



## **Antioksidan ve Antimikrobiyal Özellik Gösteren Yeni Tip Sensör Metalofalosiyeninlerin Geliştirilmesi**

**Program Kodu: 3001**

**Proje No: 116Z052**

Proje Yürütücüsü:  
**Doç. Dr. Ahmet Turgut BİLGİÇLİ**

Araştırmacı(lar):

Doç. Dr. Meryem Nilüfer YARAŞIR

Doç. Dr. Gülnur ARABACI

Arş. Gör. Dr. Armağan GÜNSEL

Arş. Gör. Dr. Hilal KÖSE

Bursiyer(ler):

Arş. Gör. Esmâ Hande ALICI

EYLÜL 2017  
SAKARYA



## ÖNSÖZ

Ftalosiyanın kompleksleri gösterdiği yüksek teknolojik özelliklerinden dolayı son yıllarda üzerinde en çok çalışılan konulardan biridir. Boyar madde ve polimer teknolojisinde, ilaç sanayiinde, tıpta, biyolojik olayların açıklanmasında, tarım alanında ve daha birçok alanda bu bileşiklerden büyük ölçüde yararlanılmaktadır.

Bu nedenle ftalosiyanın kompleksleri üzerine yapılan çalışmaların sayısı her geçen gün artmaktadır. Ancak yüksek teknolojik uygulamalar için ana problemlerden biri kullanılabilir maddelerin çözünürlükleridir. Bu amaçla, saf, yüksek teknolojik özelliklere ve yüksek çözünürlüğe sahip ftalosiyanın kompleksleri hazırlamak önem arz etmektedir. Bu proje kapsamında sentezlenen hedef ftalosiyanın kompleksleri yaygın organik solventlerde oldukça iyi çözünmektedir.

Ekonomik değere sahip olan kimyasal elementlere, genel olarak kıymetli metal adı verilir. En çok bilinen kıymetli metaller altın, pallyum, platin ve gümüşdür. Sentezlediğimiz ftalosiyanın kompleksleri, değerli olmalarının yanında, hem insana hem de çevreye oldukça zararlı olduğu tıbben kanıtlanmış olan çeşitli ağır metallerden Pd(II) ve Ag(I) iyonlarına karşı yüksek seçicilik göstermektedir. Özellikle toksik etkili Pd(II) iyonlarının ve değerli Ag(I) iyonlarının ftalosiyanın kompleksleri yardımı ile geri kazanılabilmesi çevresel ve tıbbi açıdan büyük önem arz etmektedir.

Gıda sanayiinde gıdaların bozulmasını önlemek ve raf ömrünü uzatmak için doğal ve sentetik antioksidan ve antimikrobiyal maddeler kullanılmaktadır. Bu nedenle antioksidan ve antimikrobiyal özellik gösterebilen yeni biyolojik etkilli maddelerin sentezlenmesi, geliştirilmesi ve kullanılabilirliğinin araştırılması gereklidir. Bu grupta yer alan ve hem antioksidan hem de antimikrobiyal özellik gösteren bileşiklerden biride ftalosiyanın kompleksleridir.

Bu nedenle bu projede biyolojik aktiflik taşıyabilen yeni tip ftalosiyanın komplekslerinin sentezi, karakterizasyonu, değerli metallere karşı göstermiş oldukları sensör özellikleri ile birlikte antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri incelenmiştir.

Bu projenin yürütülebilmesi için mali destek sağlayan TÜBİTAK'a, proje önerisinin verilmesinden sonuçlandırılmasına kadar yakın ilgi ve desteklerini esirgemeyen TÜBİTAK Kimya Biyoloji Araştırma Destek Grubu (KBAG) çalışanlarına ve raporları değerlendiren değerli bilim insanlarına ayrı ayrı teşekkür ederim.

Doç. Dr. Ahmet Turgut BİLGİÇLİ



## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
TABLolar LİSTESİ.....	V
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VI
ÖZET.....	XVI
ABSTRACT.....	XVII
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
2.1. Ftalosiyanimler.....	3
2.2. Ftalosiyanim Türleri.....	4
2.2.1. Metalsiz ftalosiyanimler.....	4
2.2.2. Metaloftalosiyanimler.....	5
2.2.3. Naftaftalosiyanimler.....	6
2.2.4. Subftalosiyanimler.....	6
2.3. Ftalosiyanimlerin Elektronik Yapısı ve Spektral Özellikleri.....	6
2.4. Ftalosiyanimlerin Antioksidan ve Antimikrobiyal Özellikleri	10
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	12
3.1. Kullanılan Malzemeler ve Kullanılan Cihazlar.....	12
3.1.1. Kullanılan malzemeler .....	12
3.1.2. Kullanılan cihazlar.....	12
3.2. Başlangıç Maddesinin ve Yeni Maddelerin Sentezi.....	12
3.2.1. 3-(hegzadesiltiyoy)-2-(hegzadesiltiyometil)propan-1-ol sentezi....	13
3.2.2. 4-(3-(hegzadesiltiyoy)-2-(hegzadesiltiyometil)propoksi)ftalonitril (2) 3-(3-(hegzadesiltiyoy)-2-(hegzadesiltiyometil)propoksi)ftalonitril (3)..	13
3.2.3. 2(3), 9(10), 16(17), 23(24)-tetrakis-3-(hegzadesiltiyoy)-2- (hegzadesiltiyometil) propoksi ftalosiyanim bakır (4) çinko (5) kobalt (6).....	17
3.2.4. 1(4), 8(11), 15(18), 22(25)-tetrakis-3-(hegzadesiltiyoy)-2- (hegzadesiltiyometil) propoksi ftalosiyanim bakır (7) çinko (8) kobalt (9).....	20
3.3. Spektroskopik Karakterizasyon.....	23
3.3.1. Ftalosiyanimlerin Ag(I) ve Pd(II) duyarlılığının UV-Vis spektroskopisi ile incelenmesi.....	24
3.4. Floresans Ölçümleri.....	32



3.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM).....	42
3.5.1. İnce filmlerin yüzey morfolojilerinin belirlenmesi.....	44
3.6. Metalofталosiyanınlerin Antioksidan Kapasite Tayinleri.....	53
3.6.1. DPPH serbest radikali giderim aktivitesi tayini.....	53
3.6.2. Demir (II) iyonlarını şelatlama aktivitesinin tayini.....	57
3.6.3. İndirgeme kapasitesi tayini.....	59
3.7. Mikroorganizmalar ve Besiyeri.....	63
3.7.1. Çalışmada kullanılan mikroorganizmalar.....	63
3.7.2. Antimikrobiyal aktivite.....	64
3.7.2.1. Disk difüzyon yöntemi ile antibakteriyal aktivite tayini.	64
3.7.2.2. Minimum inhibitör konsantrasyonunun (MİK) ve minimum bakterisid konsantrasyonu (MBK) tayini.....	64
3.8. Antimikrobiyal Sonuçları.....	65
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	127
KAYNAKLAR.....	129



## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1.	DPPH Radikal Giderim Aktivitesi ve Demir İyonu Şelatlama Aktivitesi'ne ait IC <sub>50</sub> değerleri.....	57
Tablo 2	Sentezlenen ftalosiyanın bileşiklerinin, antibiyotik disklerin (pozitif kontrol) ve madde çözücüsünün (DMF; negatif kontrol) her bir test mikroorganizması için elde edilen disk difüzyon sonuçları.....	68
Tablo 3	Sentezlenen ftalosiyanın bileşiklerinin, her bir test mikroorganizması için elde edilen MİK sonuçları.....	69
Tablo 4	Sentezlenen ftalosiyanın bileşiklerinin, her bir test mikroorganizması için elde edilen MBK/MLK sonuçları.....	70

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	a) Metallsiz Ftalosiyanın ( $PcH_2$ ), b) Metalli Ftalosiyanın ( $PcM$ ).....	3
Şekil 2.2	Berezin Tarafından Önerilen Ftalosiyanın Yapısı.....	4
Şekil 2.3.	(a)Metallsiz ftalosiyanın için beklenen UV-Vis spektrumu (b) $D_{4h}$ simetrisindeki metaloftalosiyanın için beklenen genel UV-Vis spektrumu.....	7
Şekil 2.4	Ftalosiyanınların UV-Vis spektrumlarında Q ve B bantlarına neden olan elektronik geçişler.....	7
Şekil 2.5	$V^*$ ; titreşim uyarılma basamağına karşılık gelen bandlar, t-m; trip-multiplet geçişine karşılık gelen band.....	9
Şekil 3.1	(1) nolu maddenin sentezi.....	13
Şekil 3.2.	Sentezlenen ligantların şekilleri.....	14
Şekil 3.3.	(2) nolu maddenin FT-IR spektrumu.....	14
Şekil 3.4.	(2) nolu maddenin $^1H$ -NMR spektrumu.....	15
Şekil 3.5.	(2) nolu maddenin kütle spektrumu.....	15
Şekil 3.6.	(3) nolu maddenin FT-IR spektrumu.....	16
Şekil 3.7.	(3) nolu maddenin $^1H$ -NMR spektrumu.....	16
Şekil 3.8.	(3) nolu maddenin kütle spektrumu.....	17
Şekil 3.9.	(4), (5) ve (6) nolu maddelerin FT-IR spektrumu.....	18
Şekil 3.10.	(4), (5) ve (6) nolu maddelerin UV-Vis spektrumu.....	18
Şekil 3.11.	(4) nolu maddelerin kütle spektrumu.....	19
Şekil 3.12.	(5) nolu maddelerin kütle spektrumu.....	19
Şekil 3.13.	(6) nolu maddelerin kütle spektrumu.....	20
Şekil 3.14.	(7), (8) ve (9) nolu maddelerin FT-IR spektrumu.....	21
Şekil 3.15.	(7), (8) ve (9) nolu maddelerin UV-Vis spektrumu.....	21
Şekil 3.16.	(7) nolu maddelerin kütle spektrumu.....	22
Şekil 3.17.	(8) nolu maddelerin kütle spektrumu.....	22
Şekil 3.18.	(9) nolu maddelerin kütle spektrumu.....	23
Şekil 3.19.	Hedef ftalosiyanınların farklı derişimlerde ( $1.25 \times 10^{-6}$ , $2.5 \times 10^{-6}$ , $5 \times 10^{-6}$ , $1.0 \times 10^{-5}$ ve $2.0 \times 10^{-5}$ ) alınan UV-Vis spektrumları.....	25
Şekil 3.20.	(4) nolu maddenin $Ag(I)$ ile titrasyonundan elde edilen UV-Vis spektrumu.....	27
Şekil 3.21	(5) nolu maddenin $Ag(I)$ ile titrasyonundan elde edilen UV-vis spektrumu.....	27

Şekil 3.22.	(6) nolu maddenin Ag(I) ile titrasyonundan elde edilen UV-Vis spektrumu.....	28
Şekil 3.23.	(7) nolu maddenin Ag(I) ile titrasyonundan elde edilen UV-Vis spektrumu.....	28
Şekil 3.24.	(8) nolu maddenin Ag(I) ile titrasyonundan elde edilen UV-Vis spektrumu.....	29
Şekil 3.25.	(9) nolu maddenin Ag(I) ile titrasyonundan elde edilen UV-Vis spektrumu.....	29
Şekil 3.26.	(4) nolu maddenin Pd(II) ile titrasyonundan elde edilen UV-Vis spektrumu.....	30
Şekil 3.27.	(5) nolu maddenin Pd(II) ile titrasyonundan elde edilen UV-Vis spektrumu.....	30
Şekil 3.28.	(6) nolu maddenin Pd(II) ile titrasyonundan elde edilen UV-Vis spektrumu.....	31
Şekil 3.29.	(7) nolu maddenin Pd(II) ile titrasyonundan elde edilen UV-Vis spektrumu.....	31
Şekil 3.30.	(8) nolu maddenin Pd(II) ile titrasyonundan elde edilen UV-Vis spektrumu.....	32
Şekil 3.31.	(9) nolu maddenin Pd(II) ile titrasyonundan elde edilen UV-Vis spektrumu.....	32
Şekil 3.32.	(4) nolu maddenin farklı uyarma dalga boylarındaki emisyon spektrumu.....	33
Şekil 3.33.	(5) nolu maddenin farklı uyarma dalga boylarındaki emisyon spektrumu.....	34
Şekil 3.34.	(7) nolu maddenin farklı uyarma dalga boylarındaki emisyon spektrumu.....	34
Şekil 3.35.	(8) nolu maddenin farklı uyarma dalga boylarındaki emisyon spektrumu.....	35
Şekil 3.36.	(4) nolu maddenin Ag(I) ile titrasyonundan elde edilen emisyon spektrumu.....	36
Şekil 3.37.	(4) nolu maddenin Pd(II) ile titrasyonundan elde edilen emisyon spektrumu.....	36
Şekil 3.38.	(5) nolu maddenin Ag(I) ile titrasyonundan elde edilen emisyon spektrumu.....	37
Şekil 3.39.	(5) nolu maddenin Pd(II) ile titrasyonundan elde edilen emisyon spektrumu.....	38

Şekil 3.40.	(7) nolu maddenin Ag(I) ile titrasyonundan elde edilen emisyon spektrumu.....	39
Şekil 3.41.	(7) nolu maddenin Pd(II) ile titrasyonundan elde edilen emisyon spektrumu.....	40
Şekil 3.42.	(8) nolu maddenin Ag(I) ile titrasyonundan elde edilen emisyon spektrumu.....	41
Şekil 3.43.	(8) nolu maddenin Pd(II) ile titrasyonundan elde edilen emisyon spektrumu.....	42
Şekil 3.44.	(4) nolu maddenin SEM görüntüsü.....	45
Şekil 3.45.	(4) nolu maddenin Ag(I) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM görüntüsü.....	45
Şekil 3.46.	(4) nolu maddenin Pd(II) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM görüntüsü.....	46
Şekil 3.47.	(5) nolu maddenin SEM görüntüsü.....	46
Şekil 3.48.	(5) nolu maddenin Ag(I) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM görüntüsü.....	47
Şekil 3.49.	(5) nolu maddenin Pd(II) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM görüntüsü.....	47
Şekil 3.50.	(6) nolu maddenin SEM görüntüsü.....	48
Şekil 3.51.	(6) nolu maddenin Ag(I) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM görüntüsü.....	48
Şekil 3.52.	(6) nolu maddenin Pd(II) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM görüntüsü.....	49
Şekil 3.53.	(7) nolu maddenin SEM görüntüsü.....	49
Şekil 3.54.	(7) nolu maddenin Ag(I) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM görüntüsü.....	50
Şekil 3.55.	(7) nolu maddenin Pd(II) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM görüntüsü.....	50
Şekil 3.56.	(8) nolu maddenin Ag(I) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM görüntüsü.....	51
Şekil 3.57.	(8) nolu maddenin Pd(II) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM görüntüsü.....	51
Şekil 3.58.	(9) nolu maddenin SEM görüntüsü.....	52
Şekil 3.59.	(9) nolu maddenin Ag(I) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM görüntüsü.....	52
Şekil 3.60.	(9) nolu maddenin Pd(II) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM	



	görüntüsü.....	53
Şekil 3.61.	$\alpha$ - ve $\beta$ -süstitüe ftalosiyenin bileşiklerinin DPPH giderim aktivitesi (%) sonuçları. Ftalosiyenin bileşiklerinin DPPH giderim sonuçları standart maddeler olan BHT ve Troloks ile karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.....	55
Şekil 3.62.	$\alpha$ - ve $\beta$ -süstitüe ftalosiyenin bileşiklerinin Ag(I) ve Pd(II) ile etkileştirilmiş hallerinin DPPH giderim aktivitesi (%) sonuçları. Ftalosiyenin bileşiklerinin DPPH giderim sonuçları standart maddeler olan BHT ve Troloks ile karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. <b>5+Pd, 6+Pd, 8+Pd, 9+Pd</b> bileşikleri radikal giderim aktivitesi göstermediğinden grafikte yer almamaktadır.....	56
Şekil 3.63.	$\alpha$ - ve $\beta$ -süstitüe ftalosiyenin bileşiklerinin demir iyonu şelatlama aktivitesi (%) sonuçları.....	59
Şekil 3.64.	$\alpha$ - ve $\beta$ -süstitüe ftalosiyenin bileşiklerinin indirgeme kapasitesi tayini sonuçları. Ftalosiyenin bileşiklerinin indirgeme kapasitesi sonuçları standart maddeler olan BHT ve Askorbik asit ile karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.....	61
Şekil 3.65.	$\alpha$ - ve $\beta$ -süstitüe ftalosiyenin bileşiklerinin Ag ile etkileştirilmiş hallerinin indirgeme kapasitesi tayini sonuçları. Ftalosiyenin bileşiklerinin indirgeme kapasitesi sonuçları standart maddeler olan BHT ve Askorbik asit ile karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.....	62
Şekil 3.66.	$\alpha$ - ve $\beta$ -süstitüe ftalosiyenin bileşiklerinin Pd ile etkileştirilmiş hallerinin indirgeme kapasitesi tayini sonuçları. Ftalosiyenin bileşiklerinin indirgeme kapasitesi sonuçları standart maddeler olan BHT ve Askorbik asit ile karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.....	63
Şekil 3.67.	Brain Heart Infusion Agar besiyeri kullanıldığında ftalosiyenin bileşiklerinin <i>E.coli</i> disk difüzyon testi sonuçları.....	66
Şekil 3.68.	Ftalosiyenin bileşik çözücüsü (kontrol) emdirilmiş disk ve antibiyotik standart diskin <i>E.coli</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları; K: kontrol (DMF), AM10: Ampisilin 10 $\mu$ g.....	71
Şekil 3.69.	<b>4, 5, 6</b> ftalosiyenin bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>E.coli</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları.....	71
Şekil 3.70.	<b>4+Ag, 5+Ag, 6+Ag</b> ftalosiyenin bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>E.coli</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları.....	72
Şekil 3.71.	<b>4+Pd, 5+Pd, 6+Pd</b> ftalosiyenin bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>E.coli</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları.....	72
Şekil 3.72.	<b>7, 8, 9</b> ftalosiyenin bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>E.coli</i> üzerinde	

	oluşturduğu inhibisyon zonları.....	73
Şekil 3.73.	<b>7+Ag, 8+Ag, 9+Ag</b> ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>E.coli</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları.....	73
Şekil 3.74	<b>7+Pd, 8+Pd, 9+Pd</b> ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>E.coli</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları.....	74
Şekil 3.75.	Ftalosiyanın bileşik çözücüsü (kontrol) emdirilmiş disk ve antibiyotik standart diskin <i>S. aureus</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları; K: kontrol (DMF), AM10: Ampisilin 10 µg.....	74
Şekil 3.76.	<b>4, 5, 6</b> ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>S. aureus</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları.....	75
Şekil 3.77.	<b>4+Ag, 5+Ag, 6+Ag</b> ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>S. aureus</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları.....	75
Şekil 3.78.	<b>4+Pd, 5+Pd, 6+Pd</b> ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>S. aureus</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları.....	76
Şekil 3.79.	<b>7, 8, 9</b> ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>S. aureus</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları.....	76
Şekil 3.80.	<b>7+Ag, 8+Ag, 9+Ag</b> ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>S. aureus</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları.....	77
Şekil 3.81.	<b>7+Pd, 8+Pd, 9+Pd</b> ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>S. aureus</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları.....	77
Şekil 3.82.	Ftalosiyanın bileşik çözücüsü (kontrol) emdirilmiş disk ve antibiyotik standart diskin <i>B. subtilis</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları; K: kontrol (DMF), AM10: Ampisilin 10 µg.....	78
Şekil 3.83.	<b>4, 5, 6</b> ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>B. subtilis</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları.....	78
Şekil 3.84	<b>4+Ag, 5+Ag, 6+Ag</b> ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>B. subtilis</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları.....	79
Şekil 3.85.	<b>4+Pd, 5+Pd, 6+Pd</b> ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>B. subtilis</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları.....	79
Şekil 3.86.	<b>7, 8, 9</b> ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>B. subtilis</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları.....	80
Şekil 3.87.	<b>7+Ag, 8+Ag, 9+Ag</b> ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>B. subtilis</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları.....	80
Şekil 3.88.	<b>7+Pd, 8+Pd, 9+Pd</b> ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>B. subtilis</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları.....	81
Şekil 3.89.	Ftalosiyanın bileşik çözücüsü (kontrol) emdirilmiş disk ve antibiyotik	

	standart diskin <i>C.albicans</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları; K: kontrol (DMF), FLU25: Ampisilin 25 µg.....	81
Şekil 3.90.	<b>4, 5, 6</b> ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>C.albicans</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları.....	82
Şekil 3.91.	<b>4+Ag, 5+Ag, 6+Ag</b> ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>C.albicans</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları.....	82
Şekil 3.92.	<b>4+Pd, 5+Pd, 6+Pd</b> ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>C.albicans</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları.....	83
Şekil 3.93.	<b>7, 8, 9</b> ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>C.albicans</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları.....	83
Şekil 3.94.	<b>7+Ag, 8+Ag, 9+Ag</b> ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>C.albicans</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları.....	84
Şekil 3.95.	<b>7+Pd, 8+Pd, 9+Pd</b> ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin <i>C.albicans</i> üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları.....	84
Şekil 3.96.	Bileşik <b>6</b> <i>E.coli</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>6</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-75-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).....	85
Şekil 3.97.	Bileşik <b>4+Ag</b> <i>E.coli</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>4+Ag</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).	85
Şekil 3.98.	Bileşik <b>6+Ag</b> <i>E.coli</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>6+Ag</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).	86
Şekil 3.99.	Bileşik <b>4+Pd</b> <i>E.coli</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>4+Pd</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-75-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).....	86
Şekil 3.100.	Bileşik <b>6+Pd</b> <i>E.coli</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>6+Pd</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-75-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).....	87
Şekil 3.101.	Bileşik <b>7</b> <i>E.coli</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>7</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-75-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).....	87
Şekil 3.102.	Bileşik <b>9</b> <i>E.coli</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>9</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).	88
Şekil 3.103.	Bileşik <b>7+Ag</b> <i>E.coli</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>7+Ag</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).	88
Şekil 3.104.	Bileşik <b>8+Ag</b> <i>E.coli</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>8+Ag</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).	89

Şekil 3.105.	Bileşik <b>9+Ag</b> <i>E.coli</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>9+Ag</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).	89
Şekil 3.106.	Bileşik <b>7+Pd</b> <i>E.coli</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>7+Pd</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-75-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).....	90
Şekil 3.107.	Bileşik <b>9+Pd</b> <i>E.coli</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>9+Pd</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-75-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).....	90
Şekil 3.108.	Bileşik <b>4</b> <i>S.aureus</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>4</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).	91
Şekil 3.109.	Bileşik <b>5</b> <i>S.aureus</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>5</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).	91
Şekil 3.110.	Bileşik <b>6</b> <i>S.aureus</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>6</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).	92
Şekil 3.111.	Bileşik <b>4+Ag</b> <i>S.aureus</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>4+Ag</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).	92
Şekil 3.112.	Bileşik <b>5+Ag</b> <i>S.aureus</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>5+Ag</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).	93
Şekil 3.113.	Bileşik <b>6+Ag</b> <i>S.aureus</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>6+Ag</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).	93
Şekil 3.114.	Bileşik <b>5+Pd</b> <i>S.aureus</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>5+Pd</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).	94
Şekil 3.115.	Bileşik <b>8</b> <i>S.aureus</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>8</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol)	94
Şekil 3.116.	Bileşik <b>9</b> <i>S.aureus</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>9</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).	95
Şekil 3.117.	Bileşik <b>7+Ag</b> <i>S.aureus</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>7+Ag</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).	95
Şekil 3.118.	Bileşik <b>8+Ag</b> <i>S.aureus</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>8+Ag</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).	96
Şekil 3.119.	Bileşik <b>9+Ag</b> <i>S.aureus</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>9+Ag</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).	96
Şekil 3.120.	Bileşik <b>8+Pd</b> <i>S.aureus</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>8+Pd</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).	97
Şekil 3.121.	Bileşik <b>9+Pd</b> <i>S.aureus</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>9+Pd</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).	97

Şekil 3.122.	Bileşik <b>5</b> <i>B.subtilis</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>5</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).	98
Şekil 3.123.	Bileşik <b>4+Ag</b> <i>B.subtilis</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>4+Ag</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).	98
Şekil 3.124.	Bileşik <b>5+Ag</b> <i>B.subtilis</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>5+Ag</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).	99
Şekil 3.125.	Bileşik <b>6+Ag</b> <i>B.subtilis</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>6+Ag</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).	99
Şekil 3.126.	Bileşik <b>5+Pd</b> <i>B.subtilis</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>5+Pd</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-75-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).....	100
Şekil 3.127.	Bileşik <b>6+Pd</b> <i>B.subtilis</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>6+Pd</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-75-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml; K=kontrol).....	100
Şekil 3.128.	Bileşik <b>4</b> <i>C.albicans</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>4</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25 µg/ml).....	101
Şekil 3.129.	Bileşik <b>5</b> <i>C.albicans</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>5</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25 µg/ml).....	101
Şekil 3.130.	Bileşik <b>6</b> <i>C.albicans</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>6</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25 µg/ml).....	102
Şekil 3.131.	Bileşik <b>4+Ag</b> <i>C.albicans</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>4+Ag</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25 µg/ml).....	102
Şekil 3.132.	Bileşik <b>5+Ag</b> <i>C.albicans</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>5+Ag</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25 µg/ml).....	103
Şekil 3.133.	Bileşik <b>4+Pd</b> <i>C.albicans</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>4+Pd</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25 µg/ml).....	103
Şekil 3.134.	Bileşik <b>5+Pd</b> <i>C.albicans</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>5+Pd</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25 µg/ml).....	104
Şekil 3.135.	Bileşik <b>8</b> <i>C.albicans</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>8</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25 µg/ml).....	104
Şekil 3.136.	Bileşik <b>9+Ag</b> <i>C.albicans</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki <b>9+Ag</b> bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25 µg/ml).....	105
Şekil 3.137.	Kontrollerin <i>C.albicans</i> MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki DMF miktarı soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/ml konsantrasyon değerindeki ftalosiyanın bileşiklerinin çözücü miktarları ile eşdeğer düzeyde olacak şekilde ayarlanmıştır).....	105

Şekil 3.138.	Bileşik <b>6</b> <i>E.coli</i> MBK deneyi sonuçları.....	106
Şekil 3.139.	Bileşik <b>4+Ag</b> <i>E.coli</i> MBK deneyi sonuçları.....	106
Şekil 3.140.	Bileşik <b>6+Ag</b> <i>E.coli</i> MBK deneyi sonuçları.....	107
Şekil 3.141.	Bileşik <b>4+Pd</b> <i>E.coli</i> MBK deneyi sonuçları.....	107
Şekil 3.142.	Bileşik <b>6+Pd</b> <i>E.coli</i> MBK deneyi sonuçları.....	108
Şekil 3.143.	Bileşik <b>7</b> <i>E.coli</i> MBK deneyi sonuçları.....	108
Şekil 3.144.	Bileşik <b>9</b> <i>E.coli</i> MBK deneyi sonuçları.....	109
Şekil 3.145.	Bileşik <b>7+Ag</b> <i>E.coli</i> MBK deneyi sonuçları.....	109
Şekil 3.146.	Bileşik <b>8+Ag</b> <i>E.coli</i> MBK deneyi sonuçları.....	110
Şekil 3.147.	Bileşik <b>9+Ag</b> <i>E.coli</i> MBK deneyi sonuçları.....	110
Şekil 3.148.	Bileşik <b>7+Pd</b> <i>E.coli</i> MBK deneyi sonuçları.....	111
Şekil 3.149.	Bileşik <b>9+Pd</b> <i>E.coli</i> MBK deneyi sonuçları.....	111
Şekil 3.150.	Bileşik <b>4</b> <i>S.aureus</i> MBK deneyi sonuçları.....	112
Şekil 3.151.	Bileşik <b>5</b> <i>S.aureus</i> MBK deneyi sonuçları.....	112
Şekil 3.152.	Bileşik <b>6</b> <i>S.aureus</i> MBK deneyi sonuçları.....	113
Şekil 3.153.	Bileşik <b>4+Ag</b> <i>S.aureus</i> MBK deneyi sonuçları.....	113
Şekil 3.154.	Bileşik <b>5+Ag</b> <i>S.aureus</i> MBK deneyi sonuçları.....	114
Şekil 3.155.	Bileşik <b>6+Ag</b> <i>S.aureus</i> MBK deneyi sonuçları.....	114
Şekil 3.156.	Bileşik <b>5+Pd</b> <i>S.aureus</i> MBK deneyi sonuçları.....	115
Şekil 3.157.	Bileşik <b>8</b> <i>S.aureus</i> MBK deneyi sonuçları.....	115
Şekil 3.158.	Bileşik <b>9</b> <i>S.aureus</i> MBK deneyi sonuçları.....	116
Şekil 3.159.	Bileşik <b>7+Ag</b> <i>S.aureus</i> MBK deneyi sonuçları.....	116
Şekil 3.160.	Bileşik <b>8+Ag</b> <i>S.aureus</i> MBK deneyi sonuçları.....	117
Şekil 3.161.	Bileşik <b>9+Ag</b> <i>S.aureus</i> MBK deneyi sonuçları.....	117
Şekil 3.162.	Bileşik <b>8+Pd</b> <i>S.aureus</i> MBK deneyi sonuçları.....	118
Şekil 3.163.	Bileşik <b>9+Pd</b> <i>S.aureus</i> MBK deneyi sonuçları.....	118
Şekil 3.164.	Bileşik <b>5</b> <i>B.subtilis</i> MBK deneyi sonuçları.....	119
Şekil 3.165.	Bileşik <b>4+Ag</b> <i>B.subtilis</i> MBK deneyi sonuçları.....	119
Şekil 3.166.	Bileşik <b>5+Ag</b> <i>B.subtilis</i> MBK deneyi sonuçları.....	120
Şekil 3.167.	Bileşik <b>6+Ag</b> <i>B.subtilis</i> MBK deneyi sonuçları.....	120
Şekil 3.168.	Bileşik <b>5+Pd</b> <i>B.subtilis</i> MBK deneyi sonuçları.....	121
Şekil 3.169.	Bileşik <b>6+Pd</b> <i>B.subtilis</i> MBK deneyi sonuçları.....	121
Şekil 3.170.	Bileşik <b>4</b> <i>C.albicans</i> MBK deneyi sonuçları.....	122
Şekil 3.171.	Bileşik <b>5</b> <i>C.albicans</i> MBK deneyi sonuçları.....	122
Şekil 3.172.	Bileşik <b>6</b> <i>C.albicans</i> MBK deneyi sonuçları.....	123



Şekil 3.173.	Bileşik <b>4+Ag</b> <i>C.albicans</i> MBK deneyi sonuçları.....	123
Şekil 3.174.	Bileşik <b>5+Ag</b> <i>C.albicans</i> MBK deneyi sonuçları.....	124
Şekil 3.175.	Bileşik <b>4+Pd</b> <i>C.albicans</i> MBK deneyi sonuçları.....	124
Şekil 3.176.	Bileşik <b>5+Pd</b> <i>C.albicans</i> MBK deneyi sonuçları.....	125
Şekil 3.177.	Bileşik <b>8</b> <i>C.albicans</i> MBK deneyi sonuçları.....	125
Şekil 3.178.	Bileşik <b>9+Ag</b> <i>C.albicans</i> MBK deneyi sonuçları.....	126



## ÖZET

Sahip olduğu yüksek teknolojik özelliklerinden dolayı ftalosiyanın kompleksleri üzerine yapılan çalışmaların sayısı her geçen gün artmaktadır. Ftalosiyanın uygulama alanlarını kısıtlayan nedenlerden biri düşük çözünürlüklü olmalarıdır. Bu amaçla, bu proje kapsamında ilk olarak yüksek çözünürlüğe sahip  $\alpha$ - ve  $\beta$ - süstitüe ftaosiyanın kompleksleri tasarlanmış ve sentezlenmiştir.

Ekonomik değere sahip olan kimyasal elementlere, genel olarak kıymetli metal adı verilir. En çok bilinen kıymetli metaller altın, palladyum, platin ve gümüşdür. Proje kapsamında sentezlenen ftalosiyanın kompleksleri, değerli olmalarının yanında, hem insana hem de çevreye oldukça zararlı olduğu tıbben kanıtlanmış olan çeşitli ağır metallerden Pd(II) ve Ag(I) iyonlarına karşı yüksek spesifik seçicilik göstermektedir. Özellikle toksik olan Pd (II) ve değerli Ag (I) iyonlarının, ftalosiyanın komplekslerine karşı duyarlı olması, çevresel ve tıbbi açıdan büyük önem arz etmektedir.

Gıda sanayinde gıdaların bozunmasını önlemek ve raf ömrünü uzatmak için doğal ve sentetik antioksidan ve antimikrobiyal maddeler kullanılmaktadır. Bu nedenle antioksidan ve antimikrobiyal özellik gösterebilen yeni maddelerin sentezlenmesi, geliştirilmesi ve kullanılabilirliğinin araştırılması gereklidir.

Bu projede ilk defa  $\alpha$ - ve  $\beta$ - pozisyonlarından “3-(hekzadesiltiy)-2-(hekzadesiltiyometil) propan-1-ol” bağlı, tetra süstitüe Zn(II), Cu(II) ve Co(II) ftalosiyanın komplekslerinin sentezi, karakterizasyonu, Ag(I) ve Pd(II) gibi değerli metal iyonlarına karşı göstermiş oldukları sensör özellikleri ile birlikte antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri incelenmiştir.

İlk olarak, yeni sentezlenen bu kompleksler UV/Vis, FT-IR,  $^1\text{H-NMR}$ ,  $^{13}\text{C-NMR}$ , Floresans, MALDI-TOF/MS, spektral ve elementel analiz yöntemleri kullanılarak karakterize edilmiştir. Bununla birlikte teknolojik uygulamalarda bir maddenin kullanılabilmesi için, homojen filmlerinin hazırlanması ve bu filmlerin yüzey morfolojilerinin belirlenmesi gerektiğinden, elde edilen ftalosiyanın komplekslerinin yüzey morfolojileri SEM yardımıyla incelenmiştir. Son olarak da bu ftalosiyanın komplekslerinin antioksidan ve antimikrobiyal madde olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ftalosiyanın, Sensör, Antioksidan, Antimikrobiyal





## ABSTRACT

The number of studies on phthalocyanine complexes is increasing day by day due to their high technological properties. But, one of the reasons limiting the application areas of phthalocyanines is that they have low solubility. For this purpose, in this project  $\alpha$ - and  $\beta$ -substituted phthalocyanine complexes with high solubility have been designed and synthesized.

Chemical elements with the value in economic terms are named with precious metals. The most well-known precious metals are gold, palladium, platinum and silver. Phthalocyanine complexes we produced were as well as being valuable and showed very high selectivity against the heavy metals which are medically proven to quite harmful for environment and human health. The sensitivity of particularly toxic Pd (II) and valuable Ag (I) ions by using phthalocyanine complexes has great importance in terms of environmental and medical point of view.

Natural and synthetic antioxidants and antimicrobial agents are used to prevent degradation of foods and prolong shelf life in the food industry. Therefore, it is necessary to investigate the synthesis, development and usability of new substances which can carry antioxidant and antimicrobial properties. One of these complexes is phthalocyanine complexes having antioxidant and as well as antimicrobial properties.

In this project, novel Zn(II), Cu(II) ve Co(II) phthalocyanines containing 3-(hexadecylthio)-2-(hexadecylthiomethyl) propan-1-ol functional groups were firstly synthesized and characterized. Then, the sensory properties of complexes were investigated against Ag(I) ve Pd(II) ions. In addition, the antioxidant and antimicrobial properties of them were analyzed.

Firstly, the newly synthesized these complexes were characterized by using UV / Vis, FT-IR,  $^1\text{H-NMR}$ ,  $^{13}\text{C-NMR}$ , fluorescence, MALDI-TOF / MS spectral and elemental analysis methods. However, in order to be able to use a material in technological applications, the preparation of homogeneous films and the surface morphology of these films must be well-defined. For this purpose, the surface morphologies of the phthalocyanine complexes were determined by using Scanning electron microscop (SEM). Finally, the use of these phthalocyanine complexes as antioxidants and antimicrobial agents had been investigated to determine their biological properties.

**Keywords:** Phthalocyanine, Sensor, Antioxidant, Antimicrobial

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Her geçen gün koordinasyon bileşiklerinin endüstrideki uygulama alanları ve önemi artmaktadır. Delokalize  $\pi$ -elektron sistemine sahip aromatik makrosiklik ailesinden olan ftalosiyanimler yüksek pigment özelliğinden dolayı boya olarak kullanılabilirdiği gibi aynı zamanda bilimsel araştırmalarda fonksiyonel materyal olarak da kullanılırlar (Leznoff ve Lever, 1996; McKeown, 1989). Ftalosiyanimlerin yarı iletken aletler (Simon ve Bassoul, 2000; Hanack ve Lang, 1994) elektrokromik ekranlar (Schlettenwein vd., 1989), gaz sensörler (Dogo vd., 1992) sıvı kristaller (Nemykin vd., 2014) non-lineer optikler (Flom vd., 2003), çeşitli katalitik (Yarasir vd., 2007) proses gibi alanlarda kullanımına büyük ilgi vardır. Ftalosiyanimlerin bu uygulamalarda kullanımı onların termal kimyasal kararlılıklarından, redoks çeşitliliği ve yoğun renk verme gibi özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Bunun yanında ftalosiyanimlerin çoğunun organik solvent ortamında çözünmemesi birçok alanda kullanımlarını sınırlamaktadır. Bu yüzden; ftalosiyanimlerin çözünürlüğünü arttırmak için alkil, alkoksi, alkiltiyo zincirleri ve hacimli gruplar gibi sübstitüentler kullanılır (Leznoff vd., 1985). Ftalosiyanimlerin halka konumuna hacimli gruplarla, uzun alkil, alkoksi veya alkiltiyo zincirlerin bağlanması genellikle çözünürlüğü sağlasa da, sübstitüentlerin yapısı ve boyutu çözünürlük üzerine etkili tek kriter değildir. Aynı zamanda bu sübstitüentlerin etkisiyle ftalosiyanimlerde meydana gelen simetri değişikliği de çözünürlük üzerinde etkilidir. Genel olarak tetrasübstitüe ftalosiyanimler okta sübstitüe olanlara kıyasla daha çok çözünme eğilimindedirler. Bu durum tetrasübstitüelere baktığımızda dört adet pozisyonel izomerlerin oluşmasından kaynaklanmaktadır (Leznoff vd., 1985; Durmuş vd., 2006; Gu vd., 2001). Sübstitüent pozisyonlarına göre kimyasal ve fiziksel davranışlarında büyük farklar gösterirler. Sterik olarak kalabalık  $\alpha$ -pozisyonunda gözlenen süsbstitüsyon,  $\beta$ -pozisyonunda gözlenenden daha az agregasyona sebep olur (George vd., 1998; Cook vd., 1994). Ftalosiyanimlerin agrege olması istenmeyen bir durumdur. Periferel sübstitüentlerin yapısı, örneğin hacimli grupların olması agregasyonu azaltır. Metaloftalosiyanim (MPc) komplekslerinin halka konumlarına grupların takılması MPc özelliklerini belli bir dereceye kadar etkilediği bilinir. Örneğin periferel sübstitüentler  $\pi$ -elektronları taşıyan yüzeysel makrohalkalar arasındaki mesafeyi artırır (Fitzgerald vd., 2002). Bu durum solvasyonun daha kolay gerçekleşmesini sağlar, solventler ftalosiyanimlerin agregasyonunu etkiler (Louati vd., 1985; Wöhrle ve Schmidt, 1988; Hale vd., 1987; Schlettwein ve Armstrong, 1994; Meier vd., 1986). Organik solventlerin agregasyonu azalttığı bilinmektedir. Orta derecede su içeren bir solvent yüksek oranda ftalosiyanimleri agregasyona sürükler. Yine de, çoğu ftalosiyanim kompleksleri su içermeyen çözümlerde bile agrege konumda kalabilmektedir (Maree ve Nyokong, 2001; Law vd., 1997; Somashekarappa ve Keshavayya, 2001; Kobayashi vd.,



2003). Agrege olmadığı durumlarda, benzen veya toluen gibi aromatik solventlerde ise ftalosiyanın dar bir Q bandı verdiği bilinmektedir (Ferencz vd., 1995)

Biyolojik sistemlerde koordinasyon bileşikleri çok büyük öneme sahiptir. Hemoglobin ve klorofil bunun tipik örnekleridir. Bilindiği gibi, hemoglobinin oksijen taşımadaki rolü ve klorofilin yeşil bitkilerin oksijen üretmesindeki fonksiyonları çok önemlidir. Bu yapılarda metal, pirol halka sistemine bağlanarak kompleks bir yapı oluşturmuştur. Myoglobin Hem grubu ve vitamin B12 de benzer öneme sahip ftalosiyanın benzeri koordinasyon bileşikleridir.

Özellikle son yıllarda ftalosiyanın antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri incelenmekte ve geliştirilmektedir. Antioksidanların canlı organizmalardaki başlıca etkisi, serbest radikal süpürücü ve zincir kırıcı mekanizmalarla ortaya çıkar. Canlı hücrelerdeki oksijen metabolizması, çevre kirleticileri, radyasyon, pestisitler, çeşitli tıbbi tedavi yolları ve kontamine sular gibi birçok etmen kaçınılmaz bir şekilde oksijen türevi serbest radikallerin oluşumuna yol açmaktadır. Bu radikallerin başlıcaları; süperoksit anyonu ( $\bullet\text{O}^{2-}$ ), hidroksi ( $\bullet\text{OH}$ ), peroksi ( $\text{ROO}\bullet$ ) ve alkoksi ( $\text{RO}\bullet$ ) radikalleridir (Kaur ve Kapoor, 2001).

Antioksidanlar enzim ve enzim olmayanlar şeklinde sınıflandırılırlar. Enzimatik olanlar katalaz (CAT), süperoksit dismutaz (SOD) ve glutatyon peroksidaz (GSHPx) gibi enzimlerdir. Enzimatik olmayanlar ise C vitamini, E vitamini, ürik asit, transferrin, bilirubin ve polifenoller gibi bileşiklerdir (Ou vd., 2002). Diğer taraftan BHA (bütillenmiş hidroksianisol), BHT (bütillenmiş hidroksitoluen), PG (propil gallat) ve TBHQ (tbütillhidrokinon) gibi sentetik antioksidanlar gıdaların bozunmasını önlemek ve raf ömrünü uzatmak için gıda sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

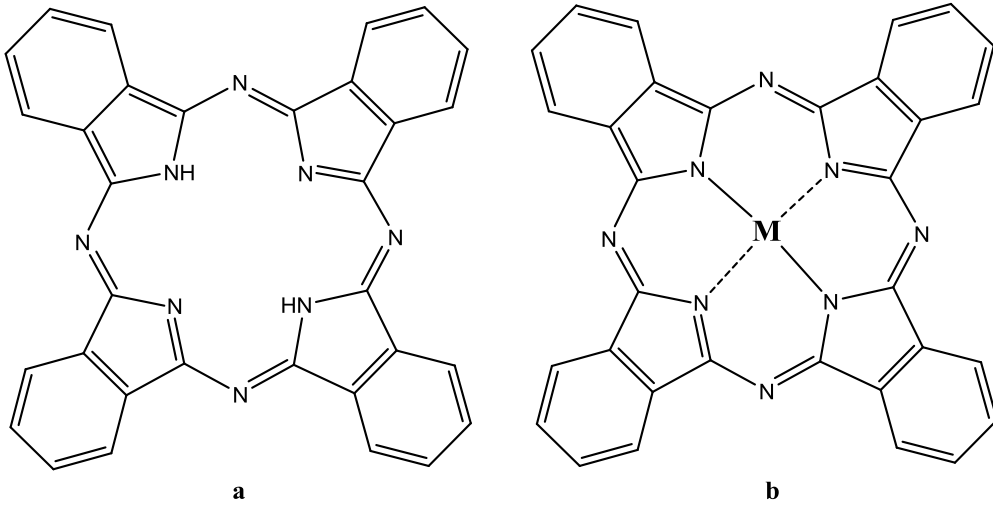
Antimikrobiyal maddeler çok az yoğunlukta dahi mikroorganizma gelişimini engelleyen maddelerdir. Antibiyotikler bu amaçla kullanılan en yaygın antimikrobiyal maddelerdendir. Antibiyotiklerin uzun süreli kullanımı bakterilerin bu maddelere karşı direnç geliştirmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle her geçen gün yeni antimikrobiyal maddelerin geliştirilme çalışmaları hız kazanmaktadır.

Ftalosiyanın de bu alanda olumlu sonuçlar veren gruba dahildir. Son yıllarda yapılan çalışmalar ftalosiyanın antioksidan aktivitelerinin yanında antimikrobiyal aktiviteye de sahip olduğunu göstermiştir (Ağırtaş vd., 2014; Çelebi vd., 2015; Ağırtaş vd., 2014).

## BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÖZETİ

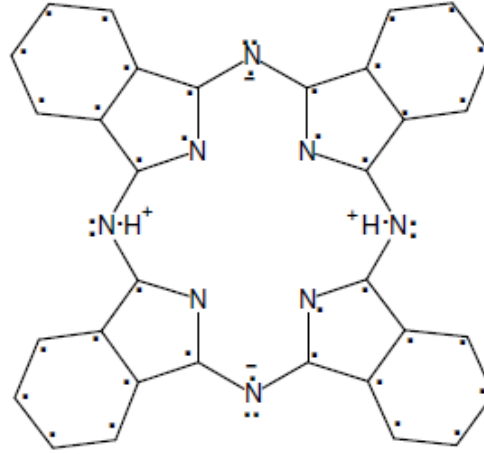
### 2.1. Ftalosiyaninler

Tetrabenzotetraazaporfirin olarak da bilinen ftalosiyanin birçok metal iyonu alabilecek büyüklükte merkezi bir boşluğu olan dört iminoizindolin ünitesinin koordinasyonundan oluşmuş 18  $\pi$ -elektron sistemli düzlemsel bir makrohalkadır. Bu yapı X-ışını kırınım tekniği ile de doğrulanmıştır (Şekil 2.1).



Şekil. 2.1. a) Metalsiz Ftalosiyanin ( $PcH_2$ ), b) Metalli Ftalosiyanin ( $PcM$ )

$H_2Pc$  ilk kez 1907 yılında Braun ve Tcherniac tarafından o-siyanobenzamid sentezi sırasında mavi renkli bir yan ürün olarak elde edilmiştir (Braun ve Tcherniak, 1907). 1927 yılında ise o-dibromobenzen ile bakır siyanürün reaksiyonundan benzenin dinitril türevini elde etmeye çalışırken, %23 verimle bakır ftalosiyanin elde etmiştir (Linstead, 1933). Aynı zamanda bu kompleksin çok kararlı olduğu gözlemlenmiştir. Ftalosiyanin bileşiklerinin ilk sentezinden yaklaşık 25 yıl sonra Linstead ve arkadaşlarının 1929 yılında başlayan ve 1933 yılına kadar devam eden uzun süreli çalışmaları ve Robertson'un X-ışını kırınım analizleri sonucunda yapıları aydınlatılabilmiş ve çeşitli metal ftalosiyaninlerin sentez metotları geliştirilebilmiştir (Linstead, 1934; Byrne vd., 1934; Anderson vd., 1938; Barrett vd., 1939; Robertso, 1935). İlk olarak Linstead'ın önerdiği ftalosiyaninlerin yapısal formülü; makro halkadaki C-N bağlarının eşit uzaklığını, C-C bağlarının benzen çekirdeği ile bağlanmasını, oksidasyon ürünlerinin homojenliğini ve metal türevlerinin izomerik formlarının varlığını açıklamakta yetersiz kalmıştır. Ftalosiyaninin daha ayrıntılı bir yapısı Berezin tarafından önerilmiştir (Berezin, 1959) (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Berezin tarafından önerilen ftalosiyanın yapısı

Noktalar makro halkanın 16  $\pi$ -elektronlarını ve benzen halkasının 24  $\pi$ -elektronlarını göstermektedir.

Ftalosiyanın ligandı metallerin hemen hepsi ile koordine edilebilir (Lever, 1965) olması nedeni ile bu güne kadar merkez atom olarak 70'den fazla farklı element kullanılarak çeşitli ftalosiyaninler sentezlenmiştir. Kare düzlem ftalosiyanın halkasının koordinasyon sayısı dördür. Ftalosiyaninlerin daha yüksek bir koordinasyon sayısını tercih eden metallerle birleşmesi kare piramit, tetrahedral ya da oktehdral yapılarla sonuçlanır. Böyle durumlarda merkez metal atomu; klor, su veya piridin gibi ligandlarla aksenel olarak koordine olurlar. Ftalosiyaninler lantanit ve aktinitler ile sandviç şeklinde kompleks oluştururlar. Bu yapıda iki ftalosiyanın halkasının sekiz azot atomu ile koordine edilmiş bir merkez metal atomu bulunur (Turek vd., 1987; Ahsen vd., 2001; Andre vd., 1985; Meller ve Ossko, 1972).

## 2.2. Ftalosiyanın Türleri

### 2.2.1. Metalsiz ftalosiyaninler

Metalsiz ftalosiyaninler ( $PcH_2$ ) ftalonitril, diiminoizoidol ya da diğer başlangıç maddelerinden sentezlenebilir. Bu amaçla en çok kullanılan çözücüler pentan-1-ol ve 2-dimetilamino etanol (DMAE) gibi hidrojen donörlü çözücülerdir. Reaksiyonun verimini artırmak için DBU (1,8-diazabisiklo[5.4.0]undek-7-en) gibi bazik katalizörler kullanılabilir. Eğer lityum ya da sodyum alkoloidler gibi bazik reaktifler kullanılırsa ftalosiyaninin alkali metal kompleksleri oluşur. Bunu takiben elde edilen ürün asit ve su ile yıkanarak kolayca metalsiz ftalosiyanin ( $PcH_2$ )

elde edilebilir (Terekhov vd., 1996). Reaksiyonun gerçekleşmesi için eğer şiddetli şartlar gerekirse çözücü olarak hidrokinon da kullanılabilir (Ahsen vd., 1988).

