



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİĞE SAHİP,
UV IŞINLARIYLA KURUYABİLEN
KAPLAMALARIN HAZIRLANMASI VE
PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

BUKET BOZDAĞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Anabilim Dalı
Organik Kimya Programı

DANIŞMAN

Prof. Dr. M. Vezir KAHRAMAN

İSTANBUL, 2019



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİĞE SAHİP, UV IŞINLARIYLA KURUYABİLEN KAPLAMALARIN HAZIRLANMASI VE PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

BUKET BOZDAĞ
(520817004)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Kimya Anabilim Dalı
Organik Kimya Programı

DANIŞMAN
Prof. Dr. M. Vezir KAHRAMAN

İSTANBUL, 2019

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Öğrencisi Buket BOZDAĞ'ın "ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİĞE SAHİP, UV IŞINLARIYLA KURUYABİLEN KAPLAMALARIN HAZIRLANMASI VE PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ" başlıklı tez çalışması, 31/10/2019 tarihinde savunulmuş ve jüri üyeleri tarafından başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri

Prof.Dr. M. Vezir KAHRAMAN (Danışman)
Marmara Üniversitesi

Prof.Dr.Nilhan KAYAMAN APOHAN (Üye)
Marmara Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Aslı BEYLER ÇİĞİL (Üye)
Amasya Üniversitesi



ONAY

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 27.11.2019 tarih ve 2019/24-02 sayılı kararı ile Buket BOZDAĞ'ın Kimya Anabilim Dalı Organik Kimya Programında Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Bülent Ekici



ÖNSÖZ

Tez çalışmamın hazırlanmasının benden bilgisini, tecrübesini eksik etmeyen değerli hocam ve tez danışmanım Sayın **Prof.Dr. M.Vezir KAHRAMAN**' a en samimi duygularıyla teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca yardımlarını hiçbir zaman eksik etmeyen, her konuda sınırsız destek sağlayan Sayın **Arş.Gör.Hatice Ceylan BİRTANE**'ye çok teşekkür ederim.

Hayatımın her anında ve tez çalışmam sürecinde, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve gelecekte karşılaşacağım tüm sıkıntılı ve mutlu zamanlarımda yanımda olacağına inandığım aileme çok teşekkür ederim. İyi ki varsınız.

Hayatımın bana en güzel hediyeleri olan arkadaşlarıma ve hocalarıma her zaman yanımda oldukları ve desteklerini esirgemedikleri için teşekkürü bir borç bilirim.

Bugünlere gelebildiğim için gururluyum.

Eylül, 2019

Buket BOZDAĞ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER	viii
TABLolar	ix
BÖLÜM 1 GİRİŞ VE AMAÇ	1
1.1. GİRİŞ.....	1
1.2. AMAÇ.....	2
BÖLÜM 2 GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Fotokimyanın Temel İlkeleri	4
2.1.1. Elektromanyetik Işıklar.....	4
2.2. Işık Etkisiyle Meydana Gelen Polimerizasyon	6
2.2.1. Fotokimyasal Polikondenzasyon	6
2.2.2 Fotokimyasal Katılma Polimerizasyonu	7
2.3. UV Işıklarıyla Hazırlanan Kaplamalar	8
2.3.1. UV Işıklarıyla Hazırlanan Sistemlerin Bileşenleri	9
2.4. UV Işıklarıyla Kaplama Hazırlamanın Avantajları	9
2.5. UV Işıklarıyla Kaplama Hazırlamanın Dezavantajları	10
2.6.1. Gümüş' ün Antibakteriyel Etkisi Hakkında	14
2.6.2. Altın Nanopartiküllerinin Antibakteriyel Etkisi Hakkında	15
2.6.3. Magnezyum Oksit Nanopartikülleri Antibakteriyel Etkisi Hakkında	16
2.6.4. Bakır oksit nanopartikülleri Antibakteriyel Etkisi Hakkında	16
2.6.5. Alüminyum Nanopartiküllerinin Antibakteriyel Etkisi Hakkında.....	17
2.6.6. Titanyum dioksit Nanopartiküllerinin Antibakteriyel Etkisi Hakkında	17
2.6.7. Çinko Oksit Nanopartiküllerinin Antibakteriyel Etkisi Hakkında	18
2.6.8. Nanopartiküllerin Uygulama Alanları.....	18
2.7. Antibakteriyel Kaplamalar	19
BÖLÜM 3 MATERYAL VE YÖNTEM	21
3.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler.....	21

3.2. Kullanılan Cihaz Ve Aletler	22
3.3. Yöntem.....	23
3.3.1. Bakır Nanopartikül (nCu) Sentezi	23
3.3.2. Gümüş Nanopartikül (nAg) Sentezi	23
3.3.3. Akrillenmiş GTAC Eldesi.....	24
3.3.4. UV Kürlenebilen Filmlerin Hazırlanması.....	25
BÖLÜM 4 SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	26
4.1. Hazırlanan Serbest Filmlerin FTIR Ve NMR İle Karakterizasyonu	26
4.2. SEM Analizi.....	30
4.3. UV Geçirgenlik Sonuçları	31
4.4. Temas Açısı Analiz Sonuçları	31
4.5. TGA Termal Gravimetrik Analiz.....	34
4.6. Antimikrobiyal Aktivite	37
BÖLÜM 5 TARTIŞMA ve DEĞERLENDİRME	42
KAYNAKLAR:	43
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİĞE SAHİP, UV IŞINLARIYLA KURUYABİLEN KAPLAMALARIN HAZIRLANMASI VE PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Bu tez çalışmasında, antimikrobiyal özellikleri gösteren UV ile kürlenebilir kaplama malzemeleri geliştirmeyi amaçlamıştır. GTAC akrilatlandı ve FTIR ve ¹H NMR spektroskopisi ile tanımlandı. Farklı içeriğe sahip UV ile kürlenebilir kaplama malzemeleri hazırlandı.

Malzemelerin antimikrobiyal aktivitesini belirlemek için inhibisyon zonu yöntemi kullanıldı. Numunelerin ısı kararlılığı TGA ile değerlendirildi. Hidrofobikliği hakkında bilgi edinmek için numunelerin temas açıları ölçülmüştür.

Numunelerin yüzey morfolojisi SEM ile incelenmiştir. Üretilen UV ile kuruyabilen kaplama malzemeleri iyi antimikrobiyal, termal ve yüzey özelliklerine sahiptir.

ABSTRACT

PREPARATION OF ANTIBACTERIAL, UV CURABLE COATINGS AND INVESTIGATION OF PERFORMANCE PROPERTIES

This thesis study aimed to develop UV curable coating materials showing antimicrobial properties. GTAC was acrylated and characterized by FTIR and ¹H NMR spectroscopy. UV curable coating materials with different contents were prepared.

Inhibition zone method was used to determine the antimicrobial activity of the materials. Thermal stability of samples was evaluated by TGA. Contact angles of samples were measured to obtain information about their hydrophobicity.

Surface morphology of samples was investigated by SEM. Produced UV curable coating materials have good antimicrobial, thermal and surface properties.

SEMBOLLER

°C : Santigrat Derece

K : Kelvin Derece

nm : Nanometre

T : Geçirgenlik

A : Absorbans

ν : Frekans

ppm : Milyonda Bir Kısım

Hz : Hertz

mmol : Milimol

KISALTMALAR

UV	: Ultra-viyole
Vis	: Görünür Bölge
IR	: Infrared
NMR	: Nükleer Manyetik Rezonans
FTIR	: Fourier Dönüşümlü Spektrofotometre
PEGDA	: Polietilenglikol diakrilat
TMPTA	: Trimetilolpropan triakrilat
HEMA	: Hidroksietilmetilakrilat
GTAC	: Glisidil trimetil amonyum klorür
PFA	: Perfloro akrilat
AgNO₃	: Gümüş nitrat
CuSO₄.5H₂O	: Bakır(II) sülfat pentahidrat
nAu	: Altın nanoparçacık
NaOH	: Sodyum hidroksit
NaBH₄	: Sodyum borhidrür
PVP	: Polivinilpirolidon
TPP	: Trifenil fosfin
HDDA	: Hekzandioldiakrilat

ŞEKİLLER

	Sayfa No.
Şekil 1. Elektromanyetik Spektrum [5]	4
Şekil 2. Jablonski Diagramı [7]	5
Şekil 3. Polimerizasyon Şeması	6
Şekil 4. Çapraz Bağlı Polimer Oluşumu.....	6
Şekil 5. Başlama Reaksiyonu.....	7
Şekil 6. Büyüme Reaksiyonu	7
Şekil 7. UV Işınlarıyla Sertleşebilen Kaplama Prosesi [1,18]	8
Şekil 8. Hazırlanan Ag@C nanokompozitlerin SEM görüntüsü [50].....	12
Şekil 9. Transmisyon Elektron mikroskobu (TEM)nda Kitosan-Gümüş nanokompozitleri[53]	14
Şekil 10. Kitosan (i) ve Ch / Ag (ii) 'nin (a) Staphylococcus aureus MTTC 1809, (b) Pseudomonas aeruginosa MTTC 424 ve (c) Salmonella entrica MTCC 1253'e Karşı in vitro Antibakteriyel Etkinliği [53].....	14
Şekil 11. Serbest Film Hazırlamak İçin Kullanılan Teflon Kalıp.....	23
Şekil 12. aGTAC Reaksiyon Şeması.....	24
Şekil 13. aGTAC'nin ¹ H NMR spektrumu	27
Şekil 14. GTAC, aGTAC FTIR grafiği	27
Şekil 15. Gümüşlü formülasyonların FTIR grafiği	28
Şekil 16. Altınlı formülasyonların FTIR grafiği	28
Şekil 17. Bakırlı formülasyonların FTIR grafiği	29
Şekil 18. F1, F5, F8, F11 SEM görüntüleri	30
Şekil 19. Formülasyonların çakışık UV spektrumları	31
Şekil 20. Formülasyonların Temas Açısı Sonuçları	32
Şekil 21. a)F0,b)F1,c)F2,d)F3 Temas Açısı Görüntüleri	32
Şekil 22. a)F0,b)F5,b)F6,c)F7 temas açısı görüntüleri	33
Şekil 23. a)F0,b)F8,c)F9,d)F10 Temas Açısı Görüntüleri	33
Şekil 24. a)F0,b)F11,c)F12,d)F13 Temas Açısı Görüntüleri.....	34
Şekil 25. Gümüşlü Formülasyonların TGA grafiği.....	36
Şekil 26. Altınlı Formülasyonların TGA grafiği.....	36
Şekil 27. Bakırlı Formülasyonların TGA grafiği	37
Şekil 28.E.Coli Bakterisinin Gösterdiği Aktivite.....	40
Şekil 29 S. aureus Bakterisinin Gösterdiği Aktivite	41

TABLÖLAR

	Sayfa No.
Tablo 1. UV Işınlarıyla Sertleşebilen Sistemlerin Temel Bileşenleri.....	9
Tablo 2. Antibakteriyel ajanlar[29]	11
Tablo 3. Hazırlanan Filmlerin Formülasyonları.....	25
Tablo 4. Formülasyonların TGA sonuçları tablosu	35
Tablo 5. UV sertleşebilen filmlerin E.coli ve S. Aureus’a karşı antimikrobiyel aktivitesi (inhibasyon santimetre cinsinden zon çapı)	38



BÖLÜM 1 GİRİŞ VE AMAÇ

1.1. GİRİŞ

Nanomalzemelerin polimer yüzeyindeki dağılımı ve kendiliğinden düzenlenmesi, hücre-substrat etkileşimine imkan sağlamaktadır. 50 nm'den daha düşük boyuta sahip olan bir maddede kuantum fiziği kuralları geçerli olur. Nano boyutta maddelerin polimer matriksle karıştırılması elde edilen kompozitin iletkenliğinde, sertliğinde, reaktivliğinde, renginde değişikliğe sebep olur. Bu tür değişiklikler endüstriyel sektörlerde nanoteknoloji uygulamalarına yönelik ilgiyi artırmıştır.

Polimer seçimi ve nanoparçacığın özellikleri elde edilmek istenen nanokompozit malzemelerinin performans özelliklerinin belirlenmesinde çok önemlidir.

Nanoparçacık/polimer kompozitleri hazırlamada kullanılan genel metot, önceden hazırlanan nanoparçacıkların polimer matriksi içinde fiziksel olarak dağılımını göstermektedir, ancak bu dağılım her zaman homojen olmayabilir. Başka bir yöntem de nanoparçacıkların monomer içinde dağıtılmasıyla polimer sentezidir. En hassas ve önemli yol ise nanoparçacıkların polimerizasyon işlemi esnasında in situ olarak elde edilmesidir. Bu da parçacık büyüklük kontrolü, dağılımı ve şekli üzerinde önemli rol oynar.[1]

Çalışmada kullanılan fotopolimerizasyon yöntemi, özellikle oda sıcaklığında hızlı kürleşme, çevreci olması ve düşük fiyat özellikleri gibi birçok avantajı vardır. Bu sebeple de fotopolimerizasyon, mikro elektronik, diş dolguları, kemik biyomalzemeleri, kaplamalar, yapıştırıcılar, baskı mürekkepleri, doku mühendisliği ve polimerik malzemeleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

UV ışınlarıyla kuruyabilen kaplama malzemeleri fotokimyasal olarak başlatılan polimerizasyon sonucu hazırlanmaktadır. Birçok yüzeyde koruma ya da dekoratif amaçlı olarak bu tür malzemelerle kaplama yapılabilir. Kağıt, plastik, optik fiberler, ahşap yüzeyler, metal, hassas çalışma gerektiren ve ısıya duyarlı sistemler gibi birçok yüzeyde UV ile sertleşebilen kaplamalar kullanılmaktadır. Bunlar UV ile kuruyabilen kaplamalar solvent içermemeleri, daha yüksek mekanik performans göstermeleri, enerji tasarrufu sağlamaları ve hızlı bir şekilde film oluşturmaları sebebiyle kullanımı oldukça fazladır. [2]

Son yıllarda antibakteriyel malzemeler üzerinde birçok araştırma yapılmıştır. Günümüzde bakteri, mantar ve mikroorganizmalardan kaynaklı enfeksiyonların artması antibakteriyel malzemelerin önemini arttırmıştır. Bu malzemeler ev eşyaları, boya, oyuncak, okul ve hastane malzemelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır; ancak bu malzemelerin çoğunluğu organik olan malzemelerdir. Bu organik malzemelerin erime ve kaynama noktalarının düşük olmasından dolayı buharlaşma eğilimleri yüksektir, yapıları kolayca bozulabilmektedir ve böylece özelliklerini kaybetmektedirler. Bu yüzden genellikle inorganik maddelerle organik-inorganik hibrit malzemeler olarak kullanılmaktadırlar. Nanogümüş, yeni nesil bir antibakteriyel madde olarak kabul edilmektedir ve tıbbi cihazlar, gıda paketi ve endüstriyel borular için antibakteriyel yüzey kaplamalarında kullanılmak için büyük bir potansiyele sahiptir. Son zamanlarda, daha iyi biyouyumluluk ve daha iyi antibakteriyel aktivite için nano gümüş ile nanokompozit kaplamalar üretmek yaygın çalışılan konular arasında yer almaktadır.

1.2. AMAÇ

Son zamanlarda gümüş nanoparçacıkların antibakteriyel özellikleri üzerine yapılan çalışmalarda bir artmış görülmektedir. Gümüş nanopartiküldeki gümüş iyonları hücre zarı proteinleri ve bakteride bulunan DNA ile etkileşime girerek organizmanın hayati fonksiyonlarının durmasına sebep olur. Bu şekilde antibakteriyel özellik gösterirler.

Bu çalışmada termal özellikleri bakımından üstün, gram negatif ve gram pozitif bakterilere karşı antibakteriyel özelliğe sahip gümüş, altın, bakır nanoparçacıkları içeren nanokompozitler hazırlanmıştır.

Bu tez çalışmasında hazırlanacak gümüş, bakır ve altın nanopartikül içeren nanokompozitlerin hazırlanması ve anti bakteriyel etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. İlk olarak, gümüş ve bakır sentezlenecektir. Sonrasında gilisidiltrimetil amonyum klorür (GTAC) akrilik asitle reaksiyona sokularak akrillenmiş GTAC (a-GTAC) elde edilecektir. Daha sonrasında akrillenmiş GTAC ile UV kürlenebilen filmler hazırlanacaktır. Sentezlediğimiz nanoparçacıklar ile gümüş, bakır ve altın nanoparçacıkları farklı oranlarda eklenerek UV kürlenebilen filmler hazırlanacaktır.

Hazırlanan filmlerin antibakteriyel özellikleri incelenecektir. Hazırlanan kaplamaların termal özellikleri Termal Gravimetrik Analiz (TGA), gümüş ve bakır nanoparçacıklarının ve

kaplamaların morfolojik özellikleri Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile incelenecektir. Ayrıca kaplamaların antibakteriyel özellikleri de incelenecektir.

