaplamaların, antibakteriyel

aktivitesi, kimyasal yapı tayini, yüzey ve morfolojik özellikleri ve optik özellikleri belirlenmiştir.

2.1. Organik Yarıiletkenler

Biyoelektronik ve organo-elektronik başta olmak üzere bu alanlarda, yeni teknolojik alanlarının ortaya çıkışı, organik kaynaklardan elde edilen polimerik filmlerin üretilip geliştirilmesine duyulan ilgide büyük bir artışa sebep olmuştur. Bu nedenle, araştırmacılar son zamanlarda organik ince filmlerin büyütülmesi ve araştırılması konusunda birçok çalışma yapmışlardır. Organik ince filmler, esnek ve geniş ekranlı elektronik göstergeler, tranzistörler ve fotovoltailer gibi birçok alette yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

2.1.1. Organik yarıiletken çeşitleri

Organik yarıiletkenlerin iki sınıfından biri olan küçük moleküller yani monomerler, tipik olarak tekrarlanmayan bir yapıya sahiptirler. Aynı tür monomerlerin bağlı zincirlerinden (basit polimerler) veya iki ya da daha fazla monomerin (kopolimer) birleşmesinden ise polimerler elde edilmektedir. Monomer veya polimer olsun tüm elektronik malzemeler konjuge bağlardan ana zincir içerir. Bu yapı, moleküldeki iletkenliğin sağlanması için oldukça önemlidir (Nalçacıgil 2011). Molekülün ana zincirini oluşturan σ -bandlarıyla karşılaştırıldığında, π -bandları büyük ölçüde zayıftır. Bu yüzden konjuge polimerlerin en düşük elektronik uyarılmaları, görünür spektral bölgede ışık soğurulması ve yayılmasına sebep olan, enerji band aralığı tipik olarak 1,5 ve 3 eV arasında olan π - π^* geçişleridir. Organik malzemelerde enerji aralığı moleküllerdeki konjugasyon derecesi yardımıyla kontrol edilebilir. Bu ise organik yarıiletken malzemelerin optoelektronik özelliğini geniş bir bölgede istenildiği gibi ayarlanmasına imkan sağlamaktadır (Brütting 2006). Konjuge polimerler, birbirini takip eden, ardışık tek ve çift karbon-karbon bağları ile bağlanmış, uzun zincirli yapılardır. Tekli bağ sigma bağıdır, çift bağın ise biri sigma (σ) bağı diğeri ise pi (π) bağıdır. Monomerler ve polimerler arasındaki en belirgin fark, bunların nasıl işlenerek ince

filmlerin elde edildiğidir. Genellikle polimerler, birçok çözeltide, monomerlerden çok daha iyi çözünürler. Dolayısıyla polimerler çözeltide genellikle spin kaplama yöntemiyle büyütülürler. Monomerler ise çoğu zaman çözünmezdirler ve genellikle vakum buharlaştırma yöntemiyle büyütülürler. Polimerlerin bir diğer üstünlüğü, ince filmlerde sıkça karşılaşılan kusurları içermeyen daha ince aktif tabakalar halinde üretilebilmesidir. Bu ise, bu tür aygıtların çok daha düşük gerilimlerde çalıştırılmasına imkan sağlamaktadır (Nalçacıgil 2011).

2.1.2. Organik yarıiletkenlerin özellikleri

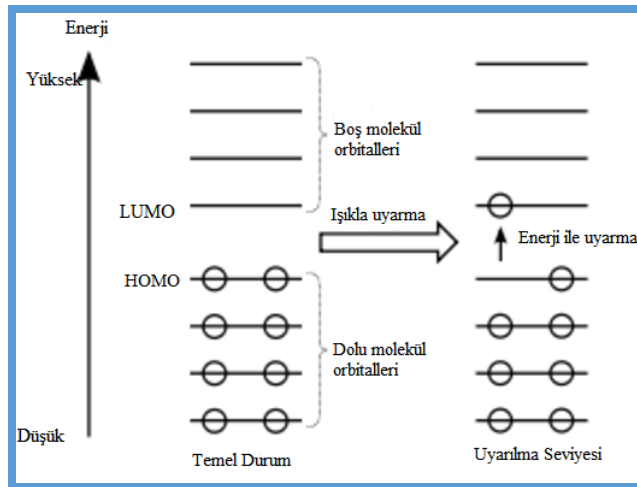
Polimer bazlı malzemeler iyi birer yalıtkan olarak bilinirler. Yalıtkan olmalarının sebebi içerisindeki atomların elektronlarını kuvvetli bir şekilde tutarak elektronların serbestçe dolaşmasını, böylece elektrik akımı iletilmesini engellemesidir. İletkenlerde ise tam tersine, atomlar en dış kabuktaki elektronlarını sıkı bir şekilde tutmadıklarından, elektronlar malzeme içinde serbestçe hareket edebilir ve elektrik akımı iletir. Yani atomlar birbirine yakındır ve elektronlar enerji bandı adı verilen belirli enerji seviyelerinde bulunurlar. Elektronlar, en düşük enerji bandında bulunmak isterler. Ancak yeterli enerji verilmesi durumunda, elektronlar daha yüksek boş bir enerji bandına sıçrayabilir ve akım oluşturur. Bir elektronlu iki atomdan oluşan en basit molekülde bağ oluşurken, elektronun bulunduğu bağ enerji seviyesi ile boş olan anti bağ seviyesi olmak üzere iki enerji seviyesi oluşur. Daha karmaşık moleküllerde atom sayısı arttıkça bağ ve anti bağ enerji seviyeleri de artacağından, enerji seviyeleri birbirine iyice yaklaşarak iç içe girecektir ve böylece bu enerji seviyeleri iki ayrı enerji bandı oluşturacaktır. İnorganik malzemelerde bu bağ orbitallerinin oluşturduğu yüksek enerjili dolu banda, değerlik bandı (valans band; VB), anti bağ orbitallerinin oluşturduğu düşük enerjili boş banda, iletim bandı (İB) denir. Bu bandlar arasındaki enerji farkına da yasak enerji aralığı (E_g) adı verilir.

Düşük enerji bandı ve yüksek enerji bandı arasındaki enerji farkı her malzemede farklıdır. İletken malzemelerde bu fark çok az (veya çakışık) olduğu için elektrik iletimi

kolayca oluşur. Yalıtkan malzemelerde düşük ve yüksek enerji bandları birbirinden çok uzaktır. Dolayısıyla elektrik iletimi oluşmaz.

Metallerde bu iki band hemen hemen üst üste gelecek kadar birbirine yakındır. Silikon gibi yarıiletkenlerde ise bandlar metallere göre birbirinden daha ayrıktır ancak yalıtkan malzemelere göre birbirine daha yakındır. Polimer gibi organik malzemelerde ise düşük enerji ve yüksek enerji bandlarına sırasıyla, dolu olan en yüksek enerji orbitali (Highest Occupied Molecular Orbital) HOMO ve boş olan en düşük enerji orbitali (Lowest Unoccupied Molecular Orbital) LUMO adı verilir.

Birçok polimerde HOMO ve LUMO arasında geniş bir yasak enerji aralığı vardır, bu sebeple yalıtkanlardır. Ancak iletken polimerlerde durum farklıdır. İletken polimerleri diğer polimerlerden ayıran en önemli özellik konjuge bağlardan oluşmasıdır. Polimer zinciri üzerinde birbirini takip eden tek ve çift bağlara sahip olan konjuge polimerlerde band yapısı delokalize olan pi bağlarının tekrarlanması ile oluşur. Konjugasyon arttıkça HOMO ve LUMO enerji seviyeleri arasındaki fark gittikçe azalır. Böylece bandlar arası mesafe azaldığı için bu tür konjuge olmuş polimerler yarıiletken gibi davranarak düşük voltaj uygulandığında elektrik akımını iletirler. Şekil 2.1'de HOMO ve LUMO diyagramı verilmiştir.



Şekil 2.1 Bir moleküle ait HOMO ve LUMO diyagramı

2.1.3. Organik yarıiletkenlerin uygulamaları

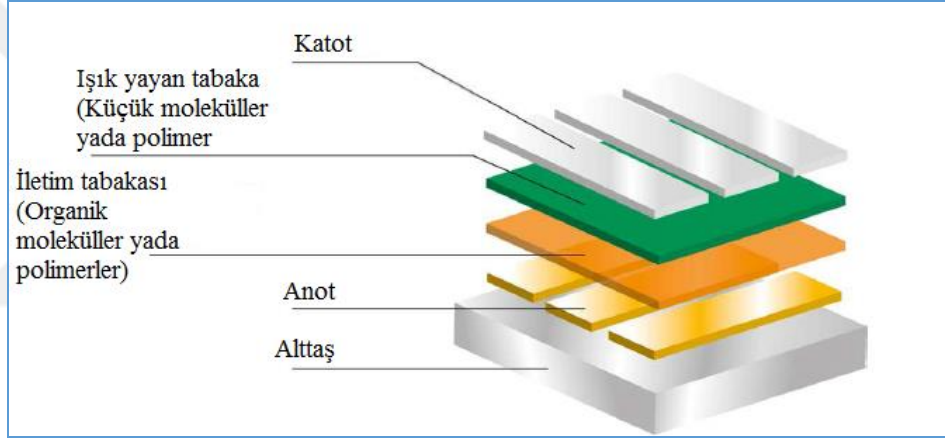
Organik ışık yayan diyotlar (OLED) (Hung and Chen 2002; Karzazi *et al.* 2001; Kulkarni *et al.* 2004), organik fototranzistörler (OFET) (Hamilton *et al.* 2004), organik fotovolttaik hücreler (OPVC) (G. Li *et al.*, 2005) ve organik fotodetektörler (Peumans *et al.* 2003) dahil olmak üzere organik opto-elektronik cihazlar kimya ve fizik araştırmalarında büyük bir alan oluşturmuştur. Organik malzemelere dayalı ışık yayan cihazlar, üstün özellikleri ve düz panel ekranlarındaki uygulamalarından dolayı araştırmacıların, önemli ölçüde ilgisini çekmişlerdir (Forrest 2004).

2.1.3.a. Organik ışık yayan diyot (OLED)

OLED (Organic Light Emitting Diode) olarak bildiğimiz organik ışık yayan diyotlar, organik ince film tabakalı LED'lerdir. OLED'lere OEL (Organic Electroluminescent) veya LEP (Light Emitting Polymer) de denir. OLED'ler isminden de anlaşılacağı gibi organik moleküllerden oluşan, elektrik uygulandığı zaman ışık yayan aygıtlardır. OLED'ler, organik küçük moleküllerle yapılanlar ve organik polimerlerle yapılanlar olmak üzere iki temel sınıfa ayrılır. OLED'ler hafif, esnek, şeffaf ve renk ayarlama imkanı gibi eşsiz özelliklere sahip olduklarından, ideal bir modern ışık kaynağıdır (Karzazi *et al.* 2001; Kulkarni *et al.* 2004). OLED'lere duyulan ilgi, bu teknolojinin sunduğu, ışık yayma modunda çalışabilmesi (arka ışıklandırmaya ihtiyaç duymama), geniş görüş açısı, düşük çalışma voltajı (5V'tan daha az), görünür alanda (malzemenin kimyasal yapısını değiştirerek) ışık yayması, esnek ekran ve düşük üretim maliyeti gibi özelliklere sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

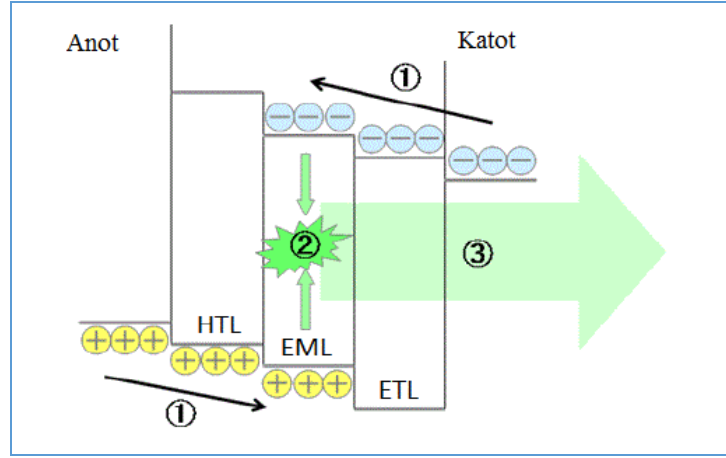
OLED, kalınlığı 100 ile 500 nanometre arasında değişen, katı bir yarı iletken cihaz olup, iki elektrot arasına sıkıştırılmış alt katman üzerinde duran bir iletken tabaka ve bir yayıcı tabakadan oluşmaktadır. İletken tabaka, anot tabakadan, deliklerin (boşluk) taşınmasını sağlayan organik plastik moleküllerden oluşur. Yayıcı tabaka ise, katottan elektron taşıyan ve elektrik akımı karşısında ışık yayan organik filminden oluşmaktadır. Organik moleküllerin iletim seviyeleri yalıtkan ile iletken malzemeler arasında

değişebilmektedir. İki tabaka arasındaki bağlantı, enjekte edilen delik-elektron çifti ve ortaya çıkan elektrikli ışıldamanın yeniden kombine edilmesi için etkili bir alan sağlar. OLED'ler, hem elektronların hem de deliklerin eşzamanlı olarak iki elektrot arasında sıkıştırılabilen çift yüklü enjeksiyon cihazlarıdır. İki tabakalı OLED'lerde, elektrot-organik tabaka bağlantısında, organik bileşiğin iletim bandındaki (LUMO), katottan enjekte edilir ve delikler organik bileşiğin valans bandının (HOMO) anodundan enjekte edilir (Karzazi 2014). Şekil 2.2'de OLED'in temel yapısının şematik gösterimi verilmektedir.



Şekil 2.2. OLED'in temel yapısı

Üç tabakalı OLED'lerde, iletim tabakası yerine elektron taşıma tabakası (ETL) ve delik taşıma tabakası bulunur (HTL). Anot katota göre daha pozitif bir elektrik potansiyelinde olduğunda, delikler anottan HTL'nin HOMO'suna enjekte edilirken, elektronlar katottan ETL'nin LUMO'suna enjekte edilir. Organik yayıcı tabakada (EML), bir elektron ve bir delik aynı molekül üzerinde lokalize ve konum olarak birbirine yakın olduğunda, bir kısmı uyarılmış bir enerji durumuna sahip lokalize elektron-delik çifti olan eksiton (elektron ve deliğin bağlı bir hali) oluşturmak için yeniden kombine olurlar. Ardından, bu eksitonların bazıları ışık salınımlı bir mekanizma tarafından zayıflatılır ve anlık olarak yayımlanmasıyla ışınımsal olarak zayıflar. Şekil 2.3'de OLED için elektrolüminesans olayının şematik gösterimi yer almaktadır.



Şekil 2.3. OLED’de elektrolüminesans mekanizmasının şematik gösterimi

Bazı durumlarda eksiton, bir eksimer (uyarılmış dimer) ya da bir eksipleks (uyarılmış kompleks) üzerinde lokalize olabilir. Termal zayıflama gibi ışımsal olmayan mekanizmalar da meydana gelebilir, ancak genel olarak arzu edilmezler. Yeniden kombine olmanın yanında, enerjinin ışık olarak açığa çıkmasıyla, alt katmana dikey ışık salınımı için en azından bir elektrodun yarı transparan olması gerekir. Sonuçta, OLED’lerde güç tüketimi, LCD ve LED’e kıyasla daha düşük, parlak ve keskin bir görüntü ortaya çıkarır (Karzazi 2014).

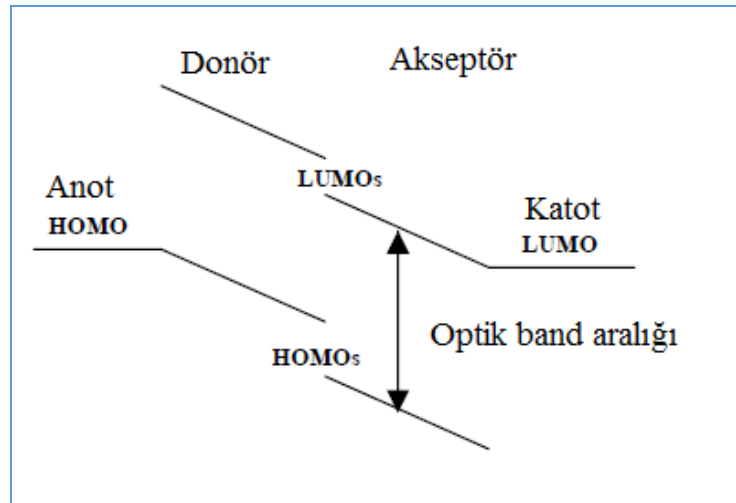
2.1.3.b. Organik fotovoltaik piller (OPV)

Enerji piyasasındaki mevcut koşullar, ilginin fosil yakıtlar gibi sınırlı ve yenilenmeyen kaynaklardan; rüzgar, hidroelektrik ve güneş enerjisi gibi bol bulunan, temiz ve yenilenebilir kaynaklara kaymasına neden olmuştur. Güneş enerjisi hali hazırda çeşitli şekillerde kullanılmaktadır, ancak en bilinen yöntem silikon bazlı güneş pillerinin kullanımınıdır. Bu inorganik güneş pilleri, yüksek seviyede optimize edilir ve %12’nin üzerinde verimlilikle çalışabilir. Ancak yüksek üretim maliyetleri, çeşitli uygulamalar için pillerin uygun hale getirilmesinde karşılaşılan güçlükler ve silikonun fiziksel sertliği güneş temelli enerjinin yaygınlaşmasını engellemiştir (Gregg and Hanna 2003).

Organik fotovoltaik (OPV) piller kullanarak organik moleküllerin sentezlenmesi kolay olduğundan, bu sorunlar organik fotovoltaik pillerin kullanılmasıyla aşılabılır. Bu doğal esneklik, güneş pillerine belirli uygulamalar için uygun hale getirilmesini sağlayan özellikler kazandırır. Çözme gruplarının organik moleküllere eklenebilmesi, üretim sürecinde mürekkep püskürtmeli yazıcı gibi yeni ve maliyeti daha düşük tekniklerin kullanılabilmesini de sağlar (Gregg and Hanna 2003). Son olarak, organik moleküller çok daha yüksek bir fiziksel esnekliğe sahiptir ve bu özellik güneş pillerinin kullanılabilceği uygulamaların sayısını artırır.

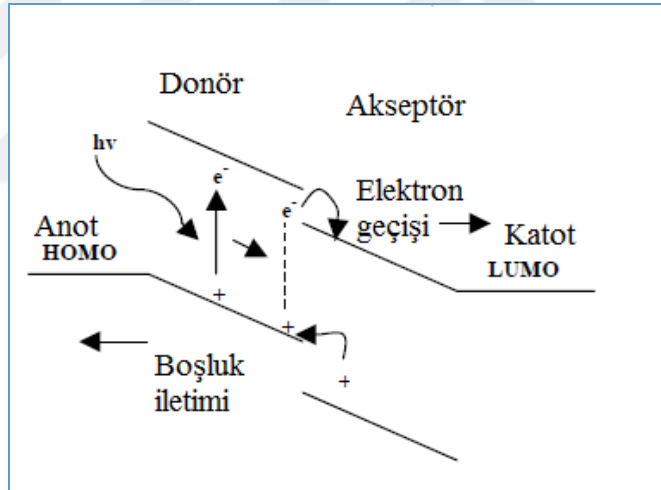
Güneş enerjisinden elde edilen OPV'lerin maliyetlerinin düşük ve daha uyumlu aygıtlar olmalarından dolayı güneş enerjisinin imkanlarından daha da çok yararlanılabilir.

OPV'ler genellikle kavramsal olarak iki tür katkı silikona benzeyen donör ve alıcıdan (akseptör) oluşur. Silikon güneş pillerinin aksine, OPV'deki donör ve alıcı tamamen farklı malzemelerdir. Her bir malzeme karakteristik bir HOMO (işgal edilen en yüksek moleküler yörünge) ve LUMO (işgal edilen en düşük moleküler yörünge) enerjisine sahiptir. Donörün HOMO ve LUMO'su enerji bakımından alıcının HOMO ve LUMO'sundan yüksektir. HOMO'lar ve LUMO'lar arasındaki boşluğa, optik bant boşluğu denir. Şekil 2.4'de OPV'lerde HOMO ve LUMO ilişkisi verilmektedir.



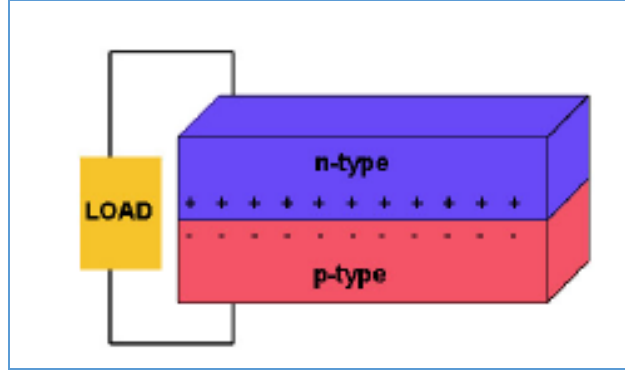
Şekil 2.4. OPV'lerde HOMO ve LUMO ilişkisi

Optik bant boşluğu, her bir malzemenin uyarılması için gereken ışığın minimum dalga boyunu belirler. Donör ya da alıcı moleküllerine çarpan fotonlar, HOMO'dan LUMO'ya giden bir elektronu uyarır, ancak bu işlem serbest bir elektron-delik çifti oluşturmaktan ziyade, eksiton adı verilen sıkıca bağlı bir elektron-delik çifti oluşturur (Gregg 2003). Bunun sebebi, optik bant boşluğunun serbest bir elektron-delik çifti oluşturmak için gerekenden küçük olmasıdır. Serbest bir elektron-delik çifti oluşturmak için, eksitonun donör ve alıcı molekülleri arasındaki ya da organik moleküller ve elektrot arasındaki bağlantıya gitmesi gerekir. Bu bağlantılarda, molekülün LUMO'suna giderek uyarılmış hale gelen elektronlar alıcının LUMO'suna sıçrayabilir ya da HOMO'daki delikler donörün HOMO'suna geçebilir. Şekil 2.5'de bir moleküldeki HOMO ve LUMO bandlarında gerçekleşen elektron ve boşluk geçişleri verilmektedir.

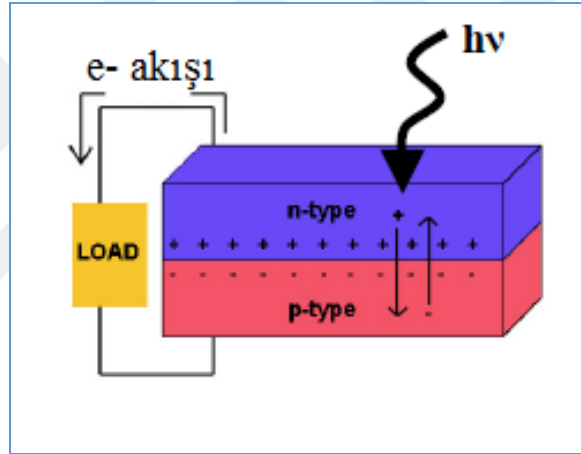


Şekil 2.5. Bir moleküldeki HOMO ve LUMO bandlarında gerçekleşen elektron ve boşluk geçişleri

Bu ayrışma, HOMO'lar ve LUMO'lar arasındaki enerji farkının, eksitonun bağlayıcı enerjisinden büyük olması durumunda gerçekleşebilir. Bu faz ayrıştırmalı serbest elektronlar ve delikler daha sonra ilgili elektrotlara giderler. OPV'lerin verimli bir şekilde çalışabilmesi için, eksitonların yeniden kombine durumu meydana gelmeden bağlantıya ulaşabilmesi gerekir. Şekil 2.6 ve Şekil 2.7'de sırasıyla p-n tipi güneş pillerinin ve p-n tipi güneş pillerindeki elektron-boşluk oluşumunun şematik gösterimi verilmektedir.



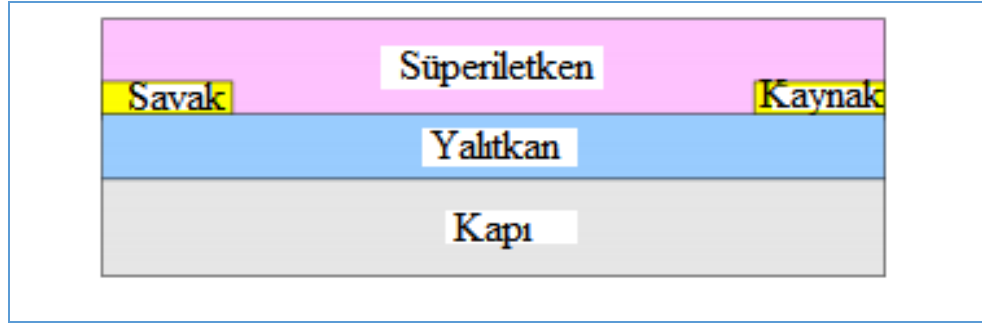
Şekil 2.6. p-n tipi güneş pillerinin şematik gösterimi



Şekil 2.7. p-n tipi güneş pillerinde elektron-boşluk çiftinin oluşumu

2.1.3.c. Organik alan etkili tranzistörler (OFET)

Transistörler, modern devrelerin temel yapı taşıdır ve sinyal amplifikatörü ya da açma/kapama anahtarı olarak kullanılır. Alan etkisi, bir yarı iletkenin yüzeyine normal bir elektrik alanının uygulanmasıyla, elektrik iletkenliğinin değişmesi şeklinde meydana gelen bir olgudur (Pierret, 1996). Elektrik alan, cihaz üzerindeki metal bir kapı aracılığıyla uygulanır. OFET'ler üç terminal, bir kaynak, bir savak ve bir geçidin yanı sıra yarı iletken bir tabakadan ve yarı iletken ile kapı arasındaki yalıtım tabakasından oluşur. Şekil 2.8 organik alan etkili tranzistörlerin genel yapısının şematik gösterimi verilmektedir.



Şekil 2.8. Organik alan etkili transistörlerin genel yapısı (Takshi *et al.* 2007)

Yalıtım tabakası, çeşitli dielektrik malzemelerden yapılabilir de, genel tercih Silisyumdioksit (SiO_2)'tir. OFET'lerin çoğu, günümüzde kullanılan organik güneş pillerinin (OSC) doğrusal yapısından dolayı yarı iletken tabakanın yaklaşık iki boyutlu olduğu organik ince filmlili transistörlerdir (OTFT). Kaynak ve savak arasındaki akım debisini kontrol etmek için kapıya voltaj uygulanır. OSC'lerdeki nispeten yüksek delik hareketliliği nedeniyle en yaygın OFET çeşidi olan p-tipi OFET'lerde, kapı ve kaynak arasına büyüklük olarak yarı iletken malzemenin voltaj eşliğinden daha büyük negatif bir voltaj uygulanır. Bu voltaj, yarı iletken-yalıtkan bağlantısında p-tipi kanal oluşumuna neden olur. Savak ve kaynak arasına da negatif bir voltaj uygulanır ve deliklerin kaynaktan savağa akmasına sebep olur. Bu davranış savaktan kaynağa akan negatif bir akıma eşdeğerdir. Savak-kaynak voltajının büyüklüğü arttıkça, savak-kaynak akımının büyüklüğü de kapanma noktasına kadar artar. Bu noktada p kanalı bir tarafta kapalı olarak kalır ve savak akımı maksimum değerine ulaşır. Maksimum doygunluğa ulaşma akımının büyüklüğü, uygulanan kapı-kaynak voltajına bağlıdır. Her ne kadar p-tipi OFET'ler n-tipi OFET'lere kıyasla çok daha yaygın olsa da, n-tipi OFET'lerle ilgili bazı araştırmalar da yapılmıştır. N-tipi OFET'lerde de, akım-voltaj davranışı p-tipi OFET'lerdekine benzerdir (Pierret 1996).

2.2. Polimerler

2.2.1. Polimerik malzemeler

Polimer, tekrarlanan yapısal kümelerin oluşturduğu yüksek molekül ağırlıklı bileşikler olarak tanımlanmaktadır. Polimer, "poli+meros" (çok+parçalı)'dan gelen Yunanca kökenli bir kelimedir. Diğer bir deyişle, polimer, çok sayıda monomerin kovalent bağlarla birbirine bağlanarak oluşturduğu iri moleküldür. Polimerler sonuçta birçok küçük molekülün bir araya gelmesiyle oluştuğundan bunlara makro molekül de denmektedir. Polimerlerin moleküler kütleleri de birkaç binden birkaç milyona kadar değişebilmektedir. Polimeri oluşturan her bir küçük molekül ise monomer olarak adlandırılmaktadır. Yani monomerler, polimerlerin yapıtaşlarını oluşturmaktadırlar.

2.2.2. Polimerlerin özellikleri

Polimerlerin, kullanım açısından, metaller ve ağaç malzemeler gibi diğer malzemelere kıyasla sahip oldukları dezavantajları aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- ✓ Dayanıklılıkları (strength) ve bükülmezlikleri (stiffness) daha düşüktür.
- ✓ Kullanımlarında, genelde sıcaklık sınırlaması (sıcak veya soğuk) vardır.
- ✓ Uygulanan mekanik testler, örneğin germe-uzama, bunların sürünür (creep), yani özelliklerinin zamana-bağımlı, olduğunu ve eriyik halde iken Newtonian olmayan (non-Newtonian) akışkanlar olduğunu göstermiştir. Bu durum en dikkati çekici mekanik özellikleridir.

Yukarıda sıralanan zaafılara karşılık polimerlerin sahip oldukları bazı üstünlükler nedeniyle kullanım alanları her geçen gün artmaktadır. Bu üstünlükler şu şekilde sıralanabilir;

- ✓ İster plastik ister elastomer olsun polimerler kolaylıkla kalıplanabilir. Bu yüzden karmaşık şekilli malzemeler bile, ek bir işlem gerektirmeden, fabrikasyon olarak kolayca üretilebilirler.
- ✓ Yoğunlukları düşüktür. Buna bağlı olarak hafif malzemeler üretilebilir.
- ✓ Kimyasal etki ve korozyona karşı dirençlidir.
- ✓ Genellikle polimerler ısıya karşı ve bazı polimerler elektriğe karşı yalıtıcıdır.
- ✓ Kendilerinde doğal olarak var olan esneklik (flexibility), birçok uygulamada yararlıdır. Bu durum özellikle kauçuklar için daha da doğrudur.
- ✓ Polimerlerin dayanıklılık değerleri her ne kadar düşükse de bu değerler birim ağırlık veya hacim başına genelde uygun olmaktadır. Polimerler, bu yüzden uzay ve havacılık sanayilerinde bile kullanım imkânı bulabilmektedir.
- ✓ Kauçukların (lastiklerin) kendilerine has özelliği elâstiklik ve sönümlenme (damping) kabiliyeti sayesinde yayılma ve enerji absorplama gerektiren uygulamalarda da kullanılabilirler.

2.2.3. Polimerik malzemelerin sınıflandırılması

Polimerlerin, kimyasal yapılarına, kaynaklarına, fiziksel özelliklerine ve molekül yapılarına göre genel bir sınıflandırılması yapılabilir. Mevcut polimerden bir kısmı bu sınıflandırmanın dışına düşebilir. Sınıflandırma aşağıda verilmiştir.

- ✓ Molekül ağırlığına göre; oligomer, makro molekül
- ✓ Doğada bulunup bulunmamasına ve sentez biçimine göre; doğal, yapay
- ✓ Organik ve anorganik olmalarına göre; organik, anorganik polimerler
- ✓ Sentezleme tepkimesine göre; basamaklı, zincir
- ✓ Zincir kimyasal ve fiziksel yapısına göre; lineer, dallanmış, çapraz bağlı, kristal-amorf, iletken polimerler
- ✓ Isıya karşı gösterdiği davranışa göre; termoplastik, termosetting
- ✓ Zincir yapısına göre; homopolimer, kopolimer

2.2.3.a. Molekül ağırlığına göre sınıflandırma

Oligomerler: Molekül ağırlığı 1500'den düşük olan dimer, trimer, tetramer türü moleküller bu gruba girer.

Polimerler, molekül ağırlığına göre;

- i) düşük molekül ağırlıklı polimerler
- ii) orta molekül ağırlıklı polimerler
- iii) yüksek molekül ağırlıklı polimerler
- iv) ağ yapılı polimerler

olmak üzere 4 gruba ayrılırlar.

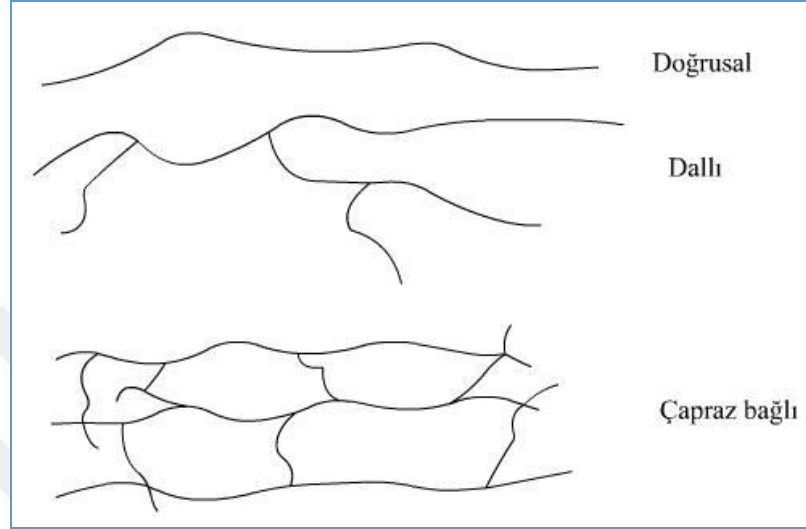
2.2.3.b. Kaynağına göre sınıflandırma

Doğada bol miktarda bulunan polimerlerin başında selüloz gelir. En fazla bulunan polimerdir ve ağaçlar en önemli selüloz kaynağını oluşturur. Diğer “doğal polimerler” arasında proteinler, poliamitler (yün) ve kauçuk (cis-poliizopren) örnek olarak verilebilir. İlk “yapay polimer” 1860'larda sentezlenen selüloiddir. Polistiren, poli(vinilklorür), poliesterler, polietilen, poliakrilonitril, poli(tetrafloroetilen)(teflon), fenol-formaldehit ve amino reçineleri en fazla kullanılan polimerlerdir.

2.2.3.c. Polimer zincirinin fiziksel yapısına göre sınıflandırma

Polimer zincirleri doğrusal bir yapıda ise “doğrusal polimer” olarak gruplandırılırlar. Eğer polimer ana zinciri üzerinde yer alan bir karbon atomu bir başka polimer zincirine bağlanmış ise “dallanmış polimerden” söz edilir. Dallanmış bir polimerde yan ve ana zincirler aynı kimyasal yapıya sahiptir. Dallanmış bir polimerde her yan zincir bir ana zincire aittir. Eğer yan zincir birden fazla ana zincire (genelde iki) ait ise “çapraz

bağlanma” söz konusu olur. Çapraz bağ sayısının aşırı artışı ise “ağ yapılı polimer” oluşumuna yol açar.



Şekil 2.9. Fiziksel yapılarına göre polimer sınıfları

2.2.3.d. Polimer zincirinin kimyasal yapısına göre sınıflandırma

Polimerlerin dallanmış, çapraz bağlı, ağ yapılı biçiminde sınıflandırılmasında kimyasal yapının hep aynı olduğu düşünülmüştür. Bu şekilde polimer tek tür kimyasal yapıya sahipse “homopolimer” adı verilir. Farklı birimlerden (monomerlerden) oluşan bir polimer “kopolimer” olarak isimlendirilir. Bazı durumlarda farklı birimlerden oluşan bir polimer zinciri yine farklı birimden oluşan bir zincire, zincir sonları dışından bir yerden bağlanabilir. Bu durumda “aşı kopolimer” elde edilir.

2.2.3.e. Isıl davranışına göre sınıflandırma

Polimerlerin ısı etkisindeki davranışları, polimerin kullanım yerini ve yeniden kullanıma kazandırılmasını belirleyen en önemli faktördür. Isı ile yumuşayabilen ve eritilerek yeniden şekillendirilebilen polimerler “termoplastikler”, bozularak parçalanan ve yeniden şekillendirilemeyen polimerler ise “termosettingler” olarak gruplandırılırlar.

2.3. Polimerizasyon Mekanizması

Monomer birimlerinden başlayarak polimer moleküllerinin elde edilmesine kadar olan reaksiyonlara “polimerizasyon reaksiyonları” denir. Polimerizasyon oluşumu üç kısımdan meydana gelmektedir. Bu üç kısım şematik olarak Şekil 2.10’da gösterilmektedir.

Başlama → **Çoğalma** → **Sonlanma**

Şekil 2.10. Polimerizasyon aşamaları

Başlama: Başlatıcılar monomerin kimyasal yapısını etkilerler. Monomer içinde bulunan atomlar, başka atomlarla bağ kuracak hale gelirken monomerler uygun kimyasallarla polimerleşebilecek hale getirilir.

Başlatıcı Monomer (M) → Aktif Monomer (M*)

Şekil 2.11. Polimerizasyon sürecinde başlatıcı evresi

Çoğalma: Oluşan aktif monomer, başka monomerlerle birleşerek, iki ve daha fazla monomer zinciri oluşturacak şekilde birleşirler.



Monomer----- Dimer -----Trimer -----Tetramer → $(CH_2-CH_2)_nCH_2=CH_2$

Şekil 2.12. Polimerizasyon sürecinde çoğalma prosesi

Sonlanma: Monomer zincirinde bulunan aktif uçlar pasifleşir, yapı daha kararlı hale gelerek polimerleşme sonuçlanır.

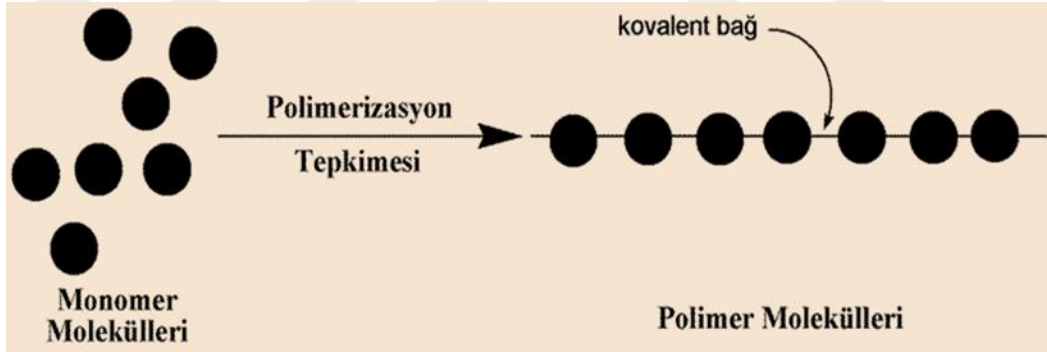


Şekil 2.13. Polimerizasyon sürecinde sonlanma evresi

Farklı kimyasal tepkimelerden yararlanılarak farklı polimerler elde edilmektedir. Bu tepkimeler genel işleyiş mekanizmaları açısından;

- Katılma polimerizasyonu
- Kondenzasyon polimerizasyonu (basamaklı) olmak üzere temel iki polimerizasyon yöntemi altında toplanır.

Monomer molekülleri Şekil 2.14’de basitçe gösterildiği gibi polimerizasyon tepkimeleri üzerinden polimer molekülüne dönüşürler. Bir polimer molekülünde yüzlerce, binlerce monomer bulunabilir.



Şekil 2.14. Polimer molekülünün oluşumu

Monomer molekülleri polimerizasyon tepkimesi ile birbirine bağlanır ve polimer molekülünü oluştururlar. Uygun monomerler kullanılmak suretiyle, ihtiyaçlar doğrultusunda istenen özelliklere sahip birçok polimerlerin, yukarıda bahsedilen geleneksel yöntemlerle üretilmesi mümkündür.

2.4. İletken Polimerler

Polimerler, metallerle kıyaslandığında, polimerlerin genellikle metallerden daha hafif ve ucuz olduğu, kolay şekil alabildiği ve iletken olmadıkları göze çarpmaktadır. Metallerin ise zor işlenebilen, ağır, pahalı olmalarının yanı sıra iyi iletken maddeler olduğu bilinmektedir. Metaller ile polimerlerin üstün özellikleri bir araya getirilerek iletkenlik özelliği taşıyan polimerlerin elde edilmesi mümkün olmuştur. Bu amaçla hazırlanan polimerler, iletken polimerler olarak isimlendirilmiştir.

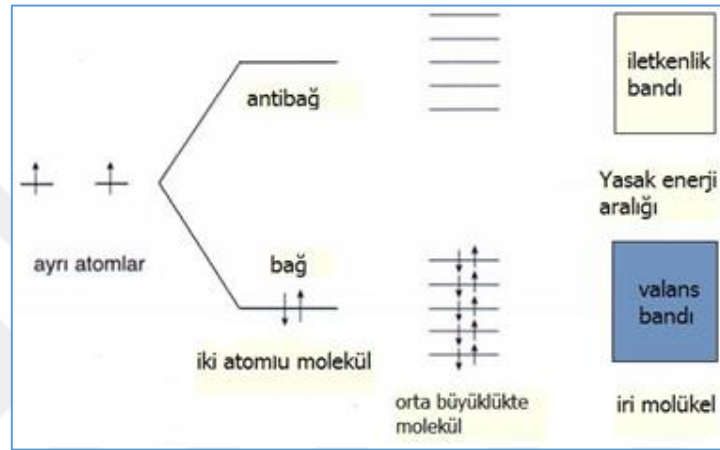
“İletken polimerler” terimi elektriği dağıtabilen veya iletebilen özel polimerler olarak geniş anlamıyla tanımlanmıştır. Fakat bu terim gerçekte tamamıyla farklı iki tür polimeri içermektedir. Birinci tür polimerler, karbon siyahı, metal tabakaları ve metal fiberleri gibi iletken maddeleri ile katkılanmış polimerleri içermekte ve bunlar ticari olarak kullanılan polimerlerin çoğunu oluşturmaktadırlar. İkinci tür polimerler ise Kendiliğinden İletken Polimerler (K.İ.P) olup, kimyasal yapıları nedeniyle kendi moleküler zincirleri boyunca elektriği dağıtabilen veya iletebilen polimerlerdir.

İletkenlik konusunda en önemli adım, 1979’da Diaz tarafından *Pirol*’ün elektrokimyasal yöntemle yükseltgenerek *polipirol*’ün sentezlenmesiyle atılmıştır. *Polipirol* anot üzerinde üretilip daha sonra güçlü bir film olarak yüzeyden çıkarıldığında iletkenliği 100 S/cm’ye ulaşabilmiştir. Benzer şekilde, elektro yükseltgenme yöntemiyle iletken *politiyofen* anot üzerinde üretilebilmiştir.

2.5. İletken Polimerlerin İletkenlik Mekanizması

İletken polimerlerin iletkenlik mekanizmasını açıklamak için band kuramından yararlanılmaktadır. Bağ oluşumu sırasında atom orbitallerinin örtüşmesi ile iki yeni enerji düzeyi oluşmaktadır. Bunlar, Şekil 2.15’de görüldüğü gibi bağ enerji düzeyi ve anti bağ enerji düzeyleridir. Molekül büyüdükçe bağ ve anti bağ orbitallerinin sayısı artar ve enerji düzeyleri arasındaki fark azalır. Bir noktada birbirinden net ayrılmış enerji düzeyleri yerine, sürekli görünümdeki enerji bandları oluşur. Bu bandlar valans

ve iletkenlik bandlarıdır. Atomların en dış yörüngesinde dolaşan elektronların sahip olduğu enerji değerlerinden oluşan banda, valans veya değerlik bandı adı verilir. İletkenlik bandı ise valans bandından kopan ve akım taşıyabilecek durumda olan elektronların bulunduğu banddır. Şekil 2.15’de gösterildiği gibi valans bandındaki elektronlar ısı, ışık ya da katkılama etkisiyle iletkenlik bandına çıkabilmektedirler.



Şekil 2.15. Farklı büyüklükteki moleküllerin oluşumunda elektronların buldukları Antibağ ve bağ enerji düzeyleri

2.6. Uçucu Yağlar

Uçucu yağlar (esanslar); esas itibariyle terpenlerden oluşmuş karışımlardır. Genellikle sıvı olup, kuvvetli kokulu ve uçucu maddelerdir. Suda çözünmez, organik çözücülerde kolaylıkla çözünürler. Uçucu yağlar ya bitkinin belirli organlarında (örneğin; taç yaprak, yaprak, meyve, kabuk, meyve sapı, odunsu doku gibi) ya da bitkinin tüm organlarında bulunabilir. Analjezik (ağrı dindiren), antiseptik (mikropların üremesini önleyen), antifungal (mantara karşı), antiviral (virüsün tesirini önleyen), bakterist (bakterilere karşı), sedatif (sakinleştirici), stimulan (uyarıcı), antioksidan (serbest radikallerin olumsuz etkilerini giderici) gibi önemli etkileri vardır. Bu özellikler uçucu yağ türüne göre değişiklik göstermektedir; fakat hepsinin ortak yanı genel olarak antibiyotik, dezenfekte edici, bağışıklık sistemini güçlendirici etkileridir (Ceylan 1997).

2.7. Uçucu Yağların Özellikleri

Genellikle oda sıcaklığında sıvıdırlar; ancak gül yağı, anason yağı gibi sıvı olmayan bazı uçucu yağlar da vardır; ayrıca uçucudurlar ve buharlaştıklarında geride herhangi bir kalıntı bırakmazlar. Fiziksel özellikleri yönünden uçucu yağlar birbirine genellikle benzerler. Genel olarak kırılma indeksleri yüksek ve lipofil çözücülerde iyi çözünürler. Örneğin petrol eteri, kloroform, benzol, eter, etanol iyi çözücülerdir. Uçucu yağlar genel olarak renksiz veya açık sarı rengindedir; ancak bazı bitkilerde kahverengi, yeşil, mavi gibi renlerde de olabilir.

2.8. Uçucu Yağların Sınıflandırılması

Uçucu yağları değişik özelliklerine göre gruplara ayırmak mümkündür. Bunlar kimyasal bileşimleri, aromatik özellikleri, farmakolojik ve terapik etkileri göz önünde tutularak, terpenik maddeler, aromatik maddeler, düz zincirli hidrokarbonlar, azot ve kükürt taşıyan bileşikler olmak üzere dört grupta incelenebilir. Terpenlerin oksitlenmesi ile meydana gelen oksijenli türevler uçucu yağın kendine özgü kokusunu, tadını ve terapik özelliklerini verirler. Uçucu yağlarda asıl önemli olan bileşikler oksitlenmiş türevlerdir.

2.8.1. Terpenler

Kimyasal anlamda terpenler, yapısı çeşitli fakat belli sayıda izopren birimlerine sahip olan moleküller grubu olarak tanımlanır. İzopren birimine göre; monoterpen, seskuiterpen, diterpen, ve triterpenler olarak dört grup altında toplanırlar. Bu tanım, temel moleküler iskelette izoprene sayılarına dayanan terpenlerin rasyonel bir şekilde sınıflandırılmasını sağlar.

Karbon sayısı, 10 olanlar monoterpenlerdir. Bunlarda kendi arasında etken maddelerine göre 3'e ayrılır:

- ✓ Asiklik monotерpenler: Osimen, sitral, sitronel, gerinol gibi maddeler.
- ✓ Monosiklik monotерpenler: Terpinen, menton, k minal gibi maddeler.
- ✓ Bisiklik monotерpenler: Sabinen, tujon, kamfen gibi maddeler.

Monoterpenlerden ayrı karbon sayısı 15 olan seskiterpenler; karbon sayısı 20 olan diterpenler ve karbon sayısı 30 olan triterpenler de vardır. Bileşimlerinde temel olarak terpenoidler (daha çok monotерpenler; az miktarlarda seskiterpenler ve diterpenler), asitler, alkoller, aldehitler, ketonlar, asiklik esterler, laktonlar, daha seyrek olarak azotlu ve k k rl  bileşikler, kumarinler ve fenilpropanoidlerin homologları yer alır (Cowan 1999; Grassmann and Elstner 2003). Uçucu yağların bileşim ve miktarları bitkinin cinsine, bitkinin hangi kısmından elde edildiğine, üretim sekline, yetiştirildiği bölgenin coğrafi yapısına ve iklime bağı olarak değışkenlik göstermektedir (Angioni *et al.* 2006;  zg ven and Kırıcı 1999).

2.9. Uçucu Yağların Antimikrobiyal Etkileri

Esansiyel yağların en çok araştırılan y n , antimikrobiyal aktiviteleriyle ilgilidir. Bu yağlar, farklı bileşenleri içeren kompleks karışımlar olduklarından, etki dereceleri içerdikleri etken maddelerin çeşit ve miktarına bağı olarak değışkenlik göstermektedir (Toroğlu and enet 2006) Etki mekanizmaları hakkında edinilen bilgiler sınırlı olmakla birlikte, bunun yağların lipofilik özellikleri ve kimyasal yapılarıyla ilgili olduğu öne sürülmektedir (Frag *et al.* 1989). Esansiyel yağlar Gram (-) ve Gram (+) bakteriler dahil, birçok mikroorganizma üzerine antibakteriyel etki göstermektedir. Örneğin esansiyel yağ bileşenlerinden izomerik fenol sınıfına ait olan karvakrol ve timol ile fenilpropanoid sınıfında yer alan sinnamaldehit, *Escherichia coli* ve *Salmonella typhimurium*  zerine antibakteriyel etki göstermektedir.