### 2.2.2. Metaloftalosiyanimler

Metaloftalosiyanimler (PcM), non-lineer optikler (NLO), yarı iletken aletler, elektrokromik ekranlar, gaz sensörler, sıvı kristaller, Langmuir-Blodgett (LB) filmler, elektrokimyasal cihazların yapımı ve çeşitli katalitik prosesler olmak üzere çok geniş bir kullanım alanında ilgi görmektedir. Bu nedenle de halen ayrıntılı bir biçimde ele alınıp incelenmektedirler. Metaloftalosiyanimlerle ilgili bu kadar geniş araştırma ve çalışma yapılmasının bir diğer nedeni de çok iyi elektriksel özellikler göstermeleri ve çok kaliteli ince film oluşturabilme yetkinlikleridir (Kim vd., 2000).

Ftalosiyanim kimyasında ana problemlerden biri düşük çözünürlüktür. Bu nedenle uygun fonksiyonel grup ile süstitüe edilmiş çözünen ftalosiyanim komplekslerinin hazırlanması en önemli parametrelerden biridir. Kolay çözünebilen ftalosiyanimler, çözünürlüğü az olanlara göre daha ılımlı şartlar altında reaksiyon verirler. Bu durum süstitüentlerin termal kararlılığıyla alakalıdır. Son zamanlarda ftalosiyanimlerin sentez reaksiyonlarıyla ilgili daha ılımlı koşullar araştırılmaktadır. Özellikle reaksiyon sıcaklığının düşürülmesiyle ilgili çalışmalarda başarıya ulaşılmıştır (Leznoff vd., 1996). Bu tip reaksiyonlar günümüzde pentan-1-ol ya da uygun bir alkolün kaynama sıcaklığında kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir. Metaftalosiyanimlerin reaksiyonlarında katalitik miktarda baz olarak DBU kullanılmaktadır. Linstead'ın metodunda kullanılan lityum alkoksitler, uygun bir metal tuzu ilavesiyle diğer metaloftalosiyanim türleri içerisine kolayca taşınabilen bir lityum ftalosiyanim ara ürün oluşumuna sebebiyet vermektedir. Ayrıca sülfirik asitle muamele edilerek kolayca metalsiz ftalosiyanim ( $PcH_2$ ) elde edilebilmektedir. Yukarıda açıklanan metodlar merkez atomu farklı (Cu, Zn, Ni, Pt, Lu vb.) değişik ftalosiyanim türevlerinin sentezinde kullanılabilirler.

### 2.2.3. Naftaftalosiyanimler

Ftalosiyanimlerin diğer bir türevi de naftaftalosiyanimlerdir (Nc). Naftaftalosiyanimler herbir izoindol alt birimine bir benzo halkasının eklenmesiyle oluşurlar ve ışık spektrumunda yaklaşık 740-780 nm'de Q bandına ait şiddetli soğurma piki verirler. Naftaftalosiyanimler genellikle koyu yeşil renkte kristalin bileşiklerdir. Kolayca süblimleşmezler ve genellikle kaynama noktası yüksek çözücülerde tekrar kristallendirilerek saflaştırılırlar. Naftaftalosiyanimlerin 1,2-Nc ve 2,3-Nc olmak üzere iki ana sınıfının yapısı

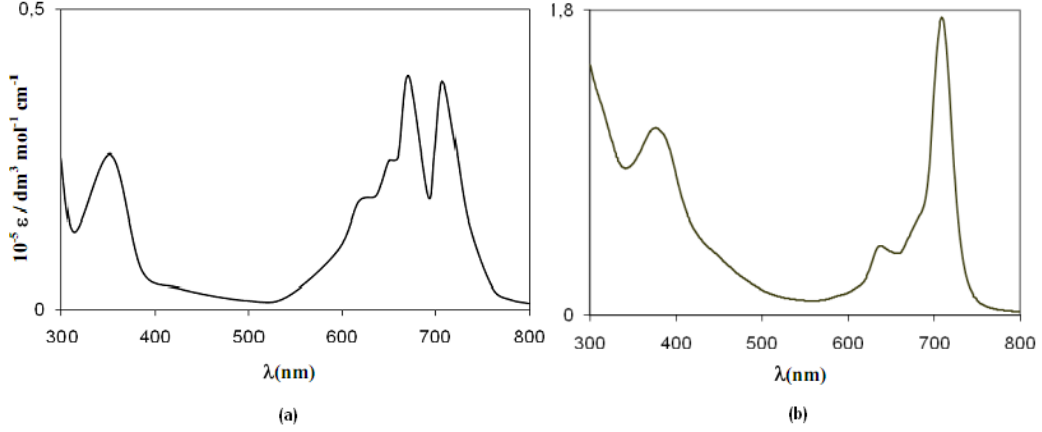
aydınlatılabilmektedir. Naftaftalosiyeninler (Nc) ilave elektron sistemleri nedeniyle oldukça ilgi çekici bileşiklerdir. İlave elektron sistemi Nc'lerin redoks potansiyellerini, elektriksel iletkenliklerini, fotoiletkenliklerini ve katalitik aktivitelerini etkilediği bilinmektedir (Hanack vd., 1991; Ali ve Van Lier, 1999).

#### **2.2.4. Subftalosiyeninler**

Subftalosiyeninler (SubPc) mekezde bor atomu bulunan üç isoindol biriminden oluşmuş aromatik kompleks yapılarıdır. Düzlemsel değildirler ve 14  $\pi$ -elektron sistemi ftalosiyeninlerde olduğu gibi delokalize olmuştur. Bor atomu merkezde bulunarak molekül eksenini belirirken yapıyı da koni biçimine getirir. Aromatik bileşiklerdir. Diğer bir özellikleri ise kimyasal (inorganik asitlere dayanır) ve ısısal ( $10^{-4}$  mmHg ve  $350$  °C de süblimleşir) kararlılıklarıdır (Cao vd., 2002).

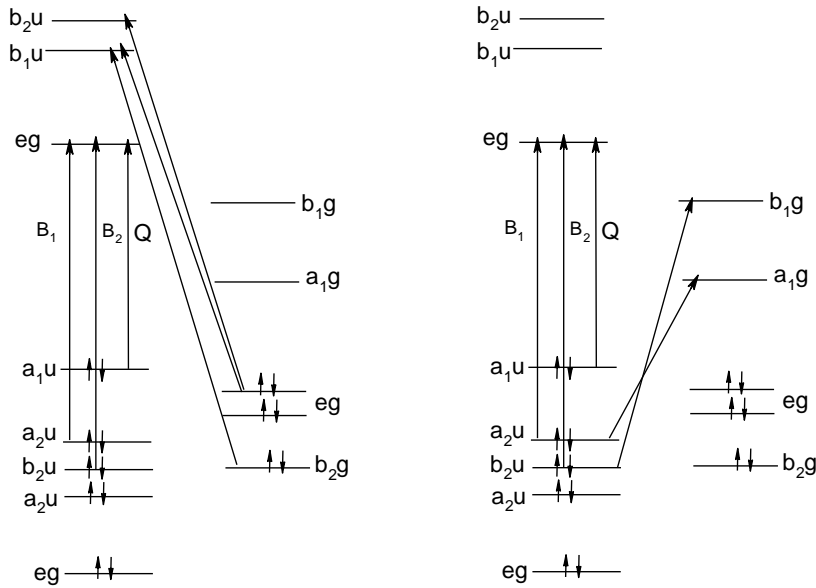
#### **2.3. Ftalosiyeninlerin Elektronik Yapısı ve Spektral Özellikleri**

Ftalosiyeninler  $\pi$ -elektronlarınca zengin olmaları nedeniyle UV/VIS spektrumunda farklı absorpsiyon pikleri verirler.  $\pi \rightarrow \pi^*$  geçişleri olan Q bandları ftalosiyeninlerin metalli veya metallsiz oldukları hakkında bilgi verir. Metallsiz ftalosiyeninler moleküler simetriden dolayı ikiye yarılmış çift band verirken, metalli ftalosiyeninler tek ve daha şiddetli band verirler (Herrman vd., 1998). Bu yüzden metallsiz ve metalli ftalosiyeninler 670–720 nm aralığındaki karakteristik spektrumlarıyla tanınırlar. 300 nm civarında karakteristik Soret bandları ise  $n \rightarrow \pi^*$  geçişlerinden kaynaklanmaktadır. Bu geçişler çözücü cinsi, çözücü konsantrasyonu, sübstütüentler, metal iyonunun büyüklüğüne, oksidasyon sayısına ve elektronik konfigürasyonuna göre spektrumda farklılıklar gösterirler (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. (a)Metalsiz ftalosiyanın için beklenen UV-Vis spektrumu (b)  $D_{4h}$  simetrisindeki metaloftalosiyanın için beklenen genel UV-Vis spektrumu

Schaffer tarafından geliştirilmiş Hückel hesapları kullanılarak tipik bir metalli ftalosiyanın elektronik molekül yörünge yapısı haritalanmıştır.  $a_{1u}$  simetrisindeki en yüksek dolu molekül yörüngesinden (HOMO)  $e_g$  simetrisindeki en düşük dolu olmayan molekül yörüngesine ( $LUMO$ )  $\pi \rightarrow \pi^*$  geçişiyle Q-bandı absorpsiyonu oluşur. Düzlemsel metalli ftalosiyanın  $D_{4h}$  simetrisine göre daha düşük  $D_{2h}$  simetrisiyle metalsiz ftalosiyanın  $LUMO$  yörüngesi  $Q_x$  ve  $Q_y$  durumlarını oluşturur ve Q-bandı ikiye ayrılır. Tetrabütülamonyumhidroksit gibi kuvvetli bir baz kullanılarak metalsiz ftalosiyanın protonları uzaklaştırılıp  $D_{4h}$  simetrisinde  $Pc^{2-}$  anyonu oluştuğunda Q-bandının ikiye ayrılması yok olur. Metalli ftalosiyanın Q-bandının yeri de merkez metal iyonuna bağlı olarak biraz değişebilir (Şekil 2.4) (Herrman vd., 1998).



Şekil 2.4. Ftalosiyanın UV-Vis spektrumlarında Q ve B bantlarına neden olan elektronik geçişler

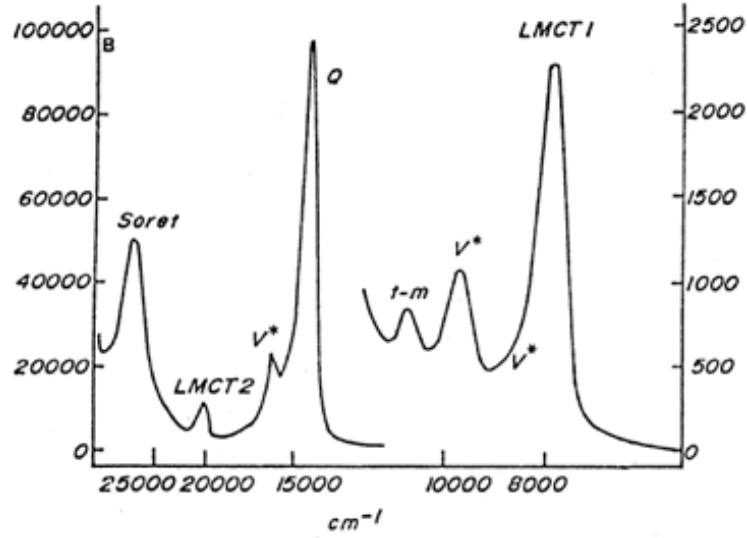


Çözücü konsantrasyonu ve polaritesine bağlı olarak UV/Vis spektrumunda farklar oluşur. Genellikle metali ftalosiyanınların kloroform içinde alınan spektrumlarında 675 nm'de şiddetli bir band, 640 nm'de bir omuz ve 610 nm'de zayıf bir band gözlenir. Bu bandlar monomerik ftalosiyandan kaynaklanmaktadır. Metanol gibi polar çözücüler kullanıldığında 675 nm'deki Q-bandının şiddeti oldukça azalırken, 630 nm civarında yeni bir band ortaya çıkar. Bu agregasyonun sebebidir. Bakır ftalosiyanın türevlerinin çeşitli çözücülerde alınan spektrumları agregasyonun *diklormetan* < *piridin* < *1-bütanol* < *etanol* < *metanol* sıralamasıyla arttığını gösterir. Konsantrasyon yeterince düşük tutulduğunda ( $C < 10^{-5} M$ ) yalnız monomer yapısı vardır ve iki absorpsiyon bandından 700 nm civarında görülen band şiddetlenir. Konsantrasyonun artırıldığı durumlar, agregasyona sebep olduğundan dimer ve trimer gibi agregat türlerin oluşumu 600 nm civarındaki bandın şiddetini artırırken Q bandının şiddetini azaltır.

Birçok periferel süstitüsyonun Q-bandının konumuna etkisi çok azdır. Yalnız süstitüentler benzen halkalarıyla  $\pi$  - yörünge sisteminin uzamasına neden olursa durum değişiktir. Bu yüzden, naftalosiyanınların (NPc) Q-bandları 90 nm, antrosiyanınlarınki ise 170 nm kadar kırmızıya kayar (Kobayashi ve Isoda, 1993). Periferel olmayan süstitüsyonda elektron verici gruplar (amino, alkoksi, fenoksi, feniltiy) elektronik spektrumda absorpsiyon bandlarının daha uzun dalga boylarına kaymasına neden olur (Cook vd., 1998). CuPc-onp-OCn bileşiğindeki gibi elektron verici gruplar HOMO enerji düzeyini yükselterek Q-bandında 70 nm kadar batokromik kaymaya neden olur.

Bu etkinin nedeni HOMO enerji düzeyindeki kararlılığın bozulmasıdır. CuNPc-onp-OCn bileşiğindeki gibi benzen halkalarının uzaması ve periferel olmayan alkoksi süstitüsyonun bir araya gelmesi Q-bandını spektrumun kızılötesi (IR) bölgesine öterler. Bunlar gibi kararlı IR absorplayıcı boyalar az bulunurlar ve 800-1100 nm aralığındaki dalga boylarında ışık oluşturan ucuz yarı iletken lazerlerden gelen ışığı absorplama yetenekleri yüzünden teknolojik olarak önemlidirler.

Ftalosiyanınlarında UV-Vis spektrumlarında yük transfer (CT) geçişleri gözlenmektedir. Bu geçişler,  $d^0$  ve  $d^{10}$  dizilimine sahip metalleri içeren ftalosiyanın türlerinde gözlenir. Yük transfer geçişleri, ftalosiyanın  $\pi$ -halka orbitalleri ve metal orbitalleri arasındaki ligandan metale yük transfer geçişleri (LMCT) ve metalden liganda yük transfer geçişlerinden (MLCT) kaynaklanan uyarılmalarla olur. CT bandlarının yönleri ve enerjileri, metal merkezinin hem spinine hem de oksidasyon basamağına bağlıdır. Bu bandlar, 450 ve 600 nm arasında görünür bölgede gözlenebilir. Ayrıca, 700 ve 1500 nm arasında Q-bandının yanında da ortaya çıkabilir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5.  $V^*$ ; titreşim uyarılma basamağına karşılık gelen bandlar, t-m; trip-multiplet geçişine karşılık gelen band.

Ftalosiyanın FT-IR spektrumlarında gözlenen bandların sayısındaki fazlalık ve makrosiklik sistemin çok büyük olması nedeniyle, tüm bandların karakterize edilmesi güçleşmektedir (Hamuryudan vd., 2003). Metallsiz ve metalli ftalosiyanın FT-IR spektrumları arasındaki fark iyi bilinmemektedir. Önemli bir fark ftalosiyanın iç kısmındaki –NH titreşimlerinden kaynaklanır.

Çözünebilen ftalosiyanın sentezi, NMR ölçümlerinin yapılabilmesini mümkün kılmıştır. Metallsiz ftalosiyanın  $^1\text{H-NMR}$  spektrumunda göze çarpan en ilginç özellik, düzlemsel yapıdaki  $18-\pi$  elektron sisteminin etkisiyle, ftalosiyanın çekirdeğindeki –NH protonlarının TMS'den daha kuvvetli alana kaymasıdır (Gürek, 1996).

Ftalosiyanın  $^1\text{H-NMR}$  spektrumlarında makrosiklik  $\pi$  sistemden dolayı geniş diamanyetik halka akımı gösterdiği bilinir.

Ftalosiyaninlerde aromatik halkanın pikleri düşük alanda görülür. İlave edilen aksiyel bağlı ligandların protonlarına ait pikler ise yüksek alana kayar. Yüksek alana kayma protonların mesafesine ve relatif pozisyonuna bağlıdır.

Planar ftalosiyanın  $^1\text{H-NMR}$  spektrumu farklı konsantrasyonlarda ve sıcaklıklarda agregasyondan dolayı aromatik ve merkezi halka protonları yayvan çıkmaktadır.

Agregasyon, 1,4 pozisyonunda uzun yan zincirler veya aksiyel ligandların ilavesi ile önlenebilir (Herrman vd., 1998).

## 2.4 Ftalosiyanın Antioksidan ve Antimikrobiyal Özellikleri

Koordinasyon bileşikleriy biyolojik sistemler için büyük önem arz etmektedir. Bunlara örnek olarak hemoglobin ve miyoglobindeki Hem' in prostetik grubu ve bitkilerdeki klorofil molekülü verilebilir. Canlıların yaşamı için hemoglobinin oksijen taşımadaki, miyoglobinin oksijen depolamadaki ve bitkilerde ise klorofilin oksijen üretmedeki rolü son derece önemlidir. Bu hem ve klorofildeki yapılar da metal, pirol halka sistemine bağlanarak kompleks oluşturur. Canlı organizmalardaki bu önemli gruplar ile vitamin B12 gibi canlı yaamı için önemli olan koordinasyon moleküllerine ftalosiyanın yapısal benzerlik gösteren önemli koordinasyon bileşikleridir (Schauzer ve Kohnle, 1964). Son yıllarda, ftalosiyanın bu benzerlikleri nedeniyle, biyolojik fonksiyonlara sahip olduğunu göstermek amacıyla antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerini belirleme ve geliştirme çalışmaları ön plana çıkmaktadır.

Antioksidanlar, canlı organizmalarda çeşitli biyokimyasal reaksiyonlar sırasında oluşan, serbest radikallerin oksidasyon başlangıcını geciktiren veya hızını azaltan maddeler olarak bilinmektedir. Hava kirliliği, kimyasallar, radyasyon ve tıbbi uygulamalar gibi çevresel etkiler ve hücre içerisinde meydana gelen çeşitli oksidasyon reaksiyonları sonucunda, canlı organizmaların yaşamını olumsuz etkileyen son derece reaktif oksijen türevi radikaller (süperoksit anyonu ( $\cdot O^{2-}$ ), hidroksi ( $\cdot OH$ ), peroksi ( $ROO\cdot$ ) ve alkoksi ( $RO\cdot$ ) radikalleri) meydana gelmektedir (Rahman, 2007). Bu radikalleri etkisiz hale getiren antioksidanlar enzimatik ve enzimatik olmayan türler olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır.

Enzimatik olanlar; süperoksit dismutaz, katalaz, glutatyon redüktaz ve glutatyon peroksidaz (GSHPx) gibi enzimlerdir. Enzimatik olmayanlar ise doğal ve sentetik olarak sınıflandırılmakta olup, doğal olanlar askorbik asit (C vitamini), tokoferoller (E vitamini), ürik asit, melatonin ve polifenoller gibi bileşiklerdir (Lobo vd., 2010).

Sentetik olanlar ise BHA (bütillenmiş hidroksianisol), BHT (bütillenmiş hidroksitoluen), PG (propil gallat) ve TBHQ (tbütillhidrokinon) gibi maddelerdir ki bunlar günümüzde yaygın olarak gıda endüstrisinde gıdaların bozunmasını önlemek ve depolama kararlılığını artırmak için kullanılmaktadır (Carocho ve Ferreira, 2013). Bu nedenle son yıllarda yeni sentetik antioksidan maddelerin sentezi ve geliştirilmesi büyük ilgiye sahip olmuş ve ftalosiyanın de bu alanda yer alan önemli maddeler arasında yer edinmişlerdir. Yapılan çalışmalarla özellikle merkezlerinde Co, Zn gibi metallerle kompleksleşmiş farklı süstitüe gruplara sahip



metalloftalosiyaninlerin yüksek oranda antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir (Ağırtaş vd., 2014; Yıldırım vd., 2017; Aydın vd., 2017).

Patojen olan veya olmayan her türlü mikroorganizmayı ortamdaki yok eden, çoğalma ve faaliyetlerini önleyen maddeler genel olarak antimikrobiyal maddeler olarak bilinmektedir. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan antimikrobiyaller antibiyotiklerdir. Ancak uzun süreli kullanımlarında mikroorganizmalar bu maddelere karşı direnç geliştirmekte ve bu maddeler etkisiz olmaktadır. Bu sebeple yeni antimikrobiyal maddelerin geliştirilerek kullanılması önem arz etmektedir.

Ftalosiyanin kompleksleri antimikrobiyal etkiye sahip maddeler grubunda yer alan önemli bileşiklerdendir. Son yıllarda ftalosiyaninler ile ilgili yapılan çalışmalar ftalosiyanin komplekslerinin özellikle farklı sübtitüentlere sahip metaloftalosiyaninlerin iyi birer antioksidan olmalarının yanında antimikrobiyal aktiviteye de sahip olduklarını gösterilmiştir (Çelebi vd., 2015; Ağırtaş vd., 2014; Ağırtaş vd., 2015).

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

#### 3.1. Kullanılan Malzemeler ve Kullanılan Cihazlar

##### 3.1.1. Kullanılan malzemeler

Petrol eteri, etil alkol, metil alkol, aseton, asetonitril, kloroform, heptan, hegzan, DMF (Dimetilformamid), THF (Tetrahidrofuran), potasyum karbonat, sodyum sülfat, Hekzanol, 2,3-dibromo-1-propanol, 3-nitroftalonitril, 4-nitroftalonitril, çinko asetat, kobalt(II) klorür, bakır (II) klorür, silikajel, DBU (1,8-diazabisiklo[5,4,0] undeka-7-ene). Ampisilin antibiyotik diskleri, BHT (bütilenmiş hidroksitoluen), Brain Heart Infusion Agar, Brain Heart Infusion Broth, demir (II) klorür, demir (III) klorür, disodyum hidrojen fosfat, DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil), EDTA (etilendiamin tetraasetik asit sodyum tuzu), Ferrozin (3-(2-piridil)-5,6-difenil-1,2,4-triazin-p,p'-disülfonik asit monosodyum hidrat tuzu), Flukonazol antibiyotik diskleri, Mueller-Hinton agar, Mueller-Hinton broth, potasyum ferrisiyanür (III), Sabouraud Dextrose Agar, sodyum dihidrojen fosfat, TCA (Trikloroasetik asit), Thioglycollate medium, Troloks (6-hidroksi-2,5,7,8 tetrametilkroman-2-karboksilik asit) *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Candida albicans* ATCC 10231.

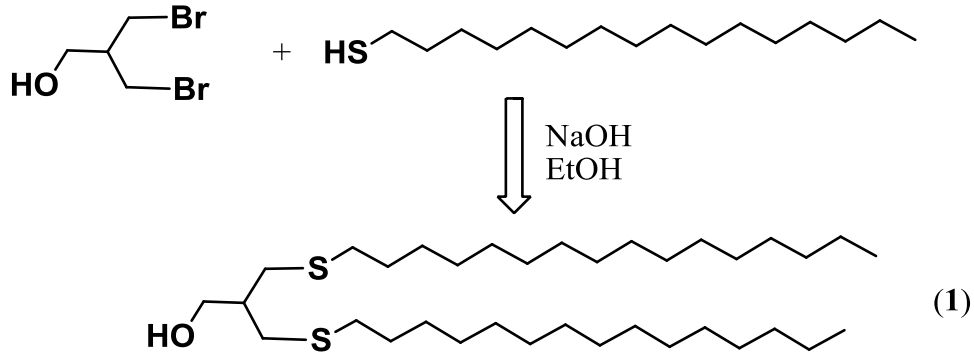
##### 3.1.2. Kullanılan Cihazlar

Adı	Modeli	Bulunduğu Yer
Erime Noktası Tayin Cihazı	Stuart Melting point SMP3	Sakarya Üniversitesi
FT-IR Spektrofotometresi	Perkin Elmer Spectrum two	Sakarya Üniversitesi
NMR Spektrofotometresi	Bruker 300 MHz	Sakarya Üniversitesi
UV-Visible Spektrofotometresi	Agilent 8453	Sakarya Üniversitesi
Floresans Spektrofotometresi	Hitachi F7000	Sakarya Üniversitesi
Su banyosu	VWR	Sakarya Üniversitesi
Çalkalamalı inkübatör	Grand-bio ES20	Sakarya Üniversitesi
Otoklav	VWR Vapour-Line eco	Sakarya Üniversitesi
İnkübatör	VWR Incu-line	Sakarya Üniversitesi
Koloni sayıcı	VWR start-count STC-1000	Sakarya Üniversitesi
SEM cihazı	JEOL JSM-6060LV	Sakarya Üniversitesi

## 3.2. Başlangıç Maddesinin ve Yeni Maddelerin Sentezi

### 3.2.1. 3-(hekzadesiltiy)-2-(hekzadesiltiyometil)propan-1-ol sentezi

Bu proje kapsamında hedef molekül olarak tasarlanan ftalosiyanimler  $\alpha$ - ve  $\beta$ -pozisyonlarından sübstitüe edilmiş 3-(hekzadesiltiy)-2-(hekzadesiltiyometil)propan-1-ol (1), 2,3-dibromo-1-propanol ve hekzadekan-1-tiyol kullanılarak literatür şartlarına göre sentezlenmiştir (Hicks vd., 2008).

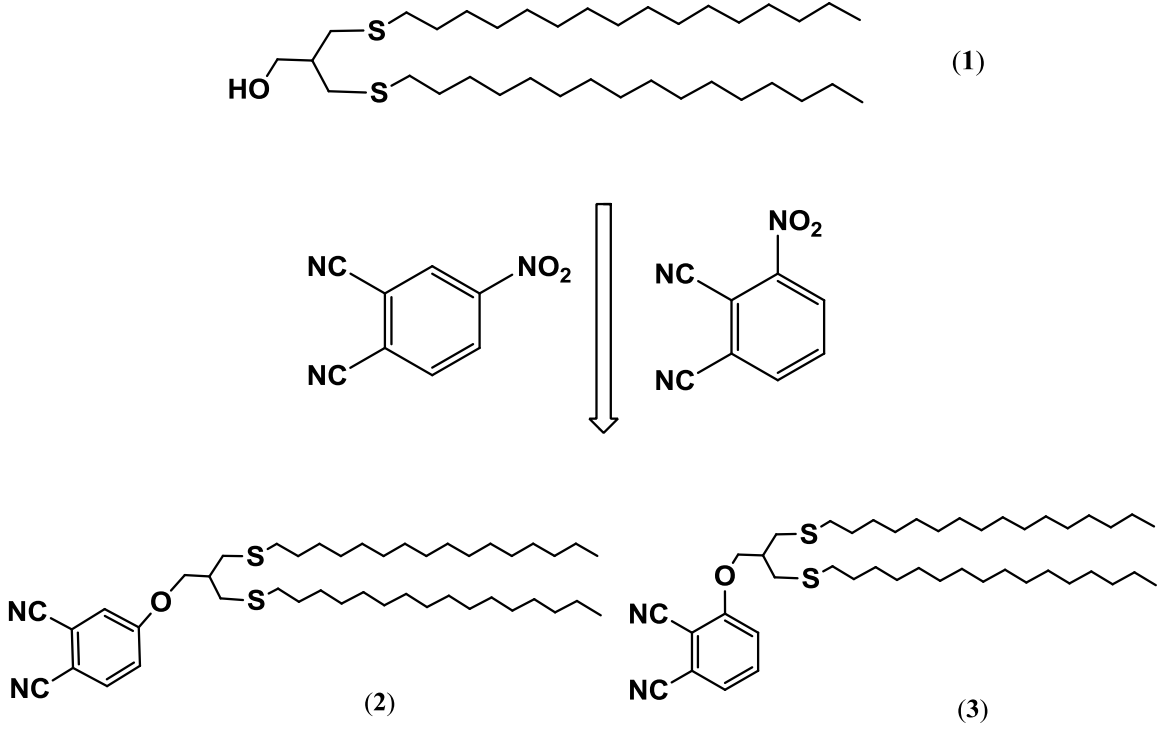


Şekil 3.1. (1) nolu maddenin sentezi

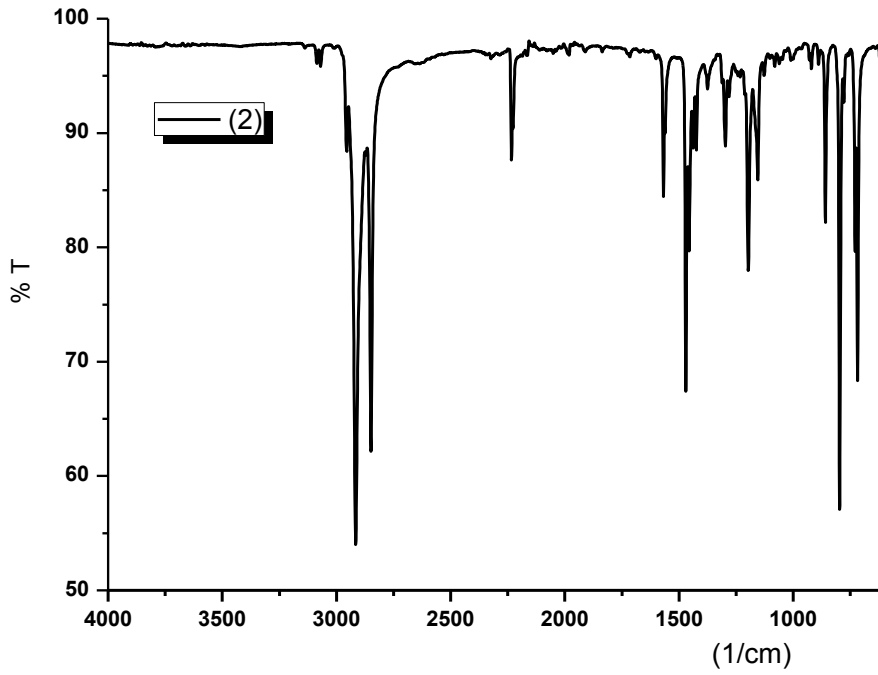
### 3.2.2. 4-(3-(hekzadesiltiy)-2-(hekzadesiltiyometil)propoksi)ftalonitril (2)

#### 3-(3-(hekzadesiltiy)-2-(hekzadesiltiyometil)propoksi)ftalonitril (3)

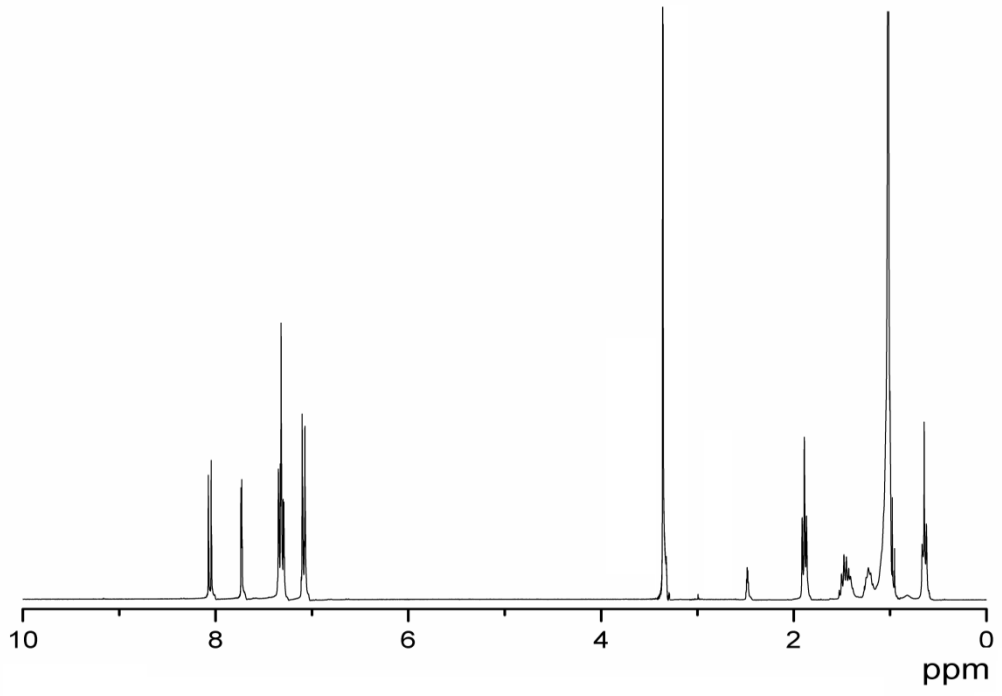
3-(hekzadesiltiy)-2-(hekzadesiltiyometil) propanol (1) 40 °C de kuru DMF de çözüldü ortama 1,40 g K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> eklendi ve 30 dk kadar reaksiyona devam edildi. Daha sonra 10 mL DMF de çözülmüş 1,50 g 4-nitroftalonitril veya 3 nitroftalonitril damlatma hunisi yardımıyla reaksiyon balonuna damla damla ilave edildi. 40 °C sıcaklıkta 48 saat boyunca reaksiyona devam edildi ve reaksiyonun tamlığı ince tabaka kromatografisi ile kontrol edildi. Reaksiyon tamamlandıktan sonra oda sıcaklığına kadar soğutuldu ve 200 cm<sup>3</sup> su-buz karışımına alınarak ürünler çöktürüldü. Çökelek süzülerek su ortamından ayrıldı ve birkaç kez su ile yıkandı. Elde edilen ürün kolon kromatografisi ile saflaştırıldı. Elde edilen yapılar Şekil 3.2'de verilmiştir. Ürünler FT-IR (Şekil 3.3 ve Şekil 3.6), <sup>1</sup>H-NMR (Şekil 3.4 ve Şekil 3.7) ve MALDI-TOF MS (Şekil 3.5 ve Şekil 3.8) spektroskopileriyle karakterize edildi. Spektrumlar beklenen yapıyı doğrulamaktadır.



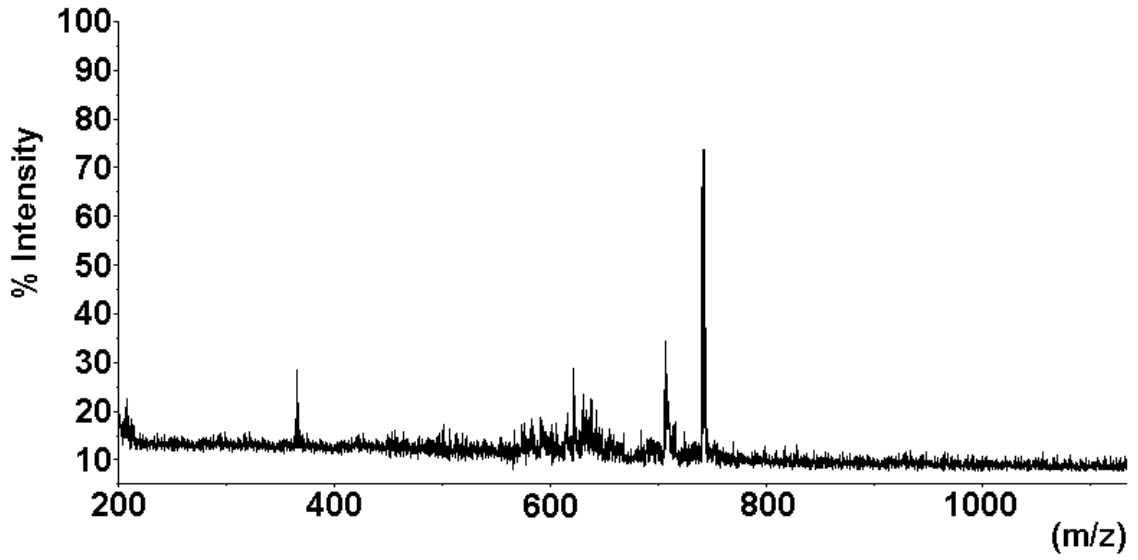
Şekil 3.2. Sentezlenen ligantların şekilleri



Şekil 3.3. (2) nolu maddenin FT-IR spektrumu

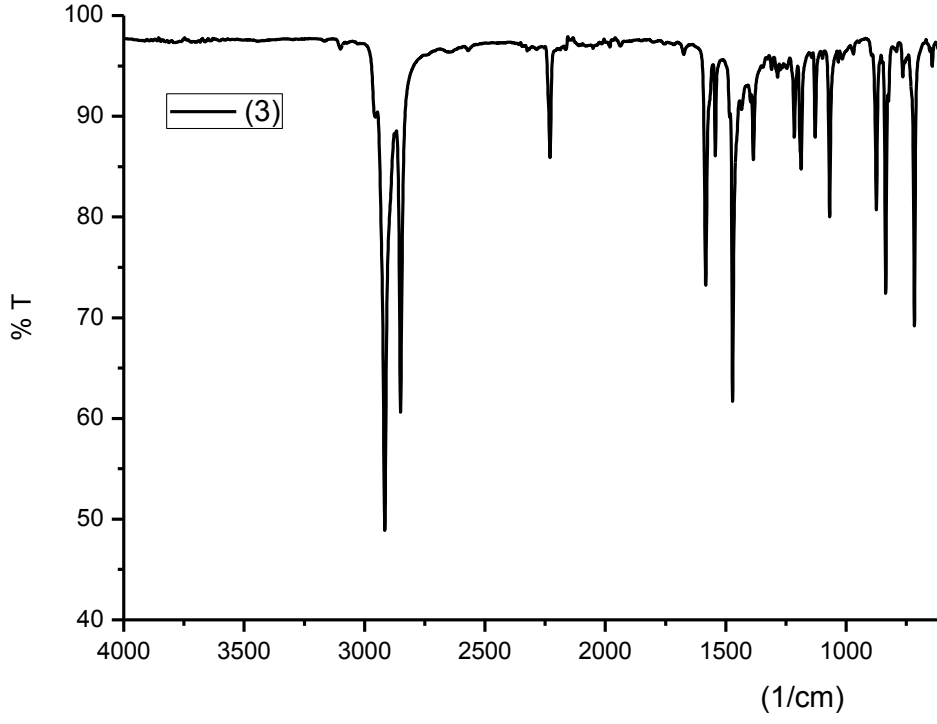


Şekil 3.4. (2) nolu maddenin <sup>1</sup>H-NMR spektrumu

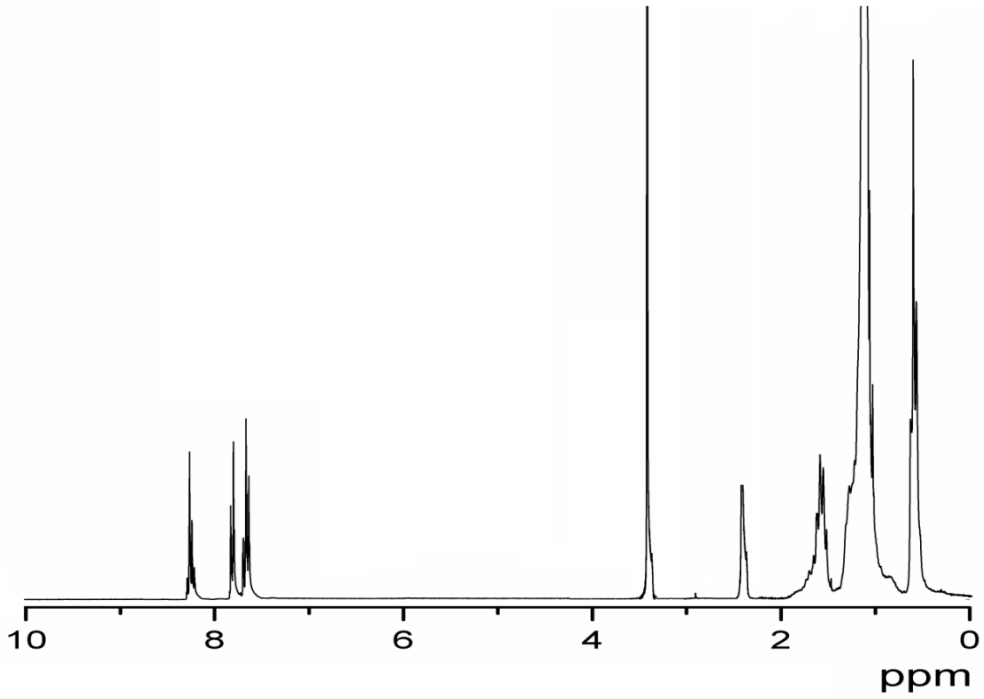


Şekil 3.5. (2) nolu maddenin kütle spektrumu

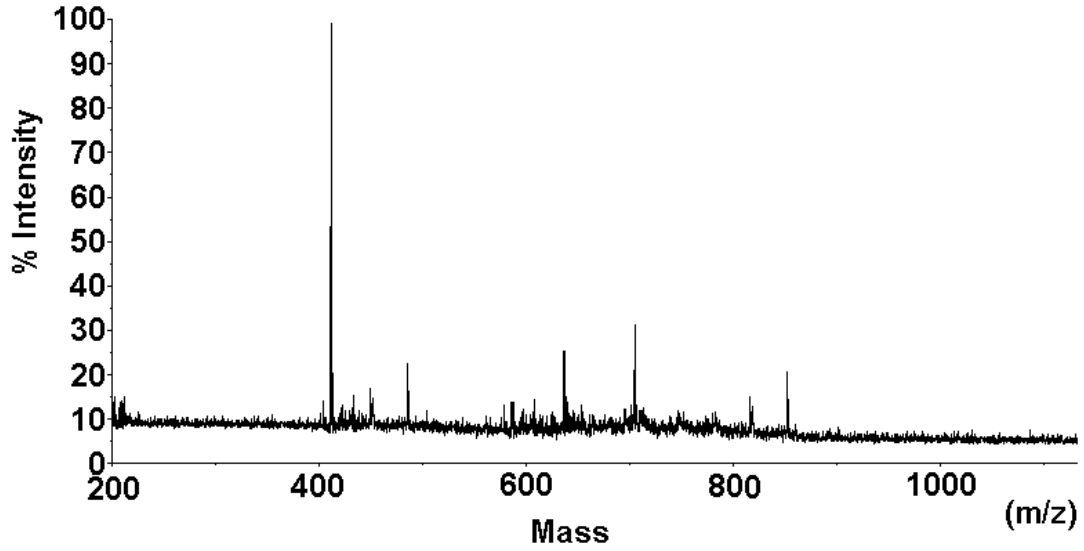




Şekil 3.6. (3) nolu maddenin FT-IR spektrumu



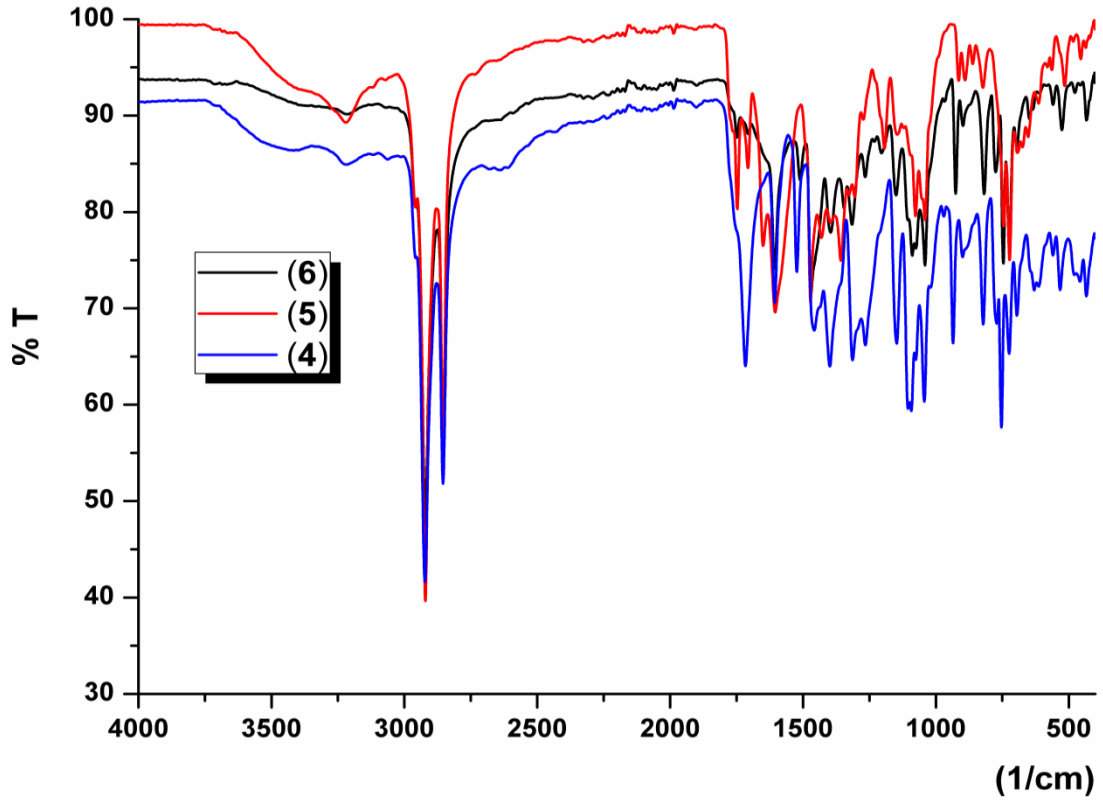
Şekil 3.7. (3) nolu maddenin <sup>1</sup>H-NMR spektrumu



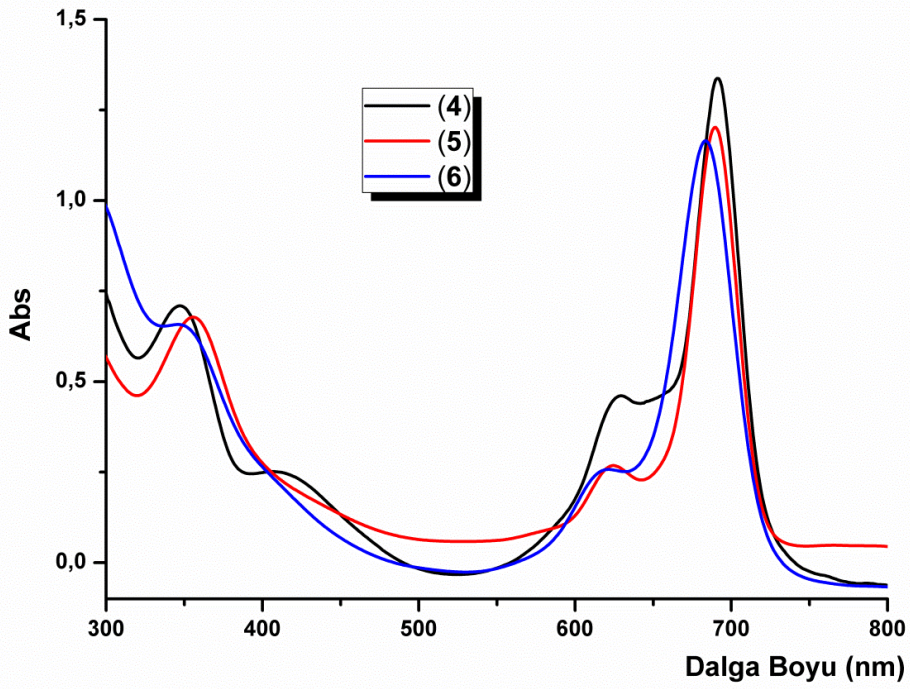
Şekil 3.8. (3) nolu maddenin kütle spektrumu

### 3.2.3. 2(3), 9(10), 16(17), 23(24)-tetrakis-3-(hegzadesiltiy)-2-(hegzadesiltiyometil) propoksi) ftalosiyanın bakır (4) çinko (5) kobalt (6)

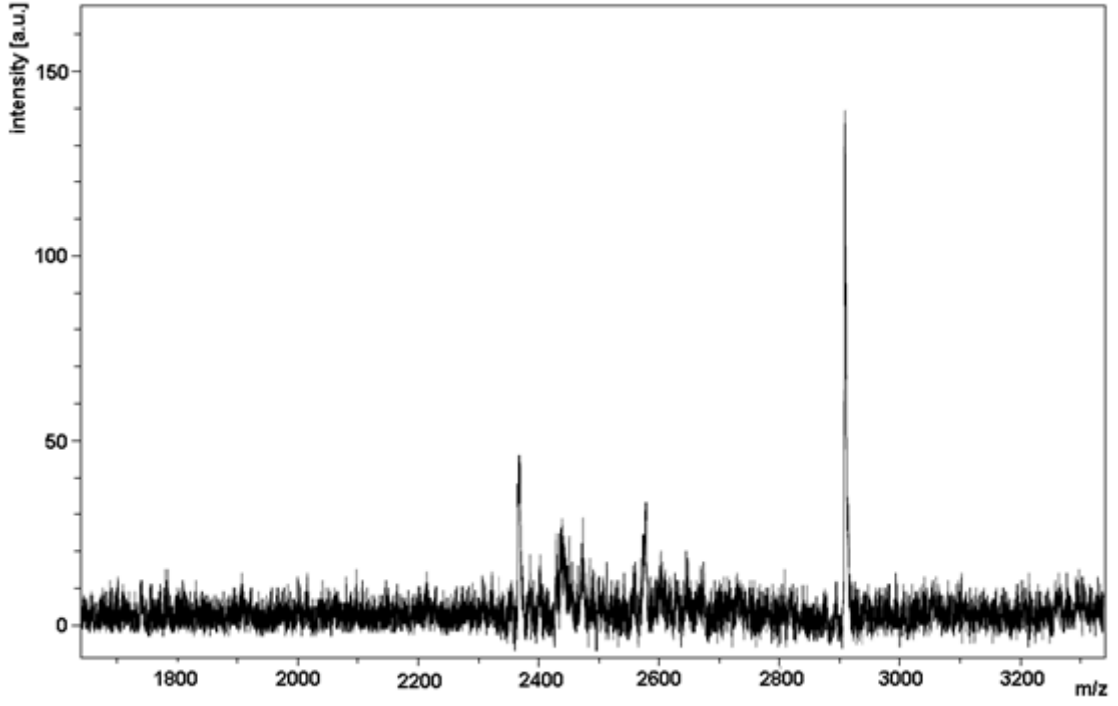
0,1 gr (2) nolu başlangıç maddesinden ve kurutularak suyu tamamen uzaklaştırılmış  $Zn(O_2CMe)_2$  veya  $CuCl_2$  veya  $CoCl_2$  tuzlarından biri azot atmosferi altında kuru Hekzanol (7 mL) ve 0,05 mL DBU ortamında şilifli bir tüpte 150 °C sıcaklıkta reaksiyona sokuldu. Meydana gelen yeşil renkteki ürün azot atmosferi altında 8 saat karıştırıldı. Soğutulan karışım organik ve inorganik kirliliklerden kurtulmak için hekzan ve alkolle berraklaşana kadar yıkandı. Yeşil ürün silika jel üzerinden kolonla saflaştırıldı. Ürün  $CHCl_3$ , THF, DMF, DMSO içinde oldukça iyi çözünürlüğe sahiptir. Bu ftalosiyanın yapısı FT-IR (Şekil 3.9), UV-Vis (Şekil 3.10) ve MALDI-TOF-MS (4 nolu madde için Şekil 3.11, 5 nolu madde için Şekil 3.12, 6 nolu madde için Şekil 3.13) spektroskopileriyle karakterize edildi. Spektrumlar beklenen yapıyı doğrulamaktadır.