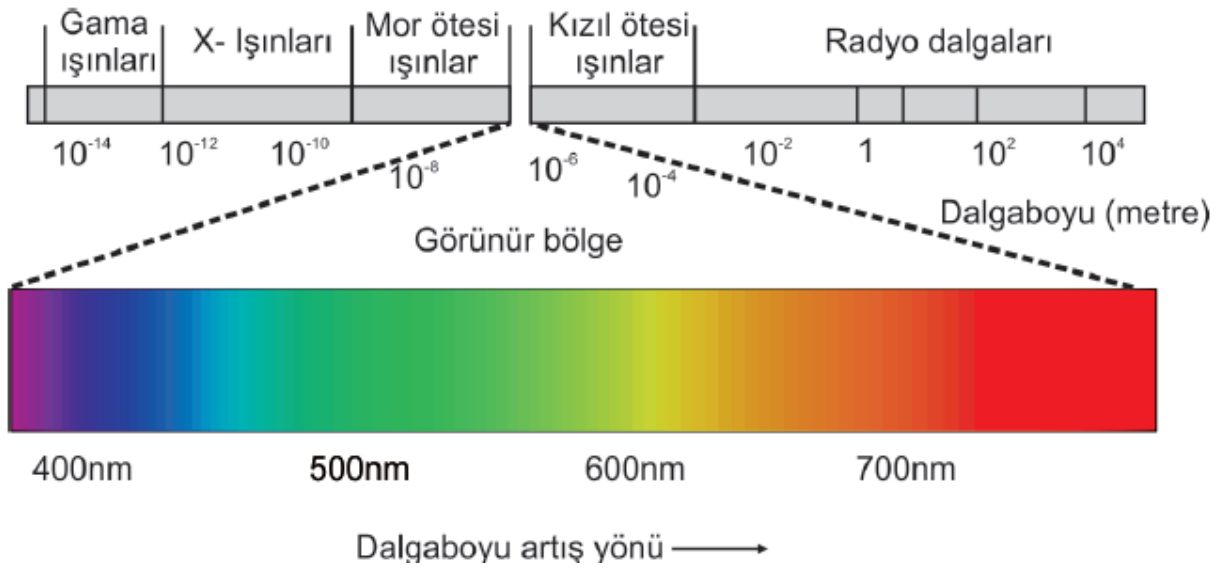


BÖLÜM 2 GENEL BİLGİLER

2.1. Fotokimyanın Temel İlkeleri

2.1.1. Elektromanyetik Işıklar

Elektromanyetik ışınlar, kısa dalga boylu γ -ışınları, uzun dalga boylu radyo dalgaları arasında geniş bir spektrumu kapsamaktadır. Elektromanyetik spektrumda 400-800 nm dalga boyu aralığındaki bölge görünür bölge olarak adlandırılır. Elektromanyetik spektrum Şekil 1'de gösterilmektedir.[3,4]



Şekil 1. Elektromanyetik Spektrum [5]

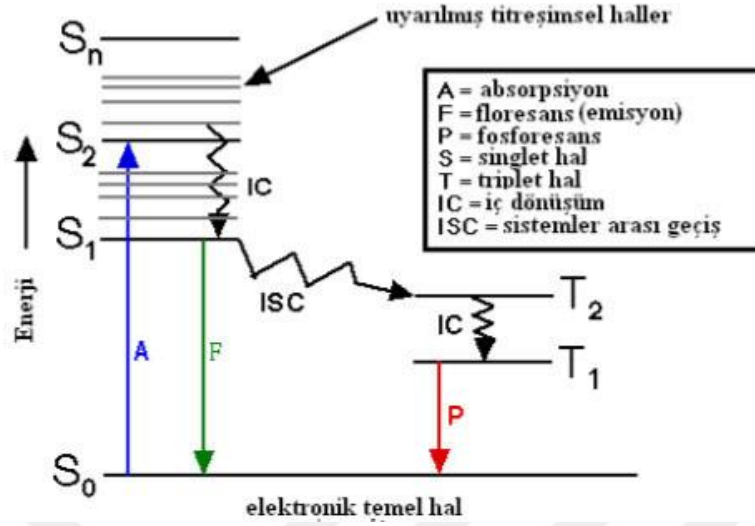
Yayınlanan bir ışık fotonunun enerjisi ve dalga boyu arasında;

$$E = h\nu = h(c/\lambda) = h c \nu' \text{ bağıntısı bulunur. (3,6) Burada ki;}$$

- ✓ h = Planck sabitini, ($6,62620 \times 10^{-34}$ J.s)
- ✓ ν = ışığın frekansını, (s^{-1})
- ✓ λ = Dalga boyunu, ($Å^\circ$, nm ya da cm)
- ✓ c = Işık hızını, ($2,997925 \times 10^8$ m.s $^{-1}$)

ν' = Dalga sayısını (cm^{-1}) gösterir.

Işığın enerjisi frekansı ile doğru, dalga boyu ile ters orantılıdır. Işığın dalga boyu arttıkça enerjisi azalmaktadır.



Şekil 2. Jablonski Diagramı [7]

Bu geçişler sırası ile:

1. Işın sönmesi: Çarpışarak, ışın yaymadan S_0 haline geri dönmek,
2. Floresans: Işın yayarak S_0 haline geri dönmek,
3. Sönüm: Sistemin diğer öğelerinin etkisiyle meydana gelen sönme,

Sistemler arası geçiş (ISC): Singlet halden, kendisine karşılık gelen düşük enerjili triplet haline geçme,

Dolaylı uyarılma (Foto uyarılma): Sistemin başka bir öğesine molekül içinde enerji transferidir.

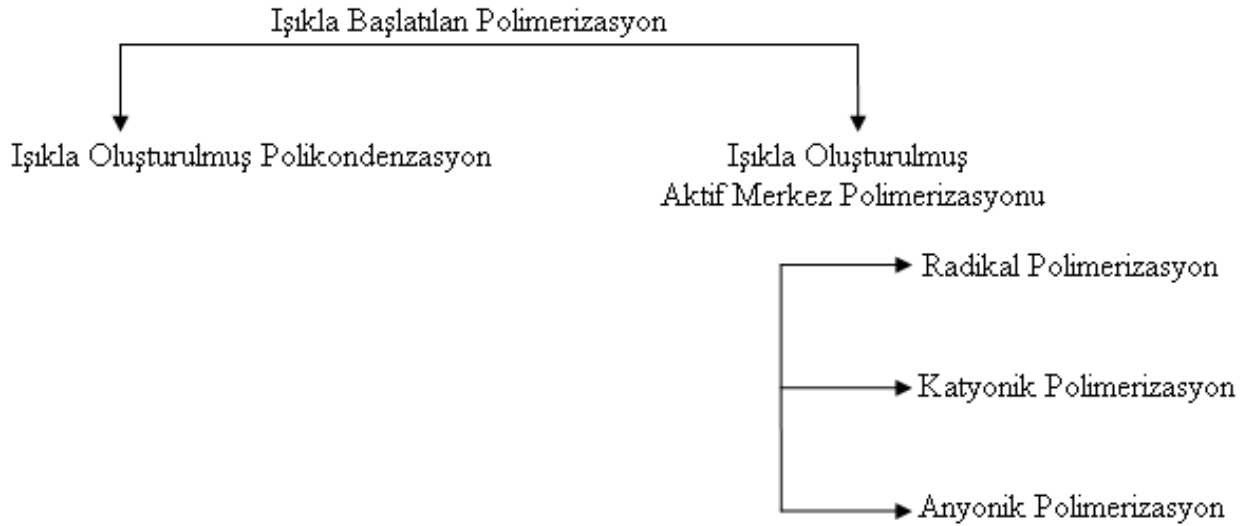
Burada; S_1 = Uyarılmış singleti, S_0 = Uyarılmamış singleti (Temel Hal),

$h\nu$ = Işık enerjisi, T_1 = Triplet durumunu, ISC = Sistem arası geçişini göstermektedir

[4,8]

2.2. Işık Etkisiyle Meydana Gelen Polimerizasyon

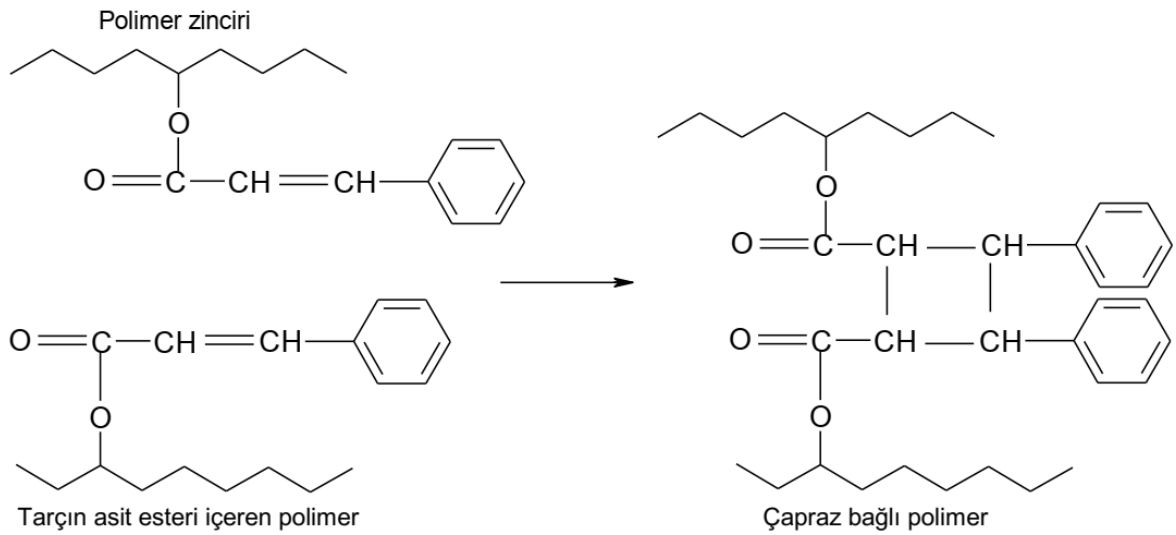
Fotokimyasal yolla meydana gelen polimerleşme iki temel sınıfta toplanır.[3,4]



Şekil 3. Polimerizasyon Şeması

2.2.1. Fotokimyasal Polikondenzasyon

Fotokimyasal polikondenzasyona tarçın asidi esterleri ve aril ketonların ışık etkisi ile dimerleşmesi örnek verilebilir.[3,4]



Şekil 4. Çapraz Bağlı Polimer Oluşumu

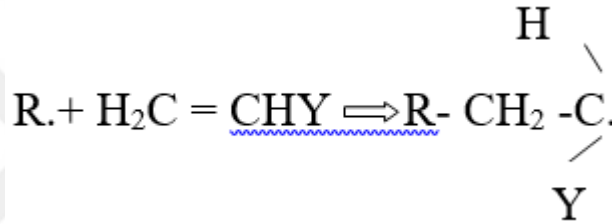
2.2.2 Fotokimyasal Katılma Polimerizasyonu

UV ışınlarının etkisiyle başlayan polimerizasyon reaksiyonlarında, yüksek enerjili ışınlar öncelikle fotobaşlatıcıdan serbest radikal oluşturarak polimerizasyon başlar. UV radikalik polimerizasyon reaksiyonlarında uyarılmış başlatıcı molekülleri, monomere bağlanarak aktif radikal molekülleri oluşturur ve zincir reaksiyonu sonlanma basamağına kadar devam eder.[9]

UV ışınlarıyla başlatılan serbest radikal polimerizasyonu 3 basamakta gerçekleşmektedir.

2.2.2.1.Başlama Reaksiyonu

Bu basamakta başlatıcılar UV ışınlarını absorbe eder. Önce triplet halde molekül içi parçalanma, daha sonra homolitik parçalanma meydana gelir. Oluşan primer radikallere, monomer moleküllerinin katılması ile birlikte monomer radikal oluşur.[10]

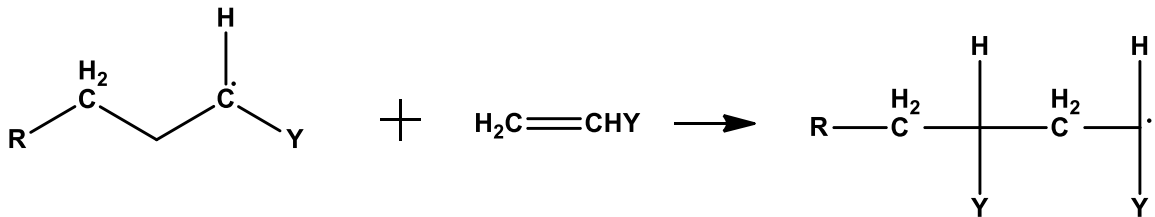


Şekil 5. Başlama Reaksiyonu

2.2.2.2. Büyüme Reaksiyonu

Büyüme reaksiyonunda, başlama basamağında oluşan aktif monomer radikalleri ortamda bulunan monomerler ile birlikte reaksiyona girmekte ve çok kısa bir sürede çok fazla sayıda monomer birimi oluşan zincire girmektedir.[10,11]

Büyüme reaksiyonu ortamda bulunan monomerlerin tamamı bitine kadar devam etmektedir



Şekil 6. Büyüme Reaksiyonu

2.2.2.3. Sonlanma Reaksiyonu

Sonlanma basamağı, engelleyici grupların bulunmaması halinde birbirleriyle etkileşmeleri sonucu gerçekleşir. Zincir sonlanması 5 farklı mekanizma ile meydana gelmektedir.

- ✓ Normal Sonlanma
- ✓ Aktif merkezin başka bir moleküle transferi ile sonlanma
- ✓ Orantısız Sonlanma
- ✓ Safsızlıklarla veya inhibitör ile etkileşme sonucundaki sonlanma
- ✓ Bir aktif zincir ucuyla bir başlatıcı radikalinin reaksiyonu sonucu sonlanma [10,12,13]

2.3. UV Işınlarıyla Hazırlanan Kaplamalar

Ultraviyole ışınları ile hazırlanan kaplamalarda polimerleşmeyi başlatmak için UV ışınları kullanılır. [14] UV ile sertleşebilen sistemlerdeki tüm reaktif bileşenler reaksiyona girerek polimerin ağ yapısında yer alırlar. Kaplanacak bir yüzeye uygulanan kaplamanın % 100'ü sertleşerek bir kalıntıya sebep olmaz. [15-16] Bu tür kaplama formülasyonlarında solvent içermemektedir, kompozisyonlarında oligomerler, fotobaşlatıcılar, reaktif seyrelticiler (çapraz bağlanma için) dolgu maddeleri ve çeşitli katkı maddeleri içermektedir. UV ışınlarıyla sertleştirilen kaplamalar düşük yatırım, üretim ve enerji maliyetlerine sahip olmaları, formülasyonlarında çevreye ve sağlığa zararlı uçucu organik solvent içermemeleri, çok hızlı bir şekilde çapraz bağlanmış yapının oluşması, oda sıcaklığında uygulanabilmeleri ve geniş bir uygulama alanına sahip olmaları gibi avantajlara sahiptirler.[17]



Şekil 7. UV Işınlarıyla Sertleşebilen Kaplama Prosesi [1,18]

2.3.1. UV Işınlarıyla Hazırlanan Sistemlerin Bileşenleri

UV ışınlarıyla sertleşen kaplamalarda genellikle, fonksiyonel akrilat grupları, reaktif çözücüler (mono veya multi fonksiyonel), fotobaşlatıcılar ve pigmentlerin dahil olduğu bir sistemden meydana gelirler [2,19]

Bunların yanısıra koruyucu kaplama formülasyonlarına farklı katkı maddeleri ilave edilerek farklı özelliklere sahip UV ışınlarıyla sertleşen kaplamalar elde edilebilirler. Yüzey kayganlaştırıcılar, yumuşatıcılar, reaktif olmayan dolgu pigmentleri, yapışmayı artırıcılar, boyalar gibi çok çeşitli kimyasallar kullanılmaktadır.[3]

Tablo 1. UV Işınlarıyla Sertleşebilen Sistemlerin Temel Bileşenleri

Bileşen	% Oranı	İşlevi
Fotobaşlatıcı	1-3	Radikalik ya da katyonik olarak polimerizasyonun başlatılması
Reaktif Seyreltici	15-60	Karışımın viskozitesinin ayarlanması
Reaktif Oligomer	25-90	İstenilen temel özelliklere sahip filmlerin oluşumu
Katkı ve Dolgu Malzemeleri	1-50	Elde edilecek filmin özelliklerinin geliştirilmesi
Işık Kaynağı	-	Sertleşebilmesi için enerji gereksinimini sağlaması

2.4. UV Işınlarıyla Kaplama Hazırlamanın Avantajları

- ✓ Kaplamalar hazırlanırken herhangi bir uçucu çözücü kullanılmamasından dolayı çevreyi kirletmeleri minimum seviyededir.
- ✓ Hazırlanan kaplamalarda çapraz bağ yoğunluğu fazla olmasından dolayı mekanik ve kimyasal kararlılığı yüksektir.
- ✓ UV sistemlerin bakımı ve kullanımları kolaydır.
- ✓ Düşük sıcaklıklarda çalışmaya izin vermektedir.
- ✓ UV-kaplama sertleştikten sonra ek bir işlem gerekmez, maliyetleri düşüktür.

- ✓ Kaplamalar hazırlanırken uçucu çözücü kullanılmamasından sebebi ile açığa çıkan çözücünün geri kazanılması için özel bir çaba gerekmemektedir. Bu durum da kaplamalar hazırlanırken oluşan maliyetin az olmasını sağlar.
- ✓ UV ışınları ile hazırlanan kaplamalarda, sertleşme olayı genellikle radikal mekanizma üzerinden ilerler. Polimer radikalleri çok hızlı reaksiyona girerek çok kısa bir süre içerisinde kaplamanın oluşmasını sağlar. Bu da çok hızlı ve yüksek kapasitede üretimin gerçekleştirmesini sağlar. [3,20-26]

2.5. UV Işınlarıyla Kaplama Hazırlamanın Dezavantajları

- ✓ UV ışınlarının gözlere zarar vermesinden dolayı kaplamanın hazırlanması esnasında çıplak gözle bakılmamalıdır.[27]
- ✓ Havadaki oksijenin polimerizasyonu engellediği durumlarda mekanik özellikleri daha düşük olan kaplamalar da elde edilebilmektedir.
- ✓ Kaplamalar hazırlanırken istenilen viskozite sağlanamadığı zaman çeşitli sorunlar ortaya çıkabilmektedir.[21-24-28]

UV ışınlarını kuvvetli şekilde absorplayan veya yansıtan bazı pigmentlerin oranı yüksek malzemelerin UV ışınları ile kaplamalarının hazırlanması esnasında bazı zorluklara neden olabilmektedir.[3,4,27,34]

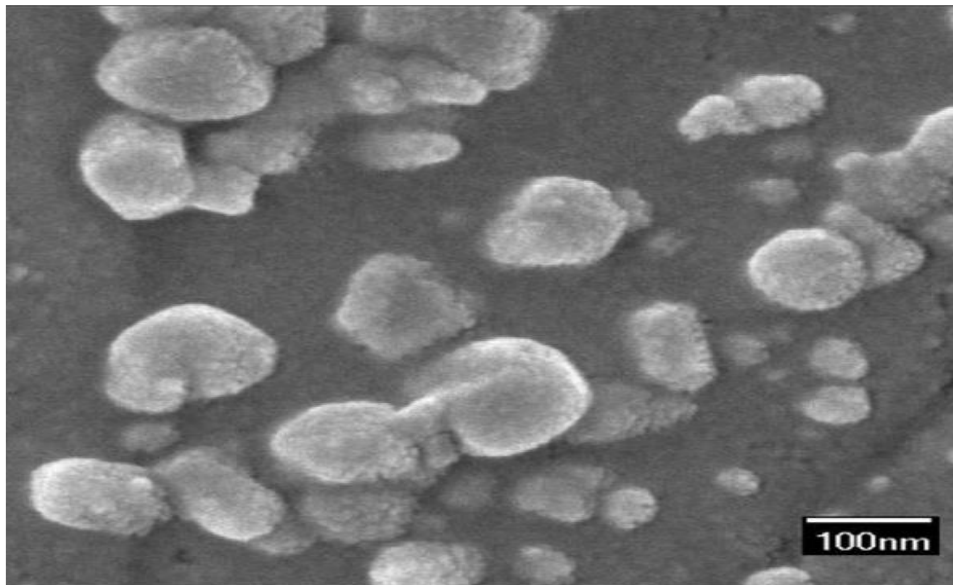
Tablo 2. Antibakteriyel ajanlar[29]

KISA SÜRELİ ETKİ EDEN AJANLAR	
Alkoller	Etanol,İzopropanol[30,31]
Aldehitler	Glutaraldehit, Formaldehit [32,33]
Halojen salıcı bileşikler	Klor bileşikleri,İyot bileşikleri [34,35]
Peroksitler	Hidrojen peroksit,Ozon,Perasetik asit [36]
Gaz halindeki maddeler	Etilen oksit,formaldehit [32,37]
UZUN SÜRELİ ETKİ EDEN AJANLAR	
-anilidler	Triklorokarban [38]
Biguanidler	Klorheksidin,Alexidin Polimerik biguanitler [39]
Bisfenollar	Triklosan,Heksaklorofen [40,41,42]
Halofenoller	PCMX (p-kloro-m-ksilenol) [43]
Ağır metaller	Civa,Gümüş [44,45]
Fenoller ve kresoller	Fenol,Kresol [46]
Kuaterner amonyumbileşikleri	Setrimid,Benzalkonyum klorür Setilpiridinyum klorür [47, 48]