Esansiyel yağların bileşenleri arasında aditif, antagonistik ve sinerjik etkileşimlerin olduğu da ileri sürülmüştür (Burt 2004). Lambert *et al.* (Lambert *et al.* 2001), timol ve karvakrol' n *Staphylococcus aureus* ve *Pseudomonas aeruginosa*  zerine etkilerini inceledikleri çalışmada, bu maddelerin beraber kullanıldıklarında tek basına

kullanıldıklarından daha iyi bir etki gösterdiklerini bildirmişlerdir. Yapılan bir invitro çalışmada, tarçından elde edilen sinnamealdehit ekstraktının *Clostridium perfringens* ve *Bacteroides fragilis*'i kuvvetli şekilde, *Bifidobacterium longum* ve *Lactobacillus acidophilus*'u da orta düzeyde inhibe ettiği görülmüştür (Lee and Ahn 1998).

2.10. İnce Film Kaplama Yöntemleri

İnce film elde etmek için kullanılan yöntemler, film biriktirme prosesine göre fiziksel ve kimyasal olarak ikiye ayrılmaktadır.

Kimyasal buhar biriktirme teknikleri, düşük sıcaklıkta çok sayıda element ve bileşiklerden ince film elde etmek için kullanılan en önemli yöntemlerdir (Deshmukh *et al.* 1990). İnce film etmek için kullanılan bazı önemli fiziksel ve kimyasal yöntemlerden aşağıda bahsedilmiştir. Çizelge 2.2'de ince film biriktirme yöntemlerinin listesi verilmektedir.

Çizelge 2.2. İnce film kaplama yöntemleri

İnce Film Biriktirme Yöntemleri			
Fiziksel		Kimyasal	
Saçtırma	Buharlaştırma	Gaz Fazı	Sıvı Fazı
DC saçtırma	Elektron demeti	Kimyasal buhar biriktirme	Elektrodepozisyon
Triyot saçtırma	Termal buharlaştırma	Lazerle kimyasal buhar biriktirme	Kimyasal banyo
Gaz giderici saçtırma	Lazer biriktirme	Fotokimyasal buhar biriktirme	Elektriksiz biriktirme
Rf saçtırma	RF ısıtma	Plazma destekli kimyasal buhar biriktirme	Aniyonizasyon
İyon saçtırma	Termal buharlaştırma		

2.10.1. Fiziksel buhar biriktirme tekniği (PVD)

Fiziksel buhar biriktirme (PVD) yöntemi, buharlaştırma, süblimleştirme ya da hedef üzerine iyon çarpıtma gibi fiziksel proseslerle atomların katı ya da ergimiş bir kaynaktan alttaş yüzeyine transferini sağlayan ince film büyütme tekniğidir (Lin *et al.* 1996). Buharlaştırma ve püskürtme yoluyla ince filmlerin elde edilmesi, en çok kullanılan PVD yöntemlerindedir. PVD teknikleri, film kalınlığı birkaç nanometreden binlerce nanometreye kadar değişen kalınlıklarda ince filmleri elde etmek için çokça kullanılmaktadır. Ancak, bunun yanında çok katmanlı kaplamaları yani çok kalın ince filmleri ve birbirinden bağımsız yapıları elde etmek için de kullanılmaktadır. Bu teknikte kullanılan alttaşlar, çok küçük boyutlarda olduğu gibi mimari camlar için kullanılan 25 cm × 36 cm boyutlu cam paneller gibi çok büyük boyutlu da olabilmektedir. Aynı zamanda farklı karmaşık geometriye sahip alttaşların kullanımının mümkün olması bu tekniğin en önemli avantajlarındanır. PVD tekniklerinde ince filmlerin kalınlıkları, saniyede 10-100Å (1nm-10nm) civarındadır. PVD yönteminde en çok kullanılan teknikler, vakum buharlaştırma, lazer buharlaştırma, saçıtma ve ark biriktirme teknikleridir.

2.10.1.a. Vakum buharlaştırma

Bazen vakumlu biriktirme olarak da anılan vakum buharlaştırma, termal bir buharlaştırma kaynağından malzemenin alttaşına ulaştığı ya da kaynak ve alttaş arasındaki boşlukta herhangi bir gazla etkileşmenin olmadığı bir PVD tekniğidir. Bu teknikte vakum yapılarak, ince film biriktirme sisteminde bulunabilecek muhtemel yabancı gazların ortamdaki uzaklaştırılmasıyla, kirliliğin en aza indirgenmesi mümkün olmaktadır. Normalde, vakumlu buharlaştırma sistemlerinde vakum odasının basıncı 10^{-5} ten 10^{-9} Tor aralığında değişmektedir. Termal buharlaşma oranı, diğer buharlaştırma yöntemleriyle karşılaştırıldığında oldukça yüksektir. Kaynaktan buharlaştırılmış olan madde ergimiş madde kaynağındaki maddenin nispi buhar basıncı ile orantılı bir bileşime sahiptir. Termal buharlaştırma genel olarak tungsten tel bobin gibi ısıtılmış kaynaklar ya da kaynak malzemenin kendisini ısıtan yüksek enerjili elektron ışınları

kullanılmak suretiyle yapılmaktadır. Bu teknikte genellikle alttaşlar, buharlaştırma kaynağının sebep olduğu kısmi sıcaklıktan etkilenmemesi için kaynaktan mümkün olduğunca uzak bir mesafeye yerleştirilmektedir. Vakum buharlaştırma yöntemi, dekoratif kaplamaları, esnek paketleme malzemeleri üzerine geçirgen ince filmleri, elektrik iletimi açısından iletken ve yarıiletken filmleri, aşınmaya dayanıklı kaplamaları ve korozyon önleyici kaplamaları elde etmede yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

2.10.1.b. Lazerle buharlaştırma (PLD)

Bu teknikte odaklanmış bir lazer demeti, hedef yüzeyin küçük bir alanı tarafından soğurulduğunda, yüksek enerjili lazer atımlar, katı bir hedeften küçük miktarda malzemeler koparır. Soğurulmuş enerji, hedeften malzeme koparmak için kullanılır. Ablasyon boyunca, katı hedefin moleküllerinin kimyasal bağları zayıflatılır ve malzeme buharlaştırılır. Buharlaştıran malzeme, iyonlardan, moleküllerden, nötr atomlardan ve hedef malzemenin serbest radikallerinden oluşur. Sonuç olarak, koparılan parçacıklar, hedefin karşısında bulunan alttabaka üzerine yoğunlaşarak ince film oluşturur (Martin 2009).

Lazer ablasyonla biriktirme, yarıiletkenler, süperiletkenler, seramikler, ferroelektrikler, polimerler gibi çeşitli özellikte yüksek kaliteli filmler üretmede kullanılır. Özellikle PLD, diğer metotlarla kolay üretilemeyebilen malzemeler için kullanışlıdır. Ayrıca PLD nanotüplerin, kuantum noktaların ve bazı organik ince filmlerin sentezinde kullanılır (Martin 2009).

Lazerle buharlaştırma yönteminde, alttaş seçimi, hedef ile alttaş arasındaki uzaklık, alttaş sıcaklığı, işlem gazı ve basıncı, dalga boyu, atım sayıları, lazer tekrarlama oranı, hazırlama şartları film büyüklüğünü, kalitesini ve özelliklerini etkiler (Martin 2009).

Lazerle buharlaştırma, yüksek saflıkta metal alaşımlar ve bileşik filmlerin sentezi için çok iyi bir yaklaşım olmasına rağmen, aşağıdaki dezavantajlara sahiptir:

- ✓ Pahalı bir sistemdir.
- ✓ Enerji dönüşüm verimi çok düşüktür. Çoğunlukla %1-2 civarındadır.
- ✓ Kaplanan film boyutu küçüktür (10-20 mm veya 0.4-0.8 inç çapında).
- ✓ 0.1 ve 10 µm arasındaki boyutlarda, mikro parçacıkların üretimini içeren 'splashing effect' film kalitesini azaltır.

Bu tekniğin avantajları ise:

- ✓ Film kalitesini artıran yüksek enerji türü üretim yapmak mümkündür.
- ✓ Birçok malzemede yansımanın, kısa dalga boylu (ultraviole (UV)) lazerler için uzun infrared (IR) dalgaboylu lazerlerden daha düşük olması. Yansıma azaldığında, kopan parçacıklar artırılarak lazer atımın geniş bir kısmı soğurur. Aynı zamanda, UV bölgede soğurma katsayısı daha büyüktür. Demet enerjisi, ince bir yüzey tabakada soğurur ve ablasyon daha etkili biçimde oluşur.
- ✓ Hedef ve film arasında stokiyometrenin mükemmel iletimi (Martin 2009). PLD yönteminde kullanılan altlıkların film stokiyometresine etkisi vardır. Hedef stokiyometresi, alttabakaya malzeme transferi ile korunur (Pauleau 2006).

2.10.1.c. Saçtırma (Sputtering) yöntemi

Saçtırma yöntemi, hedef (katod) malzemenin, yüksek enerjili veya reaktif olmayan iyonlar ile bombardımanı sonucu momentum aktarımıyla atom veya moleküllerinin kopartılmasıdır. Hedef malzemedен koparılan bu atom veya moleküller, alttaş üzerinde birikerek ince film oluştururlar. Bu PVD tekniği kimi zaman yalnızca püskürtme olarak da anılmaktadır. Ancak bu ifade uygun bir terim değildir. Çünkü bu teknikte, film püskürtülmemektedir. Genel olarak vakum buharlaştırmaya kıyasla bu teknikte kaynaktan alttaşa olan mesafe daha kısadır. Saçtırma yöntemi, yarı iletken özelliğe sahip ince film kaplamalarda, mimari cam kaplamalarda, cd'lerin yansıtıcı kaplamalarında ve dekoratif kaplamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.10.2. Kimyasal buhar biriktirme tekniği (CVD)

Çok çeşitli element ve bileşiklerden Kimyasal Buhar Biriktirme (CVD) tekniği kullanılarak, amorf yapılardan yüksek derecede mükemmelliğe ve saflığa sahip epitaksiyel tabakalara kadar ince filmlerin elde edilebilmesi, bu tekniğe endüstride geniş kullanım alanı sunmaktadır. CVD, gaz halindeki kimyasal reaktiflerin, reaksiyon odasında ısıl yollarla (plazma destekli CVD ya da lazer kaynaklı CVD) aktiveleştirilerek (geleneksel CVD) alttaş yüzeyinde katı bir ince filmin elde edilmesi olarak da bilinmektedir. Bu teknikte, karmaşık şekilli alttaşlar üzerinde homojen ve gözeneksiz yapıdaki ince filmlerin elde edilmesi mümkündür. CVD teknikleri aynı zamanda aşınmaya, aşındırmaya ve yüksek sıcaklıkta oksidasyona karşı koruyucu kaplamalar elde etmek için çokça kullanılmaktadır (Maitry, 2014). CVD yöntemi, tek kristalli filmleri biriktirmek için kullanıldığında Buhar Fazlı Epitaksi (VPE), başlatıcı gazın metal organik bileşen olduğu durumlarda Metal-Organik CVD (MOCVD), ayrıştırıcı olarak plazmanın kullanılması halinde Plazma CVD (PECVD) ve işlem basıncının ortam basıncının altında olması durumunda Düşük Basıncılı CVD (LPCVD) olarak da karşımıza çıkmaktadır. CVD reaktörlerinde plazma, başlatıcı bileşenlerini aktive etmek ya da kısmen ayrıştırmak için kullanılmaktadır. Bu durum, termal CVD’de gerçekleşen ince film biriktirme işleminden daha düşük sıcaklık değerlerinde birikmenin yapılabilmesini mümkün kılmaktadır. Bu teknik plazma CVD (PECVD) ya da plazma-destekli CVD (PECVD) olarak da adlandırılır. Plazma CVD’de plazma, genellikle radyo frekansı vasıtasıyla elektrotlar arasında oluşturulur. Plazmaya dayalı CVD yöntemi aynı zamanda polimer film biriktirmek (Plazma polimerizasyonu) için de kullanılmaktadır. Bu durumda başlatıcı gaz, plazma içerisinde ve yüzeyde bir organik ve inorganik polimer film oluşturmak için çapraz bağ oluşturan bir monomerdir. Bu yöntemle elde edilen ince filmlerin gözenekliği çok düşüktür.

CVD yöntemi, ince filmlerin biriktirilmesinde birçok avantaja sahiptir. Başlıca avantajlarından biri, ince filmlerin oldukça uyumlu olmasıdır. Örneğin şekillerin yan çeperlerinin film kalınlığı, üst kalınlığı ile karşılaştırılabilir. Bu da; şekillerin iç ve alt tarafları da dâhil olmak üzere filmlerin detaylı olarak şekillendirilmiş parçalara

uygulanabileceği anlamına gelmektedir. Bu yöntemin aksine, buharlaştırma ve saçtırma gibi Fiziksel Buhar Biriktirme (PVD) teknikleri, genellikle kaynakla kaplanacak yüzey arasında bir gözlem hattı gerektirir. CVD'nin bir diğer avantajı oldukça yüksek saflıkta biriktirmenin yapılabilmesidir. CVD'nin önemli bir diğer avantajı ise PVD kadar güçlü bir vakumlama gerektirmemesidir. Bununla birlikte CVD yönteminin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bu yöntemde başlatıcı olarak kullanılan monomerin, oda sıcaklığında veya oda sıcaklığına yakın bir sıcaklık değerinde uçucu olması gerekmektedir. Metal-organik başlatıcıların kullanılması bu problemi azaltacak nitelikte olsa dahi periyodik tablodaki birçok element için uygun değildir.

CVD tekniğinde kullanılan monomer malzemeler aynı zamanda son derece zehirli ($\text{Ni}(\text{CO})_4$), patlayıcı (B_2H_6), ya da aşındırıcı (SiCl_4) olabilirler. CVD tekniğinde meydana gelen reaksiyonların sonucunda meydana gelen yan ürünler de tehlikeli olabilmektedir (CO , H_2 , ya da HF). Diğer önemli bir dezavantaj filmlerin genellikle yüksek sıcaklıklarda biriktirilmeleridir. Bu da kaplanabilecek olan alttaşın kullanımına kısıtlama getirmektedir. Daha da önemlisi farklı ısıl genleşme katsayılarına sahip maddeler üzerine biriktirilmiş filmlerde mekanik dengesizliklere neden olarak film yüzeylerinde gerilmelere yol açabilmektedir.

2.10.2.a. Sol-Jel metodu

Sol, katı partiküllerin ($\sim 0.1-1 \mu\text{m}$) bir sıvı içerisinde dağılmasıyla oluşan ve yalnızca Brownian hareketleriyle süspanse olan kararlı ortamdır. Jel ise sıvı bileşenleri ihtiva eden katı bir ağ-yapı görünümü veren sıvı ve katının birbiri içerisinde dağılmış durumudur. Jel, sıvı bağlarıyla sıvı ortamının birleşmesiyle oluşan akıcı olmayan ortamdır. Sıvının bağları koloidal sol parçacıklarından oluşuyorsa, bu jele koloidal denilmektedir. Sol-Jel kaplama tekniğinde süreç 4 basamaktan oluşmaktadır:

- ✓ İstenen koloidal partiküller sol oluşturmak için önce bir sıvı içerisine dağıtılır.
- ✓ Sol çözeltisinin birikimi, alttaşlar üzerinde daldırma ya da döndürme yoluyla yapılır.

- ✓ Sol içerisindeki partiküller polimerize olarak, sürekli ağ-yapı şeklinde bir jel oluşturulur.
- ✓ Son olarak, ısıl işlem yoluyla kalan organik ya da inorganik bileşenleri pirolize edilerek amorf ya da kristal kaplamalar oluşturur (Brinker and Scherer 1990; Olding *et al.* 2001).

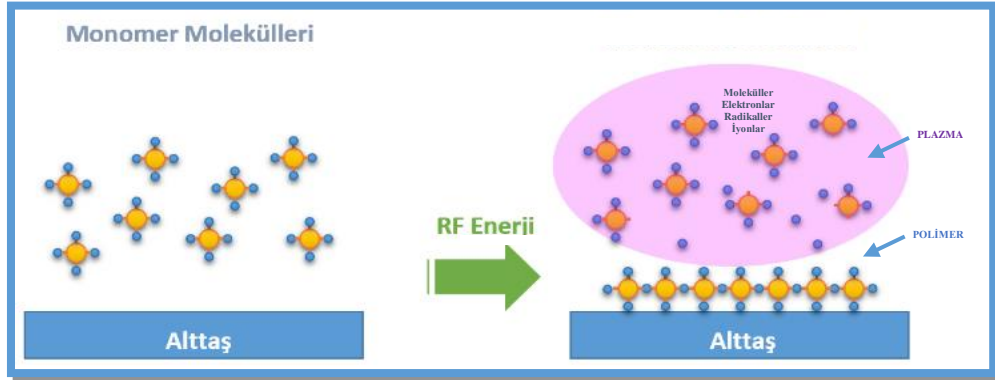
Sol-jel tekniğinin uygulanmasında sunmuş olduğu birtakım avantajları vardır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

- ✓ Alttaş ve ince film arasında kusursuz bir yapışma imkanı sunarak kaplamalar elde edilebilir.
- ✓ Korozyona karşı dirençli olan kalın filmler (100 nm^{-1} - $100 \text{ }\mu\text{m}$) bu teknikte kolaylıkla elde edilebilir.
- ✓ Jel halindeyken, kolaylıkla karmaşık geometriye sahip malzemelerin şekillendirilmesiyle kaplamalar elde edilebilir.
- ✓ Seramik oksitlerin, organo-metalik bileşenleri belirli bir çözücü içerisinde karıştırılarak çözünebildiğinden ve sol içerisinde hidrolize edilerek jel halini alabildiğinden yüksek saflıkta ürünler elde edilebilmektedir.
- ✓ Düşük sıcaklıkta (200°C - 600°C arasında) sinterleme kapasitesine sahiptir.
- ✓ Yüksek kaliteli kaplamalar üretebilmek için basit, ekonomik ve verimli bir metottur.

Sol-Jel tekniği avantajlarına rağmen bazı dezavantajlar içermektedir. Düşük aşınma dayanımı, yüksek geçirgenlik ve porozitenin kontrolünün zorluğu gibi bazı sınırlamalarından dolayı tekniğin kullanımı arzu edilen endüstri potansiyeline ulaşamamıştır. Çatlaksız ve gözeneksiz malzemeye ihtiyaç olduğunda, film kaplama kalınlığının sınırı $0.5 \text{ }\mu\text{m}$ 'dir (Olding *et al.* 2001). Kalın kaplamayla sıkışan organikler sıklıkla ısıl işlem sırasında birtakım problemler teşkil etmektedir.

2.10.2.b. Plazma destekli kimyasal buhar biriktirme (RF-PECVD)

Plazma ortamına konan bir materyal yüzeyinde, koşullara bağlı olarak kopmalar (ablation) olabileceği gibi birikme de (deposition) meydana gelebilir. Plazma koşullarının ayarlanmasıyla bu iki işlemten birinin etkin olması söz konusudur. Bu işlemlerden birikme (kaplama) işleminde, çeşitli alttaşlar üzerinde çok ince ve homojen filmler elde edilmesi mümkündür (Flosch *et al.* 1992) Plazma ortamında organik moleküllerin mevcudiyeti durumunda, molekül içi bağların (kovalent bağlar) homolitik parçalanması sonucu radikaller oluşur. Radikaller, eşleşmemiş elektronlara sahip atom veya moleküllere verilen genel addır. Radikaller eşleşmemiş elektronlarını eşleştirme eğiliminde oldukları için, kimyasal olarak aktiftirler ve bir zincir reaksiyona sebep olabilirler. Zincir reaksiyonun bir sonucu olarak polimer oluşumu gözlenir. Plazma ortamında oluşan bu polimerin bir alttaş üzerinde ince film şeklinde büyütülmesi, “Plazma Polimerizasyon Tekniği” olarak adlandırılmaktadır (Friedrich 2011). Plazma destekli polimerizasyon oluşum mekanizması şematik olarak Şekil 2.16’da gösterilmiştir.



Şekil 2.16. Plazma ile monomerlerin bir alttaş üzerinde polimerleşme mekanizması

Plazma polimerizasyon tekniği, yüzeyler üzerine ince, pürüzsüz ve homojen kaplamalar elde etmek için kullanılan oldukça kullanışlı bir tekniktir. Geleneksel yöntemlerle polimerleşmesi imkânsız olan, monomer olarak kullanılan uçucu moleküllerin, kısa sürede bir yüzey üzerinde polimerleşmesini sağlaması, bu tekniğin en büyük

avantajlarından birisidir. Üstelik bu teknikte kaplama parametrelerinin kontrol edilmesiyle monomerin kimyasal özelliklerinin büyük ölçüde korunması mümkün olmaktadır. Diğer bir deyişle, plazma polimerizasyon yönteminde, monomer maddenin sahip olduğu kimyasal özellikler monomerden elde edilecek olan polimerik ince kaplamalarda da gözlenebilmektedir.

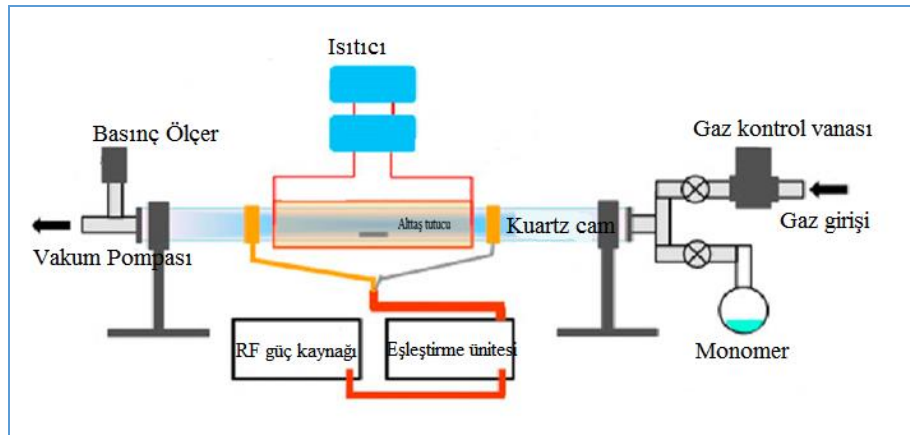
Plazma polimerizasyonu ile bir ön koşul aranmaksızın tüm organik bileşikler kullanılarak çeşitli materyal yüzeylerinin değiştirilebilmesi, bu yöntemin en önemli avantajıdır. Diğer kaplama yöntemleriyle karşılaştırıldığında, bu yöntemle daha ince ve daha homojen kaplamalar yapılabilmektedir. Bu nedenle, plazma polimerizasyonu ile modifiye edilmiş yüzeyler birçok pratik uygulamada kullanım alanı bulabilmektedir. İşlem son derece temizdir, bir başka ifadeyle, klasik işlemlerde kullanılan çözücüler ve stabilizörlere burada gerek olmadığından elde edilen ürün çok saftır. Bu durum, özellikle tıp uygulamalarında önemli bir avantaj olarak kabul edilmektedir. Diğer geleneksel polimerizasyon yöntemlerinde kaplama işlemi aşağıda belirtilen basamakları içermektedir (Ozansoy 2007).

- ✓ Polimer veya öncü polimerin sentezi
- ✓ Kaplama çözeltisinin hazırlanması
- ✓ Alttaş yüzeyinin temizlenmesi
- ✓ Kaplama işlemi
- ✓ Kurutma
- ✓ İyileştirme

Geleneksel polimerizasyon işlemlerindeki, alttaş yüzeyinin temizliği dışındaki bütün bu basamaklar, plazma polimerizasyonunda tek basamakla gerçekleşmektedir. Bu nedenle, geleneksel yöntemlerle uzun sürelerde yapılan polimerizasyon işlemi plazma ile çok daha kısa sürelerde gerçekleştirilebilmektedir. Düşük sıcaklık plazmasında gerçekleştirilen polimerizasyon yönteminin en önemli avantajlarından biri de alttaşların sadece en dışta bulunan tabakalarının modifikasyondan etkilenmesidir. Böylece, modifiye edilen alttaşların yığın özellikleri değişmediğinden, yüzey özellikleri kontrollü

bir şekilde modifiye edilebilmektedir. Bu teknikle; yüzey enerjisinin değiştirilmesi, biyolojik uygunluğun artırılması, yapışma özelliğinin değiştirilmesi, hidrofilik ya da hidrofobik karakter kazandırılması mümkün olmaktadır (McGuire and Kirtley 1988; Mutlu *et al.* 1997; Dhadwar *et al.* 2003). Ayrıca; geleneksel polimerizasyon teknikleriyle polimerleşemeyen doymuş bağ yapısına sahip monomerler, plazma polimerizasyonu ile alttaş üzerinde yüksek sayıda dallanmış ve çapraz bağlı ince tabakalar oluşturabilmektedir (Yasuda 1990). Kullanılan monomerin yapısının, polimerizasyon hızını ve elde edilecek kaplamanın fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkilediği bilinmektedir. Örneğin, benzer kaplama koşullarında, üçlü bağ içeren asetilen, ikili bağ içeren etilenden daha hızlı polimerize olmaktadır. Yani, monomerin yapısının doymamışlık derecesi, plazma polimerizasyon hızını etkilemektedir.

RF-PECVD sistemi RF güç kaynağı, eşleştirme ünitesi, vakum odası (reaktör), vakum pompası, basınçölçer, gaz/sıvının bulunduğu monomer haznesi ve oranını ayarlayan kontrol ünitesi ve su soğutma sistemi ile birlikte ısıtıcıdan oluşmaktadır. Şekil 2.17'de RF-PECVD sistemi şematik gösteriminin şematik gösterimi yer almaktadır.



Şekil 2.17. Rf-Pecvd sisteminin şematik gösterimi (Bo *et al.* 2015)

Rf-Pecvd sistemini oluşturan materyaller ve görevleri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Vakum Odası (Reaktör):

Vakum pompası yardımıyla ortamdaki yabancı atom veya moleküllerin uzaklaştırılmış, basıncı istenen değerlere (1-100 mTorr) düşürülmüş, quartz camdan yapılmış kapalı bir haznedir. Reaktör, plazmanın oluşturulduğu ve ince filmlerin elde edildiği yalıtılmış kapalı ortamdır.

- Vakum Ölçer:

Reaktörün basınç değerini anlık olarak ölçebilen göstergedir.

- RF Güç Kaynağı:

Plazma oluşturulması için gerekli gücü reaktöre uygulayan ünedir. Çalışmalarımızda kullandığımız güç kaynağı, 13.56 MHz'lik frekansa ve 0-900 Watt aralığında değişebilen güç değerlerine sahiptir. Bunun dışındaki değerlerde de çalışabilen güç kaynakları da mevcuttur.

- Eşleştirme Ünitesi:

RF güç kaynağının reaktöre uygulanmasıyla gücün yansımını (reflection) minimize etmek için kullanılan elektronik ünedir.

- Gaz/Sıvı Tankı:

Karbon kaynağı olarak kullanılacak gaz ya da sıvının bulunduğu haznedir.

- Gaz Akış Ünitesi:

Reaktöre verilecek gaz veya sıvının akış oranını ayarlayan ünedir.

- Isıtıcı: Kimyasal reaksiyonların gerçekleşmesi için alttaşın ısıtılması sağlamaktadır. Ayrıca soğutma işlemini gerçekleştirmek için su soğutmalı bir soğutucu bulundurmaktadır.

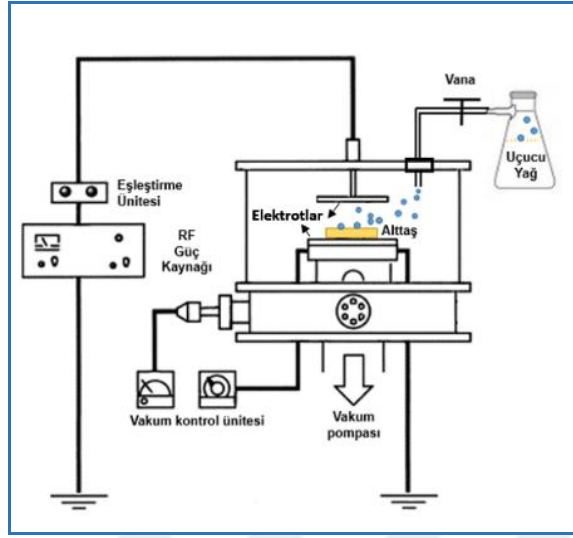
2.11. Polimerizasyonu Etkileyen Parametreler

Buna ilaveten, kaplama yapılırken kontrol edilebilen bazı parametreler de polimerizasyonun hızını ve elde edilecek kaplamanın fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkilemektedir. Bu parametrelerden en önemlileri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Kaminska *et al.* 2002; Yasuda 1985).

- ✓ Reaktör geometrisi
- ✓ RF gücü
- ✓ Monomer akış hızı
- ✓ Basınç
- ✓ Kaplama süresi
- ✓ Elektrotlar arası mesafe

2.11.1. Reaktör geometrisi

Reaktör geometrisi, yüzeye biriken polimerin kimyasal yapısı ve kalınlığını etkileyen önemli parametrelerden birisidir. Plazma polimerizasyonunda, amaca uygun olarak değişik şekillerde tasarlanmış reaktörler kullanılabilir. Bir plazma polimerizasyon reaktörü, temel olarak vakum odası, RF güç kaynağı ve vakum kontrol ünitesinden oluşmaktadır. RF güç kaynağı ile elektrotlara uygulanan gerilim vasıtasıyla vakum odasına gönderilen monomerin plazması oluşturulabilir. Plazması oluşturulan monomer maddenin bir takım etkileşimler sonucunda alttaş üzerinde polimerleşmesi ile polimerik kaplamalar elde edilebilir. Plazma polimerizasyon sisteminin şematik bir gösterimi Şekil 2.18'de verilmektedir.



Şekil 2.18. Farklı geometrik yapıdaki reaktörde gerçekleşen polimerleşme

Reaktörün; tüp şeklinde, dikdörtgen kesitli veya diğer şekillerde olması monomerin reaktör içinden akış dinamiğini etkilemektedir.

2.1.2. Monomer akış hızı

Monomerin plazma bölgesinden geçiş hızı (alınma süresi) ve şekline (türbülent, laminar, vb.) bağlı olarak, birikimin kimyasal yapısı ve homojenliği değişmektedir. Monomer akış hızının hem birikim miktarını hem de dolaylı olarak biriken polimerin kimyasını değiştirdiği rapor edilmiştir (Güleç 2012; Yasuda 2005). Monomerin akış hızının artmasıyla genellikle birikim doğrusal olarak azalmaktadır. Düşük monomer besleme hızlarında, konvektif akım etkisinin azalmasıyla difüzyonun baskın olacağı durumda, reaktöre beslenen hemen hemen tüm monomerin polimerize olarak yüzeyde birikmesi mümkün olmaktadır.

2.11.3. Basınç

Vakum odasının basıncı, plazma ortamının yapısını dolayısıyla polimerizasyon hızı ve yüzeyde biriken polimer yapısını etkileyen önemli parametrelerden birisidir. Elektriksel

boşalım öncesi basınç (P_o) ile elektriksel boşalım sırasındaki basınç (P_g) birbirinden farklıdır. Belirli bir akış miktarında, pompalama miktarı arttıkça P_o düşer. Gaz moleküllerinin iyonizasyonu ve hızı basınca bağlı olduğundan, P_g 'nin değeri polimer birikim hızını ve polimerik kaplamanın kimyasal yapısını etkiler. Genellikle, boşalım gücü arttıkça polimer birikim miktarı artar. Elektriksel boşalım reaktör içinde tamamen gerçekleşikten sonra, uygulanan voltajın serbest radikallerin üretimini artırmadığı, böyle durumlarda monomerin akış miktarının, polimer birikimini belirleyen parametre olarak önem kazandığına dikkat edilmelidir.

2.11.4. Kaplama süresi

Plazma polimerizasyonunda kararlı duruma ulaşıldıktan sonra, kaplama süresinin artmasıyla yalnızca kaplama kalınlığının arttığı, polimerizasyon hızı ve yüzeyde biriken polimerin yığın yapısında önemli bir değişiklik olmadığı söylenebilir.

2.11.5. Elektrotlar arası mesafe

Elektrotlar arası mesafe, plazma polimerizasyonun hızını etkileyen önemli bir faktördür. Elektrotlar arası mesafe azaltıldığında (yüksek elektron yoğunluğu) polimerizasyon hızı artmaktadır. Yukarıda belirtilen parametreler değiştirilerek, aynı monomerden farklı özelliklerde yüzeylerin elde edilebilmesi mümkündür. Organik bileşiklerin plazma ile polimerleşme mekanizmaları ve polimerleşme kinetikleri oldukça karışıktır. Plazma polimerizasyon mekanizması şu ana kadar tam olarak aydınlatılamamış olsa da bu mekanizmanın kinetiği genel olarak aşağıdaki eşitlikle verilmektedir (Biederman and Kylian 2011).

$$\frac{R_m}{F} = G \exp\left(-\frac{E_a}{W/F}\right) \quad (2.1)$$

Burada R_m , kütle birikim hızını; F , monomer akış hızını; W , plazma gücünü; E_a , aktivasyon enerjisini ve G , reaktör geometrisini göstermektedir.

2.12. Plazma

Plazma, maddenin katı, sıvı ve gaz hallerinden oldukça farklı özelliklere sahip olması nedeniyle maddenin dördüncü hali olarak tanımlanır (Li *et al.* 1997). Genel olarak plazma, yüksek sıcaklıkta kuvvetli elektrik veya manyetik alanların etkisi ile oluşur. Güçlü bir elektriksel boşalım da plazma oluşturabilir. Plazma ortamında enerji kazanan serbest elektronlar, ortamdaki diğer atomlara ve moleküllere çarparak enerjilerini transfer ederler. Bunların da birbirleriyle reaksiyona girmeleri sonucu ortamda çok değişik tür ve sayıda yeni moleküller, atomlar, radikaller, iyonlar, vb. oluşur.

Plazma, sıcaklığa bağlı olarak “Yüksek sıcaklık plazması” ve “Düşük sıcaklık plazması” şeklinde sınıflandırılmaktadır (Li *et al.* 1997; Tušek *et al.* 2001). Laboratuvarımızda mevcut bulunan radyo frekans plazma polimerizasyon sistemi kullanılarak, 300 mTorr’luk basınç ve 10 watt’lık RF güç değerlerinde elde edilen argon gazına ait plazma Şekil. 2.19’da gösterilmektedir.

- Yüksek sıcaklık plazmasında ortam sıcaklığı 10^6 K’den fazladır. Güneş sisteminde meydana gelen nükleer patlamalar ve kontrollü füzyon reaksiyonları, yüksek sıcaklık plazmasına örnek olarak verilebilir.
- Düşük sıcaklık plazmasında ortam sıcaklığı 10^6 K’den daha düşüktür. Düşük sıcaklık plazması da sıcaklığa bağlı olarak “Sıcak plazma” ve “Soğuk plazma” şeklinde iki gruba ayrılmaktadır:
 - ✓ Sıcak plazmada ortam sıcaklığı 1000 K’den daha fazladır. Elektrik arkı ve diğer yüksek-güç boşalımları sıcak plazmaya örnek olarak verilebilir.
 - ✓ Soğuk plazmada ortam sıcaklığı 1000 K’den daha düşüktür. Düşük basınçta gerçekleşen yük boşalım plazmaları, soğuk plazmaya örnek olarak verilebilir.



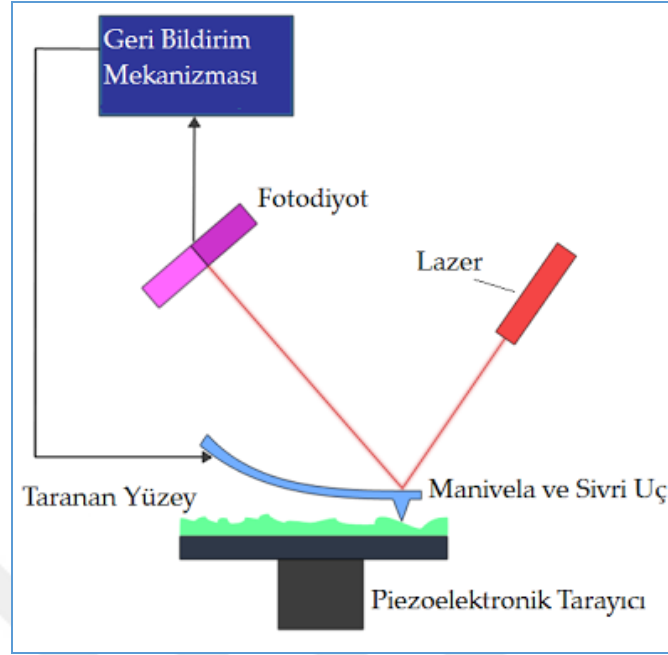
Şekil 2.19. Argon gazına ait plazma

2.13. İnce Filmlerin Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi

Malzemelerin yapısal özelliklerini inceleyebilmek için SEM, X-Işını Difraksiyonu (XRD) ve Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) analizlerinden yararlanır.

2.13.1. Atomik kuvvet mikroskobu (AFM)

Atomik kuvvet mikroskobu, sıvı yada katı örneklerin yüzey topografisini nanometre (nm) seviyesinde görüntüleyebilen ve moleküler arası (nN,pN) ölçebilen bir sistemdir. Örnek ile iğne (tip) arasındaki kuvvet etkileşimi sonucu kaldıraç mekanizması nm ölçeğinde hareket eder. Bu hareketten faydalanılarak bilgisayar ortamına aktarılan veriler, yazılım aracılığı ile derlenerek ya örneğin görüntüsü elde edilir ya da iğne ile örnek arası etkileşimler ölçülür.



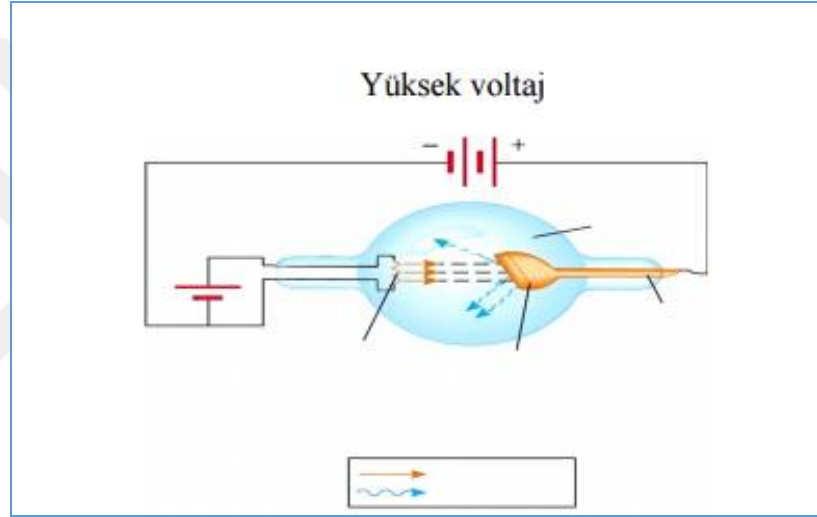
Şekil 2.20. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) çalışma prensibi

2.13.2. X Işını kırınımı

Wilhelm Conrad Röntgen, Crookes tüpü adı verilen içi boş bir cam tüpün içine yerleştirilen iki elektrottan (anot ve katot) oluşan bir deney düzeneği ile çalışıyordu. Katottan kopan elektronlar anoda ulaşmadan cama çarparak, floresan adı verilen ışık parlamaları meydana getirmekteydi. 8 Kasım 1895 günü deneyi biraz değiştirip tüpü siyah bir karton ile kapladı ve ışık geçirgenliğini anlayabilmek için odayı karartıp deneyi tekrarladı. Deney tüpünden 2 metre uzaklıkta baryum-platinocyanite sarılı olan kağıtta bir parlama fark etti. Katodik ışınların havada ancak birkaç santimetre ilerleyebildiğini bildiğinden, odanın karşı köşesinde gördüğü parlaklık onu şaşırtmıştı. Deneyle defalarca tekrarladıktan sonra, bilmediği yeni bir ışın ile karşı karşıya olduğuna inanmaya başladı. Bunu mat yüzeylerden geçebilen yeni bir ışın olarak tanımladı ve bu ışınların doğasını bilmediği için onlara “X-ışınları” adını verdi (Özyetiş 2005).

2.13.2.a. X-Işınlarnn oluşumu

Röntgen tüpünde ısıtılan katottan salınan elektronlar, katot ile anot arasındaki yüksek elektrik alanında ivmelendirilirler. Anoda ulaşan elektronlar, anot materyalinde frenlenirler ve bu sırada enerjilerini Röntgen ışması (x-ışması) şeklinde salarlar. Elektronlar anoda çarpınca enerjilerinin %98-99 kadarını ısı enerjisine, %1-2 kadarını X-ışınlarına dönüür.

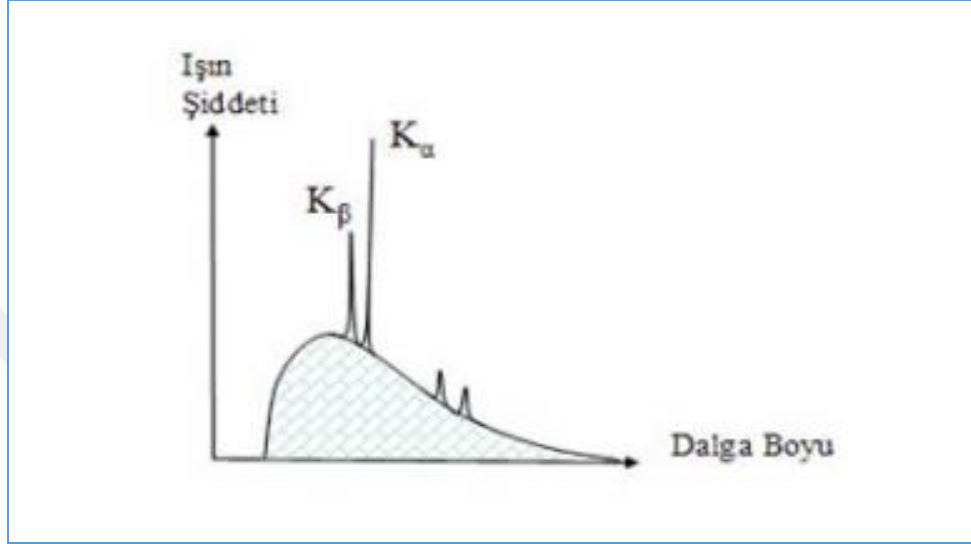


Şekil 2.21. Sürekli X-ışınları

Elektronlar enerjilerini anot ile katot arasında uygulanan yüksek voltajdan alırlar. Oluşan X-ışınlarının dalga boyu ve şiddeti, anot ile katot arasında uygulanan voltajın büyüklüğüne bağlıdır. X-ışınları sürekli ve kesikli olacak şekilde ortaya çıkar. Anoda çarpan elektronlar enerjilerini çok sayıda çarpışma sonunda bitirirlerse çok farklı dalga boylarında X-ışınlarının oluştuğu görülür. Bu ışınlara sürekli X-ışınları denir, birçok dalga boyunu içinde barındırdığı için Beyaz X-ışınları olarak da adlandırılır.

Karakteristik (kesikli) X-ışınları ise metal atomlarının iç tabakalarından sökülen elektronların yerini, üst tabakalardaki elektronların doldurması sonucu yayınlanan fotonlardır. Şekil 2.22'de $K\alpha$ ve $K\beta$ çizgileri molibden atomunun karakteristik X ışını çizgileri, geri kalanı ise sürekli X-ışını spektrumunu göstermektedir. Karakteristik X-

ışınları α , β , γ ve δ gibi bir seri olarak adlandırılırlar. Karakteristik X-ışınının oluşabilmesi için en içteki kabukta elektron boşluklarının olması ve bu boşluklara elektron geçişlerinin olması gerekmektedir (Kolsuz 2004).



Şekil 2.22. Karakteristik X ışınları ve Sürekli X ışınları çizgileri

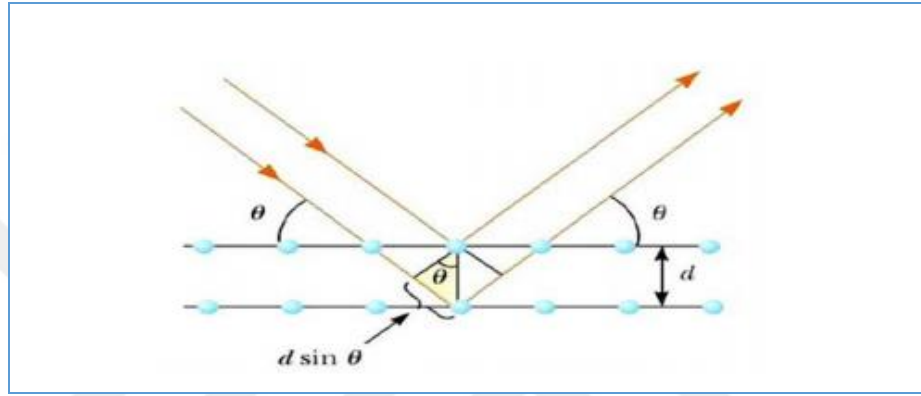
2.13.2.b. Bragg yansıması

Kristal yapıya sahip bir numune üzerine gönderilen elektromanyetik dalganın bu numune ile etkileşip kırınıma uğraması için dalga boyunun atomlar arası uzaklık mertebesinde olması gerekir. Belli bir kristal yapıya sahip olan numunelerde, kırınıma uğrayan dalgalar ancak belli doğrultularda yapıcı girişim yaparlar ve bu doğrultularda maksimumlar gözlenir. Bu doğrultuların dışında kırınıma uğrayan dalgalar birbirleriyle yıkıcı girişim yaparlar ve gözlemlenemezler. Kırınıma uğrayan dalgaların hangi doğrultularda yapıcı girişim yapacakları Bragg Yasası ile belirlenir. Bragg yasası, farklı iki paralel düzlemden kırınıma uğrayan dalgaların, yapıcı girişim yapabilmeleri için, aralarındaki optik yol farkının dalga boyunun tam katları olması gerektiğini söyler.

$$2d\sin\theta = n\lambda$$

(2.2)

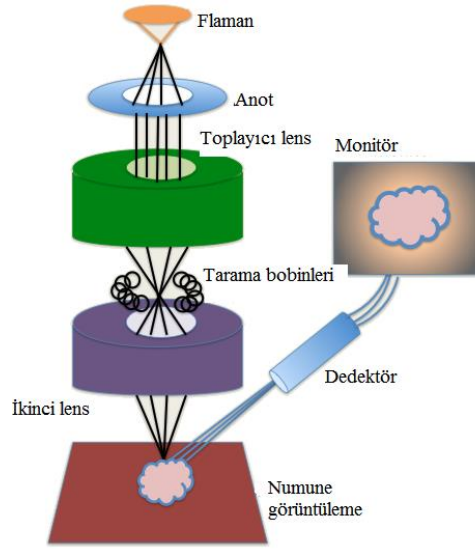
Bu denklemde, d ; düzlemler arası mesafe n : kırınım mertebesi ($n: 1,2,3, \dots$) λ ; X ışınının dalga boyudur. Bragg yasasının gerçekleşmesi için dalga boyunun $2d$ 'den küçük olması gerekir. Görünen ışık kullanılamamasının nedeni budur. X-ışınları kırınımı yöntemiyle kristal ve molekül yapı analizi, çok sayıda Bragg yansımasının şiddetinin ölçümünü gerektirir. Şekil 2.23 X-ışınlarının bir düzlemden yansımasını göstermektedir.



Şekil 2.23. X-ışınlarının bir düzlemden yansıması

2.13.3. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ölçümleri

Polimerik kaplamaların elde edilmesinden sonra, yüzeyin mikro yapısını incelemek amacıyla yüzey görüntüleri alınır. Hazırlanan ince film yüzeyindeki tanecik büyüklükleri ve filmlerde çatlak meydana gelip gelmediği, Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) yardımıyla tespit edilmektedir. Bu çalışmada ayrıca yüzeydeki tanecik büyüklükleri ve kusurların antibakteriyel aktiviteyi nasıl etkilediği araştırmanın bir amacını oluşturmaktadır.