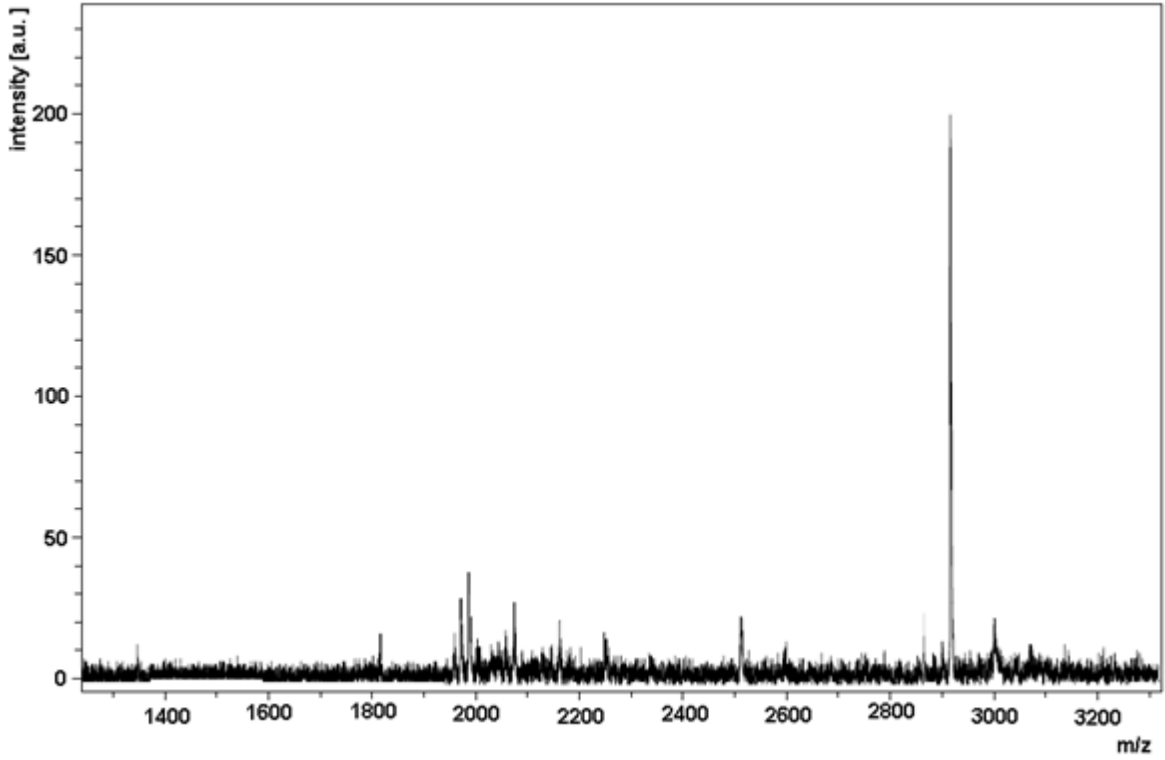
Şekil 3.9. (4), (5) ve (6) nolu maddelerin FT-IR spektrumu



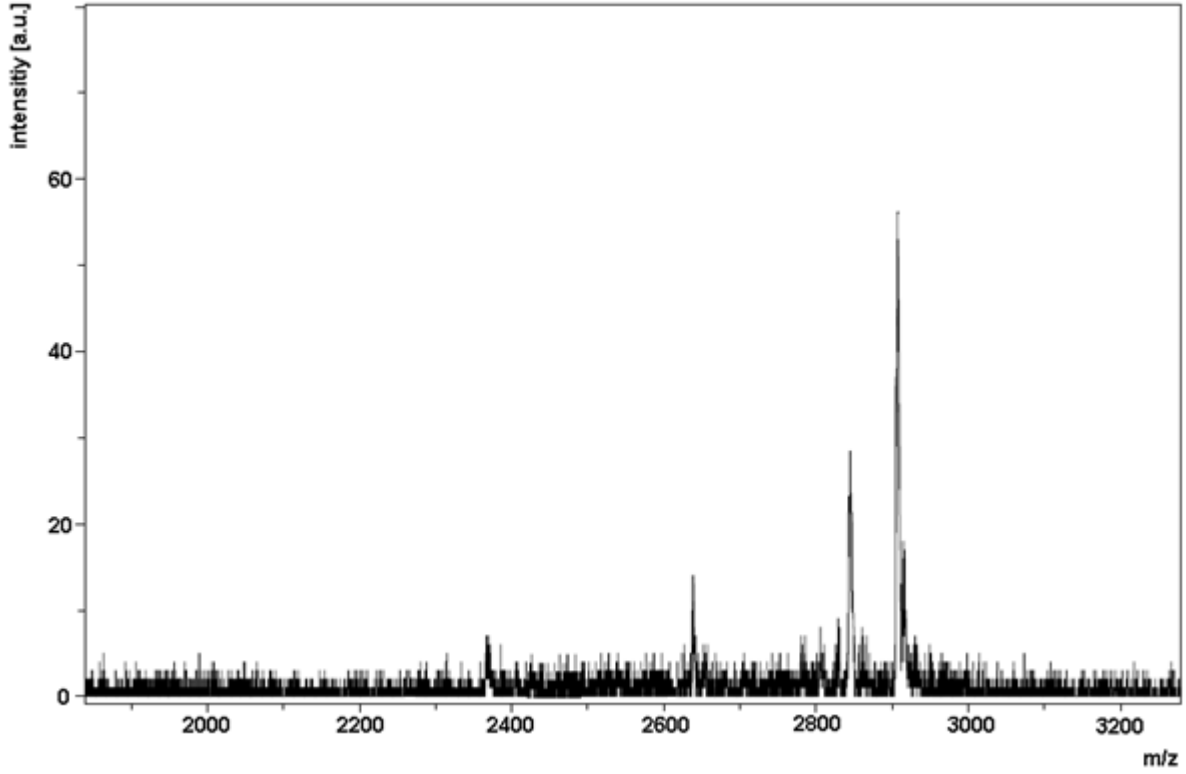
Şekil 3.10. (4), (5) ve (6) nolu maddelerin UV-Vis spektrumu



Şekil 3.11. (4) nolu maddelerin kütle spektrumu



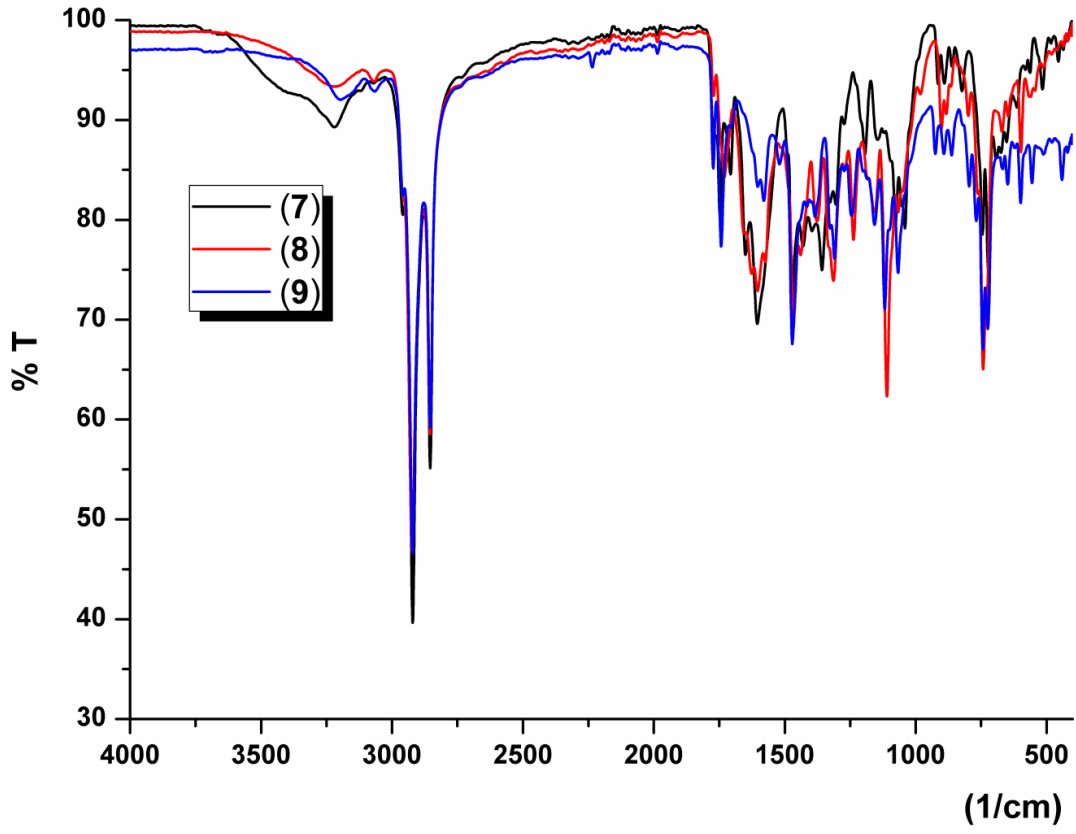
Şekil 3.12. (5) nolu maddelerin kütle spektrumu



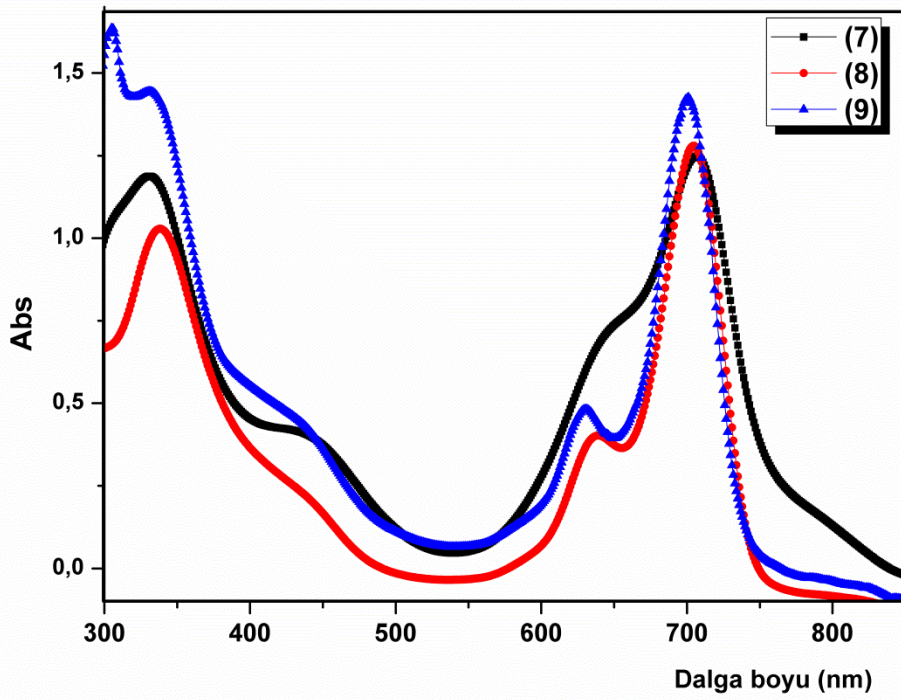
Şekil 3.13. (6) nolu maddelerin kütle spektrumu

#### 3.2.4. 1(4), 8(11), 15(18), 22(25)-tetrakis-3-(hegzadesiltiyometil) propoksi ftalosiyanın bakır (7) çinko (8) kobalt (9)

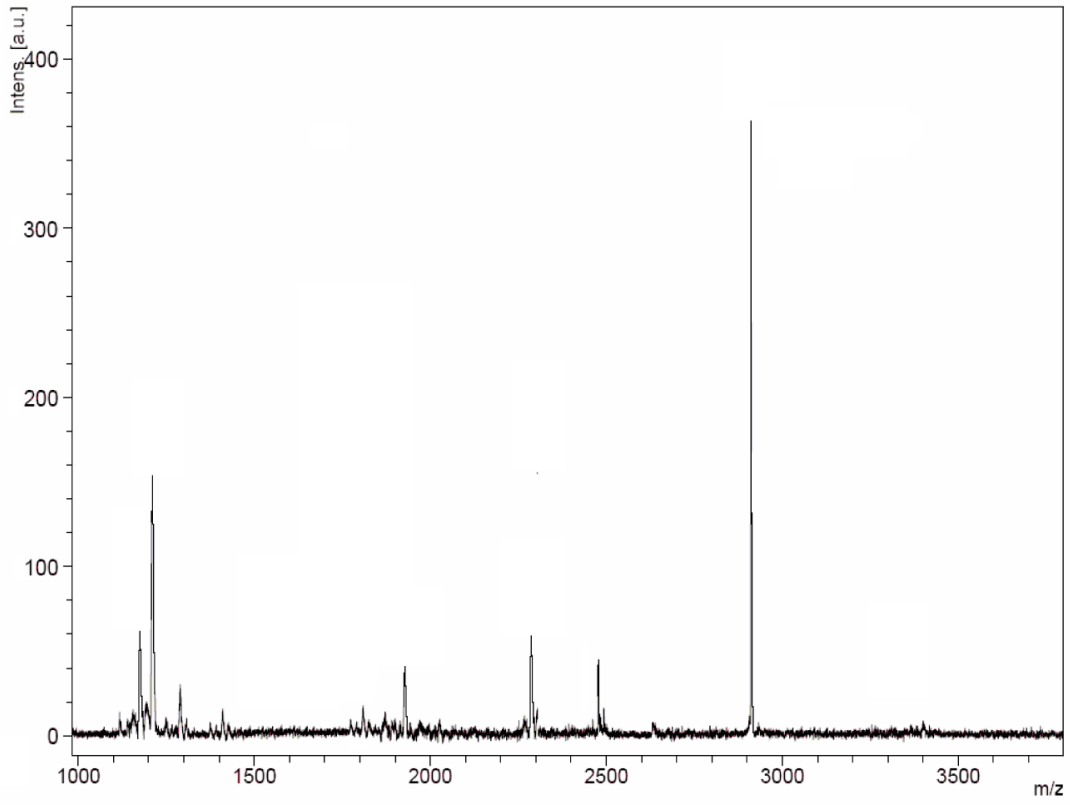
0,1 gr (3) nolu başlangıç maddesinden ve kurutularak suyu tamamen uzaklaştırılmış  $Zn(O_2CMe)_2$ ,  $CuCl_2$  veya  $CoCl_2$  tuzlarından biri azot atmosferi altında kuru Hekzanol (7 mL) ve 0,05 mL DBU ortamında şilifli bir tüpte  $150\text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklıkta reaksiyona sokuldu. Meydana gelen yeşil renkteki ürün azot atmosferi altında 8 saat karıştırıldı. Soğutulan karışım organik ve inorganik kirliliklerden kurtulmak için hekzan ve alkolle berraklaşana kadar yıkandı. Yeşil ürün silika jel üzerinden kolonla saflaştırıldı. Ürün  $CHCl_3$ , THF, DMF, DMSO içinde oldukça iyi çözünürdür. Bu ftalosiyanın yapısı FT-IR (Şekil 3.9), UV-Vis (Şekil 3.10) ve MALDI-TOF-MS (4 nolu madde için Şekil 3.11, 5 nolu madde için Şekil 3.12, 6 nolu madde için Şekil 3.13) spektroskopileriyle karakterize edildi. Spektrumlar beklenen yapıyı doğrulamaktadır.



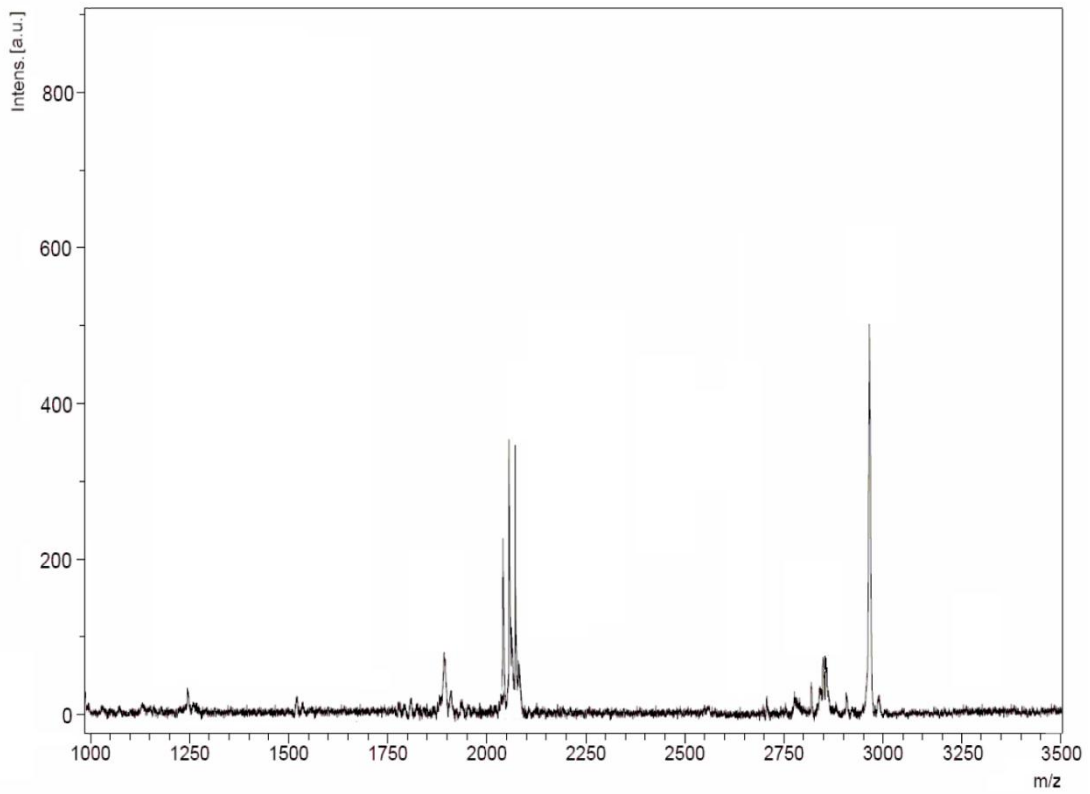
Şekil 3.14. (7), (8) ve (9) nolu maddelerin FT-IR spektrumu



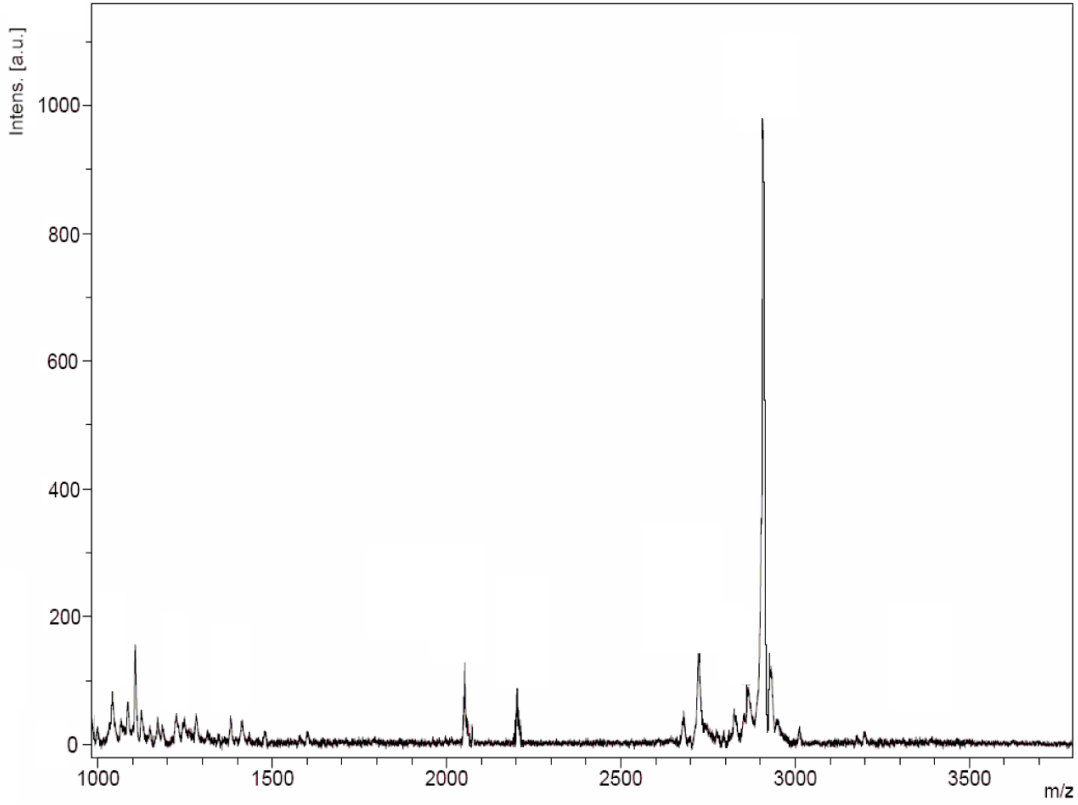
Şekil 3.15. (7), (8) ve (9) nolu maddelerin UV-Vis spektrumu



Şekil 3.16. (7) nolu maddelerin kütle spektrumu



Şekil 3.17. (8) nolu maddelerin kütle spektrumu



Şekil 3.18. (9) nolu maddelerin kütle spektrumu

### 3.3. Spektroskopik Karakterizasyon

Bu proje kapsamında sentezlenen hedef ftalosiyanın yapıları FT-IR,  $^1\text{H}$  ve  $^{13}\text{C}$  NMR, MALDI-TOF MS ve UV-Vis spektroskopileriyle analiz edilmiştir.

Halka merkezinde Cu, Zn ve Co içeren  $\alpha$ - ve  $\beta$ -süstitüe metalli ftalosiyanın elektronik absorpsiyon spektrumları THF de ölçülmüştür.  $D_{4h}$  simetrisindeki metalli ftalosiyanın Q band absorpsiyonu ikili dejenere durumda  $1E_u$  simetrisindeki  $a_{1u} \rightarrow e_g$  geçişinden kaynaklanmaktadır. Bu geçişten kaynaklı 700 nm civarında tek bir pik olarak ortaya çıkmaktadır. Şekil 3.10'da  $\beta$ -süstitüe metalli ftalosiyanın, Şekil 3.15'de  $\alpha$ -süstitüe metalli ftalosiyanın THF içinde alınan UV-Vis spektrumları görülmektedir.  $\beta$ -süstitüe Cu (4), Zn (5) ve Co (6) metalli ftalosiyanın Q bantları sırasıyla 688, 687 ve 684 nm de, B(soret) bantları ise 350, 351 ve 352 nm de ortaya çıkmıştır (Şekil 3.10).  $\alpha$ -süstitüe Cu (7) Zn (8) ve Co (9) metalli ftalosiyanın Q bantları ise sırasıyla 706, 704 ve 700 nm de, B(soret) bantları ise 350, 351 ve 352 nm de ortaya çıkmıştır (Şekil 3.15). Bu datalardan açıkça görüleceği gibi Q band absorpsiyonu ftalosiyanın halkasının  $\alpha$ - veya  $\beta$ -süstitüe edilmesinden açıkça etkilenmektedir.  $\alpha$ -pozisyonundan süstitüe edilmesi  $\beta$ - pozisyonundan



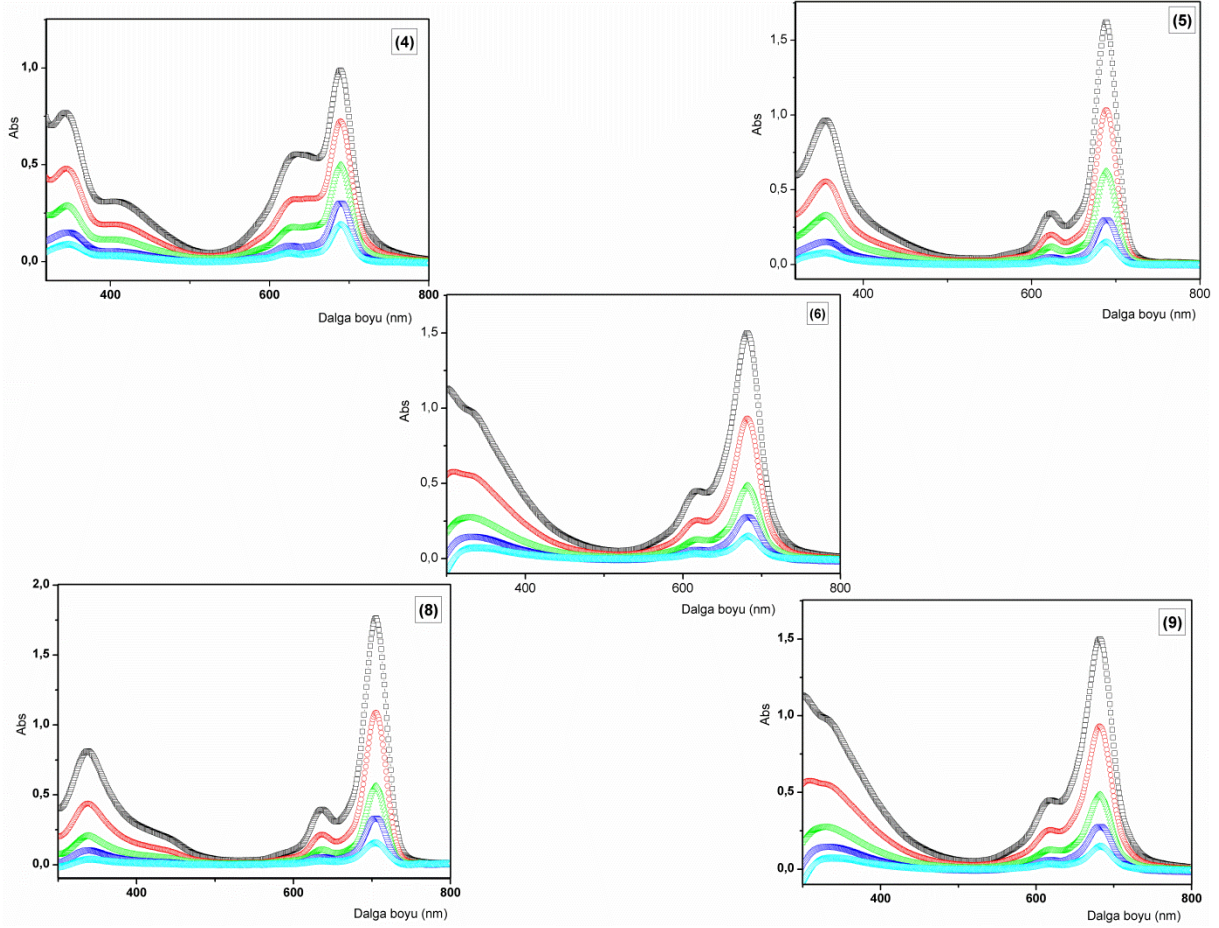
substitusyona göre Q bandını yaklaşık 15 nm daha kırmızıya kaydırması literatür ile uyum içerisindedir (Yaraşır vd., 2007).

Ftalosiyanın Q bandının benzen halkası üzerindeki süstitüentlerin varlığına oldukça duyarlı olduğunu bilinmektedir. Agregasyonun yol açtığı boya derişimindeki artış Q bandının daha kısa dalga boyuna kaymasına ve molar absorpsiyon katsayısının azalmasına neden olur. Maksrosiklik benzonoid pozisyonundaki –S atomunun varlığı ftalosiyanın çekirdeklerinin optik özelliklerine büyük katkı yapmaktadır. Elektronik absorpsiyon spektrumları önemli derecede kırmızıya kaymaktadır. Bu yüzden özellikle biyomedikal uygulamalar için ilgi çekicidir (Yağcı ve Bilgin, 2013).

### **3.3.1. Ftalosiyanın Ag(I) ve Pd(II) duyarlılığının UV-Vis spektroskopisi ile incelenmesi**

Ftalosiyanın türevlerinin paketlenmesinin metal sensör ve gaz sensör gibi pek çok ilginç özelliklere neden olduğu bilinmektedir. Periferik konuma doğrudan heteroatom bağlanmış ftalosiyanın ve porfirazinler yumuşak geçiş metalleri ile etkileştirildiği zaman, metal iyonlarına karşı optik olarak duyarlılık gösterdiği bilinmektedir. Bu proje kapsamında sentezlenen hedef ftalosiyanın yumuşak geçiş metalleri ile kompleksleşme özellikleri UV-Vis spektrofotometresi kullanılarak araştırılmıştır. Her bir titrasyon deneyi THF-MeOH içinde çözeltileri hazırlanmış  $1,0 \times 10^{-3}$  M  $\text{AgNO}_3$  ve  $\text{Na}_2\text{PdCl}_4$  analitleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. THF-MeOH içerisinde komplekslerin spektroskopik çözünürlüğü  $2,0 \times 10^{-5}$  mol/dm<sup>3</sup> olarak alınmıştır. Burada metal tuzunun yüksek derişimde kullanılması ( $1,0 \times 10^{-3}$  M) titrasyon boyunca hacim değişimini ihmal edebilecek düzeyde tutmak içindir.

Ag(I) ve Pd(II) duyarlılık çalışmalarına başlanmadan önce ftalosiyanın komplekslerinin agregasyon özellikleri araştırıldı. Genellikle ftalosiyanın kompleksleri geniş yüzeylerinden dolayı birbirleriyle etkileşim halinde olarak agregasyona uğrayabilmektedir. Bunun için farklı derişimlerde ( $1,25 \times 10^{-6}$  –  $2,0 \times 10^{-5}$ ) hazırlanan ftalosiyanın komplekslerinin UV-Vis spektrumları alınarak bu hedef ftalosiyanın derişimin değişmesi ile kendi doğasına bağlı agregasyon özellikleri araştırılmış ve derişime bağlı bir agregasyona uğramadıkları görülmüştür (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Hedef ftalosiyanın farklı derişimlerde ( $1.25 \times 10^{-6}$ ,  $2.5 \times 10^{-6}$ ,  $5 \times 10^{-6}$ ,  $1.0 \times 10^{-5}$  ve  $2.0 \times 10^{-5}$ ) alınan UV-Vis spektrumları

UV-Vis spektroskopisi yardımıyla ftalosiyanın Q bandının kırmızı veya mavi bölgesine kayması ile agregasyon türü hakkında bilgi sağlamaktadır. Eğer Q bandı azalmış ve mavi bölgede yeni bir bant oluşmuşsa H-tip agregasyon (yüz yüze), Q bandının azalmasına kırmızı bölgede yeni bir bant oluşumu eşlik etmiş ise J-tip agregasyon (kenar kenara) oluşturduğu söylenebilmektedir. Metal sensör özellik gösteren ftalosiyanın H- veya J-tip agregasyon türlerinden hangisini oluşturacağı halkaya bağlı olan fonksiyonel grup ile ftalosiyanın düzlemi arasındaki açı ile ilişkilidir. Eğer düzlem ile bağlı grup arasındaki açı ( $\alpha$ )  $< 54$  ise H türü agregasyon,  $54,7^\circ < (\alpha) < 90^\circ$  ise J-tip agregasyon oluşturma eğilimindedir (Adachi vd., 2006).

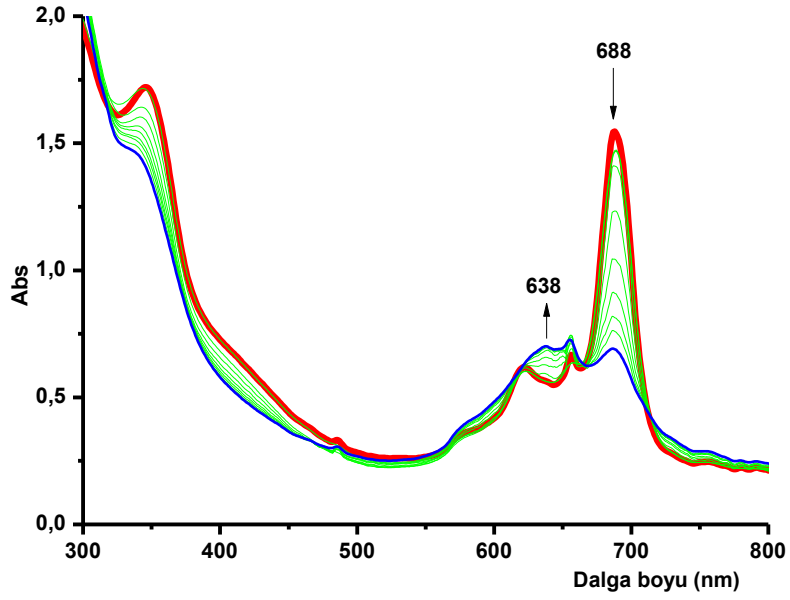
Bu proje kapsamında sentezlenen,  $\beta$ -süstitüe (4-6) ftalosiyanın komplekslerinin  $10^{-3}$  M Ag(I) iyonlarıyla titrasyonu sırasında (4) için 688 nm, (5) için 687 nm ve (6) için 684 nm de ortaya çıkan Q bantlarının şiddeti azalmış ve mavi bölgesinde, (4) için 638 nm'de, (5) için 637

nm'de agregasyon bantları oluşmuştur. (6) maddesinin Ag(I) ile titrasyonunda 684 nm'de ortaya çıkan Q bandı azalmış fakat yeni bant oluşumu gözlenmemiştir.

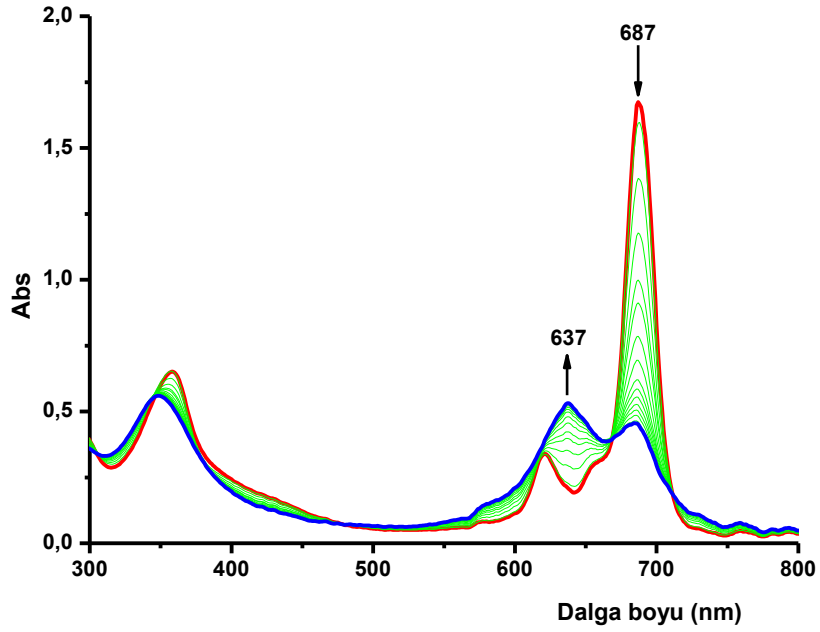
$\alpha$ -süstitüe (7-9) ftalosiyanın komplekslerinin Ag(I) iyonlarıyla titrasyonunda ise (7) için 706 nm, (8) için 704 nm ve (9) için 700 nm'de ortaya çıkan Q bantlarının azalmasına 658 nm (7), 663 nm (8) ve 651 nm (9) de yeni bantların oluşması eşlik etmiştir.  $\alpha$ - ve  $\beta$ -süstitüe metalli ftalosiyanın Ag(I) iyonlarıyla titrasyonunda Q bandının azalması ve buna eşlik eden daha kısa dalga boyundaki yeni bant oluşumu H-tipi agregasyon eğiliminde olduğunu göstermektedir (Şekil 3.20- 3.25).

Periferal (4-6) ve Nonperiferal (7-9) ftalosiyanın komplekslerinin  $10^{-3}$  M Pd(II) iyonlarıyla titrasyonunda Periferal süstitüe ftalosiyanın H-tipi agregasyon oluştururken, nonperiferal süstitüe ftalosiyanın J-tipi agregasyon oluşturma eğilimindedirler. Bu eğilim titrasyon sırasında kaydedilen UV-Vis spektrumlarındaki mavi ve kırmızıya kaymalardan açık bir şekilde görülmektedir.

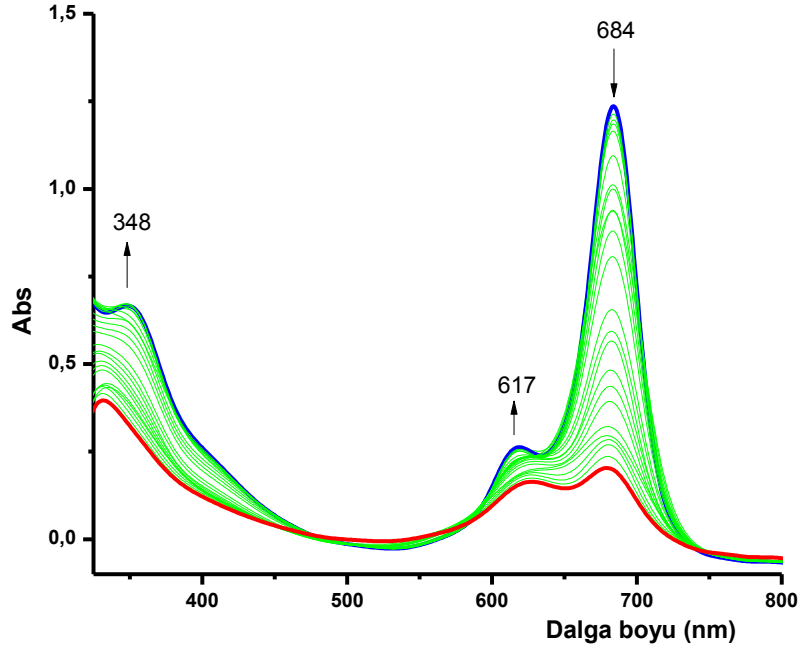
$\beta$ -süstitüe (4-6) ftalosiyanın komplekslerinin  $10^{-3}$  M Pd(II) iyonlarıyla titre edildiğinde (4) için 688 nm, (5) için 687 nm ve (6) için 684 nm'de ortaya çıkan Q bantları azalırken, (4) için 642 nm'de, (5) için 645 nm'de ve (6) için 637 nm'de olmak üzere daha kısa dalga boyunda yeni agregasyon bantları oluşmuştur.  $\alpha$ -süstitüe (7-9) ftalosiyanın komplekslerinin ise  $10^{-3}$  M Pd(II) iyonlarıyla titrasyonunda Q bantlarının azalmasına (7) için 792 nm, (8) için 750 nm ve (9) için 758 nm'de, daha uzun dalga boylu yani kırmızıya kaymış agregasyon bantları eşlik etmiştir. Elde edilen bu sonuçlar ftalosiyanın komplekslerinin J-tipi agregasyon oluşturma eğiliminde olduğunu göstermektedir (Şekil 3.26- 3.31) (Bilgiçli vd., 2012).



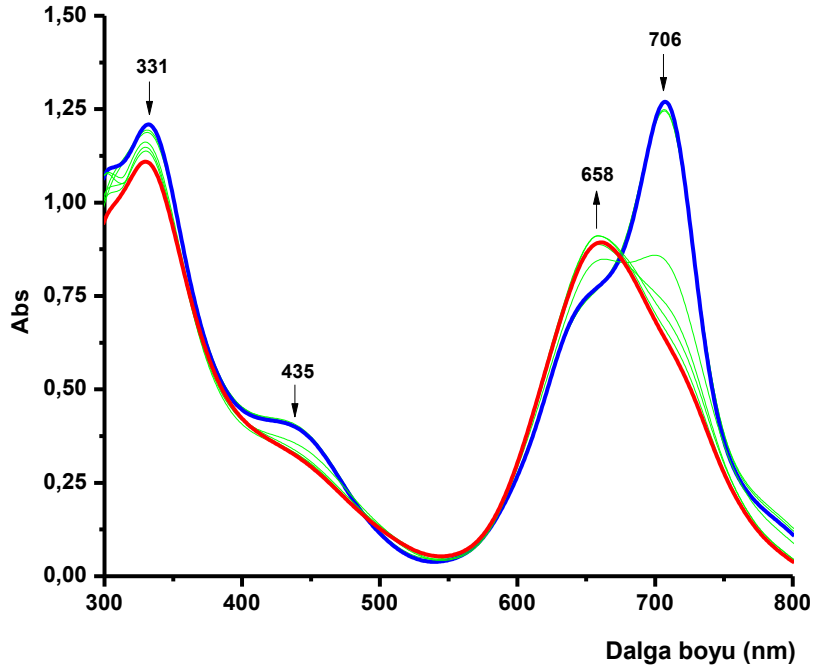
Şekil 3.20. (4) nolu maddenin Ag(I) ile titrasyonundan elde edilen UV-Vis spektrumu



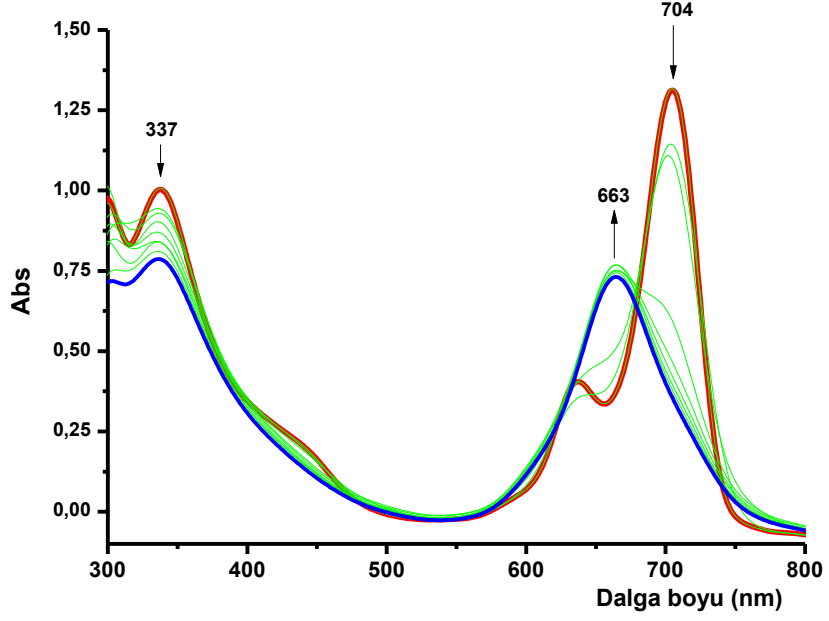
Şekil 3.21. (5) nolu maddenin Ag(I) ile titrasyonundan elde edilen UV-vis spektrumu



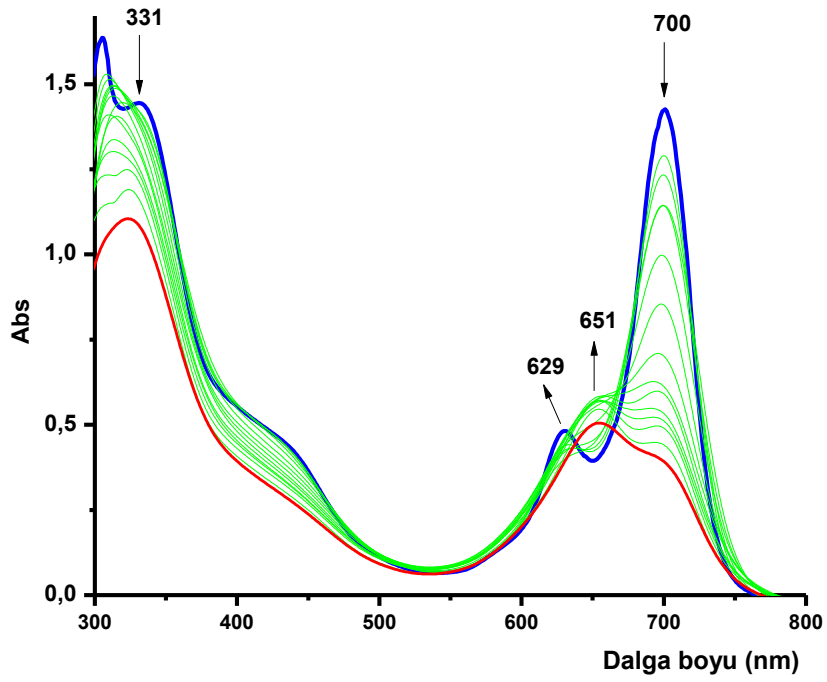
Şekil 3.22. (6) nolu maddenin Ag(I) ile titrasyonundan elde edilen UV-Vis spektrumu



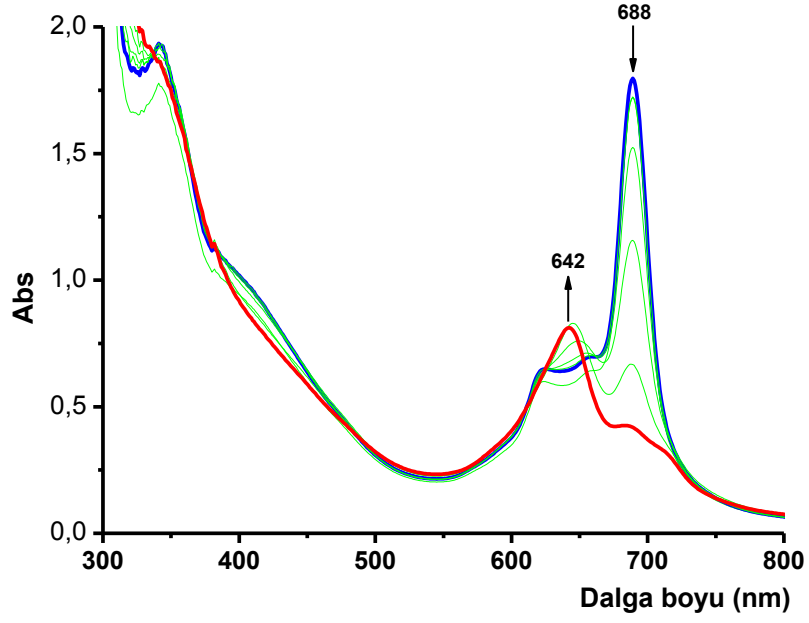
Şekil 3.23. (7) nolu maddenin Ag(I) ile titrasyonundan elde edilen UV-Vis spektrumu



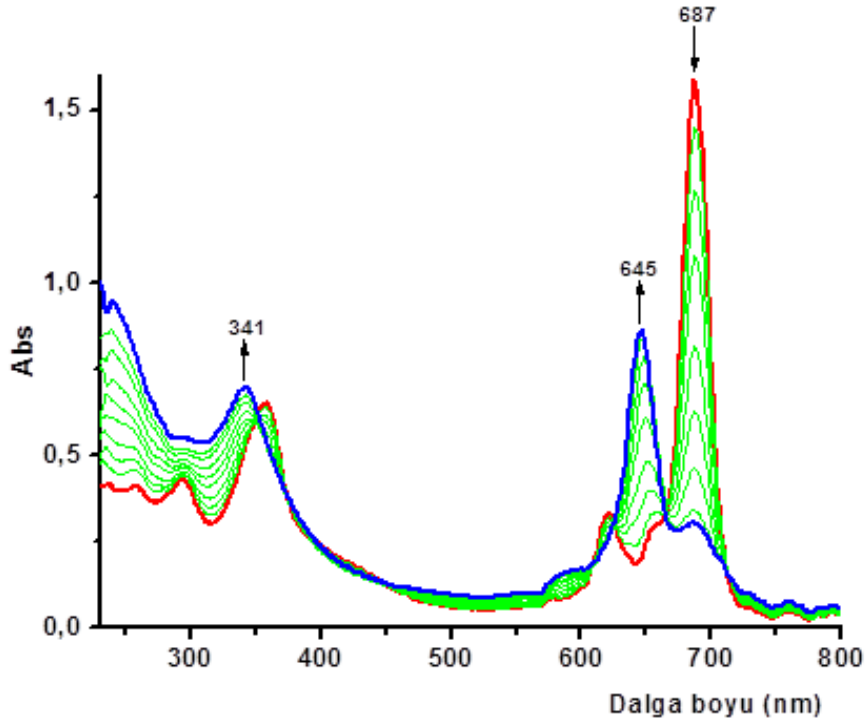
Şekil 3.24. (8) nolu maddenin Ag(I) ile titrasyonundan elde edilen UV-Vis spektrumu



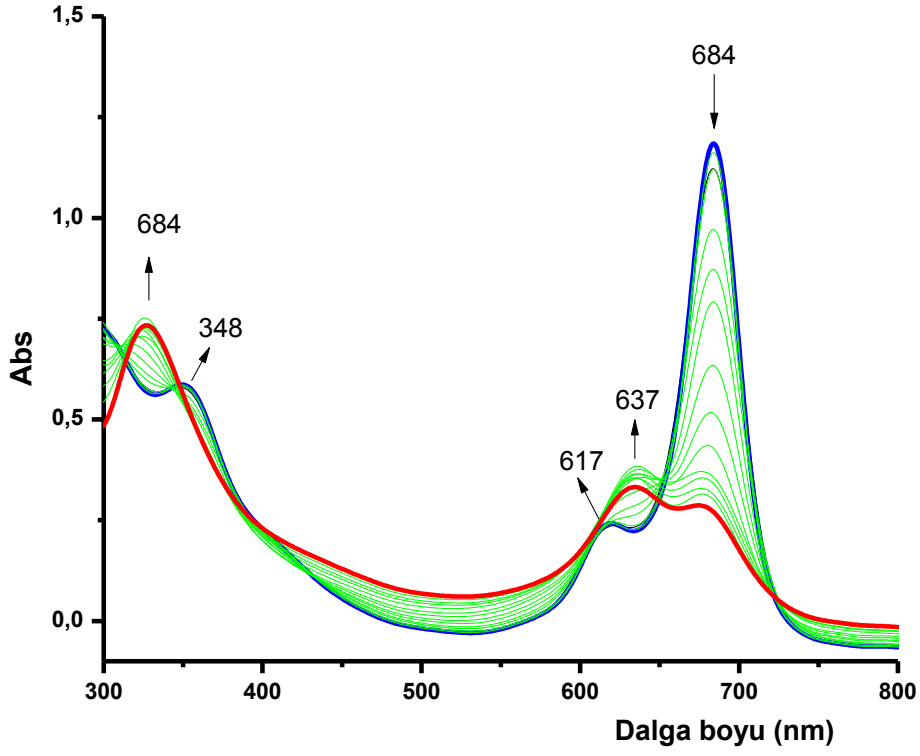
Şekil 3.25. (9) nolu maddenin Ag(I) ile titrasyonundan elde edilen UV-Vis spektrumu