2.6. Antibakteriyel Çalışmalar

Ricardo J.B. Pinto ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada; Kitosan türevleri ve gümüş nanoparçacıklara dayanan optik olarak şeffaf nanokompozit filmlerin antibakteriyel özellikleri incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada, Kolloidal gümüş nanoparçacıkları (NP'ler) sitrat ve borohidrit azaltma yöntemleri kullanılarak hazırlandı ve moddfiye edilmemiş kitosan, suda çözünür kitosan ve bir N-alkil kitosan türevi olan üç matriksde dolgu maddesi olarak incelendi. Malzemelerin optik özellikleri, filmlerdeki Ag NP içeriği değiştirilerek (ağırlık / ağırlık olarak % 0.5 ila 3.9) veya farklı parçacık büyüklüğü dağılımlarına sahip Ag NP örnekleri kullanılarak ayarlanmıştır. Hazırlanan örneklerin antibakteriyel aktivitesi gram pozitif (*Staphylococcus aureus*) ve Gram negatif bakterilere (*Klebsiella pneumoniae* ve *Escherichia coli*) karşı incelenmiştir. Bunun sonucunda, değiştirilmemiş kitosan nanokompozitleri için bakteri yok edici etki, Ag içeriğine bağlıken, suda çözünür kitosan ve N-alkil kitosan bazlı malzemeler için böyle bir etki her zaman gözlenmiştir.[49]

Kunjie Wang ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada; gümüş nanopartiküller (AgNP'ler) içeren nanokompozitler hazırlanmıştır. Çalışmada elde edilen nanokompozitleri, disk difüzyon testinde hem gram negatif hem de gram pozitif bakterilere karşı güçlü antibakteriyel etki göstermiştir. Hücresel toksisite değerlendirmesi, MT testi kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca, hazırlanan nanokompozitleri iyi bir biouyumluluk göstermiştir.[50]

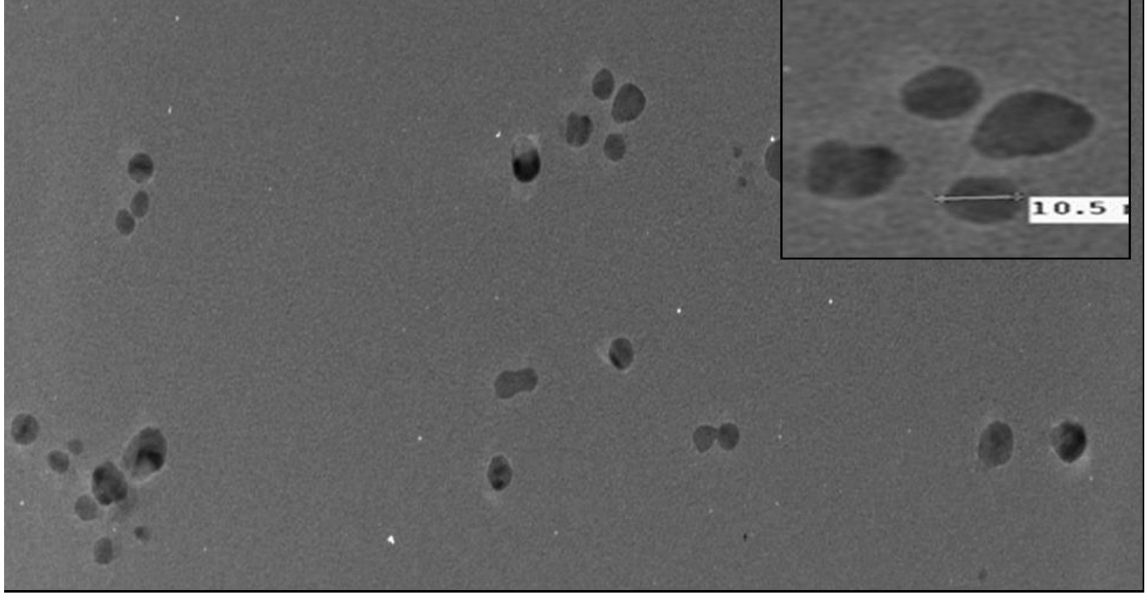


Şekil 8. Hazırlanan Ag@C nanokompozitlerin SEM görüntüsü [50]

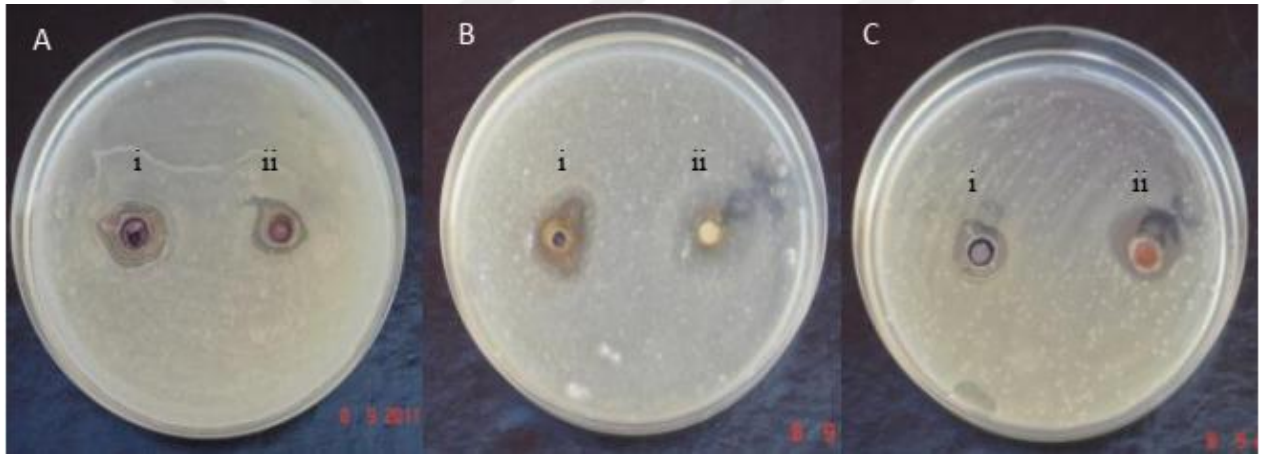
Ricardo J.B. Pinto , Paula ve arkadaşları tarafından yapılan bir başka çalışmada Selüloz /Ag nanokompozitler, iki farklı metod ve bitkisel ve bakteriyel selüloz substrat kullanılarak hazırlanmıştır. Bu nanokompozitler, morfolojileri ve kimyasal bileşimleri bakımından karakterize edilmiştir. Bu malzemelerin antibakteriyel aktivitesi hakkında detaylı çalışmalar *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* ve *Klebsiella pneumoniae* için yapılmıştır. Selülozik elyaflarda ağırlıkça % 5.0×10^{-4} kadar düşük konsantrasyonlarda bulunan gümüş nanopartiküller bu nanokompozitleri etkili antibakteriyel materyaller yapmıştır. [51]

Jyoti Chaudhary ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, bakır nanokompozit basit kimyasal çöktürme metodu ile sentezlenmiştir. İlk olarak, polimer metal kompleksi sentezlenmiş ve bunu kalsinasyon tekniği uygulanmıştır. Elde edilen nanokompozitin antimikrobiyal aktivite gösterdiği görülmüştür.[52]

Pawan Kaur, Ashok Choudhary ve Rajesh Thakur'un yapmış oldukları çalışmada Kitosan-Gümüş nanokompozitlerin sentezi ve antibakteriyel aktiviteleri incelenmiştir. Bu çalışmada, antimikrobiyal paketleme, yara pansumanı ve antibakteriyel malzemeler olarak artan uygulamaları ışığında kitosan-gümüş nanokompozitlerin yerinde üretimini incelemiştir. Kitosan-Gümüş nanokompozitleri kitosan polimerine gümüş nanoparçacıklarının gömülmesiyle hazırlanmıştır. Çalışmada elde edilen nanokompozitlerin partikül boyutları yaklaşık olarak 10-15 nm boyutlarında gözlenmiştir. Nonokompozitlerin antibakteriyel aktiviteleri, *in vitro* *Staphylococcus aureus* MTCC 1809, *Pseudomonas aeruginosa* MTCC 424 ve *Salmonella enterica* MTCC 1253'e karşı inhibisyon yöntemi bölgesi ile değerlendirilmiştir. Bulunan sonuçlara göre elde edilen nano kompozitlerin antibakteriyel aktivite gösterdiği görülmüştür.[53]



Şekil 9. Transmisyon Elektron mikroskobu (TEM)nda Kitosan-Gümüş nanokompozitleri[53]



Şekil 10. Kitosan (i) ve Ch / Ag (ii) 'nin (a) *Staphylococcus aureus* MTTC 1809, (b) *Pseudomonas aeruginosa* MTTC 424 ve (c) *Salmonella enterica* MTCC 1253'e Karşı in vitro Antibakteriyel Etkinliği [53]

Bu çalışmanın sonucunda, kitosan nanopartiküllerinin antibakteriyel aktivitesinin, gümüş nanopartiküllerle yüklendiğinde önemli ölçüde arttığını görülmüştür. [53]

2.6.1. Gümüş' ün Antibakteriyel Etkisi Hakkında

Gümüş nanopartiküllerin bakteriler üzerindeki inhibe edici etkisini açıklamak için çeşitli mekanizmalar önerilmiştir. Gümüşün kükürt ve fosfora yüksek afinitesinin olması, antimikrobiyal etkinin anahtar elemanı olduğu varsayılmaktadır. Bakteriyel hücre zarı üzerindeki kükürt içeren proteinlerin bolluğu nedeniyle, gümüş nanopartiküller hücre zarının içinde veya dışında bulunan kükürt içeren amino asitlere etki eder, bu da bakteriyel hücre

canlılığını etkiler. Gümüş nanoparçacıklardan salınan gümüş iyonlarının (özellikle Ag^+), DNA'daki fosfor kısımlarıyla etkileşime girebileceği, DNA replikasyonunun etkisizleşmesine neden olabileceği veya kükürt içeren proteinlerle reaksiyona girebileceği ve enzim fonksiyonlarının inhibe edilmesine yol açtığı öne sürülmüştür. Genel anlayış, tipik olarak 20 nm çapın altındaki Ag nanopartikülünün bakteriyel hücre zarlarının kükürt içeren proteinlerine bağlanması ve böylece bakterilerin ölümüne neden olan zarın daha fazla geçirgenliğine yol açar. [54]

2.6.2. Altın Nanopartiküllerinin Antibakteriyel Etkisi Hakkında

Altının kullanımı, MÖ 2500 yıllarında Çin tıbbi geçmişine kadar bilinmektedir. Kırmızı kolloidal altın Hint tıbbında yaşlanmayı geciktirici olarak ve canlandırma için halen kullanılmaktadır. Altın ayrıca, batı dünyasında sinir rahatsızlığı çeken insanları canlandırabilecek bir madde olarak uzun bir kullanım geçmişine sahiptir. 16. yüzyılda epilepsi tedavisi için altın önerilmiştir. 19. yüzyılın başında frengi tedavisinde altın kullanılmıştır. Altın siyanürün tüberkül basiline doğru bakteriyostatik etkisinin Robert Koch tarafından keşfedilmesinin ardından, 1920'lerde tüberküloz için altın bazlı tedavi başlatılmıştır. Altın bileşiklerinin başlıca klinik kullanımları, sedef hastalığı, genç artrit, palindromik romatizma ve diskoid lupus eritematozus gibi romatizmal hastalıkların tedavisidir. Au parçacıkları, özellikle biyolojik uyumlulukları nedeniyle organizmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Altın nanoparçacıkların genel olarak biyolojik olarak etkisiz olduğu kabul edilir ancak kimyasal veya fototermal işlevselliğe sahip olacak şekilde tasarlanabilir. Yakın kızılötesi (NIR) ışınlamada, Altın bazlı nanomalzemeler, Au-nanosferler, Au-nano-kafes ve karakteristik NIR absorpsiyonlu Au nanorodlar, fototermal ısıtma yoluyla kanser hücrelerini ve bakterileri tahrip edebilir. Au-bazlı nanopartiküller, fotodinamik antimikrobiyal kemoterapi için ışığa duyarlılaştırıcılar ile birleştirilebilir. Işığa duyarlılaştırıcılar ile konjuge edilmiş Au nanorodlar, MRSA'yı fotodinamik antimikrobiyal kemoterapi ve NIR fototermal radyasyonla öldürebilir. Altın nanopartiküllerin antibakteriyel aktivitesi nanopartiküllerin modifikasyonu ile artırılabilir. Au nanopartiküller, implantlar, yaraların tedavisi için kumaşlar ve evde, hastanelerde ve diğer yerlerde hijyenik koşulları korumak için çok çeşitli yüzeyleri kaplamak için kullanılabilir.[54]

2.6.3. Magnezyum Oksit Nanopartikülleri Antibakteriyel Etkisi Hakkında

Son derece yüksek yüzey alanına ve çok sayıda reaktif gruba sahip olağanüstü kristal yapılara sahip metal oksit nanopartiküller hazırlanabilir. MgO nanopartikülleri, belirli vejetatif Gram pozitif bakterilere, Gram negatif bakterilere ve sporlara karşı biyosidal aktivite sergilemiştir. MgO nanopartiküllerinin, güçlü bir dezenfektan için istenen birçok özelliğe sahip olduğu bulunmuştur. Çünkü yüksek yüzey alanlarından ve yüksek yüzey reaktivitesinden dolayı, nanokristaller yüksek miktarda aktif halojen yükü emer ve taşır. Son derece küçük boyutları, birçok partikülün bakteri hücrelerini yüksek oranda örtmesine ve hücreye yakın yüksek konsantrasyonda aktif formda halojen getirmesine izin verir. Standart bakteriyolojik testler *E.coli* ve *Bacillus megaterium*'a karşı mükemmel aktivite ve *Bacillus subtilis* sporlarına karşı iyi bir aktivite göstermiştir. Atomik kuvvet mikroskobu (AFM) ve Taramalı elektron mikroskobu (SEM) çalışmaları, halojenli magnezyum oksidin özellikle mikroorganizmalar ve bunların membranları üzerinde çok güçlü bir etkisi olduğunu göstermiştir. Genel olarak, klor ve brom gibi halojenler ile muamele edilmiş MgO nanopartikülleri, hem bakteri hem de sporların öldürme hareketi üzerinde daha güçlü ve daha hızlı bir etkiye sahiptir.[54]

2.6.4. Bakır oksit nanopartikülleri Antibakteriyel Etkisi Hakkında

Bakır oksit (CuO), monoklinik bir yapıya sahip yarı iletken bir bileşiktir. Bakır bileşikleri, yüksek sıcaklık, süper iletkenlik, elektron korelasyon etkileri ve sıkma dinamiği gibi potansiyel olarak faydalı fiziksel özellikler gösterir. Bu nedenle geniş bir uygulama alanına sahiptir. CuO kristali ayrıca fotokatalitik veya fotovoltaiik özelliklere ve foto iletken işlevlere sahiptir. Nano-CuO'nin antimikrobiyal aktivitesi hakkında bazı bilgiler bulunmaktadır. CuO, polimerlerle kolayca karışır, hem kimyasal hem de fiziksel özellikler bakımından nispeten daha kararlıdır, gümüşten daha ucuz olduğundan geniş bir uygulama alanı bulunmaktadır. CuO nanoparçacıkları, hastane kaynaklı enfeksiyonlarda yer alan bir dizi bakteriyel patojenin öldürülmesinde etkili olmuştur. Ancak bakterisit etki elde etmek için yüksek konsantrasyonda nano-CuO gereklidir. Bir dizi polimer malzemeye gömülmüş nano CuO potansiyelini değerlendirmek için çalışmalar yapılmıştır. Bakır nanopartiküller, *B. subtilis*'e karşı yüksek antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu görülmüştür. *B. Subtilis*'in hücre yüzeyindeki daha fazla miktarda amin ve karboksil grubu ve bu gruplara karşı bakırın daha fazla afinitesine bulunmaktadır. Serbest bırakılan bakır iyonları DNA molekülleri ile etkileşime girebilir ve nükleik asit şeritleriyle birleşebilir. Bakteri hücrelerin içindeki bakır iyonları da biyokimyasal

süreçleri bozar. Bakır nanopartiküllerin bakterisit etkisinin ardındaki kesin mekanizma net değildir.[54]

2.6.5. Alüminyum Nanopartiküllerinin Antibakteriyel Etkisi Hakkında

Alüminyum oksit nanopartikülleri endüstriyel ve kişisel bakım ürünlerinde geniş uygulama alanına sahiptir. Alüminyum nanopartiküllerin *Escherichia coli* üzerindeki geniş bir konsantrasyon aralığında (10-1000 µg / mL) büyümeyi inhibe edici etkisi araştırılmıştır. Alüminyum oksit nanoparçacık, sadece çok yüksek konsantrasyonlarda, hafif bir büyüme önleyici etki göstermiştir. Bu durum, parçacıklar ve hücreler arasındaki yüzey yükü etkileşimlerine kaynaklanabilir. Alüminyum oksit nanoparçacıklarının antibakteriyel etki gösterdiği gözlemlenmiştir.[54]

2.6.6. Titanyum dioksit Nanopartiküllerinin Antibakteriyel Etkisi Hakkında

TiO₂'nin inhibitör aktivitesi, 385 nm'den daha az dalga boylu UV ışığı ile aydınlatıldığında, güçlü oksitleyici gücün fotokatalitik etkisinden kaynaklanmaktadır. TiO₂ partikülleri, yakın UV ışığı ile aydınlatıldığında bakterilerin öldürülmesini katalizler. Aktif serbest hidroksil radikallerinin oluşumu TiO₂ partiküllerinin antibakteriyel aktivite göstermesini sağlar. TiO₂ fotokatalizörünün sudaki *Escherichia coli*'ye antimikrobiyal etkisi ve bunun mantar ve bakterilere karşı fotokatalitik etkinliği konusu hakkında bir çok çalışma yapılmıştır. Aynı zamanda, azot katkılı metal oksit nanokatalizörlerinin *E. coli* biyofilmleri ve biyofilm bileşenlerinin TiO₂ kaplı yüzeylerdeki fotokatalitik oksidasyonu üzerindeki bakterisidal aktivitesi üzerine de çalışmalar yapılmıştır. Sonuç olarak, TiO₂ nanoparçacıklarının, kendi kendini dezenfekte eden yüzeylerin geliştirilmesinde alternatif olarak kullanılabilir. TiO₂ nanoparçacıkları, gıda işleme endüstrilerinde dezenfektan olarak biyofilm şeklinde kullanılabilir. TiO₂ içeren süspansiyonlar *E. coli* öldürülmesinde etkilidir. Bu durum, sulu ortamda TiO₂ kullanarak bakteri ve virüslerin öldürülmesi için fotokatalitik yöntemlerin geliştirilmesine yol açmıştır. TiO₂ nanoparçacıkları ile UV ışımalarının, dezenfeksiyon süresini azaltmak, gıda teması yüzeylerinde patojenik mikroorganizmaları ortadan kaldırmak ve gıda güvenliğini artırmak için etkili bir yol olarak kullanılabileceği öne sürülmüştür. TiO₂ kullanmanın en büyük dezavantajı fotokatalizörü aktif hale getirmek ve bakteri ve virüslerin öldürülmesini başlatmak için UV ışığının gerekli olmasıdır. Son yıllarda Ag / AgBr / TiO₂ ile gözle görülür ışık emici fotokatalistlerin *S. aureus* ve *E. coli*'yi öldürmede başarılı olduğu kanıtlanmıştır.[54]

2.6.7. Çinko Oksit Nanopartiküllerinin Antibakteriyel Etkisi Hakkında

Antibakteriyel etkinlikleri için incelenen çeşitli metal oksitler arasında, çinko oksit nanopartiküllerinin oldukça toksik olduğu bulunmuştur. Ayrıca, sert işlem koşulları altında kararlılıkları ve güçlü antimikrobiyal özelliklerine sahip olmasından dolayı antimikrobiyaller olarak uygulanmasını sağlar. Birçok çalışma, ZnO NP gibi metal oksitlerden yapılan bazı NP'lerin bakterilere seçici toksisiteye sahip olması, sadece tarım ve gıda endüstrilerinde potansiyel kullanımlarını artırmıştır.