Şekil 2.24. SEM cihazının önemli bileşenleri

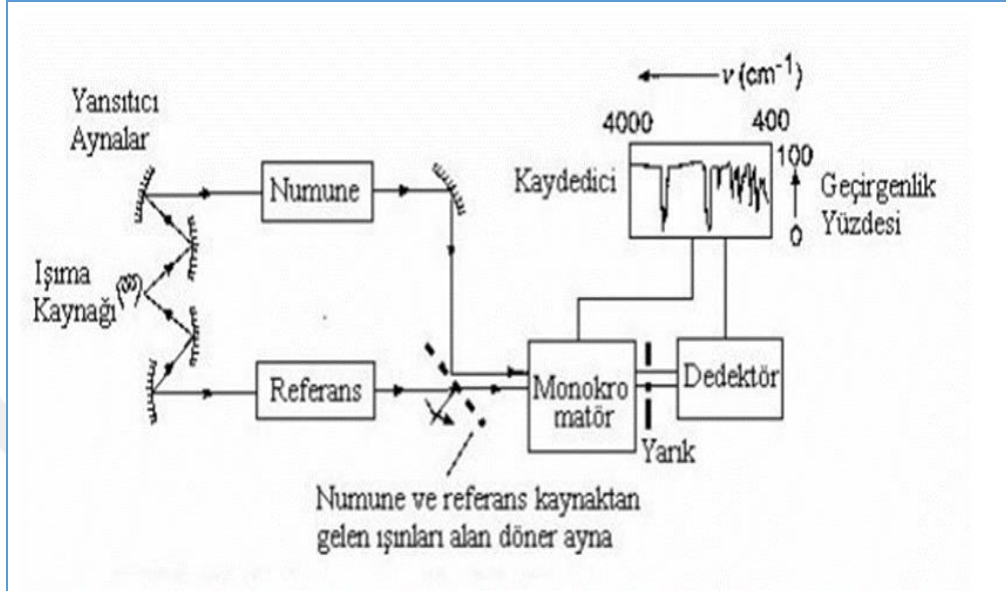
2.14. Filmlerin Kimyasal Yapılarının Doğrulanması

Infrared (IR) spektroskopisi en çok organik bileşiklerin tanımlanmasında kullanılmaktadır. Organik maddelerin spektrumlarında, çok sayıda maksimum ve minimumların olduğu absorpsiyon bantları bulunur ve bunlar maddelerin birbirleriyle kıyaslanmasına olanak verir. Bu analiz yardımıyla monomer malzemenin kimyasal yapısı ile monomerden elde edilen polimer malzemelerin kimyasal yapılarının karşılaştırılmasına imkan vermektedir.

IR, maddenin kızılötesi ışınlarını soğurması temeli üzerine kurulmuş bir spektroskopi dalıdır. IR bölgesi pratikte 2500-25000 nm arası tanımlanır. Fakat IR’de dalga boyu yerine dalga sayısı ile verildiği için IR bölgesi $400-4000\text{ cm}^{-1}$ aralığı pratik çalışma aralığı olarak tanımlanır. Her maddenin kendine özgü spektrumu vardır. IR spektrometresi dört spektral bölgeye ayrılır.

- $3700-2700\text{ cm}^{-1}$ (X-H: Hidrojen titreşimleri)
- $2700-1850\text{ cm}^{-1}$ (Üçlü bağlar)
- $1850-1550\text{ cm}^{-1}$ (Çift bağlar)

- 1550-600 cm^{-1} (X-H hariç, tek bağlar)



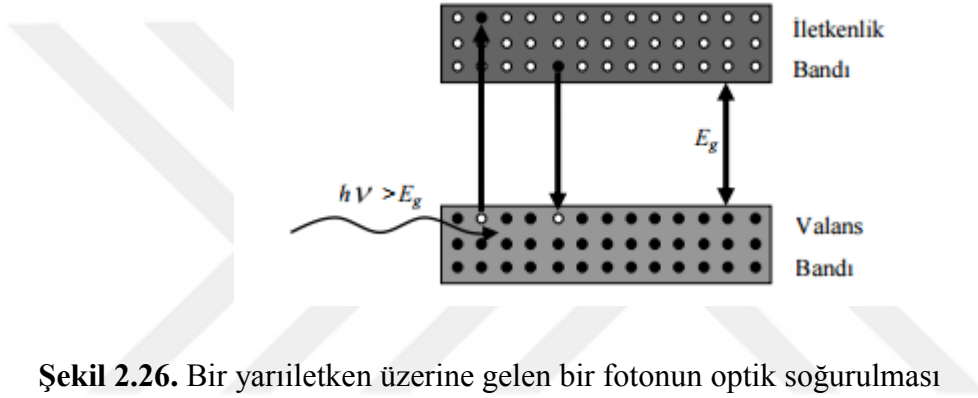
Şekil 2.25. Infra-Red (IR) cihazının şematik gösterimi

2.15. Filmlerin Optik Özelliklerinin Tayini

2.15.1. Yasak enerji aralığının (E_g) hesaplanması

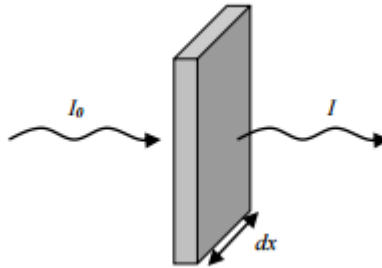
Bir yarıiletken üzerine bir ışık düşürüldüğü zaman gelen fotonlar ya yarıiletken tarafından soğurulur ya da fotonun enerjisine ve yarıiletken malzemenin yasak enerji aralığına (E_g) bağlı olarak yarıiletken tarafından geçirilir. Eğer fotonların enerjisi yarıiletkenin bant aralığından daha büyük ise foton soğurulur, eğer fotonların enerjisi yarıiletkenin bant aralığından daha küçük ise fotonlar soğurulmadan geçerler. Yarıiletken malzemede kusurlar ve kirlilikler varsa, bunlar yarıiletkenin yasak enerji aralığı içerisinde tuzak seviyeleri oluşturur. Gelen fotonun enerjisi, yasak enerji aralığından küçük ama tuzak seviyelerinin enerjisine eşit veya büyükse yarıiletkenin spektral spektrumunda soğurma verebilir. Bu yöntemle bir yarıiletkenin bant aralığı doğru bir şekilde bulunabilir.

Eğer valans bandında çok sayıda elektron ve iletkenlik bandında da çok sayıda boş seviye mevcut ise, elektronların foton soğurma oranı yüksektir. Şekil 2.26'da valans bandındaki bir elektronun, yasak enerji aralığından daha büyük bir enerjiye sahip bir fotonla uyarılmasını göstermektedir. Burada uyarılan elektron, iletkenlik bandında termal dengeye gelinceye kadar örgü saçılmalarından dolayı enerji kaybeder, iletkenlik bandının tabanına gelir ve burada yasak enerji aralığı enerjisi kadarlık enerji yayımlayarak valans bandına geçer (Güney 2006).



Şekil 2.26. Bir yarıiletken üzerine gelen bir fotonun optik soğurulması

Tabaka kalınlığı d olan bir saydam ortam üzerine dik doğrultuda I_0 şiddetli bir ışık düşürülürse, ortam tarafından ışığın bir kısmı soğurulacak, çıkan ışığın şiddeti azalacak ve I olacaktır.



Şekil 2.27. Işığın soğurulması

Bir yarıiletken üzerine gelen fotonun dalgaboyu ile yarıiletkenin yasak enerji aralığı arasındaki ilişki bulunabilir. Işığın dalgaboyu ile yarıiletkenin yasak enerji aralığı arasındaki ilişki denklem (2.3)'deki gibi verilir.

$$E = hc/\lambda = hv \quad (2.3)$$

Burada, h plank sabiti ($6,62 \times 10^{-34}$ Js), v gelen fotonun frekansı, E_g yasak enerji aralığı, c ışık hızı (3×10^8 m/s) ve λ ışığın dalgaboyudur (Güney 2006).

Bir yarıiletkenin yasak enerji aralığı, soğurma katsayısının karesi ile gelen ışığın enerjisine bağlı olarak çizilen grafiğin enerji eksenini fit yapılması ile bulunur.

2.16. Antibakteriyel Aktivite Analizleri

2.16.1. Antibakteriyel aktivite testi

Kaplamaların antibakteriyel aktivitelerinin belirlenmesi amacıyla öncelikle *S.Aureus* ve *E. Coli* bakterileri uygun ortamlarda üretilir ve üretilen bakterilerin doğru tanımlanması amacıyla biyokimyasal test analizleri yapılır. Ardından *S.Aureus* ve *E. Coli* olarak doğrulaması yapılan bakterilere karşı kaplamaların gösterdiği antibakteriyel aktiviteler incelenir. Antibakteriyel etkilerin karşılaştırılmasında, işlem görmüş altlık malzeme ile işlem görmemiş altlık malzemelerin yüzeylerindeki bakteri tutunması fotoğraf filmi görüntülenerek belirlenir.

2.16.2. Bakterilerin üretilmesi

Tüm bakteriler ilk olarak %5 oranında koyun kanı eklenmesiyle zenginleştirilen kanlı besi yerinde 24 saat süre ile 37°C 'ye ayarlanmış etüvde inkübe edilerek üretilir. Üreyen bakteri kolonilerinin rengini, büyüklüğünü, hemoliz oluşturup oluşturmadıklarını,

kolonilerin kenarlarının düzgün veya girintili olup olmadığını tespit etmek için makroskopik görünümleri incelenir.

2.16.3. Bakterilerin biyokimyasal testlerle doğrulanması

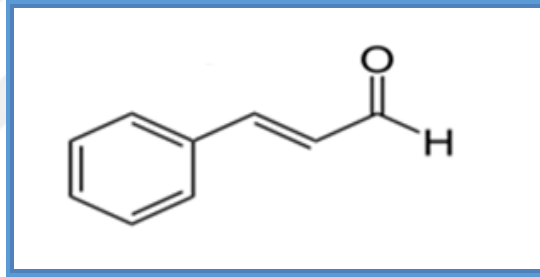
Gram boyama özellikleri belirlenen bakterilerin tanımlanması amacıyla biyokimyasal testler yapılır. Gram pozitif olarak belirlenen ve mikroskopik morfolojisi yuvarlak-kok şeklinde olan *S. aureus* bakterisi için ilk olarak katalaz ve koagülaz testleri yapılır.

E. Coli'nin tanımlanması için ise gram negatif boyanma özelliği gösteren ve mikroskopik morfolojisi çomak şeklinde olan bakterilerden yine katalaz testi ve ayrıca oksidaz testi yapılır.

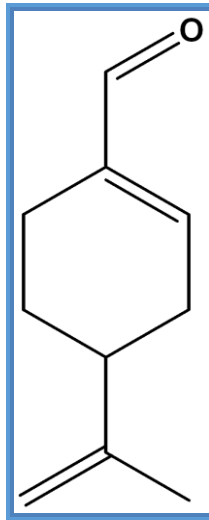
3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada, organik bileşik olan *Cinnamaldehyde* ve *Perillaldehyde* uçucu yağ bileşenleri monomer malzeme olarak kullanılmıştır. Monomer malzemelerimiz %98 saflıkta olup Sigma Aldrich firmasından satın alımı yoluyla temin edilmiştir. Altaş malzemesi olarak, KBr (Potasyum bromür) toz numunesinden elde edilen KBr pelletler ve Iso-lab marka 10x10x1 mm³ boyutlarındaki kuartz camlar kullanılmıştır. Temizlik malzemesi ve çözücü olarak ise etanol, aseton, saf su ve propanol kullanılmıştır.



Şekil 3.1. *Cinnamaldehyde*'in kimyasal yapısı



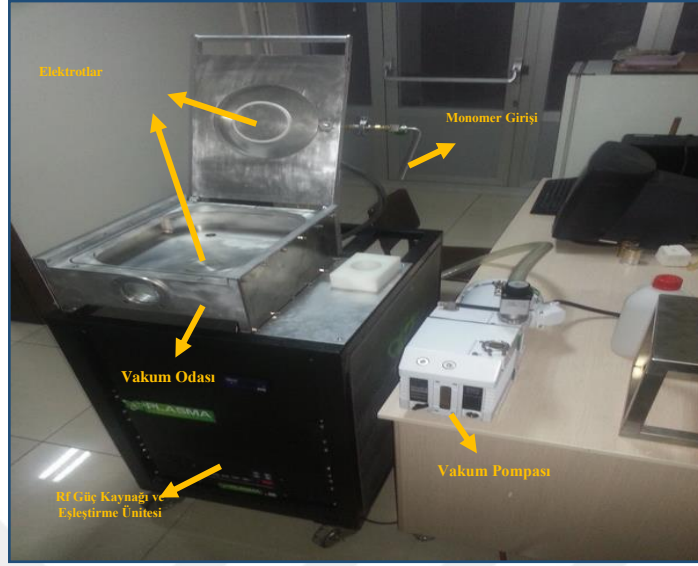
Şekil 3.2. *Perillaldehyde*'in kimyasal yapısı

3.2. Altaşların Hazırlanması ve Temizlenmesi

KBr cam ve kuartz camlar altlık malzemesi olarak kullanılmıştır. FTIR analizi için kızılötesi radyasyonunu, tamamen soğurmeyen altaşların kullanılması gereklidir. KBr cam altaşlar bu özelliğe sahip olduğu için ikinci bir altaş malzemesi olarak seçilmiştir. Kuartz cam altaşlar üzerinde elde edilen ince film kaplamalar, Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM), Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), X-Işını Kırınımı (XRD) ve UV-Visible Spektroskopisi analizlerinde kullanılmıştır. Altaşlar, öncelikle plazma polimerizasyon sistemindeki altaş tutucu bölmesine uygun boyutlarda (1.5 cm x 1.5 cm) kesilmiş ve altaş bölmesine yerleştirilmiştir. Altaş üzerinde elde edilecek kaplamaların, kimyasal olarak kararlı ve fiziksel olarak da homojen ve pürüzsüz bir yapıya sahip olabilmesi açısından kaplama işlemine geçilmeden önce kullanılacak olan altaşların yüzey temizlik işlemleri yapılmıştır. Bu amaçla, altaşlar uygun çözücülerde yıkandıktan sonra ultrasonik su banyosunda temizlenmiştir. Etüv içerisinde kurutulduktan sonra, kullanılmak üzere steril petri kaplarında muhafaza edilmiştir. KBr cam numunelere ise ıslak temizleme işlemi uygulanmamıştır (Sureshkumar *et al.* 2010). Ayrıca tüm altaşlar, kaplama öncesi vakum odasına gönderilen argon gazı kullanılarak oluşturulan plazma ile yüzey temizlik işlemine maruz bırakılmıştır. Bu işlem ile hedeflenen amaç, altaş yüzeyinin yabancı kimyasal maddelerden arındırılmasının sağlanmasıdır.

3.3. Radyo Frekanslı Plazma Polimerizasyon Sistemi (RF-PECVD)

Çalışmada, uçucu yağ bileşenlerinden polimerik ince filmlerin elde edilmesinde, radyo frekanslı plazma polimerizasyon (RF-PECVD) sistemi (Şekil. 3.3) kullanılmıştır. Bu yöntemle büyütme, Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Fizik Eğitimi Plazma Polimerizasyon Araştırma Laboratuvarında RF-PECVD sisteminde gerçekleştirilmiştir. Sistem temel olarak, vakum odası, vakum pompası, RF güç kaynağı ve eşleştirme ünitesinden oluşmaktadır.



Şekil 3.3. Rf-Pecvd sistemi

3.3.1. Vakum odası

Arzu edilen özellikte kaplamaların elde edilebilmesi için kaplama işleminin temiz ortamlarda yapılması gerekmektedir. Bu nedenle, alttaşlar vakum odasına yerleştirildikten sonra vakum pompası çalıştırılarak, vakum odası, içerideki yabancı atomlardan ve moleküllerden arındırılmıştır.

3.3.2. RF güç kaynağı

Radyo frekansı güç kaynağı yardımıyla, elektrotlar arasına voltaj uygulanarak monomer malzememizin plazması elde edilmiştir.



Şekil 3.4. Rf güç kaynağı

3.3.3. Eşleştirme ünitesi

Güç kaynağı ile elektrotlara uygulanan gücün geri yansıması (reflection) istenmeyen bir durumdur. Geri yansımanın minimuma indirgenmesi, eşleştirme (matching) ünitesi aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.5. Eşleştirme ünitesi

3.3.4. Vakum pompası

RF-PECVD sistemi ile elde edilen kaplamaların morfolojik özellikleri için önemli parametrelerden biri kaplamanın elde edildiği ortamın basınç değeridir. Bu amaçla istenilen basınç değerlerinin elde edilebilmesi için vakum pompasından yararlanılmıştır.

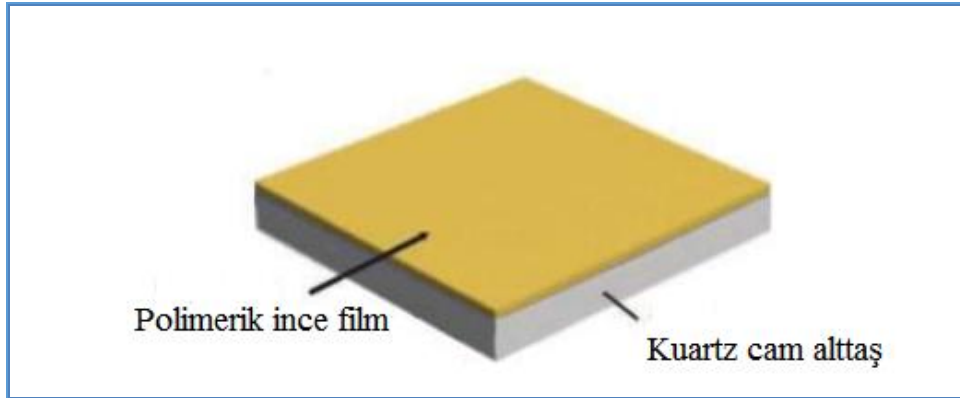
3.4. Polimerik Kaplamaların Elde Edilmesi

RF-PECVD tekniği kullanılarak, bu çalışma kapsamında *Cinnamaldehyde* ve *Perillaldehyde* uçucu yağ bileşenlerinden, KBr cam ve cam kuartz alttaşlar üzerinde polimerik ince filmler elde edilmiştir. Kaplamaların elde edilme aşamaları şu şekilde özetlenmektedir. RF-PECVD sistemi çalıştırılmadan önce temizlenen alttaşlar, vakum odasındaki alttaş tutucu bölmesine yerleştirilmiştir. Alttaşlar yerleştirildikten sonra, vakum pompası çalıştırılıp, vakum pompası yardımıyla vakum odası içerisindeki yabancı atomların vakum odası içerisinden arındırılması sağlanmıştır. Böylelikle, vakum odası içerisindeki muhtemel yabancı atomların kaplama yapılacak alttaşların yüzeyinde kirliliğe sebep olmaları nlenmeye çalışılmıştır. Vakum işlemi, vakum odasının basıncı, literatürdeki çalışmalarda yüksek kalitede filmlerin elde edilmesi için önerilen basınc değer (Sureshkumar *et al.* 2010), 1 mTorr'a düşünceye kadar devam ettirilmiştir. Vakum odasının basıncını yaklaşık 1 mTorr'a dştkten sonra ortama hassas bir vana yardımıyla argon gazı gönderilmiştir. Yaklaşık olarak 1 dakika süren bu işlem sonucunda alttaş yüzeylerinin, mevcut olan oksijen ve diğer yabancı atomlardan arındırılması hedeflenmiştir. Hassas vana kapatılarak vakum odasına argon gazının girişi nlenmiş ve basınc tekrardan yaklaşık olarak 1 mTorr'a dşrlmştir. Yine hassas bir vana yardımıyla bu çalışmada monomer akış hızı kontrol edilerek, vakum odasına monomer olarak kullanılan, *Cinnamaldehyde* ve/veya *Perillaldehyde* uçucu yağ bileşeni (ayrı ayrı) gönderilmiştir. Güç kaynağı çalıştırıldıktan sonra, RF enerjisi (13.56 MHz), iki elektrot vasıtasıyla vakum odasına uygulanarak uçucu yağ bileşenlerinin plazması oluşturulmuştur. Oluşturulan plazmanın alttaşla etkileşmesi sonucunda, monomer madde alttaş üzerinde polimerleşerek alttaş üzerinde polimerik ince kaplamalar elde edilmiştir.

RF-PECVD tekniğinde, kontrol edilebilen parametreler, basınc, elektrotlar arası mesafe, RF gücü ve kaplama süresi gibi parametreler, elde edilecek ince filmin, homojenlik, pürüzlülük, kalınlık ve kararlılık gibi özelliklerini önemli lde değiştirmektedir (Hiratsuka and Karube 2000). Bu nedenle literatürdeki araştırmalar (Bazaka and Jacob 2009; Bazaka and Jacob 2010; Easton and Jacob 2009; Sureshkumar *et al.* 2010)

dikkate alınarak, basınç değeri 200-300 mTorr (50 mtorr'luk aralıklarda), RF güç değeri 10-30 watt (5'er watt'lık aralıklarda), kaplama süresi 5-30 dakika (5'er dakikalık aralıklarda) ve elektrotlar arası mesafe 5-10 cm (5'er cm'lik aralıklarda) aralığında değiştirilerek uygun kaplama parametreleri belirlenmiştir. Burada kaplama parametrelerinin belirlenmesindeki önemli durum elde edilen kaplamaların antibakteriyel aktiviteye sahip olup olmadığı durumudur. Antibakteriyel aktiviteye sahip kaplamaların kaplama parametreleri dikkate alınarak optimum kaplama parametreleri belirlenmiştir.

Cam alttaşlar üzerinde elde edilen ince filmlerin SEM, AFM, UV-Vis ve XRD analizleri ve KBr cam alttaş üzerinde elde edilen ince filmlerin de FTIR ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Son olarak, tüm alttaşlar üzerinde elde edilen ince filmler için antibakteriyel testler yapılmıştır. Yapılan bütün bu analizler sonucunda yüksek antibakteriyel aktiviteye sahip ve yüksek kalitede film (homojen, ince, pürüzsüz ve kusursuz vb.) elde etme açısından uygun kaplama parametreleri belirlenmiştir. Şekil 3.6'da kuartz cam alttaş üzerinde RF-PECVD tekniği kullanılarak elde edilen polimerik ince filmin şematik gösterimi yer almaktadır.



Şekil 3.6. Kuartz cam alttaş üzerinde elde edilen polimerik ince filmin şematik gösterimi

3.5. Antibakteriyel Aktivite İşlemleri

3.5.1. Antibakteriyel aktivite testi

Kaplamaların antibakteriyel aktivitelerinin belirlenmesi amacıyla öncelikle *E. Coli* bakterisi uygun ortamlarda üretilmiş ve üretilen bakterilerin doğru tanımlanması amacıyla biyokimyasal test analizleri yapılmıştır. Ardından *E. Coli* olarak doğrulaması yapılan bakterilere karşı kaplamaların gösterdiği antibakteriyel aktiviteler incelenmiştir.

3.5.2. Bakterilerin üretilmesi

Tüm bakteriler ilk olarak %5 oranında koyun kanı eklenmesiyle zenginleştirilen kanlı besi yerinde 24 saat süre ile 37°C'ye ayarlanmış etüvde inkübe edilerek üretilmiştir. Üreyen bakteri kolonilerinin rengini, büyüklüğünü, hemoliz oluşturup oluşturmadıklarını, kolonilerin kenarlarının düzgün veya girintili olup olmadığını tespit etmek için makroskobik görünümü incelenmiştir. Bu özelliklerine bakılarak tek tip aynı koloni görünümüne sahip olan bakterilerin tanımlanması amacıyla, bakterilere gram boyama ve biyokimyasal testler yapılmıştır. Gram boyama sonunda bakteriler hücre duvarı yapılarına göre gram pozitif (Gram boyayı alan) ve gram negatif (Gram boyayı almayan) olarak sınıflandırılmıştır. Gram boyama tekniğinde lam üzerine bir damla steril fizyolojik tuzlu su damlatılmış ve incelenecek bakteri kolonisi bu suda sulandırılmıştır. Sulandırılan bakterilerin bulunduğu lam, su tamamen kuruyuncaya kadar bekletilmiştir. Ardından alevden 3 defa geçirilerek fiziksel olarak bakterinin lam üzerine sabitlenmesi sağlanmıştır. Lamın üzerine Jansiyana moru boyası döküldükten 2 dakika sonra su ile yıkama yapılmıştır. Sonrasında lügol solüsyonu lam üzerine döküldükten 2 dakika sonra alkol ile boya fazlalıkları uzaklaştırılmıştır. Lam tekrar su ile yıkandıktan sonra sulu fuksin boyası lam üzerine dökülmüş ve 45 saniye sonrasında son defa su ile yıkama yapılmıştır. Lam bu işlemlerden sonra kurutma kağıdı ile kurularak ışık mikroskobunda X100 büyütme objektif ile incelenmiştir. Gram negatif bakteriler pembe renge boyanmış ve bu boyama sonunda gram negatif bakteri olan *E. Coli* 'nin mikroskobik olarak ayrımı yapılmıştır.

3.5.3. Bakterilerin biyokimyasal testlerle doğrulanması

Gram boyama özellikleri belirlenen bakterilerin tanımlanması amacıyla biyokimyasal testler yapılmıştır. *E. Coli*'nin doğru tanımlanması için gram negatif boyanma özelliği gösteren ve mikroskopik morfolojisi çomak şeklinde olan bakterilerden yine katalaz testi ve ayrıca oksidaz testi yapılmıştır. *E. Coli*, katalaz testi pozitif olan bir bakteridir. Oksidaz testi ise hazır test kitlerinde bakterinin sitokrom oksidaz enzimi üretilip üretilmediğini belirlemek amacıyla yapılır. Bu testte gram negatif çomak olarak belirlenen bakteriden öze ile alınarak oksidaz test kitine değerlendirilmiştir. Oksidazın pozitif olduğu durumda test kitinin rengi mavi-mor renge dönüşmüştür. Negatif olduğu durumda ise renk değişimi gerçekleşmeyecektir. *E. Coli* bu enzime sahip olmadığından dolayı renk değişimi meydana gelmemiştir. *E. Coli* bakterisinin tanımlanması için sık kullanılan bir diğer metot da ise, MacConkey agara ekim yapılmasıdır. MacConkey besiyerinde pembe renkli kolonilerin oluşması bakterinin *E. Coli* olduğunu göstermektedir. Bakterinin daha iyi tanımlanması amacıyla TSI besiyerine ve indol besiyerine bakteri inokulasyonları yapılmıştır. TSI besiyerinin normalde kırmızı olan renginin sarıya dönmesi, indol besiyerinde ise indikatör madde ilavesinden sonra kırmızı renkli halkanın oluşması bakterilerin *E. Coli* olduğunu göstermektedir (Quinn & Britain, 2001). Gram boyama ve bu biyokimyasal testler ile tanımlanan *E. Coli* bakterileri, içerisinde %10 gliserin bulunan nutrient sıvı besi yerine süspansiyon edilerek ve -20°C'de kullanılmaya kadar muhafaza edilmiştir.

3.5.4. Kaplamaların antibakteriyel aktivitelerinin tespiti

-20°C'de muhafaza edilen *E. Coli* bakterilerinin, nutrient agara ekimleri yapılarak böylece bakteriler yeniden üretilmiştir. Antibakteriyel aktivitenin belirlenmesinde kullanılacak olan Mueller Hinton broth sıvı besiyeri üretici firmanın belirlediği protokole göre hazırlanarak otoklavda steril edilmiştir. Ardından 9'ar ml hacminde steril Mueller Hinton broth sıvı besiyerinden alınarak kapaklı steril tüplere paylaştırılmıştır.

İnkübasyon sonunda her bir tüpteki altaşlar steril pens vasıtasıyla alınarak ve steril PBS

(Tamponlanmış peptonlu su) ile yıkanarak yeni inokulasyon yapılmamış Mueller hinton broth sıvı besiyerlerine konulmuştur. Bu işlem sonunda içerisinde alttaş bulunan tüpler tekrardan 24 saat süre ile 37°C'lik etüve kaldırılmıştır. Alttaşların alındığı bir önceki Mueller Hinton broth sıvı besiyerinden 100 mikrolitre alınarak Mueller Hinton agara inokule edilmiştir. Ardından steril cam bagetle yayma ekim yapılmıştır. Bu şekilde ekim yapılan tüm katı besiyerleri 24 saat 37 °C'de inkübe edilmiştir. İnkübasyon işlemi sonunda üreyen kolonilerin görüntülenme işlemi yapılmıştır. Kaplanmış ve kaplanmamış alttaşları bulunduran tüplerdeki sıvı besiyerinde bakteri tutunmalarının fotoğraf filmi görüntüleri alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Her bir kaplama için bu işlemler 3 kez tekrarlanmıştır. Her 24 saat sonunda aynı işlemler tekrarlanarak ve kaplanmış her alttaş için 24 gün boyunca bu işlemlere devam edilmiştir (Price *et al.* 1996). Çalışma sonunda kaplanmış ve kaplanmamış alttaşlardan birer adedi steril PBS ile yıkanarak kurutulmuştur. Kurutulan alttaşlara basit boyama (Kurutulan alttaşların metilen mavisi ile 2-3 dakika boyanarak, ardından yıkanması) yapılarak ve ışık mikroskopunda X100 objektifi kullanılarak mikroskobik yapıları karşılaştırılmıştır (Tanoira *et al.* 2010).

3.6. Antibakteriyel Aktivite Tespiti İçin Yapılan Ön Çalışmalar

Uçucu yağ bileşenlerinin sıvı formlarının, bakterilere karşı gösterdikleri antibakteriyel aktiviteleri göz önünde bulundurularak (Inouye *et al.*, 2001), monomer seçimi yapılmıştır. *Escherichia Coli* (*E. Coli*) ve *Staphylococcus-Aureus* (*S. Aureus*), biyomedikal malzemelerden kaynaklanan enfeksiyonlara neden olan en önemli bakteriler olduğu literatürdeki çalışmalarda rapor edilmektedir (J. Kluytmans *et al.*, 1995). Söz konusu bakterilere karşı yüksek antibakteriyel aktiviteye sahip olmalarından dolayı *Cinnamaldehyde* ve *Perillaldehyde* uçucu yağ bileşenleri bu çalışmada monomer malzeme olarak seçilmiştir. *Cinnamaldehyde* ve *Perillaldehyde* uçucu yağ bileşenlerinin sıvı formlarının, *E. Coli* ve *S. Aureus* bakterilerine karşı gösterdiği antibakteriyel aktiviteyi tespit etmek için bir ön çalışma gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, bu ön çalışma sonuçlarına göre optimum (antibakteriyel aktiviteye sahip kaplamaların elde edilmesi için en uygun değerler) kaplama parametreleri elde edilmiştir.

Ön çalışmada; *E.Coli* ve *S. Aureus* bakterisi üzerine, *Cinnamaldehyde* ve *Perillaldehyde*'in antibakteriyel etkinliğinin belirlenmesi için disk difüzyon metodu kullanıldı. Bu metotta antibakteriyel özelliği incelenecek olan madde, sıvı formda hazırlandı. Çapı 6 mm olan steril kurutma kağıtlarına sıvı formdaki maddeden belirli hacimde damlatılarak sıvının kağıt tarafından emilmesi beklenmiştir. Ardından bakteriler, içindeki bakteri sayısı yaklaşık olarak bilinen standartlara göre (Mac Farland Standartı 1 nolu tüp: 300 milyon cfu/ml) sulandırılmıştır. Sulandırılan bakterilerden 100 mikrolitre hacimde alınarak, katı bir besiyeri olan Mueller Hinton katı besiyerine inokule edilmiştir. Katı besiyeri üzerindeki 100 mikrolitrelik bakteri sulandırması, steril bir cam baget yardımıyla katı besiyeri üzerine yayılır. Ardından, antibakteriyel solüsyonların emdirildiği steril kurutma kağıdı besiyerine yerleştirilmiştir. Besiyeri 24 saat 37°C'lik etüvde inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda, kâğıt disk etrafında üreme olmayan alan ölçülmüştür. Disk etrafında üreme olmayan alan, antibakteriyel zon çapı olarak kabul edilir. Bakteriyel üremenin engellendiğini gösteren bu zon çapı, antibakteriyel aktivitenin bir ölçüsü olarak kabul edilmektedir. Antibiyotik inokule edilmiş diskten etrafa antibiyotik madde salınır ve bu disk etrafında bakteri ölümü ya da üreme inhibisyonu gerçekleşir. Bu durum, bölgede üremenin olmaması ile belirlenir. Yani üremenin olmadığı zon çapı arttıkça antibakteriyel aktivite artmaktadır (Kirby-Bauer disk difüzyon metodu). Yapılan ön çalışmada, bakteriler ilk olarak nutrient agarda (Merck) 24 saat 37°C'de inkübe edilerek üretilmiştir. Üreyen koloniler, Mac Farland 0.5 numaralı tüpe göre %0,9'luk steril fizyolojik tuzlu su içerisinde sulandırılmıştır.

Cinnamaldehyde ve *Perillaldehyde* solüsyonlarından 10'ar µl hacimde steril kurutma kağıtlarına inokule edildi. Sulandırmaları hazırlanan bakterilerin, Mueller Hinton katı besiyerlerine (Merck) 0,1 ml yayma tarzında ekimi yapıldı. *Cinnamaldehyde* ve *Perillaldehyde* solüsyonları, emdirilmiş kâğıtlar disk difüzyon metoduna uygun bir şekilde, katı besiyeri üzerine yerleştirildi.

Pozitif kontrol amacıyla, *E. Coli* ve *S. Aureus* bakterilerine bağlı enfeksiyonlarda yaygın bir şekilde kullanılan *Enrofloksasin* (5µg) ve *Amoksisilin-klavulanik asit* (20/10

µg) etken maddesini bulunduran antibiyotik diskleri kullanıldı.

Negatif kontrol olarak, steril kurutma kağıdı agar üzerine yerleştirildi. Agarlar 37°C’de 24 saatlik inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon periyodu sonunda Cinnamaldehyde ve Perilaldehyde’in oluşturduğu zon çapları, *Enrofloksasin* ve *Amoksisilin-klavulanik asit* bulunan antibiyotik zon çapları ile karşılaştırıldı (Babacan vd 2012).

Cinnamaldehyde ve *Perillaldehyde* uçucu yağ bileşenlerinin, *S. Aureus* ve *E. Coli* üzerine oluşturduğu zonlar sırasıyla Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’de, *Amoksisilin-klavulanik asit* ve *Enrofloksasin* etken maddelerinin oluşturduğu zonlar ise sırasıyla Şekil 3.9 ve Şekil 3.10’da gösterilmektedir. Belirlenen zon çapları Çizelge 3.1’de verilmektedir. Bu tablodan;

- *Cinnamaldehyde* uçucu yağ bileşeninin, *S. Aureus* ve *E. Coli* için oluşturduğu zon çaplarının, *Amoksisilin-klavulanik asit* ve *Enrofloksasin* etken maddelerinin oluşturduğu zon çaplarından daha büyük olduğu,
- *Perillaldehyde*’nin, *E. Coli* için oluşturduğu zon çapının, *Amoksisilin-klavulanik asit*’in zon çapından büyük, *Enrofloksasin*’in oluşturduğu zon çapından daha küçük olduğu,
- *Perillaldehyde*’nin, *S. Aureus* bakterisi için oluşturduğu zon çapının ise *Amoksisilin-klavulanik asit* ve *Enrofloksasin* etken maddelerinin zon çaplarından daha küçük olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.1. Uçucu yağların ve antibiyotiklerin, *E. Coli* ve *S. Aureus* için oluşturdukları zon çapları

Monomer veya Antibiyotik	<i>S. Aureus</i> inhibisyon zon çapı	<i>E. Coli</i> inhibisyon zon çapı
<i>Cinnamaldehyde</i>	44 mm	76 mm
<i>Perilaldehyde</i>	23 mm	38 mm
<i>Amoksisilin*Klavulanik asit</i>	42 mm	22 mm
<i>Enrofloksasin</i>	39 mm	43 mm

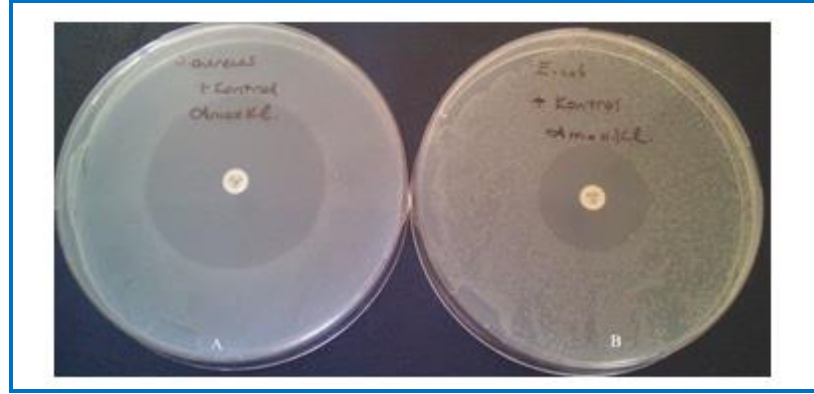
Çalışma kapsamında kullanılacak olan uçucu yağ bileşenlerinin, oluşturduğu zon çaplarından yola çıkarak, *E.Coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivitelerinin antibiyotiklerle karşılaştırılabilecek düzeyde olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle, çalışma kapsamında elde edilen polimerik ince filmlerin antibakteriyel aktivitelerini test etmek için *E.Coli* bakterisi tercih edilmiştir.



Şekil 3.7. *Cinnamaldehyde* uçucu yağ bileşeninin *S. Aureus* (A) ve *E. Coli* (B) için oluşturduğu zonlar



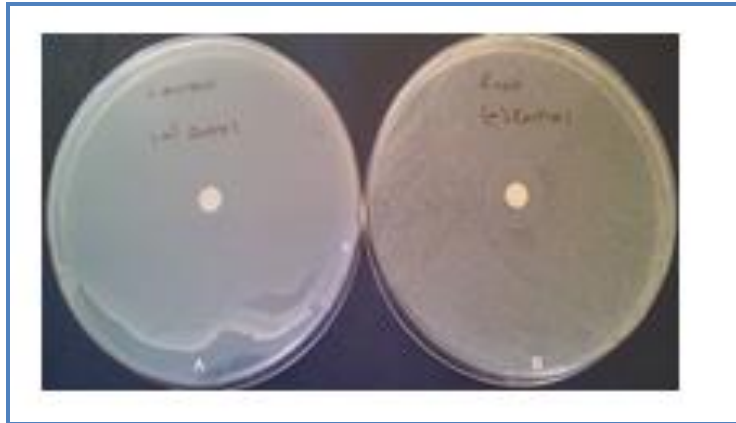
Şekil 3.8. *Perillaldehyde* uçucu yağ bileşeninin *S. Aureus* (A) ve *E. Coli* (B) için oluşturduğu zonlar



Şekil 3.9. Amoksisilin-klavulanik asit'in *S. Aureus* (A) ve *E. Coli* (B) için oluşturduğu zonlar



Şekil 3.10. Enrofloksasin'in *S. Aureus* (A) ve *E. Coli* (B) için oluşturduğu zonlar



Şekil 3.11. Negatif kontrol

3.7. Optimum Kaplama Parametrelerinin Belirlenmesi

Monomer malzemelerin sıvı formlarının antibakteriyel aktivitelerinin ortaya konulmasından sonra aynı monomerler kullanılarak, cam alttaşlar üzerinde Radyo Frekanslı Plazma Destekli Kimyasal Buhar Biriktirme (Rf-Pecvd) yöntemiyle polimerik kaplamaların elde edilmesi amaçlanmıştır. Rf-Pecvd yönteminin önemli bir avantajı, monomer malzemenin kimyasal özelliklerinin monomerden elde edilen ince filmlerde de korunmasını mümkün kılmasıdır. Bu durumdan yola çıkılarak monomer malzemelerden alttaşlar üzerinde Rf-Pecvd yöntemiyle elde edilen ince film kaplamaların da yine antibakteriyel aktiviteye sahip olması beklenmiştir.

Plazma polimerizasyon tekniğinde, kontrol edilebilen parametreler, basınç, elektrotlar arası mesafe, RF gücü ve kaplama süresi gibi parametreler, elde edilecek ince filmin, homojenlik, pürüzlülük, kalınlık ve kararlılık gibi özelliklerini önemli ölçüde değiştirmektedir (Hiratsuka and Karube 2000). Bu nedenle, literatürdeki araştırmalar (Bazaka and Jacob 2009; Easton and Jacob 2009; Bazaka and Jacob 2010; Sureshkumar *et al.* 2010) dikkate alınarak, basınç değeri 200-300 mTorr (50 mTorr'luk aralıklarda), RF güç değeri 10-30 watt (5'er watt'lık aralıklarda), kaplama süresi 5-30 dakika (5'er dakikalık aralıklarda) ve elektrotlar arası mesafe 5-10 cm (5'er cm'lik aralıklarda) aralığında değiştirilerek kaplamalar elde edilmiştir.

Tüm alttaşlar üzerinde yukarıda belirtilen kaplama parametreleri dikkate alınarak her bir monomer malzeme için polimerik ince filmler elde edilmiştir. Polimerik ince filmlerin elde edilme basamakları bölüm 3.4'de anlatıldığı gibi gerçekleştirilmiştir. Bir ön çalışma kapsamında, elde edilen polimerik ince filmler için antibakteriyel aktivite testleri yapılarak yüksek antibakteriyel aktiviteye sahip ve yüksek kalitede film (homojen, ince, pürüzsüz ve kusursuz vb.) elde etme açısından uygun (optimum) kaplama parametreleri belirlenmiştir. Söz konusu optimum kaplama parametreleri, monomer malzemeler *Cinnamaldehyde* ve *Perillaldehyde* için sırasıyla Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. *Cinnamaldehyde* uçucu yağ bileşeninden elde edilen ince filmlere ait kaplama parametrelerinin listesi

Monomer Adı	RF (W)	Süre (dakika)	Basınç (mTorr)	Elektrot mesafesi (cm)
<i>Cinnamaldehyde</i>	20	10	300	10
<i>Cinnamaldehyde</i>	20	15		
<i>Cinnamaldehyde</i>	20	30		
<i>Cinnamaldehyde</i>	30	10		
<i>Cinnamaldehyde</i>	30	15		
<i>Cinnamaldehyde</i>	30	30		

Çizelge 3.3. *Perillaldehyde* uçucu yağ bileşeninden elde edilen ince filmlere ait kaplama parametrelerinin listesi

Monomer Adı	RF gücü (W)	Süre (dakika)	Basınç (mTorr)	Elektrot mesafesi (cm)
<i>Perillaldehyde</i>	20	10	300	10
<i>Perillaldehyde</i>	20	15		
<i>Perillaldehyde</i>	20	30		
<i>Perillaldehyde</i>	30	10		
<i>Perillaldehyde</i>	30	15		
<i>Perillaldehyde</i>	30	30		

Kaplamların antibakteriyel aktiviteleri dikkate alınarak belirlenen optimum kaplama parametreleri incelendiğinde, Rf güç değerlerinin ve kaplama sürelerinin ince filmlerin antibakteriyel aktivitelerini etkileyen, en belirleyici parametreler olduğu görülmüştür. Her iki monomer için genel olarak belirlediğimiz optimum kaplama parametreleri Çizelge 3.4'deki gibi verilmektedir.

Çizelge 3.4. Optimum kaplama parametre listesi

Basınç (P)	Rf Gücü (W)	Kaplama Süresi (t)	Elektrotlar arası mesafe (cm)
300 mTorr	20 W	10 dakika	10 cm
	30 W	15 dakika	
		30 dakika	

Çalışmamızın bu aşamasından sonra tekrardan belirlenen optimum kaplama parametreleri altında, sırasıyla *Cinnamaldehyde* ve *Perillaldehyde* uçucu yağ bileşenleri için cam altlıklar üzerinde polimerik ince filmler elde edilmiştir. Elde edilen ince filmlerin yüzey ve yapısal özellikleri, optik özellikleri ve antibakteriyel aktiviteleri belirlenmiştir.

3.8. Karakterizasyon İşlemleri

Kuartz cam alttaşlar üzerinde elde edilen ince filmlerin yapısal ve morfolojik özellikleri, AFM (Atomic Force Microscopy), SEM (Scanning Electron Microscopy) ve XRD (X-Işını Kırınımı) analizleri, optik özellikleri Uv-Visible analizleri ve KBr cam alttaşlar üzerinde elde edilen ince filmlerin kimyasal özellikleri de FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) analizleri yapılarak incelenmiştir.

3.8.1. Atomik kuvvet mikroskobu (atomic force microscopy) analizleri

Büyütülen ince filmlerin yüzeylerinin 3 boyutlu görüntüleri ve yüzey pürüzlülükleri, laboratuvarımızda bulunan “Nanomagnetics Instruments” şirketine ait, 20 bit çözünürlüklü 56 µm XY düzlemi tarayabilen Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) yardımıyla belirlenmiştir.



Şekil 3.12. AFM cihazı görüntüsü

3.8.2. Taramalı elektron mikroskobu ölçümleri (SEM)

Polimerik kaplamaların elde edilmesinden sonra, yüzeyin mikro yapısını incelemek amacıyla yüzey görüntüleri alınmıştır. Hazırlanan ince film yüzeyindeki tanecik büyüklükleri ve filmlerde çatlak meydana gelip gelmediği, Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) yardımıyla tespit edilmiştir.



Şekil 3.13. SEM cihazı görüntüsü

3.8.3. FTIR Spektroskopisi Ölçümleri

Infrared (IR) absorpsiyon spektroskopisi bir tür titreşim spektroskopisidir. Burada IR ışınları molekülün titreşim hareketleri tarafından absorplanmaktadır. Matematiksel Fourier dönüşümü spektroskopisinde (FTIR) ise ışın şiddeti, zamanın bir fonksiyonu olarak alınır. Her dalga boyunu ayrı ayrı tarama gerekmeksizin hızlı ve yüksek çözünürlükte spektrumlar elde edilebilir. Bu yöntem ile, moleküler bağ karakterizasyonu yapılarak; katı, sıvı, gaz veya çözelti halindeki organik bileşiklerin yapısındaki fonksiyonel gruplar, iki bileşiğin aynı olup olmadığı, yapıdaki bağların durumu, bağlanma yerleri ve yapının aromatik yada alifatik olup olmadığı belirlenebilir. Bu nedenle, FTIR analizi monomer ve monomerden elde edilen polimerik ince filmlere uygulanarak, monomerin moleküler yapısının polimer yapıda nasıl değiştiği araştırılmıştır.



Şekil 3.14. FTIR cihazı görüntüsü

3.8.4. Uv-Visible analizleri

UV-VIS spektrofotometre deneyleri, Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümünde yer alan, 1000-200 nm aralığında ölçüm yapabilen Digilab Hitachi marka ve U-2800 model çift ışın yollu UV-VIS spektrofotometre ile yapılmıştır. Bu analizin sonucunda her bir monomerden elde edilen ince filmlere ait soğurma değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplama yapılırken Origin Pro 9.0 çizim programı kullanılmıştır. Originde Uv-Visible analizleri sonucunda alınan dalga boyuna karşılık soğurma değerlerinden yararlanılarak yasak enerji değerleri (E_g) belirlenmiştir. Yasak enerji değerleri (band gap) literatürdeki değerlerle kıyaslanmış, elde edilen ince filmlerin optik özellikleri ortaya konulmuştur.



Şekil 3.15. UV-Vis spektroskopisi cihaz görüntüsü

3.8.5. XRD analizleri

Polimerik ince filmlerin X-ışını kırınım desenleri için Erzurum Teknik Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma Merkezinde bulunan Rigaku-Miniflex X-ışını Kırınım (XRD) sistemi kullanılmış olup, ölçümler oda sıcaklığında Cu-K α katot kullanılarak alınmıştır. Kullanılan ışının dalga boyu 1,54 Å'dur. Filmlerin kırınım desenleri $10^\circ \leq 2\theta \leq 60^\circ$ açı aralıklarında alınmış ve açı değerleri 0,05'lik adımlarla değiştirilerek kırınım spektrumu elde edilmiştir. Kırınım desenlerinin incelenmesi ile polimerik ince filmlerin yapısal

analizleri belirlenmiştir. Literatürden elde edilen sonuçlar ile polimerik ince filmlerin XRD spektrumlarından elde edilen sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır.



Şekil 3.16. XRD ölçüm cihazı

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

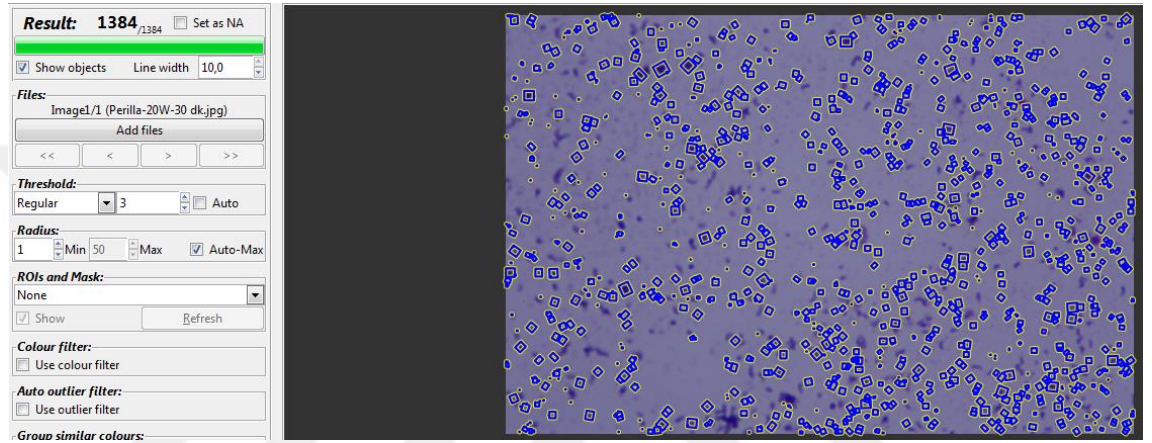
4.1. Antibakteriyel Aktiviteler

Kaplama yapılan ve yapılmayan alttaş yüzeylerindeki bakteri yoğunlukları karşılaştırılarak ve buna bağlı olarak da her bir altlık malzemesi üzerinde üreyen bakteri sayımı yapılarak kaplamaların antibakteriyel aktiviteleri incelenmiştir. Altlık malzemesi üzerinde üreyen bakterilerin sayımı için OpenCfu koloni sayım programı kullanılmıştır. Öncelikle negatif kontrol olarak kaplama yapılmamış altlık malzemesi üzerinde üremesi sağlanan *E. Coli* bakterisinin üreme yoğunluğu ve sayısal olarak (Bkz. Şekil 4.1.) da bakteri sayısı belirlenmiştir. Çalışma kapsamında monomer malzeme olarak kullanılan *Perillaldehyde* ve *Cinnamaldehyde* uçucu yağ bileşenlerinden elde edilen polimerik kaplamaların antibakteriyel aktiviteleri, yine ışık mikroskobundan alınan fotoğraf görüntülerindeki bakteri yoğunlukları ve OpenCfu koloni sayım programı kullanılarak belirlenen bakteri sayısı ile belirlenmiştir. Bu sonuçlara bakıldığında, uçucu yağ bileşenleri kullanılarak elde edilen polimerik kaplamaların antibakteriyel aktivitelerinin negatif kontrol olarak kullanılan kaplama yapılmamış altlık malzemesine oranla çok daha anlamlı sonuçlara sahip olduğu görülmüştür. Bununla birlikte *Cinnamaldehyde* uçucu yağ bileşeninden elde edilen polimerik kaplamaların antibakteriyel aktivitelerinin *Perillaldehyde* uçucu yağ bileşeninden elde edilen kaplamalara oranla daha yüksek antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu görülmüştür.