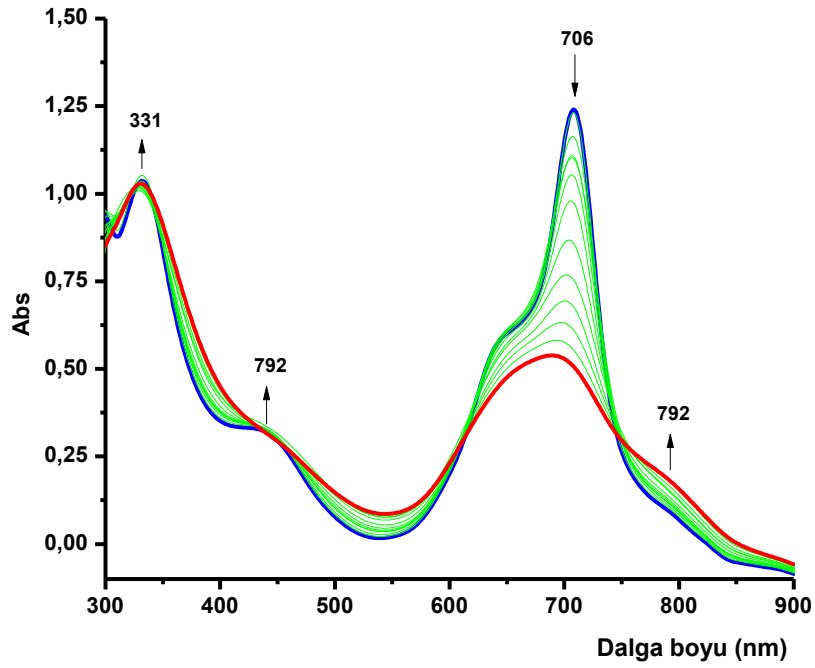
Şekil 3.26. (4) nolu maddenin Pd(II) ile titrasyonundan elde edilen UV-Vis spektrumu



Şekil 3. 27. (5) nolu maddenin Pd(II) ile titrasyonundan elde edilen UV-Vis spektrumu

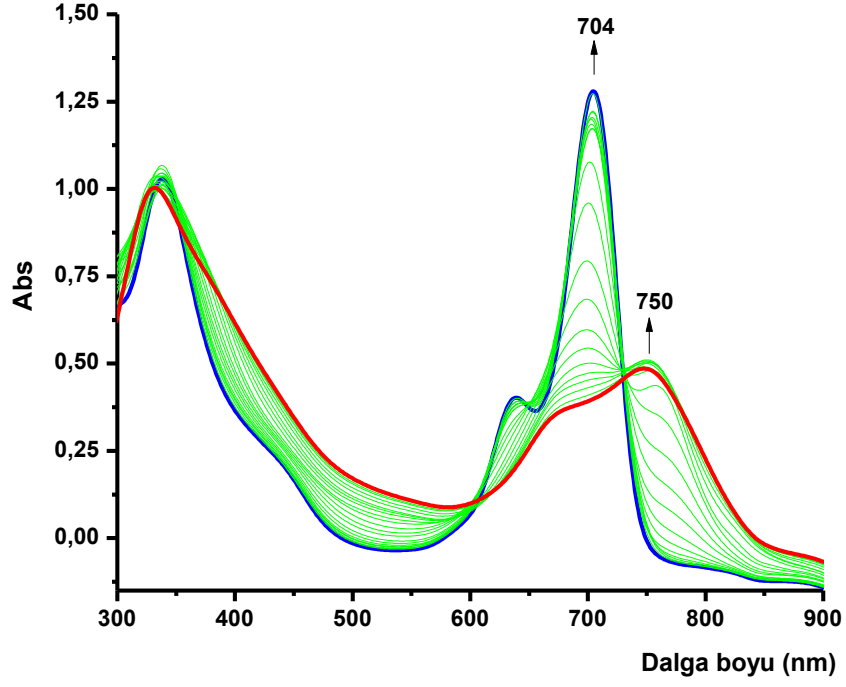


Şekil 3.28. (6) nolu maddenin Pd(II) ile titrasyonundan elde edilen UV-Vis spektrumu

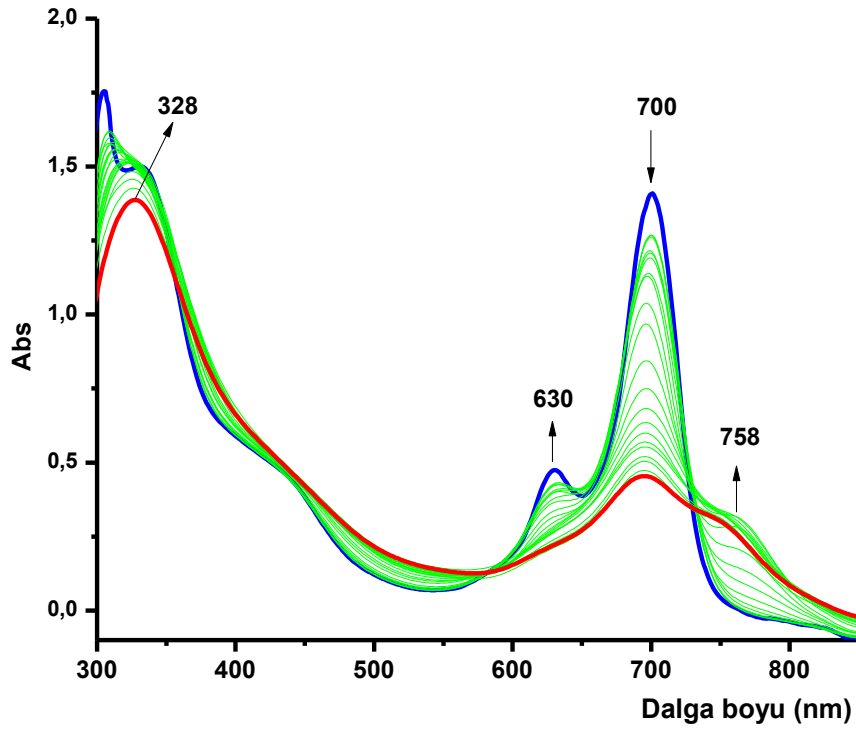


Şekil 3.29. (7) nolu maddenin Pd(II) ile titrasyonundan elde edilen UV-Vis spektrumu





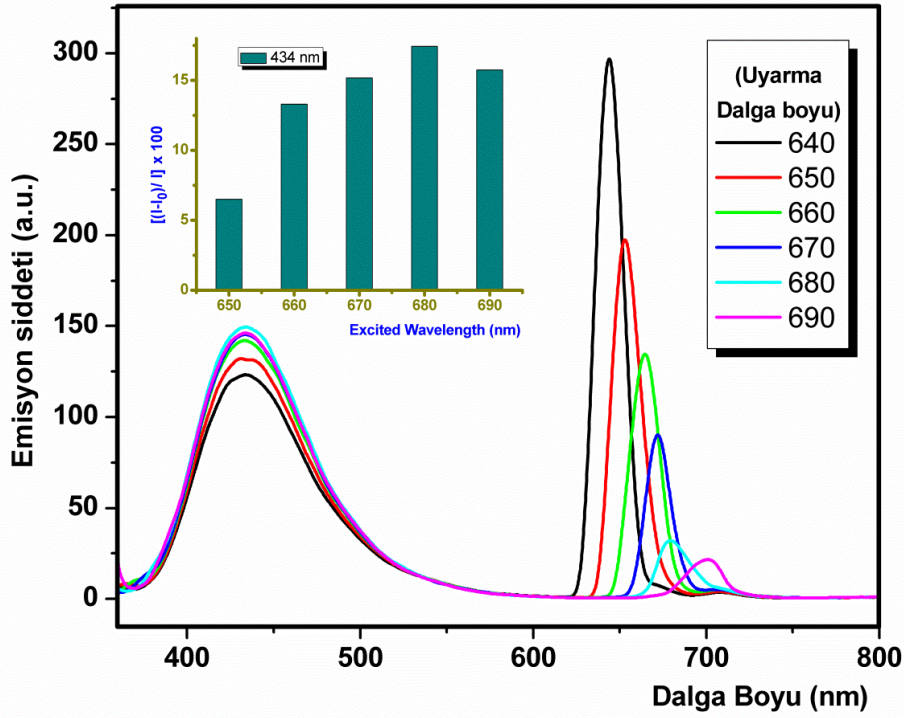
Şekil 3.30. (8) nolu maddenin Pd(II) ile titrasyonundan elde edilen UV-Vis spektrumu



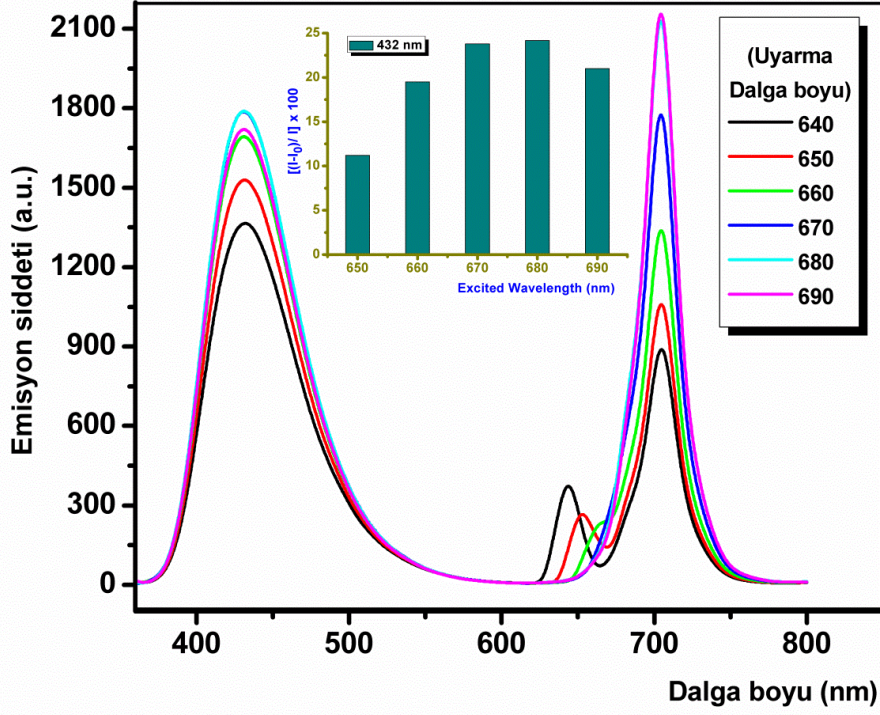
Şekil 3.31. (9) nolu maddenin Pd(II) ile titrasyonundan elde edilen UV-Vis spektrumu

### 3.4. Floresans Ölçümleri

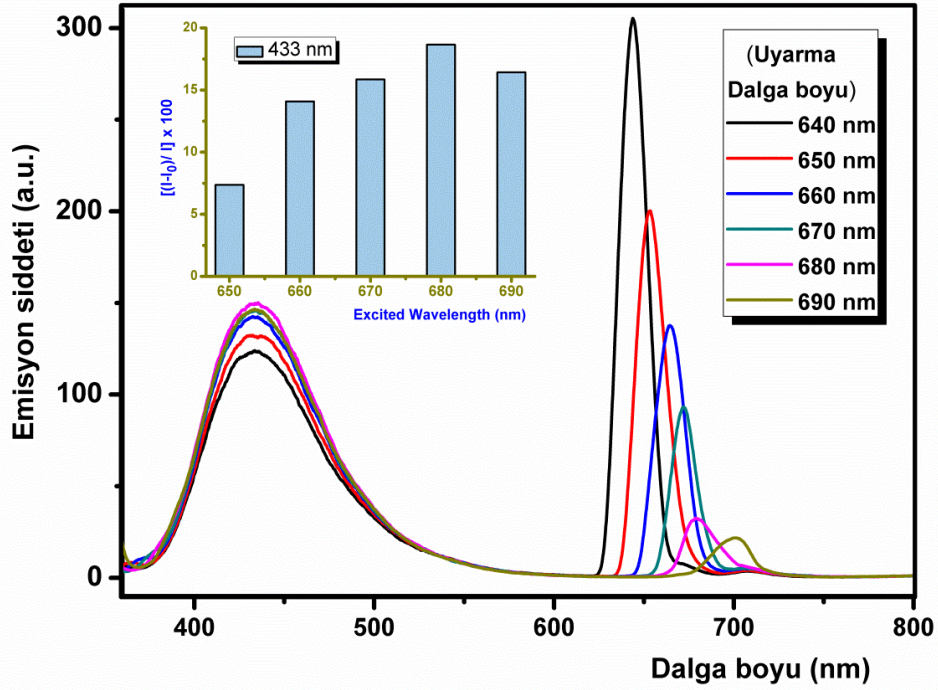
Bu proje kapsamında ayrıca sentezlenen  $\alpha$ - veya  $\beta$ - süstitüe metalofalosiyeninlerden merkezinde bakır ve çinko içeren ftalosiyanınların (4, 5, 7 ve 8) Ag(I) ve Pd(II) iyonları ile etkileşiminin floresans spektrumlarında meydana getirdiği değişimler belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için ilk olarak farklı uyarma (excitation) dalga boylarında tarama yapılarak uyarma dalga boyunun, sentezlenen bu yeni tip ftalosiyanın moleküllerinin floresans emisyon spektrumları üzerine etkisi araştırılmıştır. Her bir ftalosiyanın için 640 dan 690 nm'ye kadar değişen uyarma dalga boylarında emisyon spektrumları alınmış ve bunlarla ilgili spektrumlar Şekil 3.32 - Şekil 3.35'de verilmiştir.



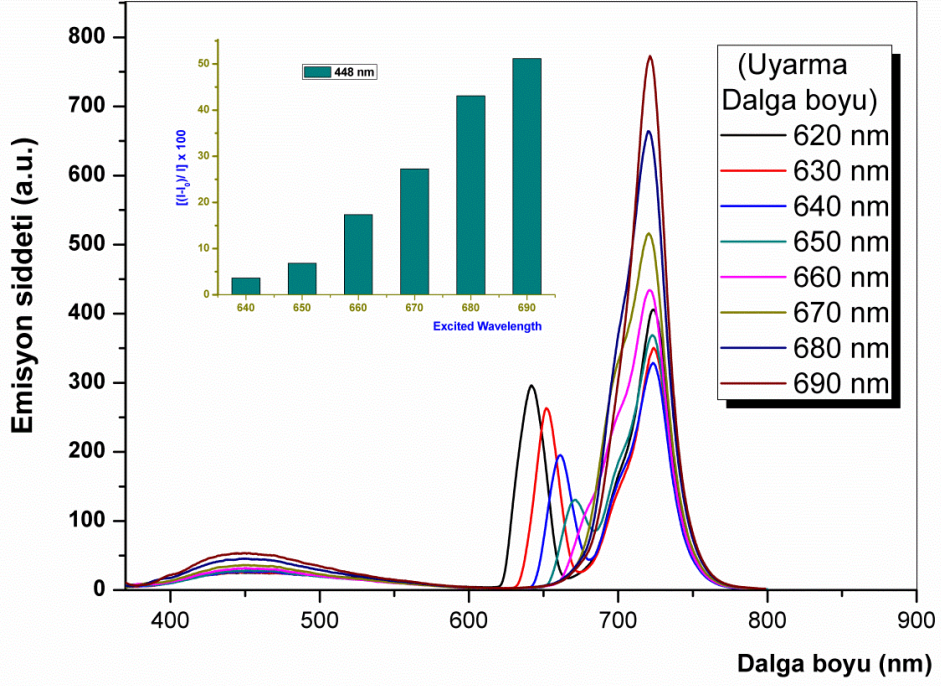
Şekil 3.32. (4) nolu maddenin farklı uyarma dalga boylarındaki emisyon spektrumu



Şekil 3.33. (5) nolu maddenin farklı uyarma dalga boylarındaki emisyon spektrumu

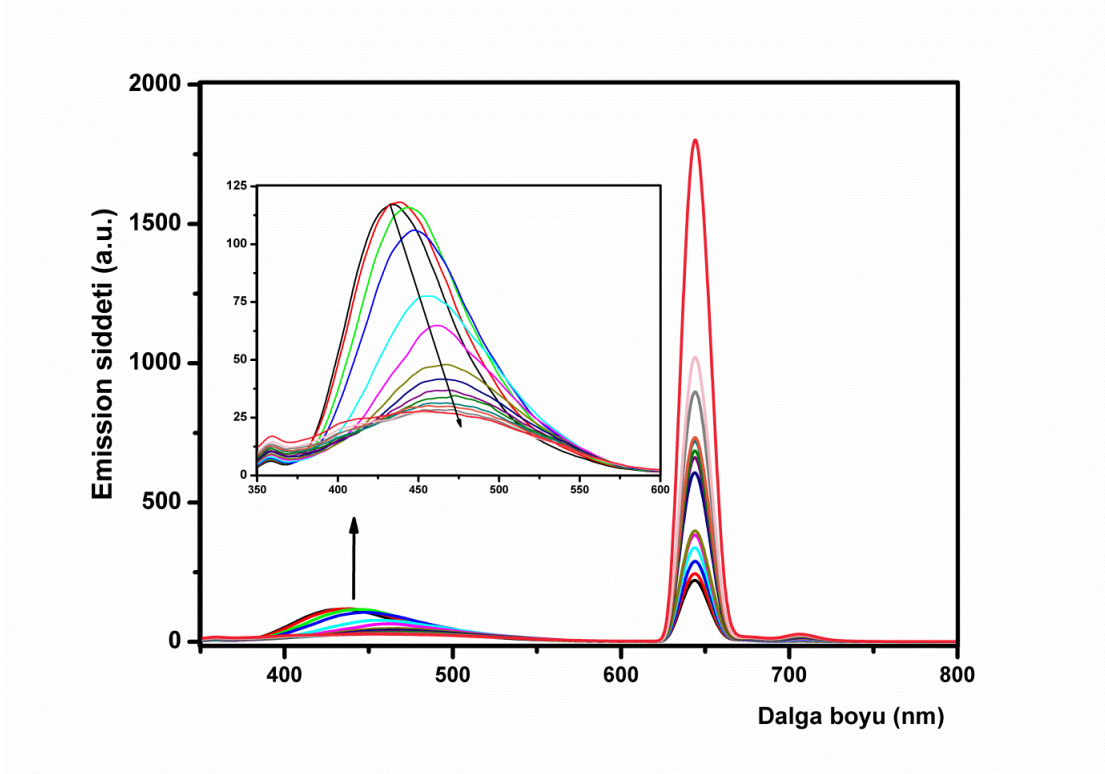


Şekil 3.34. (7) nolu maddenin farklı uyarma dalga boylarındaki emisyon spektrumu

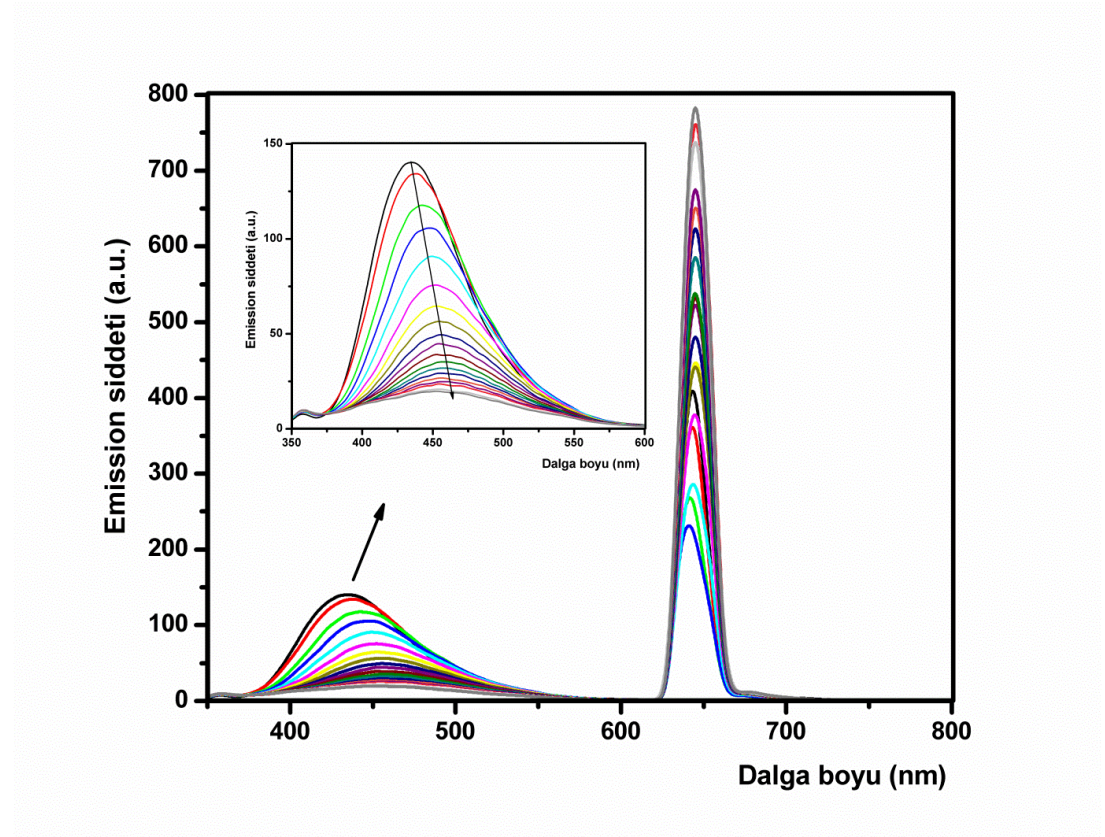


Şekil 3.35. (8) nolu maddenin farklı uyarma dalga boylarındaki emisyon spektrumu

$\beta$ -süstitüe bakır metaloftalosiyanın (4) için 433 nm de ortaya çıkan emisyon bandı, Ag(I) iyonu ile titrasyon edildiğinde azalmış ve 433 nm den 473 nm ye doğru kırmızıya kaymıştır (Şekil 3.36). Yine benzer şekilde  $\beta$ -süstitüe çinko metaloftalosiyanın Pd(II) iyonları ile titrasyon edildiğinden 433 nm civarında gözlenen emisyon bandı azalmış ve 433 nm den 464 nm ye doğru kaymıştır (Şekil 3.37).

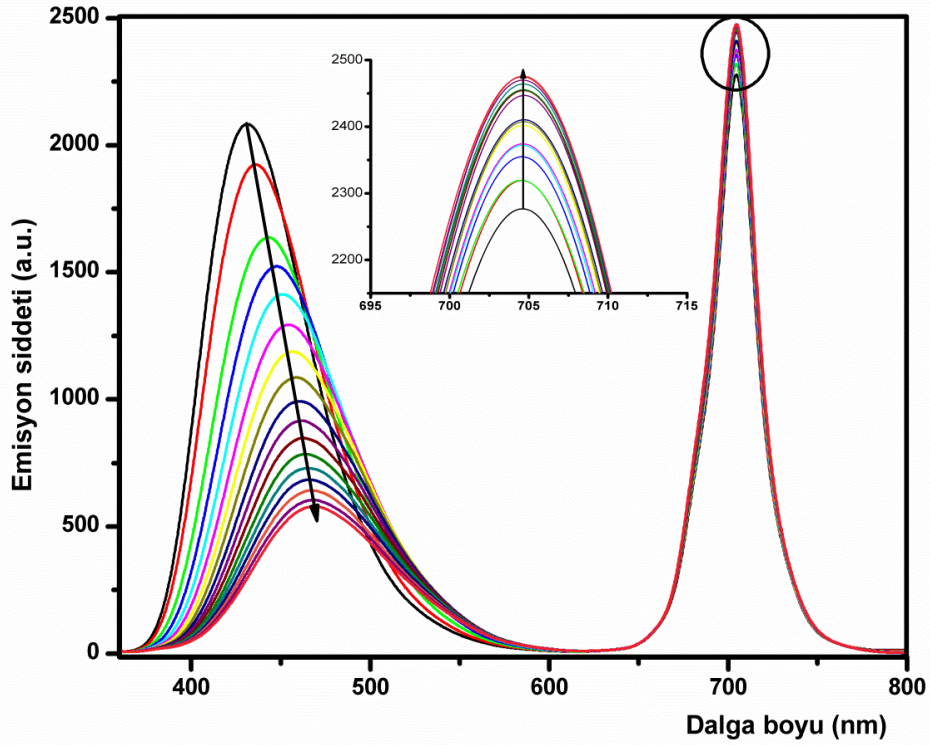


Şekil 3.36. (4) nolu maddenin Ag(I) ile titrasyonundan elde edilen emisyon spektrumu



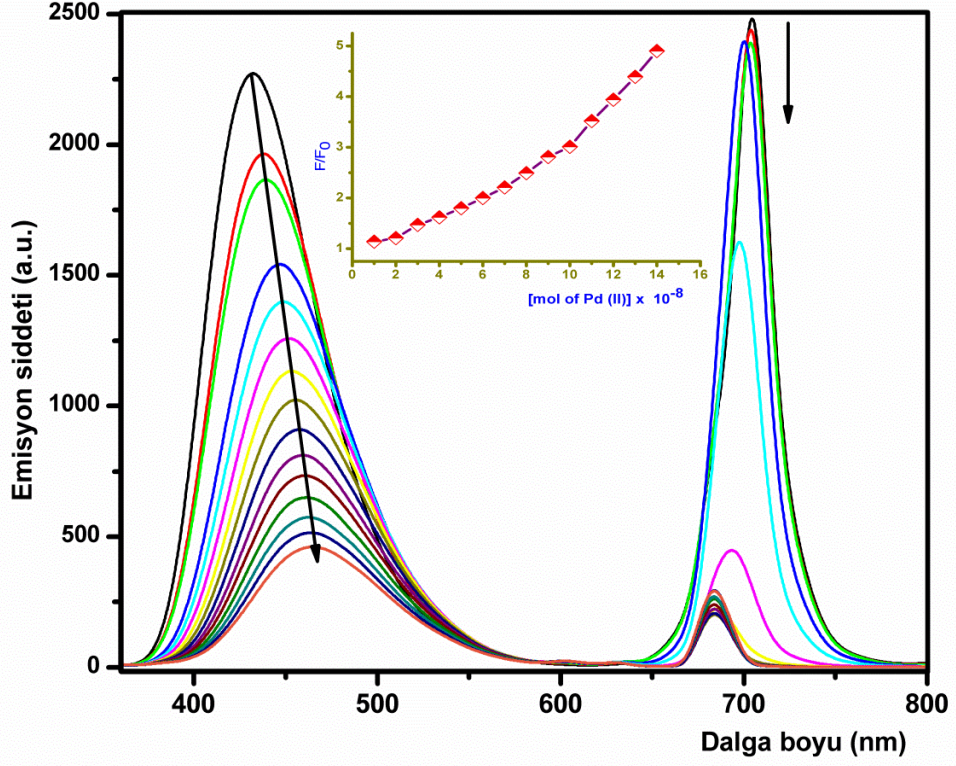
Şekil 3.37. (4) nolu maddenin Pd(II) ile titrasyonundan elde edilen emisyon spektrumu

$\beta$ -süstitüe çinko metaloftalosiyenin (5) Ag (I) iyonları ile titrasyonu sırasında kaydedilen floresns emisyon spektrumunu Şekil 3.38'de verilmiştir.  $\beta$ -süstitüe çinko metaloftalosiyenin için 433 nm de ortaya çıkan emisyon bandı, Ag(I) iyonlarıyla titrasyonu sırasında azalmış ve 433 nm den 468 nm'ye doğru kaymıştır. Aynı grafikte inset olarak verilen spektrumdan görüleceği gibi titrasyon boyunca 705 nm de gözlenen emisyon bandının şiddeti titrasyon boyunca azda olsa artmıştır.



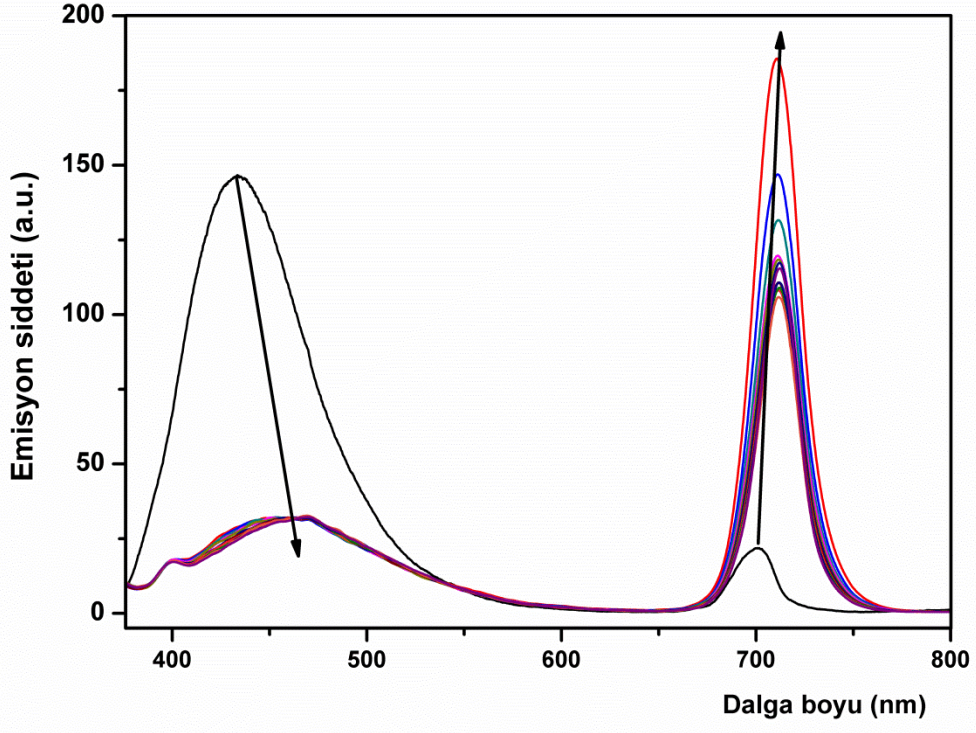
Şekil 3.38. (5) nolu maddenin Ag(I) ile titrasyonundan elde edilen emisyon spektrumu

Şekil 3.39 ise  $\beta$ -süstitüe çinko metaloftalosiyenin Pd(II) iyonları ile titrasyonu sırasında kaydedilen floresns emisyon spektrumunu göstermektedir.  $\beta$ -süstitüe çinko metaloftalosiyenin için 433 nm de ortaya çıkan emisyon bandı, Pd(II) iyonun ortama katılmasıyla azalmış ve 433 nm den 465 nm ye doğru kaymıştır. Pd(II) iyonları ile titrasyon boyunca 705 nm de gözlenen diğer emisyon bandının şiddeti ilave edilen Pd(II) iyonları ile azalmış ve 705 nm den 683 nm ye doğru maviye kaymıştır.



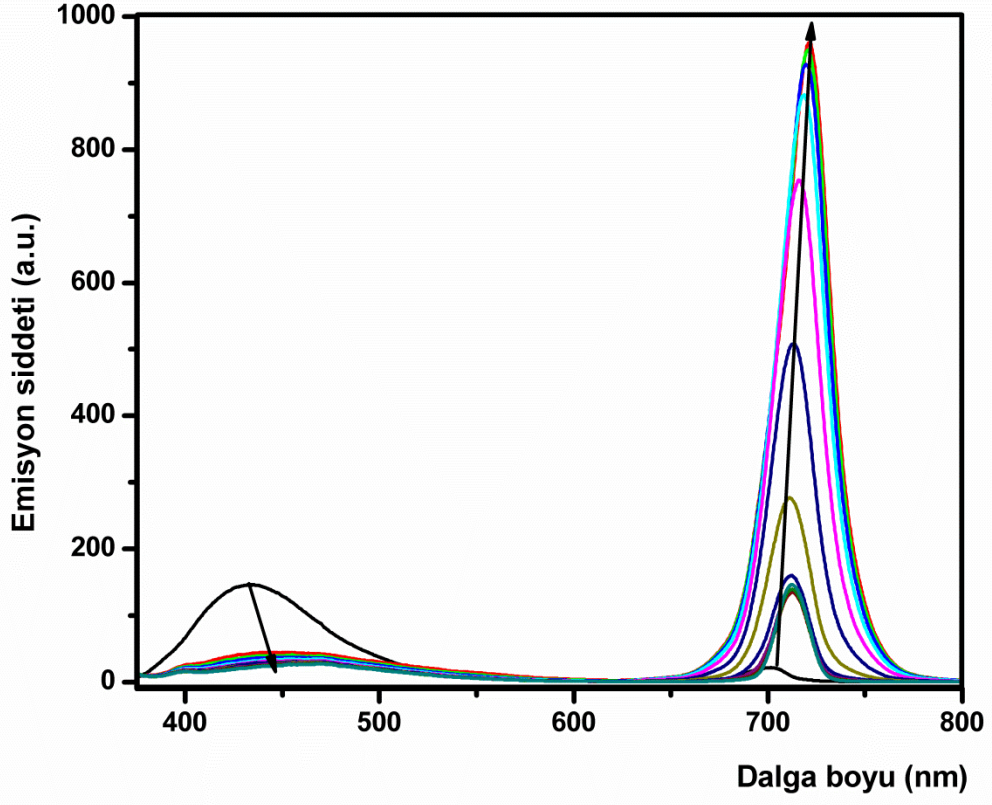
Şekil 3.39. (5) nolu maddenin Pd(II) ile titrasyonundan elde edilen emisyon spektrumu

$\alpha$ -süstitüe metaloftalosiyenlerin (7 ve 8) Ag(I) ve Pd(II) iyonları ile titrasyonu sırasında kaydedilen floresans emisyon spektrumları Şekil 3.40-3.43'de görülmektedir.

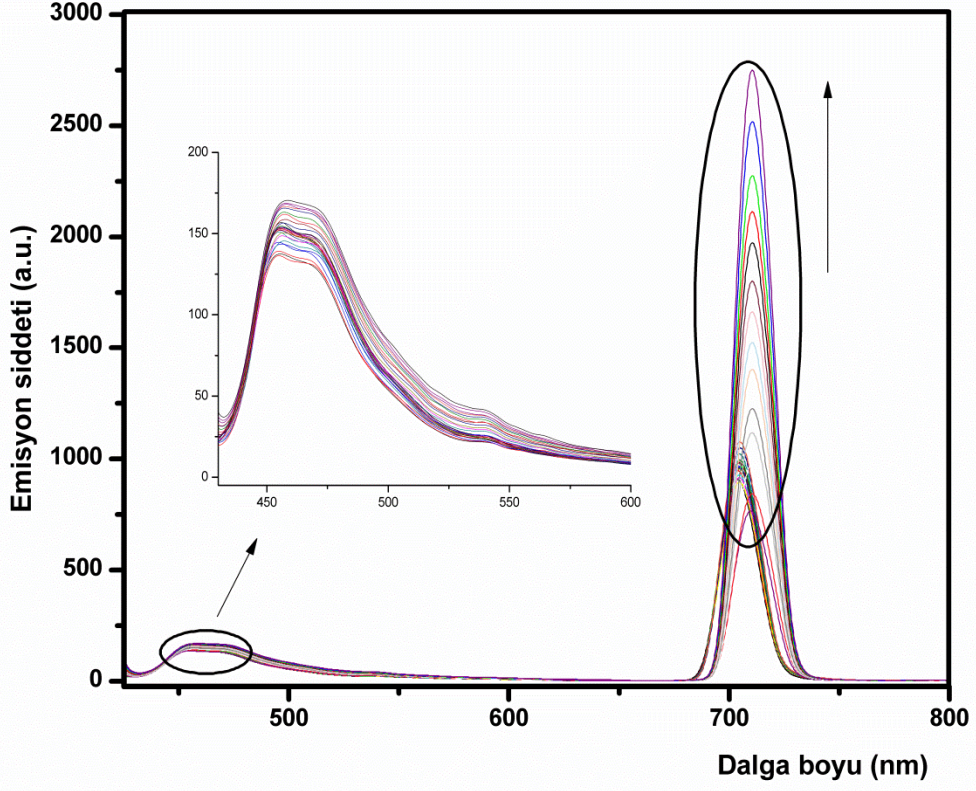


Şekil 3.40. (7) nolu maddenin Ag(I) ile titrasyonundan elde edilen emisyon spektrumu

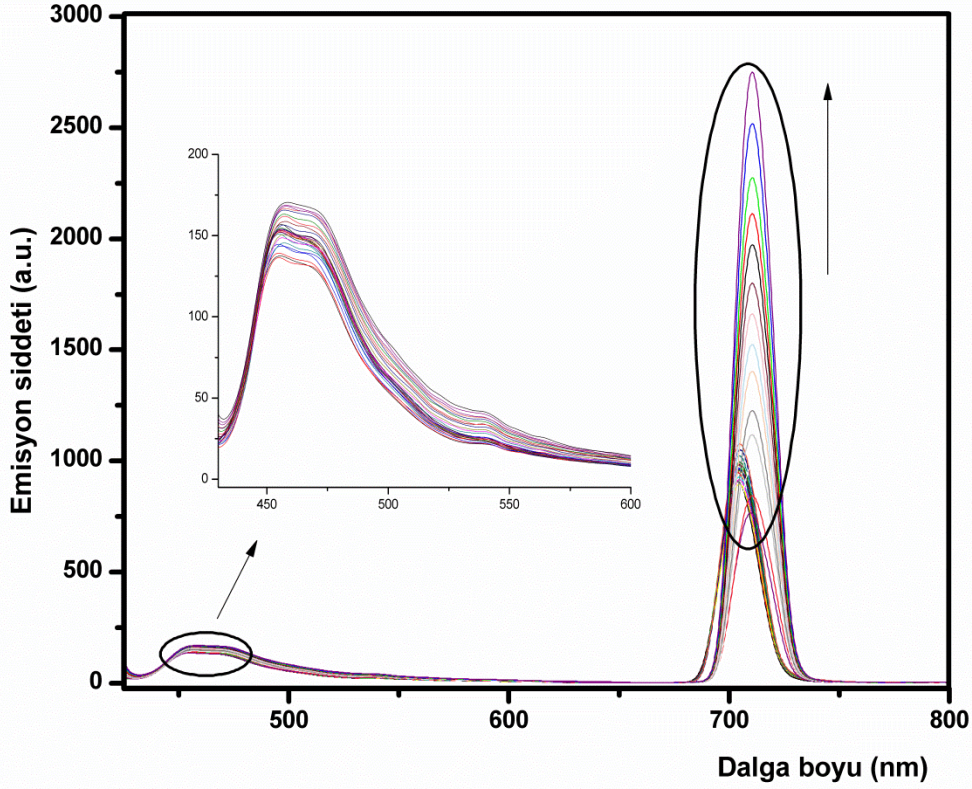




Şekil 3.41. (7) nolu maddenin Pd(II) ile titrasyonundan elde edilen emisyon spektrumu



Şekil 3.42. (8) nolu maddenin Ag(I) ile titrasyonundan elde edilen emisyon spektrumu



Şekil 3.43. (8) nolu maddenin Pd(II) ile titrasyonundan elde edilen emisyon spektrumu

### 3.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Taramalı elektron mikroskobu (SEM), detaylı malzeme karakterizasyonu amacıyla kullanılan çok amaçlı bir cihazdır. İncelemenin hassasiyeti arttıkça hem çözünürlüğü hem de odak derinliği daha yüksek olan güçlü cihazlar gerekmektedir. Makul fiyatı, kullanım kolaylığı ve geniş bir aralıkta bilgi vermesinden dolayı SEM diğer mikroskoplara nazaran tercih edilir hale gelmiştir. Taramalı elektron mikroskobu katı yüzeyler hakkında morfolojik ve topografik bilgi sağlamaktadır (Khursheed, 2011). Numune ile elektron demetinin etkileşmesi amacıyla numune ön hazırlık işleminden geçirilmelidir. İyi görüntü elde edilebilmesi için yüzeyin temiz ve numunenin yüksek vakuma dayanıklı olması gerekir. Öncelikle vakumda buharlaşabilecek su, çözücü ve diğer bütün materyaller numuneden uzaklaştırılır. Bitki, seramik gibi metalik olmayan örnekler elektriksel iletkenliği sağlamak amacıyla iletken bir maddeyle kaplanmalıdır. Metallerde ise kaplamaya gerek yoktur. Hazırlanan numuneler cihaza ait numune odasına sabit olacak şekilde yerleştirilir (Köse, 2009).

Taramalı elektron mikroskopunda katı numunenin yüzeyi yüksek enerjili bir elektron demetiyle raster düzeninde taranır. Bu teknikte yüzeyde çeşitli türde sinyaller oluşur. Bunlar; birincil geri saçılmış elektronlar, ikincil elektronlar, x-ışınları, katodoluminesans ve Auger elektronlarıdır. Bütün bu sinyaller yüzey çalışmalarında kullanılmış olmakla beraber taramalı elektron mikroskopisinin temelini oluşturan geri saçılan ve ikincil elektronlardır (Skoog vd., 1988).

SEM cihazının ana kısımları; elektron kaynağını ihtiva eden elektron kolonu (elektron tabancası), manyetik odaklayıcı mercekler (kondenser ve objektif lens), numune vakum odası, tabla bölgesi ve kontrol paneli, tarama modülü ve elektronik güç elemanlarını içeren elektronik konsoldur. Genellikle bir katı hal EDS x-ışınları dedektörü elektron kolonuna tutturulmuştur ve tablanın hemen üzerinde bir çıkıntı oluşturmuştur.

Isıtılan bir elektron kaynağından (katot) elektron ışını yayılır ve elektromanyetik merceklerle küçük çaplı olacak şekilde odaklanır. Bir veya daha çok mercekten oluşan kondenser mercek sistemi, elektron demetinin objektif merceklerle ulaştırılmak üzere yönlendirilmesini sağlar; objektif mercekler ise numune yüzeyine çarpan elektron demetinin boyutlarından sorumludur. Elektron ışını, televizyon ekranında görüntü oluşturmak için kullanılan katot ışın tüpünde (CRT) olduğu gibi tarama sargıları yardımıyla numuneyi tarar.

SEM ile tarama işlemi objektif merceklerin arasına yerleştirilmiş iki çift elektromanyetik sarım ile sağlanır. Sarım çiftlerinden biri, demeti numune boyunca x yönünde kaydırırken, diğer çift y yönünde saptırır. Taramanın yapılabilmesi için tarama sarımlarından birine elektrik sinyali uygulanır ve elektron demeti mercek sisteminin merkez ekseninin bir yönünden numuneye çarpar. Bu sarım çiftine (yani x sarımlarına) uygulanan elektrik sinyalini zamanın bir fonksiyonu olarak değiştirmek suretiyle elektron demetinin numune boyunca düz bir doğru üzerinde hareket ettirilmesi ve daha sonra tekrar başlangıç pozisyonuna dönmesi sağlanır. Çizgi taraması tamamlandıktan sonra diğer sarım grubu (y sarımları) kullanılarak demet y yönünde bir miktar kaydırılır. Demetin bu şekilde hızla hareket ettirilmesiyle tüm numune yüzeyi elektron demetiyle ışınlanabilir. Tarama sarımlarına uygulanan sinyaller numuneyle etkileştikten sonra sinyal kodlanır ve demetin x ve y pozisyonlarını dijital olarak temsil eden formda hafızaya yüklenir.

Sonuç olarak, elektronlar yüzeye nüfuz ettikçe yüzeyden elektronların veya fotonların yayılmasına yol açan etkileşimler meydana gelir. Numune yüzeyinden yayılan elektronların makul bir kısmı dedektörlerde toplanır. Dedektörlere gelen elektron akımı primer ışının akımından daha düşüktür ( $10^{-12}$  A) ve bu yüzden amplifiyer ile büyütme yapılmalıdır. Bu yolla

katot ışını tüpünde bir görüntü meydana gelir ve numune üzerine çarpan her bir nokta ekran üzerinde uygun bir nokta olarak işlenir.

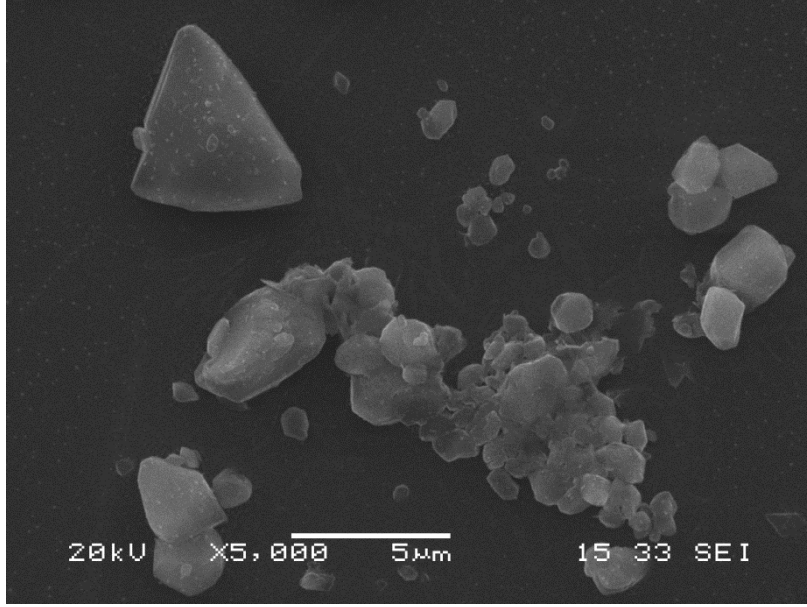
SEM ile elde edilebilecek görüntülerde sağlanabilecek büyütme (M),

$$M = W/w$$

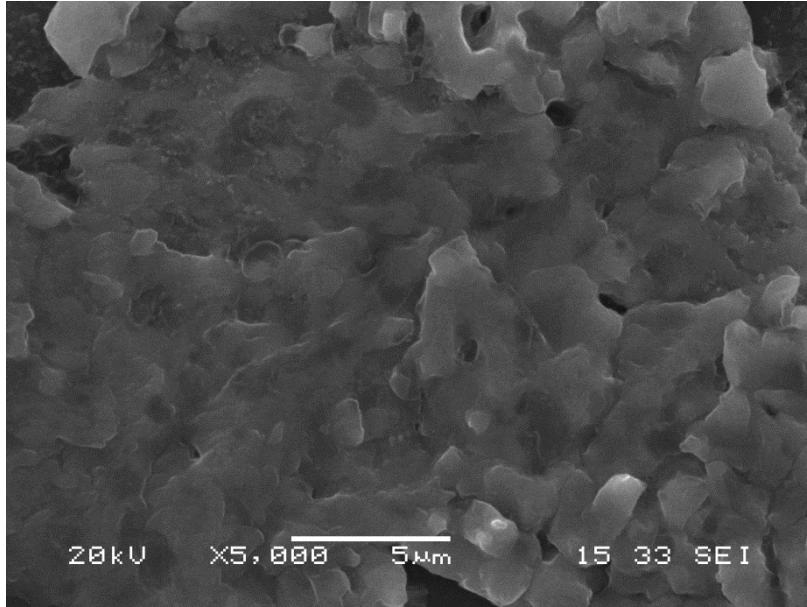
ile verilir. Burada W, CRT ekranının genişliği, w ise numune boyunca tek bir tarama çizgisinin genişliğidir. W sabit olduğundan, w azaltılarak büyütme (M) sağlanabilmektedir (Skoog vd., 1988). Diğer taraftan, SEM kullanılırken vakum altında çalışılmalıdır. Gerekli vakumu sağlamak için, bir difüzyon pompası veya turbomoleküler pompa kullanılır (Brundle vd., 1992). Tüm optik kolon ve numune  $10^{-4}$  Pa gibi bir vakumda tutulmaktadır (Köse, 2009).

### 3.5.1. İnce filmlerin yüzey morfolojilerinin belirlenmesi

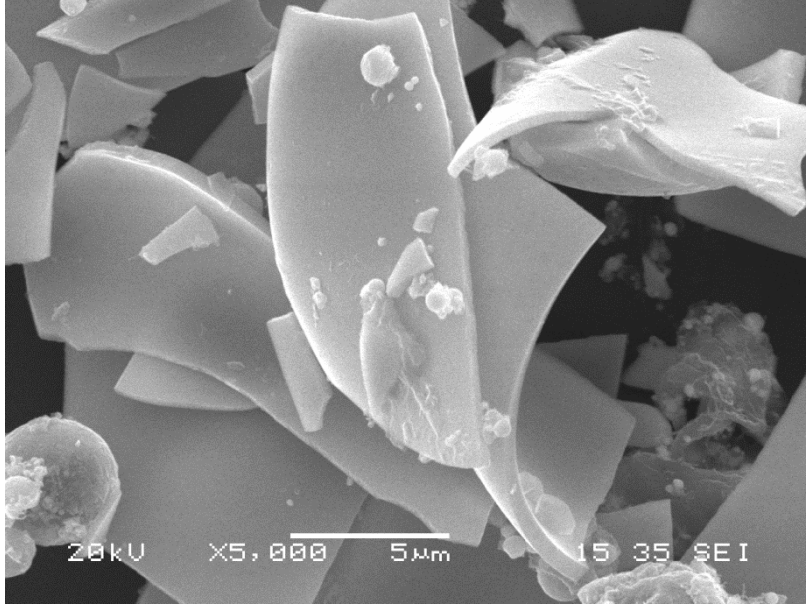
Yüksek teknolojik özelliklere sahip maddelerin ilgili alanlarda uygulanabilmesinde, ince filmlerin hazırlanması ve bu filmlerin yüzey morfolojilerinin belirlenmesi önemlidir. Sensör uygulamalarda da yüzey morfolojisinin araştırılması, agregasyon hakkında bilgi sağlamaktadır. Bu nedenle bu proje kapsamında sentezlenmiş olan  $\alpha$ - ve  $\beta$ -substitue ftalosyaninlerin  $2,0 \times 10^{-5}$  M derişimde çözeltileri hazırlandı. Bu çözeltiler  $1,0 \times 10^{-3}$  M Ag(I) ve Pd(II) iyonları ile etkileştirildi. Ag(I) ve Pd(II) iyonlarının hedef moleküller ile etkileşimi UV-Vis spektroskopisi ile takip edildi. Etkileşimsiz ve Ag(I) ile Pd(II) iyonlarıyla etkileştirilmiş ftalosyanin çözeltilerinin ince filmleri spin kaplama yöntemiyle hazırlandı. Hazırlanan bu ince filmlerin yüzey morfolojileri, elektron kaynağı olarak tungsten katot kullanılan JEOL, JSM-6060LV marka SEM cihazı kullanılarak belirlendi. Elde edilen SEM görüntülerinden açıkça görüldüğü gibi, Ag(I) ve Pd(II) ile etkileşimden önce ve sonra alınan numunelere ait morfolojiler hem boyut hem de agregasyon açısından oldukça farklılık göstermiştir. Ag(I) ve Pd(II) iyonları ile etkileştirildikten sonra oluşan agrega türlerden dolayı yüzey morfolojisi tamamen değişmiş olup daha sıkı istiflenmiş görüntüler elde edilmiş olup literatür ile uyumludur (Bilgiçli vd., 2012). Alınan SEM görüntüleri Şekil 3.44-3.60 arasında verilmiştir.