Çinko oksit nanopartiküllerinin antimikrobiyal aktivitesi, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* ve *Pseudomonas fluorescens* vb. gibi gıda ile ilgili bakterilere karşı çalışılmıştır. ZnO nanopartikülleri kültür ortamında *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteritidis* ve *E. coli* 'ye karşı antimikrobiyal aktivitelere sahiptir. ZnO nanopartiküllerinin güçlü antimikrobiyal aktivitesini doğrulayan başka çalışmalar da vardır ki burada nanopartiküller gıda kaynaklı bakteriler *Salmonella typhimurium* ve *Staphylococcus aureus*'u tamamen yok edebilir. Başka bir çalışmada ZnO nanoparçacıkları (12 nm), hücre zarını parçalayarak ve membran geçirgenliğini artırarak *E. coli*'nin büyümesini inhibe etmiştir. Yapılan çalışmalar, ZnO nanopartiküllerinin gıda sistemlerindeki uygulamaları bulabildiğini ve patojenik bakterilerin büyümesini engellemek için kullanılabileceğini göstermektedir.

ZnO nanopartiküllerinin antibakteriyel aktivitesini açıklamak için önerilen birkaç mekanizma vardır. ZnO yüzeyinden hidrojen peroksit üretimi, bakteri üremesinin engellenmesi için etkili bir araç olarak kabul edilmektedir. Parçacık boyutunun azalmasıyla, toz bulamacının birim hacmi başına ZnO toz parçacıklarının sayısının arttığı, yüzey alanının artmasına ve artan hidrojen peroksit oluşumuna yol açtığı tahmin edilmektedir. ZnO antibakteriyel aktivitesi için bir başka olası mekanizma, hücre zarına zarar verebilen ve hücre içi içeriklerle etkileşime girebilen Zn^{2+} iyonlarının salınmasıdır. [54]

2.6.8. Nanopartiküllerin Uygulama Alanları

Metal bazlı nanoparçacıkların, yaygın patojenik mikroorganizmalara karşı etkili bir antibakteriyel madde oluşturduğu açıktır. Bu nedenle, gümüş, titanyum dioksit, çinko oksit, altın ve bakır gibi nanoparçacıkları, tüketim malzemelerine, sağlıkla ilgili alanlarda ve endüstriyel ürünlerde antibakteriyel özellik göstererek büyük dikkat çekmektedir. Gümüş nanopartiküller, çeşitli patojenlere karşı geniş spektrumlu bir antimikrobiyal aktiviteye sahip olduklarından, malzeme teknolojisinde ve biyomedikal uygulamalarda kullanımlarını

arttırmak için çeşitli matrislerle karıştırılarak kullanılırlar. Özellikle yaraların ve yanıkların iyileşmesi sırasında enfeksiyonları önlemek için bandaj, kateter ve diğer malzemeler gibi sağlıkla ilgili ürünlerde katkı maddesi olarak kullanılırlar. Sodyum ile gümüşün kısmi yer değişimi ile yanıklara yapılan pansuman uygulamasında antibakteriyel Ag / Na karboksimetil pamuk geliştirilmiştir, bunlar cerrahi sargılardaki uygulamalarda da kullanım alanı bulabilir. Çeşitli nanoparçacıklar kullanılarak elde edilen nanokompozitler ile yatak, yıkayıcılar, su arıtma sistemleri, diş macunu, şampuan, kumaşlar, deodorantlar, filtreler, boyalar, mutfak eşyaları, oyuncaklar ve nemlendiriciler gibi birçok yaygın ev ürününe antibakteriyel özellikler kazandırılabilir. Titanyum dioksit nanoparçacıkları kozmetiklerde, güçlü antiseptik özellikler sergileyen ve kokuları gideren filtrelerde antibakteriyel madde olarak gümüş ile birlikte kullanılır. Ayrıca, fotokatalitik aktivite nedeniyle, atık su arıtımında kullanılmıştır. Toksik olmadığı kabul edilir ve Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından insan gıdalarında, ilaçlarda, kozmetiklerde ve gıdayla temas eden malzemelerde kullanım için onaylanmıştır. Günümüzde çeşitli nanoparçacıklar, birçok uygulamada ve gıda endüstrilerinde dezenfekte edici ekipmanlar için yüzey kaplamaları için kendi kendini temizleyen ve kendi kendini dezenfekte eden bir malzeme olarak geniş bir uygulama alanı bulmaktadır. Antibakteriyel özelliklerinden dolayı çinko oksit ve bakır oksit nanomalzemeleri çeşitli tıbbi ve deri kaplamalarda kullanılmaktadır. [54]

2.7. Antibakteriyel Kaplamalar

Malzeme bilimi ve biyoteknoloji alanlarındaki son gelişmelerle ve artan çevresel mikrobiyoloji anlayışı sayesinde, antibakteriyel özelliklere sahip yüzeyler tasarlamak çok büyük öneme sahip olmaya başlamıştır. Bununla birlikte, klinik ortamlarda daha yaygın bir kullanıma doğru ilerleme, kilit öneme sahip önemli konuların ele alınmasına bağlıdır. Özellikle, antibakteriyel maddelerin salınımını kontrol etmeyi, çok işlevsellik kazandırmayı ve uzun vadeli istikrarı artırmayı amaçlayan son yaklaşımlar git gide artan öneme sahiptir.[55]

Bu tez çalışmasında gümüş, bakır ile altın nanopartikül içeren ince filmlerin hazırlanması ve anti bakteriyel etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. İlk olarak gümüş, bakır nanopartikülleri sentezlendi. Sonrasında gilisidiltrimetil amonyum klorür (GTAC) akrilik asitle reaksiyona sokularak akrillenmiş GTAC elde edildi. Daha sonrasında akrillenmiş GTAC ile UV kürlenebilen filmler hazırlandı. Sentezlediğimiz nanoparçacıklar ve altın nanoparçacıkları farklı oranlarda eklenerek UV kürlenebilen filmler hazırlandı. Hazırlanan filmlerin antibakteriyel özellikleri incelendi.

Hazırlanan kaplamaların termal özellikleri Termal Gravimetrik Analiz (TGA), gümüş ve bakır nanoparçacıklarının ve kaplamaların morfolojik özellikleri Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile incelendi. Ayrıca kaplamaların antibakteriyel özellikleri de incelenmiştir.



3.2. Kullanılan Cihaz Ve Aletler

FTIR Spektrofotometre:

Perkin Elmer Spectrum 100 marka FT-IR spektrofotometre cihazı kullanıldı.

UV Spektrofotometre Cihazı

Shimadzu marka 2450 model UV spektrometre cihazı kullanıldı.

UV Lambası

Kuvars camdan, yüksek basınçlı civa ark tüpü ve tungsten filamentten yapılmış, güneş ışınlarının spektral dağılımına yakın ışık verebilen Osram firmasına ait Ultrawit 300 markalı, 300 Watt gücünde UV lambası kullanıldı.

Termal Gravimetrik Analiz cihazı (TGA)

Farklı kompozisyonlarda hazırlanmış hibrit kaplama malzemesinin termo-oksidatif kararlılığını belirlemek amacıyla, Perkin Elmer STA6000 TGA cihazı kullanılmıştır.

Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC)

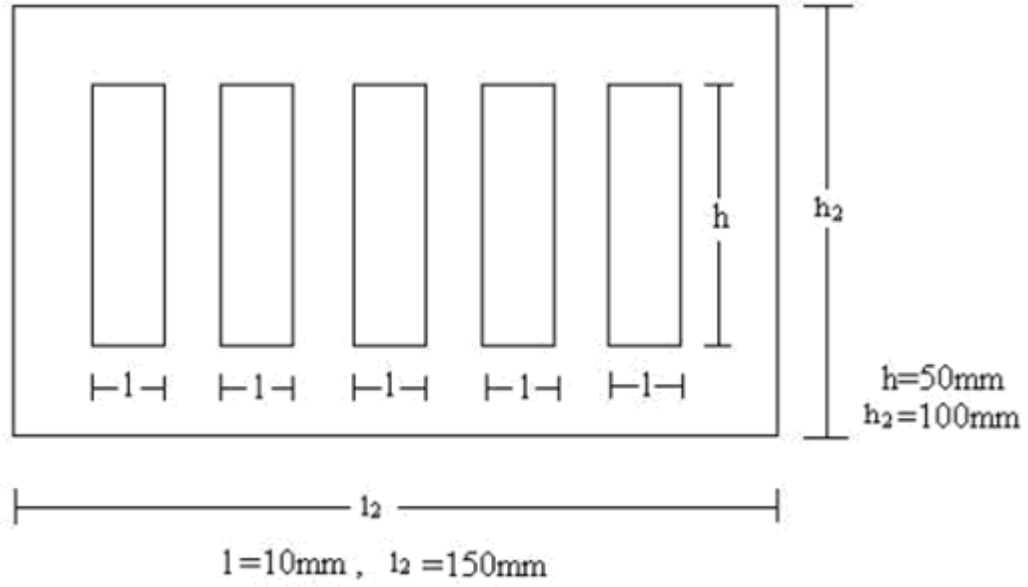
Hazırlanan polimerlerin termal geçişlerini tespit etmek için PerkinElmer marka Diamond model DSC cihazı kullanılmıştır. Analizler hava atmosferinde 30°C'den 750°C'ye kadar dakikada 10°C ısıtma hızı ile gerçekleştirilmiştir.

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Phillips XL 30 ESEM-FEG cihazı kullanılarak SEM analizi yapılmıştır. İşlem öncesinde filmler altın ile kaplanmış ve sonra yüzey incelenmesi gerçekleştirilmiştir.

Teflon Kalıp

Şekil III.1'de görülen 150 mm x 100 mm x 5 mm ebatlarındaki teflon kalıp üzerinde 50 mm x 10 mm x 1 mm ebatlarında bölmeler yapılmıştır. Bu kalıp, kaplama formülasyonlarının bölmelere dökülerek serbest film hazırlanması amacıyla tasarlanmıştır.



Şekil 11. Serbest Film Hazırlamak İçin Kullanılan Teflon Kalıp

Bu çalışmada hazırlanacak filmlerin karakterizasyonu ATR-FTIR yöntemi ile yapılmıştır. Filmlerin TGA ölçümleri ile termal kararlılıkları incelenmiştir. SEM analizleri ile morfolojileri incelenmiştir. Elde edilen nanoparçacıkların boyut analizleri zeta-sizer ile ölçülmüştür. Son olarak da elde edilen filmlerin antibakteriyal özelliklerinin belirlenmesi için gerekli testler yapılmıştır.

3.3. Yöntem

3.3.1. Bakır Nanopartikül (nCu) Sentezi

0,1 M $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 100 mL ve 120 mL %1,2'lik nişasta çözeltisi 30 dk şiddetli olarak karıştırılır. İkinci adımda 0,2 M 50 mL Askorbik asit damla damla eklenerek karıştırılır. Sonrasında 30 mL 1M NaOH karışıma yavaşça eklenip daha sonra 80°C 'de 2 saat boyunca ısıtılır. Çözeltinin rengi koyu sarı olduğunda sıcaklık kapatılıp ve 1 gece oda sıcaklığında karıştırılmaya devam edilir. Elde edilen bakır nanopartiküller süzülür. Önce suyla sonra etanolle yıkanır. Vakum etüvünde kurutulur [56].

3.3.2. Gümüş Nanopartikül (nAg) Sentezi

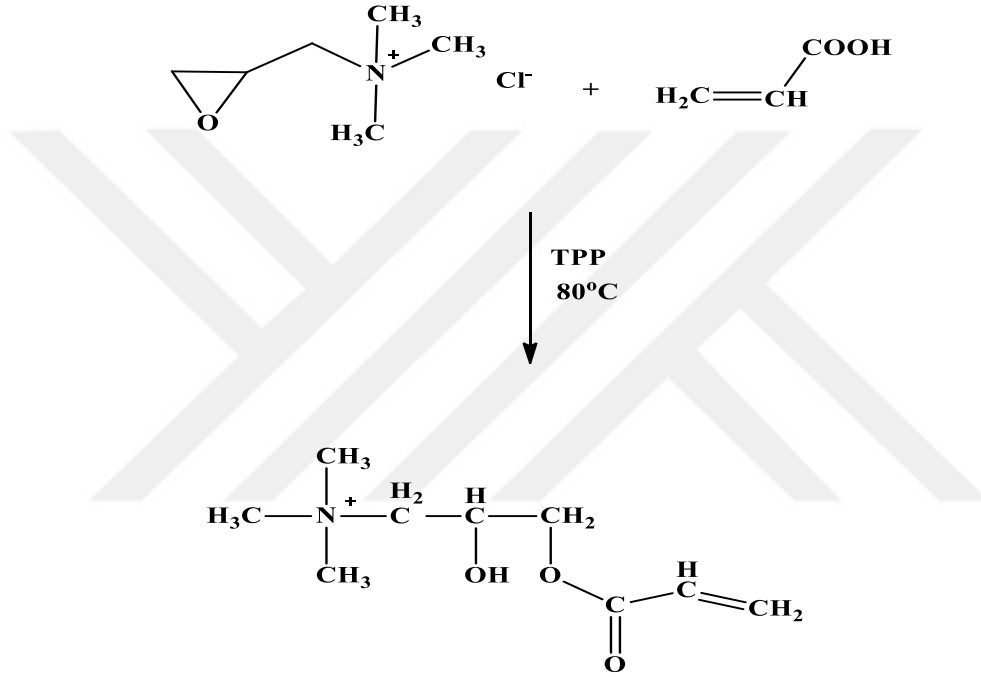
0,01 M 100 mL NaBH_4 ve 0,01 M 100 mL PVP karıştırılır. Daha sonra bu karışıma 0,1 M 100 mL AgNO_3 damla damla eklenir. Renksiz karışım koyu kahverengi oluncaya kadar karıştırılır. Bu renk gümüş nanopartiküllerin oluştuğunu gösterir. Sonra karışıma stabilizatör

olarak gliserol eklenip karışım 15 dk karıştırılır. Böylelikle gümüş nanopartiküller elde edilir[57].

3.3.3. Akrillenmiş GTAC Eldesi

GTAC ve TPP azot atmosferi altında 500 mL'lik üç boyunlu balona konulur ve karışım 30 dk 70°C'de karıştırılır. Akrilik asit damla damla eklenmesi bittikten sonra 80 °C'de 4 saat boyunca karıştırılır. Akrillenmiş GTAC (aGTAC) süzülür[58].

Reaksiyon şeması aşağıdaki gibidir.



Şekil 12. aGTAC Reaksiyon Şeması

3.3.4. UV Kürlenebilen Filmlerin Hazırlanması

Hazırlanacak filmlerin formülasyon Tablo3'te verilmiştir.