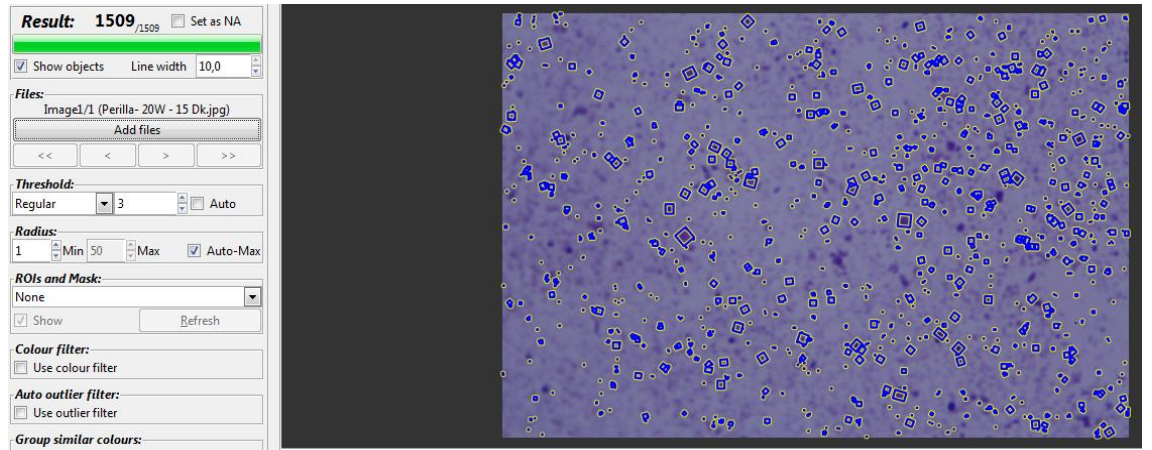
4.1.1. *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen polimerik kaplamaların antibakteriyel aktiviteleri

Perillaldehyde monomerinden elde edilen polimerik kaplamaların *E. Coli* bakterisine karşı göstermiş oldukları antibakteriyel aktivitenin ışık mikroskobunda alınan görüntüleri ve bakteri sayıları aşağıdaki şekillerde verilmektedir. Bu görüntülere bakıldığında polimerik kaplamaların *E. Coli* bakterisine karşı iyi derecede antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu anlaşılmıştır. Kaplama parametreleri dikkate alındığında 30 W

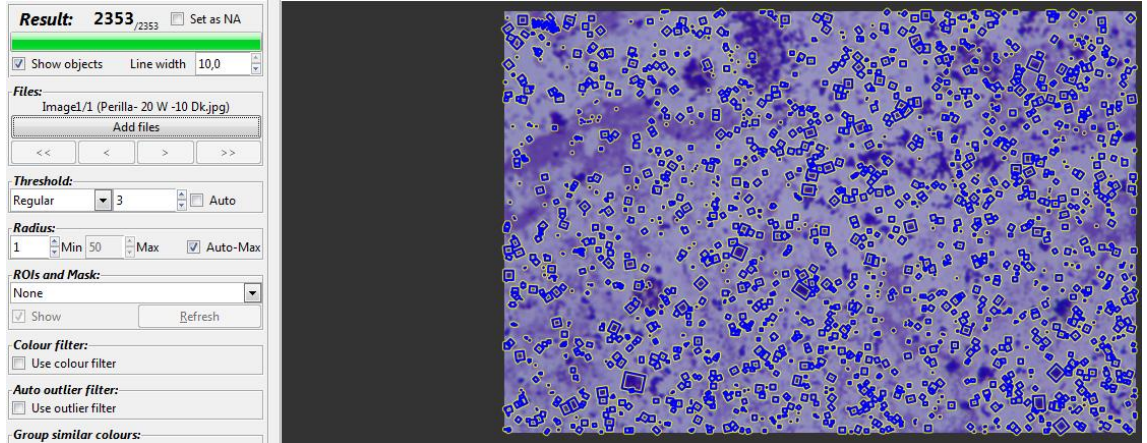
Rf güç değeri elde edilen kaplamaların 20 W Rf güç değeri elde edilen kaplamalara oranla daha yüksek antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu anlaşılmıştır. Bununla beraber, diğer bir kaplama parametresi olan kaplama süreleri dikkate alındığında ise, kaplama süresi arttıkça antibakteriyel aktivitenin arttığı sonucuna varılmıştır.



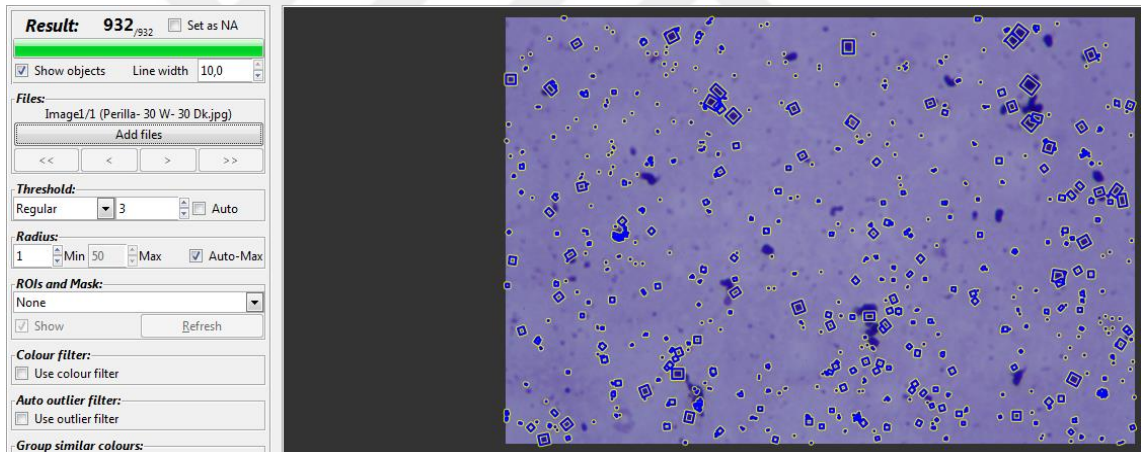
Şekil 4.1. 20 W 30 dk kaplama parametresinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin *E. Coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskobundan alınan görüntüsü



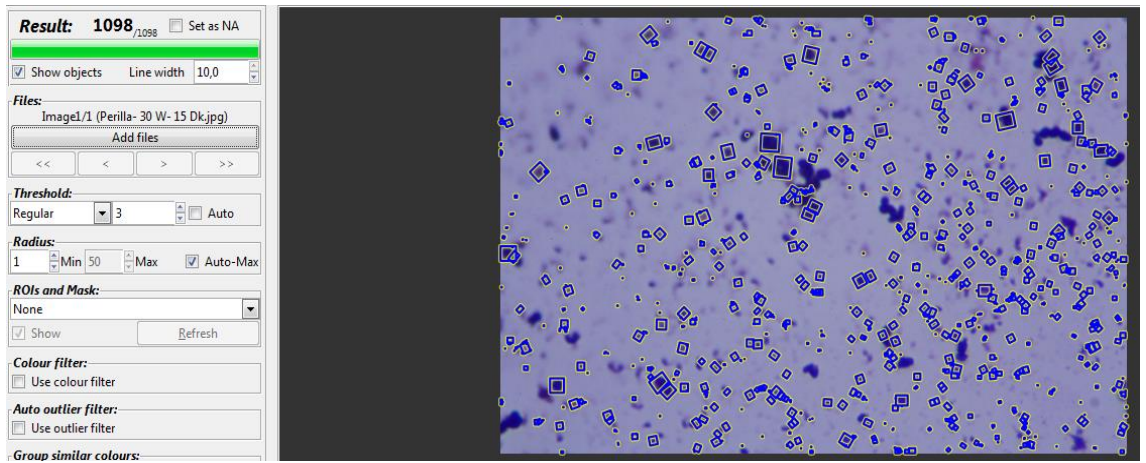
Şekil 4.2. 20 W 15 dk kaplama parametresinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin *E. Coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskobundan alınan görüntüsü



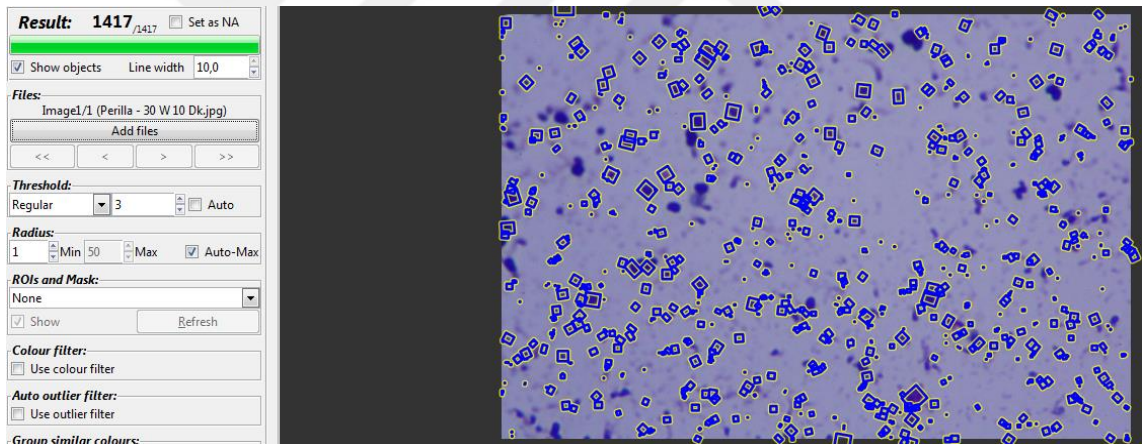
Şekil 4.3. 20 W 10 dk kaplama parametresinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin *E. Coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskobundan alınan görüntüsü



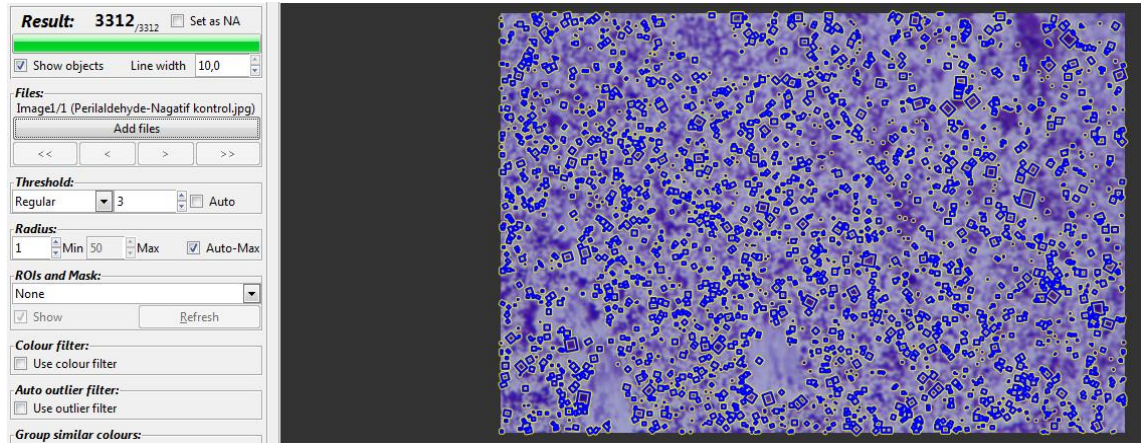
Şekil 4.4. 30 W 30 dk kaplama parametresinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin *E. Coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskobundan alınan görüntüsü



Şekil 4.5. 30 W 15 dk kaplama parametresinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin *E. Coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskobundan alınan görüntüsü



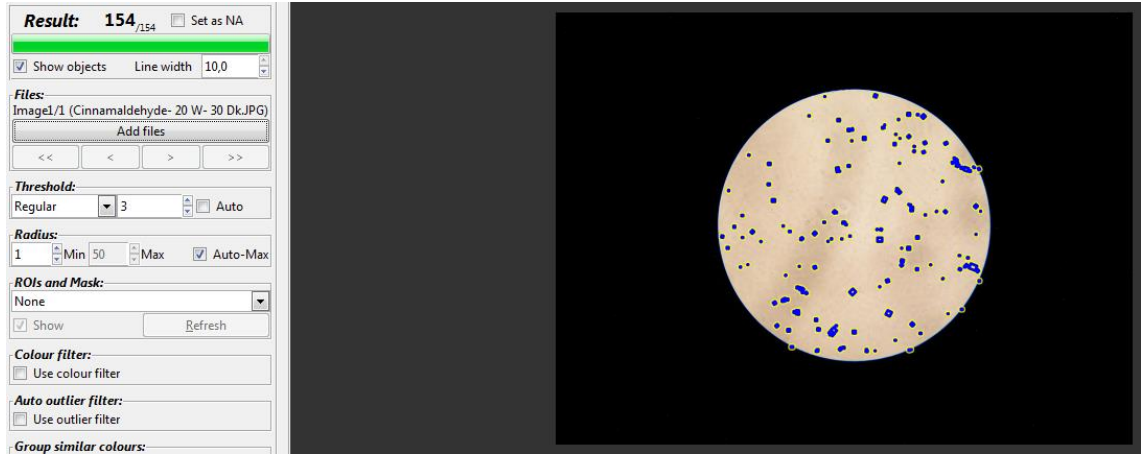
Şekil 4.6. 30 W 10 dk kaplama parametresinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin *E. Coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskobundan alınan görüntüsü



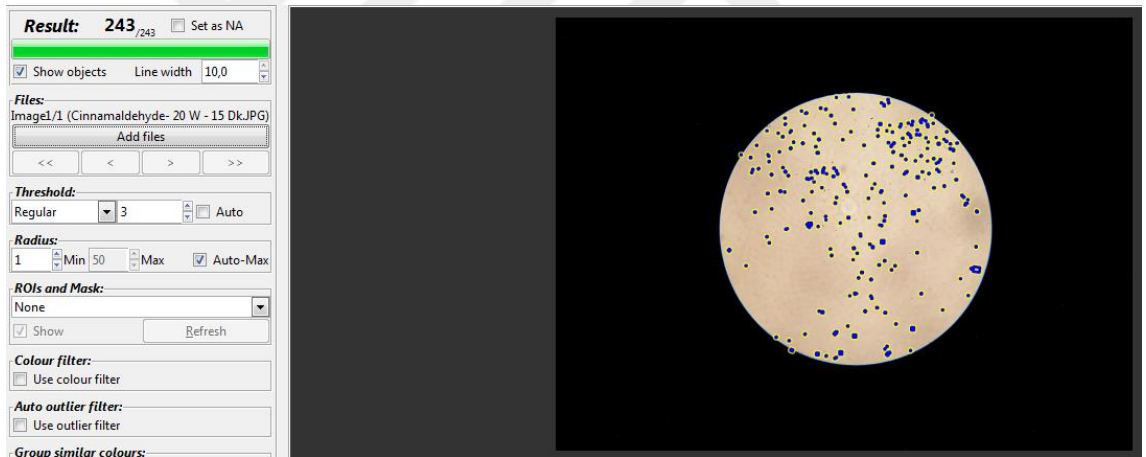
Şekil 4.7. *Perillaldehyde* monomeri için negatif kontrol

4.1.2. *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen polimerik kaplamaların antibakteriyel aktiviteleri

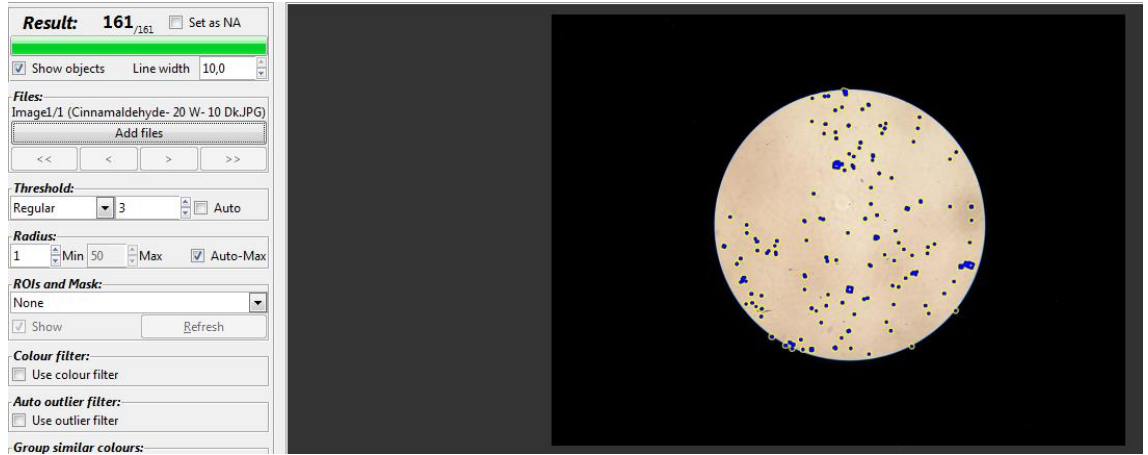
Cinnamaldehyde monomerinden elde edilen polimerik kaplamaların *E. Coli* bakterisine karşı göstermiş oldukları antibakteriyel aktiviteleri, ışık mikroskobunda alınan görüntüler yardımıyla belirlenen bakteri sayıları tespit edilerek ortaya konulmuştur. Bu sonuçlar negatif kontrol ile kıyaslanmış ve polimerik kaplamaların *E.Coli* bakterisine karşı yüksek derecede antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Polimerik ince filmlerin antibakteriyel aktivitelerinin kaplama parametreleri açısından değişimine bakıldığında, anlamlı farkların olduğu görülmüştür. *Cinnamaldehyde* uçucu yağ bileşenlerinden elde edilen polimerik kaplamaların antibakteriyel aktivitelerinin, Rf güç değerinin artmasıyla azaldığı anlaşılmıştır. Ayrıca, aynı Rf güç değeri dikkate alındığında kaplama süresi arttıkça polimerik kaplamaların antibakteriyel aktivitelerinde artış görülmüştür.



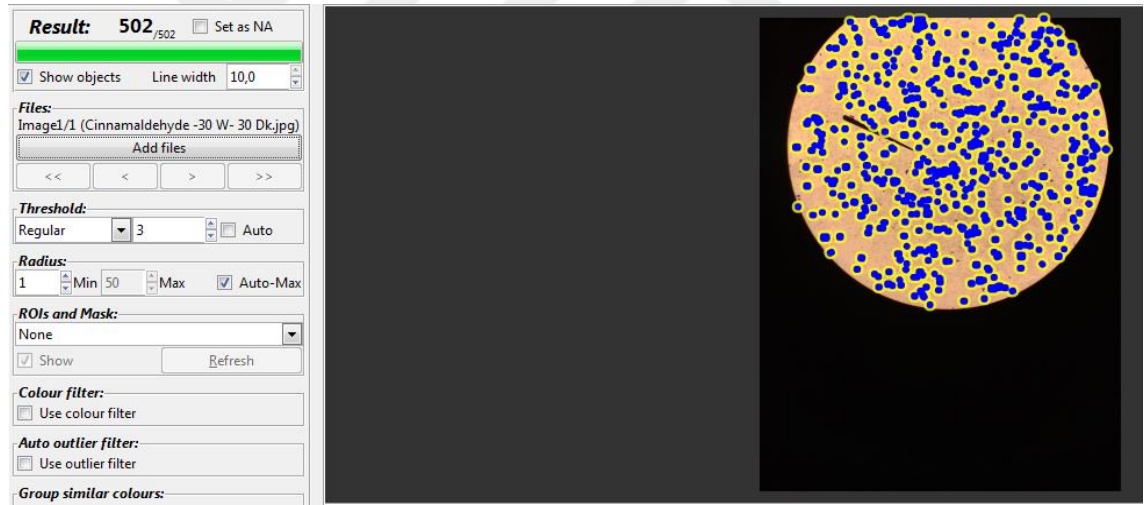
Şekil 4.8. 20 W 30 dk kaplama parametresinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin *E. Coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskobundan alınan görüntüsü



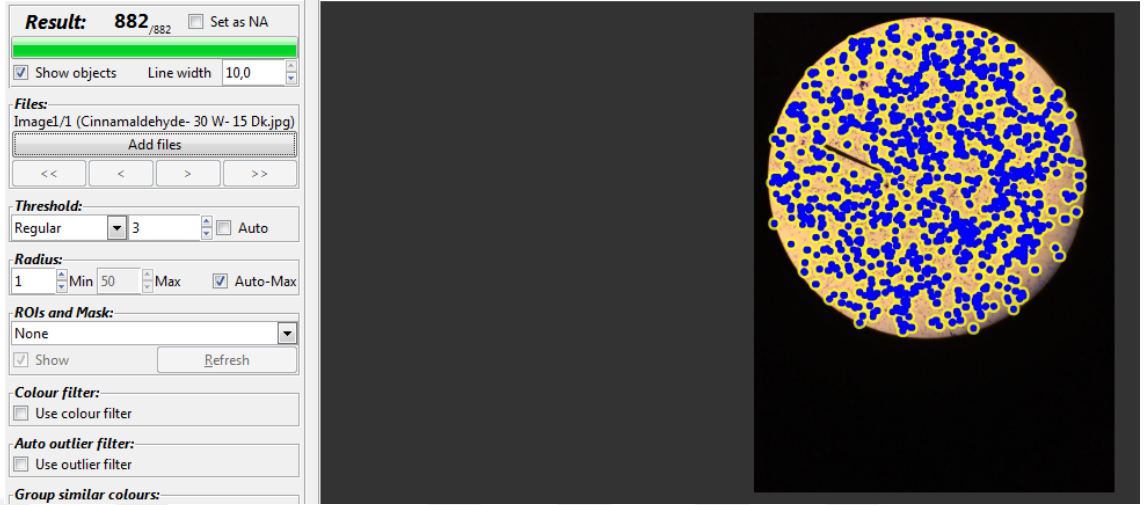
Şekil 4.9. 20 W 15 dk kaplama parametresinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin *E. Coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskobundan alınan görüntüsü



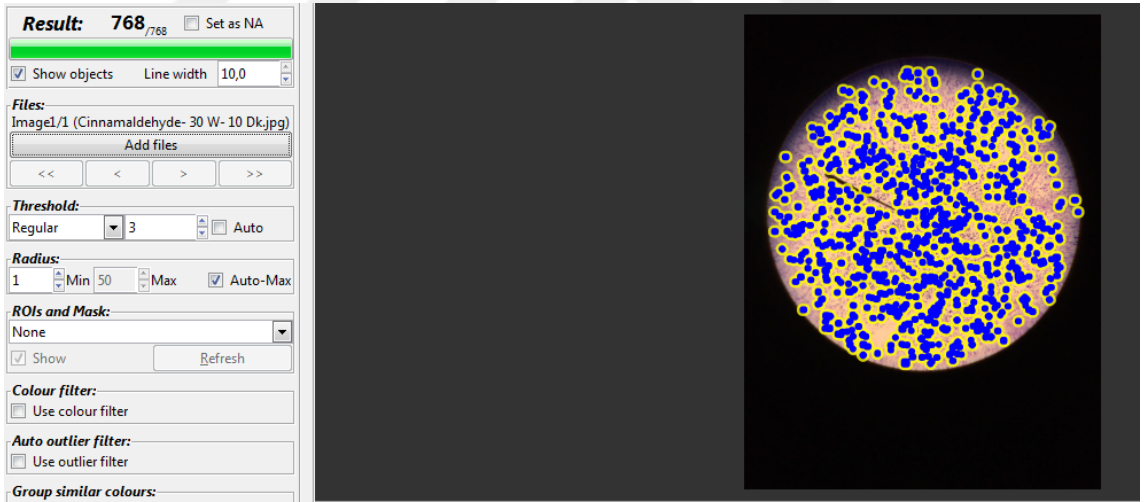
Şekil 4.10. 20 W 10 dk kaplama parametresinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin *E. Coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskopundan alınan görüntüsü



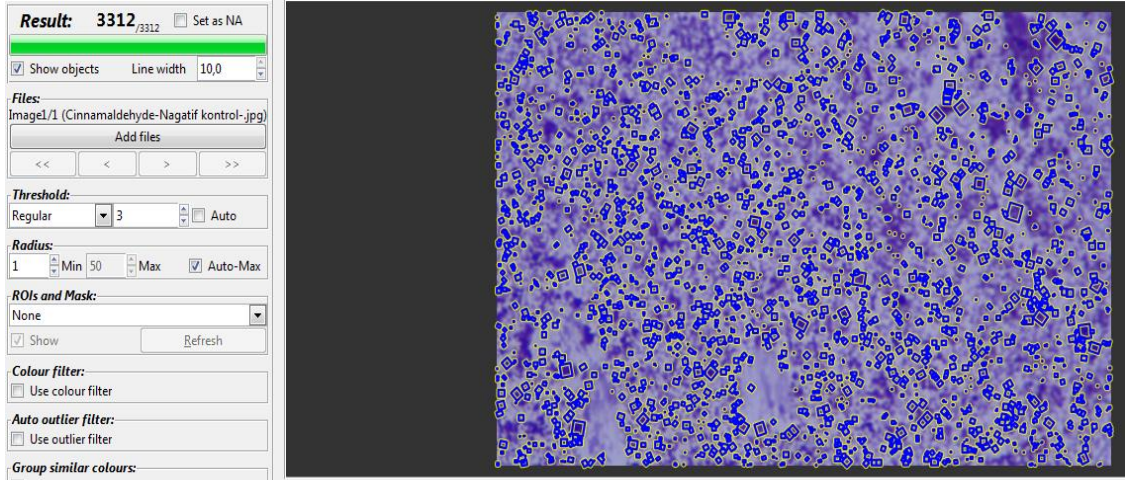
Şekil 4.11. 30 W 30 dk kaplama parametresinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin *E. Coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskopundan alınan görüntüsü



Şekil 4.12. 30 W 15 dk kaplama parametresinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin *E. Coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskopundan alınan görüntüsü



Şekil 4.13. 30 W 10 dk kaplama parametresinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin *E. Coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivitesinin ışık mikroskopundan alınan görüntüsü



Şekil 4.14. *Cinnamaldehyde* monomeri için negatif kontrol

4.2. İnce Filmlerin Yüzey Özelliklerin Tespit Edilmesi

4.2.1. Atomik kuvvet mikroskobu (AFM) analizleri

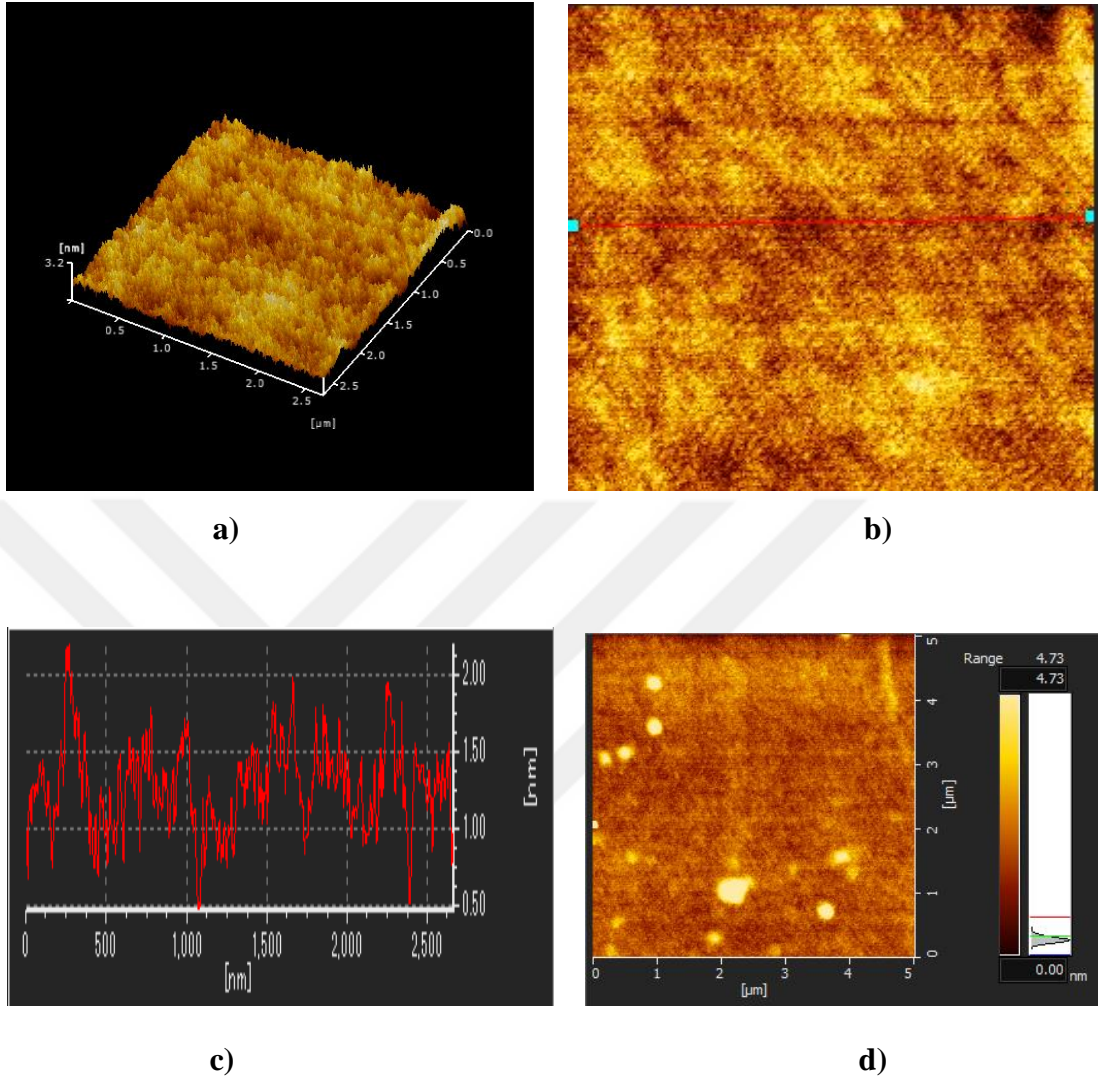
Farklı kaplama parametreleri altında elde edilen polimerik ince filmlerin yüzey özellikleri AFM ile incelenmiştir. Filmlere ait değişen düzlemlerde, 3 boyutlu, 2 boyutlu ve çizgisel yükselti diyagramları alınmıştır. Kaplamaların AFM görüntülerine bakıldığında, kaplamaların ortalama pürüzlülük değerlerinin kaplama parametreleri ile önemli oranda değiştiği görülmektedir. Çizgisel yükselti diyagramlarına bakıldığında tepe ve çukur arasındaki mesafelerin az olduğu anlaşılmaktadır. Farklı kaplama parametrelerinde elde edilen ince filmler için ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 4.1’de verilmektedir.

Çizelge 4.1. Farklı kaplama parametrelerinde elde edilen ince filmler için ortalama yüzey pürüzlülük değerleri

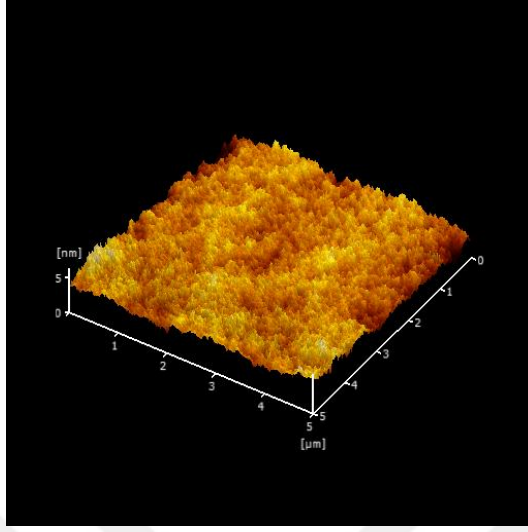
Monomer Adı	Rf (W)	Zaman (Dk)	Ortalama Pürüzlülük (nm)
<i>Perilaldehyde</i>	20	10	0,26
<i>Perilaldehyde</i>	20	15	0,18
<i>Perilaldehyde</i>	20	30	0,25
<i>Perilaldehyde</i>	30	10	0,21
<i>Perilaldehyde</i>	30	15	0,17
<i>Perilaldehyde</i>	30	30	0,18
<i>Cinnamaldehyde</i>	20	10	0,69
<i>Cinnamaldehyde</i>	20	15	0,61
<i>Cinnamaldehyde</i>	20	30	0,30
<i>Cinnamaldehyde</i>	30	10	0,34
<i>Cinnamaldehyde</i>	30	15	0,54
<i>Cinnamaldehyde</i>	30	30	0,21

Çizelge 4.1 incelendiğinde, ince filmlerin kaplama parametrelerinden Rf gücü ve kaplama süresi ile ince film pürüzlülüğü arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir.

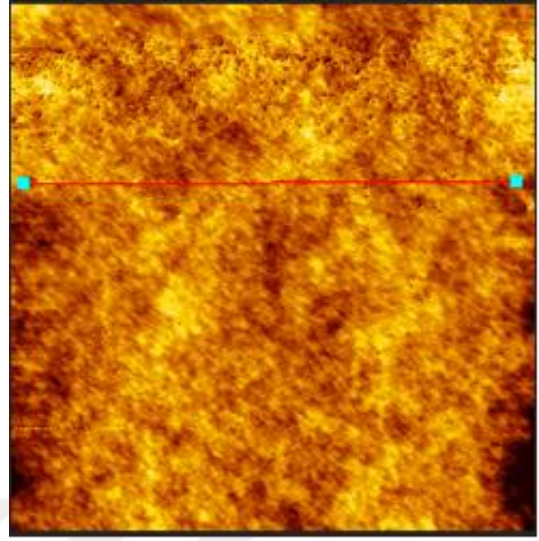
- *Perillaldehyde* ve *Cinnamaldehyde* monomerlerinden elde edilen polimerik kaplamalar için, Rf güç değeri arttıkça ince filmlerin pürüzlülük değerlerinin azaldığı görülmüş bununla birlikte, aynı Rf güç değerlerinde kaplama süresi arttıkça genel olarak pürüzlülük değerinin de azaldığı görülmüştür.
- Her iki monomerden elde edilen ince filmlerin pürüzlülük değerleri kıyaslandığında ise, *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmlerin pürüzlülük değerlerinin *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmlere kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir.



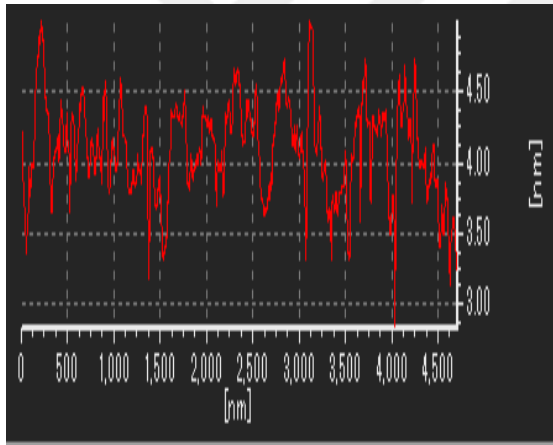
Şekil 4.15. *Perillaldehyde* monomerinden 10 dakika ve 20 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için (a) 2,5 μm x 2,5μm düzleminde 3 boyutlu (b) 2,5 μm x 2,5μm düzleminde 2 boyutlu (c) çizgisel yükselti AFM görüntüleri (d) Ortalama yükselti değerleri



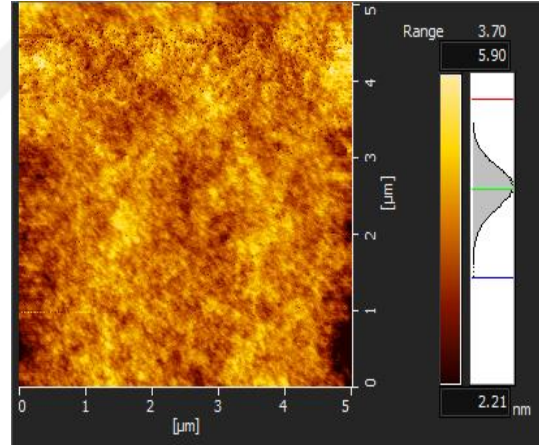
a)



b)

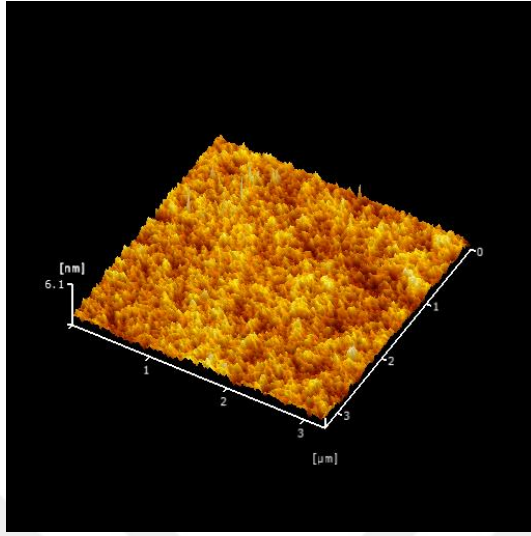


c)

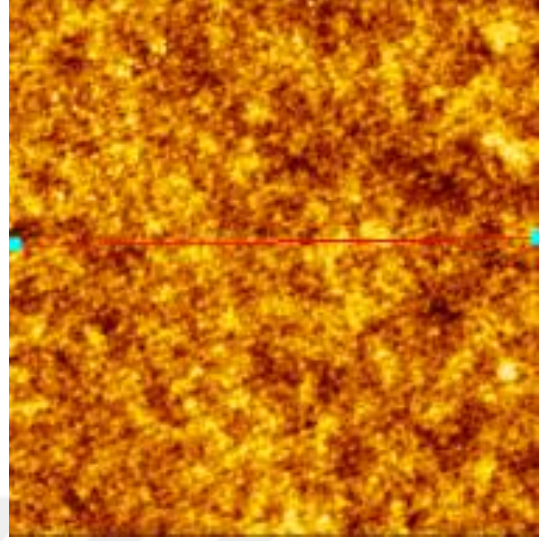


d)

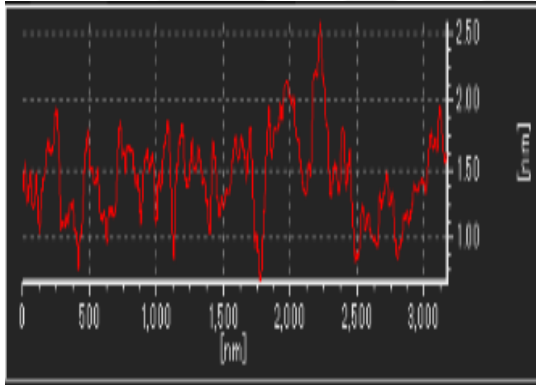
Şekil 4.16. *Perillaldehyde* monomerinden 15 dakika ve 20 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için (a) $5\ \mu\text{m} \times 5\ \mu\text{m}$ düzleminde 3 boyutlu (b) $5\ \mu\text{m} \times 5\ \mu\text{m}$ düzleminde 2 boyutlu (c) çizgisel yükselti AFM görüntüleri d) Ortalama yükselti değerleri



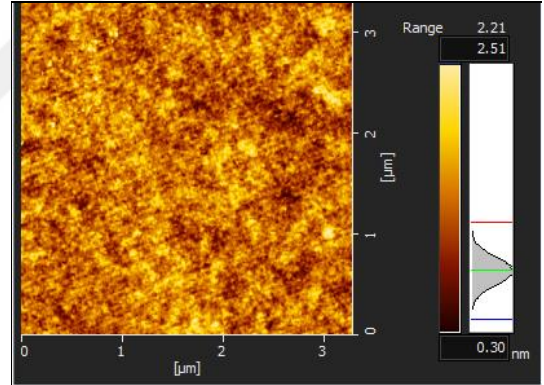
a)



b)

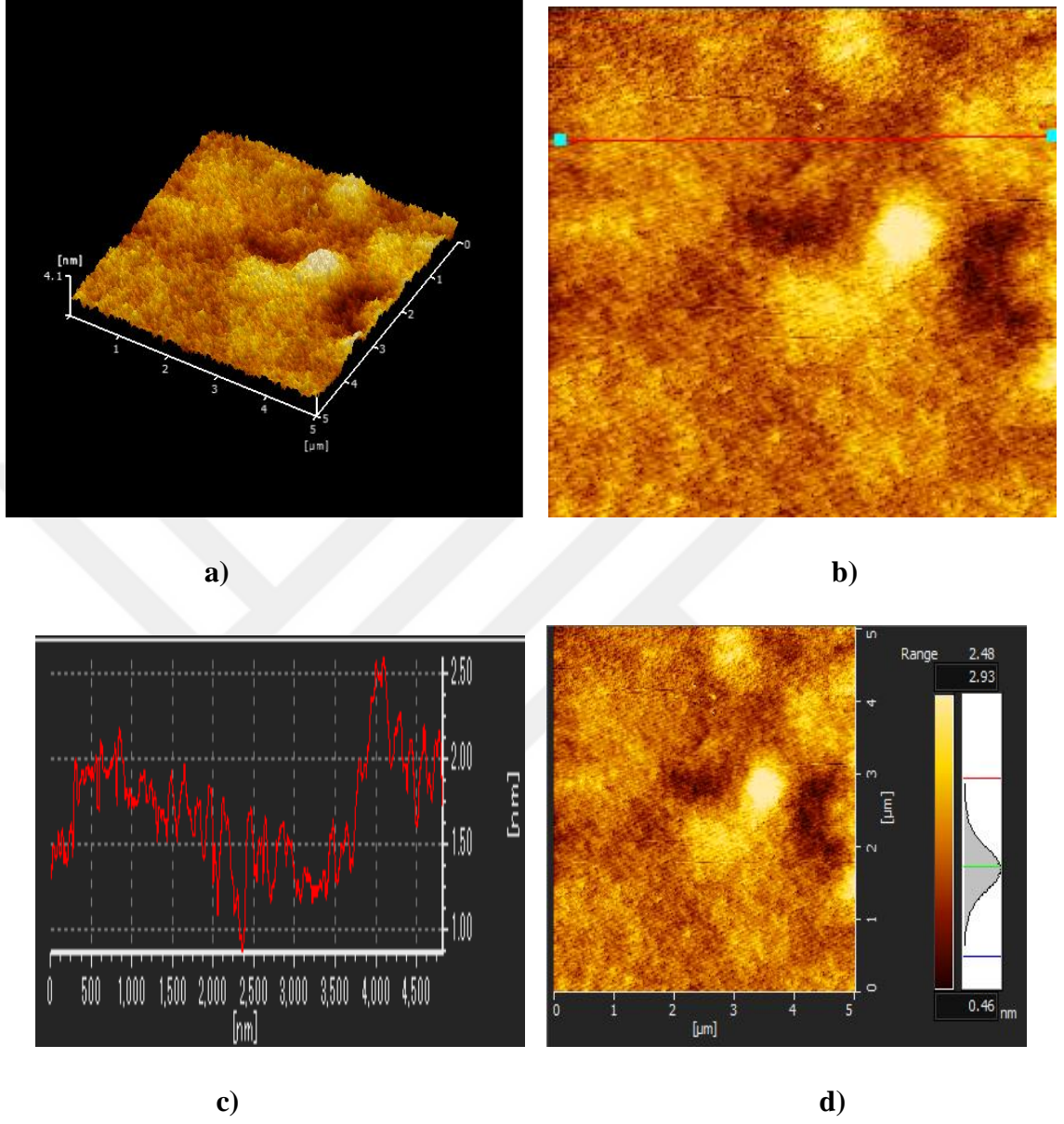


c)

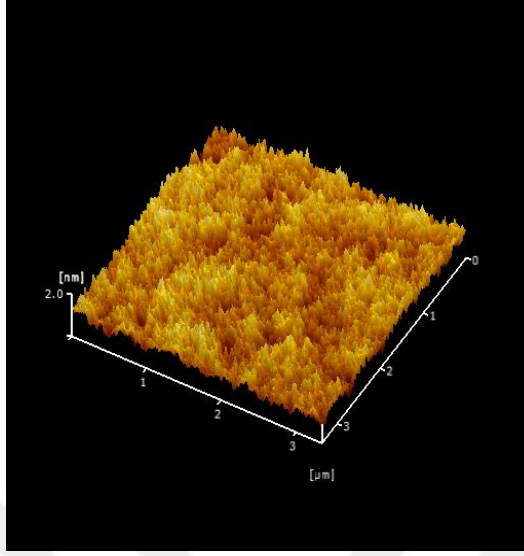


d)

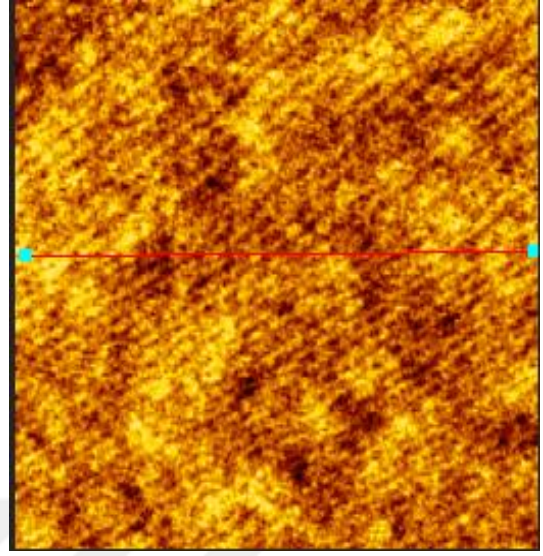
Şekil 4.17. *Perillaldehyde* monomerinden 30 dakika ve 20 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için (a) 5 μm x 5 μm düzleminde 3 boyutlu (b) 5 μm x 5 μm düzleminde 2 boyutlu (c) çizgisel yükselti AFM görüntüleri (d) Ortalama yükselti değerleri



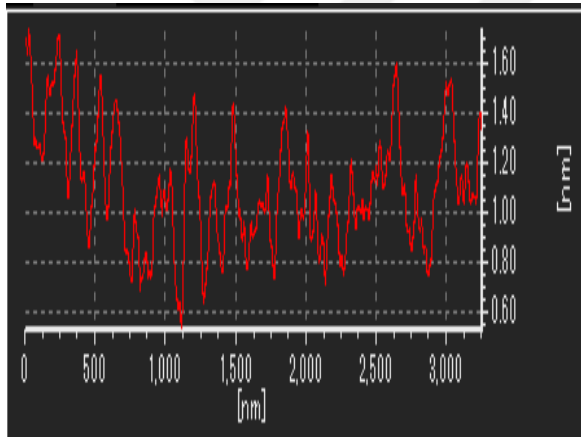
Şekil 4.18. *Perillaldehyde* monomerinden 10 dakika ve 30 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için **(a)** $5 \mu\text{m} \times 5 \mu\text{m}$ düzleminde 3 boyutlu **(b)** $5 \mu\text{m} \times 5 \mu\text{m}$ düzleminde 2 boyutlu **(c)** çizgisel yükselti AFM görüntüleri **d)** Ortalama yükselti



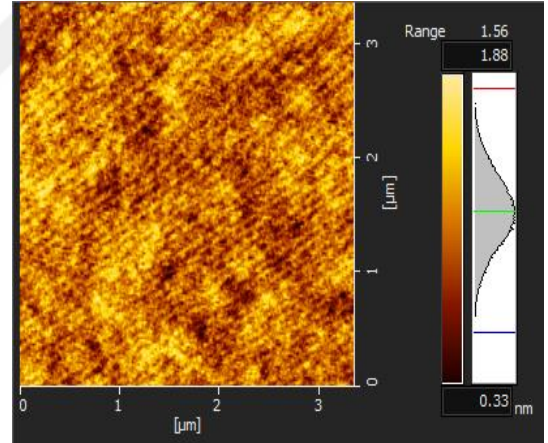
a)



b)