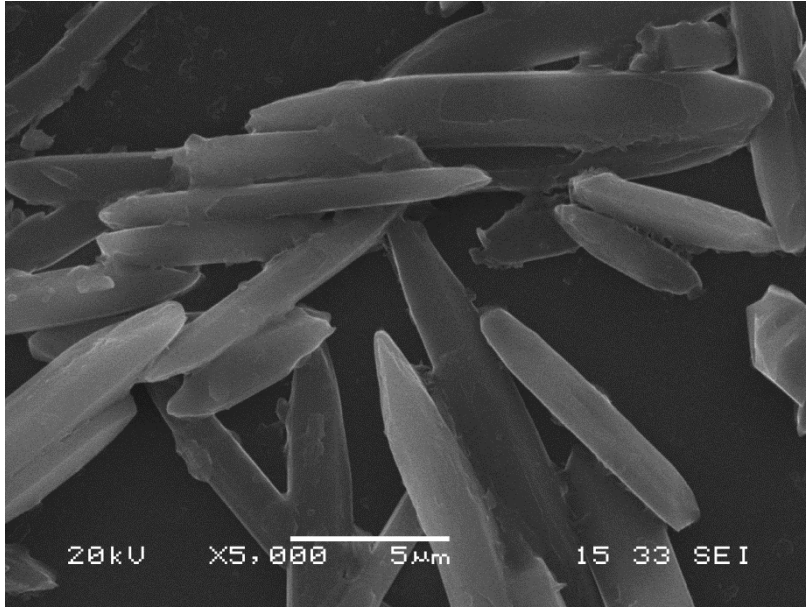
Şekil 3.44. (4) nolu maddenin SEM görüntüsü



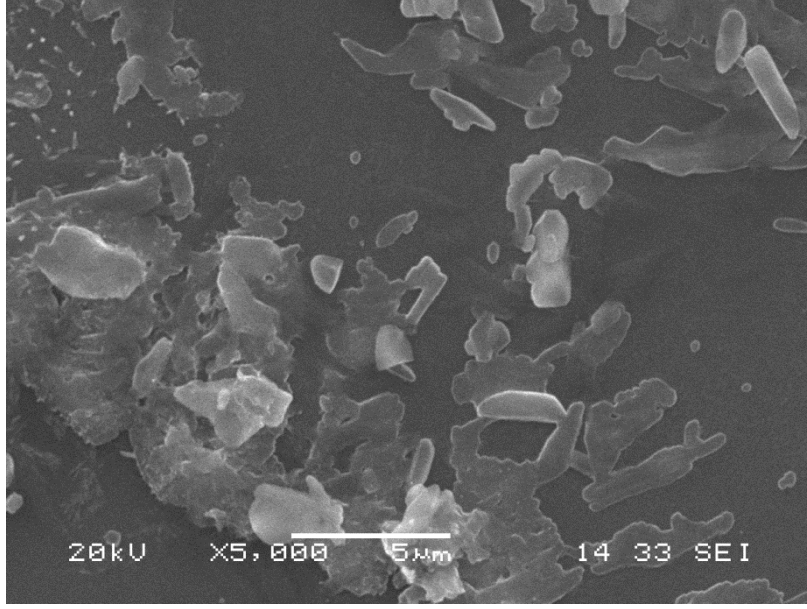
Şekil 3.45. (4) nolu maddenin Ag(I) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM görüntüsü



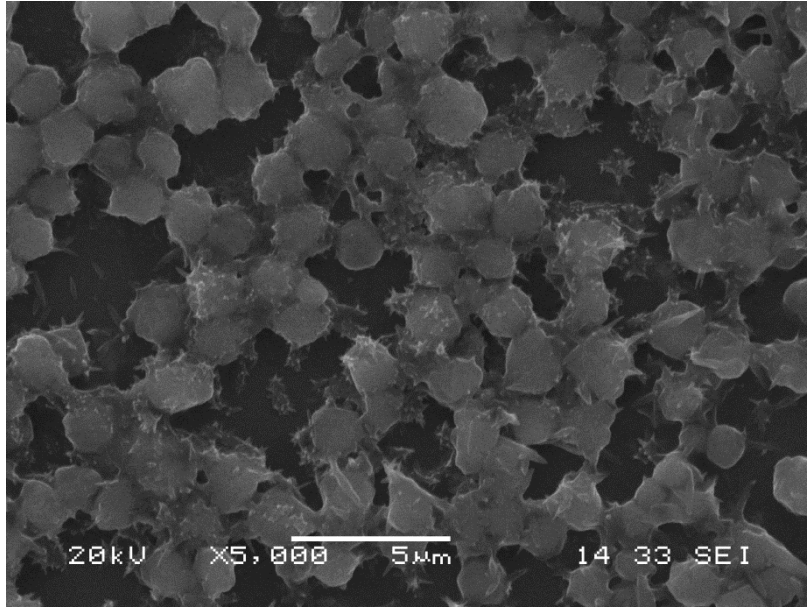
Şekil 3.46. (4) nolu maddenin Pd(II) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM görüntüsü



Şekil 3.47. (5) nolu maddenin SEM görüntüsü

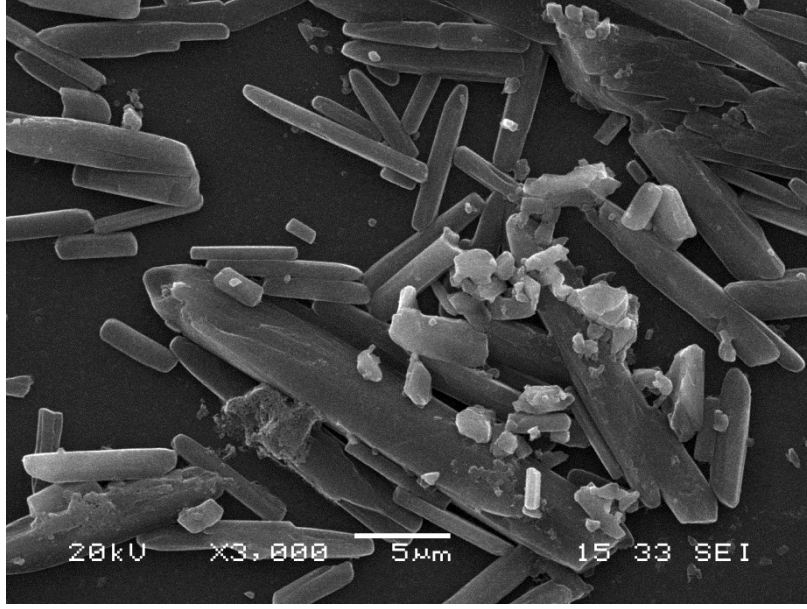


Şekil 3.48. (5) nolu maddenin Ag(I) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM görüntüsü

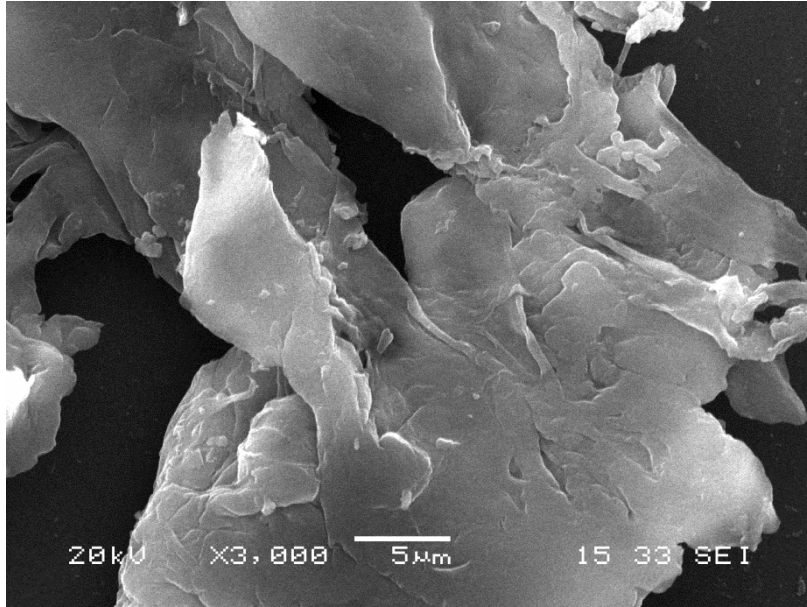


Şekil 3.49. (5) nolu maddenin Pd(II) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM görüntüsü

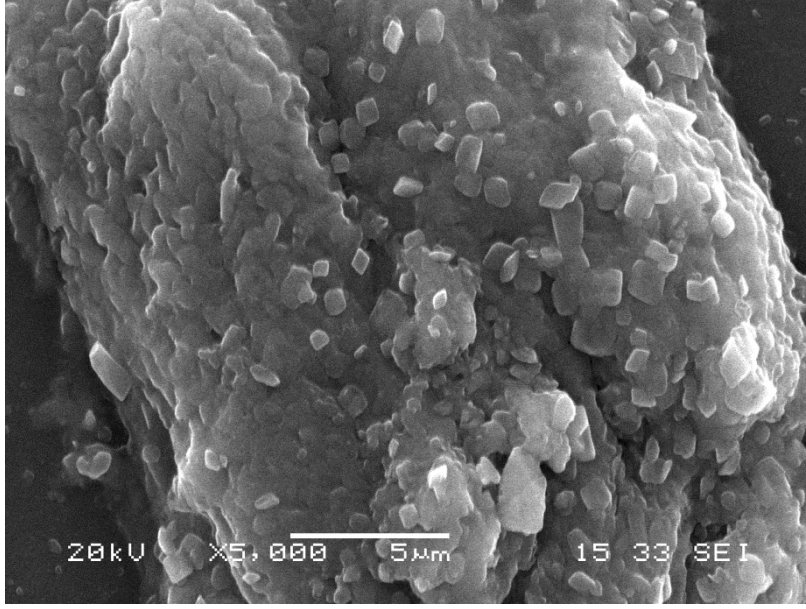




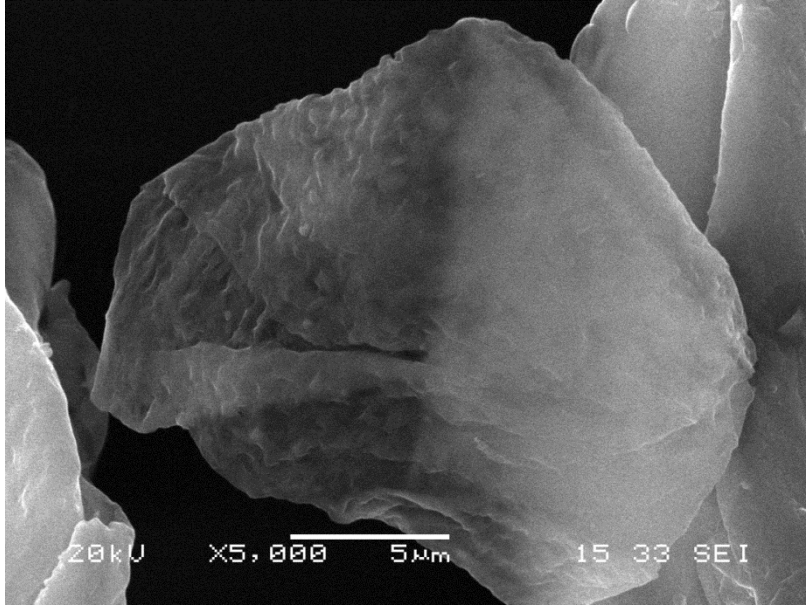
Şekil 3.50. (6) nolu maddenin SEM görüntüsü



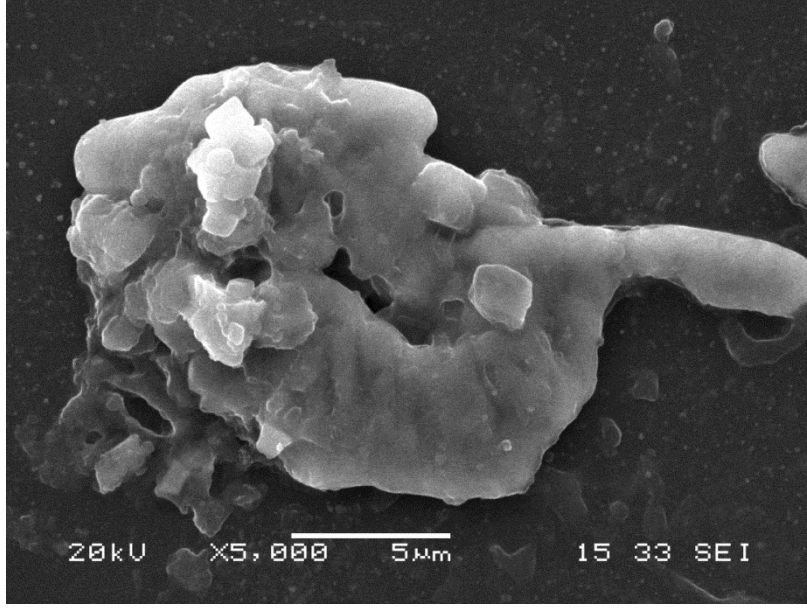
Şekil 3.51. (6) nolu maddenin Ag(I) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM görüntüsü



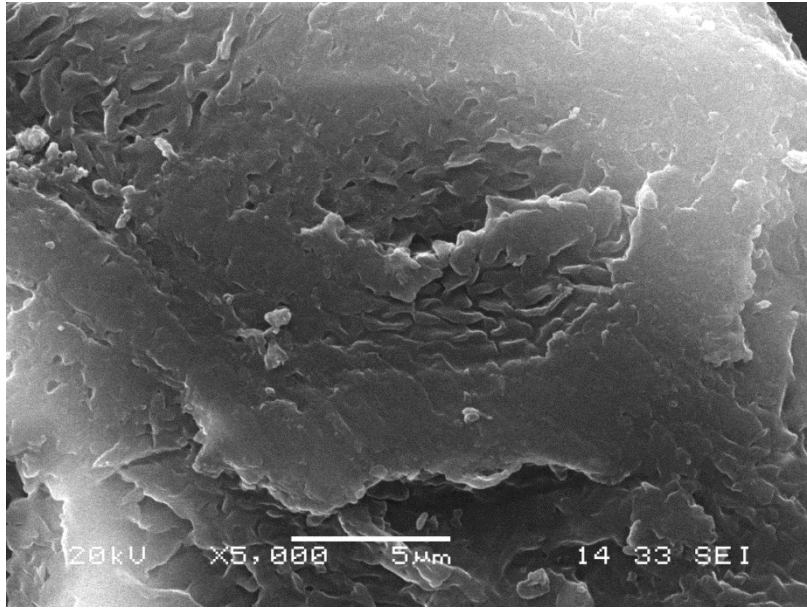
Şekil 3.52. (6) nolu maddenin Pd(II) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM görüntüsü



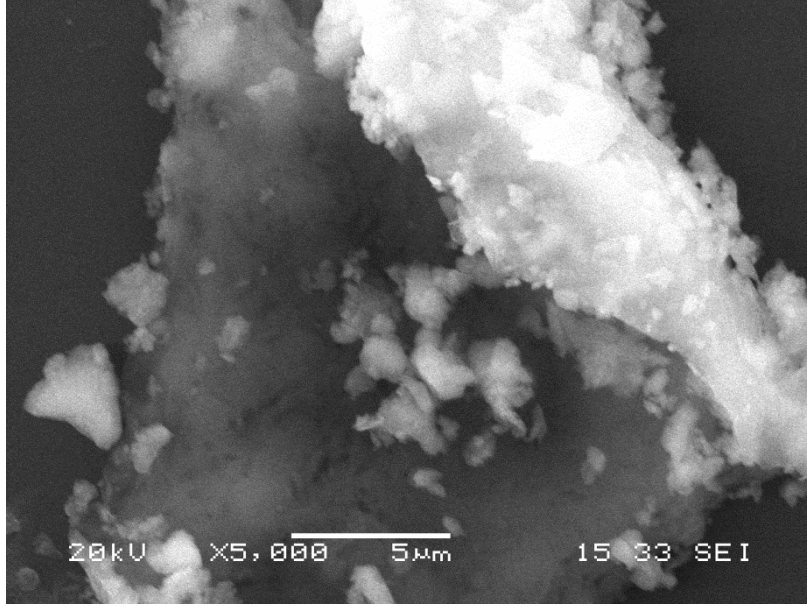
Şekil 3.53. (7) nolu maddenin SEM görüntüsü



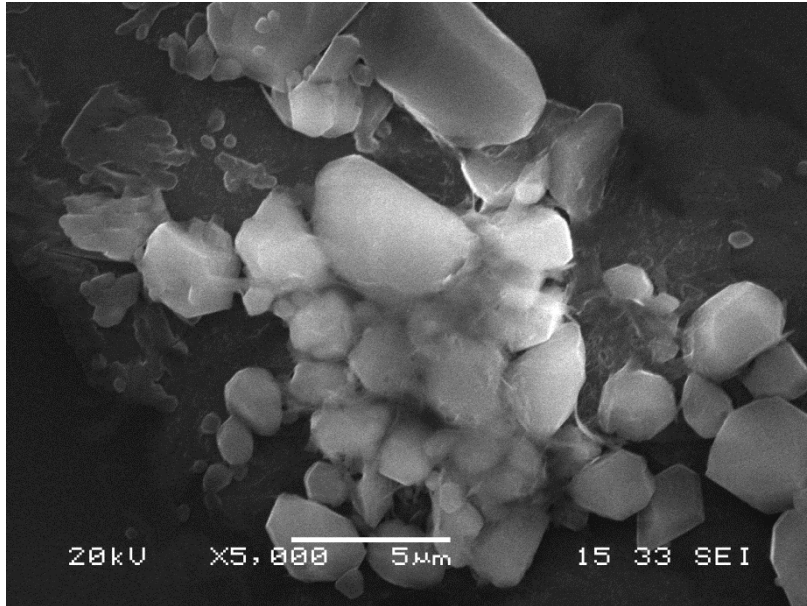
Şekil 3.54. (7) nolu maddenin Ag(I) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM görüntüsü



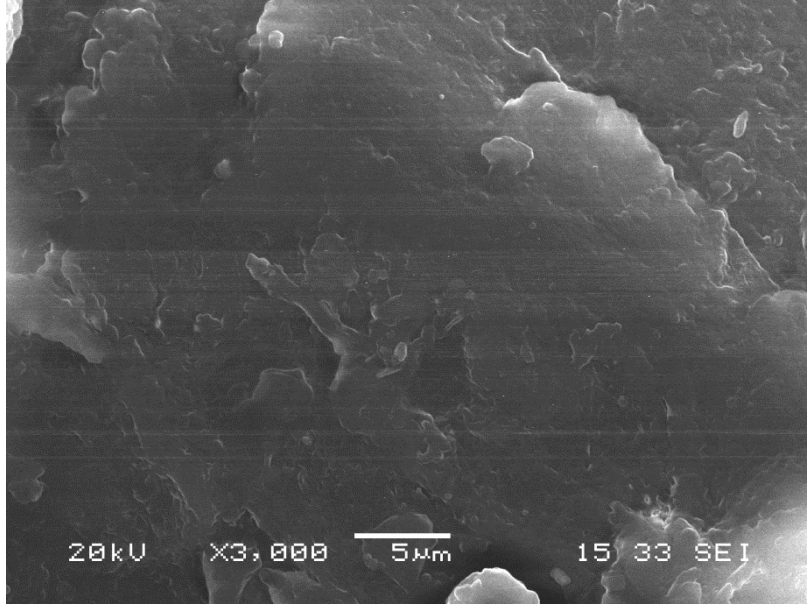
Şekil 3.55. (7) nolu maddenin Pd(II) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM görüntüsü



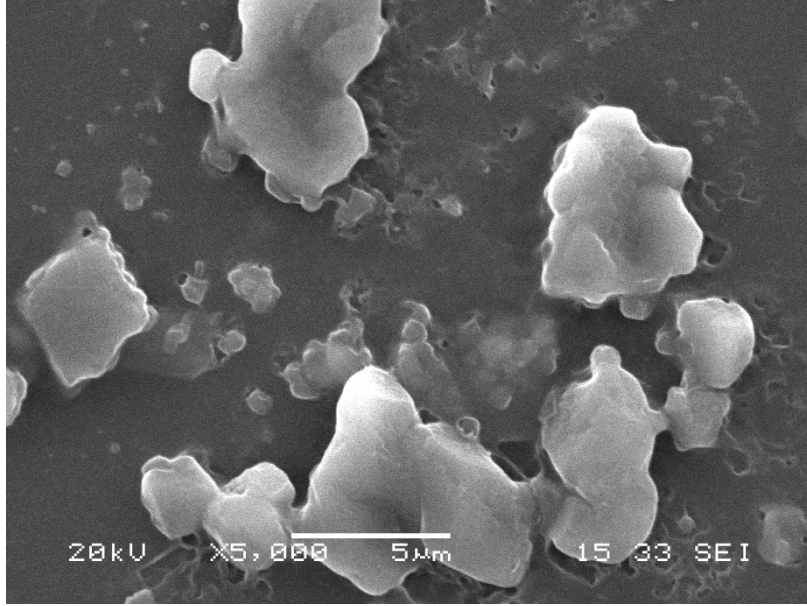
Şekil 3.56. (8) nolu maddenin Ag(I) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM görüntüsü



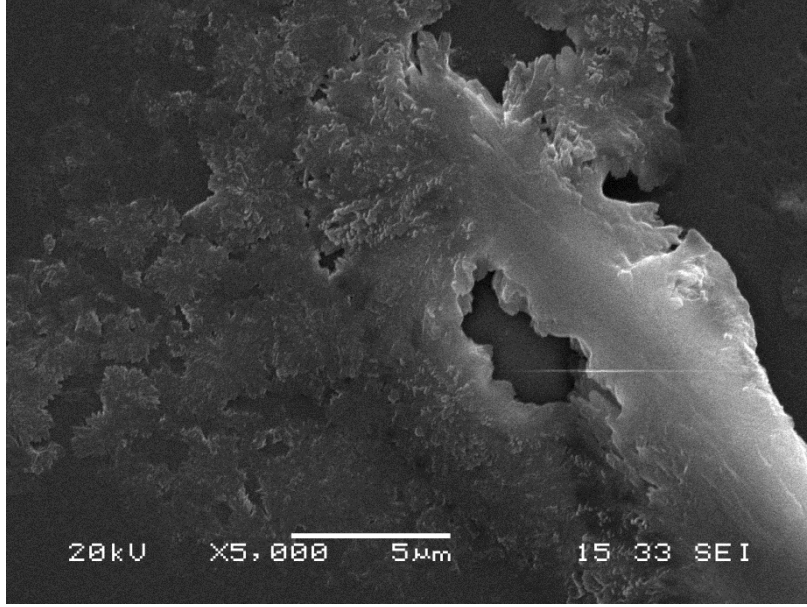
Şekil 3.57. (8) nolu maddenin Pd(II) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM görüntüsü



Şekil 3.58. (9) nolu maddenin SEM görüntüsü



Şekil 3.59. (9) nolu maddenin Ag(I) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM görüntüsü



Şekil 3.60. (9) nolu maddenin Pd(II) iyonlarıyla etkileştirildikten sonra alınan SEM görüntüsü

### 3.6. Metalofthalosiyanın Antioksidan Kapasite Tayinleri

#### 3.6.1. DPPH serbest radikali giderim aktivitesi tayini

Ftalosiyanın bileşiklerinin ve karşılaştırma amacıyla kullanılan antioksidan etkinliği bilinen standart maddelerin serbest radikal giderim aktiviteleri DPPH serbest radikali kullanılarak Blois metoduna göre belirlenmiştir (Blois, 1958). Yapılan çalışmada, standart madde olarak Troloks ve BHT (Bütillenmiş hidroksitoluen) kullanılmıştır. 10-100 µg/mL arasında değişen konsantrasyonlardaki 1 mL'lik örnek (ftalosiyanın bileşiği/standart bileşik) çözeltilerinin üzerine metanolde hazırlanmış %0,004'lük DPPH çözeltisinden 4 mL ilave edilip vortekslenmiştir. Daha sonra karanlıkta ve oda sıcaklığında 30 dk inkübe edilmiş ve ardından UV-VIS spektrofotometre kullanılarak 517 nm'de absorbansları ölçülmüştür. Örneklerin absorbans değerleri kontrole karşı değerlendirilmiştir. Ftalosiyanın çözeltisi yerine 1 mL metanol kullanılarak hazırlanmış numune kontrol numune olarak kullanılmıştır ve aynı koşullarda aktivitesi belirlenmiştir. Absorbans ölçümlerinde kör çözelti olarak metanol kullanılmıştır. Serbest radikal giderim aktivitesi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

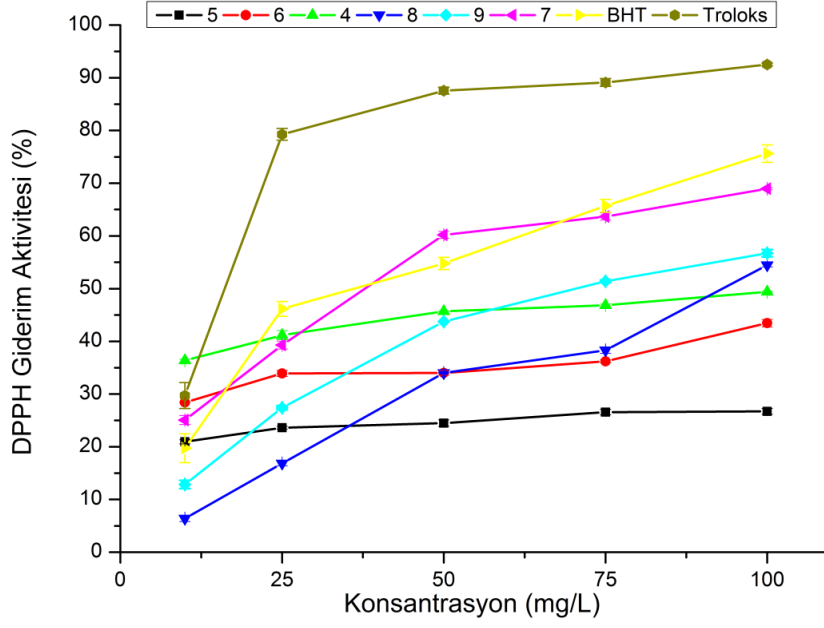
$$\text{DPPH Giderim Aktivitesi (\% İnhibisyon)} = (1 - A_{\text{örnek517}}/A_{\text{kontrol517}}) \times 100$$

Bu denklemde  $A_{\text{kontrol517}}$  kontrolün 517 nm'deki absorbansı,  $A_{\text{örnek517}}$  örneğin 517 nm'deki absorbansıdır.

Daha iyi bir karşılaştırma yapmak amacıyla tüm bileşiklerin IC<sub>50</sub> değerleri de belirlenmiştir. IC<sub>50</sub>, %50 inhibisyona ulaşmak için gerekli antioksidan derişimidir yani DPPH radikalinin absorbansını %50 azaltmak için gerekli antioksidan miktarıdır. Bu değer, ölçüm sonucunda elde edilen % inhibisyon değerlerinin bileşiklerin konsantrasyonlarına karşı grafiğe geçirilmesi ile elde edilir.

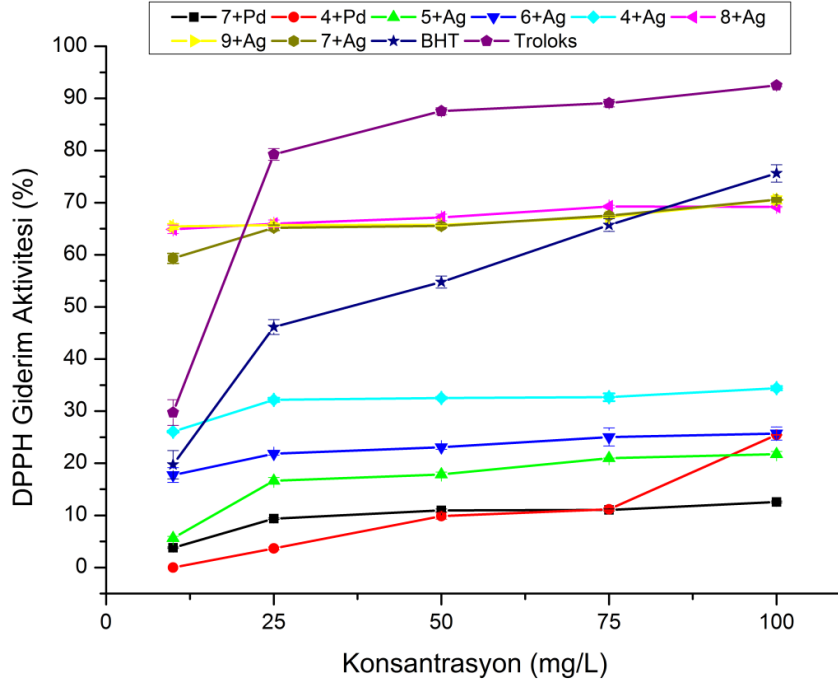
Serbest radikal giderim aktivitesi, antioksidanların zincir başlatma ve/veya büyümesine müdahale etme yoluyla lipit oksidasyonunu yavaşlatma veya inhibe etme yeteneğine sahip olduğu, bilinen mekanizmalardan biridir. DPPH serbest radikallerini giderme yöntemi, spesifik bileşiklerin veya özütlerin antioksidan aktivitesini değerlendirmek için sıklıkla kullanılmaktadır. Bu metod, kullanılan radikal bileşik kararlı olduğu için ve diğer radikal giderme metodlarında olduğu gibi radikalın sürekli olarak üretilmesi gerekmediği için; antioksidanların radikal giderim aktivitesinin değerlendirilmesinde geçerli ve kolay bir metod olarak kabul edilir (Sanchez-Moreno, 2002).

Standartların ve ftalosiyanın bileşiklerinin DPPH radikali giderim aktivitesi (% inhibisyon) sonuçları Şekil 3.61 ve Şekil 3.62'de verilmiştir. Yine bu değerler kullanılarak hesaplanan IC<sub>50</sub> sonuçları ise Tablo 1'de verilmiştir. Hem % inhibisyon hem de IC<sub>50</sub> hesaplamalarına göre bileşiklerin DPPH radikal giderim aktiviteleri kıyaslandığında  $\alpha$ -süstitüe ftalosiyanın bileşiklerinin  $\beta$ -süstitüe ftalosiyanın bileşiklerinden daha yüksek radikal giderim aktivitesine sahip olduğu görülmektedir.  $\alpha$ - ve  $\beta$ -süstitüe ftalosiyanın bileşiklerinin Ag (I) ve Pd (II) iyonları ile etkileştirilmesi sonucunda aktivite düzeyinde meydana gelen değişimleri yorumlamak için IC<sub>50</sub> sonuçlarına bakmak standart bir değer (%50 inhibisyona ulaşmak için gerekli antioksidan derişimi) üzerinden kıyaslama yapılacağı için daha doğru sonuç verecektir. Buna göre; Ag (I) iyonları ile etkileştirilmeleri sonucunda  $\beta$ -süstitüe ftalosiyanın bileşiklerinin (**4+Ag, 5+Ag, 6+Ag**) radikal giderim aktivitelerinde azalma meydana gelmiştir. Yine Ag(I) iyonları ile etkileştirilmeleri sonucunda her ne kadar % inhibisyon sonuçlarına göre daha yüksek bir inhibisyon % sine ulaşılsa da IC<sub>50</sub> değerleri baz alındığında  $\alpha$ -süstitüe ftalosiyanın bileşiklerinin (**7+Ag, 8+Ag, 9+Ag**) radikal giderim etkinliğinde azalma olduğu belirlenmiştir. Pd (II) iyonları ile etkileştirilmeleri sonucunda **5+Pd, 6+Pd, 8+Pd, 9+Pd** bileşikleri hiç radikal giderim aktivitesi göstermemiş ve % inhibisyon sonuçlarına göre; Pd(II) iyonlarıyla etkileşiminden dolayı **4** ve **7** bileşiklerinin aktivitelerinde büyük düşüşler yaşanmıştır. Test edilen tüm bileşiklerin konsantrasyonları arttıkça aktivite değerleri de artmıştır. Troloks standardı test edilen tüm bileşiklerden daha iyi bir radikal giderim aktivitesi göstermiştir. IC<sub>50</sub> değerleri kıyaslandığında **7, 8, 9, 7+Ag, 8+Ag** ve **4+Pd** bileşikleri BHT'ye göre radikal gideriminde daha iyi sonuçlar vermiştir.



Şekil 3.61.  $\alpha$ - ve  $\beta$ -süstitüe ftalosiyenin bileşiklerinin DPPH giderim aktivitesi (%) sonuçları. Ftalosiyenin bileşiklerinin DPPH giderim sonuçları standart maddeler olan BHT ve Trolox ile karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.





Şekil 3.62.  $\alpha$ - ve  $\beta$ -sübstitüe ftalosiyanın bileşiklerinin Ag(I) ve Pd(II) ile etkileştirilmiş hallerinin DPPH giderim aktivitesi (%) sonuçları. Ftalosiyanın bileşiklerinin DPPH giderim sonuçları standart maddeler olan BHT ve Trolox ile karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. **5+Pd**, **6+Pd**, **8+Pd**, **9+Pd** bileşikleri radikal giderim aktivitesi göstermediğinden grafikte yer almamaktadır.

Tablo 1. DPPH radikal giderim aktivitesi ve demir iyonu şelatlama aktivitesi'ne ait IC<sub>50</sub> değerleri.

Bileşik	IC <sub>50</sub> (mg/mL)	
	DPPH radikal giderimi	Demir iyonu şelatlama
4	0,6±0,01	0,045±0,02
5	1,1±0,01	0,115±0,02
6	0,8±0,01	0,110±0,01
7	0,049±0,01	0,149±0,03
8	0,091±0,02	0,147±0,02
9	0,076±0,01	0,180±0,01
4+Ag	1,4±0,04	AY
5+Ag	1,9±0,08	AY
6+Ag	1,7±0,35	AY
7+Ag	0,09±0,02	AY
8+Ag	0,14±0,02	AY
9+Ag	0,3±0,08	AY
4+Pd	0,19±0,01	AY
7+Pd	0,56±0,01	AY
BHT	0,05±0,001	-
Trolox	0,03±0,003	-
EDTA	-	0,02±0,09

*BHT and Troloks DPPH tayini için, EDTA ise Demir iyonu şelatlama tayini için standart madde olarak kullanılmıştır. AY: Aktivite Yok.*

### 3.6.2. Demir (II) iyonlarını şelatlama aktivitesinin tayini

Diğer antioksidan mekanizmalarından biri, antioksidan bileşiklerin bazılarının geçiş metali iyonlarını (özellikle demir ve bakır) şelatlayarak onlarla kararlı bileşikler oluşturma ve bu yolla serbest radikal oluşumuna katılmalarını engelleme kabiliyetlerine dayanır (Jovanovic vd., 1998).

Farklı konsantrasyonlardaki (10-100 µg/mL) ftalosiyanın bileşiklerinin ve standart bileşiğin Fe<sup>2+</sup> iyonlarını şelatlama aktivitesi Dinis ve ark. metoduna göre çalışılmıştır. Metod Fe<sup>2+</sup> iyonlarını bağlamak için, güçlü bir demir şelatlayıcı olan ferrozin reaktifi ile ortamda bulunan

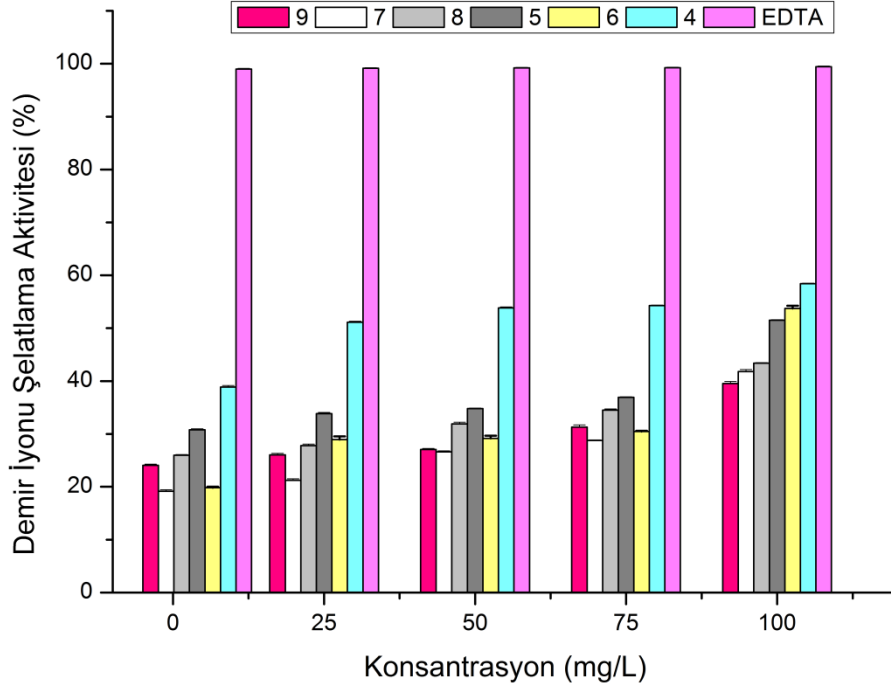
metal bağlayıcı antioksidan bileşiklerin yarışmasına dayanır. Antioksidan bileşiğin şelatlama gücü yüksekse kırmızı renkli  $Fe^{2+}$ /ferrozin kompleksinin oluşumu engellenir (Dinis vd., 1994).

Bu çalışmada 1 mL örnek çözeltisine 3,7 mL destile su ve 100  $\mu$ L 2 mM  $FeCl_2$  çözeltisi eklendikten sonra oda koşullarında 30 dakika inkübasyona bırakılmış ve ardından 200  $\mu$ L 5 mM ferrozin çözeltisi eklenerek vortekslenmiştir. 10 dakikalık ikinci bir inkübasyondan sonra karışımların absorbans değerleri UV-VIS spektrofotometre kullanılarak 562 nm'de ölçülmüştür. Örnek çözeltisi yerine 1 mL DMF (Dimetilformamid, ftalosiyanın çözeltilerinin çözücüsü) kullanılarak kontrol numune hazırlanmış ve aynı koşullarda aktivitesi ölçülmüştür. Kör çözelti olarak destile su kullanılmıştır. Standart olarak kullanılan EDTA (Etilendiamintetraasetik asit) da aynı konsantrasyon aralığında çalışılmıştır. EDTA için hazırlanan kontrol numunede EDTA çözeltisi yerine 1 mL destile su kullanılmıştır. Ferrozin/ $Fe^{2+}$  kompleksinin inhibisyon yüzdesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$Fe^{2+} \text{ iyonlarını Şelatlama Aktivitesi (\%)} = (1 - A_{\text{örnek562}}/A_{\text{kontrol562}}) \times 100$$

Bu denklemde;  $A_{\text{kontrol562}}$  kontrolün 562 nm'deki absorbansı,  $A_{\text{örnek562}}$  örneğin 562 nm'deki absorbansıdır.

Ftalosiyanın bileşiklerinin ve standart bileşik olarak kullanılan EDTA'nın demir (II) iyonu şelatlama aktivitesi sonuçları Şekil 3.63'de verilmiştir. Buna göre,  $\alpha$ - ve  $\beta$ -süstitüe ftalosiyanın bileşiklerinin 100  $\mu$ g/mL'deki  $Fe^{2+}$ /ferrozin kompleksinin oluşumunu inhibe etme %'lerini şu şekilde sıralayabiliriz; **9** (%39,5 $\pm$ 0,4) < **7** (%41,8 $\pm$ 0,4) < **8** (%43,4 $\pm$ 0,1) < **5** (%51,5 $\pm$ 0,1) < **6** (%53,7 $\pm$ 0,5) < **4** (%58,4 $\pm$ 0,1).  $\alpha$ - ve  $\beta$ -süstitüe ftalosiyanın bileşiklerinin Ag (I) ve Pd (II) iyonları ile etkileştirilmiş halleri denenen hiçbir konsantrasyonda şelatlama aktivitesi göstermemiştir. Standart bileşik **EDTA** (%99,5 $\pm$ 0,1; 100  $\mu$ g/mL) test edilen tüm bileşiklerden daha yüksek şelatlama aktivitesi göstermiştir. Aktivite gösteren tüm bileşikler için konsantrasyon arttıkça aktivitenin de arttığı belirlenmiştir. % Şelatlama aktivitesinin yanında, aktivite gösteren bileşikler için  $IC_{50}$  ( $Fe^{2+}$ /ferrozin kompleksinin oluşumunu %50 inhibe etmek için gerekli antioksidan derişimi) değerleri de hesaplanmıştır ve Tablo 1'de verilmiştir.  $IC_{50}$  sonuçları, % şelatlama sonuçları ile birebir uyumlu çıkmıştır. Her iki hesaplama yönteminden elde edilen sonuçlara göre, denenen tüm konsantrasyonlarda, EDTA'dan sonra en iyi şelatlama özelliği gösteren bileşik **4** numaralı ftalosiyanın bileşiğidir. Ag (I) ve Pd (II) iyonları ile etkileştirme işlemi ise ftalosiyanın bileşiklerinin şelatma aktivitesine engel teşkil etmiştir.



Şekil 3.63.  $\alpha$ - ve  $\beta$ -süstitüe ftalosiyanim bileşiklerinin demir iyonu şelatlama aktivitesi (%) sonuçları.

Ftalosiyanim bileşiklerinin demir iyonu şelatlama aktivitesi sonuçları standart madde olan EDTA ile karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.  $\alpha$ - ve  $\beta$ -süstitüe ftalosiyanim bileşiklerinin Ag (I) ve Pd (II) iyonları ile etkileştirilmiş halleri şelatlama aktivitesi göstermediğinden grafikte yer almamaktadır.

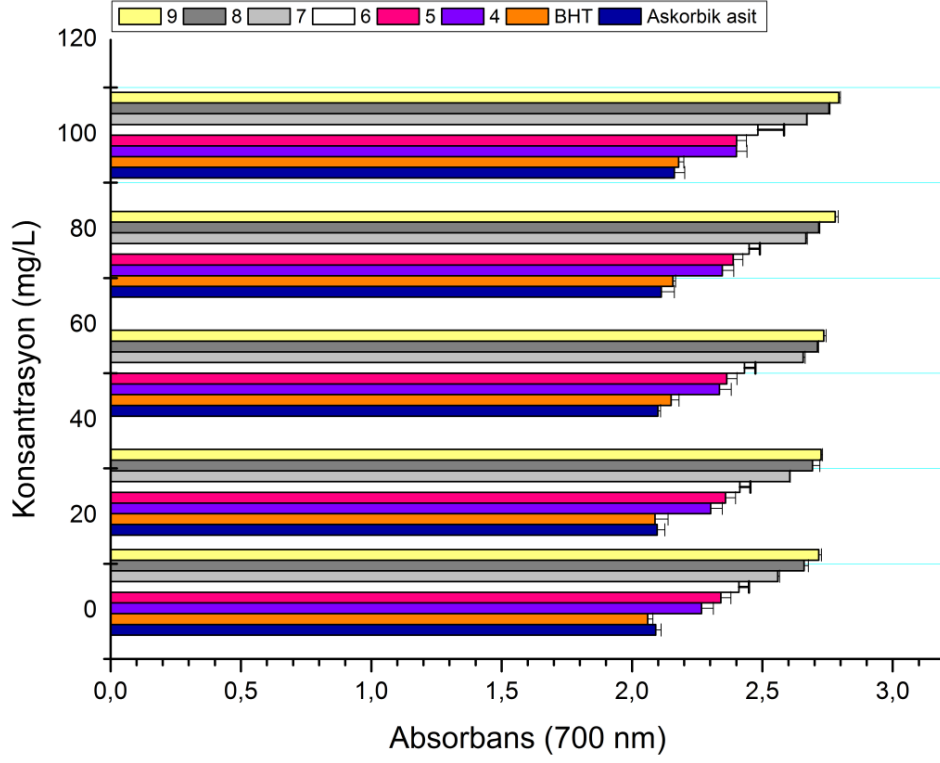
### 3.6.3. İndirgeme kapasitesi tayini

Ftalosiyanim bileşiklerinin indirgeme kapasitesi Oyaizu metoduna göre tayin edilmiştir (Oyaizu, 1986). Ortamdaki indirgen madde  $Fe^{3+}$  iyonlarını  $Fe^{2+}$  iyonlarına indirger ve  $FeCl_3$  ilavesiyle oluşan Prusya mavisi rengindeki kompleksin absorbansı ölçülür. Yüksek absorbans değeri yüksek indirgeme kapasitesinin göstergesidir. Bu deneyde, çeşitli konsantrasyonlarda (10-100  $\mu g/mL$ ) hazırlanan ftalosiyanim bileşiği çözeltilerinin ve standart madde çözeltilerinin 1 mL'sine, 2,5 mL fosfat tamponu (0,2 M, pH=6,6) ve 2,5 mL %1'lik  $K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$  eklenip vortekslenmiştir. Karışımlar 50 °C'de 20 dakika inkübe edildikten sonra 2,5 mL % 10'luk TCA (trikloroasetik asit) eklenerek reaksiyon durdurulmuştur ve ardından 2500 rpm'de 10 dakika santrifüj işlemi gerçekleştirilmiştir. Santrifüj sonrası süpernatantlardan 2,5 mL alınarak eşit hacimde destile su ve 0,5 mL %0,1'lik  $FeCl_3$  çözeltisi

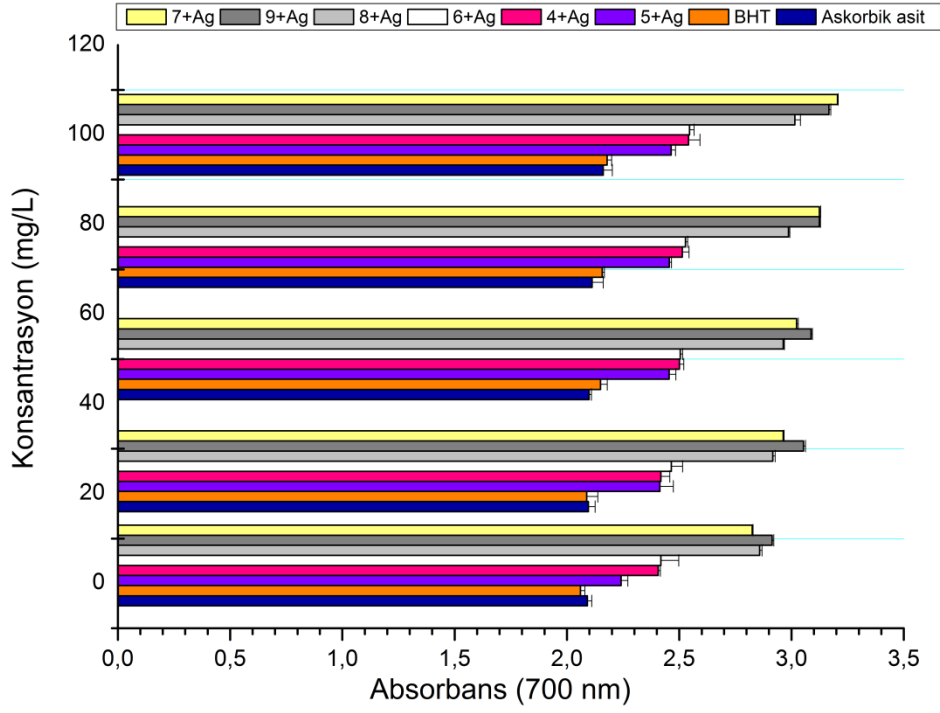
ile karıştırılmıştır. UV-VIS spektrofotometre kullanılarak 700 nm'de absorpsiyon ölçümü yapılmıştır. Ölçümde kör çözelti olarak destile su kullanılmıştır. Standart olarak BHT ve askorbik asit kullanılmıştır ve ftalosiyanın bileşiklerinin aktiviteleri bu maddelerin aktiviteleri ile kıyaslanmıştır.

İndirgeme kapasitesi tayini, genellikle bir antioksidanın elektron verme yeteneğini analiz etmek için kullanılır. Çözeltideki antioksidan bileşikler, ferrik demiri ( $Fe^{3+}$ ) ferröz demire ( $Fe^{2+}$ ) dönüştürürler; böylece çözeltinin rengini, antioksidan bileşiğin indirgeme gücüne bağlı olarak, yeşilin değişik tonlarından maviye değiştirirler. Oluşan mavi rengin şiddeti UV-Vis spektrofotometrede 700 nm'de okunur. Canlı sistemlerde indirgeme gücüne sahip antioksidanların miktarı artarsa, bu moleküller serbest radikallerle reaksiyona girer ve onları stabilize edip radikalik zincirleme reaksiyonları sonlandırabilirler (Ferreira vd., 2007).