Tablo 3. Hazırlanan Filmlerin Formülasyonları

Örnekler	PEGDA	TMPTA	HEMA	IRG184	aGTAC	nAg	nAu	nCu
F0	1,2 g	0,4g	0,4g	0,04g	-	-	-	-
F1	1,2 g	0,4g	0,4g	0,04g	-	-	-	-
F2	1,2 g	0,4g	0,4g	0,04g	0,02 g	-	-	-
F3	1,2 g	0,4g	0,4g	0,04g	0,10 g	-	-	-
F4	1,2 g	0,4g	0,4g	0,04g	1,00 g	-	-	-
F5	1,2 g	0,4g	0,4g	0,04g	1,00 g	0,5 g	-	-
F6	1,2 g	0,4g	0,4g	0,04g	1,00 g	1,00 g	-	-
F7	1,2g	0,4g	0,4g	0,04g	1,00g	2,00 g	-	-
F8	1,2 g	0,4g	0,4g	0,04g	1,00 g	-	0,5 g	-
F9	1,2g	0,4g	0,4g	0,04g	1,00g	-	1,00g	-
F10	1,2g	0,4g	0,4g	0,04g	1,00g	-	2,00g	-
F11	1,2g	0,4g	0,4g	0,04g	1,00g	-	-	0,5g
F12	1,2g	0,4g	0,4g	0,04g	1,00g	-	-	1,00g
F13	1,2g	0,4g	0,4g	0,04g	1,00g	-	-	2,00g

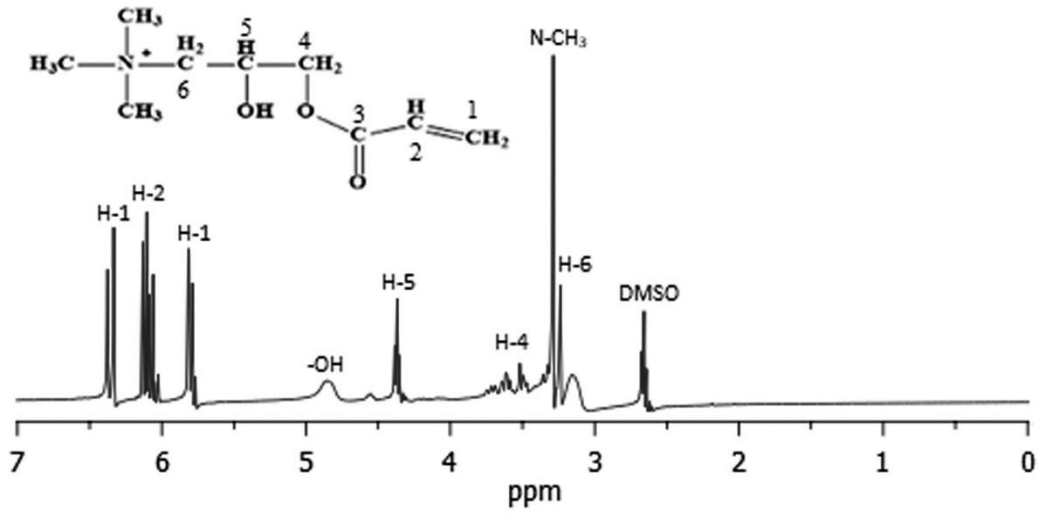
BÖLÜM 4 SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. Hazırlanan Serbest Filmlerin FTIR Ve NMR İle Karakterizasyonu

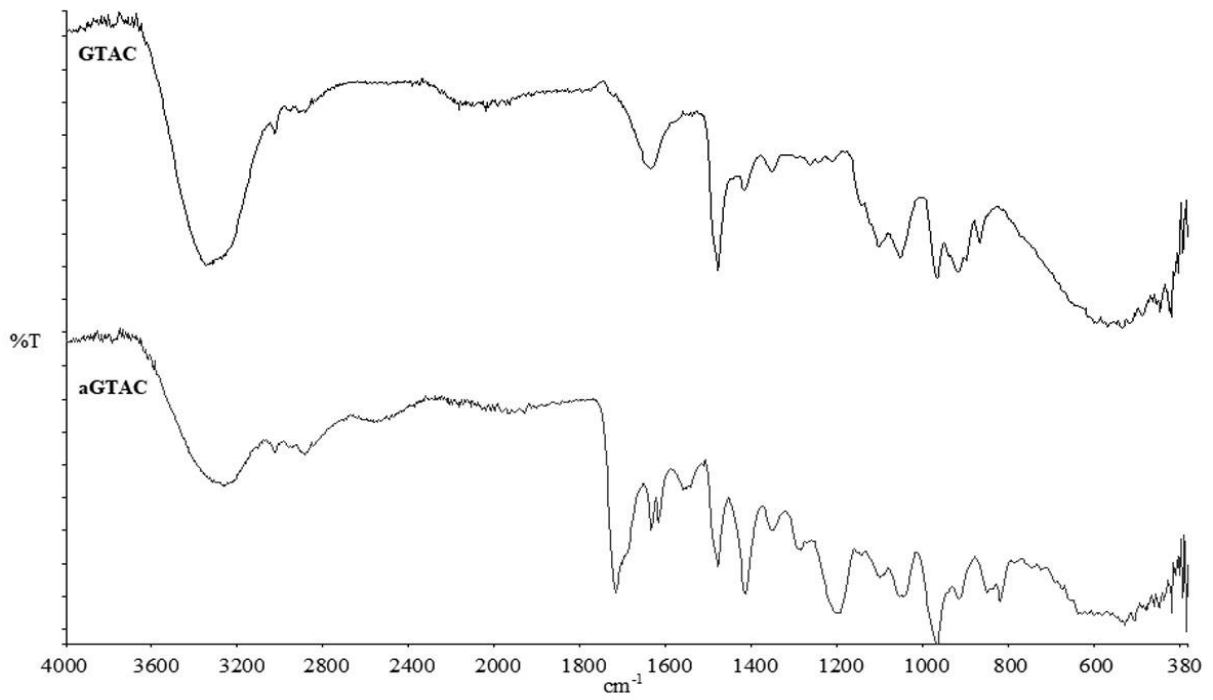
Sentezlenen akrillenmiş GTAC'ın yapısının aydınlatılması FTIR ve ^1H -NMR spektroskopisi kullanılarak yapıldı. GTAC ve akrilik asit 2 saat süreyle 80°C 'de yağ banyosu içinde karıştırılarak akrillenmiş GTAC sentezlendi. Reaksiyon şeması yukarıda verilmiştir.

$400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ aralığında hazırlanan filmlerin FTIR spektrumları, Perkin Elmer ATR FTIR spektrofotometresi kullanılarak elde edildi. aGTAC'nin ^1H NMR spektrumu, Bruker Advance 500 MHz spektrofotometresi üzerinde ölçüldü. aGTAC, analizden önce dimetil sülfoksit içerisinde çözündürüldü.

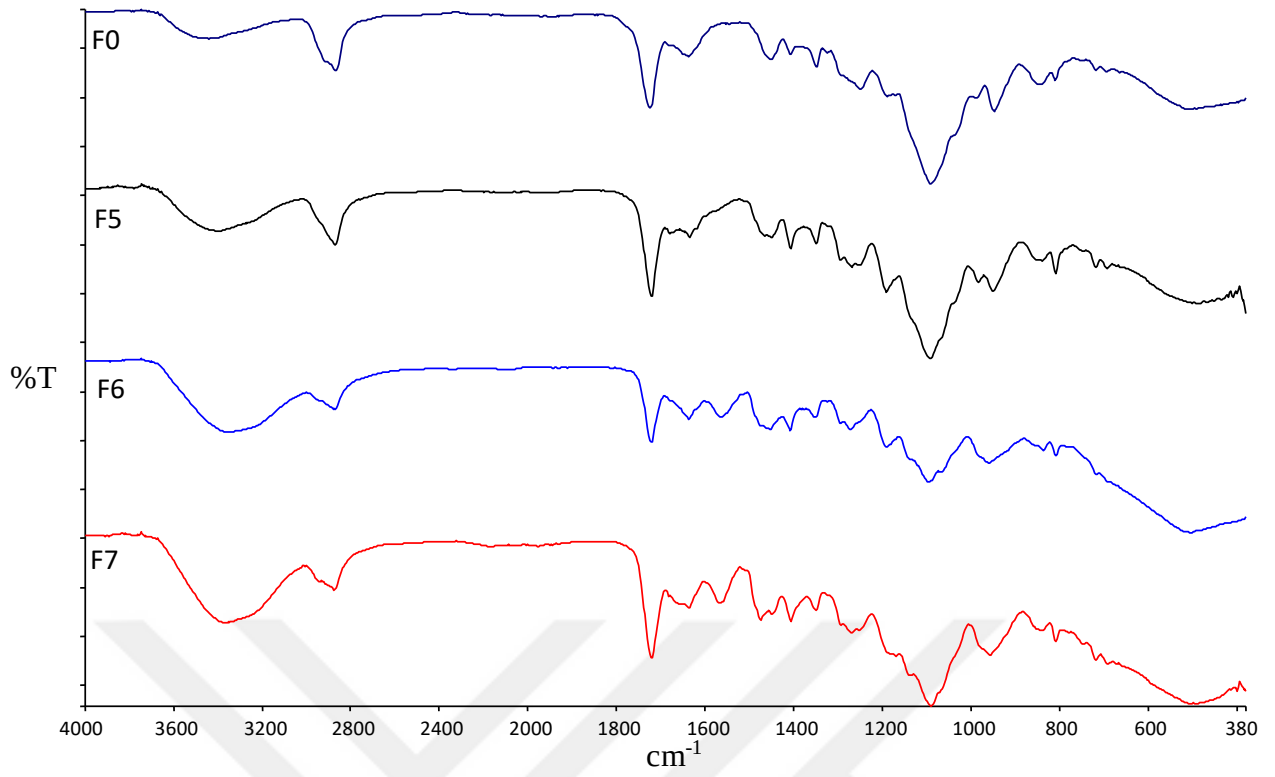
GTAC ve aGTAC'ın FTIR spektrumu, Şekil 14'te gösterilmiştir. GTAC'ın FTIR spektrumunda, 3359 cm^{-1} 'de geniş bir -OH grubu bandı görülmektedir. 1477 cm^{-1} 'de C-N bağının titreşim bandında görülür. Ayrıca, 3024 cm^{-1} 'de C-H bağının titreşim bandı ve 928 cm^{-1} 'de epoksi eter grubunun titreşim bandı görülmektedir [59]. aGTAC'ın FTIR spektrumu, GTAC'ın FTIR spektrumu çok benzer. GTAC'ın karakteristik bandına ek olarak, C = C-H'nin esneme titreşim bandı 3083 cm^{-1} 'de görülür. 928 cm^{-1} 'de görülmesi gereken karakteristik epoksi bandı kayboldu. Ayrıca, 1722 cm^{-1} 'de C = O germe bandı ve 1634 cm^{-1} 'de C = C-titreşim bandı, akrilatlar için karakteristiktir[60]. aGTAC'nin ^1H NMR spektrumu, Şekil 2'de gösterilmiştir. Molekül içindeki tüm protonlar, Şekil 13'te tanımlandı. Azot atomuna bağlı metil gruplarının protonları 3.3 ppm'de görülmüştür. Akrilat grubundaki protonların pikleri 5.8-6.4 ppm aralığında görülmüştür. Geniş -OH piki 4.8 ppm'de görülmektedir [61]. Bu sonuçlar GTAC ve akrilik asit arasında istenen reaksiyonun elde edildiğini ve aGTAC'ın başarıyla sentezlendiğini göstermektedir.



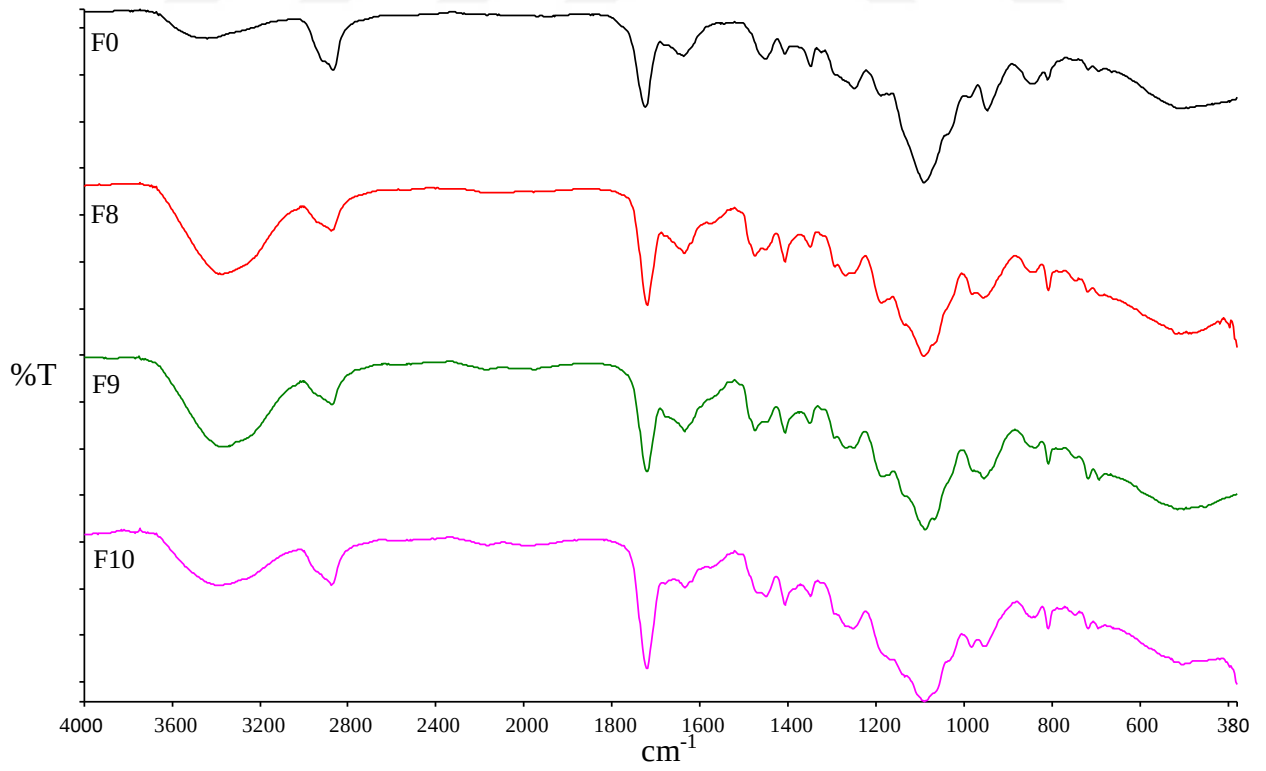
Şekil 13. aGTAC'nin ¹H NMR spektrumu



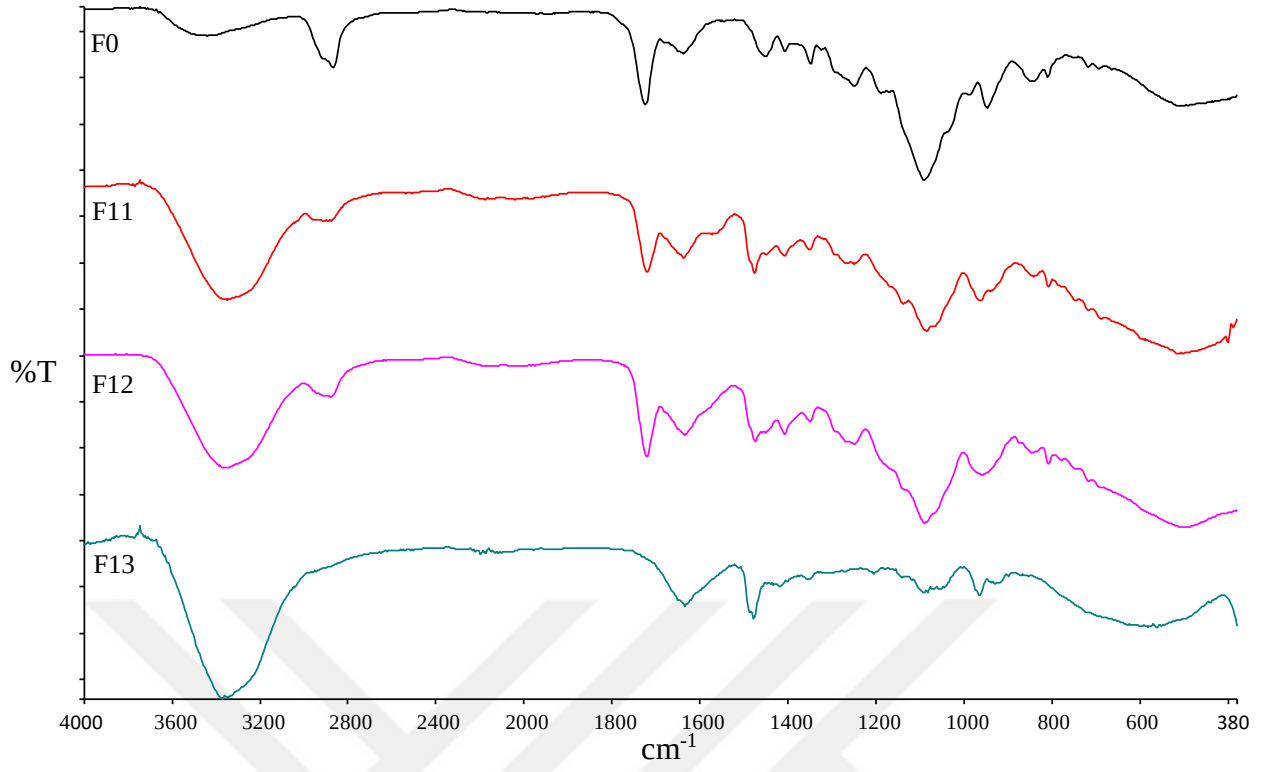
Şekil 14. GTAC, aGTAC FTIR grafiği



Şekil 15. Gümüşlü formülasyonların FTIR grafiği



Şekil 16. Altınlı formülasyonların FTIR grafiği

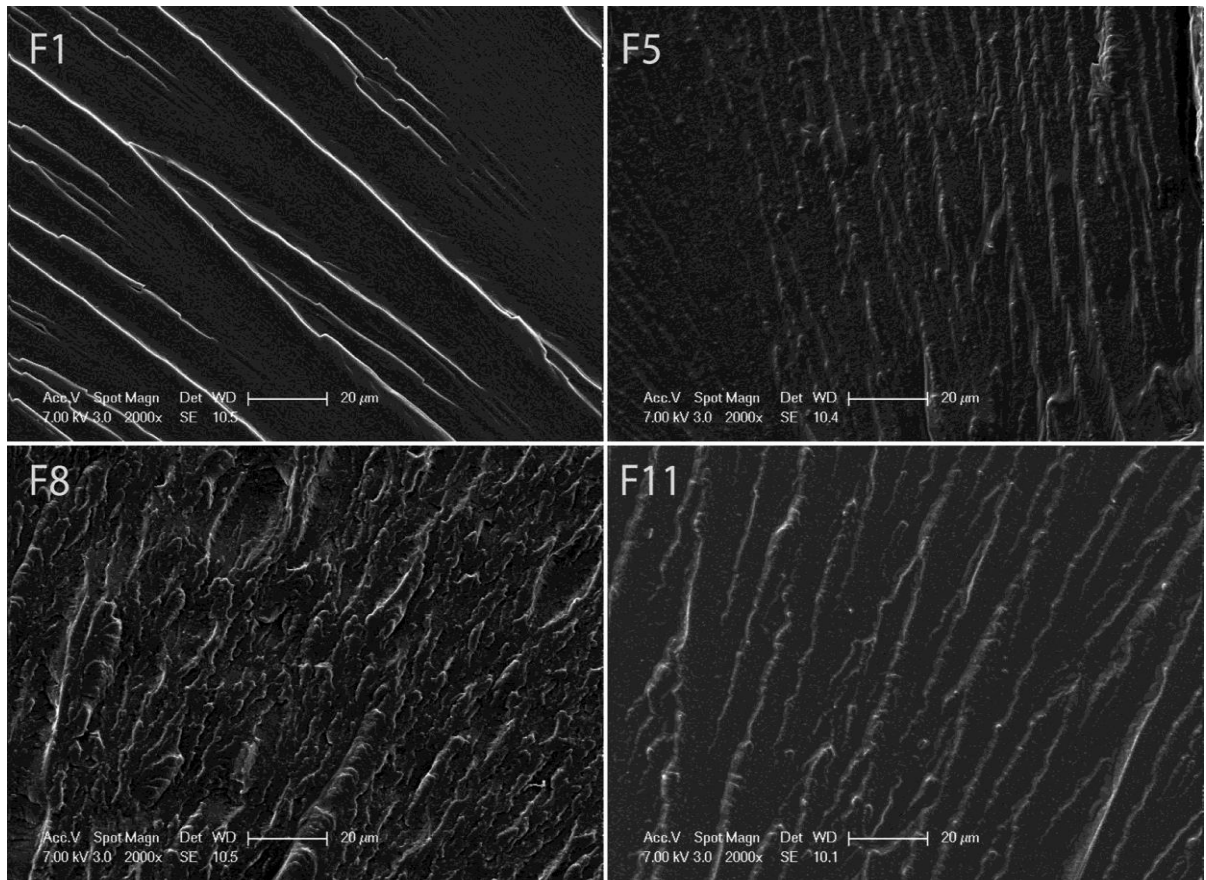


Şekil 17. Bakırlı formülasyonların FTIR grafiği

4.2. SEM Analizi

Hazırlanan filmlerin morfolojisi Philips taramalı elektron mikroskobu modeli XL30 ESEM-FEG / EDAX ile analiz edildi. Numuneler analizden önce sıvı azotta kırıldı. Numune yüzeyi, ince bir altın tabakası ile kaplandı ve yüzey hazırlandı.