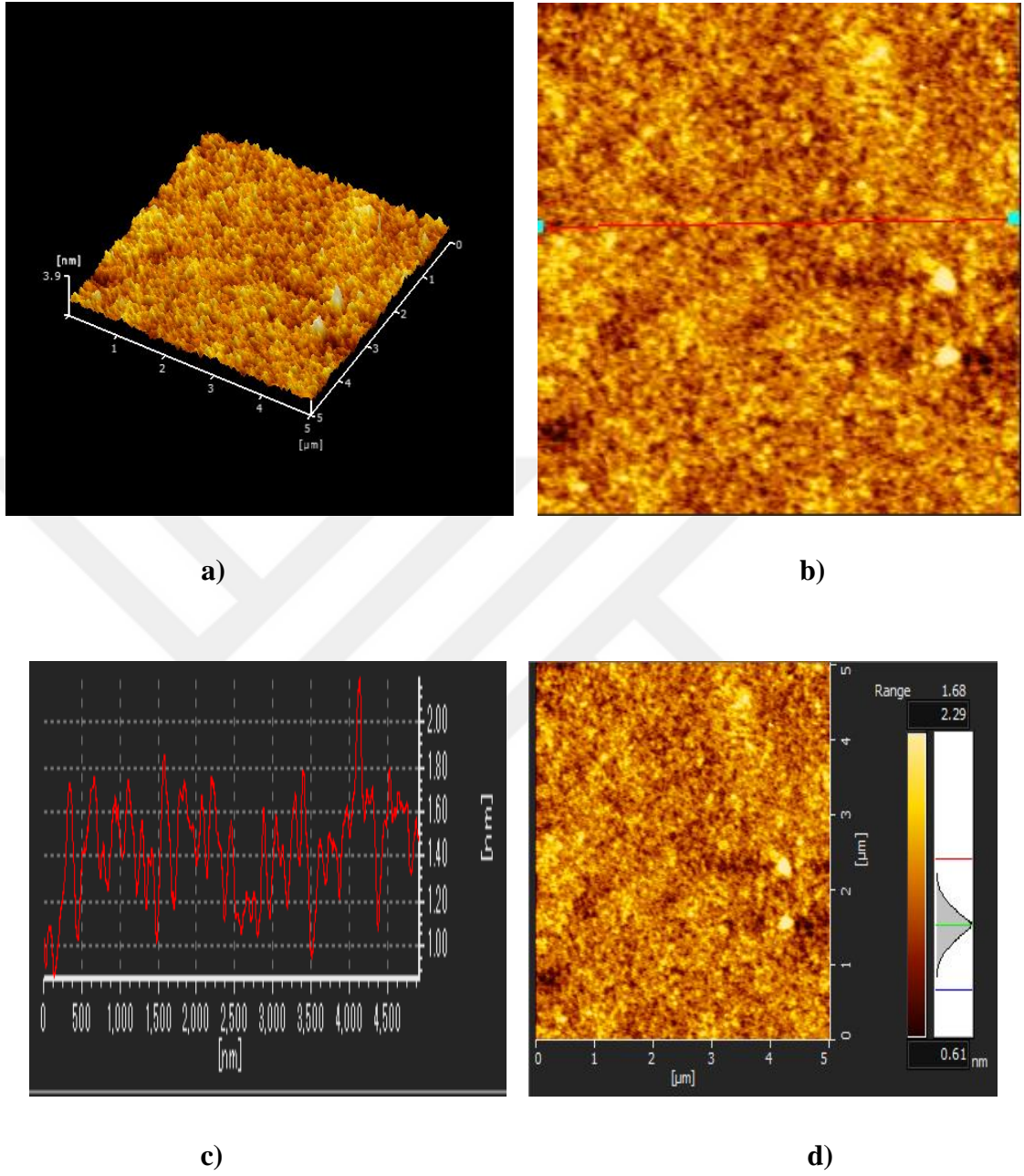


c)

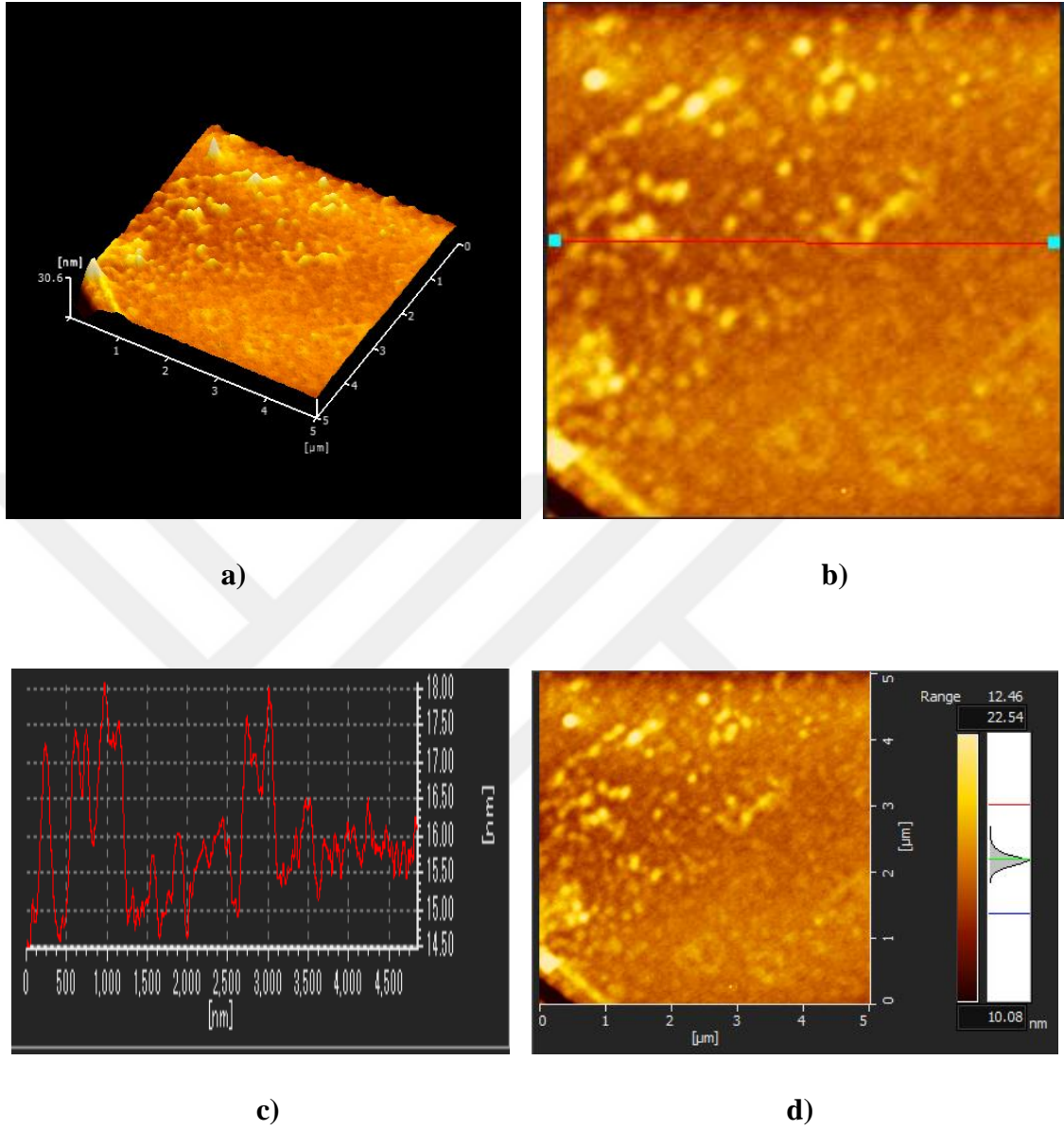


d)

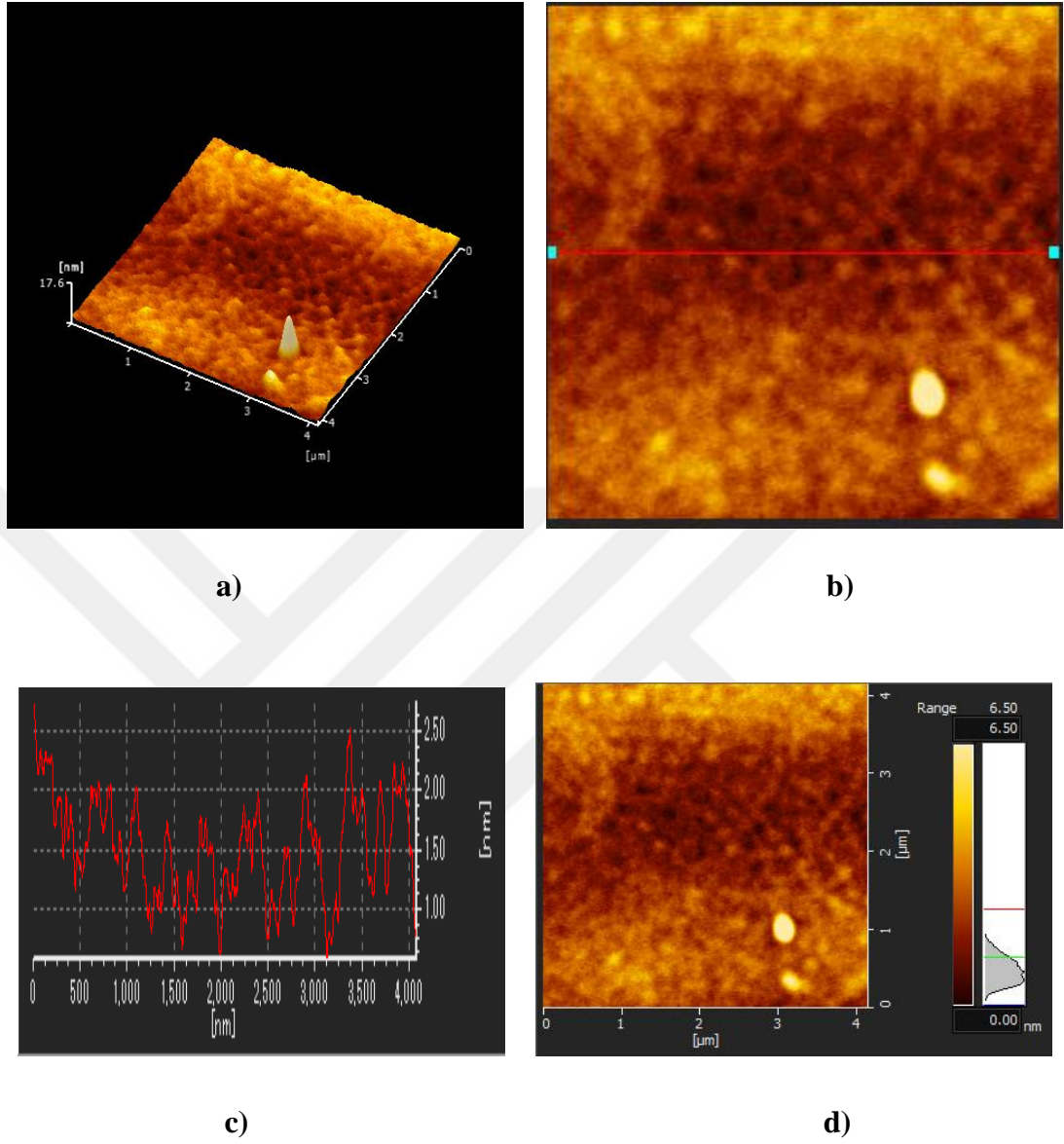
Şekil 4.19. *Perillaldehyde* monomerinden 15 dakika ve 30 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için (a) $3\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ düzleminde 3 boyutlu (b) $3\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ düzleminde 2 boyutlu (c) çizgisel yükselti AFM görüntüleri (d) Ortalama yükselti değerleri



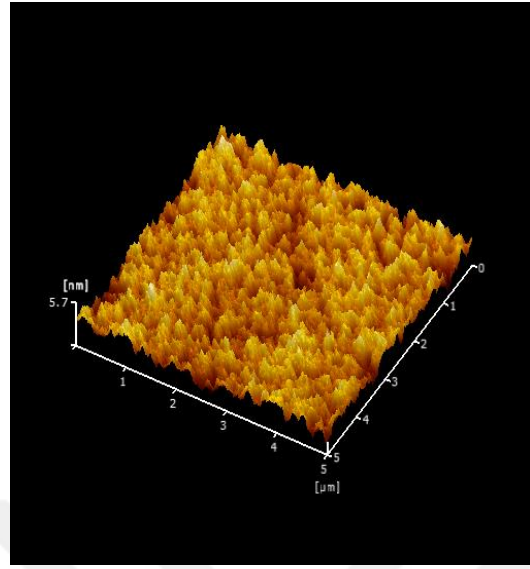
Şekil 4.20. *Perillaldehyde* monomerinden 30 dakika ve 30 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için (a) $3\ \mu\text{m} \times 3\ \mu\text{m}$ düzleminde 3 boyutlu (b) $3\ \mu\text{m} \times 3\ \mu\text{m}$ düzleminde 2 boyutlu (c) çizgisel yükselti AFM görüntüleri (d) Ortalama yükselti değerleri



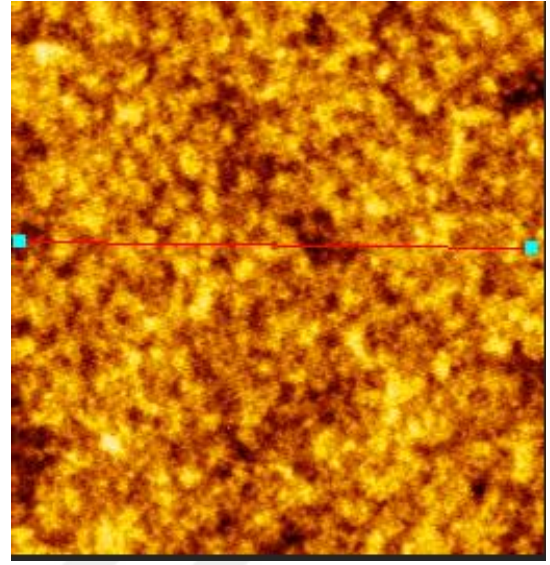
Şekil 4.21. *Cinnamaldehyde* monomerinden 10 dakika ve 20 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için **(a)** 5 μm x 5 μm düzleminde 3 boyutlu **(b)** 5 μm x 5 μm düzleminde 2 boyutlu **(c)** çizgisel yükselti AFM görüntüleri **(d)** Ortalama yükselti değerleri



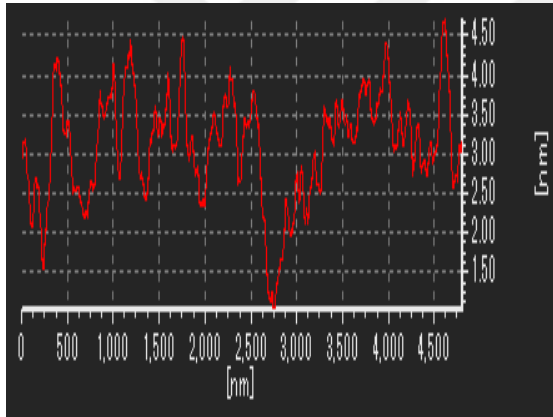
Şekil 4.22. *Cinnamaldehyde* monomerinden 15 dakika ve 20 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için (a) $5\ \mu\text{m} \times 5\ \mu\text{m}$ düzleminde 3 boyutlu (b) $5\ \mu\text{m} \times 5\ \mu\text{m}$ düzleminde 2 boyutlu (c) çizgisel yükselti AFM görüntüleri (d) Ortalama yükselti değerleri



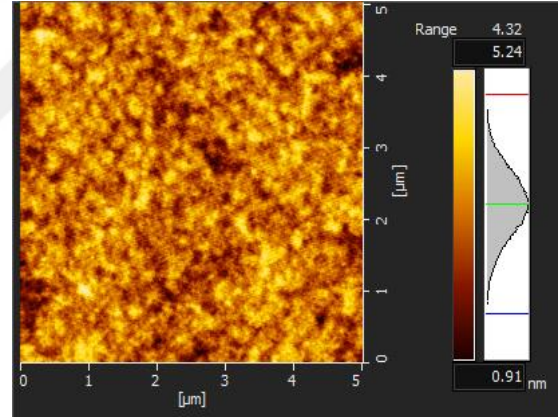
a)



b)

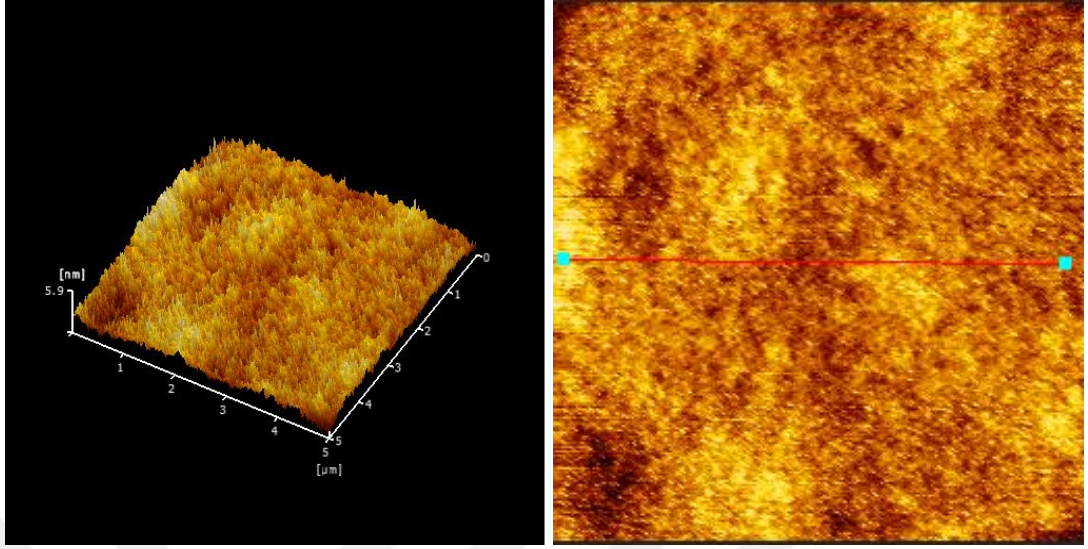


c)



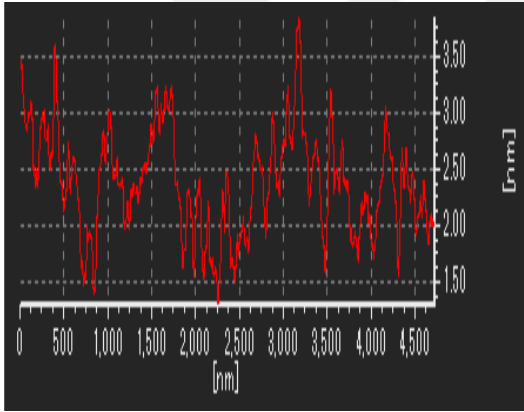
d)

Şekil 4.23. *Cinnamaldehyde* monomerinden 30 dakika ve 20 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için (a) 5 μm x 5 μm düzleminde 3 boyutlu (b) 5 μm x 5 μm düzleminde 2 boyutlu (c) çizgisel yükselti AFM görüntüleri (d) Ortalama yükselti değerleri

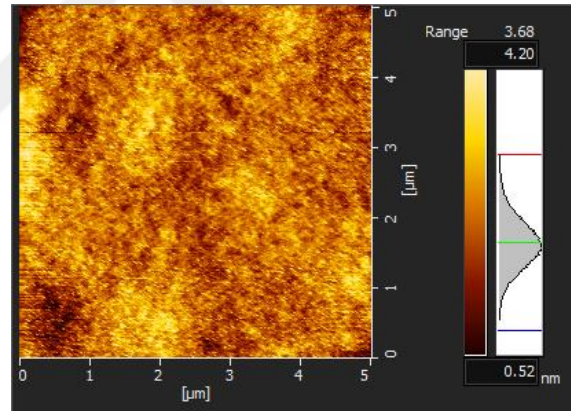


a)

b)

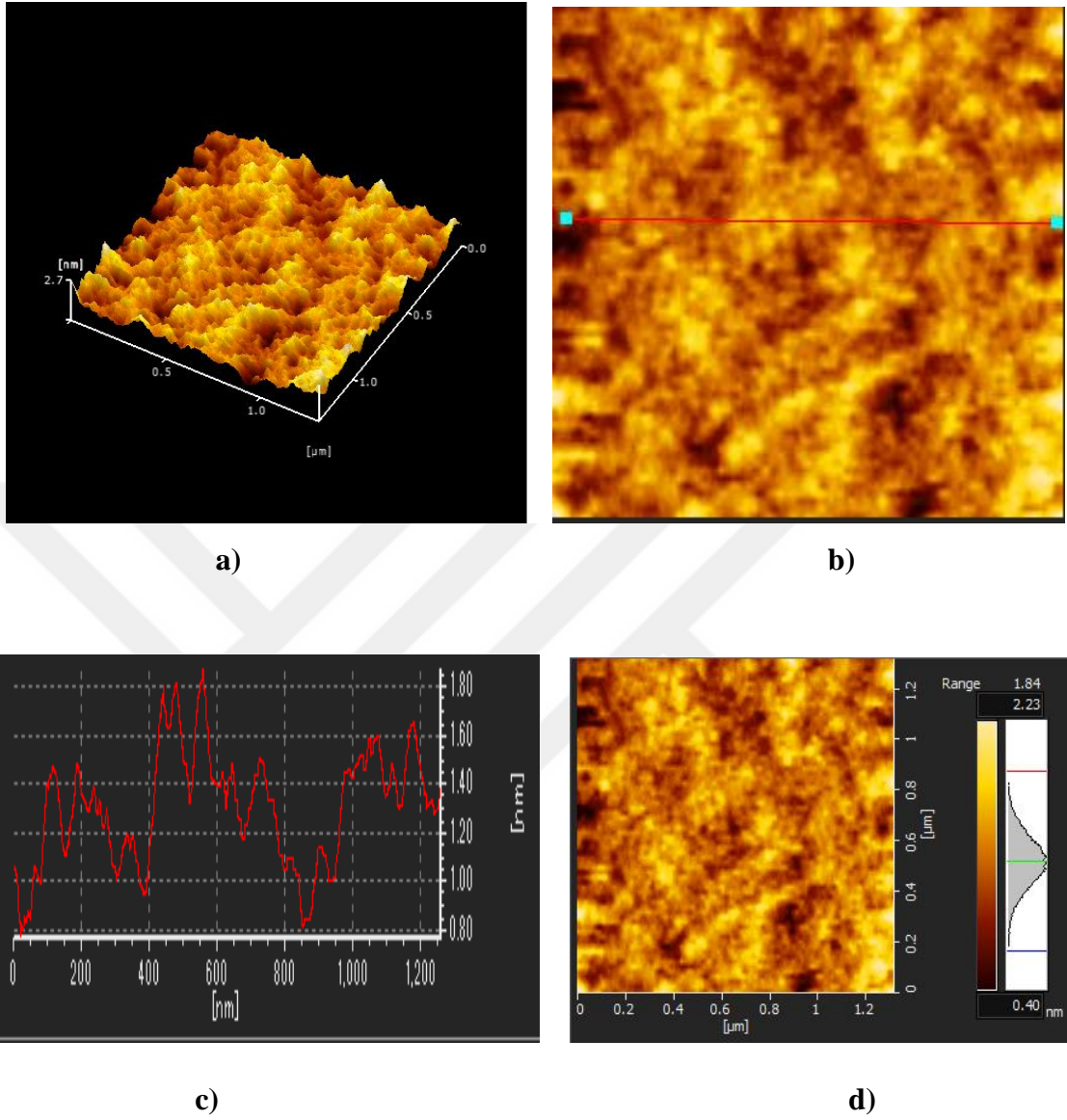


c)

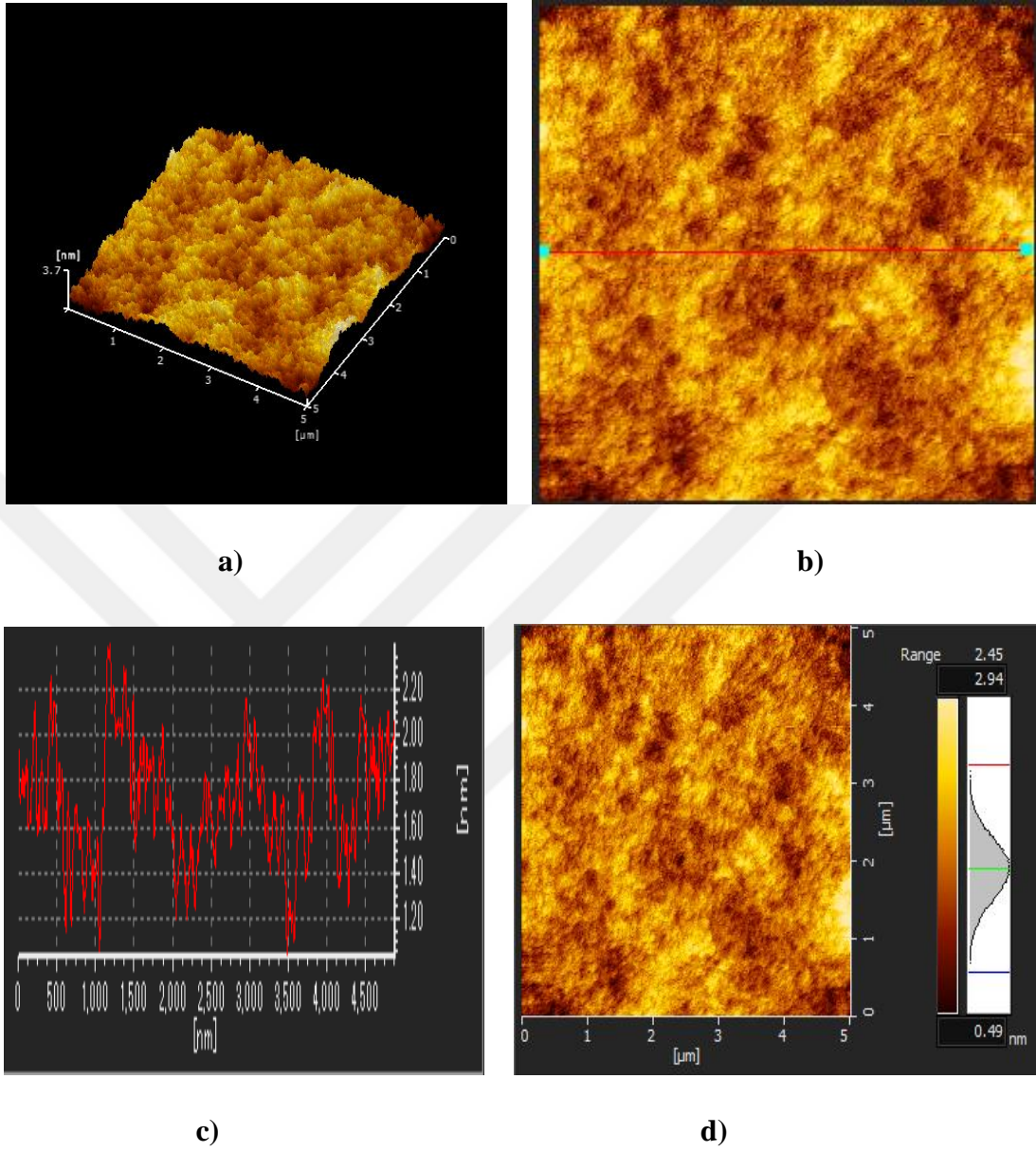


d)

Şekil 4.24. *Cinnamaldehyde* monomerinden 10 dakika ve 30 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için (a) 5 μm x 5 μm düzleminde 3 boyutlu (b) 5 μm x 5 μm düzleminde 2 boyutlu (c) çizgisel yükselti AFM görüntüleri (d) Ortalama yükselti değerleri



Şekil 4.25. *Cinnamaldehyde* monomerinden 15 dakika ve 30 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için (a) 1,5 μm x 1,5 μm düzleminde 3 boyutlu (b) 1,5 μm x 1,5 μm düzleminde 2 boyutlu (c) çizgisel yükselti AFM görüntüleri (d) Ortalama yükselti değerleri



Şekil 4.26. *Cinnamaldehyde* monomerinden 30 dakika ve 30 W kaplama parametresi değerlerinde elde edilen numune için **(a)** 5 μm x 5 μm düzleminde 3 boyutlu **(b)** 5 μm x 5 μm düzleminde 2 boyutlu **(c)** çizgisel yükselti AFM görüntüleri **(d)** Ortalama yükselti değerleri

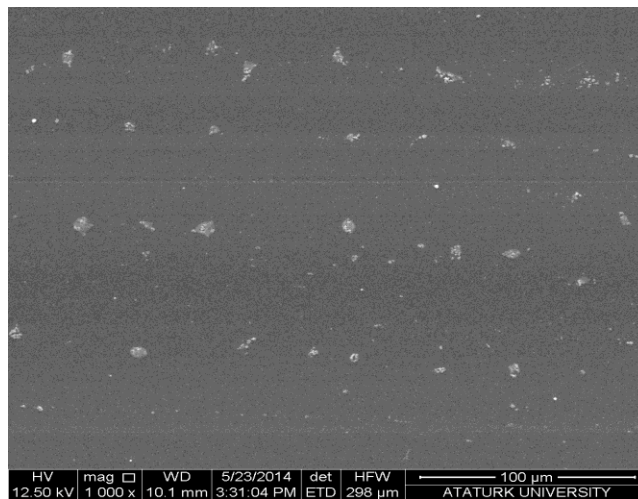
4.2.2. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleri

Elde edilen kaplamalara ait SEM görüntüleri alınarak, kaplamaların yüzey morfolojileri belirlenmiştir. Her iki monomerden elde edilen polimerik ince filmlerin SEM görüntüleri, 1.000 ile 12.000 büyütme aralıklarında değişmektedir. SEM görüntülerine

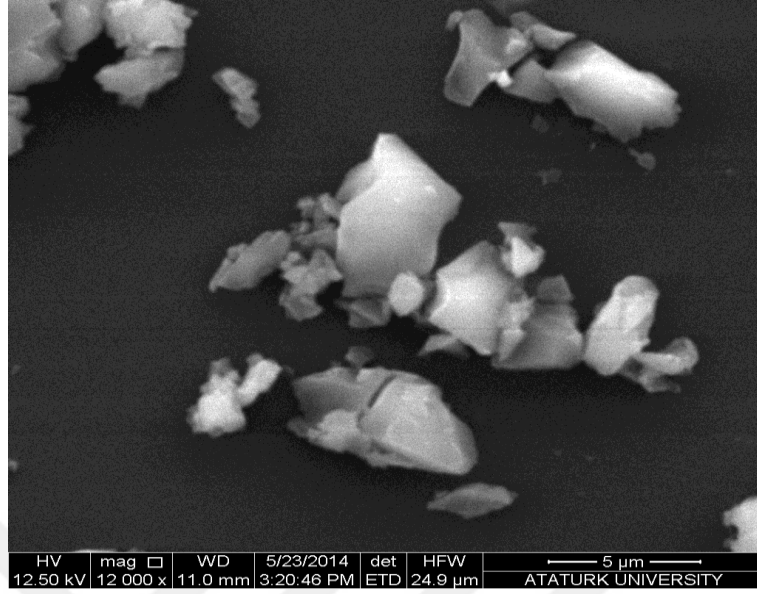
bakıldığında filmlerin homojen bir yapıya sahip oldukları söylenebilir. Büyütülmüş SEM görüntülerinde herhangi bir çatlak ve gözenekli yapıya rastlanılmamıştır. Bununla beraber ince filmlerin AFM analizlerinde pürüzlü bir yapıya sahip olduğu belirlenmiş olup bu durumun da SEM görüntüleri ile uyumlu olduğu anlaşılmıştır.

Abdullah and Abbo (2012), çalışmalarında polimerik ince filmlerin SEM görüntülerinde, nispeten daha küçük küresel yapıların kümelenmesi ile oluşan büyük tanecikli yapıların oluştuğunu belirtmişlerdir. Ayrıca bu yapılar şekil olarak karnıbahar yapısına sahiptirler (Şekil 4.30, Şekil 4.33 ve Şekil 4.36). Abdullah ve Abbo (2012) bu yapıların amorf bir morfolojiye sahip olduklarını vurgulamıştır. Polimerik ince filmlerin X-Işını Kırınımı desenleri ve SEM görüntüleri de söz konusu çalışmada belirtilen durumu destekler niteliktedir.

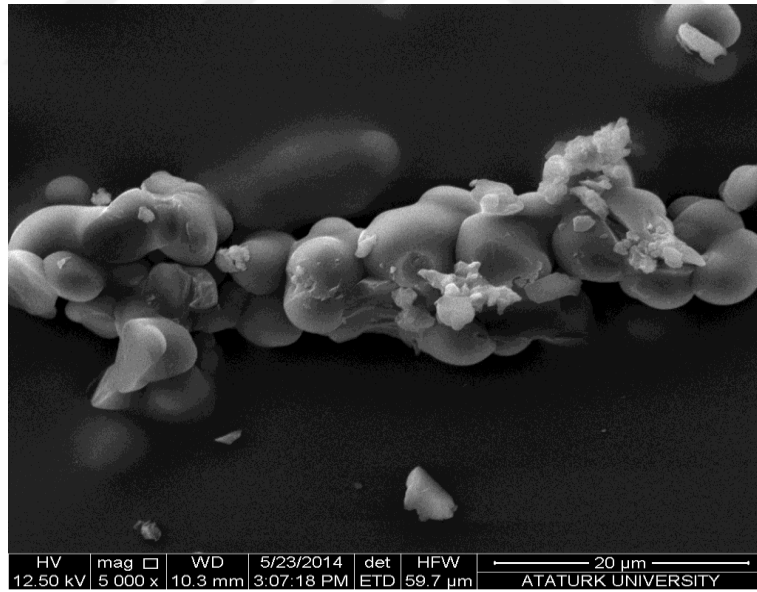
Çalışmamız kapsamında Şekil 4.29 ve 4.37’de verilen SEM görüntülerinden, ince filmlerde taneciklerin ardışık dizilmesi sonucunda oluşan sürekli hatlar görülmektedir. Bu yapıların oluşması, Kulshreshtha (2002), Jadokio (2006) ve Supri and Young (2010) tarafından yapılan çalışmalarda ince filmlerin elektriksel iletkenliğini artırdığını belirtmişlerdir.



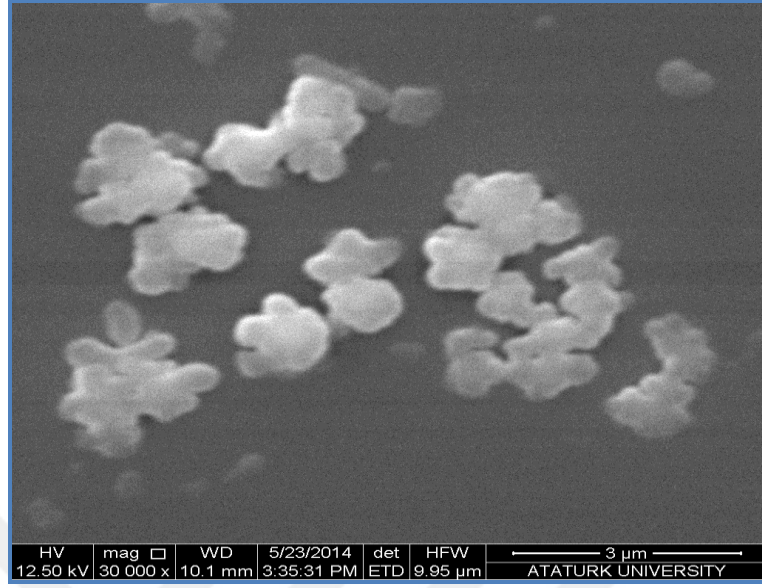
Şekil 4.27. 10 dakika 20 W Rf güç değerlerinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği



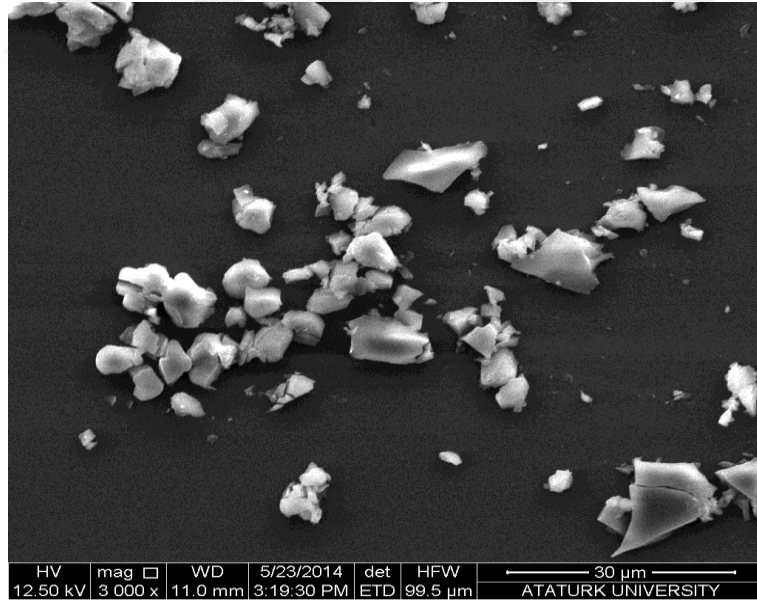
Şekil 4.28. 15 dakika 20 W Rf güç değerlerinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği



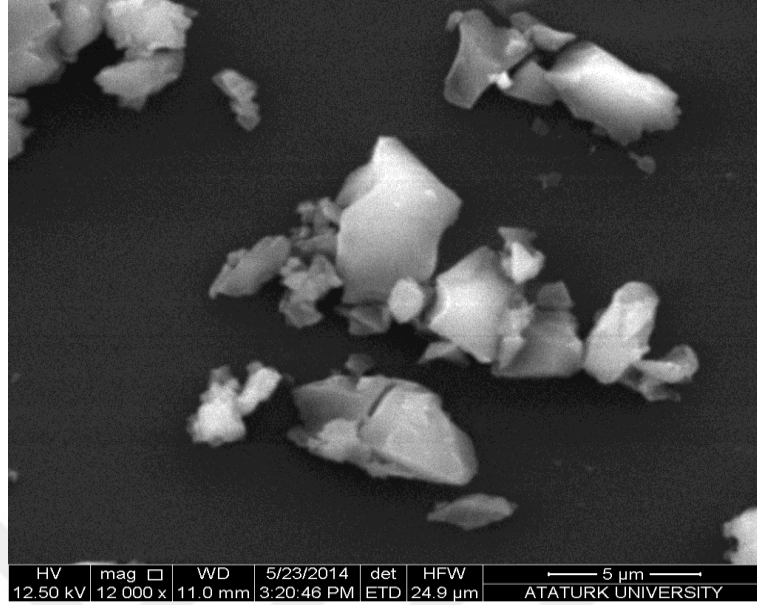
Şekil 4.29. 30 dakika 20 W Rf güç değerlerinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği



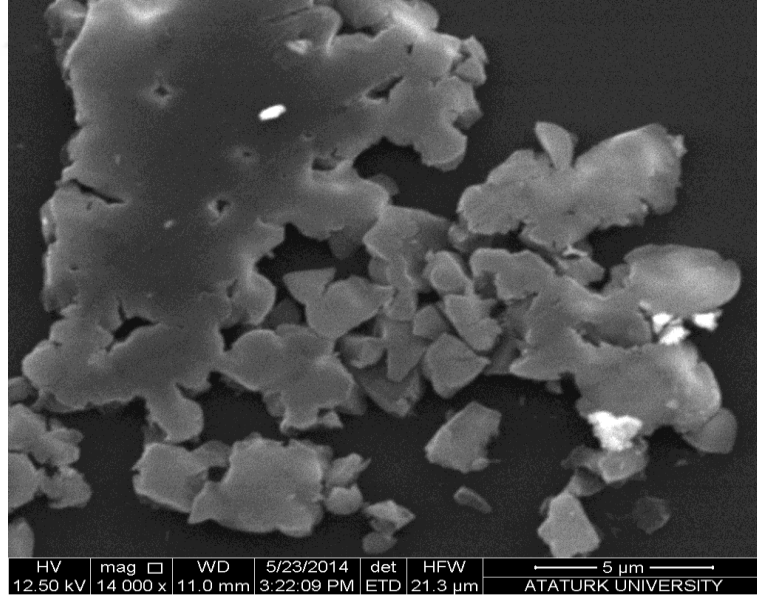
Şekil 4.30. 10 dakika 30 W Rf güç değerlerinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği



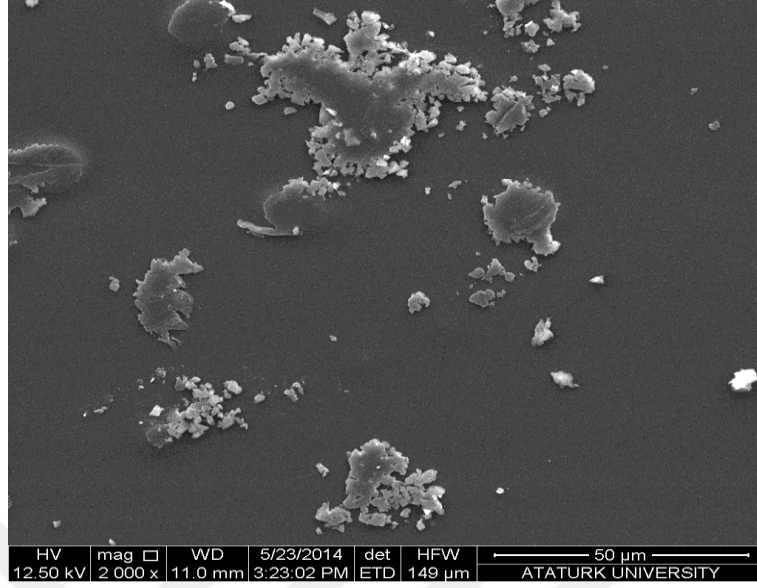
Şekil 4.31. 15 dakika 30 W Rf güç değerlerinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği



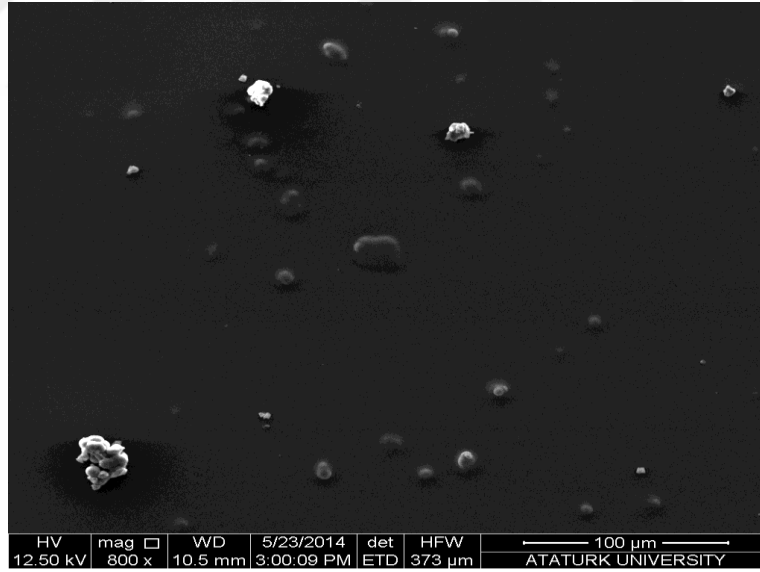
Şekil 4.32. 30 dakika 30 W Rf güç değerlerinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği



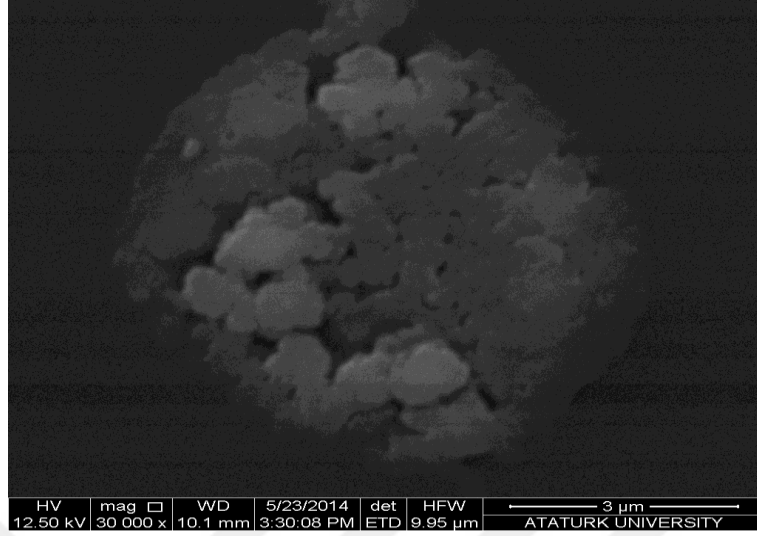
Şekil 4.33. 10 dakika 20 W Rf güç değerlerinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği



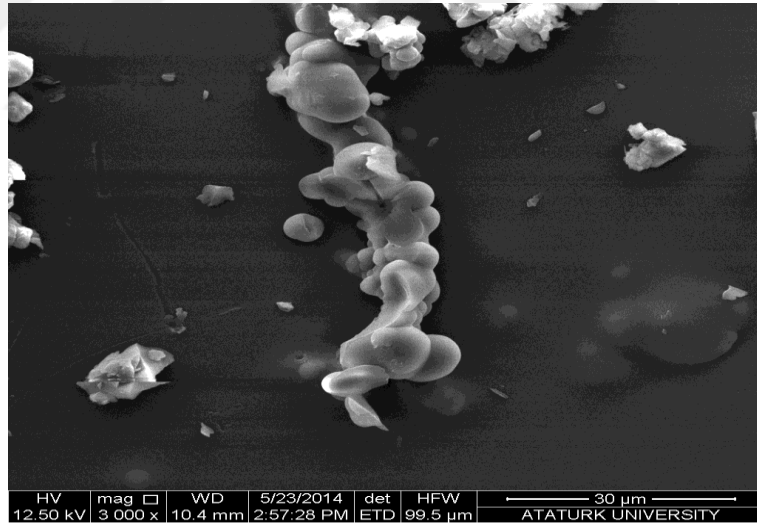
Şekil 4.34. 15 dakika 20 W Rf güç değerlerinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği



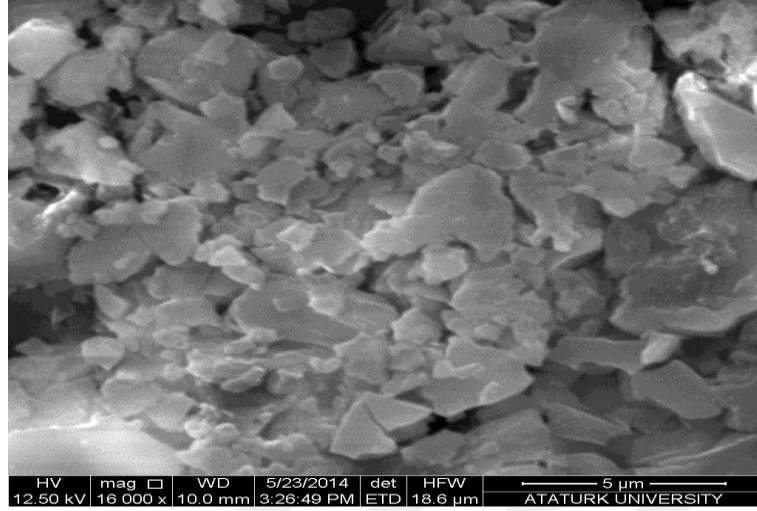
Şekil 4.35. 30 dakika 20 W Rf güç değerlerinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği



Şekil 4.36. 10 dakika 30 W Rf güç değerlerinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği



Şekil 4.37. 15 dakika 30 W Rf güç değerlerinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği

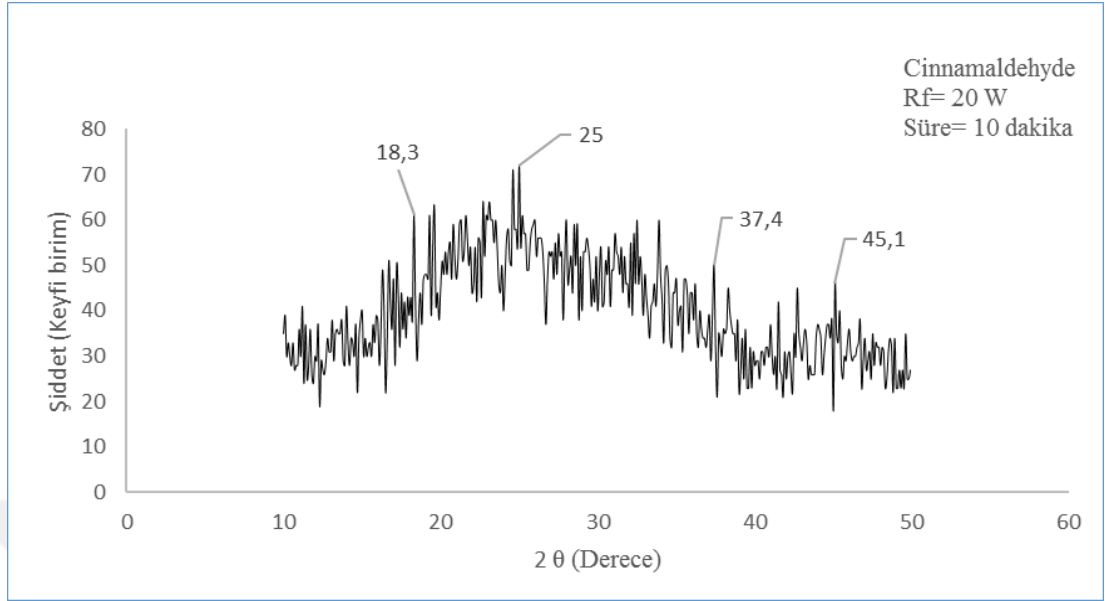


Şekil 4.38. 30 dakika 30 W Rf güç değerlerinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait SEM grafiği

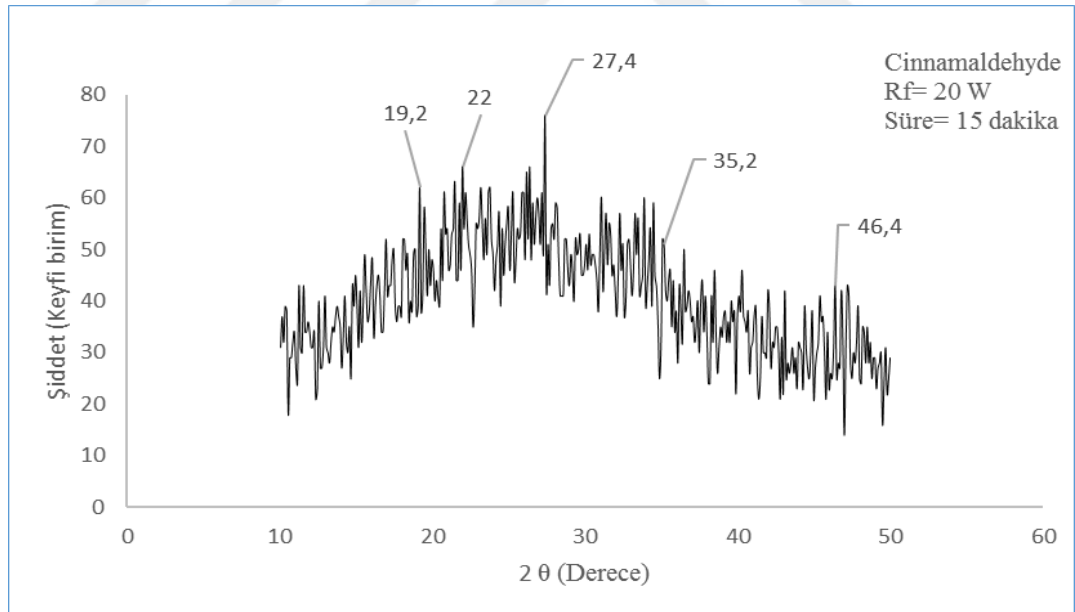
4.3. İnce Filmlerin Yapısal Özelliklerinin Tespit Edilmesi

4.3.1. X-Işını kırınımı analizi

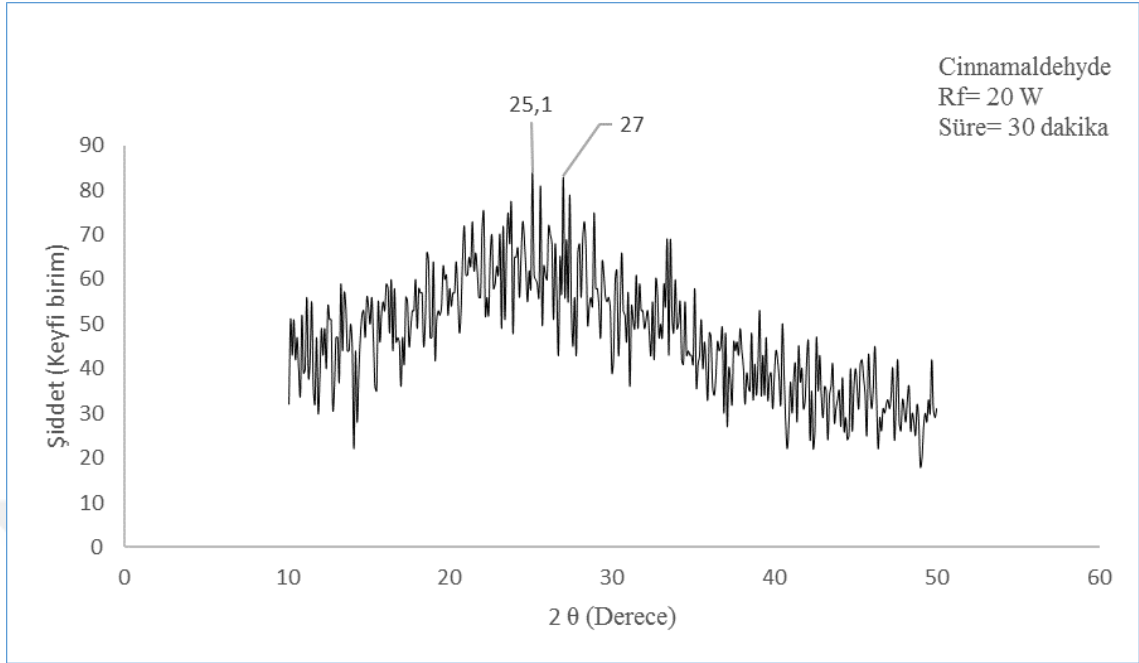
Cinnamaldehyde ve *Perillaldehyde* monomerlerinden elde edilen polimerik ince filmlere ait X-Işını Kırınımı desenleri elde edilmiştir. *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen polimerik ince filmlere bakıldığında, düşük pikleri sırasıyla $2\theta=18.3^\circ$ ve 19.2° dedir. 2θ değerleri aynı Rf güç değerleri dikkate alındığında artan kaplama süresi ile nispeten azaldığı görülmüştür. Polimerik ince filmlerin ana karakteristik pikleri sırasıyla $2\theta=25^\circ$, 37° ve 45° de görülmektedir. *Perilaldehyde* uçucu yağ bileşeninden elde edilen ince filmlerin X-Işını Kırınımı desenlerine bakıldığında, önemli piklerin $2\theta=24^\circ$, 34° ve 40° 'de olduğu görülmektedir. Her iki uçucu yağ bileşeninden elde edilen ince filmlerin X-Işını kırınım desenlerindeki pikler göz önünde bulundurulduğunda polimerik ince filmlerin amorf yapıda olduğu anlaşılmaktadır. Bunun en önemli nedeni olarak, ince filmlerin kırınım desenlerinin, sürekli X-Işını desenine sahip olmasından ileri gelmektedir.