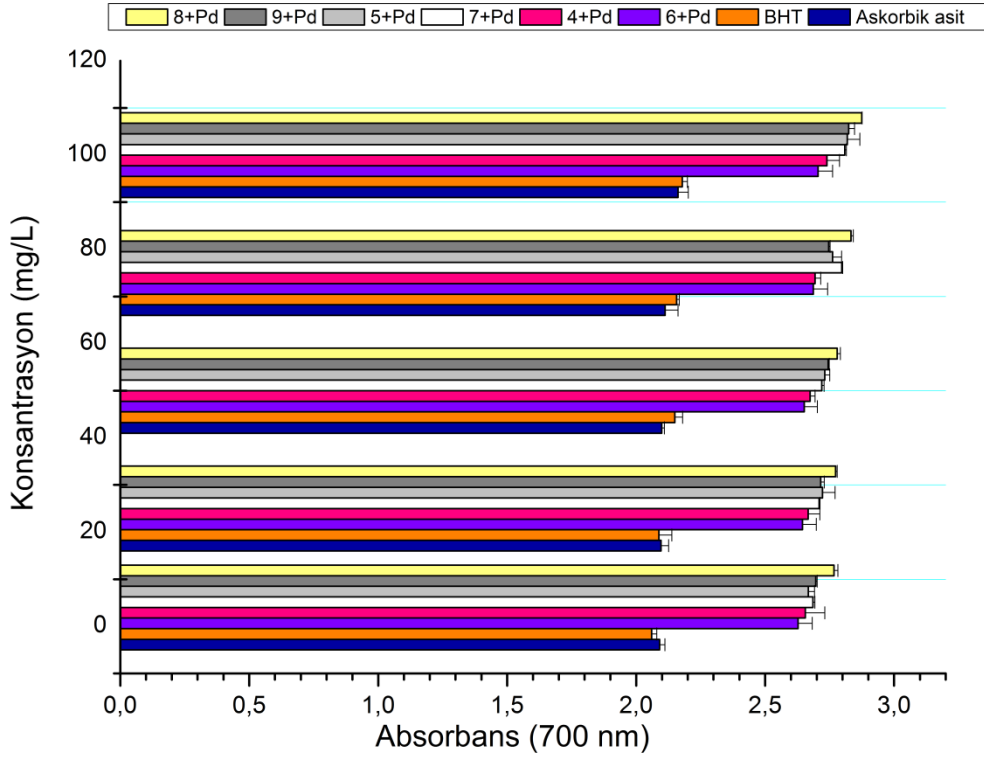
İndirgeme kapasitesi antioksidan test sonuçları Şekil 3.64, Şekil 3.65 ve Şekil 3.66'da verilmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında, yüksek absorpsiyon değeri yüksek indirgeme kapasitesinin göstergesi olduğundan, tüm ftalosiyanın bileşiklerinin oldukça yüksek bir indirgeme kapasitesine sahip olduğu söylenebilir. Söz konusu bileşiklerin konsantrasyonu arttıkça indirgeme kapasiteleri de artış göstermiştir. Standart bileşiklerle bir karşılaştırma yapıldığında, tüm ftalosiyanın bileşiklerinin, denenen tüm konsantrasyonlar için, standart bileşikler olan BHT ve askorbik asitten daha yüksek indirgeme kapasitesine sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca,  $\alpha$ - ve  $\beta$ -süstitüe ftalosiyanın bileşikleri Ag (I) ve Pd (II) iyonları ile etkileştirildiğinde; indirgeme kapasitelerinde az da olsa bir artış olduğu gözlenmiştir. Artış düzeyleri incelendiğinde şu sonuçlara varılmıştır:  $\beta$ -süstitüe ftalosiyanın bileşiklerinin Pd(II) iyonları ile etkileştirilmesi Ag (I) iyonları ile etkileştirilmesine nazaran daha fazla absorpsiyon artışına neden olurken;  $\alpha$ - süstitüe ftalosiyanın bileşiklerinin Ag (I) ile etkileştirilmesi Pd (II) iyonlarına nazaran daha fazla absorpsiyon artışına neden olmuştur.



Şekil 3.64.  $\alpha$ - ve  $\beta$ -süstitüe ftalosiyenin bileşiklerinin indirgeme kapasitesi tayini sonuçları. Ftalosiyenin bileşiklerinin indirgeme kapasitesi sonuçları standart maddeler olan BHT ve Askorbik asit ile karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.



Şekil 3.65.  $\alpha$ - ve  $\beta$ -süstitüe ftalosiyanın bileşiklerinin Ag ile etkileştirilmiş hallerinin indirgeme kapasitesi tayini sonuçları. Ftalosiyanın bileşiklerinin indirgeme kapasitesi sonuçları standart maddeler olan BHT ve Askorbik asit ile karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.



Şekil 3.66.  $\alpha$ - ve  $\beta$ -süstitüe ftalosiyanın bileşiklerinin Pd ile etkileştirilmiş hallerinin indirgeme kapasitesi tayini sonuçları. Ftalosiyanın bileşiklerinin indirgeme kapasitesi sonuçları standart maddeler olan BHT ve Askorbik asit ile karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

### 3.7. Mikroorganizmalar ve Besiyeri

Antimikrobiyal testlerde kullanılmak üzere katı ve sıvı besiyerleri laboratuvarında hazırlanmıştır. Disk difüzyon testinde kullanılmak üzere bakteri suşları için Mueller-Hinton agar, maya suşları için ise Saboraud Dextroz agar hazırlanmış ve 121 °C'de 15 dk otoklavlanarak sterilize edilmiştir. Minimum inhibitör konsantrasyonunun tayini için Mueller-Hinton Broth sıvı besiyeri hazırlanmış ve aynı koşullarda sterilize edilmiştir. Minimum bakterisidal/letal konsantrasyonun testi için de aynı mikroorganizmalar için aynı katı besiyerleri kullanılmıştır.

#### 3.7.1. Çalışmada kullanılan mikroorganizmalar

**Gram pozitif bakteriler:** *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus subtilis* ATCC 6633.

**Gram negatif bakteriler:** *Escherichia coli* ATCC 25922.

**Mayalar:** *Candida albicans* ATCC 10231.



### 3.7.2. Antimikrobiyal aktivite

#### 3.7.2.1. Disk difüzyon yöntemi ile antibakteriyal aktivite tayini

Sentezlenen ftalosiyanın bileşiklerinin antimikrobiyal aktivitelerini belirlemek için disk difüzyon yöntemi ve makrobroth dilüsyon yöntemi kullanılmıştır (James ve Biemer, 1973; Washington ve Barry, 1974). Ftalosiyanın bileşikleri DMF içerisinde son konsantrasyonu 1 mg/mL olacak şekilde çözülerek antimikrobiyal etkisi incelenecek çözeltiler hazırlanmıştır. Mikroorganizmaların katı besiyerlerinde üretilmiş 18-24 saatlik taze kültürlerinden öze ile alınan koloniler serum fizyolojik içinde süspansiyon edilerek bir spektrofotometre yardımıyla 0,5 McFarland bulanıklığa denk gelecek şekilde  $1,5 \times 10^8$  kob/mL dilüsyon hazırlanmıştır. Daha sonra *Candida albicans* Sabouraud Dextose Agar (SDA)'a diğer mikroorganizmalar ise Mueller-Hinton Agar'a ekilmiştir. Her bir ftalosiyanın çözeltilerinden 20 µL pipetlenerek 6 mm çaplı boş steril diskler (Whatmann No:1) emdirilmiştir. Ardından diskler mikroorganizma ekilmiş katı besiyerlerine uygun şekilde yerleştirilmiştir. Bakteriler 37 °C'de, maya 30 °C'de 24 saat süreyle etüvde inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda oluşan inhibisyon zonlarının çapları milimetrik cetvelle ölçülmüştür. Pozitif kontrol olarak bakteriler için Ampisilin standart antibiyotik diskleri, maya için Flukonazol standart antibiyotik diskleri kullanılmıştır. Negatif kontrol olarak ise sadece madde çözücüsünün (DMF) emdirildiği diskler kullanılmıştır.

#### 3.7.2.2. Minimum inhibitör konsantrasyonunun (MİK) ve minimum bakterisid konsantrasyonu (MBK) tayini

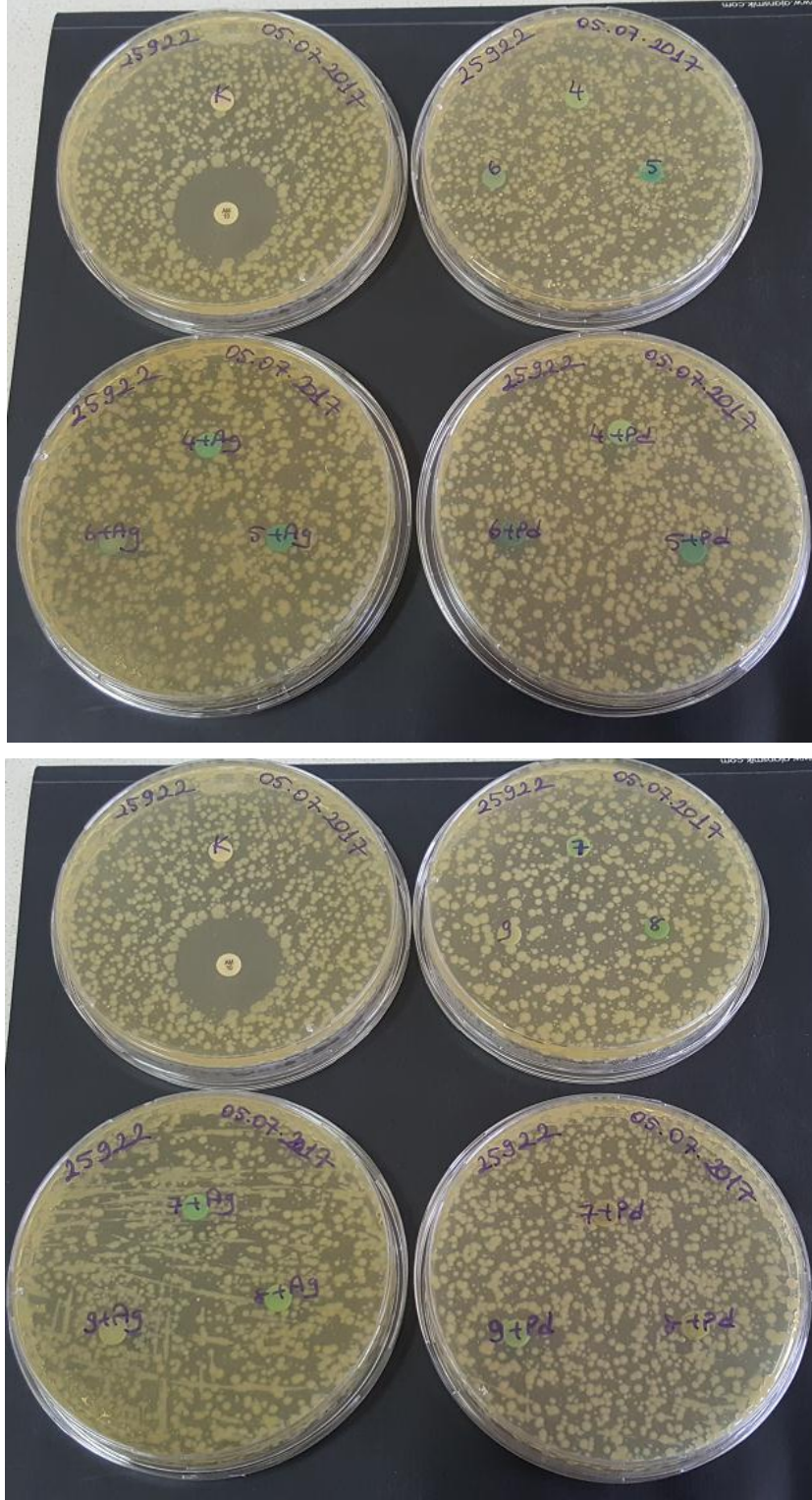
Sentezlenen ftalosiyanın bileşiklerinin Minimum İnhibitör Konsantrasyonu (MİK) makrobroth dilüsyon yöntemiyle belirlenmiştir. Bu amaçla sıvı besiyerinde iki kat seri dilüsyon yöntemi kullanılmıştır. Her bir mikroorganizma kültüründen belirli hacimde alınarak steril Mueller-Hinton Broth besiyerine aktarılmıştır ve final inokulum miktarı  $5 \times 10^5$  kob/mL mikroorganizma olacak şekilde ayarlanmıştır. Gerçekleştirilen MİK deneylerinde ftalosiyanın bileşiklerinin antimikrobiyal etkisi 100-50-25-12,5-6,25 µg/mL (ara konsantrasyonun gerekli görüldüğü deneylerde; 100-75-50-25-12,5-6,25 µg/mL) konsantrasyon aralığında denenmiştir. Mikroorganizmalar sıvı besiyerine aktarıldıktan sonra hazırlanan ftalosiyanın bileşikleri bu ortama ilave edilmiş ve 35 °C'de 18 saat inkübe edilmiştir. Daha sonra tüpler mikroorganizmaların büyümelerini gözlemlmek için incelenmiştir. İnkübasyondan sonra büyümenin görülmediği tüplerdeki en düşük ftalosiyanın bileşiği konsantrasyonu MİK olarak belirlenmiştir. Hem bakteriler hem de maya için ftalosiyanın içeren deney tüplerinin yanısıra

içerisinde sadece besiyeri, mikroorganizma ve madde çözücüsü (DMF) bulunan kültür tüpleri de aynı koşullarda beraberce deney kontrol grubu olarak inkübasyona bırakılmıştır. Ayrıca bulanıklık oluşmayan tüplerden 100 µL alınarak katı besiyeri (bakteriler için Mueller-Hinton agar, maya için Sabouraud Dextose Agar) üzerine ekim yapılmış ve 35 °C'de 18 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda ekim yapılmış her bir petride büyüme olup olmadığı kontrol edilmiştir. Büyüme gözlenmeyen en düşük ftalosiyanın bileşiği konsantrasyonu minimum bakterisid konsantrasyonu (MBK) ya da minimum letal konsantrasyon (MLK) olarak belirlenmiştir (Thabaut ve Meyran, 1984).

### 3.8. Antimikrobiyal Sonuçları

Proje kapsamında sentezlenen ftalosiyanın bileşiklerinin üç bakteri ve bir maya üzerindeki antimikrobiyal aktiviteleri disk difüzyon yöntemi ve makrobroth dilüsyon yöntemi ile belirlenmiştir.

Disk difüzyon testinde planlandığı üzere sıvı besiyerinde çoğaltılan *Candida albicans* Sabouraud Dextose Agar'a diğer bakteriler ise Brain Heart Infusion Agar'a ekilmiş ve ftalosiyanın emdirilmiş diskler yerleştirilerek etüvde inkübasyona bırakılmıştır. Bu aşamada disk difüzyon testi sonuçlarına bakıldığında Brain Heart Infusion Agar kullanıldığında *E.coli* ekilmiş petrilere kolonileşme görülmüştür. Bunun üzerine gerçekleştirilen antibiyogram çalışmasında bakterilerle elde edilen sonuçların sağlıklı bir şekilde kıyaslamasını yapabilmek için tüm bakteriler aynı katı besiyerine ekilmiştir. Bu amaçla maya için plana sadık kalınmakla birlikte bakteriler için antibiyogram çalışmalarında sıklıkla kullanılan Mueller-Hinton Agar'a ekim yapılarak disk difüzyon testi tekrarlanmıştır.



Şekil 3.67. Brain Heart Infusion Agar besiyeri kullanıldığında ftalosiyanın bileşiklerinin *E.coli* disk difüzyon testi sonuçları

Test edilen bileşiklerin antimikrobiyal aktivitesi, bakteriler için 37 °C'de 24 saat, maya için 30 °C'de 24 saat inkübasyondan sonra bir inhibisyon zonu oluşması ile tespit edilmiş ve Tablo 1'de gösterilmiştir. Tablo 2'de de görüldüğü üzere sadece DMF emdirilmesiyle hazırlanan

negatif kontrol disklerinin test bakterilerinin hiçbirinde inhibisyon zonu oluşturmadığı görülmüştür. DMF yalnızca *Candida albicans* üzerinde küçük çaplı bir inhibisyon zonu oluşturmuştur. Pozitif kontrol olarak ise Ampisilin ile Flukonazol antibiyotikleri kullanılmıştır. Disk difüzyon testinde ftalosiyanın bileşiklerinin antimikrobiyal etkisi 1 mg/mL konsantrasyonunda denenmiştir. Ftalosiyanın bileşikleri için inhibisyon zonlarının 7-20 mm arasında değiştiği gözlenmiştir (Tablo 2). Bileşik **4+Ag** ve **6+Ag** 'nin tüm bakterilere karşı antibakteriyel aktivite gösterdiği belirlenmiştir. **4+Ag** bileşiğinin tüm test mikroorganizmaları üzerinde antimikrobiyal etki gösterdiği görülmektedir. Sentezlenen ftalosiyanın bileşiklerinin büyük çoğunluğu *S.aureus* ve *E.coli* bakterilerine karşı antibakteriyel aktivite sergilerken,  $\alpha$ -süstitüe Pc bileşikleri *B. subtilis* üzerinde antibakteriyel etki göstermemiştir. Genel olarak bakıldığında ftalosiyanın bileşiklerinin Gram negatif bakterilere karşı tespit edilen antimikrobiyal aktivitesi Gram pozitif bakterilere karşı tespit edilen antimikrobiyal aktivitesiyle benzerlik göstermektedir. *B. subtilis*, 3'-Pc bileşiklerinden etkilenmemesiyle farklı bir davranış sergilemektedir.  $\alpha$ -süstitüe Pc bileşiklerinden yalnızca **8** ve **9+Ag** bileşikleri *C.albicans* üzerinde inhibisyon etkisi göstermiştir; bu yönden  $\alpha$ -süstitüe Pc bileşiklerinin *C.albicans* üzerindeki antifungal etkisi *B.subtilis* üzerindeki antibakteriyel etkisiyle benzerlik göstermektedir. En yüksek antibakteriyel aktivite (12 mm inhibisyon zon çapı) bileşik **9+Ag** ile *S. aureus*'a karşı elde edilmiştir. En yüksek antifungal aktivite (20 mm inhibisyon zon çapı) yine bileşik **9+Ag** ile *C. albicans*'a karşı elde edilmiştir. En düşük antimikrobiyal aktivite ise sadece tek mikroorganizma üzerinde küçük birer inhibisyon zonu oluşturan **7+Pd** ve **8+Pd** bileşikleri ile elde edilmiştir. Disk difüzyon testi sonuçlarına bakıldığında; gümüş doplanmış ftalosiyanın bileşiklerinin genellikle doplanmamış hallerinden daha yüksek antimikrobiyal aktivite sergilediği gözlenmiştir. Bununla birlikte, test edilen standart antibiyotikler, tüm mikroorganizmalara karşı ftalosiyanın bileşiklerine kıyasla daha fazla antimikrobiyal etki göstermiştir. Fakat **9+Ag** bileşiği *C.albicans* üzerinde neredeyse Flukonazol kadar yüksek bir inhibisyon etkisine sahiptir.

**Tablo 2.** Sentezlenen ftalosiyenin bileşiklerinin, antibiyotik disklerin (pozitif kontrol) ve madde çözücüsünün (DMF; negatif kontrol) her bir test mikroorganizması için elde edilen disk difüzyon sonuçları

Bileşikler	İnhibisyon zon çapları (mm)			
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Candida albicans</i>
4	-	9	-	9
5	-	10	10	9
6	9	7	-	10
4+Ag	9	9	7	10
5+Ag	-	8	9	9
6+Ag	9	8	9	-
4+Pd	7	-	-	13
5+Pd	-	8	7	9
6+Pd	7	-	8	8
7	8	-	-	7
8	-	9	-	9
9	8	11	-	-
7+Ag	9	8	-	-
8+Ag	7	9	-	-
9+Ag	9	12	-	20
7+Pd	8	-	-	-
8+Pd	-	7	-	-
9+Pd	7	7	-	-
DMF	-	-	-	8
Ampisilin	25	41	41	-
Flukonazol	-	-	-	15

Yapılan çalışmada Gram pozitif ve Gram negatif bakterilere karşı ftalosiyenin bileşiklerinin MİK değerlerinin 25-75 µg/mL arasında olduğu, maya izolatına karşı MİK değerlerinin ise 25-50 µg/mL arasında olduğu tespit edilmiştir. MİK değerlerinin belirlenmesinin ardından MBK değerleri belirlenmiştir. Bu amaçla bulanıklık görülmeyen tüm tüplerden katı besiyerine ekim yapılmıştır. Tüm mikroorganizmalar için, bulunan MBK değerleri MİK değerlerini doğrular niteliktedir; MBK değerlerinin MİK değerleri ile örtüştüğü tespit edilmiştir. Bileşiklerin MİK ve

MBK sonuçlarına bakıldığında tüm bileşikler arasında **9+Ag** bileşiğinin 25 µg/mL'lik MİK değeri (*E.coli*, *S.aureus* ve *C.albicans*) ve 50 µg/mL'lik MBK değerleriyle (*E.coli*, *S.aureus* ve *C.albicans*) antimikrobiyal etkisi en yüksek bileşik olduğu söylenebilir. **9+Ag** düşük konsantrasyonlarda dahi yüksek antimikrobiyal özellik göstermektedir. Bu anlamda MİK ve MBK deney sonuçları disk difüzyon deney sonuçlarını desteklemektedir. **9+Ag**'nin ardından sırasıyla **8+Ag** ve **4+Ag** bileşikler de benzer şekilde düşük konsantrasyonlarda yüksek antimikrobiyal etki göstermişlerdir.

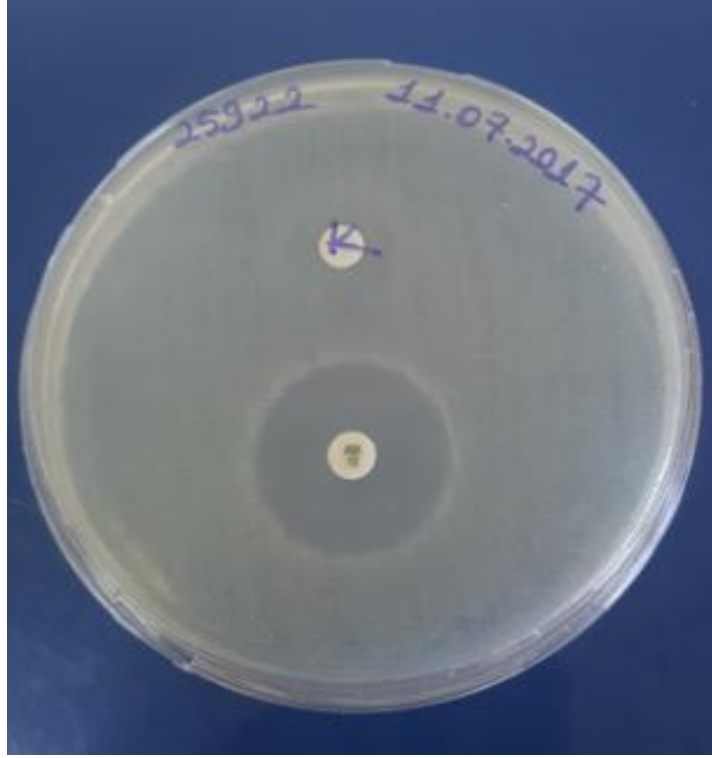
**Tablo 3.** Sentezlenen ftalosiyanın bileşiklerinin, her bir test mikroorganizması için elde edilen MİK sonuçları

Bileşikler	Minimum İnhibitör Konsantrasyonu (MİK) Değerleri (µg/mL)			
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Candida albicans</i>
<b>4</b>	-	50	-	25
<b>5</b>	-	50	50	50
<b>6</b>	75	50	-	50
<b>4+Ag</b>	25	25	50	50
<b>5+Ag</b>	-	50	25	50
<b>6+Ag</b>	50	50	50	-
<b>4+Pd</b>	75	-	-	25
<b>5+Pd</b>	-	50	75	25
<b>6+Pd</b>	75	-	75	-
<b>7</b>	75	-	-	-
<b>8</b>	-	50	-	50
<b>9</b>	50	25	-	-
<b>7+Ag</b>	50	25	-	-
<b>8+Ag</b>	25	25	-	-
<b>9+Ag</b>	25	25	-	25
<b>7+Pd</b>	75	-	-	-
<b>8+Pd</b>	-	50	-	-
<b>9+Pd</b>	75	50	-	-

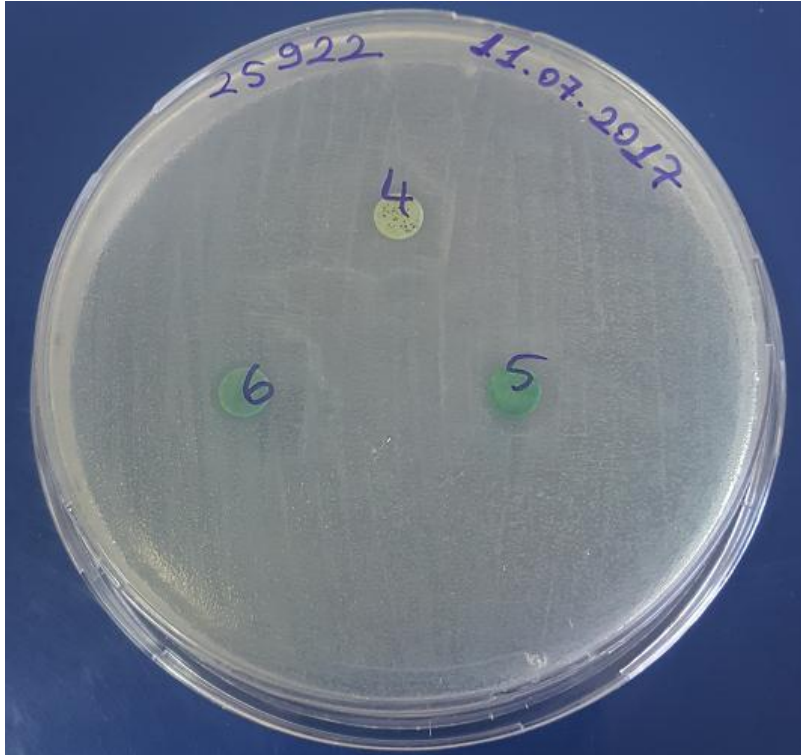
**Tablo 4.** Sentezlenen ftalosiyenin bileşiklerinin, her bir test mikroorganizması için elde edilen MBK/MLK sonuçları

Bileşikler	Minimum Bakterisidal/Letal Konsatrasyonu (MBK/MLK) Değerleri (µg/mL)			
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Candida albicans</i>
4	-	100	-	100
5	-	100	100	100
6	100	100	-	100
4+Ag	50	50	100	100
5+Ag	-	100	100	100
6+Ag	100	100	100	-
4+Pd	100	-	-	100
5+Pd	-	100	100	100
6+Pd	100	-	100	-
7	100	-	-	-
8	-	100	-	100
9	100	100	-	-
7+Ag	100	50	-	-
8+Ag	50	50	-	-
9+Ag	50	50	-	50
7+Pd	100	-	-	-
8+Pd	-	100	-	-
9+Pd	100	100	-	-

Aşağıda ftalosiyenin bileşiklerinin etkili oldukları mikroorganizmalar üzerinde oluşturdukları inhibisyon zonlarını gösteren disk difüzyon testine ait şekiller verilmiştir. (Şekil 3.68.- Şekil 3.95).

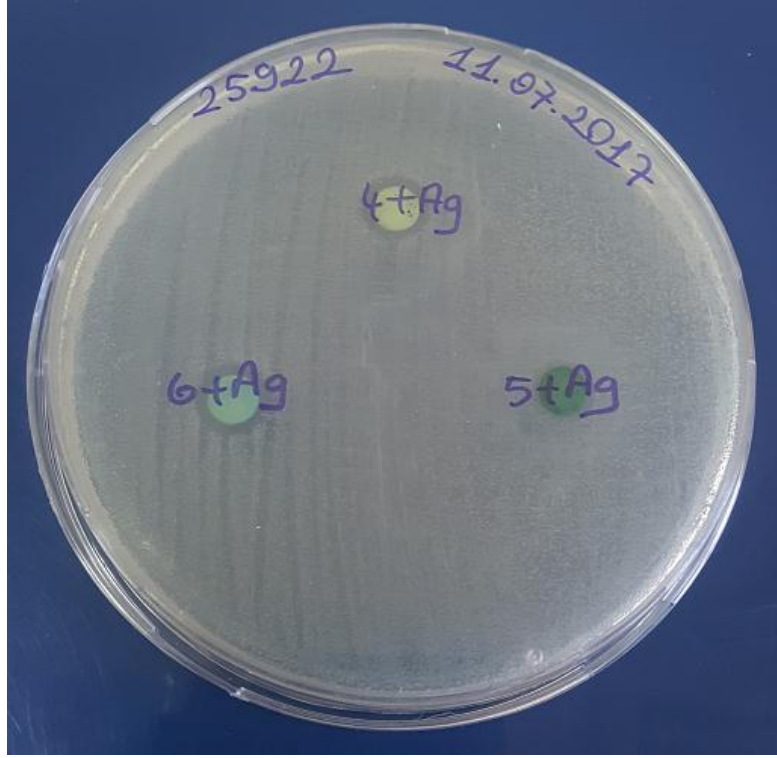


Şekil 3.68. Ftalosiyenin bileşik çözücüsü (kontrol) emdirilmiş disk ve antibiyotik standart diskin *E.coli* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları; **K**: kontrol (DMF), **AM10**: Ampisilin 10 µg

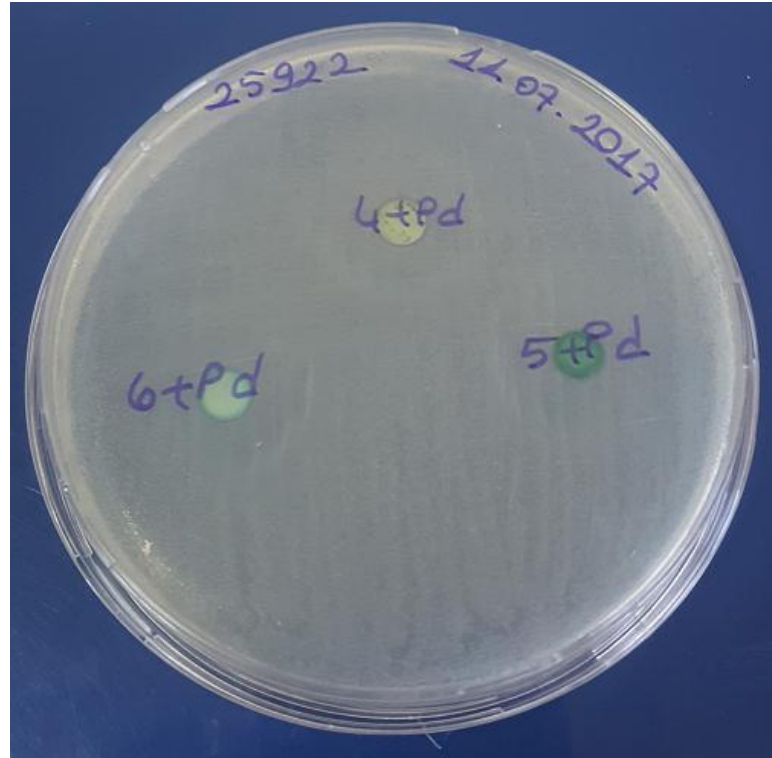


Şekil 3.69. **4**, **5**, **6** ftalosiyenin bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *E.coli* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları

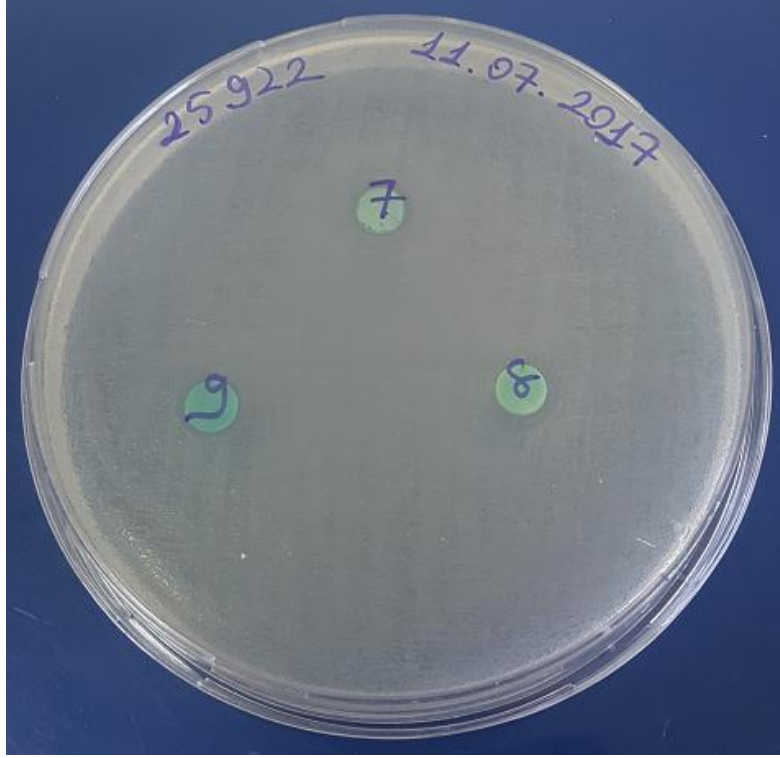




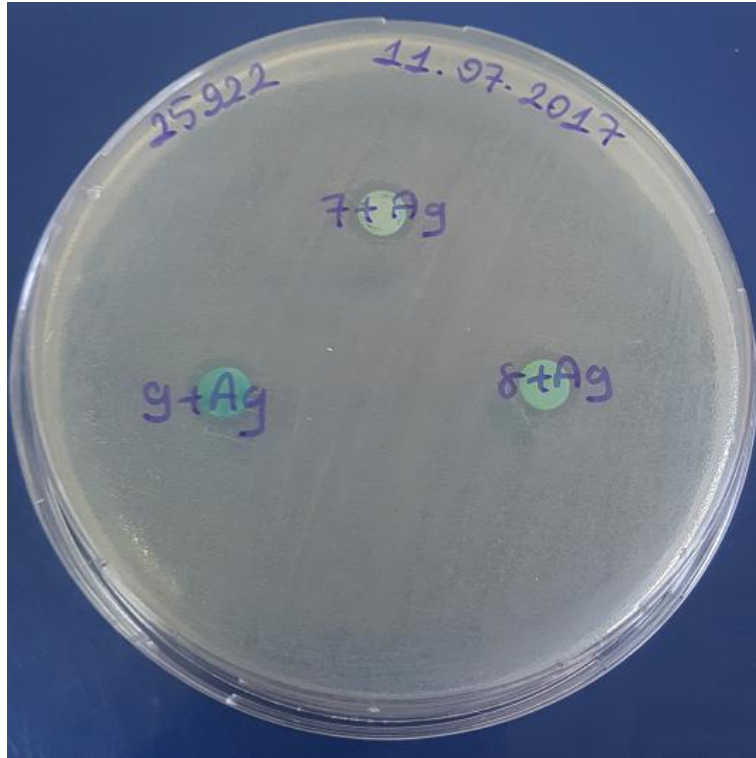
Şekil 3.70. **4+Ag**, **5+Ag**, **6+Ag** ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *E.coli* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları



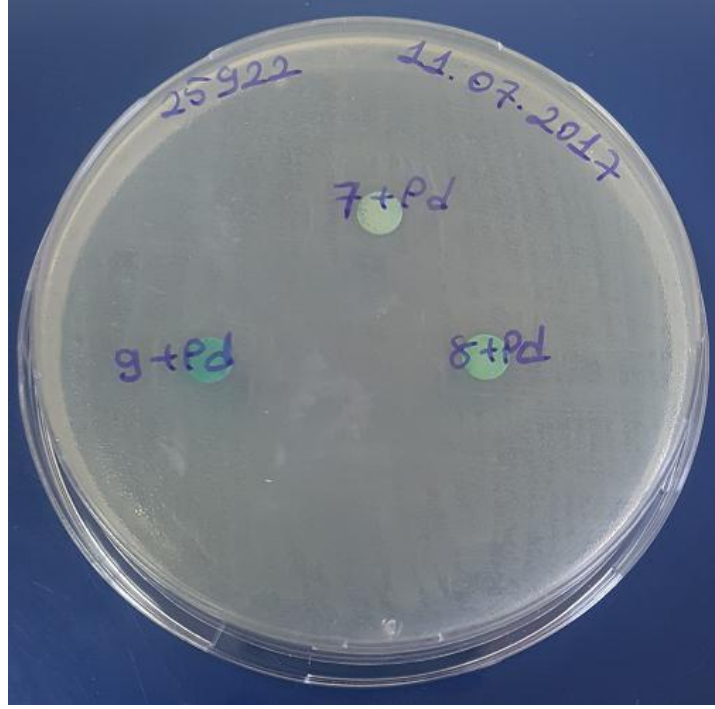
Şekil 3.71. **4+Pd**, **5+Pd**, **6+Pd** ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *E.coli* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları



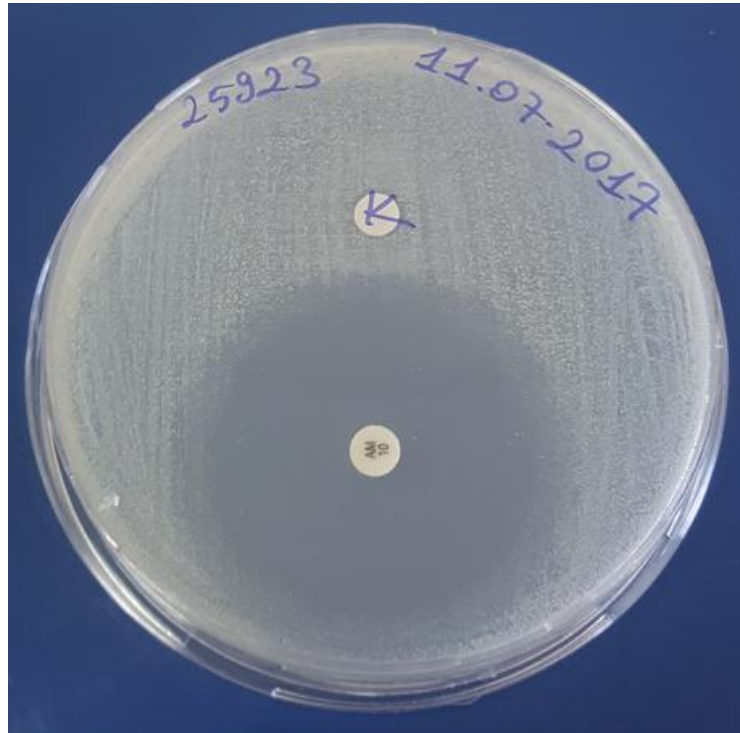
Şekil 3.72. 7, 8, 9 ftalosiyenin bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *E.coli* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları



Şekil 3.73. 7+Ag, 8+Ag, 9+Ag ftalosiyenin bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *E.coli* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları



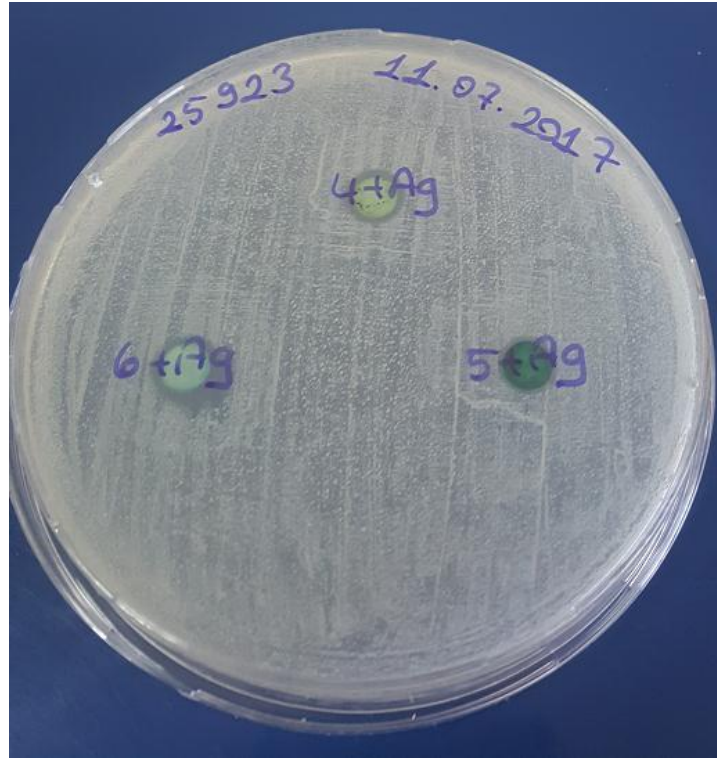
Şekil 3.74. 7+Pd, 8+Pd, 9+Pd ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *E.coli* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları



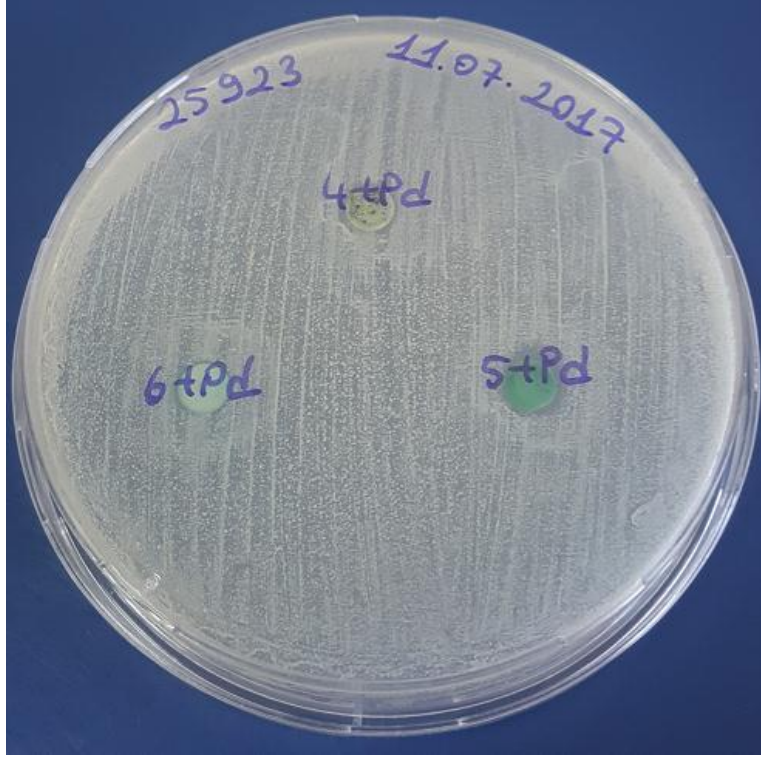
Şekil 3.75. Ftalosiyanın bileşik çözücüsü (kontrol) emdirilmiş disk ve antibiyotik standart diskin *S. aureus* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları; **K**: kontrol (DMF), **AM10**: Ampisilin 10 µg



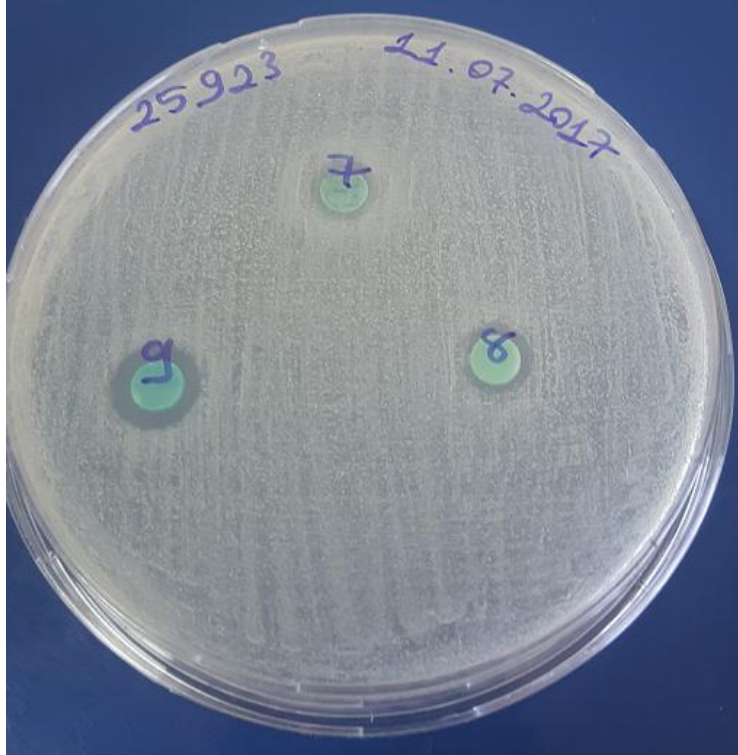
Şekil 3.76. 4, 5, 6 ftalosiyenin bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *S. aureus* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları



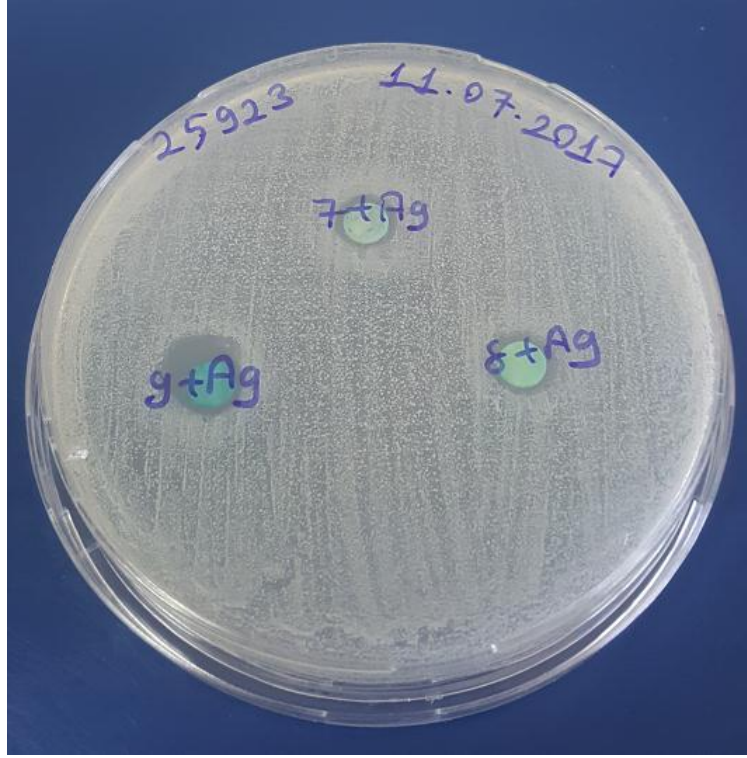
Şekil 3.77. 4+Ag, 5+Ag, 6+Ag ftalosiyenin bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *S. aureus* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları



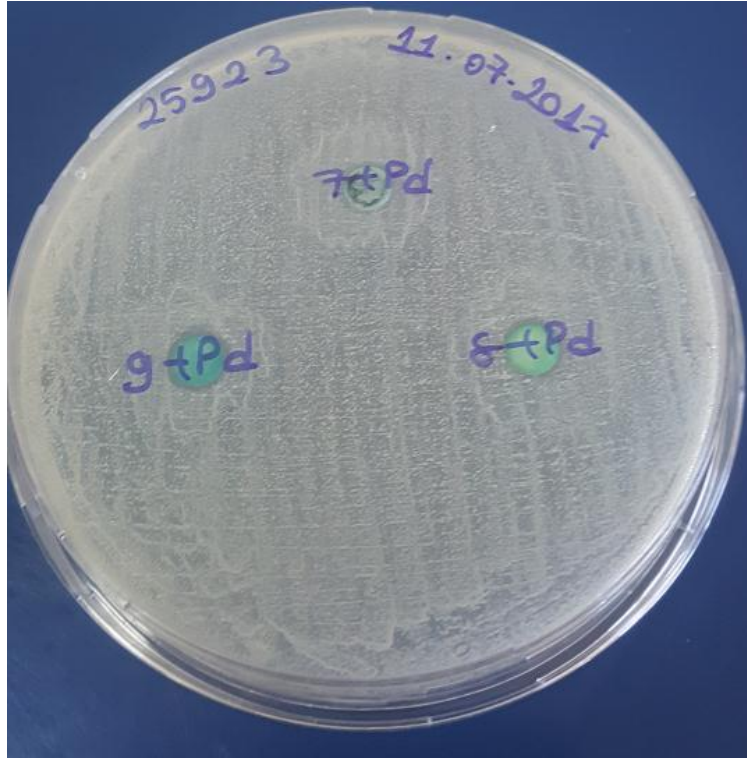
Şekil 3.78. 4+Pd, 5+Pd, 6+Pd ftalosiyenin bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *S. aureus* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları



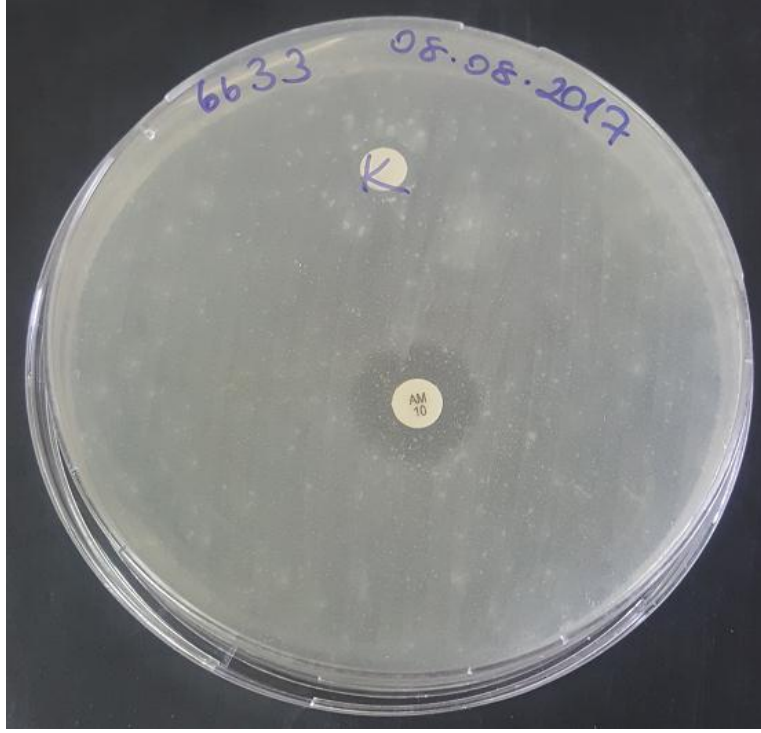
Şekil 3.79. 7, 8, 9 ftalosiyenin bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *S. aureus* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları