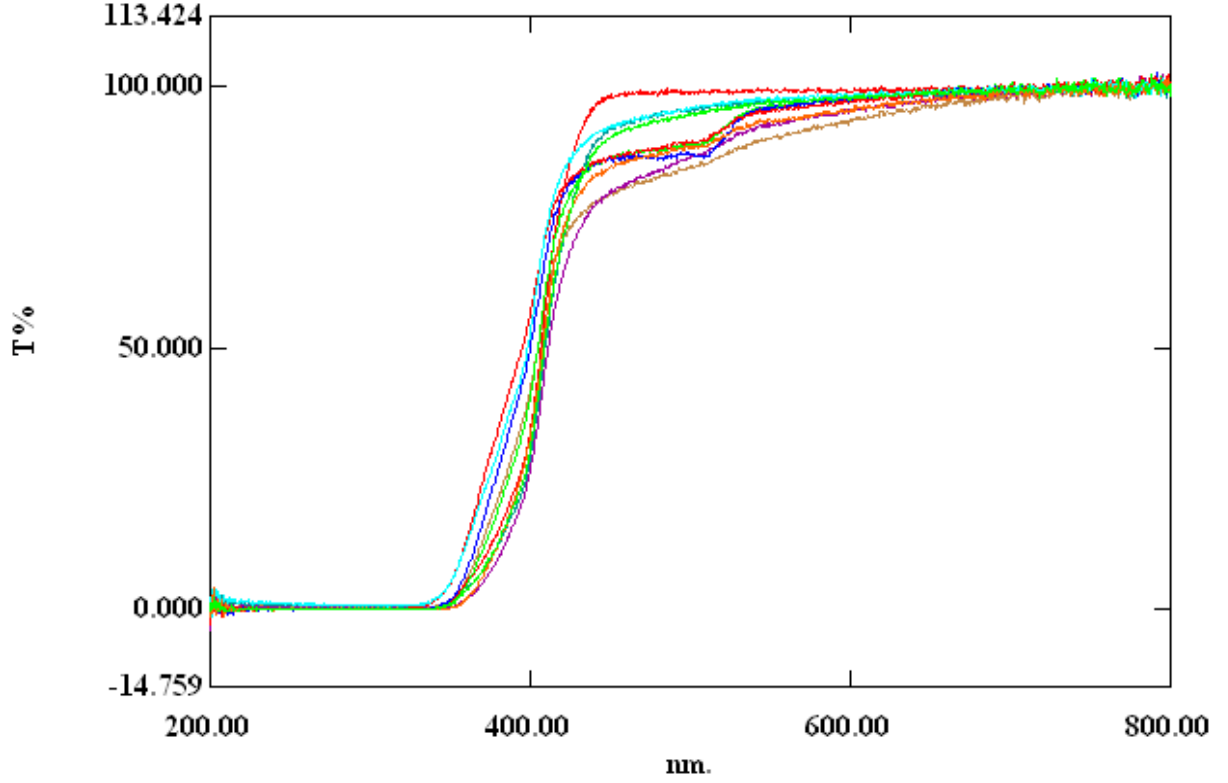
Şekil 17, filmlerin kırılmış yüzeyinin SEM görüntülerini gösterir. Şekil 18'de görüldüğü gibi, numuneler pürüzsüz ve homojen bir yüzeye sahiptir. Sonuçlar tüm malzemelerin birbiriyle uyumlu olduğunu göstermektedir.



Şekil 18. F1, F5, F8, F11 SEM görüntüleri

4.3. UV Geçirgenlik Sonuçları

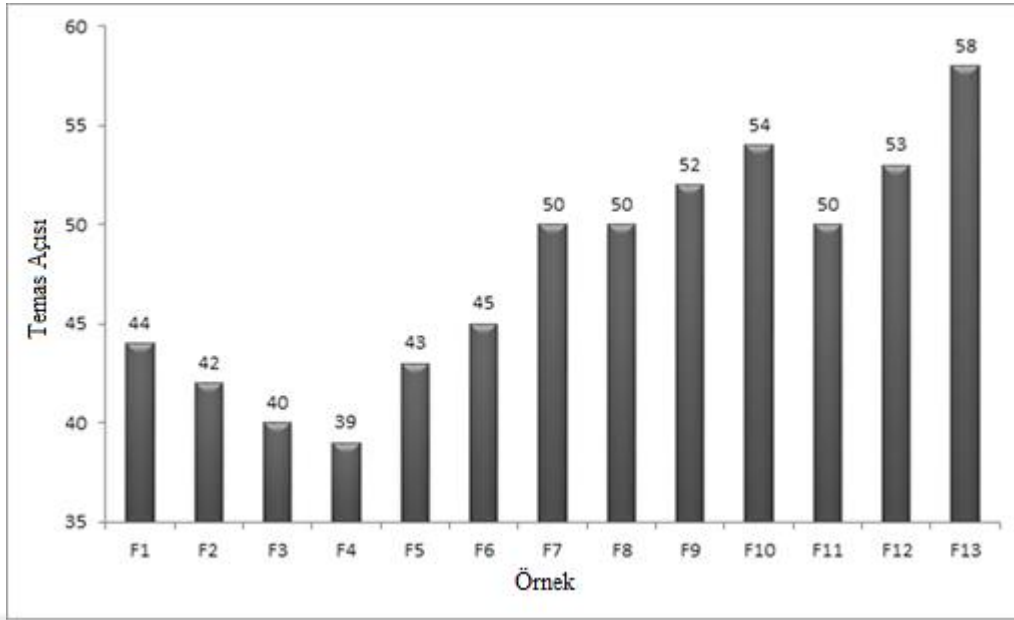
Bütün filmlerin UV spektrumları 200-800 nm arasında çekilmiştir. Spektrumlara bakıldığında nanoparçacık miktarının artmasıyla ışık geçirgenliği azalmaktadır.



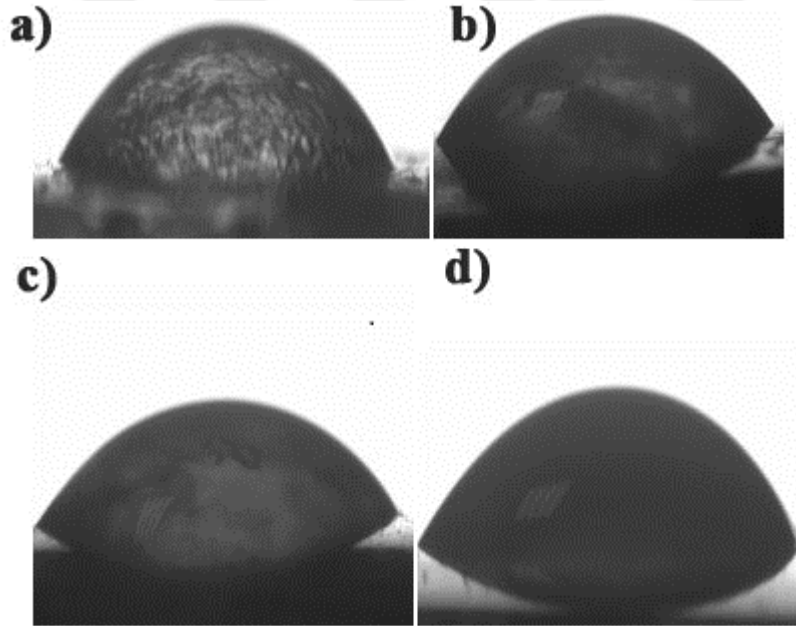
Şekil 19. Formülasyonların çakışık UV spektrumları

4.4. Temas Açısı Analiz Sonuçları

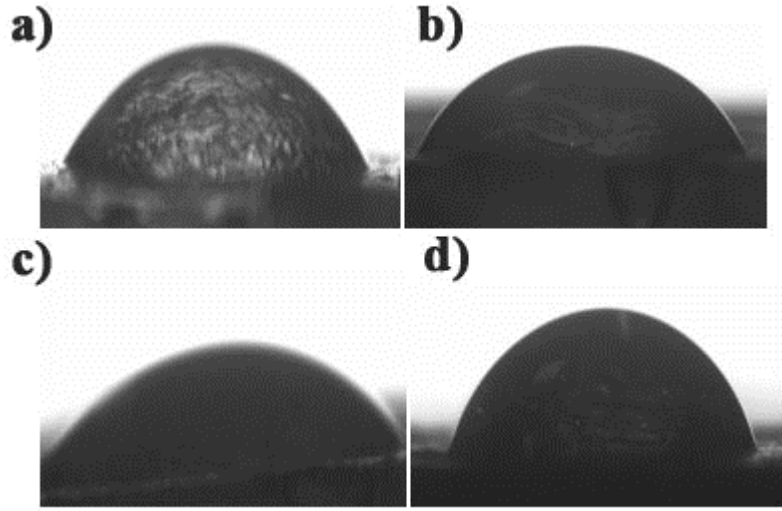
Hazırlanan filmlerin yüzey özellikleri distile su ile temas açısı ölçümleriyle belirlenmiştir. Filmlerin temas açısı değerleri Şekil 20'de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, UV kürlenebilen filmlerin temas açılarında, formülasyonlara aGTAC ilave edildiğinde bir azalma olduğu görülmüştür. Bu düşüş, GTAC molekülünde hidrofilik karakterli -OH gruplarından kaynaklanmaktadır. Diğer yandan, formülasyonlara nanoparçacıkların eklenmesiyle, UV ile sertleştirilebilir filmlerin temas açıları artmaktadır. Bu artış nanopartiküllerin hidrofobik karakterleri ile ilgilidir. Formülasyonlara nanoparçacıkların eklenmesiyle, UV kurutmalı filmlerin hidrofobik özellikleri kısmen artmıştır.



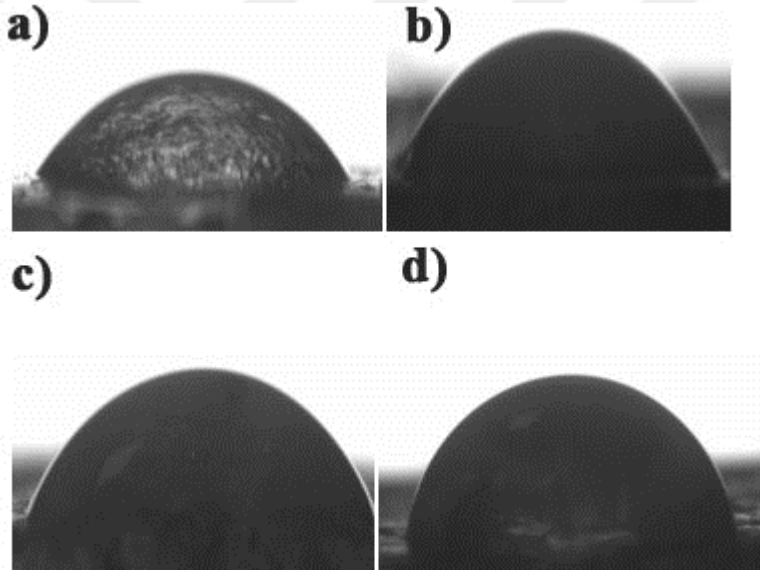
Şekil 20. Formülayonların Temas Açısı Sonuçları



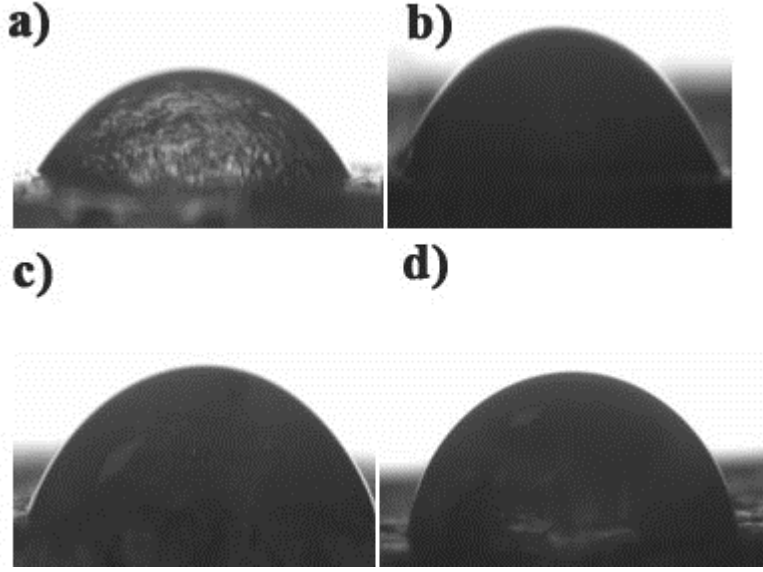
Şekil 21. a)F0,b)F1,c)F2,d)F3 Temas Açısı Görüntüleri



Şekil 22. a)F0,b)F5,b)F6,c)F7 temas açısı görüntüleri



Şekil 23. a)F0,b)F8,c)F9,d)F10 Temas Açısı Görüntüleri



Şekil 24. a)F0,b)F11,c)F12,d)F13 Temas Açısı Görüntüleri

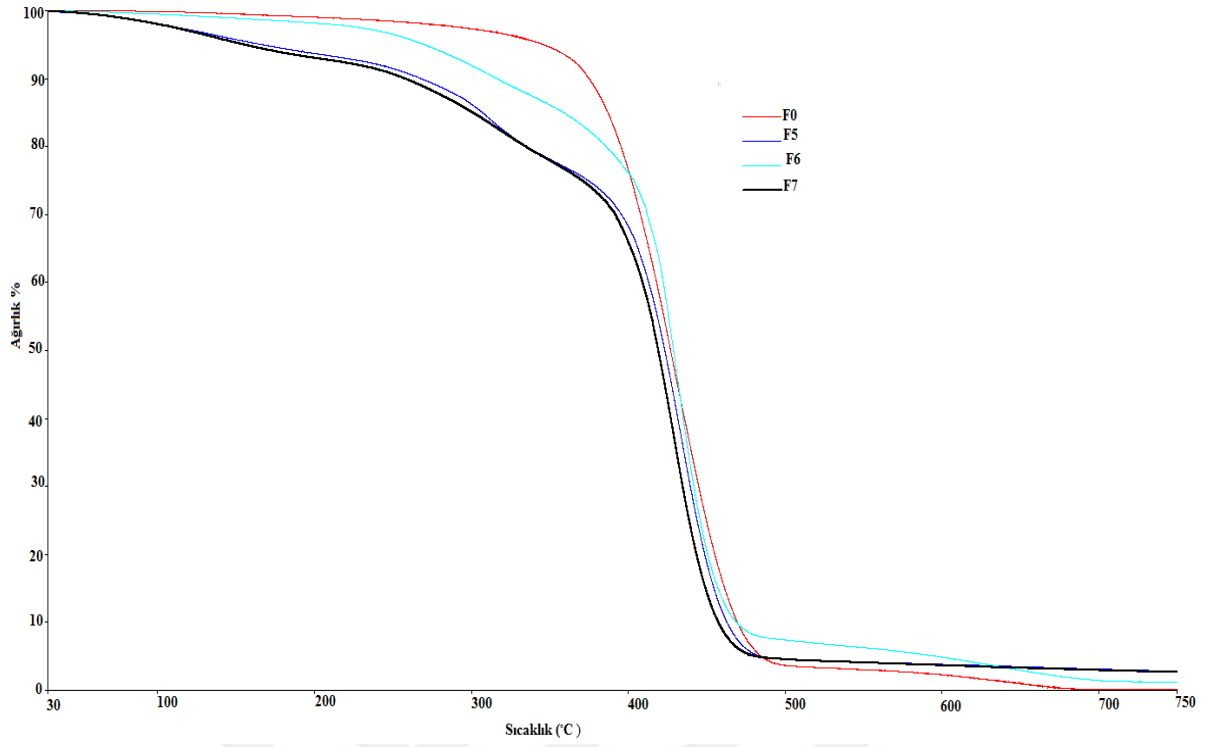
4.5. TGA Termal Gravimetrik Analiz

UV ile kürlenebilir filmlerin termal özelliklerini belirlemek için, Perkin Elmer Pyris-1 model TGA ile termogramlar elde edildi. Analiz, 30° ile 750° C arasındaki sıcaklıklarda ve dakikada 10 ° C sıcaklıkta artan sıcaklıklarda gerçekleştirildi. Aynı zamanda sistem 2 bar azot atmosferi altında tutulmuştur.

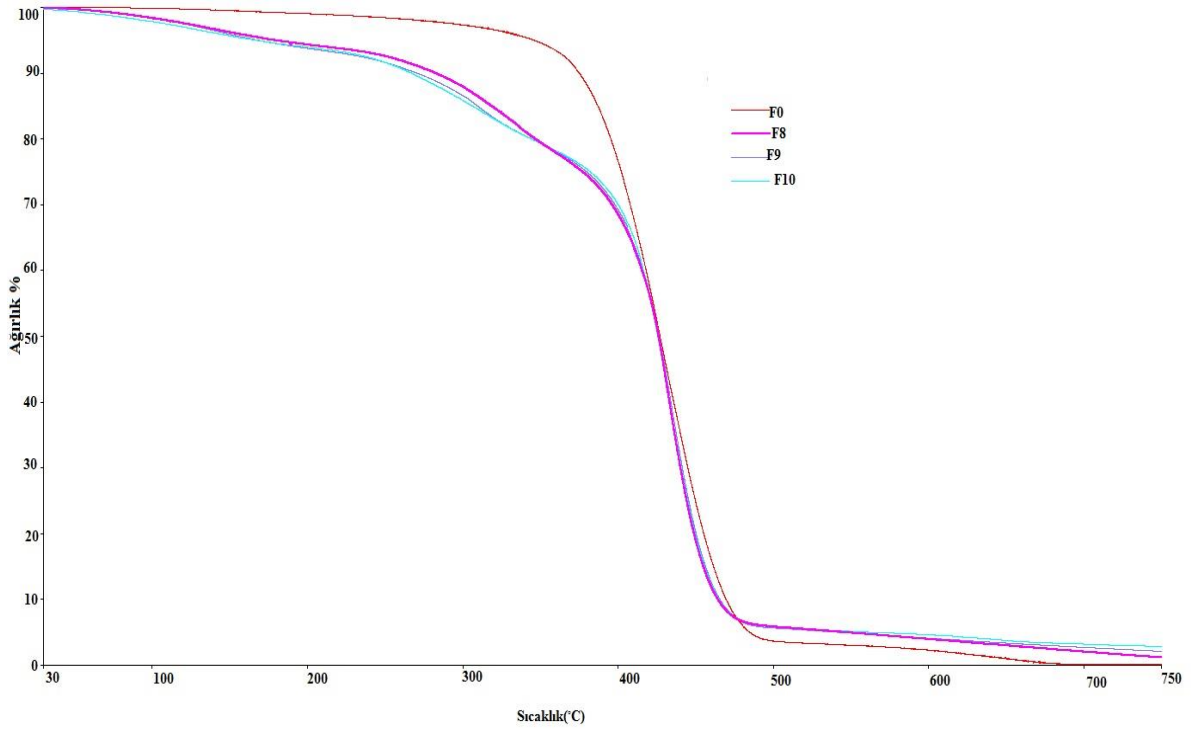
UV ile kürlenebilen antimikrobiyal filmlerin termal stabilitesini belirlemek için TGA kullanılmıştır. Şekil 25,26,27 TGA termogramlarını göstermektedir ve bu termogramlardan hesaplanan veriler Tablo 4'te verilmektedir. Bu termogramlar, UV kurutmalı filmlerin sadece ana bir ayrışma sıcaklığında termal ayrışmaya maruz kaldıklarını göstermektedir. Bu, hazırlanan tüm malzemelerin çapraz bağlı ağ olarak davrandığını göstermektedir. aGTAC'ın formülasyonlara eklenmesi,% 5 ve% 10 kütle kaybındaki sıcaklıklarda önemli bir azalma göstermektedir. Bu düşüş, GTAC molekülünün dehidrasyonundan kaynaklanmaktadır. Formülasyonlara nanopartiküllerin eklenmesi ile ana bozunma sıcaklıklarında artışlar gözlenmiştir. Numunelerin kül miktarlarında önemli bir değişiklik yoktur.