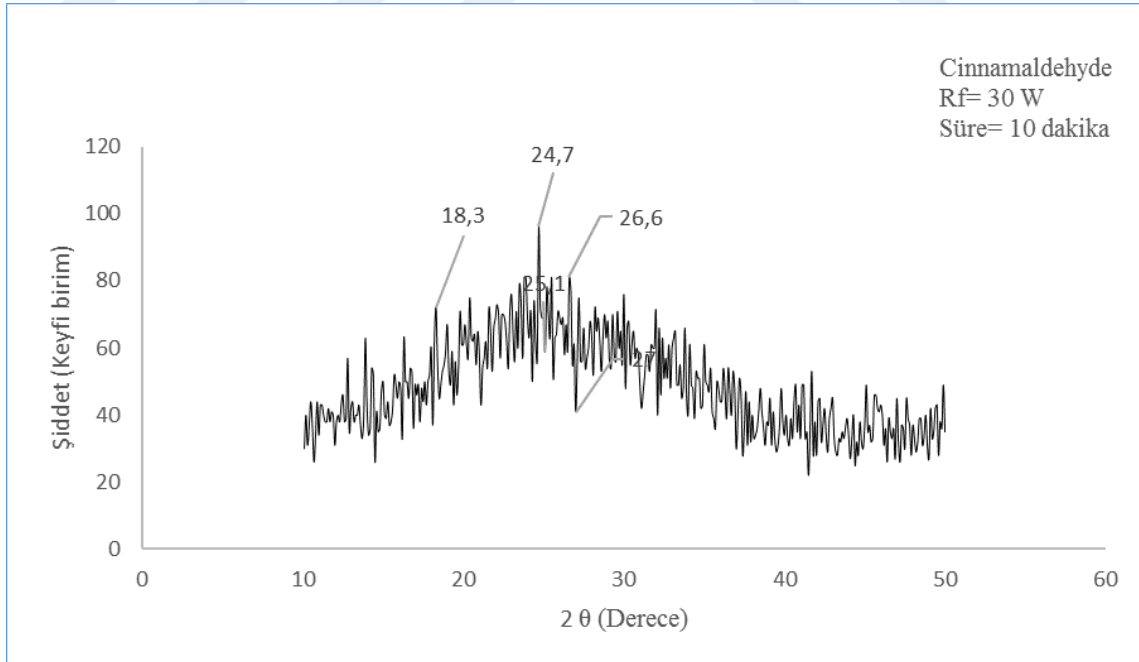
Şekil 4.39. 10 dakika 20 W Rf güç değerlerinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği



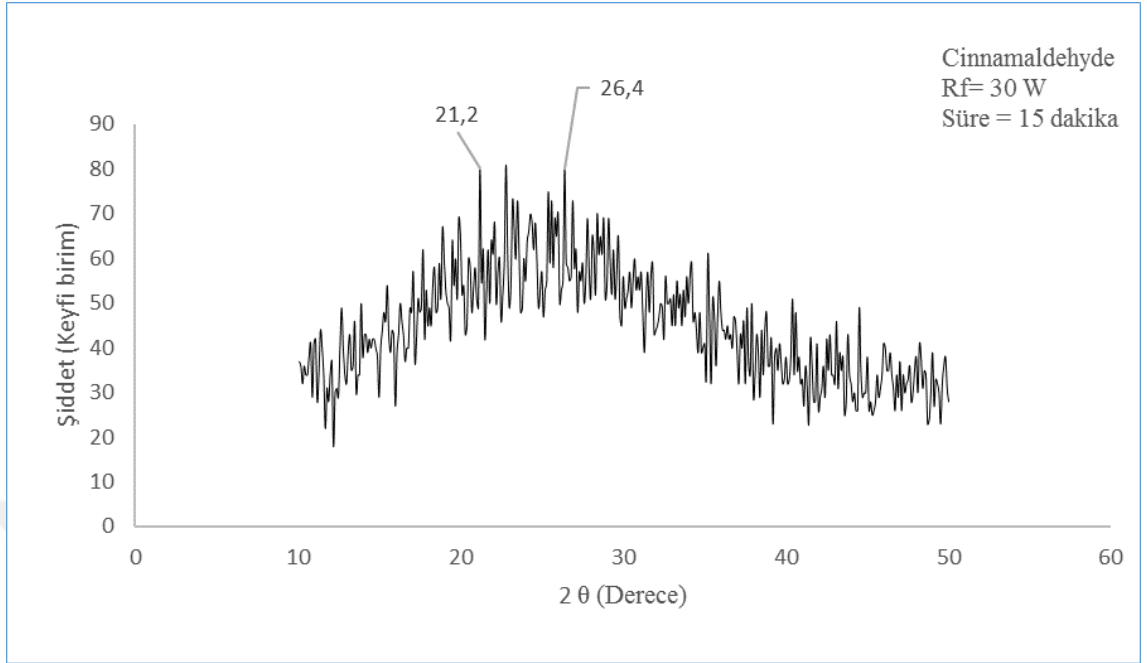
Şekil 4.40. 15 dakika 20 W Rf güç değerlerinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği



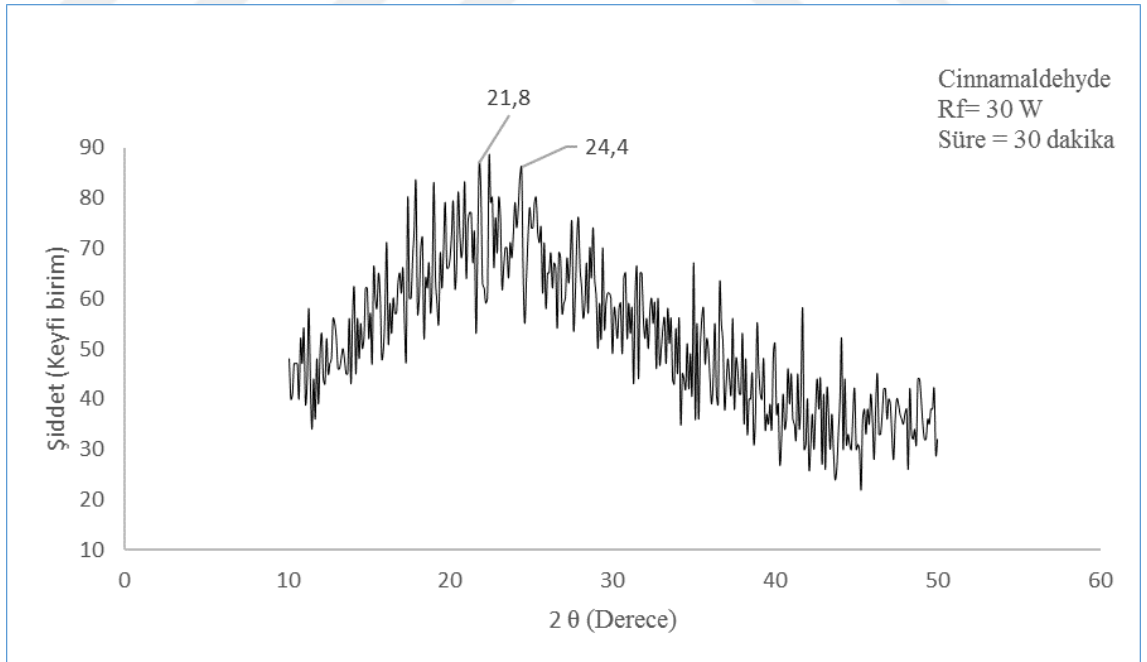
Şekil 4.41. 30 dakika 20 W Rf güç değerlerinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği



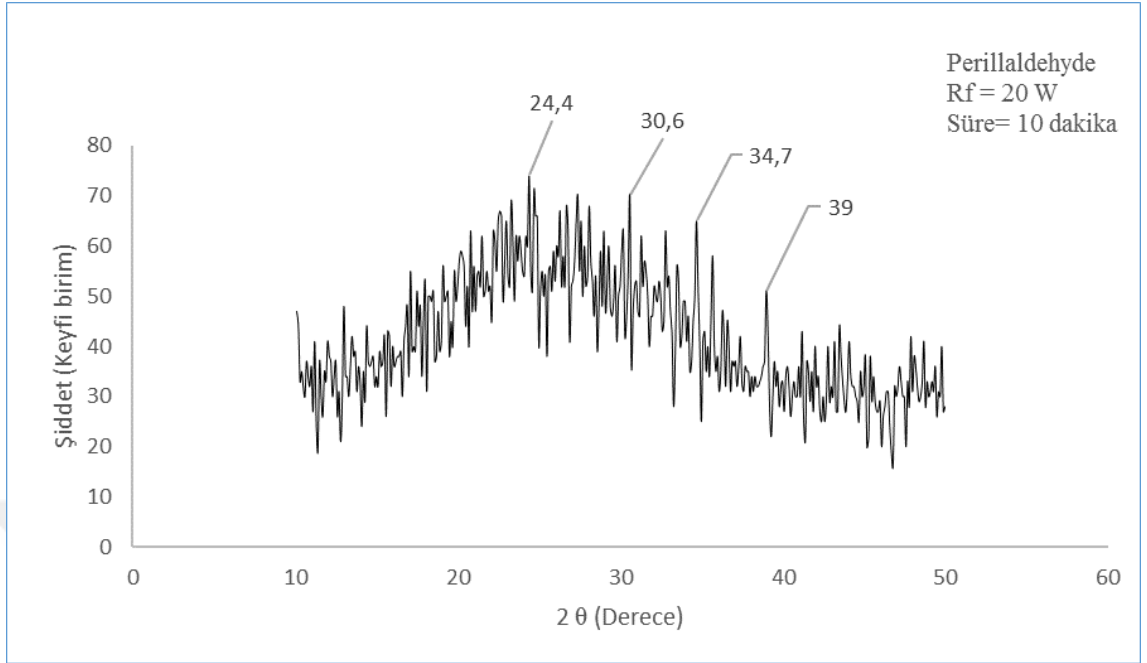
Şekil 4.42. 10 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği



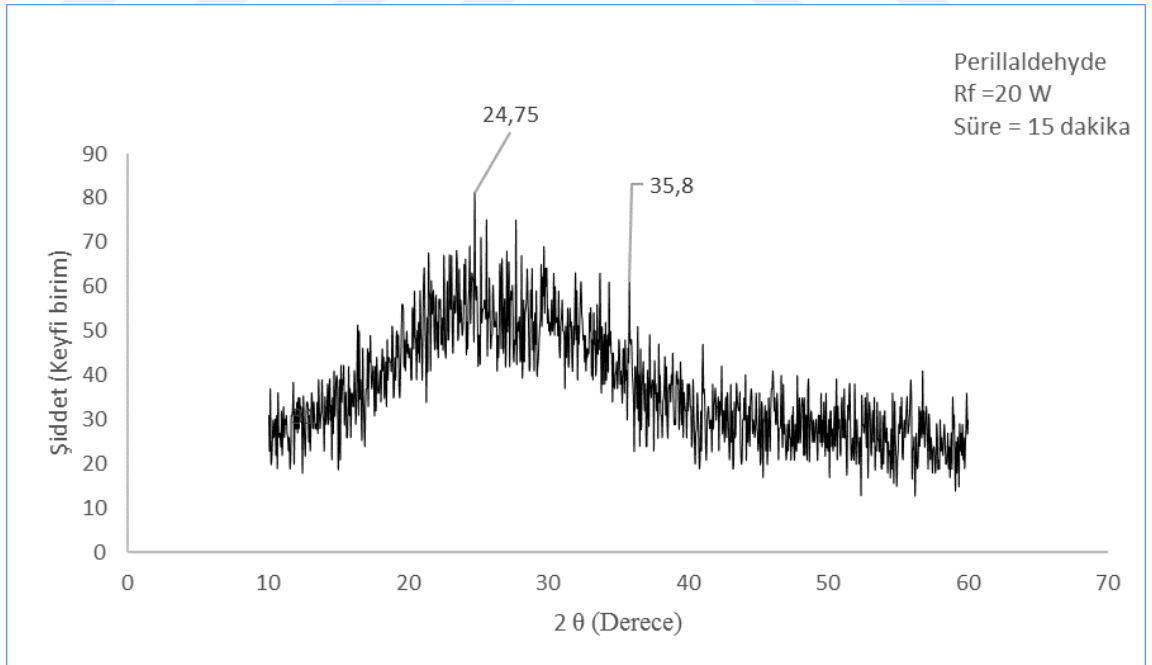
Şekil 4.43. 15 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği



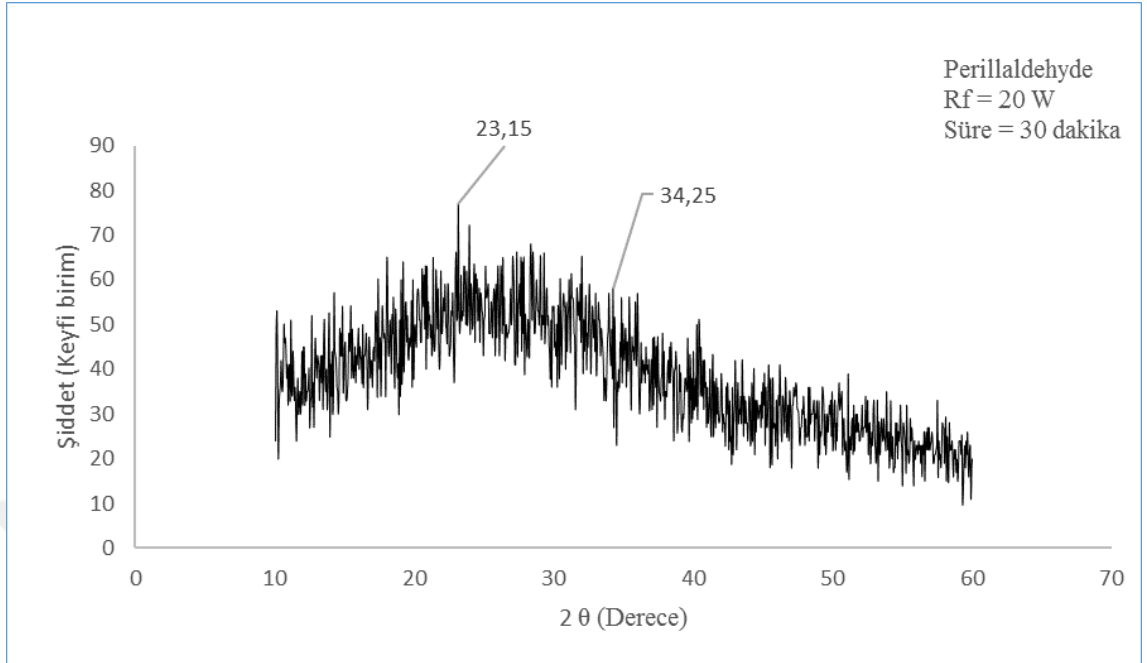
Şekil 4.44. 30 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği



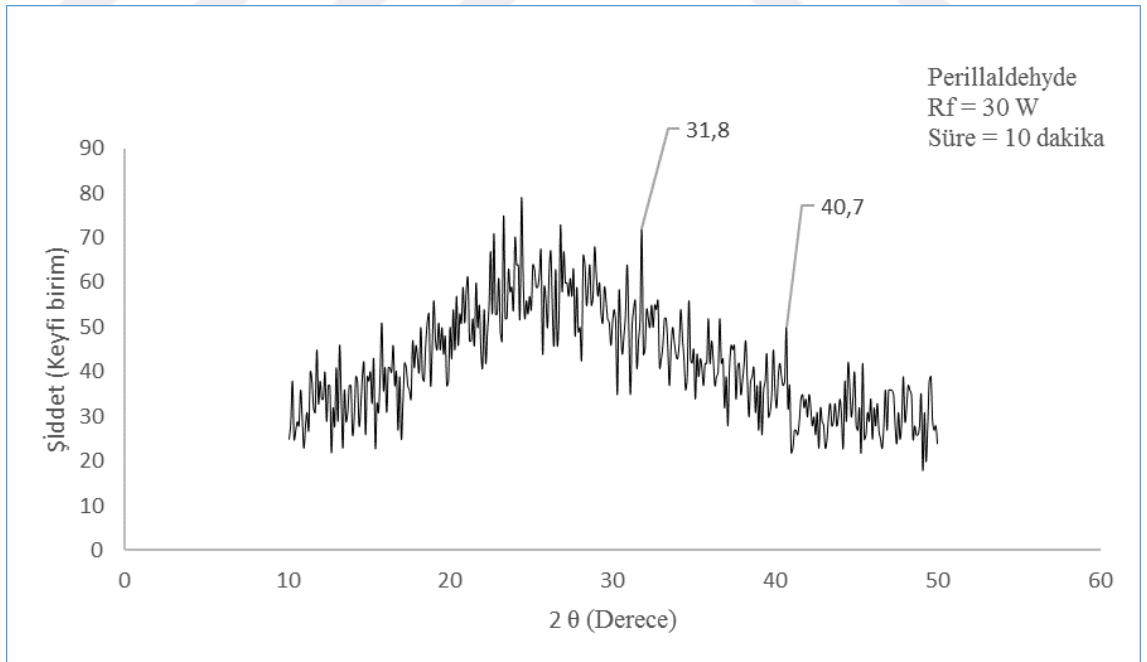
Şekil 4.45. 10 dakika ve 20 W Rf güç değerlerinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği



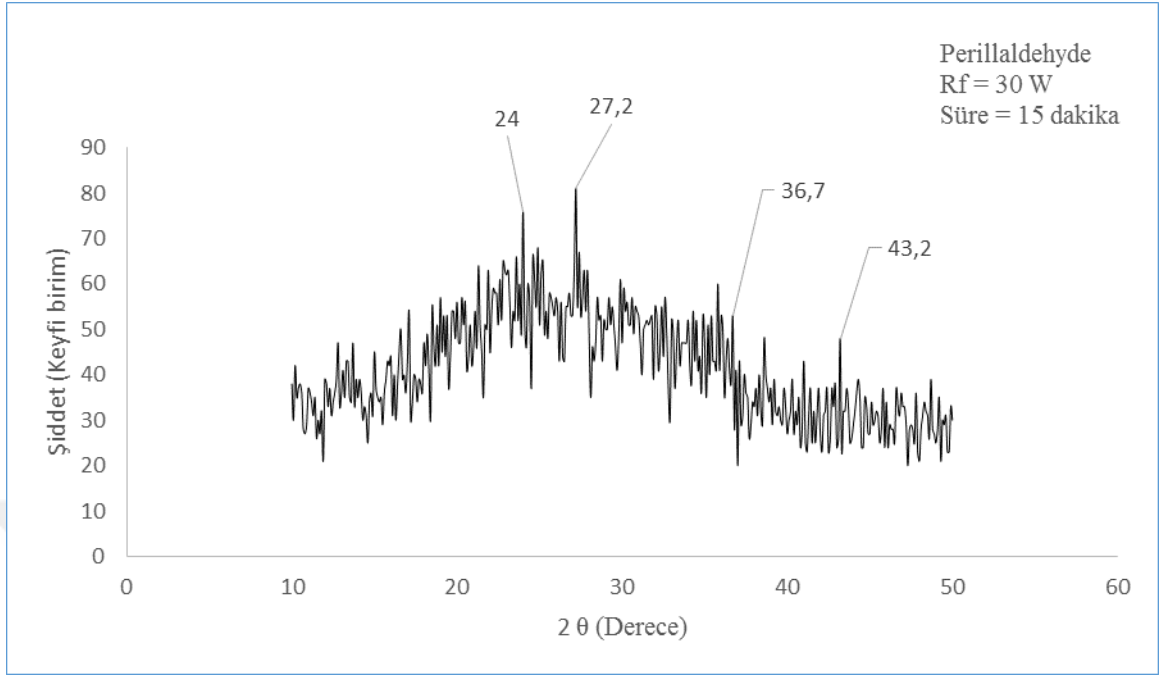
Şekil 4.46. 15 dakika ve 20 W Rf güç değerlerinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği



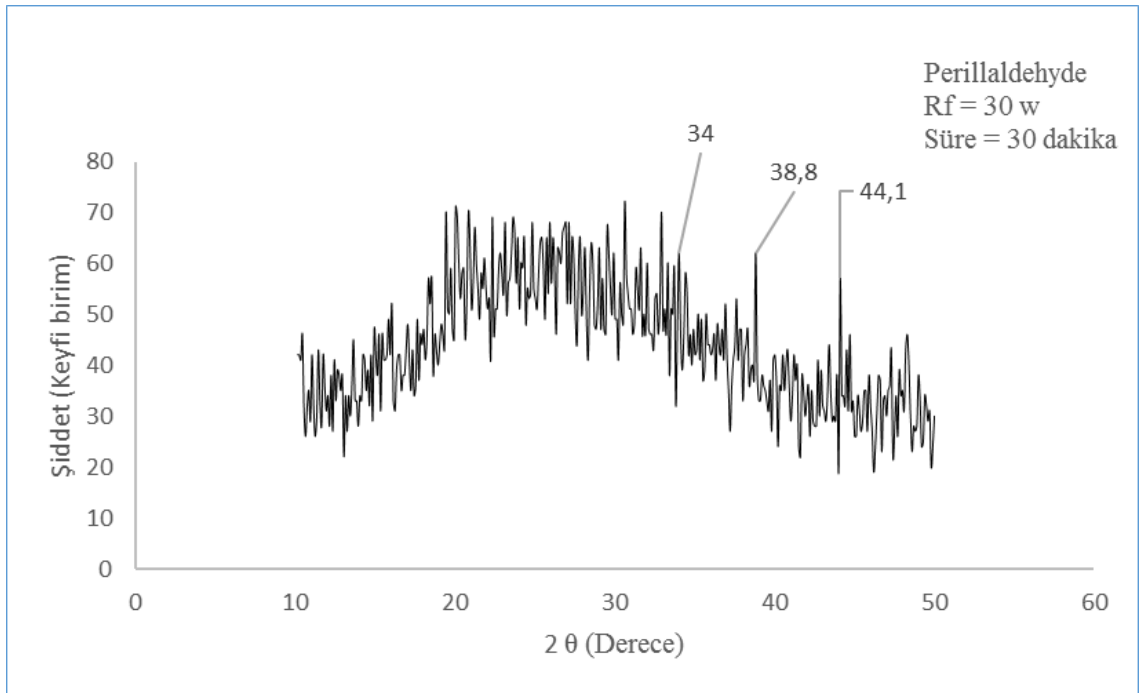
Şekil 4.47. 30 dakika ve 20 W Rf güç değerlerinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği



Şekil 4.48. 10 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği



Şekil 4.49. 15 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği



Şekil 4.50. 30 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filme ait XRD grafiği

4.4. İnce Filmlerin Optik Özelliklerinin Tespiti

4.4.1. UV-Visible spektroskopisi analizleri

UV-VIS spektrofotometre deneyleri, 1100-200 nm aralığında ölçüm yapabilen Digilab Hitachi marka ve U-2800 model çift ışın yollu UV-VIS spektrofotometre ile yapılmıştır. Tüm numunelerin optik özelliklerinin belirlenmesi için, Rf güç değeri ve kaplama sürelerinin fonksiyonu olarak ölçümler alınmıştır. Optik özellikler, soğurma ve $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$ grafiklerinden yararlanılarak incelenmiştir. Ayrıca, $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$ grafiklerinden ince filmlerin band gap (E_g) değerleri de belirlenmiştir. İnce film kaplamaların optik özellikleri açısından önemli bir etken olan ince film kalınlıkları da yine UV-Vis spektroskopisi kullanılarak incelenmiştir.

4.4.1.a. *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmlerin yasak enerji değerleri

Üretilen ince filmlerin yasak enerji aralıklarının belirlenebilmesi için her bir filmin ayrı ayrı $(\alpha h\nu)^2$ 'nin $h\nu$ 'ye göre değişim grafikleri çizilmiştir. Bu grafiklerin lineer kısımlarının doğrultusunun $h\nu$ eksenini $(\alpha h\nu)=0$ 'da kestiği noktanın enerji değerleri filmlerin yasak enerji aralıkları olarak ölçülmüştür. Yasak enerji değerleri (band gap), literatürdeki çalışmalarla da kıyaslanmış ve kaplama parametreleriyle değişimi incelenmiştir. *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmlerin band gap değerleri, kaplama parametrelerinin değişmesiyle 2,60 eV - 4,03 eV aralıklarında değişim göstermektedir.

20 W Rf gücü ve 10 dakika kaplama süresinde elde edilen ince filmin $(\alpha h\nu)^2$ 'nin $h\nu$ 'ye değişim grafiği Şekil 4.51'de gösterilmiştir. Bu grafik incelendiğinde ince filmin lineer soğurma katsayısındaki artışın yaklaşık olarak 2,5 eV enerji değerine kadar çok yavaş olduğu ve bu enerji değerinden sonra keskin artışın olduğu anlaşılmaktadır. 20 W Rf gücü ve 10 dakika kaplama süresinde elde edilen ince filmin yasak enerji aralığı 2,65 eV olarak ölçülmüştür.

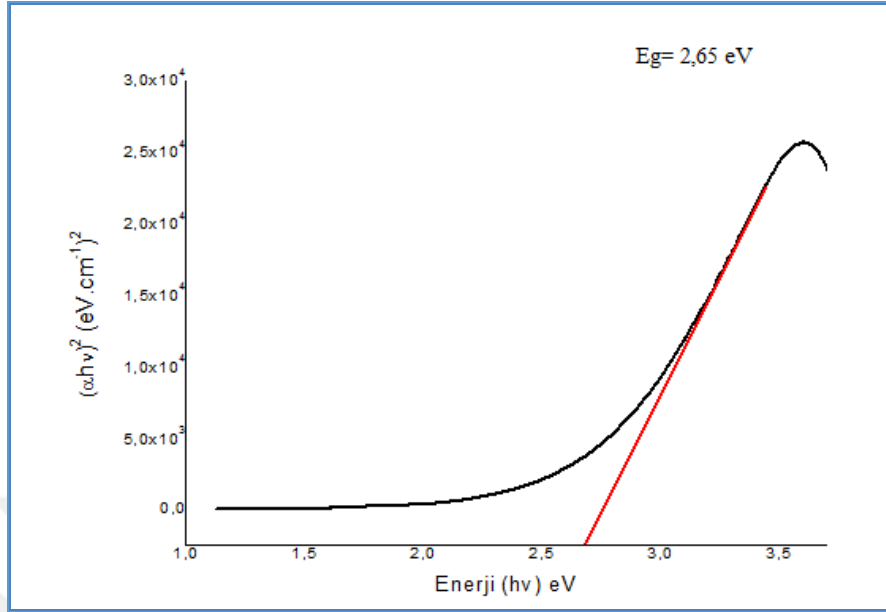
20 W Rf gücü ve 15 dakika kaplama süresinde elde edilen ince film için çizilen $(\alpha hv)^2$ 'nin hv 'ye göre değişim grafiği Şekil 4.52'da verilmektedir. Bu grafikten, temel soğurma olayı yaklaşık olarak 2,9 eV değerinden itibaren gözlenmiş olup, bu ince film için yasak enerji aralığı 3,1 eV olarak ölçülmüştür.

20 W Rf gücü ve 30 dakika kaplama süresinde elde edilen ince film için $(\alpha hv)^2$ 'nin hv 'ye göre değişim grafiği çizildiğinde soğurma değerinin 2,5 eV enerji değerine kadar çok yavaş arttığı, bu enerji değerinden itibaren hızlı bir artışın olduğu ve temel soğurma olayının başladığı gözlenmiştir. İnce filmin $(\alpha hv)^2$ 'nin hv 'ye göre değişim grafiği Şekil 4.53.'de verilmektedir. Bu ince film için yasak enerji aralığı grafik yardımıyla 2,90 eV olarak hesaplanmıştır. 30 W Rf gücünde ve 10, 15 ve 30 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmlerin $(\alpha hv)^2$ 'nin hv 'ye değişim grafikleri sırasıyla Şekil 4.54, Şekil 4.55 ve Şekil 4.56'de gösterilmiştir. Bu grafiklerden ince filmlerin yasak enerji değerleri sırasıyla 3,55 eV, 3,48 eV ve 3,80 eV olarak hesaplanmıştır.

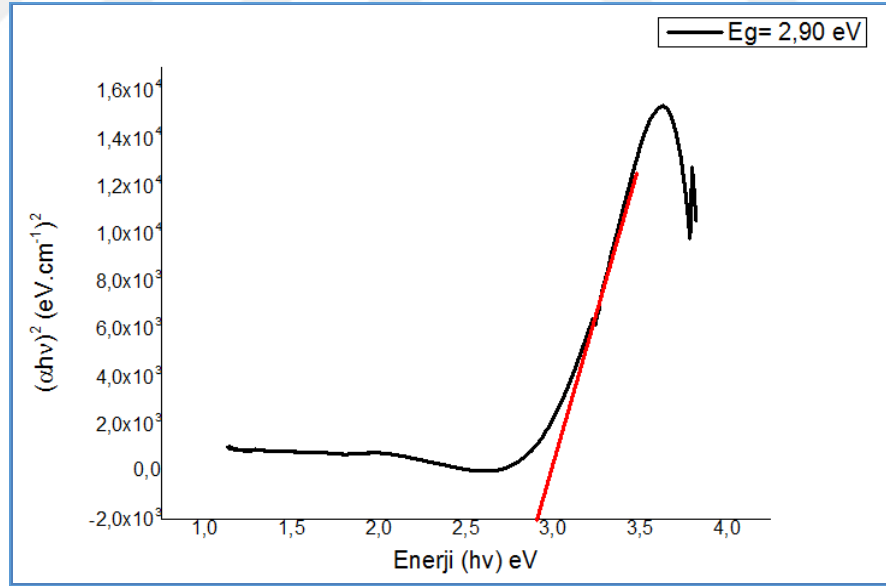
Cinnamaldehyde monomeri kullanılarak elde edilen ince filmler için, Rf güç değerlerinin artmasıyla yasak enerji değerlerinin de artması önemli bir sonuç olarak görülmektedir. Bununla birlikte Rf güç değerleri sabit tutularak farklı kaplama sürelerinde elde edilen ince filmlerde anlamlı ilişki görülmemiştir.

Çizelge 4.2. *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmlerin yasak enerji değerleri

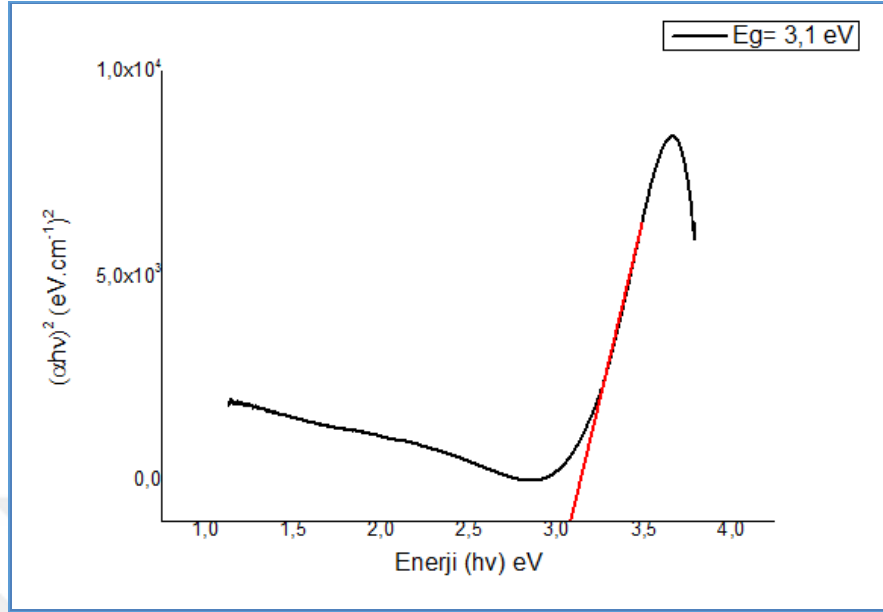
Monomer adı	Rf gücü (W)	Kaplama süresi (dk)	Yasak enerji değeri (Eg)
<i>Cinnamaldehyde</i>	20	10	2,65 eV
		15	2,90 eV
		30	3,10 eV
	30	10	3,55 eV
		15	3,48 eV
		30	3,80 eV



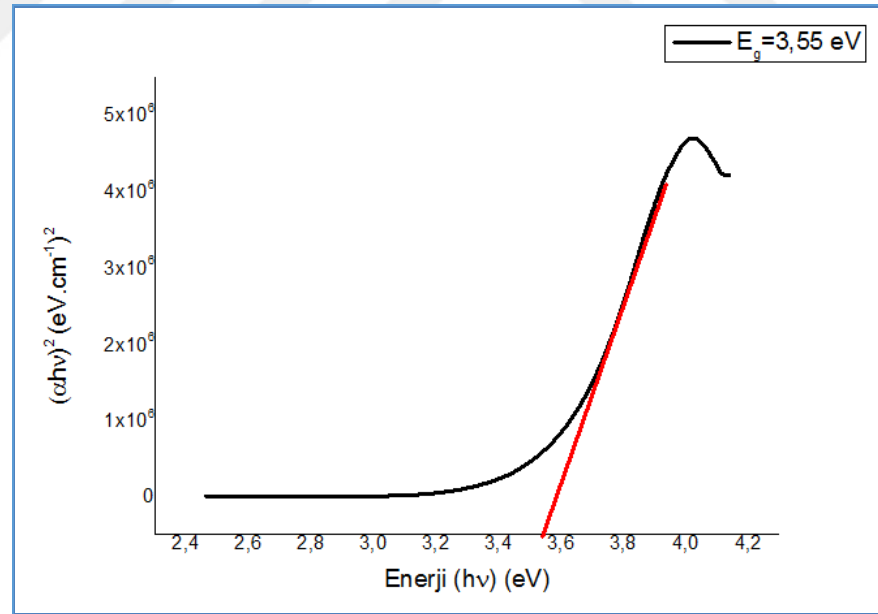
Şekil 4.51. Cinnamaldehyde monomerinden 10 dakika ve 20 W Rf gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\alpha hv)^2 - hv$ (enerji) grafiği



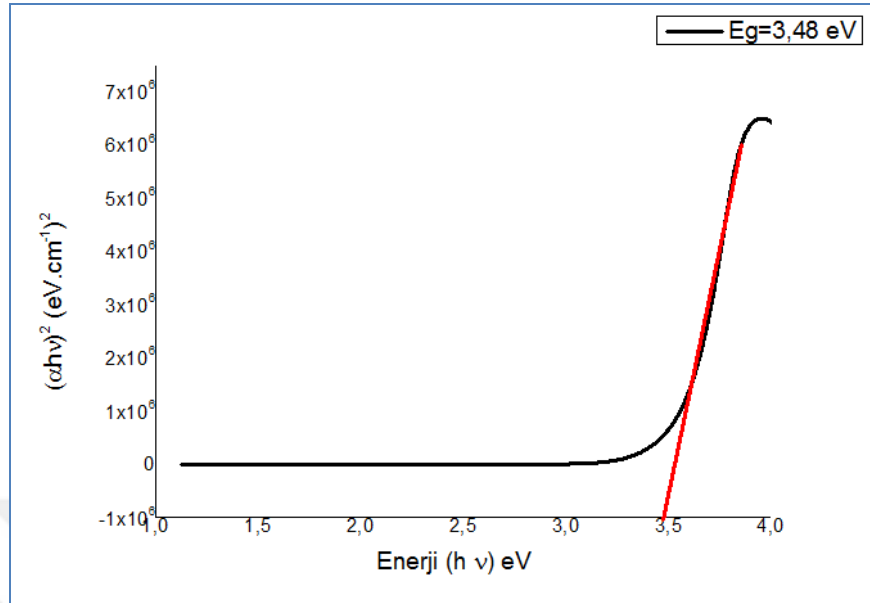
Şekil 4.52. Cinnamaldehyde monomerinden 15 dakika ve 20 W Rf gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\alpha hv)^2 - hv$ (enerji) grafiği



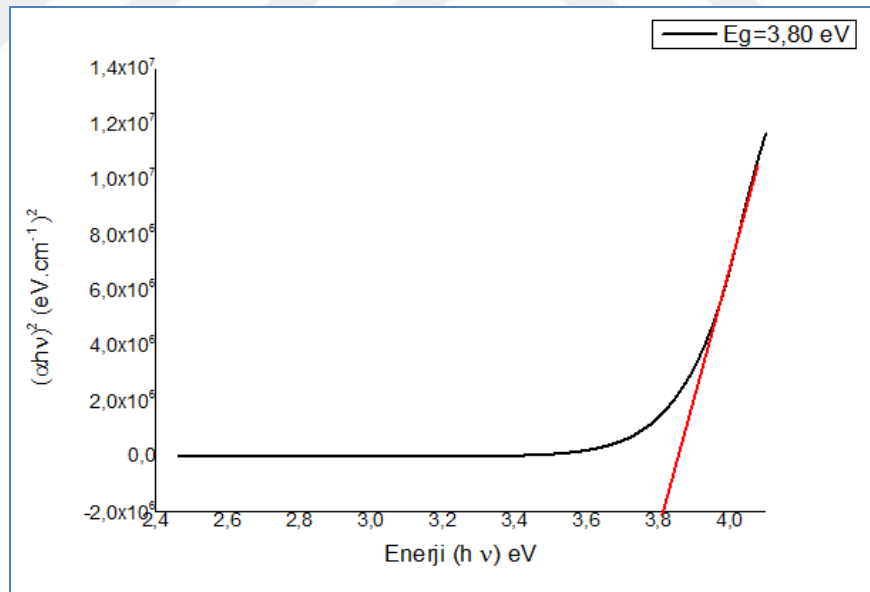
Şekil 4.53. Cinnamaldehyde monomerinden 30 dakika ve 20 W Rf gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$ (enerji) grafiği



Şekil 4.54. Cinnamaldehyde monomerinden 10 dakika ve 30 W Rf gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$ (enerji) grafiği



Şekil 4.55. Cinnamaldehyde monomerinden 15 dakika ve 30 W Rf gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$ (enerji) grafiği



Şekil 4.56. Cinnamaldehyde monomerinden 30 dakika ve 30 W Rf gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$ (enerji) grafiği

4.4.1.b. *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmlerin yasak enerji değerleri

Perillaldehyde monomerinden elde edilen ince filmlerin yasak enerji aralıklarının belirlenebilmesi için her bir filmin ayrı ayrı $(\alpha hv)^2$ 'nin hv 'ye göre değişim grafikleri çizilmiştir. Grafiklerin lineer kısımlarının doğrultusunun hv eksenini $(\alpha hv)=0$ 'da kestiği noktanın enerji değerleri filmlerin yasak enerji aralıkları olarak belirlenmiştir.

20 W Rf gücünde ve 10, 15 ve 30 dakikalık kaplama süresinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmlerin $(\alpha hv)^2$ 'nin hv 'ye değişim grafikleri sırasıyla Şekil 4.57, Şekil 4.58 ve Şekil 4.59'de gösterilmiştir. Bu grafiklerden ince filmlerin yasak enerji değerleri sırasıyla 4,03 eV, 3,86 eV ve 3,95 eV olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.57'e bakıldığında, soğurma değerinin 3,90 eV enerji değerine kadar çok yavaş arttığı ve bu enerji değerinden itibaren hızlı bir artışın olduğu gözlenmiştir. Şekil 4.58'e bakıldığında 20 W 15 dakika kaplama parametresinde elde edilen ince filmin temel soğurma olayı, yaklaşık olarak 3,70 eV değerinden itibaren gözlenmiş olup, bu ince film için yasak enerji aralığı 3,86 eV olarak ölçülmüştür. 20 W 30 dakika kaplama süresinde elde edilen ince filmin ise soğurma olayı 3,75 eV dan sonra hızlı bir şekilde artış göstermiştir. Bu ince filmin yasak enerji aralığının 3,95 eV olduğu belirlenmiştir.

30 W Rf gücünde ve 10, 15 ve 30 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmlerin $(\alpha hv)^2$ 'nin hv 'ye değişim grafikleri sırasıyla Şekil 4.60, Şekil 4.61 ve Şekil 4.62'de gösterilmiştir. Bu grafiklerden ince filmlerin yasak enerji değerleri sırasıyla 3,93 eV, 3,19 eV ve 2,69 eV olarak hesaplanmıştır. *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmlerin yasak enerji değerleri Çizelge 4.3'de verilmiştir.

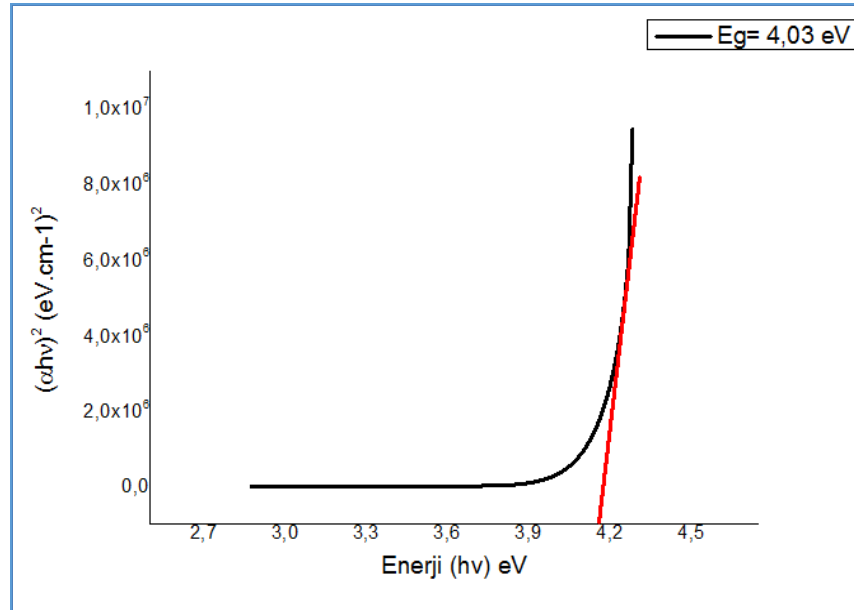
Literatür çalışmaları incelendiğinde, başka bir uçucu yağ bileşeni olan *Lavandula Angustifolia* monomerinden elde edilen ince filmlerin yasak enerji değerleri (Eg) kaplama parametrelerinden Rf güç değerlerinin artmasıyla azaldığını rapor edilmiştir (Easton 2010). Bizim çalışmamızdaki ince filmlerin yasak enerji değerlerinin Rf güç

değerleri arttıkça yasak enerji aralığının azalması, bu çalışma ile uyum içerisinde olduğunu göstermektedir.