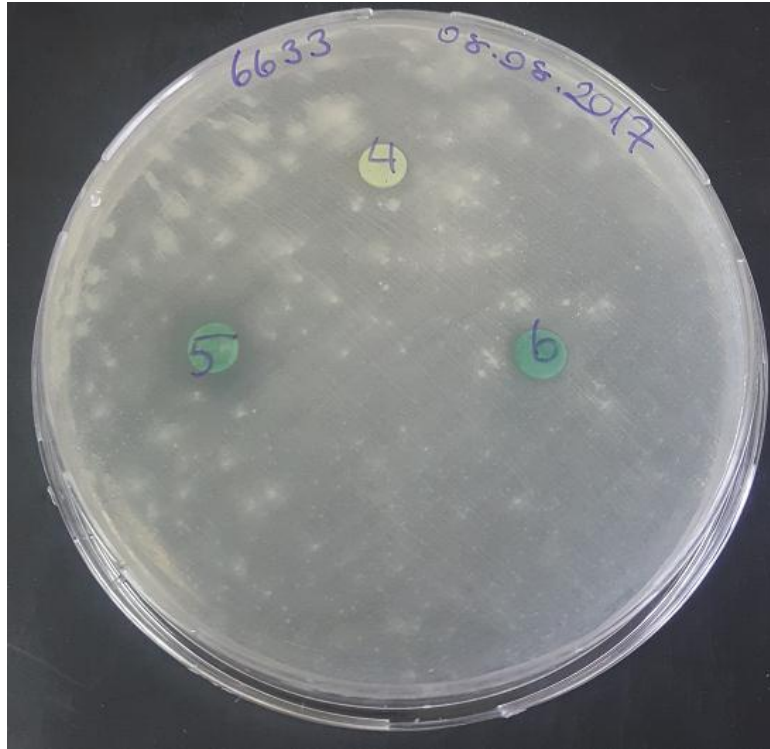
Şekil 3.80. **7+Ag**, **8+Ag**, **9+Ag** ftalosiyenin bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *S. aureus* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları



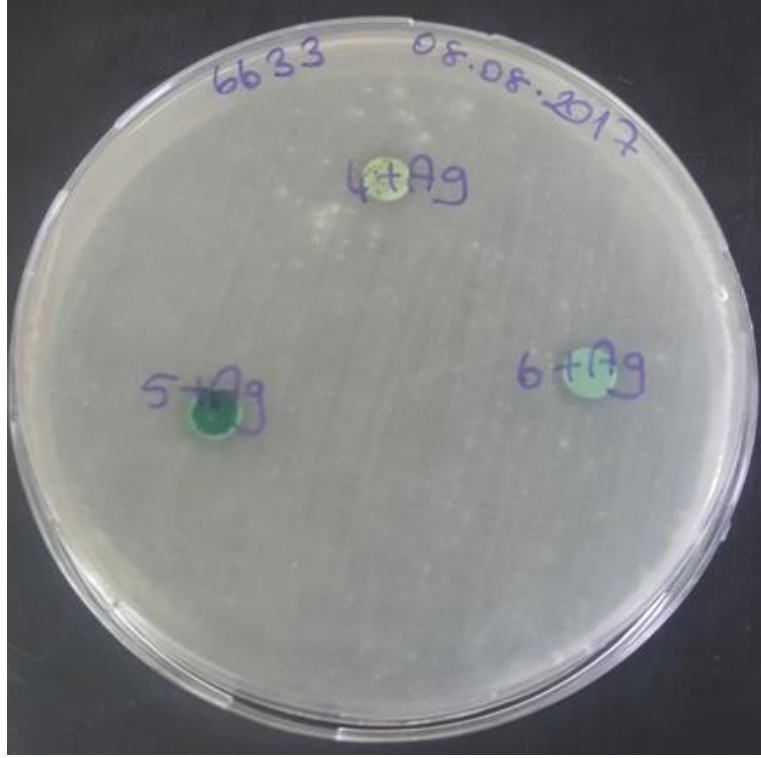
Şekil 3.81. **7+Pd**, **8+Pd**, **9+Pd** ftalosiyenin bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *S. aureus* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları



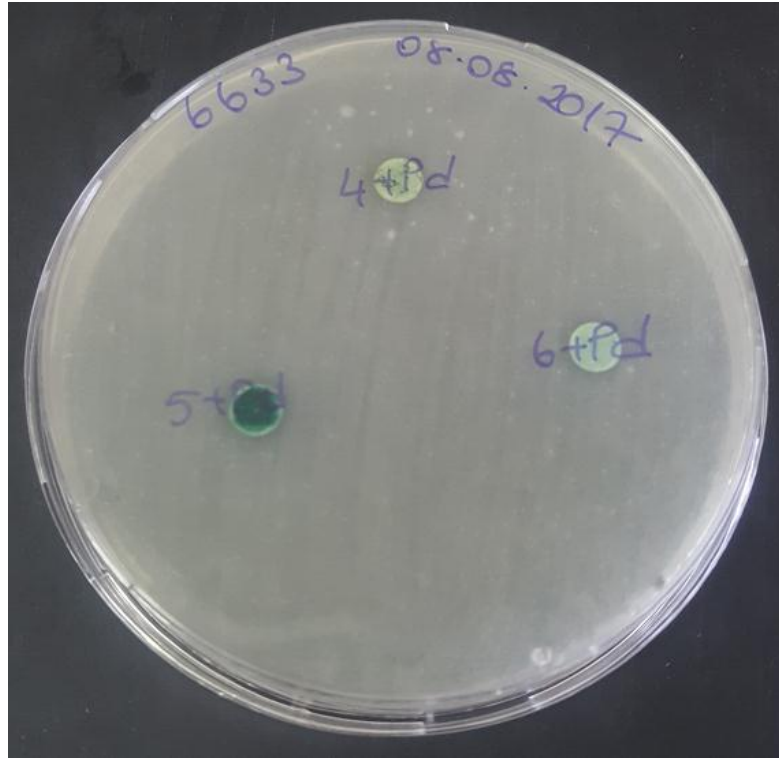
Şekil 3.82. Ftalosiyanın bileşik çözücüsü (kontrol) emdirilmiş disk ve antibiyotik standart diskin *B. subtilis* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları; **K**: kontrol (DMF), **AM10**: Ampisilin 10 µg



Şekil 3.83. **4**, **5**, **6** ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *B. subtilis* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları

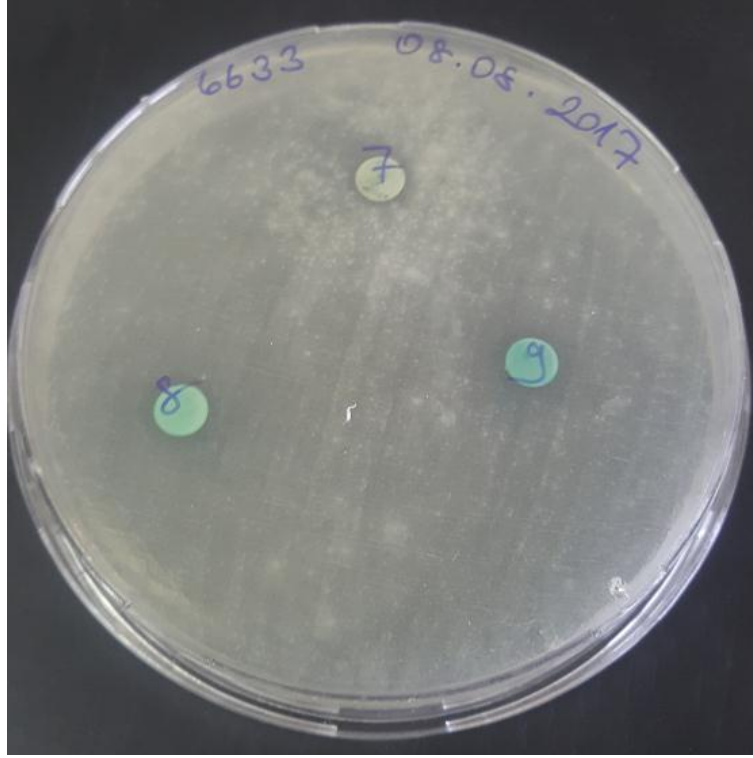


Şekil 3.84. **4+Ag**, **5+Ag**, **6+Ag** ftalosiyenin bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *B. subtilis* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları

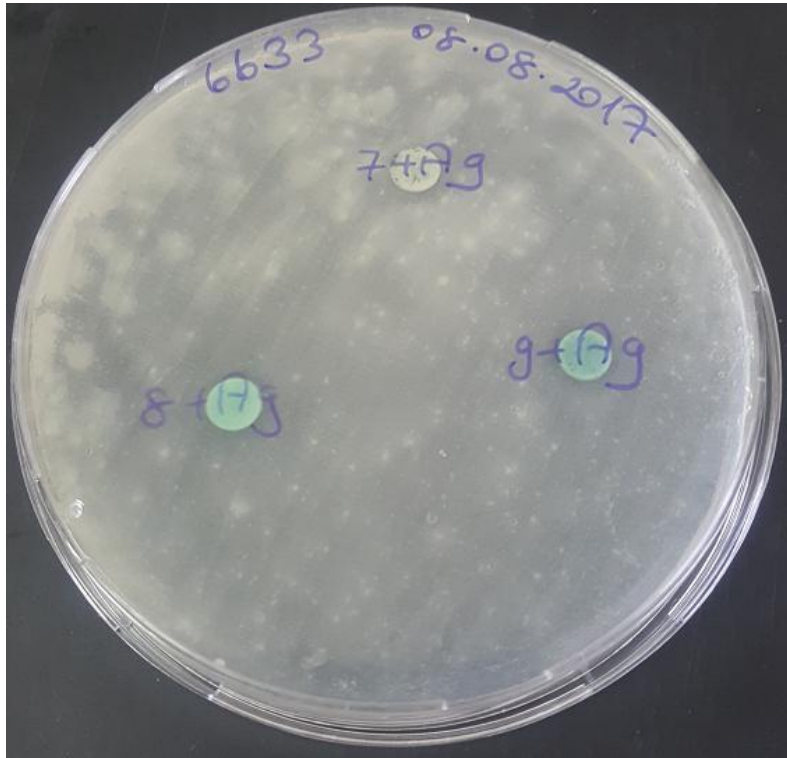


Şekil 3.85. **4+Pd**, **5+Pd**, **6+Pd** ftalosiyenin bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *B. subtilis* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları

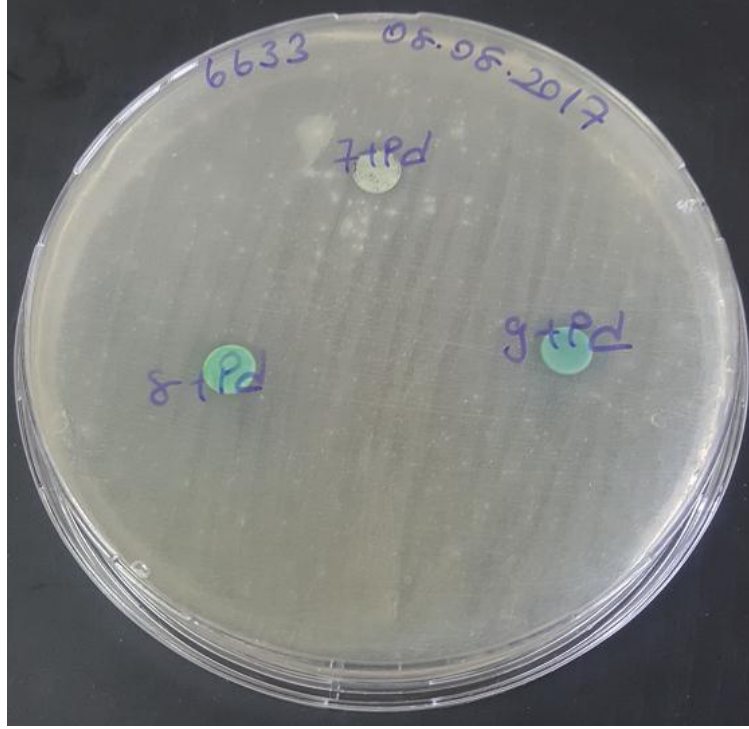




Şekil 3.86. 7, 8, 9 ftalosiyenin bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *B. subtilis* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları



Şekil 3.87. 7+Ag, 8+Ag, 9+Ag ftalosiyenin bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *B. subtilis* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları



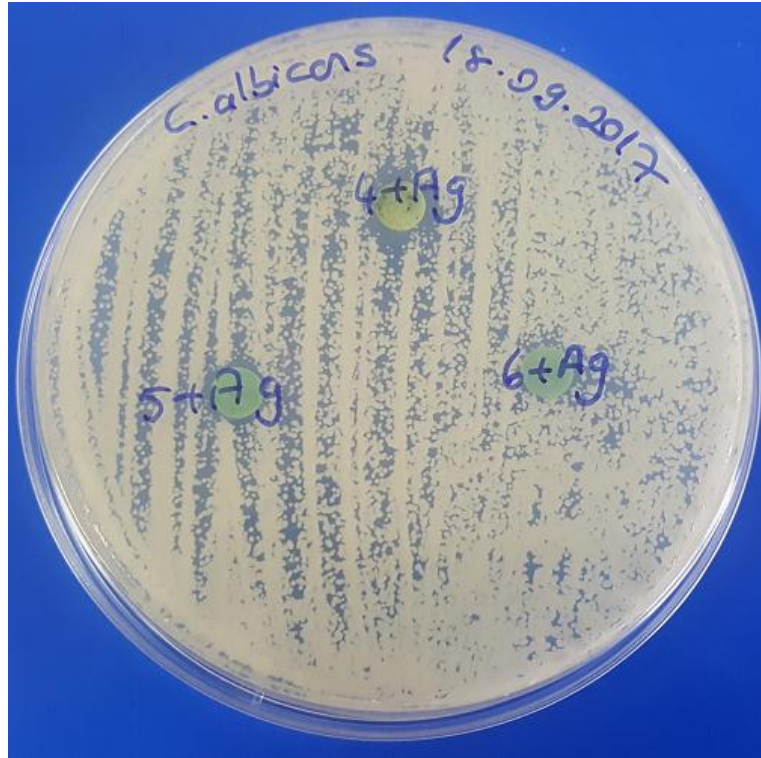
Şekil 3.88. **7+Pd**, **8+Pd**, **9+Pd** ftalosiyanin bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *B. subtilis* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları



Şekil 3.89. Ftalosiyanin bileşik çözücüsü (kontrol) emdirilmiş disk ve antibiyotik standart diskin *C. albicans* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları; **K**: kontrol (DMF), **FLU25**: Ampisilin 25 µg



Şekil 3.90. 4, 5, 6 ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *C.albicans* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları



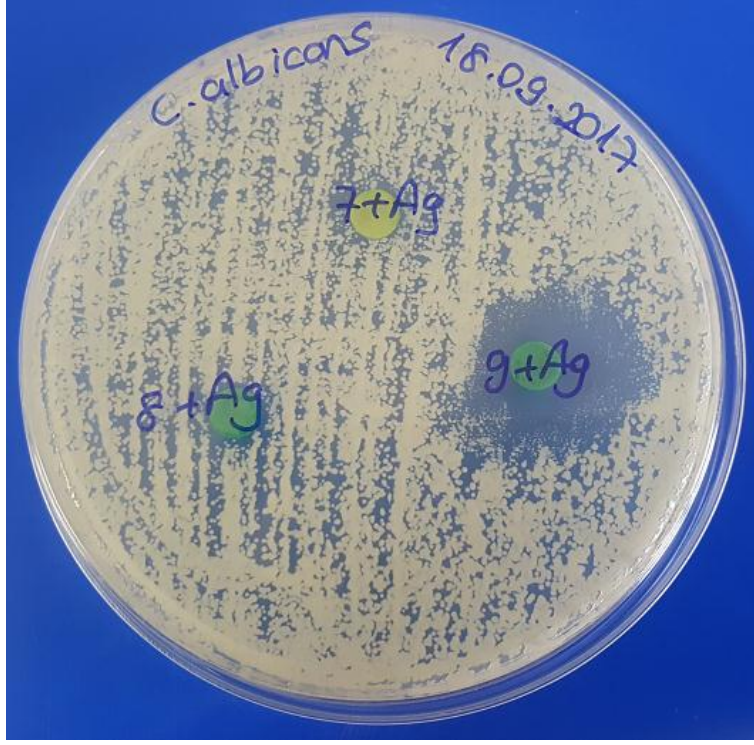
Şekil 3.91. 4+Ag, 5+Ag, 6+Ag ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *C.albicans* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları



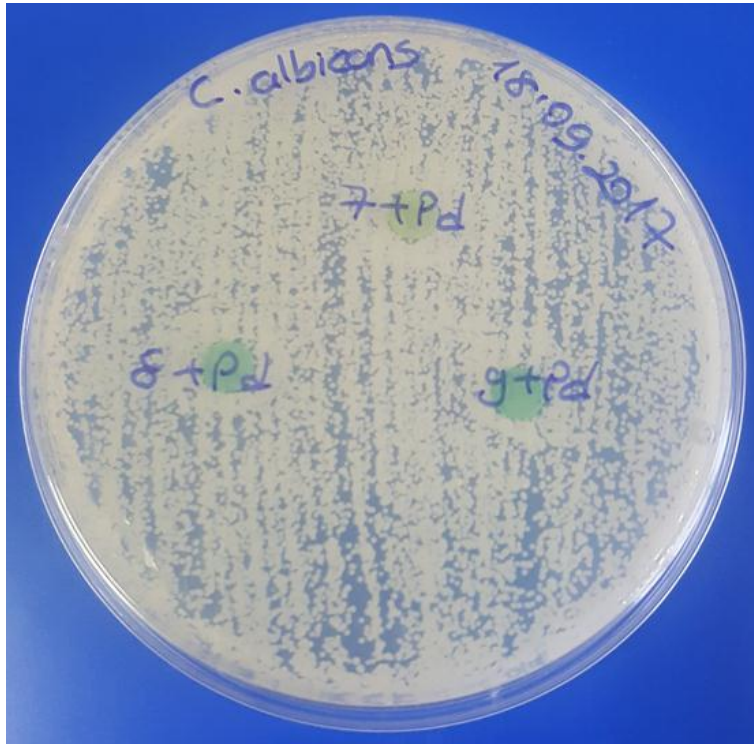
Şekil 3.92. 4+Pd, 5+Pd, 6+Pd ftalosiyanin bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *C.albicans* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları



Şekil 3.93. 7, 8, 9 ftalosiyanin bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *C.albicans* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları

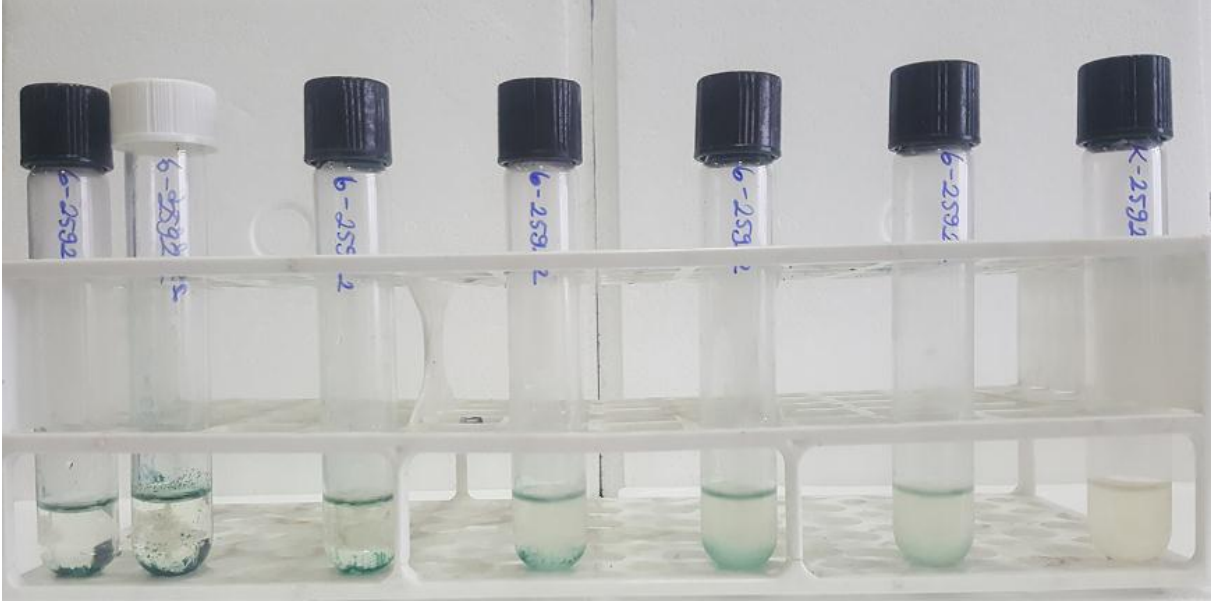


Şekil 3.94. **7+Ag**, **8+Ag**, **9+Ag** ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *C.albicans* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları

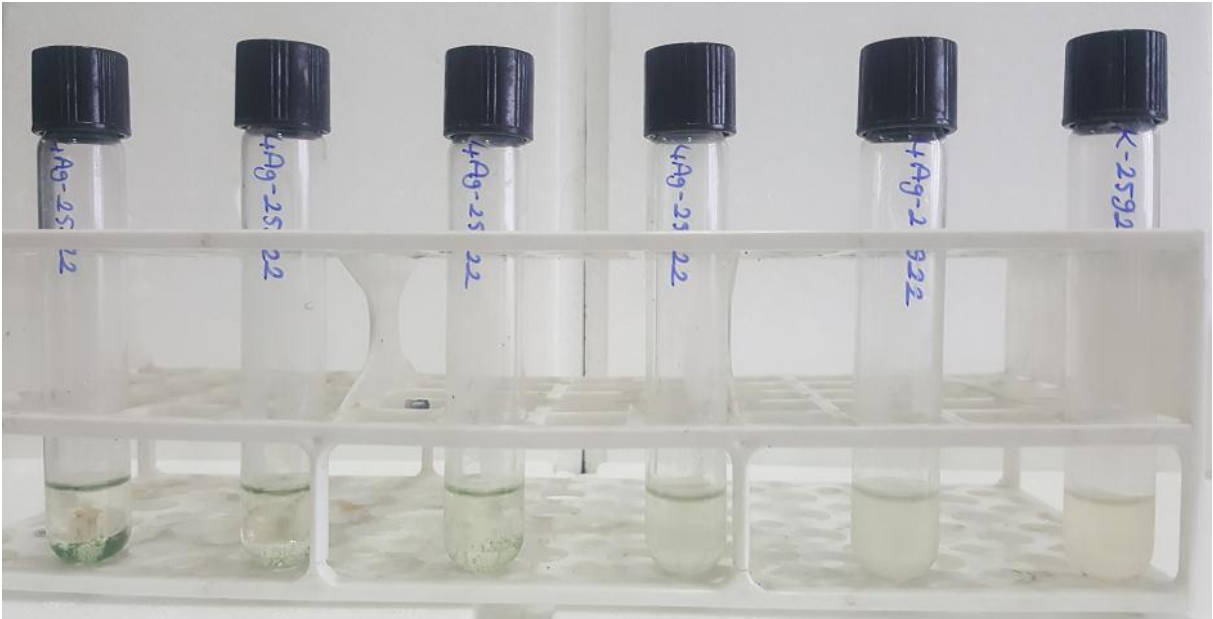


Şekil 3.95. **7+Pd**, **8+Pd**, **9+Pd** ftalosiyanın bileşik çözeltileri emdirilmiş disklerin *C.albicans* üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları

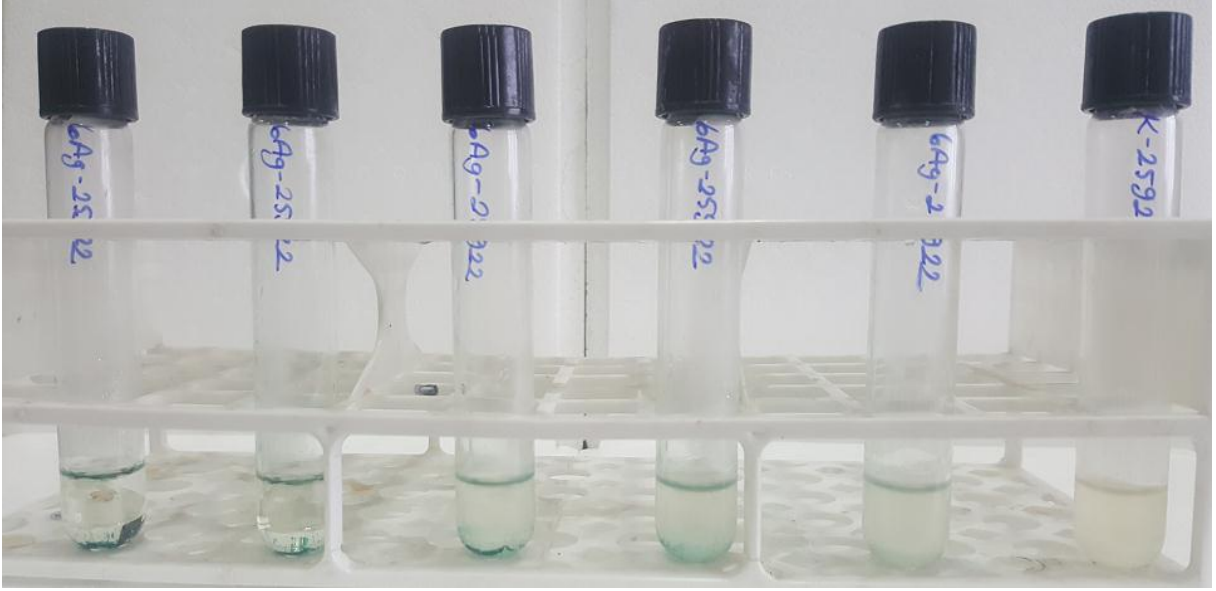
Aşağıda ftalosiyanın bileşiklerinin disk difüzyon testinde inhibisyon etkisi yarattığı mikroorganizmalarla gerçekleştirilen MİK ve MBK test sonuçlarına ait şekiller verilmiştir (Şekil 3.96.- Şekil 3.178).



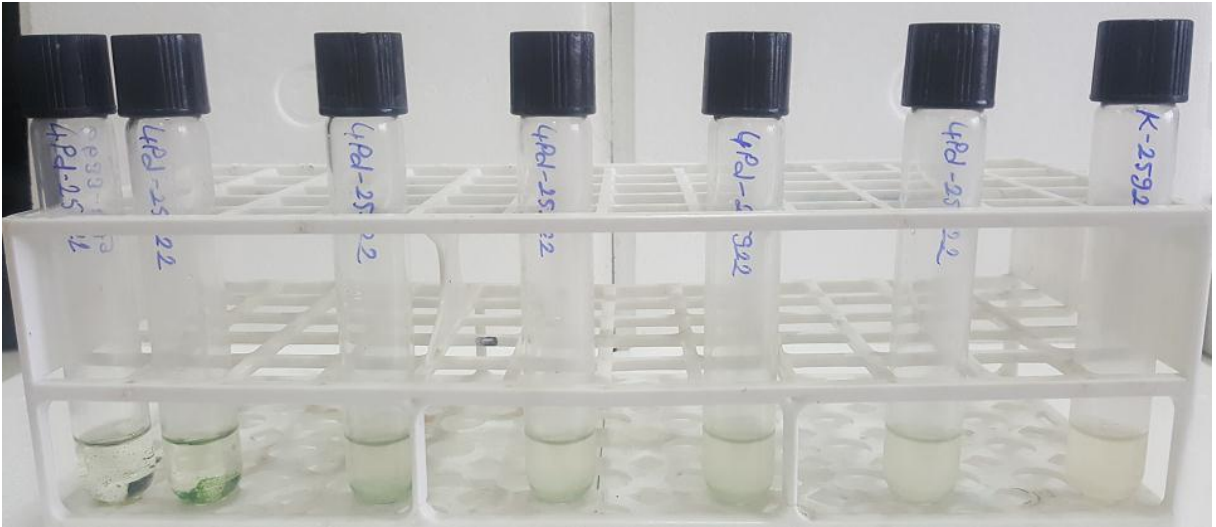
Şekil 3.96. Bileşik 6 *E.coli* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki 6 bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-75-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



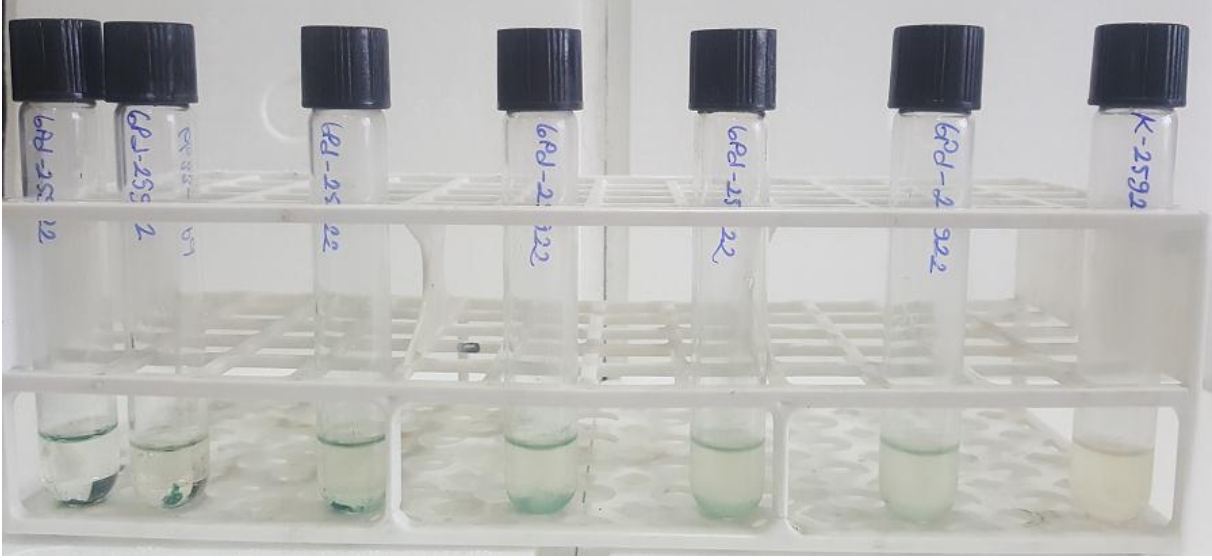
Şekil 3.97. Bileşik 4+Ag *E.coli* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki 4+Ag bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



Şekil 3.98. Bileşik **6+Ag** *E.coli* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **6+Ag** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



Şekil 3.99. Bileşik **4+Pd** *E.coli* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **4+Pd** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-75-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)

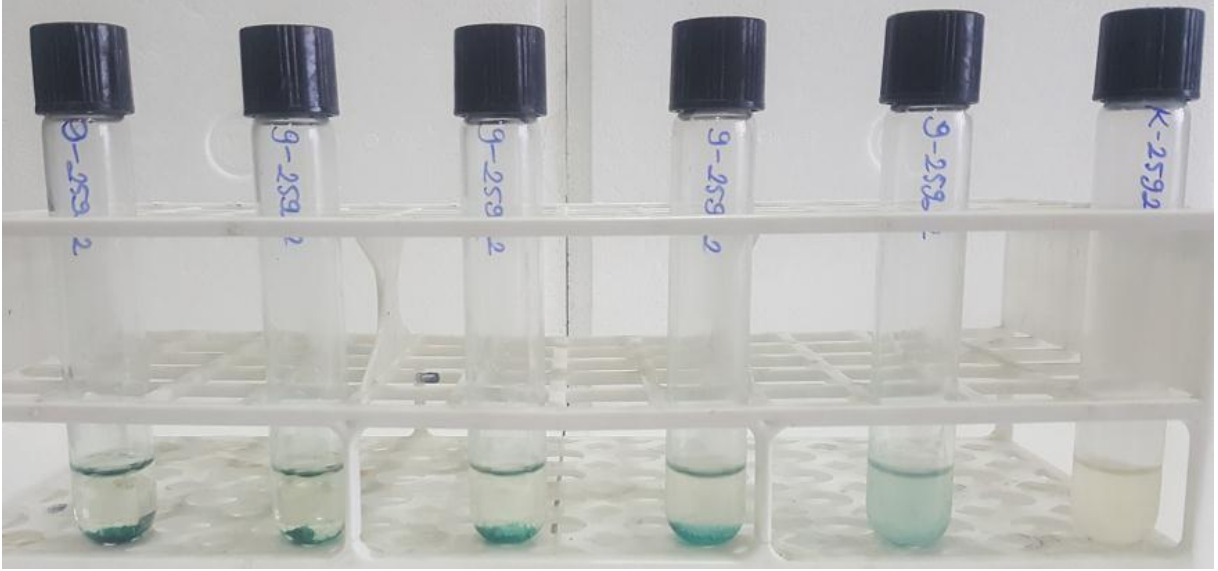


Şekil 3.100. Bileşik **6+Pd** *E.coli* Mik deneyi sonuçları (tüplerdeki **6+Pd** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-75-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)

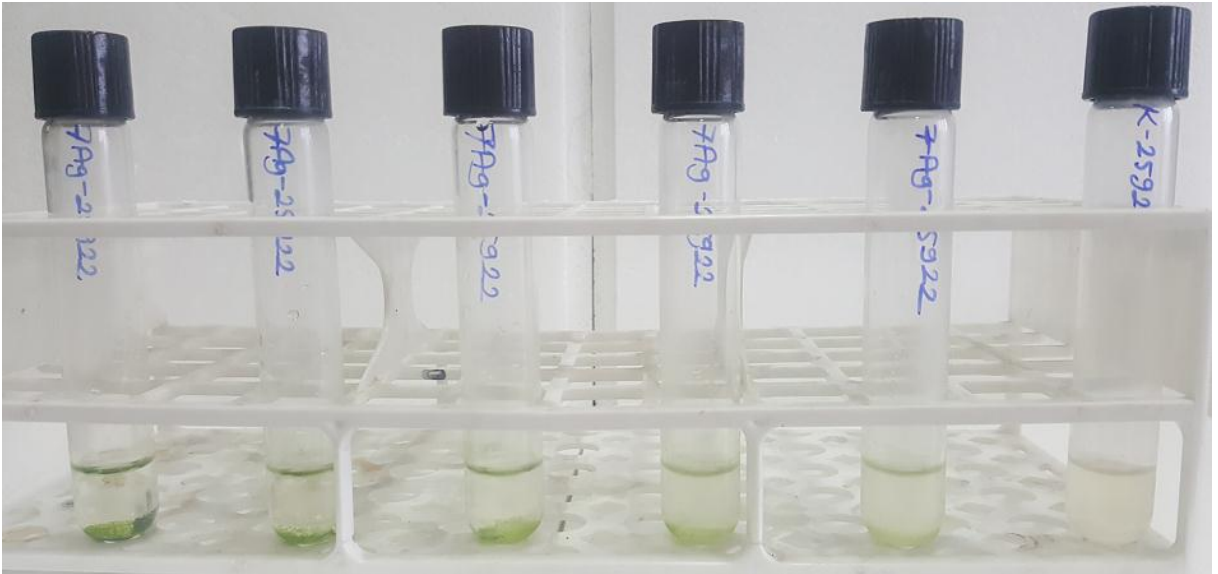


Şekil 3.101. Bileşik **7** *E.coli* Mik deneyi sonuçları (tüplerdeki **7** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-75-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)

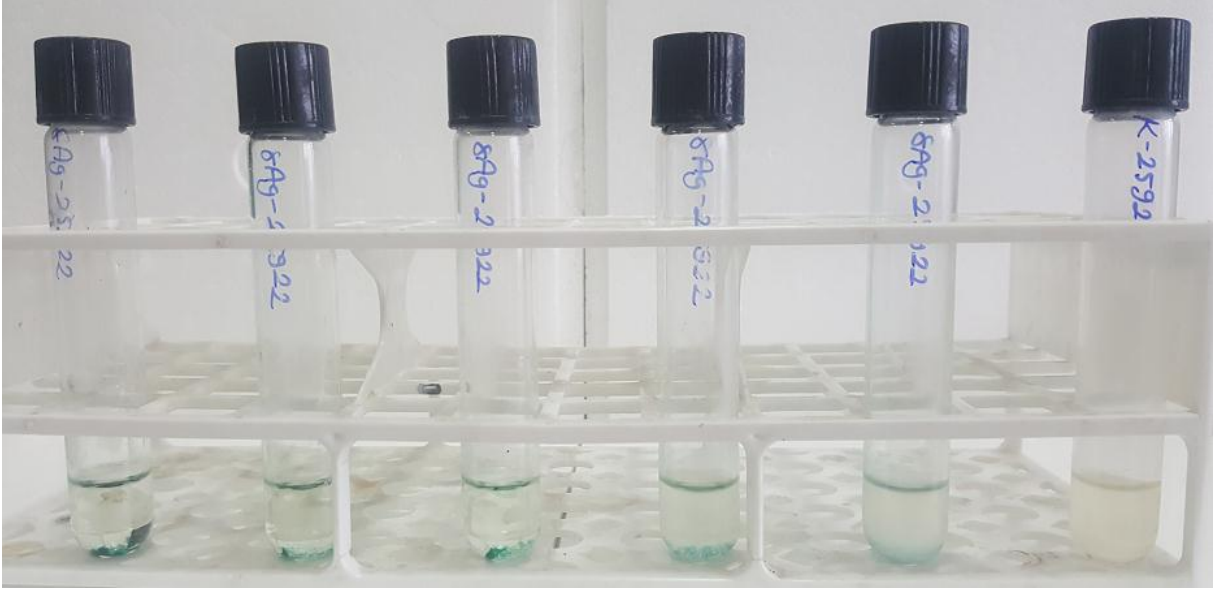




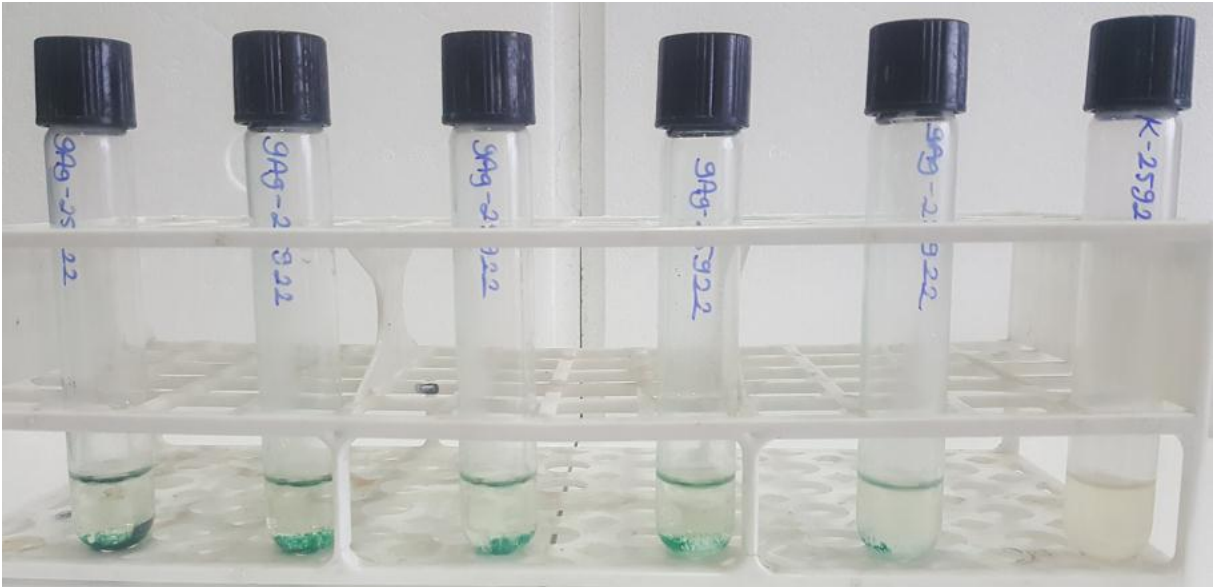
Şekil 3.102. Bileşik **9** *E.coli* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **9** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



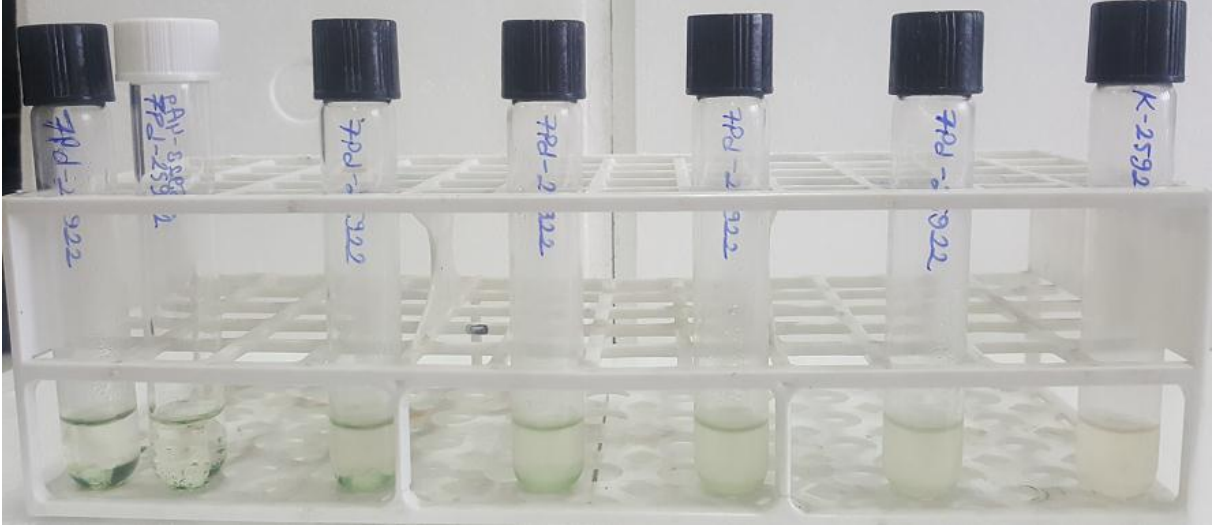
Şekil 3.103. Bileşik **7+Ag** *E.coli* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **7+Ag** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



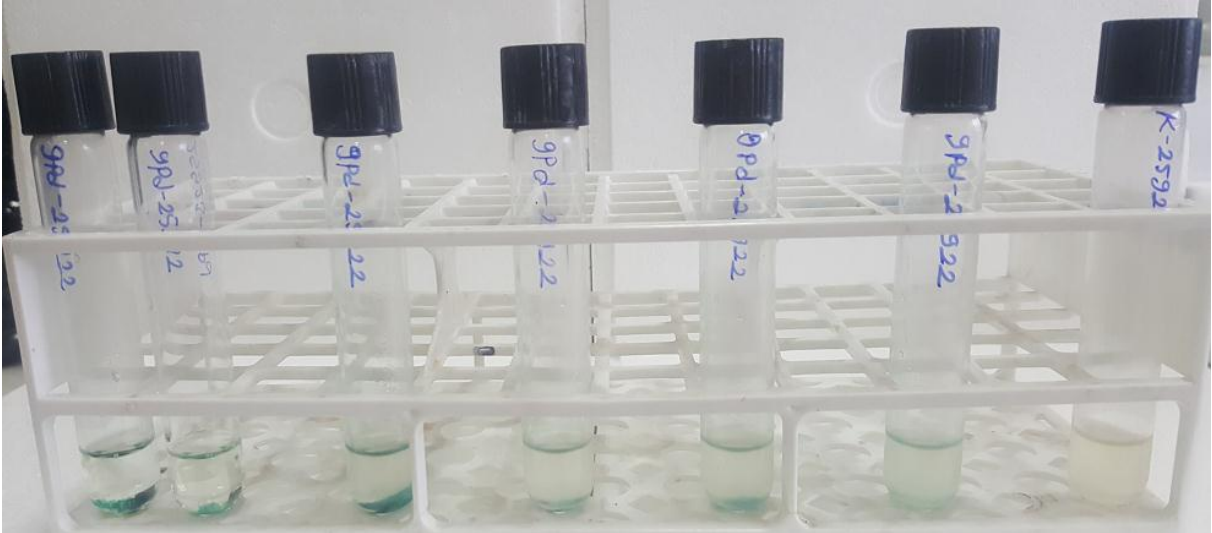
Şekil 3.104. Bileşik **8+Ag** *E.coli* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **8+Ag** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



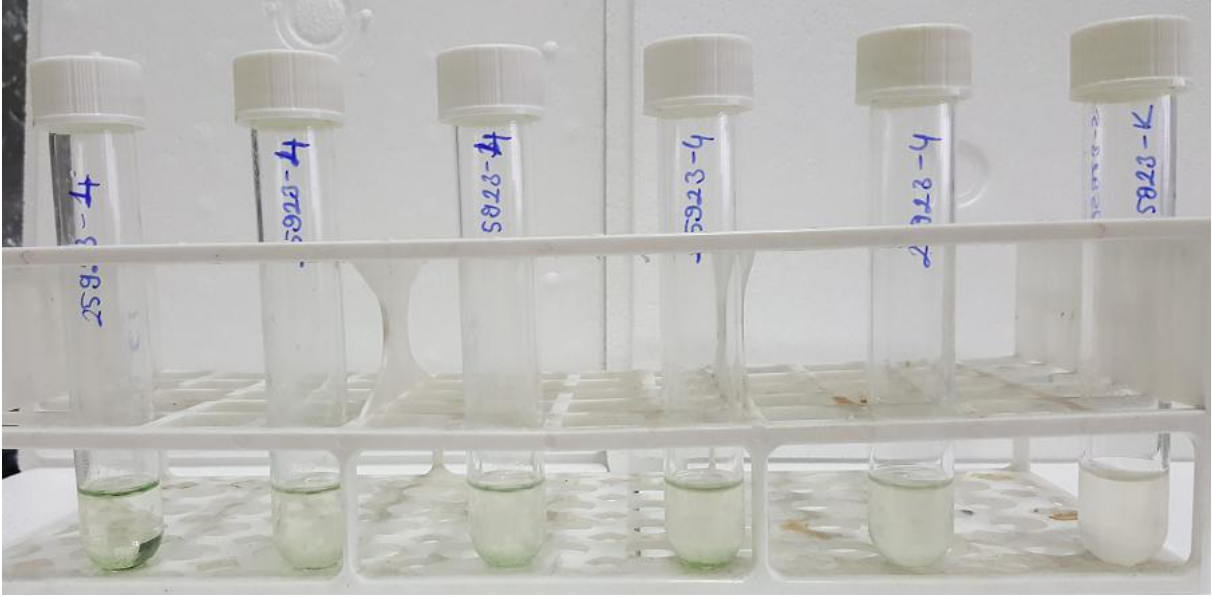
Şekil 3.105. Bileşik **9+Ag** *E.coli* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **9+Ag** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



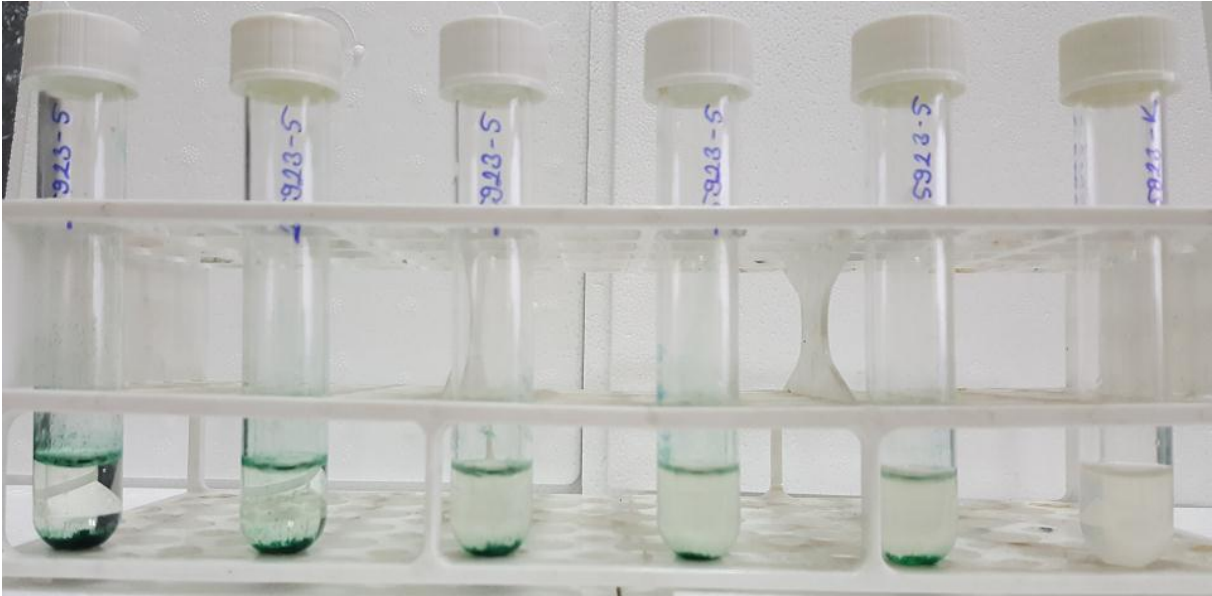
Şekil 3.106. Bileşik **7+Pd** *E.coli* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **7+Pd** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-75-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



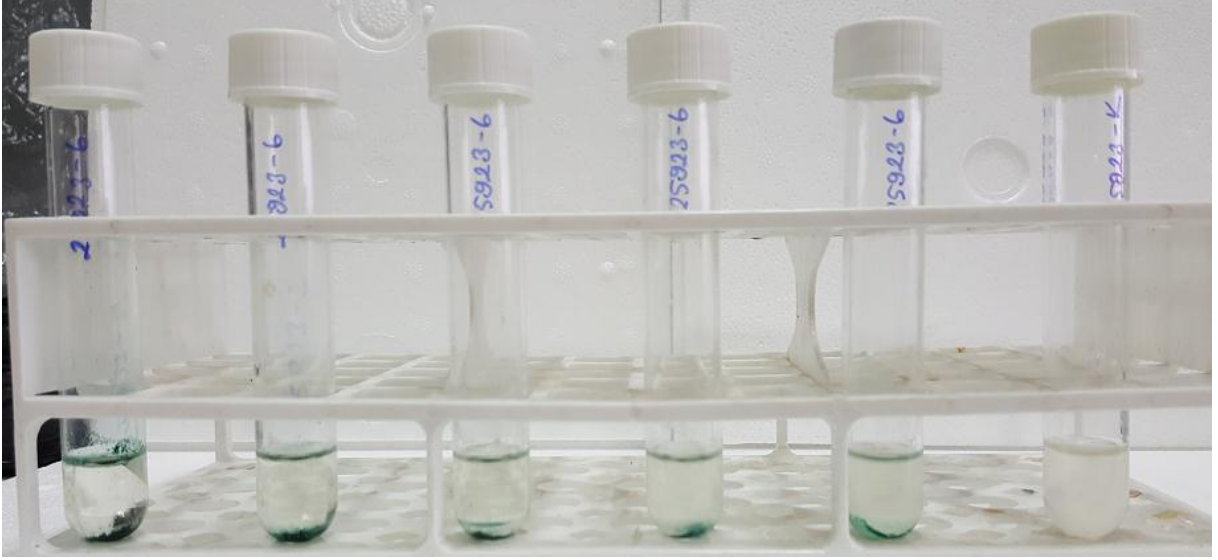
Şekil 3.107. Bileşik **9+Pd** *E.coli* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **9+Pd** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-75-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