Tablo 4. Formülasyonların TGA sonuçları tablosu

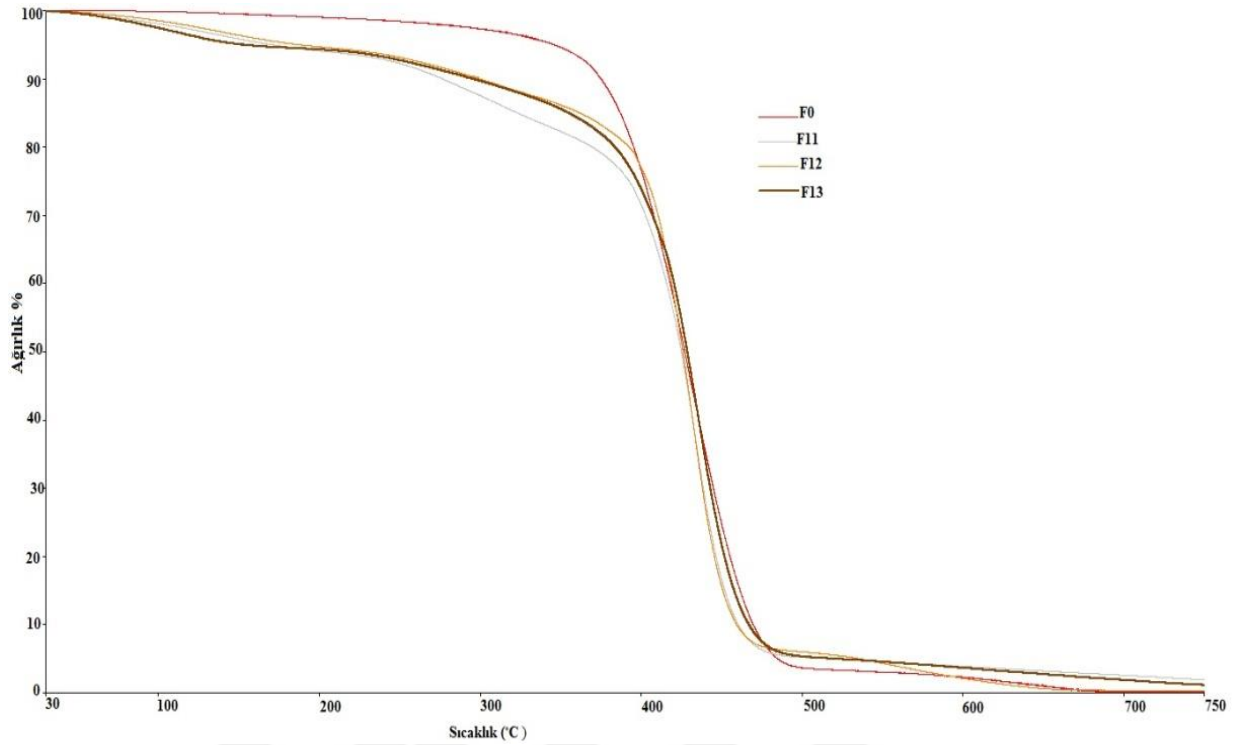
Örnekler	T ₅ (°C)	T ₁₀ (°C)	T _{max} (°C)	Kül (%)
F0	346	375	389	0,16
F1	211	296	403	0,20
F2	288	351	433	4,27
F3	151	229	422	2,57
F5	167	265	409	2,89
F6	270	315	412	1,42
F7	155	256	404	2,83
F8	180	275	418	1,34
F9	180	284	419	0,21
F10	160	264	409	3,20
F11	171	275	412	2,13
F12	182	302	411	0,41
F13	151	295	417	1,29



Şekil 25. Gümüşlü Formülasyonların TGA grafiği



Şekil 26. Altınlı Formülasyonların TGA grafiği



Şekil 27. Bakırlı Formülasyonların TGA grafiği

4.6. Antimikrobiyal Aktivite

UV kürlenebilen filmlerin antimikrobiyal aktivitesi, inhibisyon zonu metodu ile belirlenmiştir. Her bir stok kültürü, Tryptic Soy Broth'te (TSB) 24 saat 37° C'de inkübe edilerek aktive edildi. 0.1 mL inokulum Mueller-Hinton (MH) agar içeren Petri kaplarına serpmeye yöntemiyle ekilmiştir. Daha sonra, filmlerden kesilmiş 6 mm çaplı örnekler inokulum içeren petri kaplarına yerleştirildi. Kontrol örnekleri aynı yöntemle hazırlandı. Tüm petri kapları 24 saat 37° C'de inkübe edildi. Petri kabındaki bakteriyel üreme periyodunun sonunda kontrol edildi. Numunelerin etrafındaki inhibisyon bölgesinin çapı ölçüldü. Numunelerin etrafındaki bölgeler, bakteriyel büyümenin inhibisyonunun bir göstergesi olarak değerlendirildi.

UV ile kürlenen filmlerin antimikrobiyal özellikleri *S. aureus*, Gram pozitif patojen bakteri ve *E. coli*, Gram negatif patojen bakteri ile araştırıldı. Numunelerin inhibisyon bölgesinin çapı Tablo 5'te gösterilmektedir. Kontrol numuneleri için hazırlanan petri tabaklarında, *S. aureus* ve *E. coli*'nin petri kabının tüm bölgelerinde homojen bir şekilde büyüdüğü görülmüştür. Hazırlanan tüm filmlerin, *E. coli* ve *S. aureus*'a karşı önleyici etkileri olduğu bulundu. Filmlerin antimikrobiyal özellikler göstermesinin iki nedeni vardır. Birinci sebep, akrilatlanmış GTAC'ın katyonik gruplarıdır. Akrilatlanmış GTAC'da pozitif yüklü amin, hücre zarı üzerindeki negatif yüklerle etkileşerek hücre yapışmasını etkileyerek hücre içi

bileşenlerin azalmasına yol açabilir. Bu, mikroorganizmaların büyümesini önler ve yapı antimikrobiyal özellikler kazanır [62]. İkinci sebep metalik nanoparçacık katkı maddeleridir. Genellikle ağır metallerin mikroorganizmada yüzey proteinlerinde bulunan gruplarla reaksiyona giren iyonları yattığı bilinmektedir.

Bu proteinler, mikroorganizma hücre zarından çıkarak hücre zarından besinlerin geçişi ve metabolik olaylar tarafından üretilen toksik maddelerin atılması gibi birçok fonksiyona sahiptir. Aynı zamanda, mikroorganizmaların DNA'larında gruplar ile kompleks oluşturduğu ve bu molekülleri nötralize ettiği gerçeği ile açıklanmaktadır. Monovalent metalik nanoparçacıkların, proteinlerdeki inaktivite grupları ve burada mikroorganizma hücrelerinin ölümüne neden olarak membran geçirgenliğini azaltarak hidrojen katyonu ile değiştirildiği bilinmektedir [63].

Tablo 5. UV sertleşebilen filmlerin *E.coli* ve *S. Aureus*'a karşı antimikrobiyel aktivitesi (inhibasyon santimetre cinsinden zon çapı)

Örnek	<i>E.Coli</i>	<i>S. aureus</i>
F1	-	-
F2	0.9	0.6
F3	0.9	1.2
F4	1.6	0.8
F5	1.1	1.0
F6	0.9	1.0
F7	0.9	1.0
F8	0.9	0.9
F9	1.3	0.7
F10	1.0	0.7
F11	0.9	0.6
F12	0.6	0.6
F13	0.6	1.0

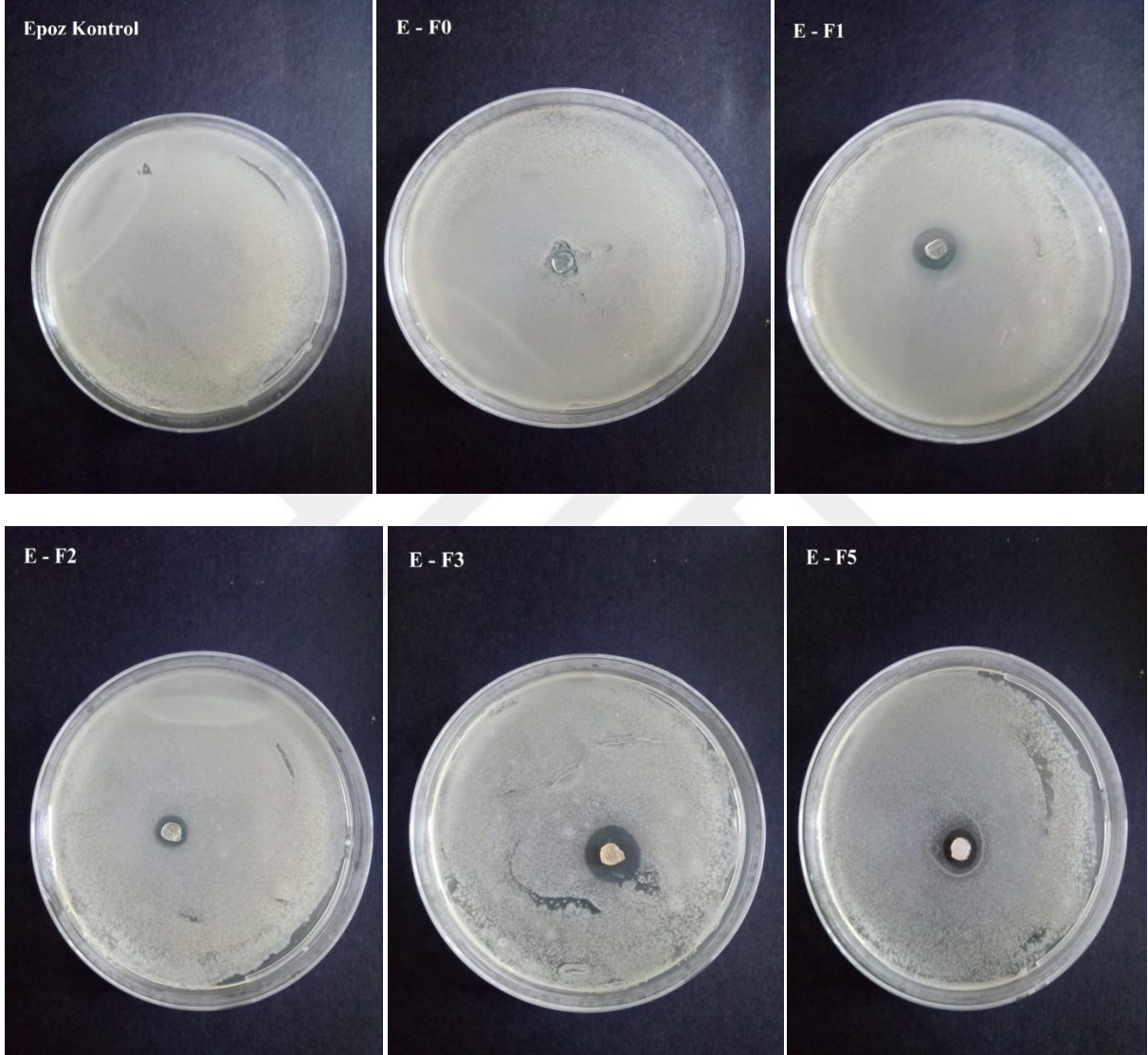
E - F6 - 0.9:F6 numunesi *E. coli* bakterisine karşı 0.9 cm inhibisyon zonu oluşturmıştır.

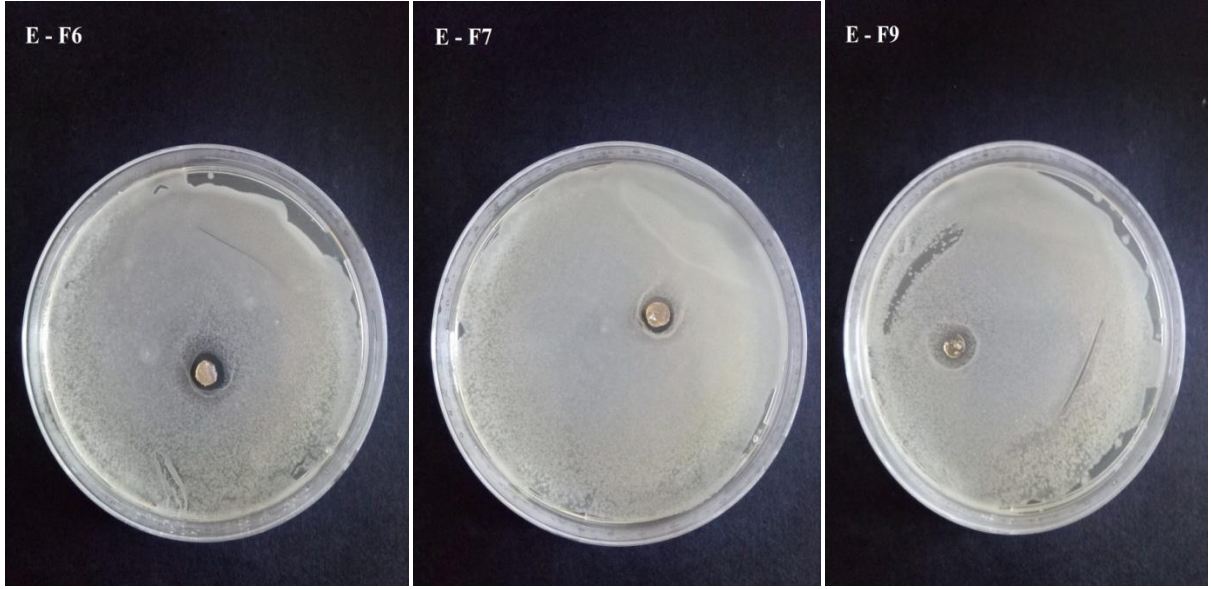
S - F1 - 1.3: F1 numunesi *S. aureus* bakterisine karşı 1.3 cm inhibisyon zonu oluşturmıştır.

Negatif Kontrol: Mikroorganizma ve numune konulmayan boş besiyeri.

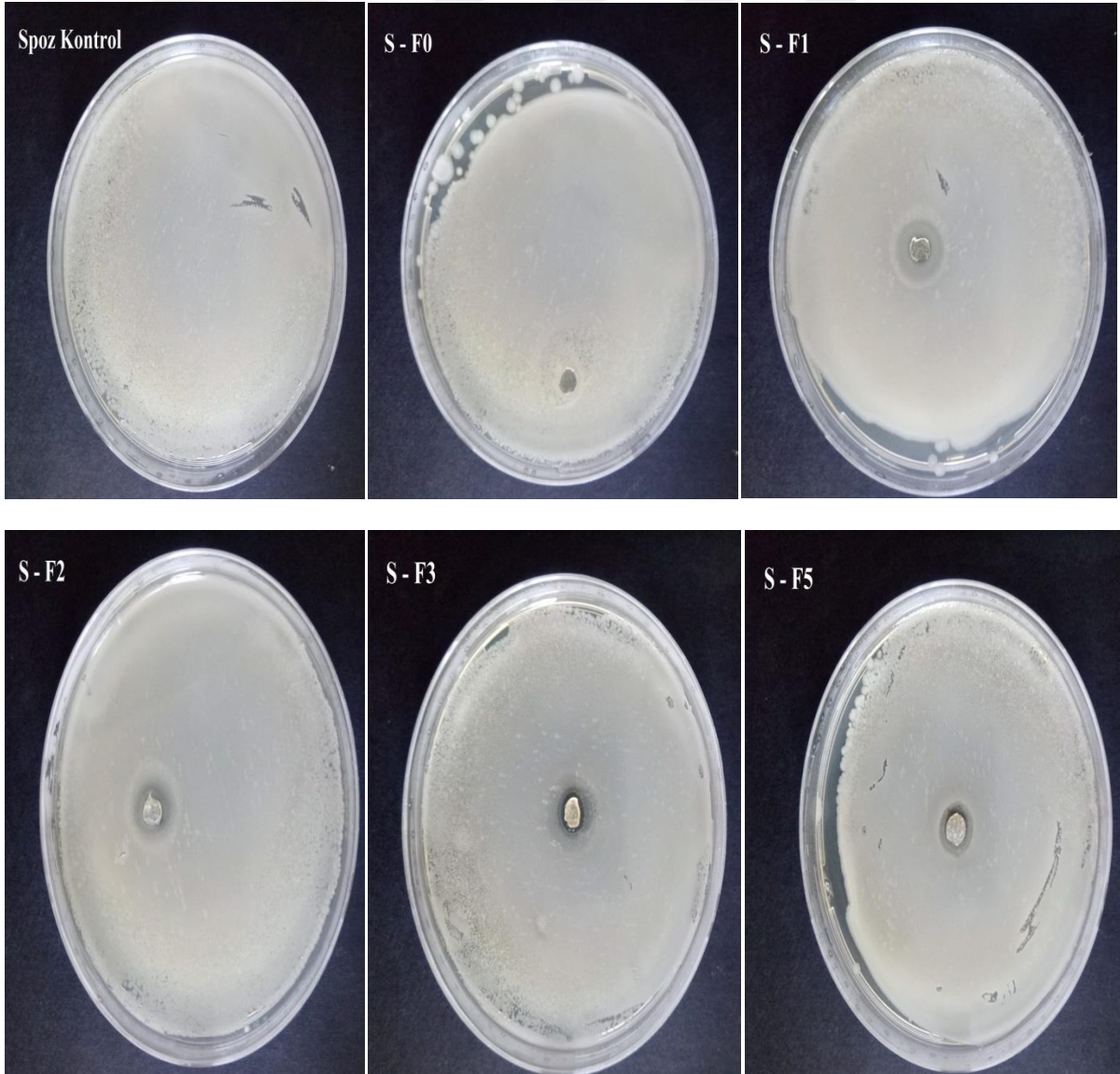
E - Pozitif Kontrol: *E. coli* bakterisi ekilen fakat numune konulmayan besiyeri.