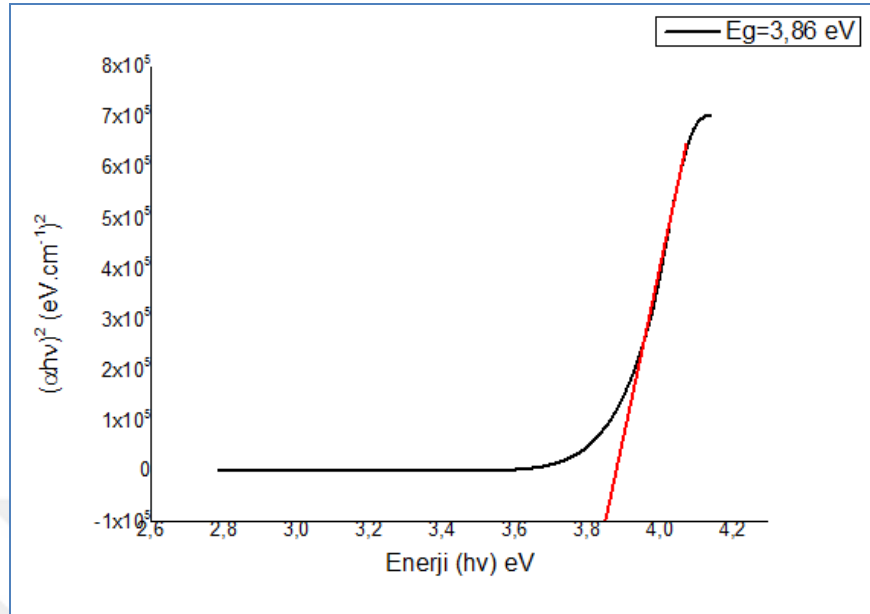
Çizelge 4.3. *Perillaldehyde*'den elde edilen ince filmlerin yasak enerji değerleri

Monomer adı	Rf gücü (W)	Kaplama süresi (dk)	Yasak enerji değeri (Eg)
<i>Perillaldehyde</i>	20	10	4,03 eV
		15	3,86 eV
		30	3,95 eV
	30	10	3,93 eV
		15	3,19 eV
		30	2,69 eV

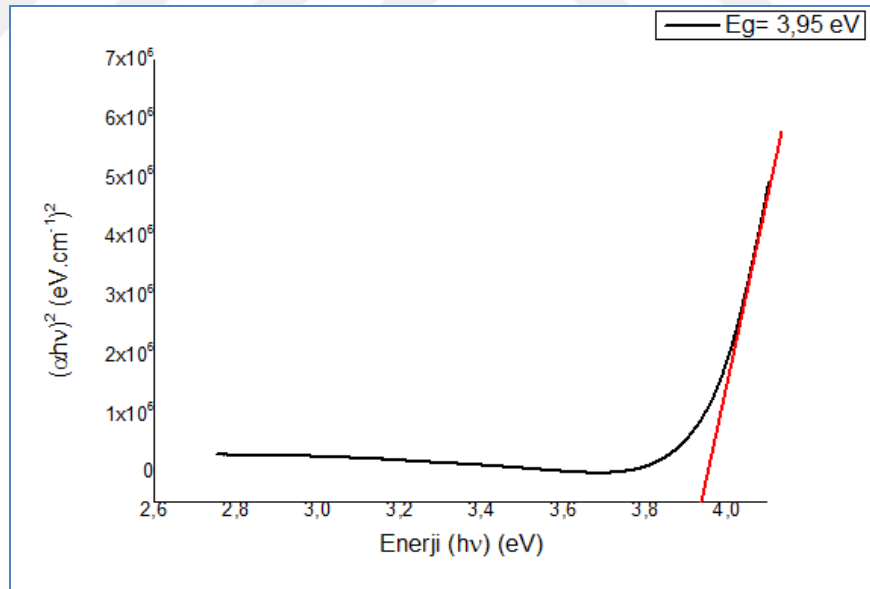
Perillaldehyde monomerinden değişen Rf gücü ve kaplama süresi için elde edilen ince filmlerin $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$ (enerji) grafikleri aşağıdaki şekillerdeki gibidir.



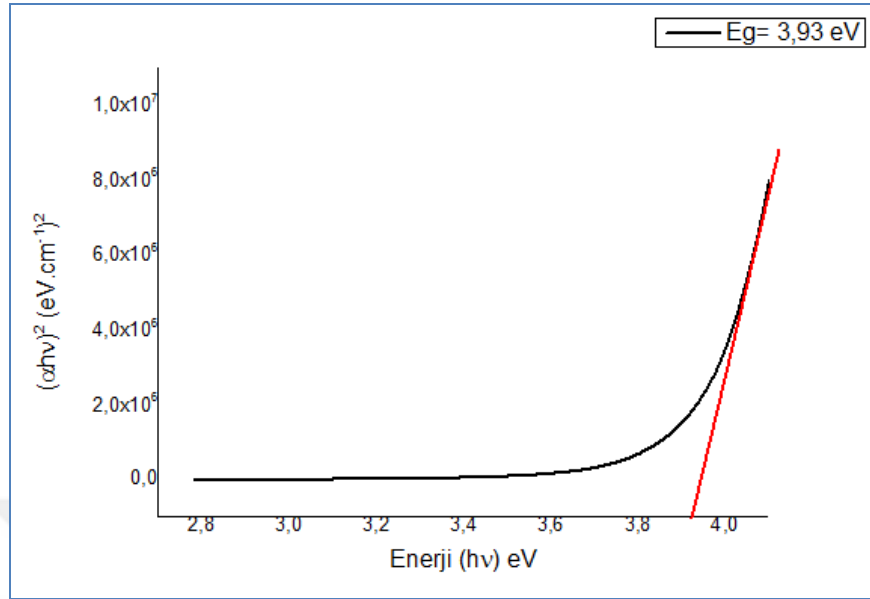
Şekil 4.57. *Perillaldehyde* monomerinden 10 dakika ve 20 W Rf gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$ (enerji) grafiği



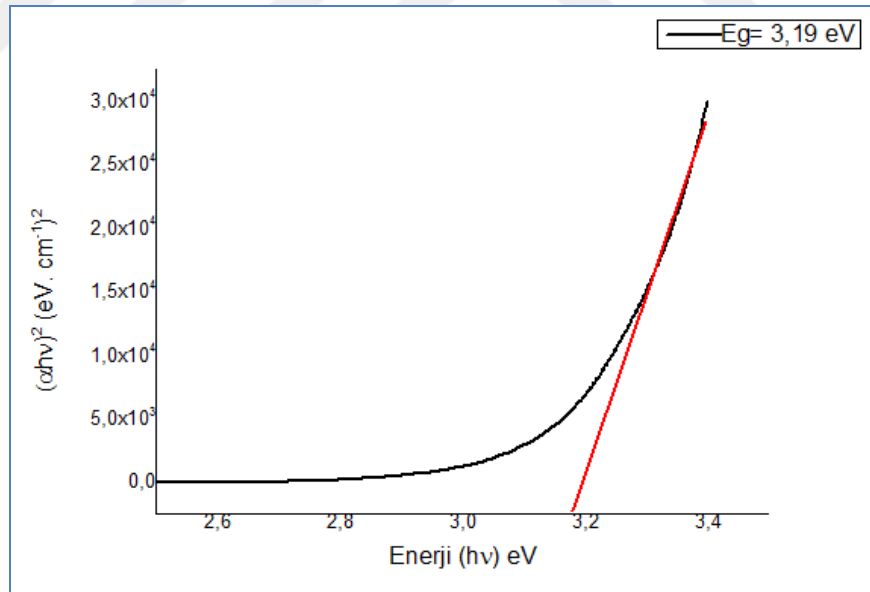
Şekil 4.58. *Perillaldehyde* monomerinden 15 dakika ve 20 W Rf gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$ (enerji) grafiği



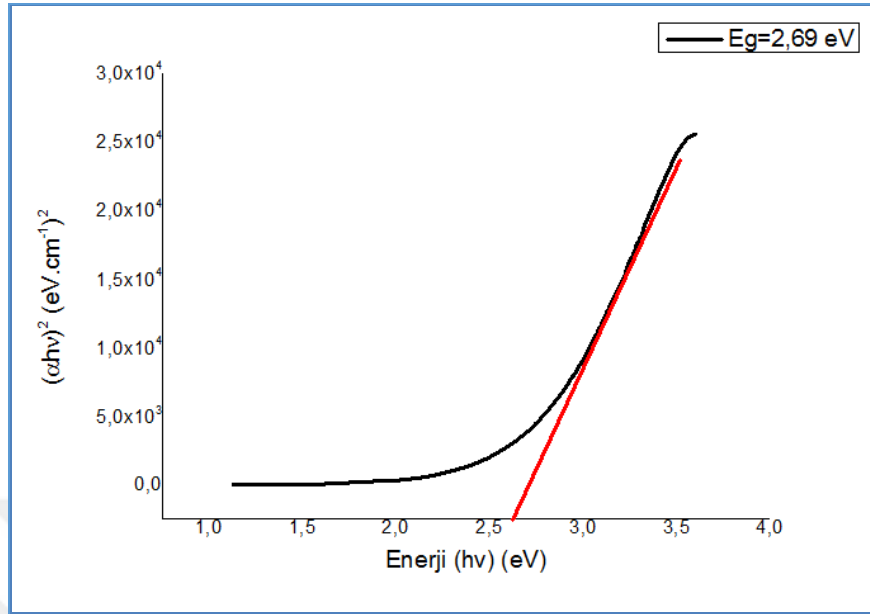
Şekil 4.59. *Cinnamaldehyde* monomerinden 30 dakika ve 20 W Rf gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$ (enerji) grafiği



Şekil 4.60. *Perillaldehyde* monomerinden 10 dakika ve 30 W Rf gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\alpha hv)^2 - hv$ (enerji) grafiği



Şekil 4.61. *Perillaldehyde* monomerinden 15 dakika ve 30 W Rf gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\alpha hv)^2 - hv$ (enerji) grafiği



Şekil 4.62. *Perillaldehyde* monomerinden 30 dakika ve 30 W Rf gücünde elde edilen kaplamaya ait $(\alpha hv)^2 - hv$ (enerji) grafiği

4.4.2. İnce Filmlerin Film Kalınlıklarının Belirlenmesi

4.4.2.a. *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmlerin film kalınlıkları

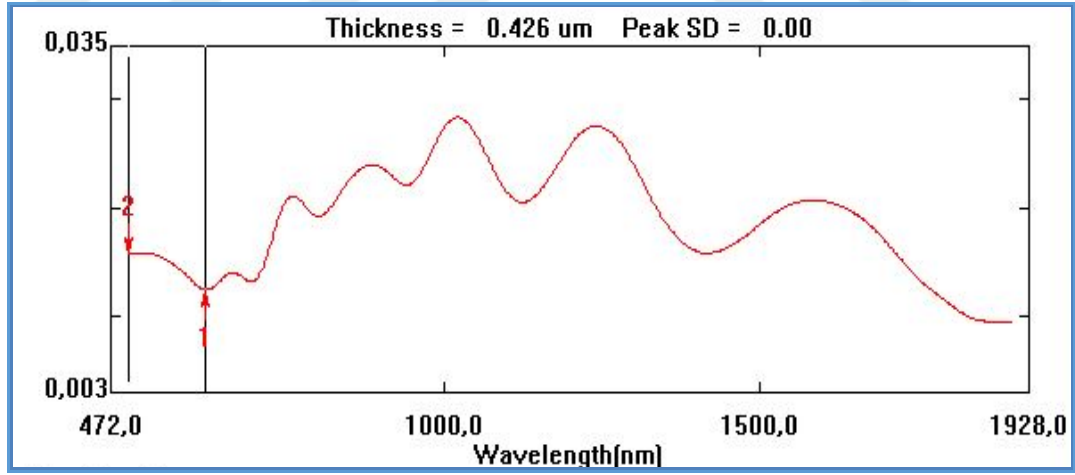
Cinnamaldehyde monomerden elde edilen polimerik kaplamalar için film kalınlığı UV-Vis spektroskopisi kullanılarak belirlenmiştir. Analiz sonuçlarından elde edilen verilere göre, ince filmlerin kalınlıklarının kaplama süresinin artmasıyla doğru orantılı olarak arttığı belirlenmiştir. Polimerik ince filmlerin film kalınlıkları Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4 incelendiğinde Rf güç değerlerinin ve kaplama sürelerinin ince filmlerin film kalınlıkları üzerine önemli ölçüde etki ettiği görülmüştür. Değişen Rf güç değerleri için 20 W Rf güç değerlerinde elde edilen ince filmlerin birikme hızlarının 30 W Rf gücünde elde edilen ince filmlere oranla daha hızlı olduğu görülmüştür. Bununla birlikte 20 W ve 30 W Rf güç değerlerinde elde edilen ince filmler için kaplama süresi arttıkça ince filmlerin birikme hızları ve dolayısıyla film kalınlıklarının doğru orantılı bir şekilde arttığı gözlenmiştir.

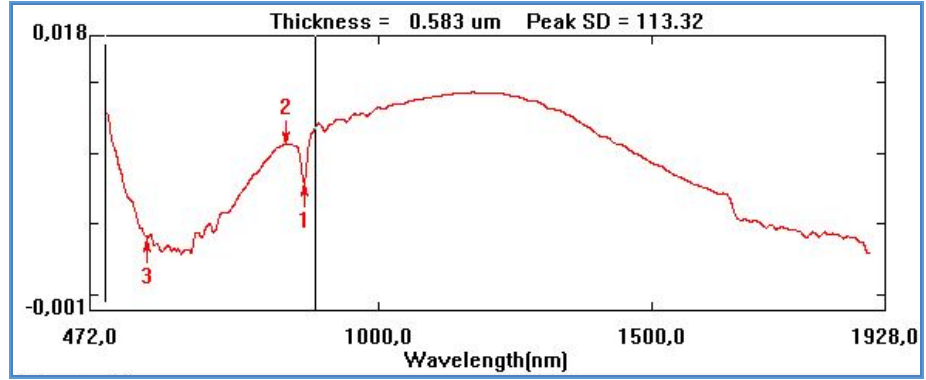
Çizelge 4.4. *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmlerin film kalınlıkları

Monomer Adı	Rf (W)	Zaman (dk)	Ortalama Film kalınlığı (nm)
<i>Cinnamaldehyde</i>	20	10	426
	20	15	583
	20	30	768
	30	10	471
	30	15	902
	30	30	1984

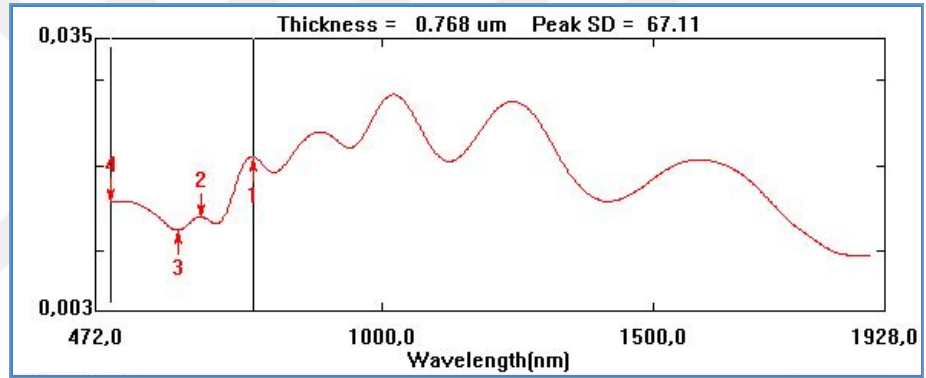
Aşağıdaki şekillerde UV-Vis spektroskopisi kullanılarak elde edilen ince filmler için ortalama film kalınlıklarının (Thickness) Rf gücü ve kaplama süreleri için değişim grafikleri verilmiştir.



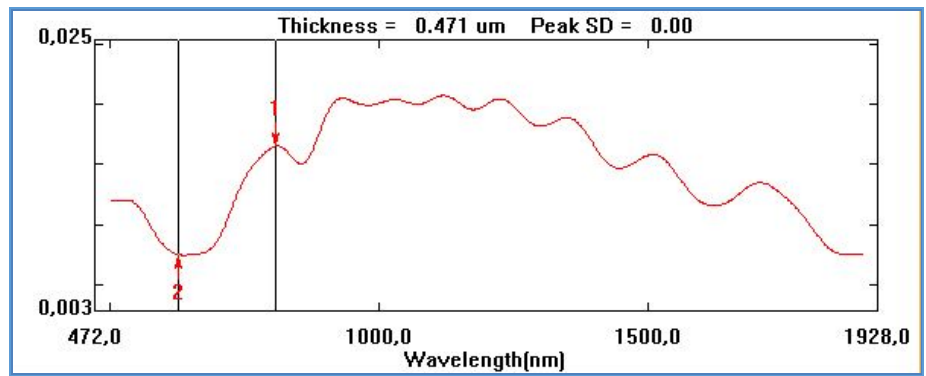
Şekil 4.63. *Cinnamaldehyde* monomerinden 20 W Rf gücü ve 10 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin ortalama film kalınlığı



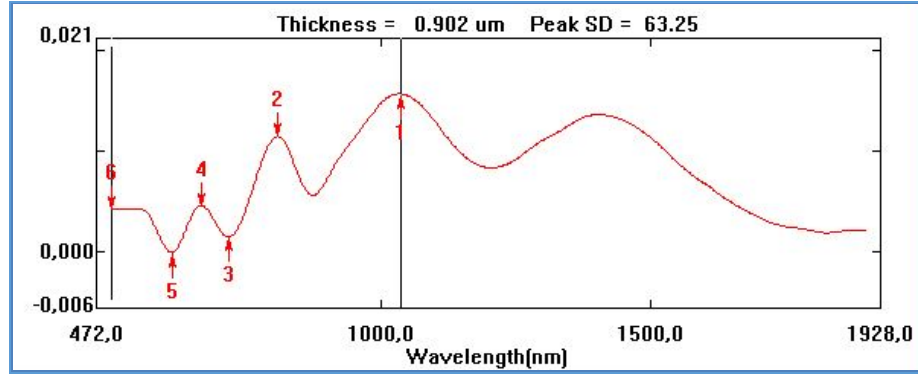
Şekil 4.64. *Cinnamaldehyde* monomerinden 20 W Rf gücü ve 15 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin film kalınlığı



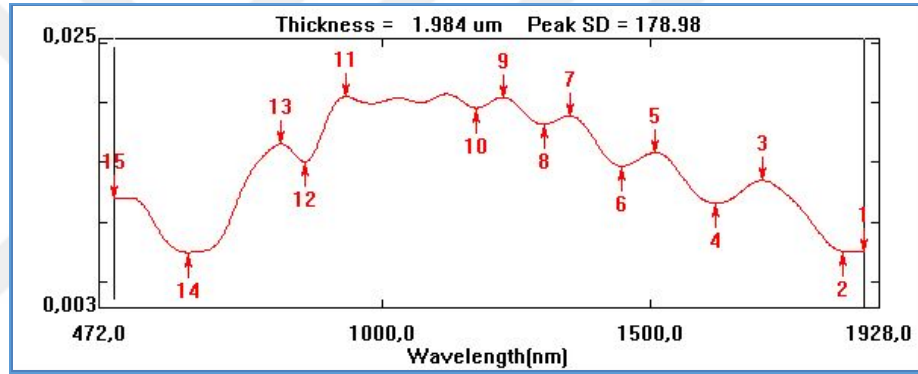
Şekil 4.65. *Cinnamaldehyde* monomerinden 20 W Rf gücü ve 30 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin film kalınlığı



Şekil 4.66. *Cinnamaldehyde* monomerinden 30 W Rf gücü ve 10 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin film kalınlığı



Şekil 4.67. *Cinnamaldehyde* monomerinden 30 W Rf gücü ve 15 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin film kalınlığı



Şekil 4.68. *Cinnamaldehyde* monomerinden 30 W Rf gücü ve 30 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin film kalınlığı

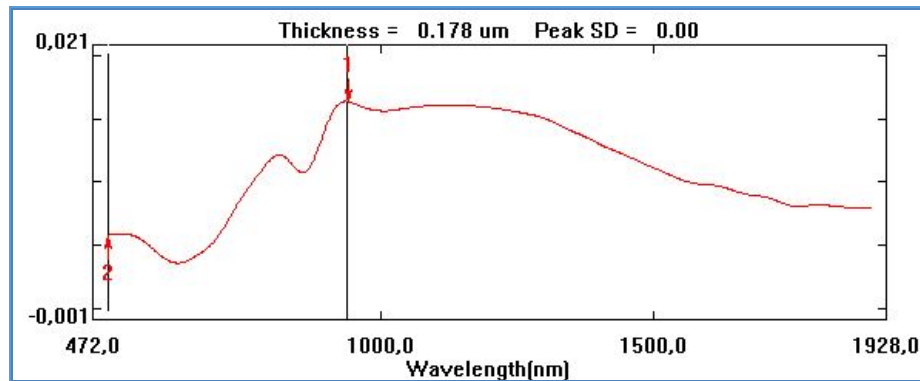
4.4.2.b. *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmlerin film kalınlıkları

Perillaldehyde monomerinden elde edilen polimerik kaplamalar için film kalınlıkları yine UV-Vis spektroskopisi kullanılarak incelenmiştir. Analiz sonuçlarından elde edilen verilere göre, ince filmlerin kalınlıklarının kaplama süresi ve Rf güç değerlerine bağlı olarak değişim gösterdiği görülmüştür. İnce filmlerin film kalınlıklarının bu değişimi Çizelge 4.5’de verilmiştir.

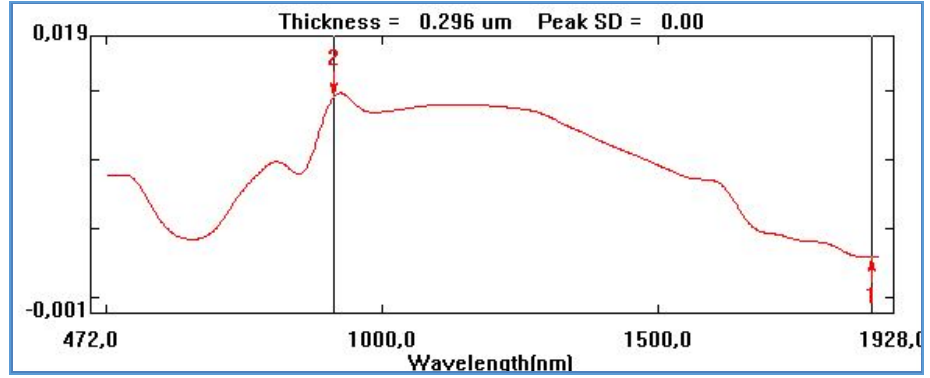
Çizelge 4.5. *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmlerin film kalınlıkları

Monomer Adı	Rf (W)	Zaman (Dk)	Ortalama Film kalınlığı (nm)
Perillaldehyde	20	10	178
	20	15	296
	20	30	486
	30	10	113
	30	15	583
	30	30	869

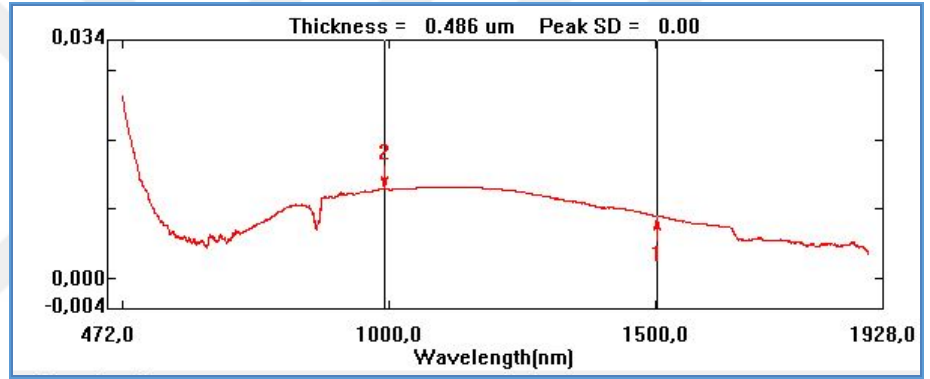
Çizelge 4.5 incelendiğinde, polimerik ince filmlerin film kalınlıklarının kaplama süresinin artmasıyla doğru orantılı bir şekilde arttığı gözlenmiştir. Bununla birlikte bu tablodan Rf güç değerinin de ince filmlerin film kalınlıklarını etkileyen diğer bir parametre olduğu anlaşılmaktadır. Ancak, Rf güçleri dikkate alındığında aynı kaplama sürelerinde 30 W ve 20 W değerlerinde ince filmlerin film kalınlıklarında doğru orantılı olarak bir artış gözlenmemiştir. Aşağıdaki şekillerde UV-Vis spektroskopisi kullanılarak *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmler için ortalama film kalınlıklarının (Thickness) Rf gücü ve kaplama süreleri için değişim grafikleri verilmiştir.



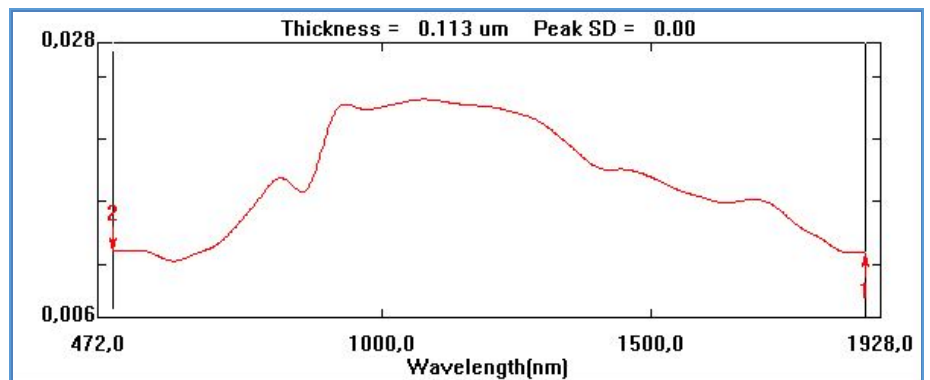
Şekil 4.69. *Perillaldehyde* monomerinden 20 W Rf gücü ve 10 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin film kalınlığı



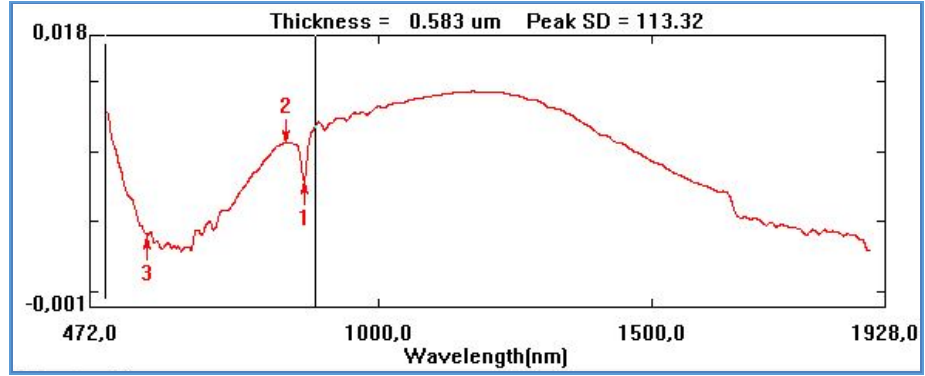
Şekil 4.70. Perillaldehyde monomerinden 20 W Rf gücü ve 15 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin film kalınlığı



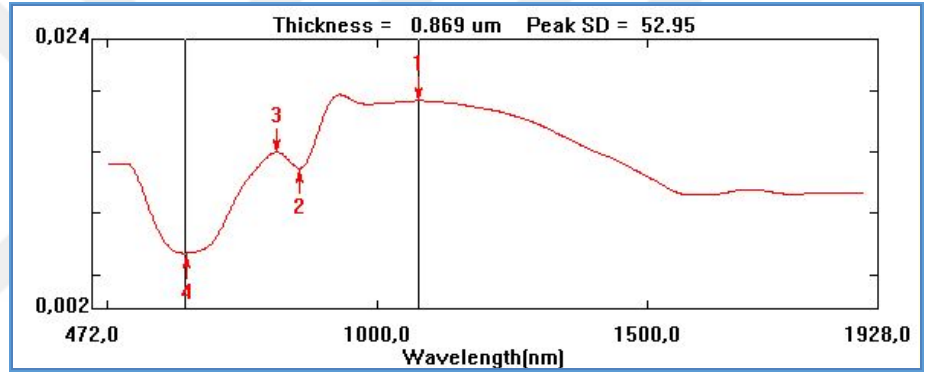
Şekil 4.71. Perillaldehyde monomerinden 20 W Rf gücü ve 30 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin film kalınlığı



Şekil 4.72. Perillaldehyde monomerinden 30 W Rf gücü ve 10 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin film kalınlığı



Şekil 4.73. *Perillaldehyde* monomerinden 30 W Rf gücü ve 15 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin film kalınlığı



Şekil 4.74. *Perillaldehyde* monomerinden 30 W Rf gücü ve 30 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin film kalınlığı

4.5. İnce Filmlerin Kimyasal Yapılarının Tespit Edilmesi

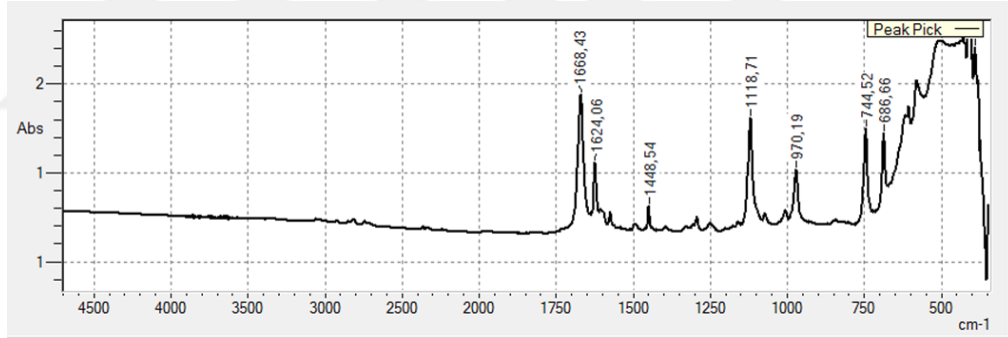
4.5.1. FTIR spektroskopisi analizleri

FTIR spektrumu analizleri yardımıyla moleküler bağ karakterizasyonu yapılarak; katı, sıvı, gaz veya çözelti halindeki organik bileşiklerin yapısındaki fonksiyonel gruplar, iki bileşiğin aynı olup olmadığı, yapıdaki bağların durumu, bağlanma yerleri ve yapının aromatik yada alifatik olup olmadığı belirlenmektedir. Bu çalışmamızda, monomer malzemelerimiz ve monomerlerden elde edilen polimerik ince filmlerimiz için FTIR spektrumu olarak monomer malzemeler ile polimerik ince filmlerin fonksiyonel gruplarının karşılaştırılması yapılmıştır. Karşılaştırmalar sonucunda, monomerlerden

elde edilen polimerik ince filmlerde monomer malzemenin kimyasal yapısının korunduğu anlaşılmıştır.

4.5.1.a. *Cinnamaldehyde* monomeri için FTIR analizleri

Çalışmamızın bu bölümünde, monomer olarak kullanılan *Cinnamaldehyde* uçucu yağ bileşeninin ve Rf-Pecvd tekniği kullanılarak söz konusu yağdan elde edilen polimerik ince filmlerin FTIR spektrumları alınarak monomerin moleküler yapısının polimer yapıda nasıl değiştiği araştırılmıştır. Bu kısımda *Cinnamaldehyde* monomerinin FTIR spektrumu alınmış ve monomerden farklı parametre değerlerinde elde edilen 6 adet polimerik ince film numuneleri için alınan FTIR spektrumlarının karşılaştırılması yapılmıştır.



Şekil 4.75. *Cinnamaldehyde* monomerine ait FTIR spektrumu

Çizelge 4.5. *Cinnamaldehyde* monomerinin FTIR spektrumundan elde edilen dalga sayısına karşılık gelen fonksiyonel grupların listesi

Dalga sayısı (cm ⁻¹)	Fonksiyonel gruplar
1680-1640 cm ⁻¹	-C=C- gerilme (alkenler)
1650-1580 cm ⁻¹	N-H eğilme (birincil aminler)
1400-1500 cm ⁻¹	C-C gerilme (aromatik halka)
1250-1020 cm ⁻¹	C-N gerilme (alifatik aminler)
900-1300 cm ⁻¹	C-O gerilme (anhidritler)

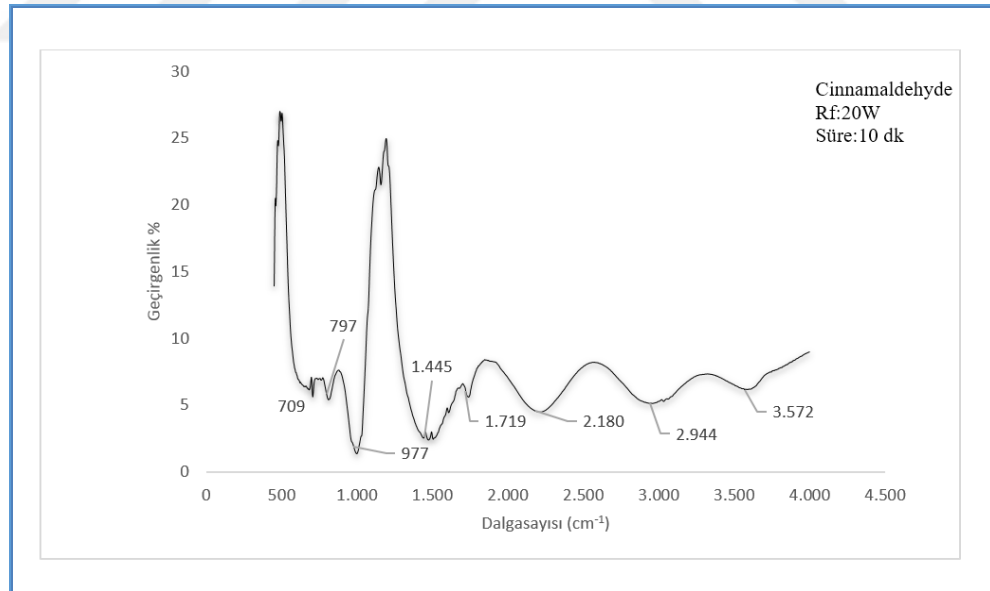
Bu bölümde, polimerik ince filmler için belirlenen fonksiyonel gruplar, monomer malzemeye ait FTIR spektrumu sonucunda belirlenen fonksiyonel gruplar ile karşılaştırılmıştır. Cinnamaldehyde uçucu yağından 20 W ve 30 W Rf güç değerlerinde 10, 15 ve 30 dakikalık kaplama sürelerinde elde edilen ince filmler için ayrı ayrı söz konusu fonksiyonel grupların tespiti yapılmıştır.

20 W Rf güç değerleri için elde edilen kaplamalardan, 10 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmin FTIR spektrumu analiziyle, uçucu yağ bileşenleri için önemli olan güçlü hidrojen bağının varlığı 3572 cm^{-1} deki OH titreşim gerilmesi ile polimerik malzeme için kanıtlanmıştır. Bu kaplama için, Karbonil (C=O) bağının titreşimi 1719 cm^{-1} de asimetrik bandın oluşmasına neden olmuştur. 2944 cm^{-1} de görülen pik, benzen halkasına bağlanmış hidrojen atomunun C-H gerilmelerini göstermektedir. 709 cm^{-1} , 797 cm^{-1} ve 977 cm^{-1} deki güçlü soğurma bandları aromatik C=C grupların varlığını göstermektedir. 15 dakikalık kaplama süresinde elde edilen polimerik ince film için önemli bir sonuç 1147 cm^{-1} ve 1344 cm^{-1} 'deki piklerin varlığıdır. Bu piklerden 1147 cm^{-1} 'deki pik C-O bağını ve 1344 cm^{-1} 'deki pik ise izopropil grupların varlığını temsil etmektedir. Bunun yanında 2764 cm^{-1} 'deki pik Aldehit gruplarına ait olan C-H sinyalini temsil etmektedir. 30 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince film için, monomer malzemenin kimyasal yapısının ince filmde de korunduğu FTIR spektrumundan elde edilen band yapılarıyla ispatlamıştır.

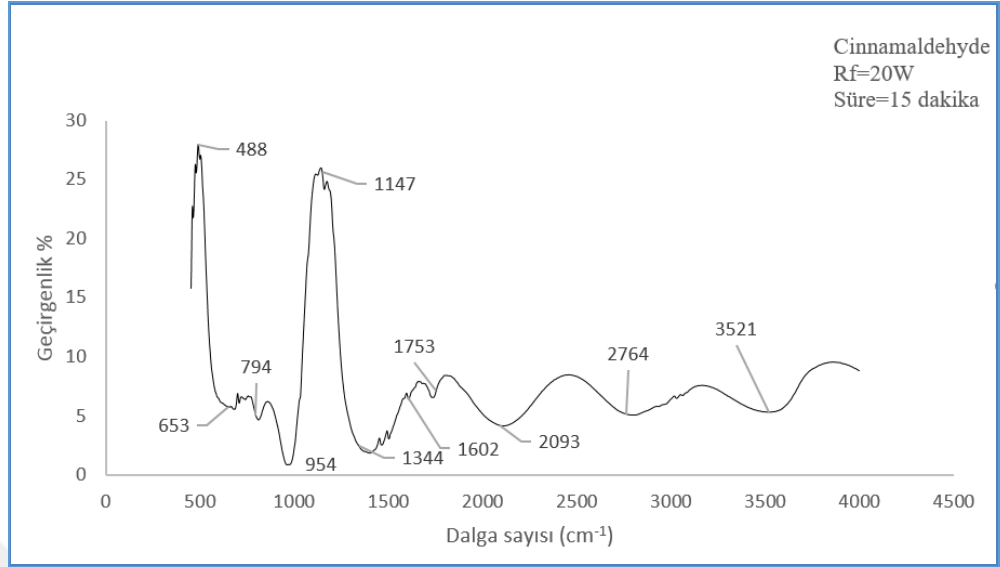
30 W Rf gücü ve 10 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmde 1152 cm^{-1} 'deki pik polimer yapıdaki C-O bağının varlığını göstermektedir. 30 W Rf gücü ve 15 dakikalık kaplama süresinde elde edilen polimerik ince filmde 1053 cm^{-1} 'deki pik ile C-O bağlarının varlığı görülmüştür. 30 W Rf gücünde ve 30 dakika kaplama süresinde elde edilen ince filmde 1257 cm^{-1} 'deki band C-C gerilme titreşimini temsil etmektedir. *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmler için oluşturulmuş fonksiyonel gruplar ve bu gruplara karşılık gelen bandlar Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmlere ait bazı fonksiyonel gruplar ve band değerleri

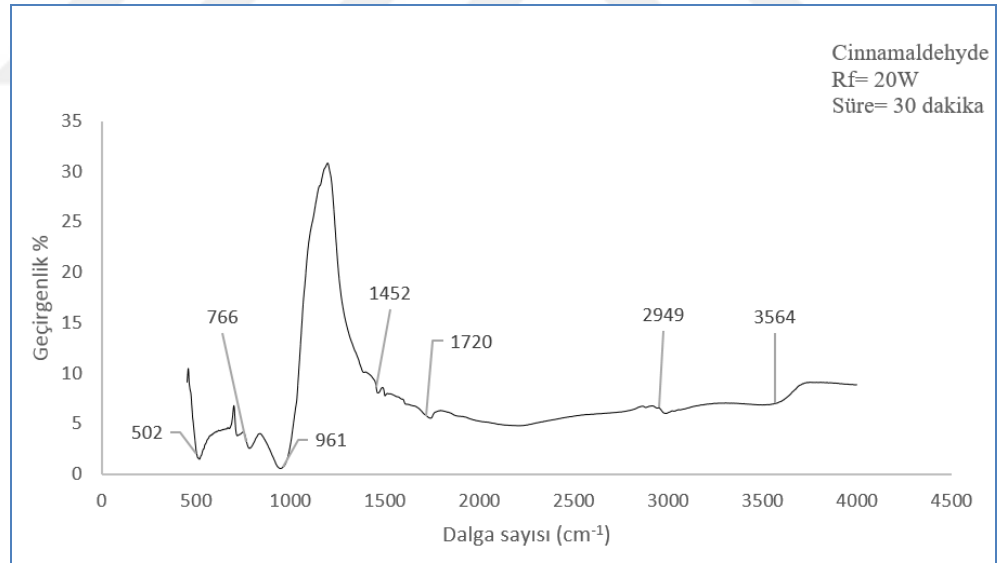
Monomer Adı	Band Değerleri	Fonksiyonel Gruplar
<i>Cinnamaldehyde</i>	3572 cm ⁻¹ 1719 cm ⁻¹ 2944 cm ⁻¹ 709, 797 ve 977 cm ⁻¹ 1152 cm ⁻¹ 1257 cm ⁻¹ 1445 cm ⁻¹ 1599 cm ⁻¹	OH titreşim gerilmesi C=O bağ titreşimi C-H gerilmesi Aromatik C=C grupları C-O bağı C-C gerilme titreşimi C-C gerilme (aromatik halka) -C=C- gerilme (alkenler)



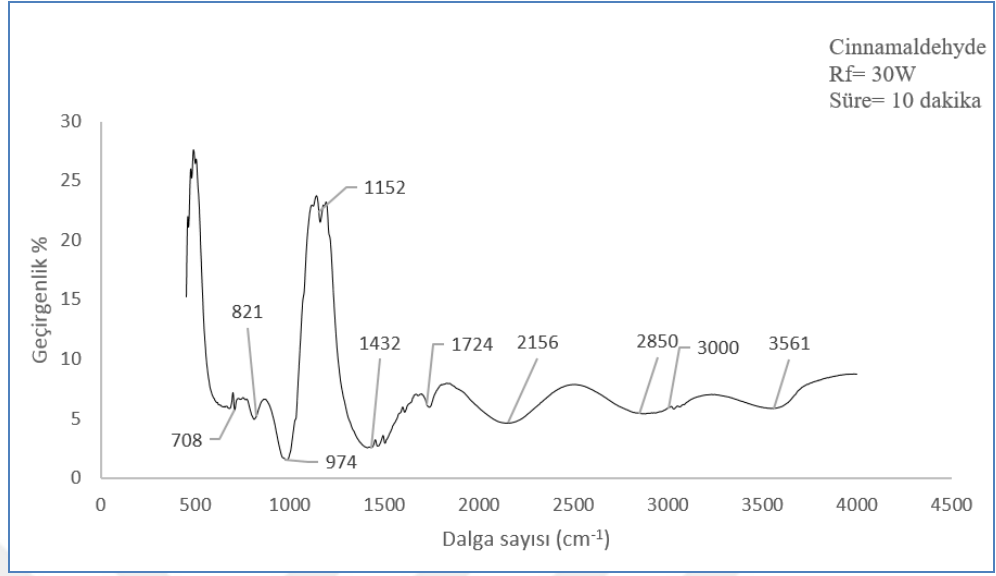
Şekil 4.76. 10 dakika ve 20 W Rf güç değerlerinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu



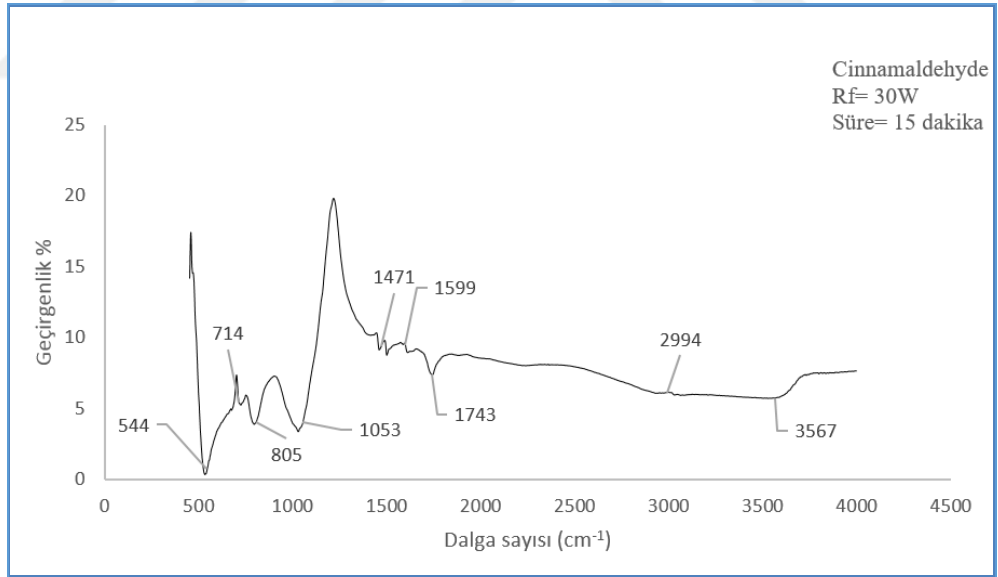
Şekil 4.77. 15 dakika ve 20 W Rf güç değerlerinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu



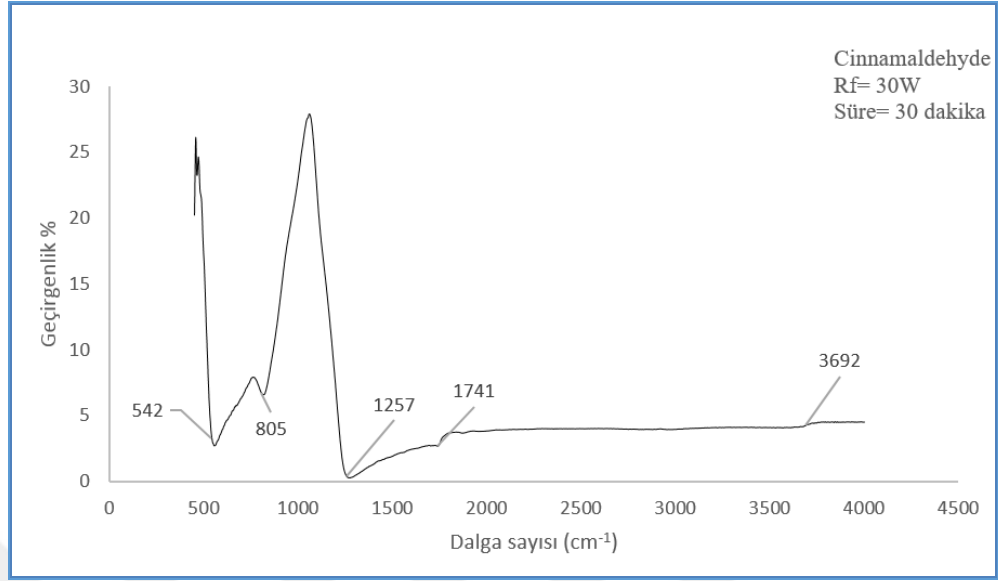
Şekil 4.78. 30 dakika ve 20 W Rf güç değerlerinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu



Şekil 4.79. 10 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu



Şekil 4.80. 15 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu

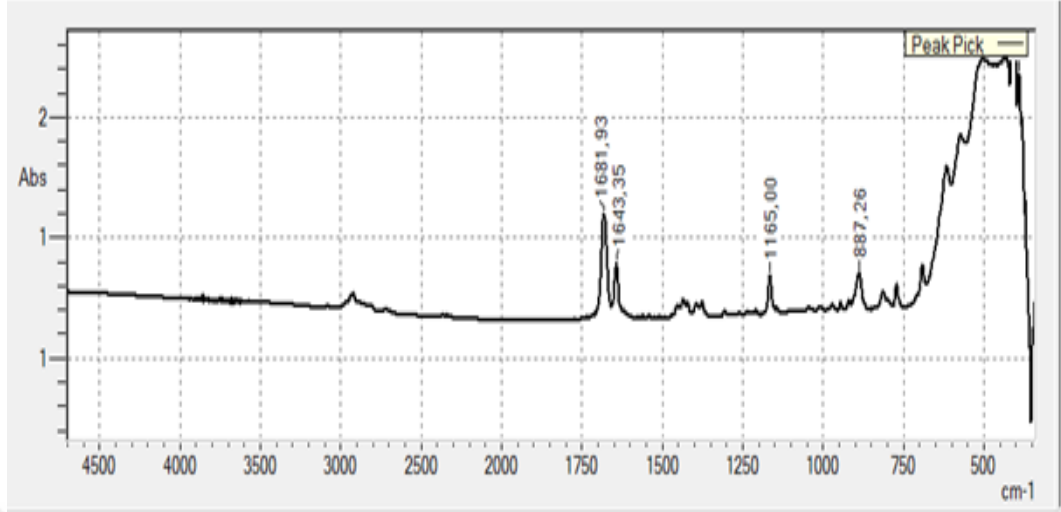


Şekil 4.81. 30 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu

Cinnamaldehyde uçucu yağından elde edilen tüm kaplamalar için FTIR spektrumu yardımıyla monomer malzemenin kimyasal yapısının korunduğu anlaşılmıştır. Bu bölümde, polimer malzeme ile monomer malzemenin FTIR analizlerinin uyumlu olduğu görülmüştür. Polimerik kaplamaların, monomer malzemenin önemli bir özelliği olan antibakteriyel aktiviteye sahip olması antibakteriyel aktivite testleri ile ortaya koyulmuştur. Bu durum antibakteriyel aktiviteden sorumlu olan fonksiyonel grupların polimerik kaplamada da görülmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.5.1.b. *Perillaldehyde* monomeri için FTIR analizleri

Diğer bir monomerimiz *Perillaldehyde* uçucu yağ bileşeninin sıvı formu ve monomer olarak kullanılmasıyla elde edilen polimerik ince filmlerin FTIR spektrumları alınarak monomerin moleküler yapısının polimer yapıda nasıl değiştiği araştırılmıştır. Bu kısımda *Perillaldehyde* monomerinin FTIR spektrumu alınmış ve monomerden farklı parametre değerlerinde elde edilen 6 adet polimerik ince film numuneleri için alınan FTIR spektrumlarının karşılaştırılması yapılmıştır.