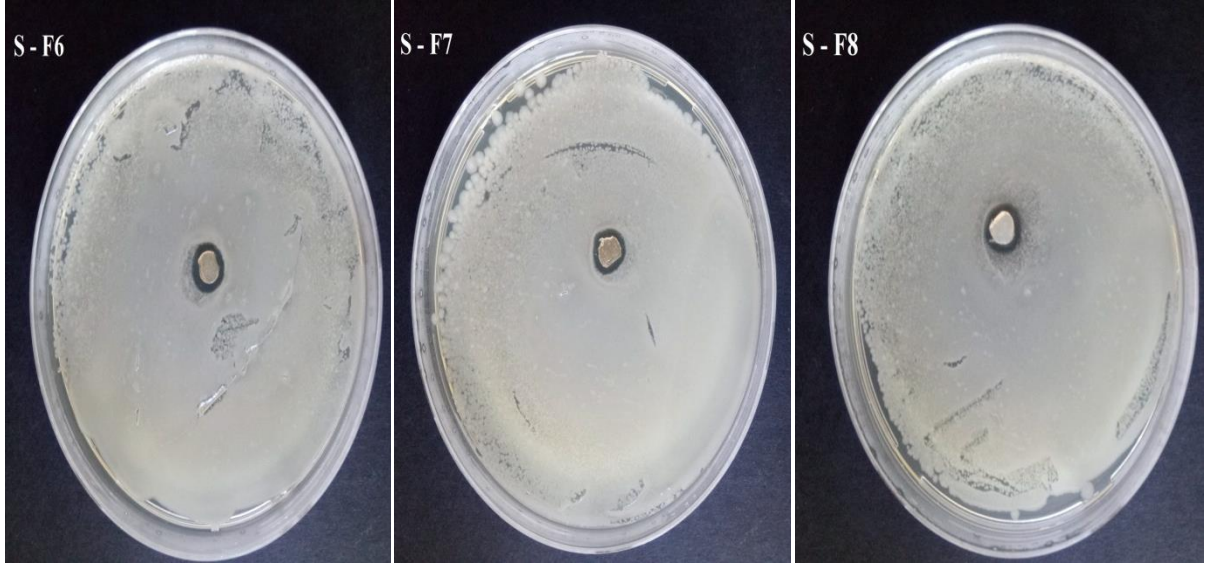
S - Pozitif Kontrol: *S. aureus* bakterisi ekilen fakat numune konulmayan besiyeri





Şekil 28. *E. Coli* Bakterisinin Gösterdiği Aktivite





Şekil 29 *S. aureus* Bakterisinin Gösterdiği Aktivite

BÖLÜM 5 TARTIŞMA ve DEĞERLENDİRME

Bu tez çalışmasında, antimikrobiyal özellikleri gösteren UV ile kürlenebilir kaplama malzemeleri geliştirmesi amaçlamıştır. GTAC akrilik asit ile akrillendi ve fonksiyonel bir monomer olarak UV ile kürlenebilen formülasyonlarda kullanıldı. Antimikrobiyal aktivitenin sonuçları, UV kurumalı kaplama filmlerinin, hem Gram-pozitif hem de Gram-negatif bakterilere karşı aGTAC içeren katyonik monomer ve metalik nanoparçacıklar kullanılarak antimikrobiyal özellik göstermiştir. TGA sonuçları, eklenen nanopartiküllerin numunelerin termal direncini arttırdığını gösterdi. SEM sonuçları, metalik nanoparçacıkların UV ile kürlenebilir kaplamalarda homojen olarak dağıldığını göstermiştir. Son olarak, elde edilen sonuçlar hazırlanan UV kurumalı kaplama malzemelerinin iyi bir antimikrobiyal, termal ve yüzey özelliğine sahip olduğunu ve endüstride antimikrobiyal üst kaplama malzemesi olarak kullanılabileceğini göstermektedir.



KAYNAKLAR

- [1], KIRTAY, H.; “Uv ile Kürleşebilen Antibakteriyel Kaplamalar ”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran 2016.
- [2], OKTAY ,B., . : “ Gümüş Nanoparçacıkları İçeren Antimikrobiyal Organik- inorganik Hibrit kaplamaların Hazırlanması ve Karakterizasyonu ”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Temmuz 2011.
- [3], MÜLAZİM, Y.; “Bor İçeren Ve Uv Işınlarıyla Sertleştirilebilen Yüzey Kaplama Malzemelerinin Hazırlanması”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran 2008.
- [4], Pappas S.P.: “*UV Curing Science and Technology*”, Technology Marketing Corporation, Stanford, USA, (1978).
- [5] <https://www.google.com.tr/search?q=g%C3%B6r%C3%BCn%C3%BCr+b%C3%B6lge+spektrumu&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=EaN0g5bVTjm8zM%253A%252C8jeiXcj30cVIWM%252C &usg=AI4 - kT2sQ04qhSyuwT6DcOSlsz0gJOMQ&sa=X&ved=2ahUKEwjxx2dhovfAhXnqIsKHcO3AxlQ9QEwAHoECAUQBA#imgsrc=EaN0g5bVTjm8zM:>
- [6] Holman, R.; Oldring, P.; “*UV & EB curing formulation for printing inks, coatings and paintings*”, London (1998).
- [7] <https://www.lordiz.com/jablonski-diyagrami-fret-nedir.html>
- [8] Ranby, B.; Rabek, F.J.: “*Photodegradation Photooxidation and Photostabilization of Polymer*”, John Wiley and Sons , London, (1974)
- [9], Mert, A.: "Akrilat Esaslı UV Işınlarıyla Sertleşebilen Reçinelerin Sol-Jel Tekniği İle Modifiye Edilerek Diş Dolgu Malzemesi Olarak Geliştirilmesi"; *Yüksek Lisans Tezi*; Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2006) 12.
- [10] ZEYTUNCU, B., Uv Işınlarıyla Sertleşebilen bor/flor/silisyum İçeren Hibrit Kaplamaların Hazırlanması Ve Kaplama Performanslarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ocak 2010.
- [11] , Seymour R.B., Carraher C.E.Jr., “*An introduction To Polymer Chemistry*”, 5 Marcel Dekker Inc., 2nd Ed., New York

- [12] Ledwith A., Sherrington D.C., *“Reactivity and Mechanism and Structure in Polymer Chemistry”*, Wiley, London, **(1974)**.
- [13] Sacks, M. , *“UV Curing of Coatings, Printing Inks, and Adhesives”* Process Economics Program, Menlo Park, California, Report No.152, **1982**.
- [14] Bongiovanni, R.; Montefusco, F.; Priola, A.; Macchioni, N.; Lazzeri, S.; Sozzi, L.; Ameduri, B.: "High Performance UV-Cured Coatings For Wood Protection"; *Progress in Organic Coatings*; 45 **(2002)** 359-363.
- [15] Kartal İ.; Çakır, M.; Boztoprak, Y.: "UV Işınlarıyla Sertleşebilen Kaplama Teknolojisi"; *Plastik Ambalaj Dergisi*; 123, **(2007)**.
- [16] Sacks, M.: "UV Curing Of Coatings, Printing Inks And Adhesives"; *Process Economics Program*; Menlo Park, California, Report No.152 **(1982)**.
- [17] Fouassier, J. P.; Allonas, X.; Burget, D.: "Photopolymerization Reactions Under Visible Lights: Principle, Mechanisms And Examples Of Applications"; *Progress in Organic Coatings* ; 47 **(2003)** 16-36.
- [18] Turro, N. J.(1991). Modern molecular photochemistry. Sausalito, University Science Books
- [19] Homan, R.: *“ Radcure Coatings are the Environmentally Acceptable Technology”*, *The Coating Agenda*, 182-183
- [20] Vrancken A.: *“Radiation Curing in The Eighties”*, J.Oil.Col. Chemical Assoc. No:5 **(1984)**, 118-116.
- [21] Sacks, M. , *“UV Curing of Coatings, Printing Inks, and Adhesives”* Process Economics Program, Menlo Park, California, Report No.152, **1982**.
- [22] Lacey, J.; Keough, A. H. , *“ Radiation Curing”*, T/C Publications, El Segundo, California, **1980**.
- [23] Scmidle C.S., *“Ultraviolet Curable Flexible Coatings”* Journal of Coated Fabrics, 8, **(1978)** 10-20.
- [24] Pelgrims, J: Present Status of Ultraviolet Curable Coatings Technology in the US, J. Oil Chem. Assoc., **(1978)** 61, 114-118.
- [25] Grosset, A.M., Su, W: F.A.: Ultraviolet Radiation Curable Paints, Ind, *Eng. Chem. Prod Res. Dev.*, 24/1, **(1985)**, 113-120.

- [26] Stowe, F.S.: Speciality Reactive Monomers for RC Coatings, Modern Paint and Coating, (1983), 72/5, 43-47.
- [27] www.uvcuring.com/uvguide/chap3_2/chapter3_2.htm (Mart 2008).
- [28] Levine E., *"Formulating Ultraviolet Curable Coatings"*, Modern. Paint and Coatings. 73, 8, **(1983)** 26-29.
- [29], Günay,K., Antibakteriyel Özelliğe Sahip Modifiye Edilmiş Poli (Etilen Teraftalat) Liflerin Sentezi Ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şubat2018.
- [30] Bulman, S.E.L., Goswami, P., Tronci, G., Russell, S.J., Carr, C., Investigation into the potential use of poly (vinyl alcohol)/methylglyoxal fibres as antibacterial wound dressing components. Journal of Biomaterials Applications. 29(8): 1193–1200, 2015.
- [31] Eghbalifam, N., Frounchi, M., Dadbin, S., Antibacterial silver nanoparticles in polyvinyl alcohol/sodium alginate blend produced by gamma irradiation. International Journal of Biological Macromolecules. 80: 170–176, 2015.
- [32] Feulgen, R., Voit, K., Über einen weitverbreiteten festen Aldehyd – Seine Entstehung aus einer Vorstufe, sein mikrochemischer und mikroskopischchemischer Nachweis und die Wege zu seiner präparativen Darstellung. PflügersArchiv Für Die Gesamte Physiologie Des Menschen Und Der Tiere. 206(1): 389–410, 1924
- [33] Lyapina, M.G., Dencheva, M., Krasteva-Panova, A., Tzekova-Yaneva, M., Deliverska, M., Kisselova-Yaneva, A., Współistniejące uczulenie na aldehyd glutarowy i monomery metakrylanowe u stomatologów i ich pacjentów. Medycyna Pracy. 67(3): 311–320, 2016.
- [34] Wang, Z., Shen, Y., Ma, J., Haapasalo, M., The effect of detergents on the antibacterial activity of disinfecting solutions in dentin. Journal of Endodontics. 38(7): 948–953, 2012.
- [35] Lin, H., Deng, W., Zhou, T., Ning, S., Long, J., & Wang, X., Iodine-modified nanocrystalline titania for photo-catalytic antibacterial application under visible light illumination. Applied Catalysis B: Environmental, 176–177: 36–43, 2015.
- [36] Sawai, J., Shoji, S., Igarashi, H., Hashimoto, A., Kokugan, T., Shimizu, M., Kojima, H., Hydrogen peroxide as an antibacterial factor in zinc oxide powder slurry. Journal of Fermentation and Bioengineering. 86(5): 521–522, 1998.

- [37] Song, J., Remmers, S.J.A., Shao, J., Kolwijck, E., Walboomers, X.F., Jansen, J.A., Yang, F., Antibacterial effects of electrospun chitosan/ poly (ethylene oxide) nanofibrous membranes loaded with chlorhexidine and silver. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*. 12(5): 1357–1364, 2016.
- [38] Kim, S.A., Rhee, M.S., Microbicidal effects of plain soap etc triclocarban-based antibacterial soap. *Journal of Hospital Infection* 94(3): 276–280, 2016.
- [39] Kapalschinski, N., Seipp, H.M., Onderdonk, A.B., Goertz, O., Daigeler, A., Lahmer, A., Hirsch, T., Albumin reduces the antibacterial activity of polyhexanide-biguanide-based antiseptics against *Staphylococcus aureus* and MRSA. *Burns* 39(6): 1221–1225, 2013.
- [40] Schindler, W.D., Hauser, P.J., *Chemical Finishing of Textiles*, Woodhead Publishing Ltd., England, 2004.
- [41] Dring, I., Antimicrobial, rotproofing and hygiene finishes, in *Textile Finishing*, p. 351-371, Ed. Heywood, D. Society of Dyers and Colourists, Bradford, UK, 2003.
- [42] Cui, H., Wu, X., Zhang, D., Zhang, J., Xiao, H., Chen, Y., Thermotolerance and antibacterial properties of MgO-triclosan nanocomposites. In *Procedia Engineering* (Vol. 102, pp. 410–416). Elsevier Ltd., 2015.
- [43] Puthilibai, G., Vasudhevan, S., Kutti Rani, S., Rajagopal, G., Synthesis, spectroscopic characterization, electrochemical behaviour and antibacterial activity of Ru(III) complexes of 2-[(4-N,N'-dimethylaminophenylimino)- methyl]-4-halophenol. *Spectrochimica Acta- Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 72(4): 796–800, 2009.
- [44] Donde, K.J., Patil, V.R., Malve, S.P., Antimicrobial studies of hydrazone complexes of Hg(II) and Fe(II) divalent metal ions. *Acta Poloniae Pharmaceutica- Drug Research*. 60(3): 173–175, 2003.
- [45] Chernousova, S., Eppler, M., *Silver as antibacterial agent: Ion, nanoparticle, and metal*. *Angewandte Chemie- International Edition*, 2013.
- [46] Flyvbjerg, J., Jorgensen, C., Arvin, E., Jensen, B.K., Olsen, S.K., Biodegradation of ortho-cresol by a mixed culture of nitrate-reducing bacteria growing on toluene. *Applied and Environmental Microbiology*. 59(7): 2286–2292, 1993.
- [47] Jia, Z., Shen, D., Xu, W., Synthesis and antibacterial activities of quaternary ammonium salt of chitosan. *Carbohydrate Research*. 333(1): 1–6, 2001.

- [48] Kim, C.H., Choi, J.W., Chun, H.J., Choi, K.S., Synthesis of chitosan derivatives with quaternary ammonium salt and their antibacterial activity. *Polymer Bulletin*. 38: 387–393, 1997.
- [49] Ricardo J.B. Pinto, Susana C.M. Fernandes, Carmen S.R. Freire, Patrizia Sadocco, Jessica Causio, Carlos Pascoal Neto, Tito Trindade, Antibacterial activity of optically transparent nanocomposite films based on chitosan or its derivatives and silver nanoparticles *Carbohydrate Research*, 348, (2012), 77–83
- [50] Kunjie Wang, Qingjuan Ji , Hongxia Li , Feng Guan , Deyi Zhang, Huixia Feng, Haiyan Fan, Synthesis and antibacterial activity of silver@carbon nanocomposites, *Journal of Inorganic Biochemistry*, *Journal of Inorganic Biochemistry* 166 (2017) 64–67
- [51] Ricardo J.B. Pinto , Paula A.A.P. Marques , Carlos Pascoal Neto ,Tito Trindade , Sara Daina , Patrizia Sadocco CICECO, Antibacterial activity of nanocomposites of silver and bacterial or vegetable cellulosic fibers, , *Direct,Acta Biomaterialia* 5(2009)2279-2289
- [52] Jyoti Chaudhary, Giriraj Tailor and Nalini Synthesis, Characterization and Studies on Antimicrobial Properties of Copper Nanocomposite, *Material Science:An Indian Journal* Volume: 16(1) (2018) 130-136
- [53] Pawan Kaur, Ashok Choudharyand Rajesh Thakur, Synthesis of Chitosan-Silver Nanocomposites and their Antibacterial Activity, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 4, Issue 4, 2013 ISSN 2229-5518
- [54] Ravishankar Rai V and Jamuna Bai, (2011) Nanoparticles and their potential application as antimicrobials, *Formatex Research Center*, No:3, Vol:1, 197-209
- [55] M. Cloutier,1 D. Mantovani, and F. Rose, Antibacterial Coatings: Challenges, Perspectives, and Opportunities *Trends in Biotechnology*, (2015), Vol.33, No.11, 637-652
- [56] Ayesha Khan Audil Rashid, Rafia Younas, Ren Chong " A chemical reduction approach to the synthesis of copper nanoparticles" *Int Nano Lett* (2016) 6:21–26.
- [57]R.D. Toker, N. Kayaman-Apohan, M.V. Kahraman "UV curable nano-silver containing polyurethane based organic-inorganic hybrid coatings" *Progress in Organic Coatings* 76 (2013) 1243-1250
- [58] Gulay Bayramoglu, M. Vezir Kahraman, Nilhan Kayaman-Apohan, Atilla Gungor " Synthesis and characterization of UV-curable dual hybrid oligomers based on epoxy acrylate containing pendant alkoxysilane groups" *Progress in Organic Coatings* 57 (2006) 50–55.

- [59] Şen, F.; Uzunsoy, İ.; Baştürk, E.; Kahraman, M. V. Antimicrobial Agent-Free Hybrid Cationic Starch/Sodium Alginate Polyelectrolyte Films for Food Packaging Materials. *Carbohydr. Polym.* 2017, 170, 264-270
- [60] Gao, Q.; Li, H.; Zeng, X. Preparation and Characterization of UV-Curable Hyperbranched Polyurethane Acrylate. *J. Coat. Technol. Res.* 2011, 8, 61-66.
- [61] Ramos-Lara, F.; Lira, A.; Ramirez, M.; Flores, M.; Arroyo, R.; Caldiño, U. Optical Spectroscopy of Ions in Poly(acrylic acid). *J. Phys-Condens. Mat.* 2006, 18, 7951-7959.
- [62] Goldberg, S.; Doyle, R.; Rosenberg, M. Mechanism of Enhancement of Microbial Cell Hydrophobicity by Cationic Polymers. *J. Bacteriol.* 1990, 172, 5650-5654.
- [63] Lemire, J. A.; Harrison, J. J.; Turner, R. J. Antimicrobial Activity of Metals: Mechanisms, Molecular Targets and Applications. *Nat. Rev. Microbiol.* 2013, 11, 371- 384.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Buket BOZDAĞ
Doğum Tarihi ve Yeri :20.01.1993/Sakarya
Yabancı Dili :İngilizce
E-posta :buketbozdag@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y.lisans	Organik Kimya	Marmara Üniversitesi	2019
Lisans	Kimya	Yıldız Teknik Üniversitesi	2016
Lise	Sayısal	Ümraniye Lisesi	2011

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma /Kurum	Görev
2017	Osel İlaç	Kimyager
2016	Necip Fazıl Ortaokulu	Stajer Öğretmenlik
2014	Ümraniye Eğitim ve Araştırma Hastanesi	Stajer Kimyager

BİLİMSEL ESERLER

30. Ulusal Kimya Kongresi KKTC, 2018, Antibakteriyel Kaplamaların İncelenmesi sözlü poster sunumu yapılmıştır.

"Antibacterial UV Photocured Acrylic Coatings Containing Quaternary Ammonium Salt" makalesi Polymer Bulletin dergisine gönderilmiştir.