Şekil 4.82. Perillaldehide monomerine ait FTIR spektrumu

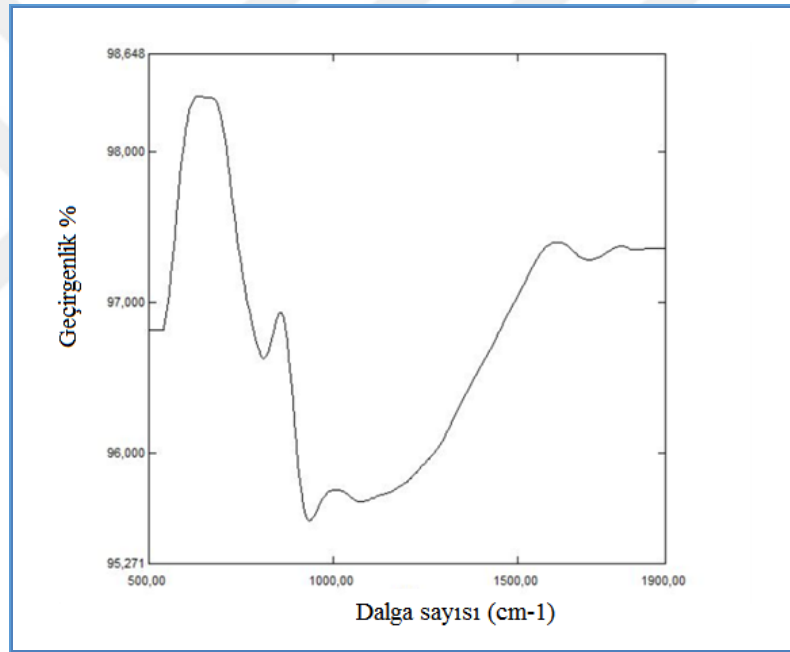
Perillaldehide monomerinden elde edilen piklerin dalga sayısı ve söz konusu dalga sayılarına karşılık gelen fonksiyonel gruplar Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. *Perillaldehide* monomerinden elde edilen FTIR spektrumuna göre bazı fonksiyonel gruplar ve band değerleri

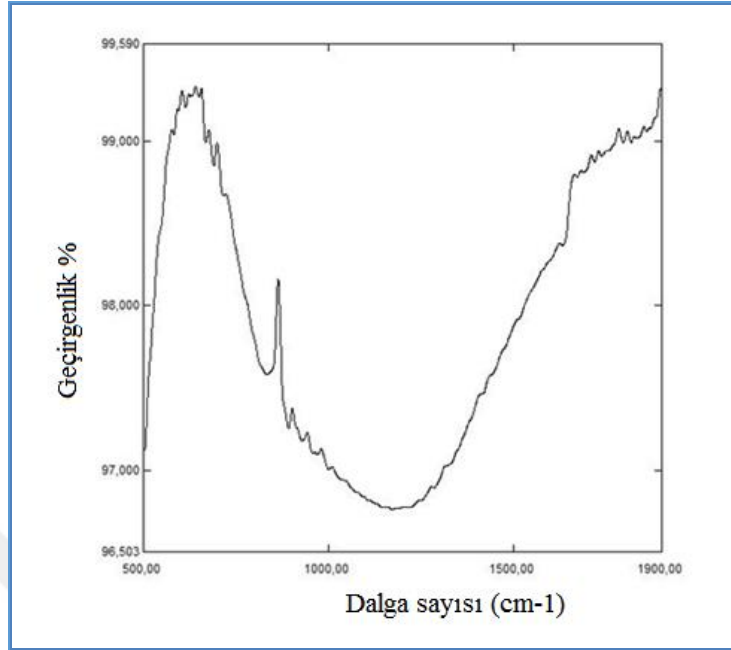
Dalga sayısı (cm^{-1})	Fonksiyonel gruplar
1760-1665 cm^{-1}	C=O gerilme (karboniller)
1650-1580 cm^{-1}	N-H eğilme (birincil aminler)
900-675 cm^{-1}	C-H (aromatikler)
900-1300 cm^{-1}	C-N gerilme (alifatik aminler)

400-4000 cm^{-1} dalga sayısı aralığında tarama yapılan monomer malzemenin FTIR spektrumuna bakıldığında, karakteristik fonksiyonel grupların 500-1750 cm^{-1} dalga

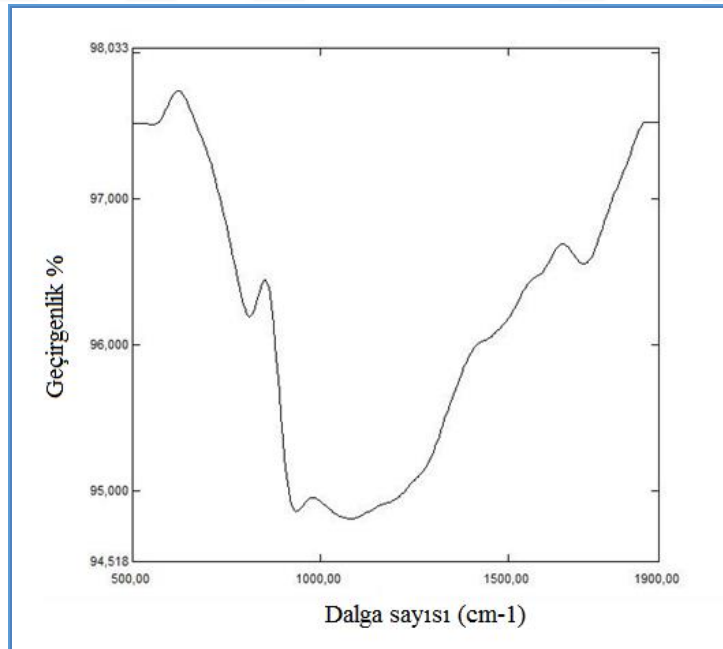
saysısı aralığında olduğu anlaşılmaktadır. Bu sebeple polimerik ince filmlerin FTIR spektrumları 500-1900 cm^{-1} dalga sayısı aralığında taratılarak analizler yapılmıştır. Farklı kaplama parametreleri altında elde edilen ince filmlerin FTIR spektrumuna bakıldığında monomer malzemenin sahip olduğu fonksiyonel grupların birçoğunun polimerik ince filmlerde de korunduğu anlaşılmıştır. Ayrıca ince filmlerin geçirgenlik değerleri incelendiğinde Rf güç değeri arttıkça geçirgenliğin de arttığı gözlenmiştir. Aşağıdaki şekillerde farklı kaplama parametreleri altında elde edilen ince filmlere ait FTIR spektrumları verilmiştir.



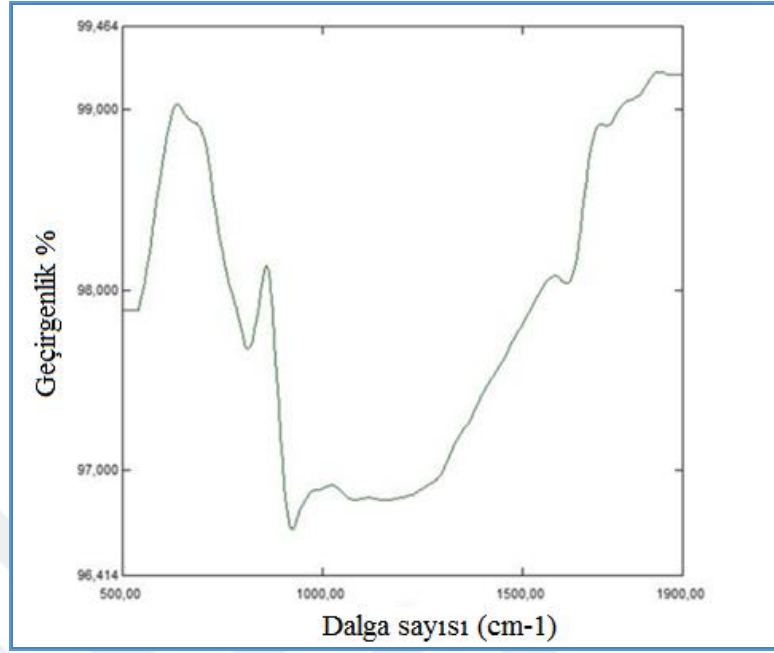
Şekil 4.83. 10 dakika ve 20 W Rf güç değerlerinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu



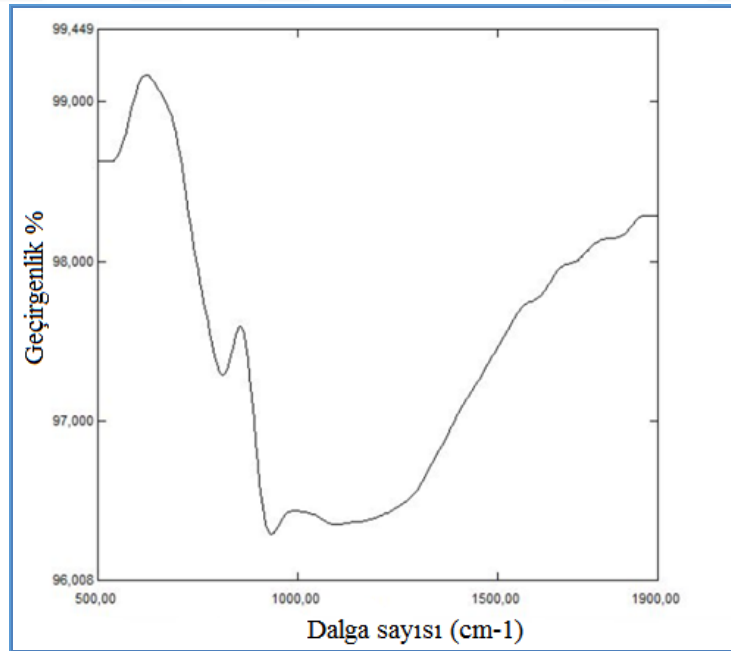
Şekil 4.84. 15 dakika ve 20 W Rf güç değerlerinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu



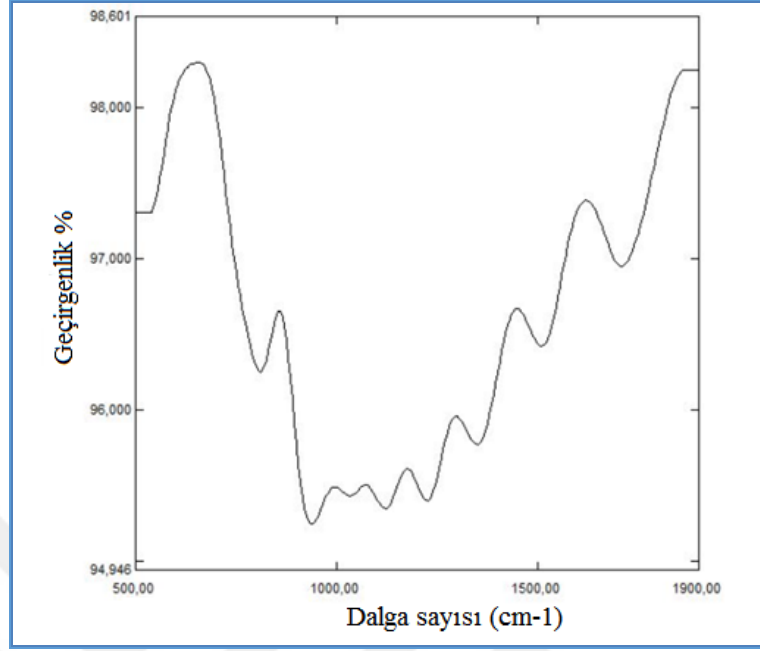
Şekil 4.85. 30 dakika ve 20 W Rf güç değerlerinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu



Şekil 4.86. 10 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu



Şekil 4.87. 15 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu



Şekil 4.88. 30 dakika ve 30 W Rf güç değerlerinde *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen ince filmin FTIR spektrumu

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Plazma polimerizasyon tekniği, yüzeyler üzerine ince, pürüzsüz ve homojen kaplamalar yapmak için kullanılan oldukça etkili bir tekniktir. Geleneksel yöntemlerle polimerleşmesi imkânsız olan, monomer olarak kullanılan uçucu moleküllerin, kısa sürede bir yüzey üzerinde polimerleşmesini sağlaması, bu tekniğin en büyük avantajlarından birisidir. Üstelik bu teknikte kaplama parametrelerinin kontrol edilmesiyle monomerin kimyasal özelliklerinin büyük ölçüde korunması mümkün olmaktadır. Diğer bir deyişle, plazma polimerizasyon yönteminde, monomer maddenin sahip olduğu kimyasal özellikler monomerden elde edilecek olan polimerik ince filmlerde de gözlenebilmektedir. Bu üstün özellikleri dikkate alındığında plazma polimerizasyon yöntemi en etkili kimyasal buhar biriktirme yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Radyo frekansı plazma polimerizasyon tekniği (RF-PECVD) kullanılarak organik bileşik olan *Cinnamaldehyde* ve *Perillaldehyde* uçucu yağ bileşenlerinden ince filmlerin büyütülmesi ülkemizde ilk kez bu çalışma ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaca yönelik olarak, cam altlıklar üzerinde antibakteriyel özelliğe sahip polimerik ince filmler elde edilmiştir. RF-PECVD yöntemi ile elde edilen polimerik kaplamaların morfolojik yapıları Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) kullanılarak belirlenmiştir. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile de ince filmlerin yüzeyindeki tanecik büyüklükleri incelenmiştir. Fourier Transform Infrared Spektroskopisi (FTIR), monomer malzeme olarak kullanılan *Cinnamaldehyde* ve *Perillaldehyde* uçucu yağ bileşenlerinden elde edilen polimerik ince filmlere uygulanarak, monomerin moleküler yapısının polimer yapıda nasıl değiştii karşılaştırılmıştır. UV-VIS spektrofotometresi ile polimerik kaplamaların optik geçirgenlik analizleri yapılarak kaplamaların optik band aralıkları (E_g) belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen deneysel bulguların, literatür ile karşılaştırılması yapılmış ve deneysel sonuçları arasında önemli derecede benzerliklerin olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu çalışma kapsamında, sıvı formlarının antibakteriyel özelliğe sahip oldukları bilinen

Cinnamaldehyde ve *Perillaldehyde* uçucu yağ bileşenlerinden (Inouye *et al.* 2001) cam altıklar üzerinde elde edilen polimerik ince filmlerin de hastane ve kliniklerde yaygın bir şekilde bulunan *E.Coli* bakterisine karşı antibakteriyel etkiye sahip olduğu görülmüştür. İnce filmlerin antibakteriyel etkilerine kaplama parametrelerinin özellikle de Rf gücü ve kaplama süresi değişiminin önemli oranda etki ettiği anlaşılmıştır. Aşağıdaki çizelgelerde, uçucu yağ bileşenlerinden elde edilen polimerik kaplamalar için altlık malzemesi üzerinde üreyen bakteri sayısı verilmiştir. Negatif kontrol için bu değer 3312 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 5.1. *Cinnamaldehyde* monomerinden elde edilen polimerik kaplamalar için optimum kaplama parametreleri ve bakteri sayısı ilişkisi

Monomer adı	Rf Gücü (W)	Kaplama süresi (dk)	Bakteri sayısı
<i>Cinnamaldehyde</i>	20	30	154
	20	15	243
	20	10	161
	30	30	502
	30	15	882
	30	10	768

Çizelge 5.2. *Perillaldehyde* monomerinden elde edilen polimerik kaplamalar için optimum kaplama parametreleri ve bakteri sayısı ilişkisi

Monomer adı	Rf Gücü (W)	Kaplama süresi (dk)	Bakteri sayısı
<i>Perillaldehyde</i>	20	30	1384
	20	15	1509
	20	10	2353
	30	30	932
	30	15	1098
	30	10	1417

Monomer malzemelerin bu çalışma kapsamında ortaya konulan antibakteriyel zon çapları ve literatür çalışması dikkate alındığında (Inouye, 2001), Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2'den elde edilen sonuçlar ile uyumlu olduğu anlaşılmıştır. Tez kapsamında yapılan

bir ön çalışmada, *Cinnamaldehyde* monomerinin sıvı formunun *E. Coli* bakterisi için elde edilen zon çapının *Perillaldehyde* monomerininkinden oldukça büyük dolayısıyla antibakteriyel etkisinin de daha iyi olduğu sonucuna varılmıştı. Her iki monomerden elde edilen polimerik kaplamaların antibakteriyel aktivitelerine bakıldığında ise, yine benzer ilişkinin olduğu Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2 verilerinden anlaşılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında elde edilen bir diğer önemli sonuç ise, söz konusu monomerler için antibakteriyel etkiye sahip kaplamaların elde edilmesinde kullanılabilir optimum kaplama parametrelerinin belirlenmiş olmasıdır. Çizelge 5.3’de söz konusu uçucu yağ bileşenleri için optimum kaplama parametreleri verilmiştir.

Çizelge 5.3. Optimum kaplama parametre listesi

Basınç (P)	Rf Gücü (W)	Kaplama Süresi (t)	Elektrotlar arası mesafe (cm)
300 mTorr	20 W	10 dakika	10 cm
		15 dakika	
		30 dakika	
	30 W		

Elde edilen ince filmlerin SEM (Scanning Electron Microscope) görüntüsü alınarak yüzey morfolojileri incelenmiştir. Bu filmlerin SEM analizleri sonucunda yüksek kaliteye sahip olması, çalışmanın önemli bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Büyütülmüş SEM görüntülerinde herhangi bir çatlak ve gözenekli yapıya rastlanılmamış, bununla birlikte SEM görüntülerinde, nispeten daha küçük küresel yapıların kümelenmesi ile oluşan büyük tanecikli yapıların olduğu görülmüştür. Polimerik ince filmlerin AFM görüntülerine bakıldığında kaplamaların, homojen, pürüzsüz ve gözeneksiz bir yapıda olduğu anlaşılmaktadır. Belirlenen optimum kaplama parametrelerinin yüksek antibakteriyel aktivitenin yanı sıra homojen, gözeneksiz ve kusursuz ince film elde etme açısından da uyumlu değerler olduğu anlaşılmıştır. Çizelge 5.4’de her iki uçucu yağ bileşeninden elde edilen ince filmlerin ortalama pürüzlülük değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.4. Uçucu yağ bileşenlerinden elde edilen ince filmlere ait ortalama pürüzlülük değerleri

Monomer Adı	Rf (W)	Zaman (Dk)	Ortalama Pürüzlülük (nm)
<i>Perillaldehyde</i>	20	10	0,26
	20	15	0,18
	20	30	0,25
	30	10	0,21
	30	15	0,17
	30	30	0,18
<i>Cinnamaldehyde</i>	20	10	0,69
	20	15	0,61
	20	30	0,30
	30	10	0,34
	30	15	0,54
	30	30	0,21

Çizelge 5.4'e bakıldığında, elde edilen ince filmlerin yüzey pürüzlülük değerlerinin Rf güç değerinin değişimi ile farklılık göstermesi çalışmanın önemli bir sonucu olarak görülmektedir. Rf güç değeri arttıkça her iki uçucu yağ bileşeninden elde edilen ince filmlerin yüzey pürüzlülük değerleri azalmış buna karşın aynı Rf güç değerlerinde kaplama süresi değişmesiyle pürüzlülük değerlerinde anlamlı bir değişim görülememiştir. Her iki uçucu yağ bileşeni açısından yüzey pürüzlülük değerleri kıyaslandığında ise *Perillaldehyde* uçucu yağ bileşeninden elde edilen ince filmlerin yüzey pürüzlülük değerlerinin *Cinnamaldehyde* uçucu yağ bileşeninden elde edilen ince filmlere oranla çok daha düşüktür.

Polimerik ince filmlerin optik özelliklerinin belirlenebilmesi için UV-Vis spektroskopisi kullanılmıştır. UV-Vis spektroskopisi analizlerinden yararlanılarak her bir filmin ayrı ayrı $(\alpha h\nu)^2$ 'nin $h\nu$ 'ye göre değişim grafikleri çizilmiştir. Bu grafiklerin lineer

kısımlarının doğrultusunun $h\nu$ eksenini $(\alpha h\nu)=0'$ da kestiği noktanın enerji değerleri ince filmlerin yasak enerji aralıkları (E_g) olarak ölçülmüştür. *Cinnamaldehyde* ve *Perillaldehyde* uçucu yağ bileşenleri için elde edilen yasak enerji değerleri Çizelge 5.5 ve Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.5. *Cinnamaldehyde* çucu yağ bileşeninden elde edilen ince filmlerin yasak enerji değerleri

Monomer adı	Rf gücü (W)	Kaplama süresi (dk)	Yasak enerji değeri (eV)
<i>Cinnamaldehyde</i>	20	10	3,80
		15	3,1
		30	3,55
	30	10	2,65
		15	3,48
		30	2,90

Çizelge 5.6. *Perillaldehyde* uçucu yağ bileşeninden elde edilen ince filmlerin yasak enerji değerleri

Monomer adı	Rf gücü (W)	Kaplama süresi (t)	Yasak enerji değeri (eV)
<i>Perillaldehyde</i>	20	10	4,03
		15	3,86
		30	3,95
	30	10	2,69
		15	3,19
		30	3,93

Çizelge 5.5 incelendiğinde artan Rf güç değeri ile ince film kaplamaların yasak enerji aralıklarının (E_g) azaldığı görülmektedir. Kaplama süresi değişmesiyle ince filmlerin yasak enerji aralıklarındaki değişimi arasında anlamlı bir ilişki kurulamamıştır.

Çizelge 5.6'ye bakıldığında ise, Rf güç değerinin artmasıyla yasak enerji aralıklarında belirgin şekilde bir azalma görülmektedir. Buradan çıkan bir sonuca göre, Rf güç değerinin değiştirilmesi suretiyle ince filmlerin optik özelliklerinin de değiştirilmesi mümkün olabilmektedir.

Her iki uçucu yağ bileşeni için UV-Vis spektroskopisi sonuçlarına bakıldığında, yasak enerji aralıklarının kaplama parametrelerine bağlı olarak 2 eV- 4 eV aralığında değişim gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu durum, elde edilen polimerik ince filmlerin yarıiletken özelliğe sahip olduklarını ve elektronik, optik ve biyoendüstri gibi alanlarda kullanılabilme potansiyellerinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Monomer olarak kullanılan *Cinnamaldehyde* ve *Perillaldehyde* uçucu yağ bileşenleri ve plazma polimerizasyon tekniği kullanılarak monomerlerden elde edilen polimerik ince filmlerin FTIR analizleri yapılarak monomerin moleküler yapısının polimer yapıda nasıl değiştiği ortaya konulmuştur. Bu amaçla, öncelikle *Cinnamaldehyde* ve *Perillaldehyde* uçucu yağlarının sıvı formlarının FTIR spektrumu alınmış ve bu monomerlerden Rf-Pecvd tekniği kullanılarak elde edilen polimerik ince filmlerin FTIR spektrumları ile karşılaştırılması yapılmıştır.

Cinnamaldehyde monomerinden elde edilen ince filmlerin FTIR analizlerinden dalga sayılarına karşılık gelen fonksiyonel grupların, 1719 cm^{-1} 'de C=O bağ titreşimine, 709, 797 ve 977 cm^{-1} 'de aromatik C=C gruplarına, 1257 cm^{-1} 'de C-C gerilme titreşimine, 1445 cm^{-1} 'de C-C gerilmesine (aromatik halka) ve 1599 cm^{-1} 'de -C=C- gerilmesine (alkenler) ait oldukları tespit edilmiştir. İnce filmlerde fonksiyonel gruplara karşılık gelen pikler, *Cinnamaldehyde* monomerinin FTIR spektrumu incelendiğinde her iki analiz sonucunda elde edilen piklerin uyumlu olduğu anlaşılmıştır. Bu durum altlık malzemesi üzerinde büyütülen ince filmin, monomere ait olduğunun bir kanıtı olarak yorumlanmaktadır.

Perillaldehyde monomerinden elde edilen ince filmlerin FTIR analizlerine bakıldığında ise, 650-900 cm^{-1} dalga sayısı aralığında C-H aromatik grubunun, yaklaşık olarak 1200

cm^{-1} 'de C-N alifatik amin grubunun, yaklaşık olarak 1650 cm^{-1} 'de ise C=O gerilmesinin varlığı tüm ince filmlerde görülmüştür. Ayrıca, monomer malzemenin FTIR spektrumunda görülen fonksiyonel grupların büyük bir çoğunluğu sadece 30 W Rf gücü ve 30 dakikalık kaplama süresinde elde edilen ince filmde elde edilmiştir.

Bu karşılaştırmalardan yola çıkarak monomerlerin (*Cinnamaldehyde* ve *Perillaldehyde*) kimyasal kararlılığının elde edilen polimerik ince filmlerde de korunduğu sonucuna varılmıştır. Antibakteriyel aktiviteye sahip monomerlerden elde edilen polimerlerin de yine antibakteriyel aktiviteye sahip olması bu durumun bir sonucu olarak yorumlanabilir.

Bu çalışmada, organik bileşikler kullanılarak cam altlıklar üzerinde antibakteriyel polimerik ince filmlerin büyütülmesi başarıyla gerçekleştirilmiştir. Rf plazma polimerizasyon sistemi ile bu çalışmadan farklı olarak ileride yapılacak olan çalışmalarda,

- Altaş malzemesi olarak hastane ve kliniklerde yaygın olarak kullanılan aletler dikkate alınarak, söz konusu monomerler veya diğer antibakteriyel etkiye sahip olan monomerler kullanılarak bu aletlerin yüzeylerinin kaplanması,
- Bir diğer önemli kaplama parametresi olan altlık sıcaklığının değiştirilmesi suretiyle kaplamaların elde edilmesi,

önerilmekte ve planlanmaktadır.

Araştırma çalışması kapsamında kullandığımız uçucu yağ bileşenlerinin organik moleküller olması, üretilen kaplamaların çevre dostu ve uçucu yağların ülkemizde üretiminin yapıldığını da göz önünde bulundurulduğunda üretilen filmlerin fabrikasyonunun maliyetinin de düşük olması bu çalışmanın başka bir önemli sonucu olarak görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Ameen, S., Song, M., Kim, D. G., Im, Y. B., Seo, H. K., Kim, Y. S., & Shin, H. S. (2012). Iodine doped polyaniline thin film for heterostructure devices via PECVD technique: Morphological, structural, and electrical properties. *Macromolecular Research*, 20(1), 30-36. doi:10.1007/s13233-012-0009-2
- Anderson, L. J., & Jacob, M. V. (2010). Effect of RF power on the optical and morphological properties of RF plasma polymerised linalyl acetate thin films. *Applied Surface Science*, 256(10), 3293-3298. doi:10.1016/j.apsusc.2009.12.021
- Angioni, A., Barra, A., Coroneo, V., Dessi, S., & Cabras, P. (2006). Chemical composition, seasonal variability, and antifungal activity of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas* essential oils from stem/leaves and flowers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(12), 4364-4370.
- Babacan, O., Cengiz, S., & Akan, M. (2012). Detection of antibacterial effect of oregano plant on various *Salmonella* serotypes. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 59(2), 103-106.
- Bae, B., Chun, B. H., & Kim, D. (2001). Surface characterization of microporous polypropylene membranes modified by plasma treatment. *Polymer*, 42(18), 7879-7885. doi:10.1016/s0032-3861(01)00245-2
- Bazaka, K., & Jacob, M. (2009). Synthesis of radio frequency plasma polymerized non-synthetic Terpinen-4-ol thin films. *Materials Letters*, 63(18), 1594-1597.
- Bazaka, K., & Jacob, M. V. (2009). Synthesis of radio frequency plasma polymerized non-synthetic Terpinen-4-ol thin films. *Materials Letters*, 63(18-19), 1594-1597. doi:10.1016/j.matlet.2009.04.025
- Bazaka, K., & Jacob, M. V. (2010). Post-deposition ageing reactions of plasma derived polyterpenol thin films. *Polymer Degradation and Stability*, 95(6), 1123-1128. doi:10.1016/j.polymdegradstab.2010.02.014
- Bazaka, K., Jacob, M. V., Truong, V. K., Crawford, R. J., & Ivanova, E. P. (2011). The effect of polyterpenol thin film surfaces on bacterial viability and adhesion. *Polymers*, 3(1), 388-404.
- Biederman, H., & Kylian, O. (2011). Some Remarks to Macroscopic Kinetics of Plasma Polymerization. *Plasma Processes and Polymers*, 8(6), 475-477. doi:10.1002/ppap.201000188
- Bo, Z., Mao, S., Han, Z. J., Cen, K., Chen, J., & Ostrikov, K. K. (2015). Emerging energy and environmental applications of vertically-oriented graphenes. *Chemical Society Reviews*, 44(8), 2108-2121.
- Bos, R., van der Mei, H. C., & Busscher, H. J. (1999). Physico-chemistry of initial microbial adhesive interactions - its mechanisms and methods for study. *Fems Microbiology Reviews*, 23(2), 179-230. doi:10.1016/s0168-6445(99)00004-2
- Brinker, C. J., & Scherer, G. W. (1990). Sol-gel science, 1990. *The physics and chemistry of sol-gel processing*.
- Brütting, W. (2006). *Physics of organic semiconductors*: John Wiley & Sons.
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International journal of food microbiology*, 94(3), 223-253.

- Ceylan, A. (1997.). Tibbi , Bitkiler-II,. *Ege Universitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 500.
- Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiology reviews*, 12(4), 564-582.
- Deshmukh, L., Palwe, A., & Sawant, V. (1990). Deposition and characterisations of CdS and CdS: As thin films. *Solar Energy Materials*, 20(4), 341-348.
- Dhadwar, S. S., Bemman, T., A., A. W., & Chen, P. (2003). Yeast cell adhesion on oligopeptide modified surfaces. *Biotechnology Advances*, 21, 395-406.
- Ding, X., Yang, C., Lim, T. P., Hsu, L. Y., Engler, A. C., Hedrick, J. L., & Yang, Y.-Y. (2012). Antibacterial and antifouling catheter coatings using surface grafted PEG-*i> b</i>-cationic polycarbonate diblock copolymers. *Biomaterials*, 33(28), 6593-6603.*
- Dong, B., Manolache, S., Wong, A. C., & Denes, F. S. (2011). Antifouling ability of polyethylene glycol of different molecular weights grafted onto polyester surfaces by cold plasma. *Polymer Bulletin*, 66(4), 517-528.
- Easton, C. D., & Jacob, M. V. (2009). Optical characterisation of radio frequency plasma polymerised *Lavandula angustifolia* essential oil thin films. *Thin Solid Films*, 517(15), 4402-4407. doi:10.1016/j.tsf.2009.02.023
- Easton, C. D., & Jacob, M. V. (2010). Solubility and Adhesion Characteristics of Plasma Polymerized Thin Films Derived from *Lavandula angustifolia* Essential Oil. *Journal of Applied Polymer Science*, 115(1), 404-415. doi:10.1002/app.30916
- Easton, C. D., Jacob, M. V., & Shanks, R. A. (2009). Fabrication and characterisation of polymer thin-films derived from cineole using radio frequency plasma polymerisation. *Polymer*, 50(15), 3465-3469.
- Farag, R., Daw, Z., & Abo-Raya, S. (1989). Influence of some spice essential oils on *Aspergillus parasiticus* growth and production of aflatoxins in a synthetic medium. *Journal of Food Science*, 54(1), 74-76.
- Flosch, D., Clarotti, G., Geckeler, K. E., Schue, F., & Gopel, W. (1992). Characterization Of Plasma-Treated Poly(Hydroxybutyrate) Membrane Surfaces By Esca And Contact-Angle Measurements. *Journal of Membrane Science*, 73(2-3), 163-172. doi:10.1016/0376-7388(92)80126-5
- Forrest, S. R. (2004). The path to ubiquitous and low-cost organic electronic appliances on plastic. *Nature*, 428(6986), 911-918. doi:10.1038/nature02498
- Friedrich, J. (2011). Mechanisms of Plasma Polymerization - Reviewed from a Chemical Point of View. *Plasma Processes and Polymers*, 8(9), 783-802. doi:10.1002/ppap.201100038
- Fu, J. H., Ji, J., Yuan, W. Y., & Shen, J. C. (2005). Construction of anti-adhesive and antibacterial multilayer films via layer-by-layer assembly of heparin and chitosan. *Biomaterials*, 26(33), 6684-6692. doi:10.1016/j.biomaterials.2005.04.034
- Gottenbos, B., Busscher, H., Van Der Mei, H., & Nieuwenhuis, P. (2002). Pathogenesis and prevention of biomaterial centered infections. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 13(8), 717-722.
- Grassmann, J., & Elstner, E. (2003). ESSENTIAL OILS| properties and uses. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*.

- Gregg, B. A. (2003). Excitonic solar cells. *Journal of Physical Chemistry B*, 107(20), 4688-4698. doi:10.1021/jp022507x
- Gregg, B. A., & Hanna, M. C. (2003). Comparing organic to inorganic photovoltaic cells: Theory, experiment, and simulation. *Journal of Applied Physics*, 93(6), 3605-3614. doi:10.1063/1.1544413
- Griesser, H., Ys, H., Ndi, C., Britcher, L., Vasilev, K., Jasieniak, M., . . . Semple, S. (2008). Combating Infections at Biomedical Implants and Devices by Antibacterial Coatings. *Chemistry in Australia*, 75(10), 5.
- Güleç, A. H. (2012). Gıda Endüstrisinde Isıl Olmayan Plazma Teknolojileri. *GIDA/The Journal of FOOD*, 37(5).
- Güney, H. (2006). Geniş Band Aralıklı ZnO'nun Elektrokimyasal Yöntemlerle Tek Kristal Büyütülmesi. *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*. 50s.
- Hamilton, M. C., Martin, S., & Kanicki, J. (2004). Thin-film organic polymer phototransistors. *Electron Devices, IEEE Transactions on*, 51(6), 877-885.
- Hiratsuka, A., & Karube, I. (2000). Plasma polymerized films for sensor devices. *Electroanalysis*, 12(9), 695-702.
- Hudson, M. C., Ramp, W. K., & Frankenburg, K. P. (1999). Staphylococcus aureus adhesion to bone matrix and bone-associated biomaterials. *FEMS microbiology letters*, 173(2), 279-284.
- Hung, L., & Chen, C. (2002). Recent progress of molecular organic electroluminescent materials and devices. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, 39(5), 143-222.
- Inouye, S., Takizawa, T., & Yamaguchi, H. (2001). Antibacterial activity of essential oils and their major constituents against respiratory tract pathogens by gaseous contact. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 47(5), 565-573. doi:10.1093/jac/47.5.565
- Jacob, M. V., Easton, C. D., Woods, G. S., & Berndt, C. C. (2008). Fabrication of a novel organic polymer thin film. *Thin Solid Films*, 516(12), 3884-3887. doi:10.1016/j.tsf.2007.07.151
- Jacob, M. V., Olsen, N. S., Anderson, L. J., Bazaka, K., & Shanks, R. A. (2013). Plasma polymerised thin films for flexible electronic applications. *Thin Solid Films*, 546, 167-170. doi:10.1016/j.tsf.2013.05.023
- Jacob, M. V., Rawat, R. S., Ouyang, B., Bazaka, K., Kumar, D. S., Taguchi, D., . . . Varghese, O. K. (2015). Catalyst-free plasma enhanced growth of graphene from sustainable sources. *Nano letters*, 15(9), 5702-5708.
- Kaminska, A., Kaczmarek, H., & Kowalonek, J. (2002). The influence of side groups and polarity of polymers on the kind and effectiveness of their surface modification by air plasma action. *European Polymer Journal*, 38(9), 1915-1919. doi:10.1016/s0014-3057(02)00059-9
- Karzazi, Y. (2014). Organic light emitting diodes: Devices and applications. *J. Mater. Environ. Sci*, 5(1), 1-12.
- Karzazi, Y., Cornil, J., & Bredas, J. (2001). Negative differential resistance behavior in conjugated molecular wires incorporating spacers: A quantum-chemical description. *Journal of the American Chemical Society*, 123(41), 10076-10084.
- Klueh, U., Wagner, V., Kelly, S., Johnson, A., & Bryers, J. (2000). Efficacy of silver-coated fabric to prevent bacterial colonization and subsequent

- device-based biofilm formation. *Journal of biomedical materials research*, 53(6), 621-631.
- Kluytmans, J., Van Leeuwen, W., Goessens, W., Hollis, R., Messer, S., Herwaldt, L., . . . Van Leeuwen, N. (1995). Food-initiated outbreak of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* analyzed by pheno-and genotyping. *Journal of Clinical Microbiology*, 33(5), 1121-1128.
- Kluytmans, J., Vanleeuwen, W., Goessens, W., Hollis, R., Messer, S., Herwaldt, L., . . . Verbrugh, H. (1995). Food-Initiated Outbreak of Methicillin-Resistant *Staphylococcus-Aureus* Analyzed by Phenotyping and Genotyping. *Journal of Clinical Microbiology*, 33(5), 1121-1128.
- Kolsuz, N. (2004). Atom ve Molekül Fiziği Ders notları. *Pamukkale Üniveristesi*.
- Kulkarni, A. P., Tonzola, C. J., Babel, A., & Jenekhe, S. A. (2004). Electron transport materials for organic light-emitting diodes. *Chemistry of materials*, 16(23), 4556-4573.
- Lakshmi, G., Dhillon, A., Avasthi, D. K., Siddiqui, A. M., & Zulfequar, M. (2010). Synthesis and characterization of thin films of poly(3-methyl thiophene) by rf-plasma polymerization. *Materials Letters*, 64(15), 1672-1673. doi:10.1016/j.matlet.2010.04.055
- Lakshmi, G., Dhillon, A., Siddiqui, A. M., Zulfequar, M., & Avasthi, D. K. (2009). RF-plasma polymerization and characterization of polyaniline. *European Polymer Journal*, 45(10), 2873-2877. doi:10.1016/j.eurpolymj.2009.06.027
- Lambert, R., Skandamis, P. N., Coote, P. J., & Nychas, G. J. (2001). A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *Journal of applied microbiology*, 91(3), 453-462.
- Lee, H.-S., & Ahn, Y.-J. (1998). Growth-inhibiting effects of *Cinnamomum cassia* bark-derived materials on human intestinal bacteria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(1), 8-12.
- Li, G., Shrotriya, V., Huang, J., Yao, Y., Moriarty, T., Emery, K., & Yang, Y. (2005). High-efficiency solution processable polymer photovoltaic cells by self-organization of polymer blends. *Nature materials*, 4(11), 864-868.
- Li, R., Ye, L., & Mai, Y.-W. (1997). Application of plasma technologies in fibre-reinforced polymer composites: a review of recent developments. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 28(1), 73-86.
- Lin, K.-L., Hwang, M.-Y., & Wu, C.-D. (1996). The deposition and wear properties of cathodic arc plasma deposition TiAlN deposits. *Materials chemistry and physics*, 46(1), 77-83.
- Liu, X., Chu, P. K., & Ding, C. (2004). Surface modification of titanium, titanium alloys, and related materials for biomedical applications. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, 47(3), 49-121.
- Maitry, K. S. (2014). *Electrocrystallization of metallic thin films on different substrates: Effect of operating parameters*. NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ROURKELA.
- Martin, P. M. (2009). *Handbook of deposition technologies for films and coatings: science, applications and technology*: William Andrew.
- McGuire, J., & Kirtley, S. A. (1988). Surface characterization for prediction of food particle behavior at interfaces: theoretical considerations and limitations. *Journal of food engineering*, 8(4), 273-286.

- Montanaro, L., Campoccia, D., & Arciola, C. R. (2007). Advancements in molecular epidemiology of implant infections and future perspectives. *Biomaterials*, 28(34), 5155-5168.
- Mutlu, M., Mutlu, S., Alp, B., Boyaci, I., & Piskin, E. (1997). Preparation of a single layer enzyme electrode by plasma polymerization technique. *NATO ASI Series E Applied Sciences-Advanced Study Institute*, 346, 477-486.
- Nagel, J. A., Dickinson, R. B., & Cooper, S. L. (1996). Bacterial adhesion to polyurethane surfaces in the presence of pre-adsorbed high molecular weight kininogen. *J. Biomater. Sci., Polym.Ed.*, 7, 769-780.
- Nalçacıgil, Z. (2011). *Perylene türevi organik yarıiletken ince filmlerin optik özelliklerinin incelenmesi*. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Norowski, P. A., & Bumgardner, J. D. (2009). Biomaterial and Antibiotic Strategies for Peri-implantitis. *Journal of Biomedical Materials Research Part B-Applied Biomaterials*, 88B(2), 530-543. doi:10.1002/jbm.b.31152
- Novick, R. P., Ross, H., Projan, S., Kornblum, J., Kreiswirth, B., & Moghazeh, S. (1993). Synthesis of staphylococcal virulence factors is controlled by a regulatory RNA molecule. *The EMBO Journal*, 12(10), 3967.
- Olding, T., Sayer, M., & Barrow, D. (2001). Ceramic sol-gel composite coatings for electrical insulation. *Thin Solid Films*, 398, 581-586.
- Ong, Y.-L., Razatos, A., Georgiou, G., & Sharma, M. M. (1999). Adhesion Forces between *E. coli* Bacteria and Biomaterial Surfaces. *Langmuir*, 15(8), 2719-2725.
- Ouyang, B., Zhang, Y. Q., Zhang, Z., Fan, H. J., & Rawat, R. S. (2016). Green synthesis of vertical graphene nanosheets and their application in high-performance supercapacitors. *Rsc Advances*, 6(28), 23968-23973. doi:10.1039/c5ra27084g
- Ozansoy, B. (2007). *YL Tezi - Biyosensör Olarak Kullanılacak Kuartz Kristal Yüzeylerin Plazma Polimerizasyonu İle Hazırlanması ve Karakterizasyonu*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi.
- Özgüven, M., & Kırıcı, S. (1999). Farklı ekolojilerde nane (*Mentha*) türlerinin verim ile uçucu yağ oran ve bileşlerinin araştırılması. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23, 465-472.
- Özyetiş, A. (2005). X ışınları toz difraksiyon metodu ile bazı organik bileşiklerin kristal yapılarının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, . *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, .
- Parker, M. (1972). Phage typing of *Staphylococcus aureus*. *Methods in microbiology*, 7, 1-28.
- Pauleau, Y. (2006). *Materials surface processing by directed energy techniques*: Elsevier.
- Pegalajar-Jurado, A., Easton, C. D., Styan, K. E., & McArthur, S. L. (2014). Antibacterial activity studies of plasma polymerised cineole films. *Journal of Materials Chemistry B*, 2(31), 4993-5002. doi:10.1039/c4tb00633j
- Pérez-Tanoira, R., Pérez-Jorge, C., Endrino, J., Gómez-Barrena, E., Horwat, D., Pierson, J., & Esteban, J. (2010). *Antibacterial properties of biomedical surfaces containing micrometric silver islands*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.

- Peumans, P., Yakimov, A., & Forrest, S. R. (2003). Small molecular weight organic thin-film photodetectors and solar cells. *Journal of Applied Physics*, 93(7), 3693-3723.
- Pierret, R. F. (1996). *Semiconductor device fundamentals*: Pearson Education India.
- Pigowski, J., Gancarz, I., Staniszkowski, J., Paluch, D., Szymonowicz, M., & Konieczny, A. (1994). Influence of Plasma Modification on Biological Properties of Poly(Ethylene-Terephthalate). *Biomaterials*, 15(11), 909-916. doi:10.1016/0142-9612(94)90116-3
- Price, J. S., Tencer, A. F., Arm, D. M., & Bohach, G. A. (1996). Controlled release of antibiotics from coated orthopedic implants. *Journal of Biomedical Materials Research*, 30(3), 281-286. doi:10.1002/(sici)1097-4636(199603)30:3<281::aid-jbm2>3.0.co;2-m
- Quinn, M., & Britain, G. (2001). *Cancer trends in England and Wales 1950-1999*: Stationery Office.
- Rahman, M. J., & Bhuiyan, A. H. (2013). Structural and optical properties of plasma polymerized o-methoxyaniline thin films. *Thin Solid Films*, 534, 132-136. doi:10.1016/j.tsf.2013.02.026
- Sajeev, U. M., C.; Saravanan, S.; Ashokan, R.; Venkatachalam, S.; Anantharaman, M. Bull. . (2006). *Mater. Sci.*, 29 (2), 159–163.
- Sanford, M. D., Widmer, A. F., Bale, M. J., Jones, R. N., & Wenzel, R. P. (1994). Efficient Detection and Long-Term Persistence of the Carriage of Methicillin-Resistant Staphylococcus-Aureus. *Clinical Infectious Diseases*, 19(6), 1123-1128.
- Sheagren, J. N. (1984a). Staphylococcus-Aureus - The Persistent Pathogen .1. *New England Journal of Medicine*, 310(21), 1368-1373. doi:10.1056/nejm198405243102107
- Sheagren, J. N. (1984b). Staphylococcus-Aureus - The Persistent Pathogen .2. *New England Journal of Medicine*, 310(22), 1437-1442. doi:10.1056/nejm198405313102206
- Shi, F. F. (1996). Recent advances in polymer thin films prepared by plasma polymerization Synthesis, structural characterization, properties and applications. *Surface & Coatings Technology*, 82(1-2), 1-15. doi:10.1016/0257-8972(95)02621-5
- Song, X., Liu, J., Yu, L., Yang, J., Fang, L., Shi, H., . . . Wei, D. (2014). Direct versatile PECVD growth of graphene nanowalls on multiple substrates. *Materials Letters*, 137, 25-28.
- Stigter, M., Bezemer, J., de Groot, K., & Layrolle, P. (2004). Incorporation of different antibiotics into carbonated hydroxyapatite coatings on titanium implants, release and antibiotic efficacy. *Journal of Controlled Release*, 99(1), 127-137. doi:10.1016/j.jconrel.2004.06.011
- Stobie, N., Duffy, B., McCormack, D. E., Colreavy, J., Hidalgo, M., McHale, P., & Hinder, S. J. (2008). Prevention of Staphylococcus epidermidis biofilm formation using a low-temperature processed silver-doped phenyltriethoxysilane sol-gel coating. *Biomaterials*, 29(8), 963-969. doi:10.1016/j.biomaterials.2007.10.057
- Sun, J., Chen, Y., Cai, X., Ma, B., Chen, Z., Priyadarshi, M. K., . . . Ji, Q. (2015). Direct low-temperature synthesis of graphene on various glasses by plasma-enhanced

- chemical vapor deposition for versatile, cost-effective electrodes. *Nano Research*, 8(11), 3496-3504.
- Sureshkumar, A., Sankar, R., Mandal, M., & Neogi, S. (2010). Effective bacterial inactivation using low temperature radio frequency plasma. *International Journal of Pharmaceutics*, 396(1-2), 17-22. doi:10.1016/j.ijpharm.2010.05.045
- Sureshkumar, A., Sankar, R., Mandal, M., & Neogi, S. (2010). Effective bacterial inactivation using low temperature radio frequency plasma. *International journal of pharmaceutics*, 396(1), 17-22.
- Takshi, A., Dimopoulos, A., & Madden, J. D. (2007). Depletion width measurement in an organic Schottky contact using a metal-semiconductor field-effect transistor. *Applied Physics Letters*, 91(8), 083513.
- Toroğlu, S., & Çenet, M. (2006). Tedavi amaçlı kullanılan bazı bitkilerin kullanım alanları ve antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi için kullanılan metodlar. *KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9(2), 12-19.
- Tušek, L., Nitschke, M., Werner, C., Stana-Kleinschek, K., & Ribitsch, V. (2001). Surface characterisation of NH₃ plasma treated polyamide 6 foils. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 195(1), 81-95.
- Yasuda, H. (1981). Glow-Discharge Polymerization. *Macromolecular Reviews Part D- Journal of Polymer Science*, 16, 199-293.
- Yasuda, H. (1985). *Plasma polymerization*: Academic press.
- Yasuda, H. (1990). *Plasma Polymerization*. San Diego, CA: Academic Pres.
- Yasuda, H. K. (2005). Some important aspects of plasma polymerization. *Plasma Processes and Polymers*, 2(4), 293-304.
- Zhu, M., Wang, J., Holloway, B. C., Outlaw, R., Zhao, X., Hou, K., . . . Manos, D. M. (2007). A mechanism for carbon nanosheet formation. *Carbon*, 45(11), 2229-2234.

ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında Samsun ili 19 Mayıs ilçesinde doğdu. İlkokulu Yukarı Engiz İlköğretim okulunda, ortaokulu ve liseyi 19 Mayıs Anadolu Lisesinde 1995-2002 yılları arasında tamamladı.

Üniversite lisans öğretimini Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Fizik Bölümünde 2008 yılında tamamladı. 2011 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı Nanomalzeme Bilim dalında doktora eğitimine başladı. 2014 yılında Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Bölümünde araştırma görevlisi olarak akademik hayatına başladı.