Şekil 3.108. Bileşik 4 *S.aureus* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki 4 bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



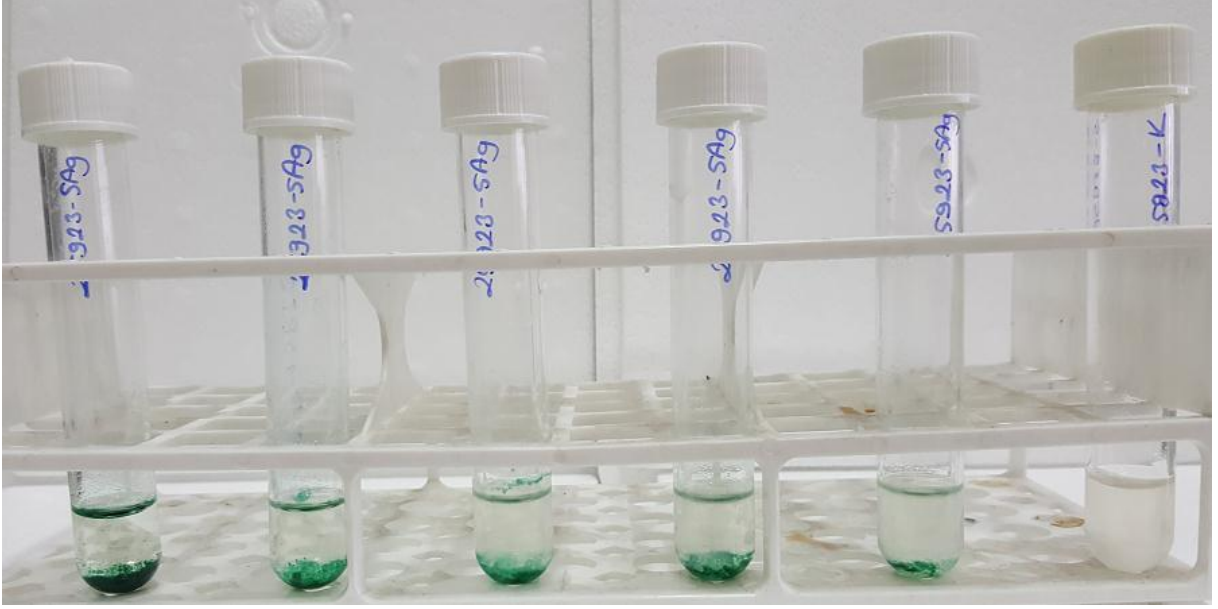
Şekil 3.109. Bileşik 5 *S.aureus* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki 5 bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



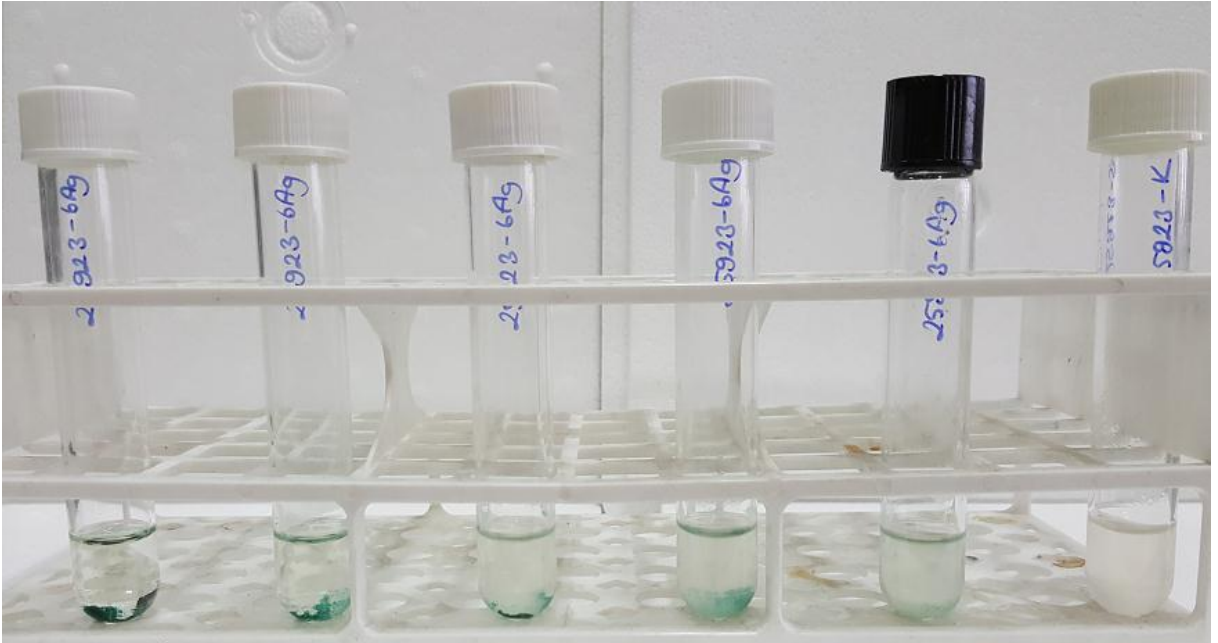
Şekil 3.110. Bileşik **6** *S.aureus* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **6** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



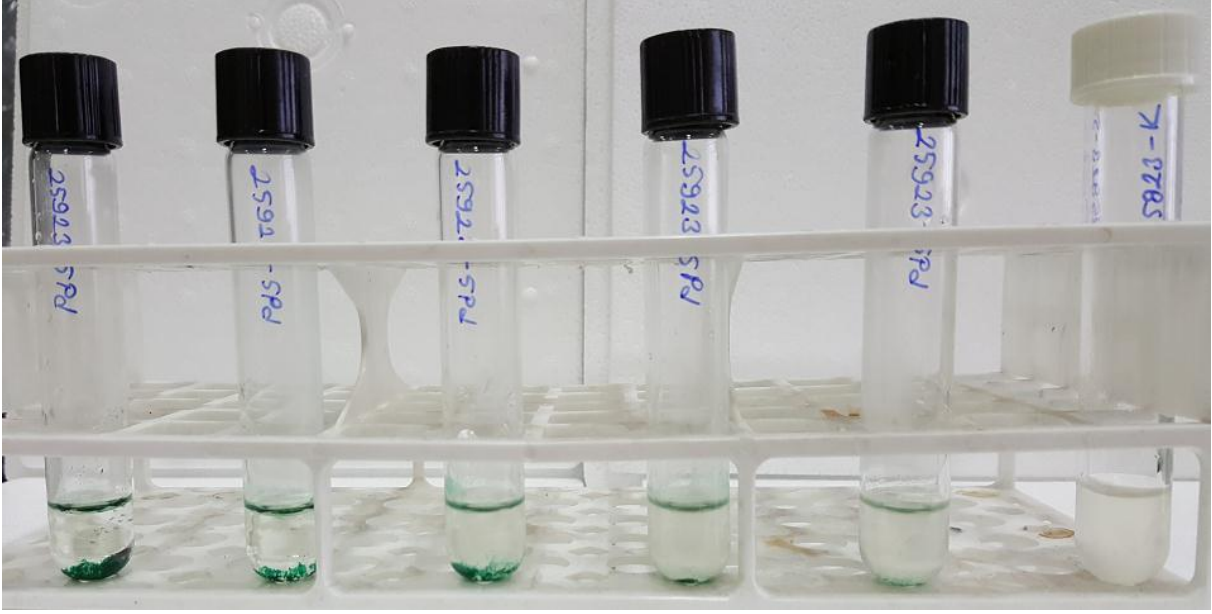
Şekil 3.111. Bileşik **4+Ag** *S.aureus* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **4+Ag** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



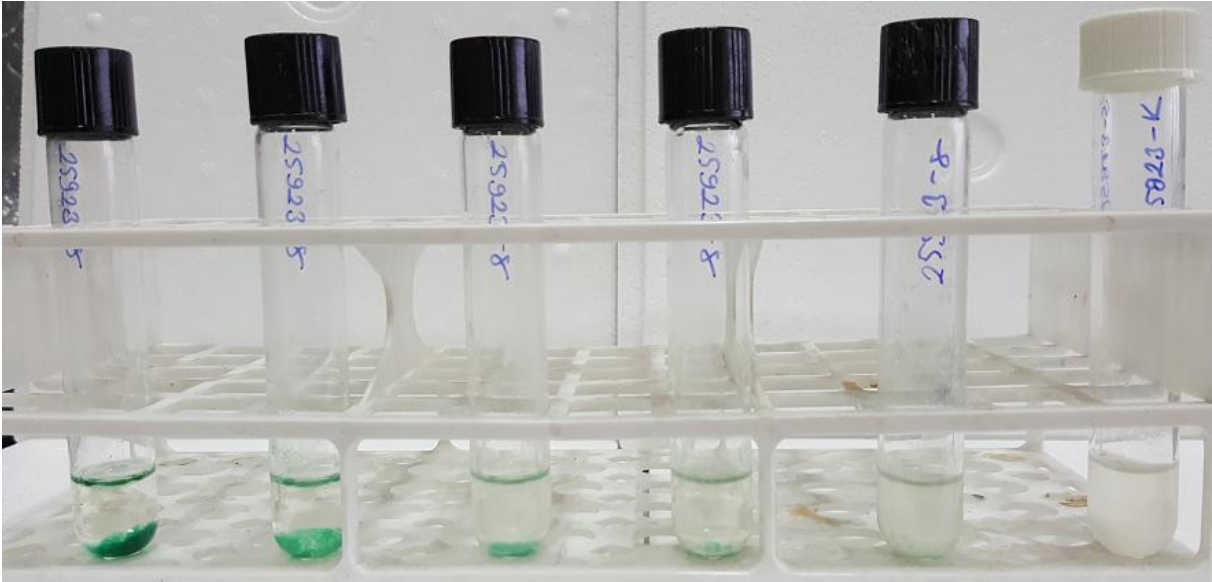
Şekil 3.112. Bileşik **5+Ag** *S.aureus* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **5+Ag** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



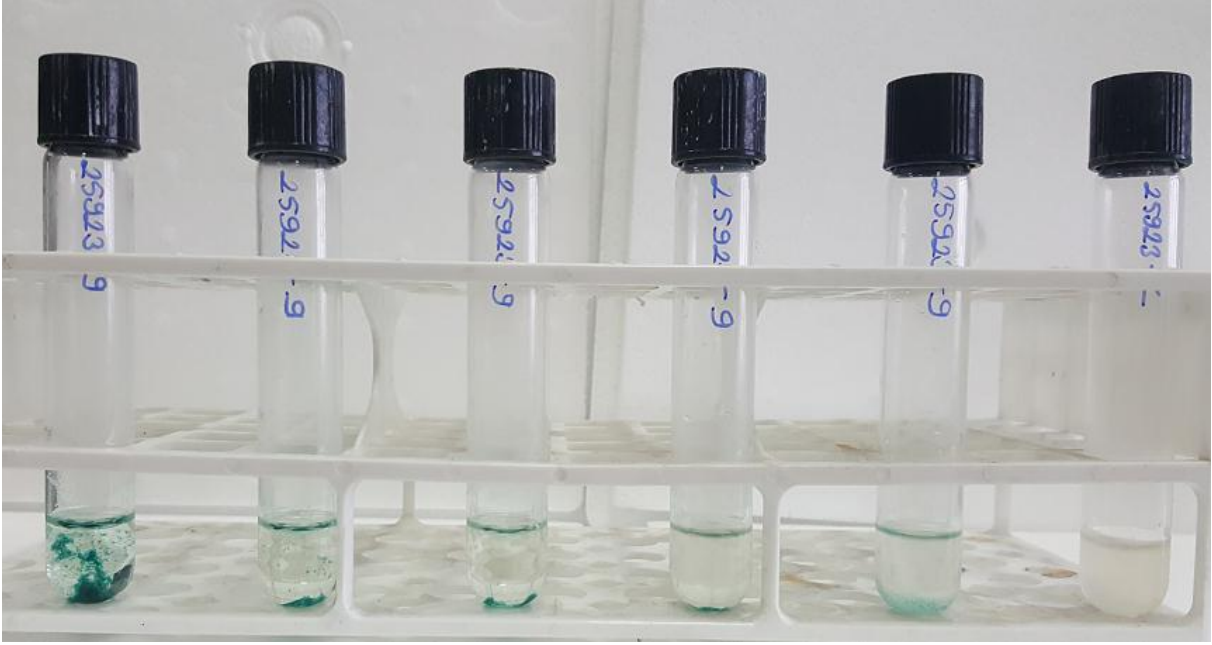
Şekil 3.113. Bileşik **6+Ag** *S.aureus* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **6+Ag** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



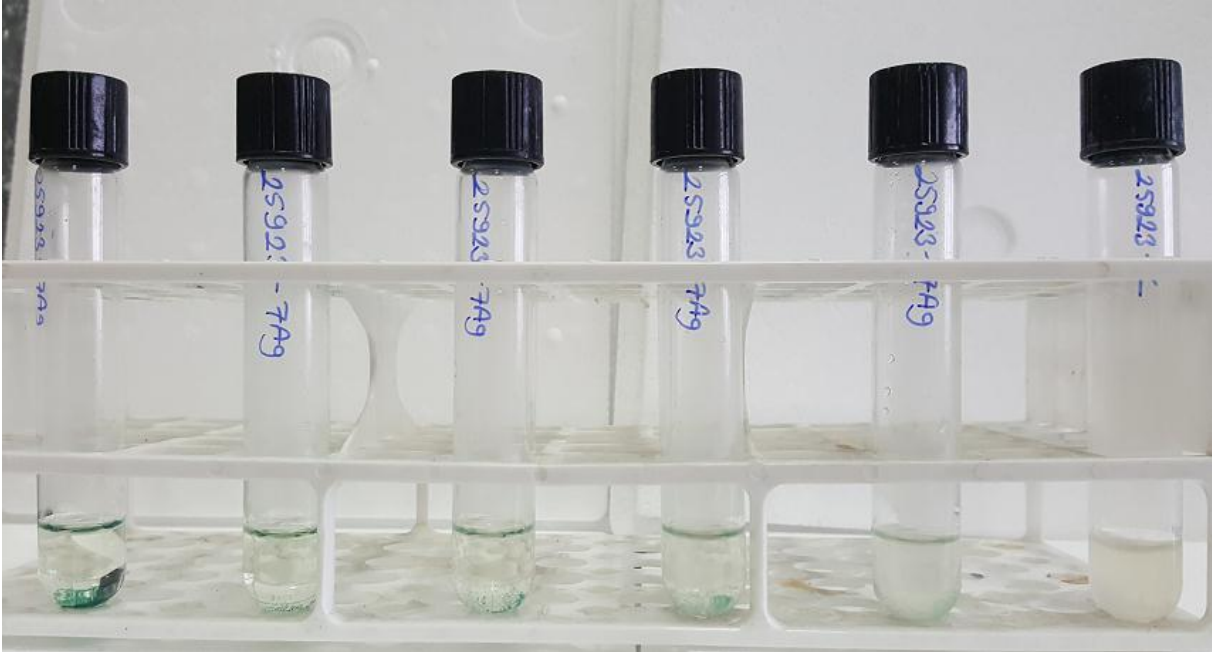
Şekil 3.114. Bileşik **5+Pd** *S.aureus* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **5+Pd** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



Şekil 3.115. Bileşik **8** *S.aureus* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **8** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)

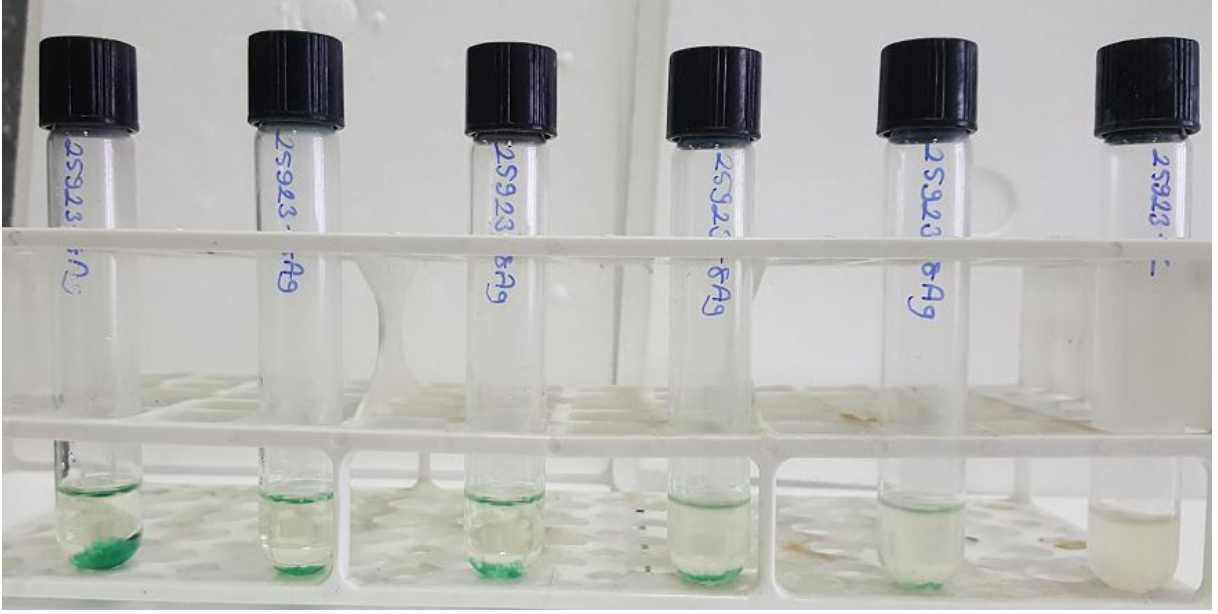


Şekil 3.116. Bileşik 9 *S.aureus* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki 9 bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)

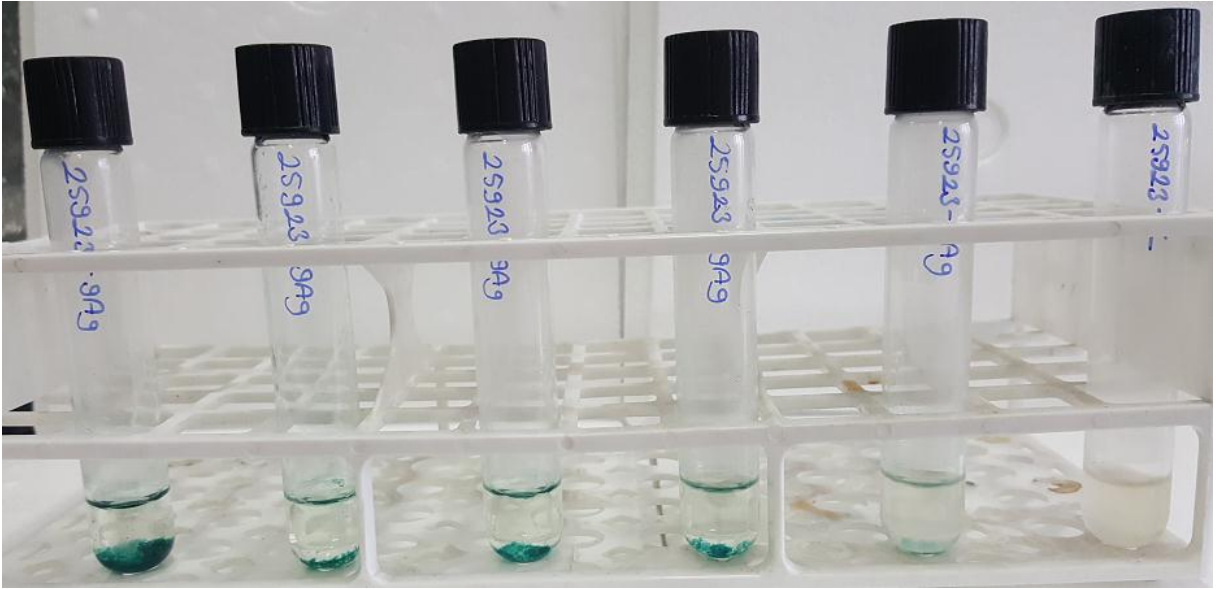


Şekil 3.117. Bileşik 7+Ag *S.aureus* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki 7+Ag bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)

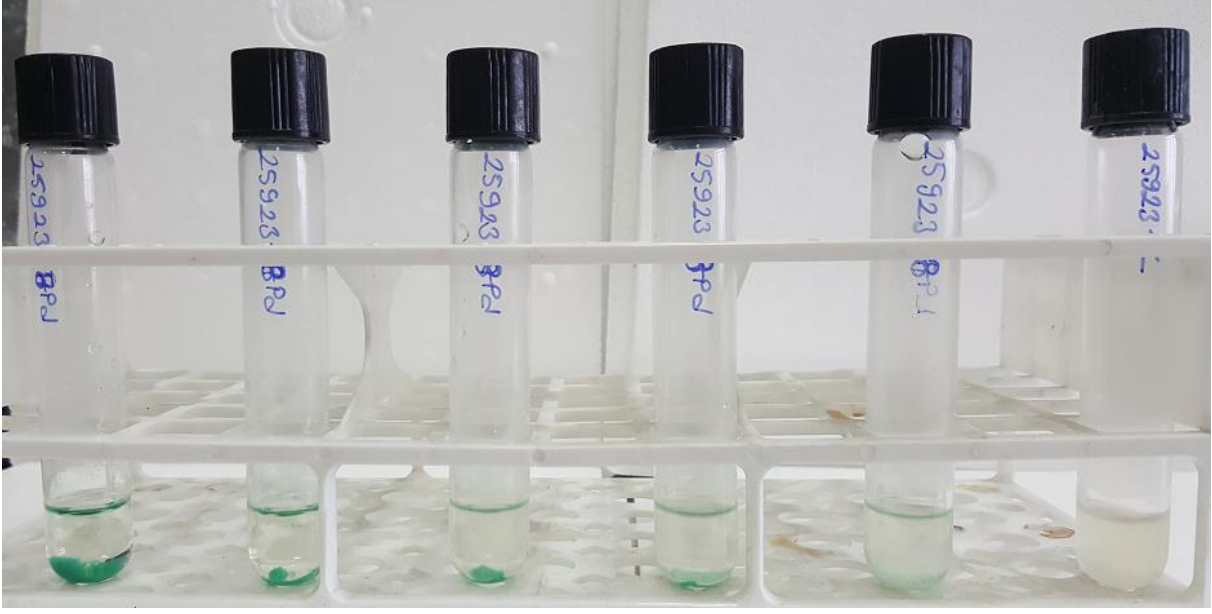




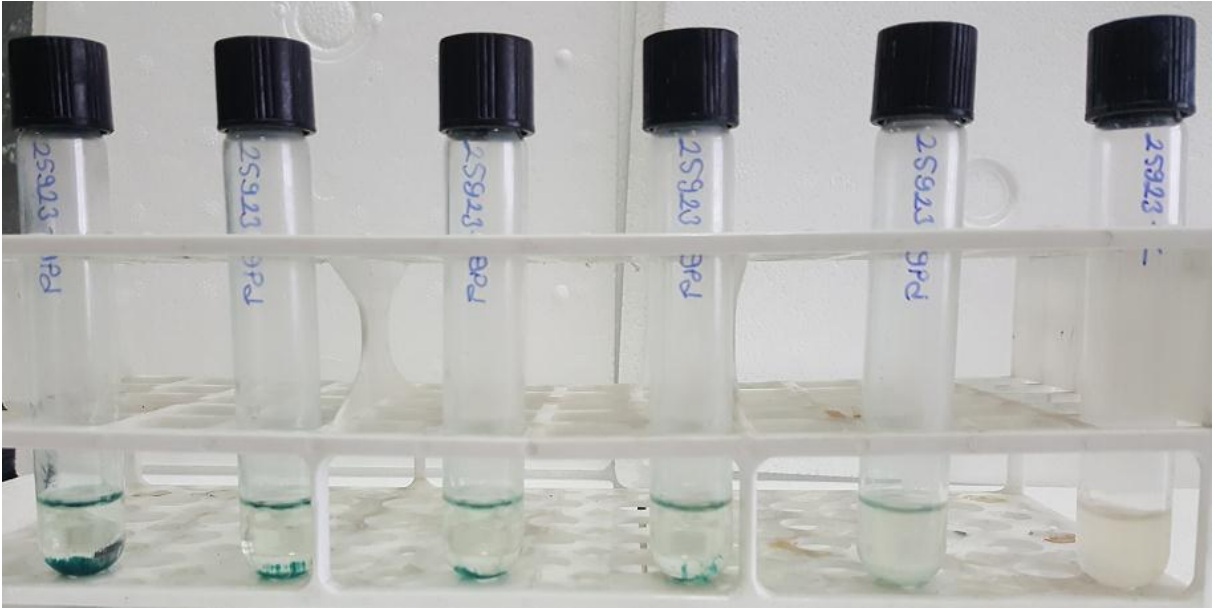
Şekil 3.118. Bileşik **8+Ag** *S.aureus* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **8+Ag** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



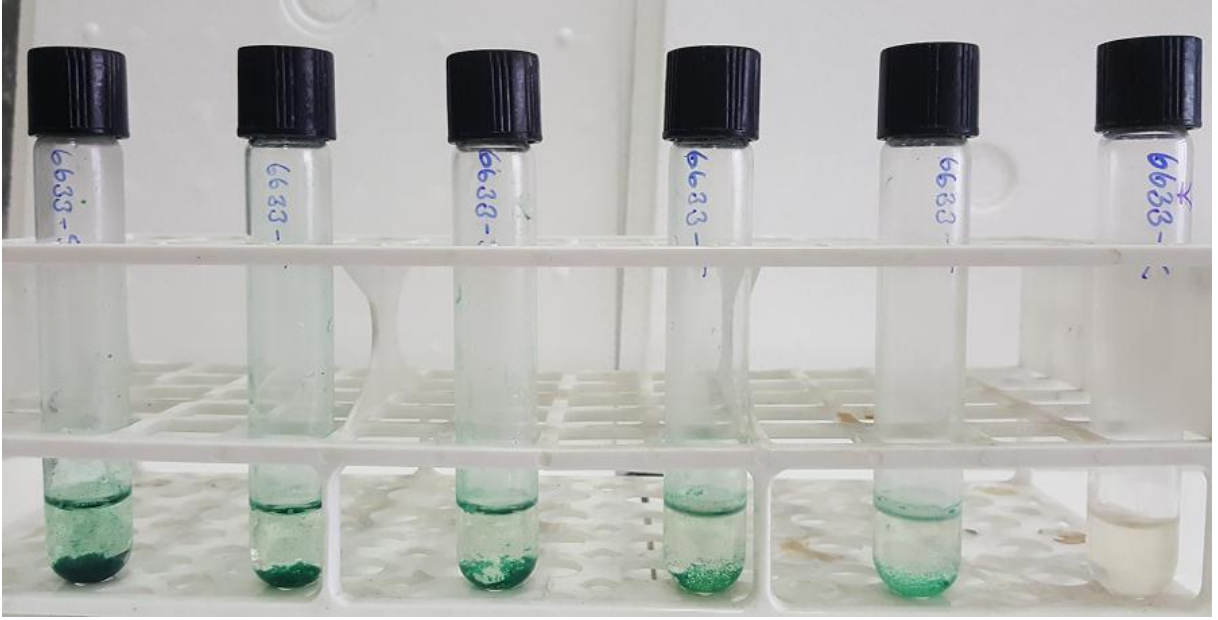
Şekil 3.119. Bileşik **9+Ag** *S.aureus* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **9+Ag** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



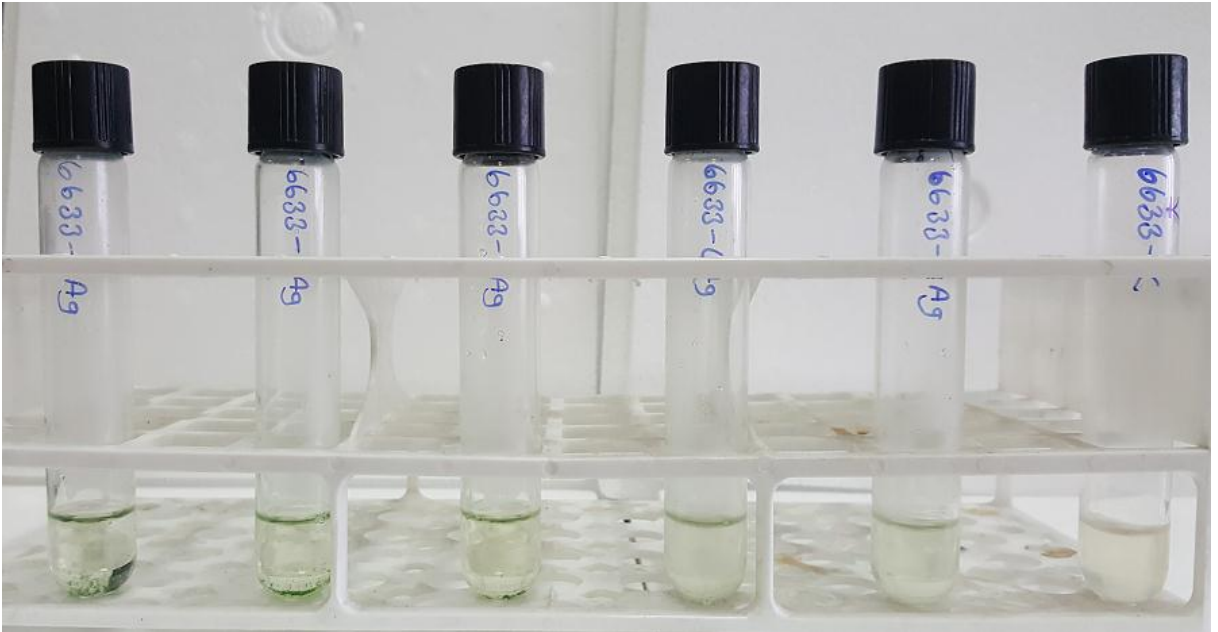
Şekil 3.120. Bileşik **8+Pd** *S.aureus* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **8+Pd** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



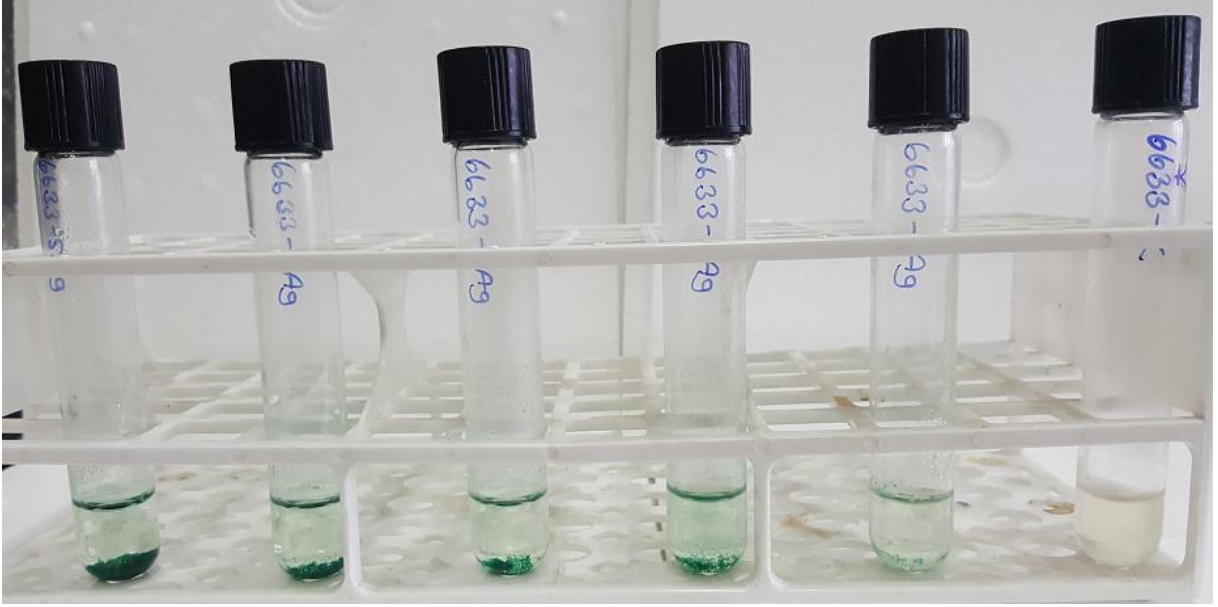
Şekil 3.121. Bileşik **9+Pd** *S.aureus* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **9+Pd** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



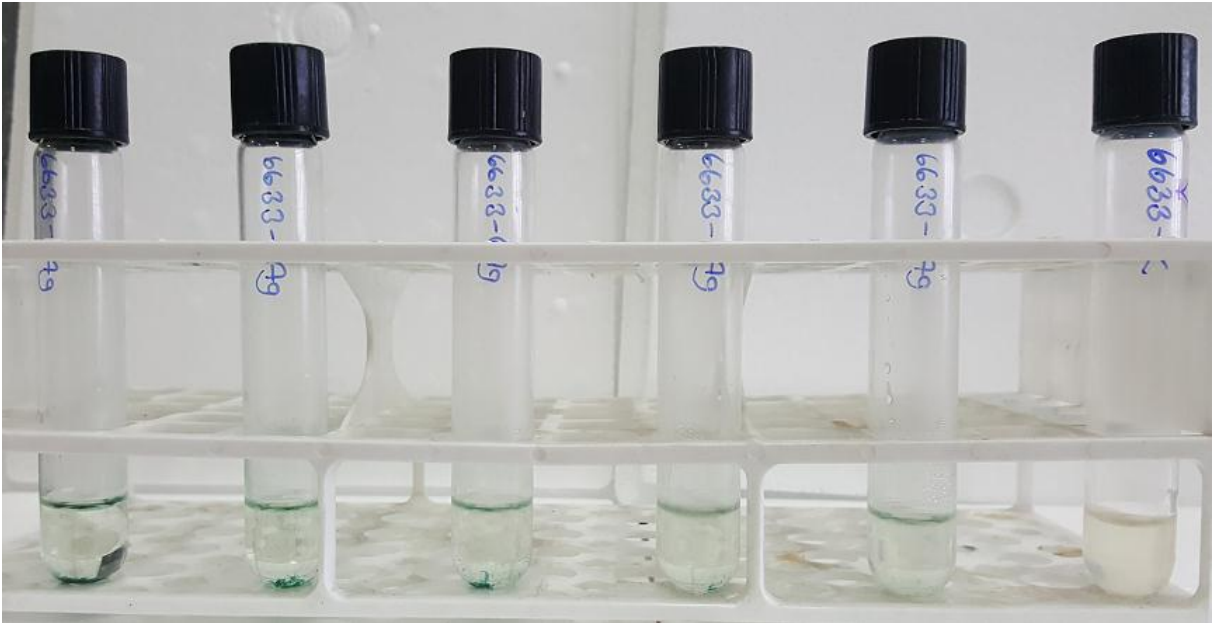
Şekil 3.122. Bileşik 5 *B.subtilis* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki 5 bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



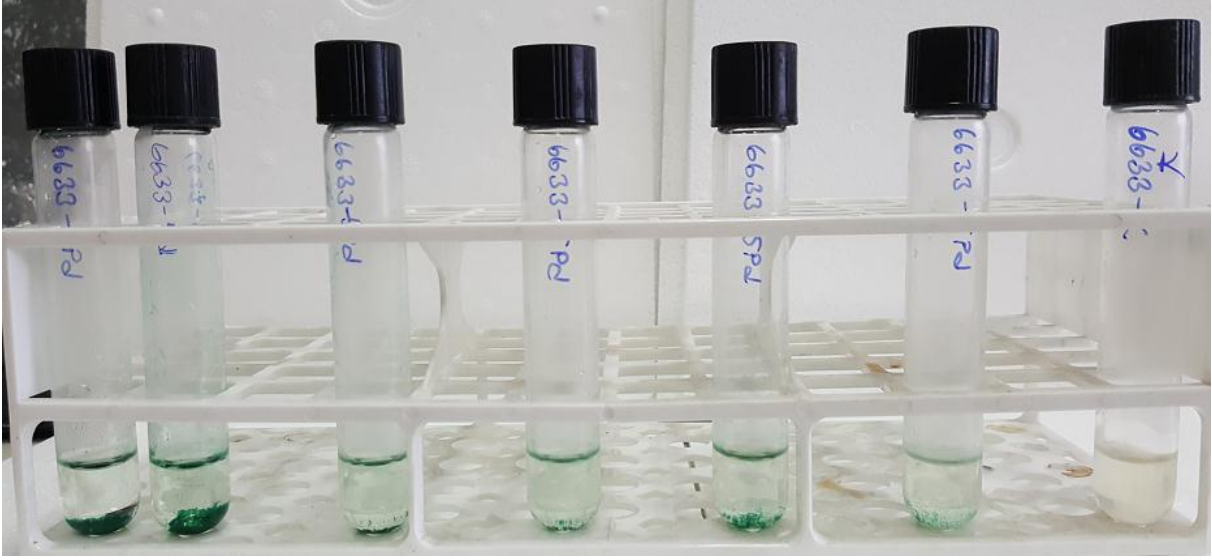
Şekil 3.123. Bileşik 4+Ag *B.subtilis* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki 4+Ag bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



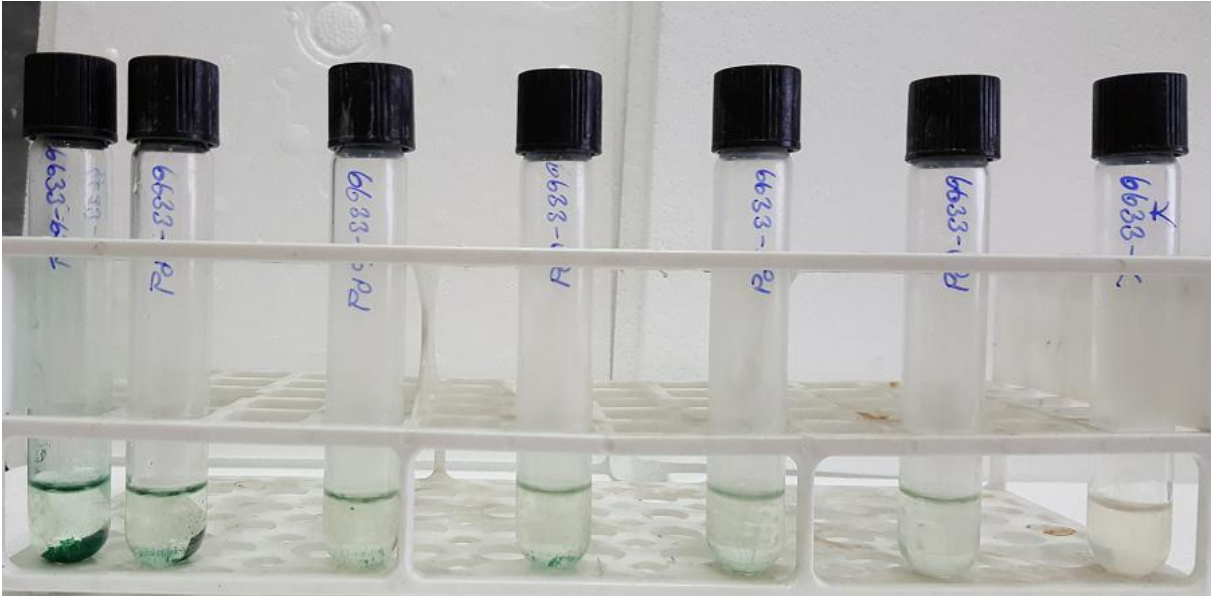
Şekil 3.124. Bileşik **5+Ag** *B.subtilis* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **5+Ag** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



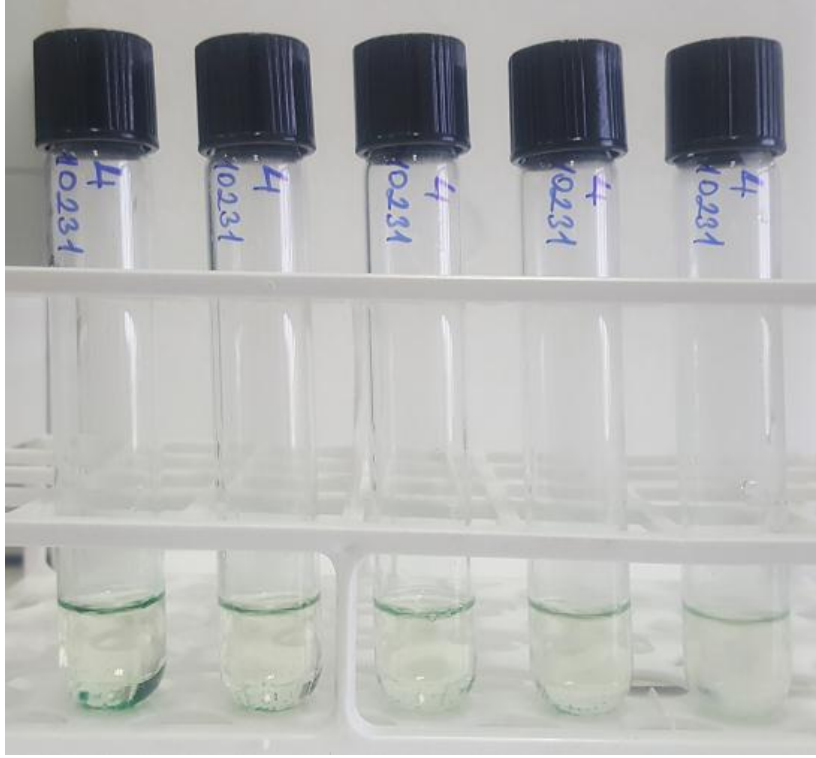
Şekil 3.125. Bileşik **6+Ag** *B.subtilis* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **6+Ag** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



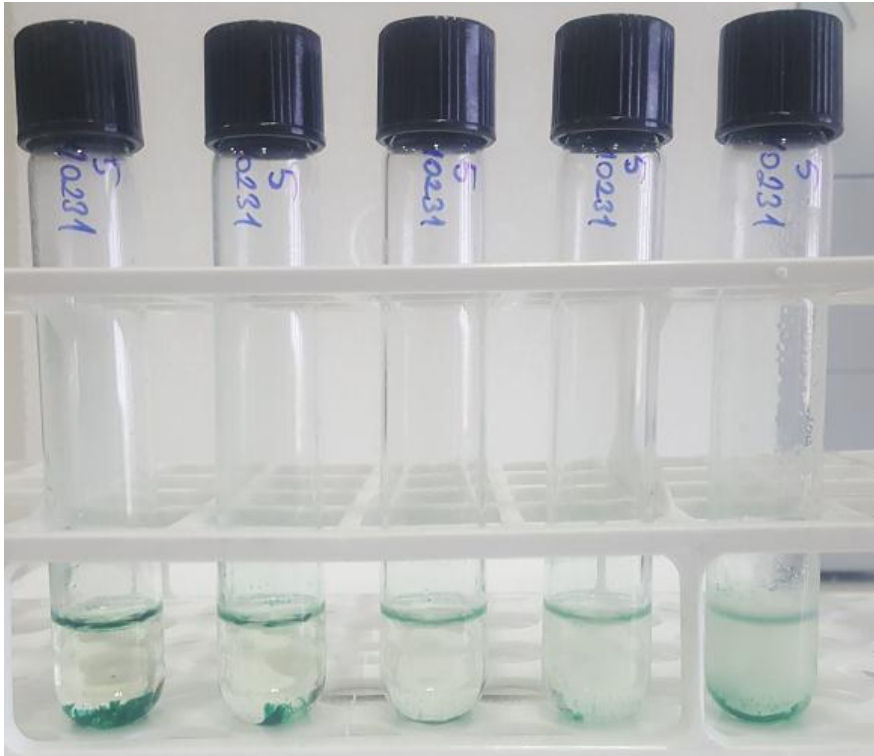
Şekil 3.126. Bileşik **5+Pd** *B.subtilis* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **5+Pd** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-75-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



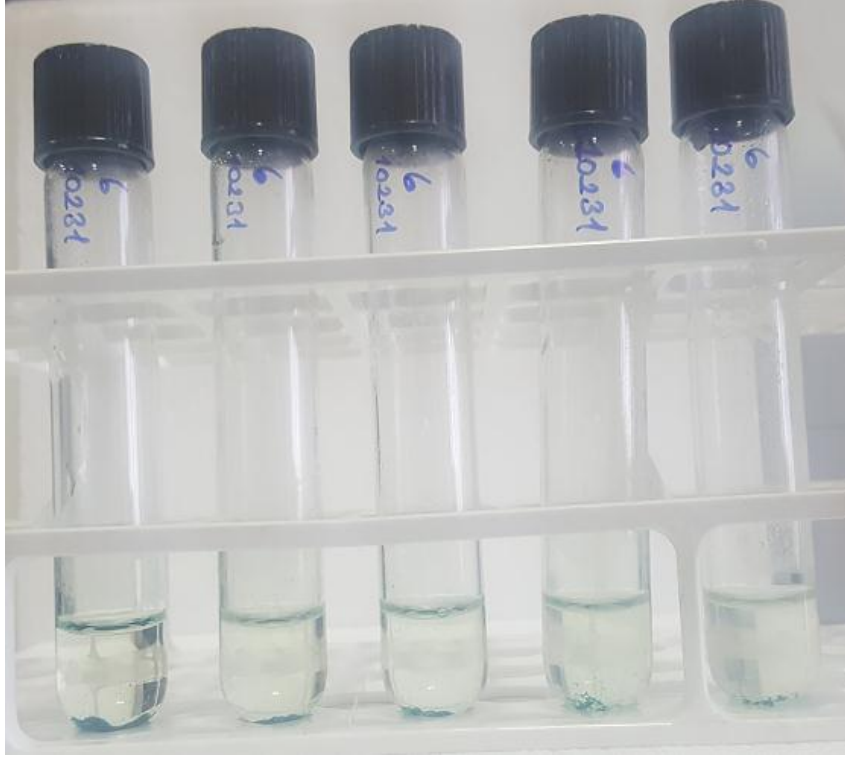
Şekil 3.127. Bileşik **6+Pd** *B.subtilis* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **6+Pd** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-75-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL; K=kontrol)



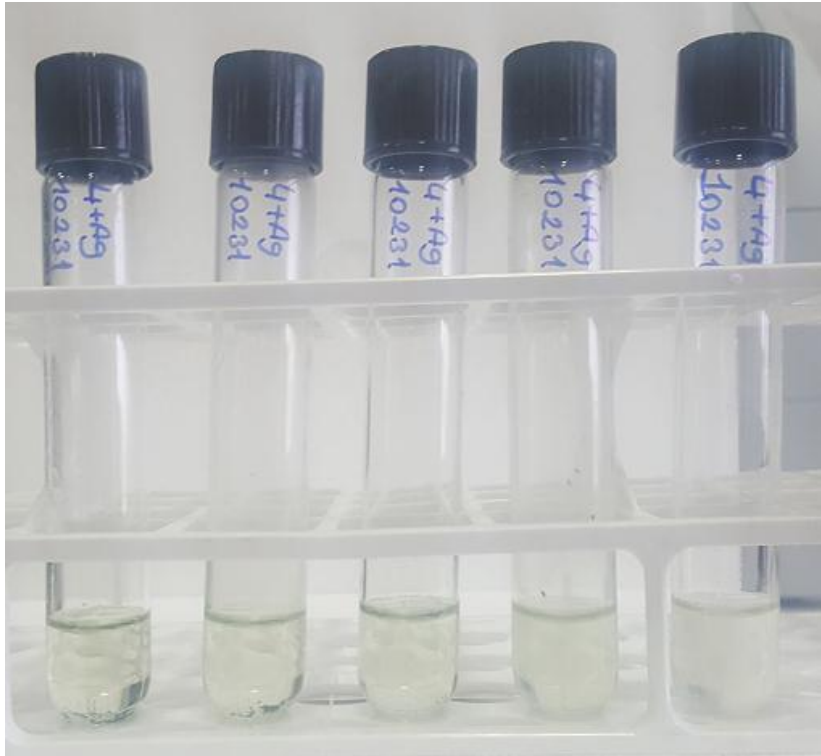
Şekil 3.128. Bileşik 4 *C.albicans* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki 4 bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25 µg/mL)



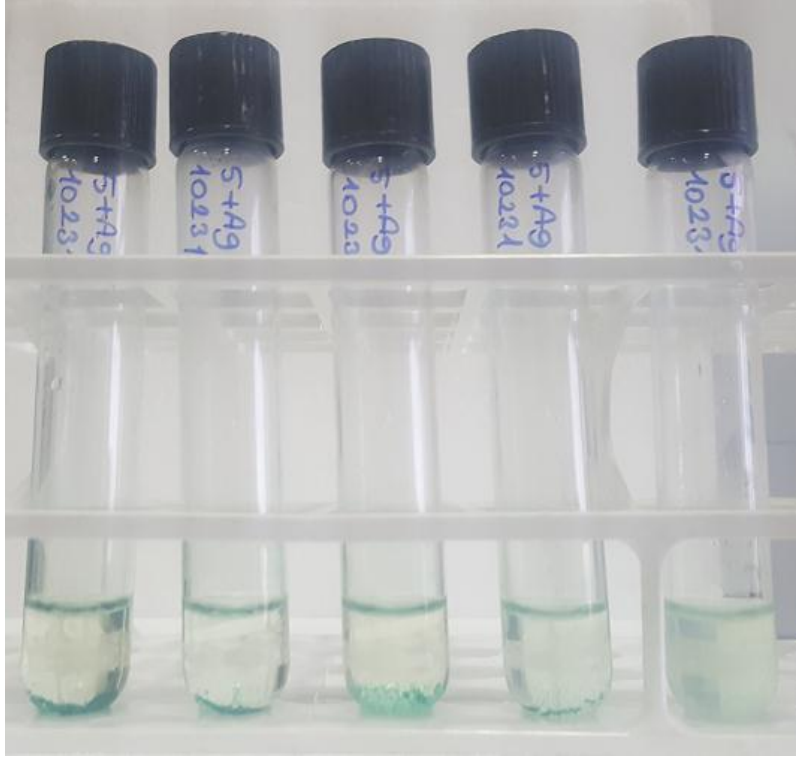
Şekil 3.129. Bileşik 5 *C.albicans* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki 5 bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25 µg/mL)



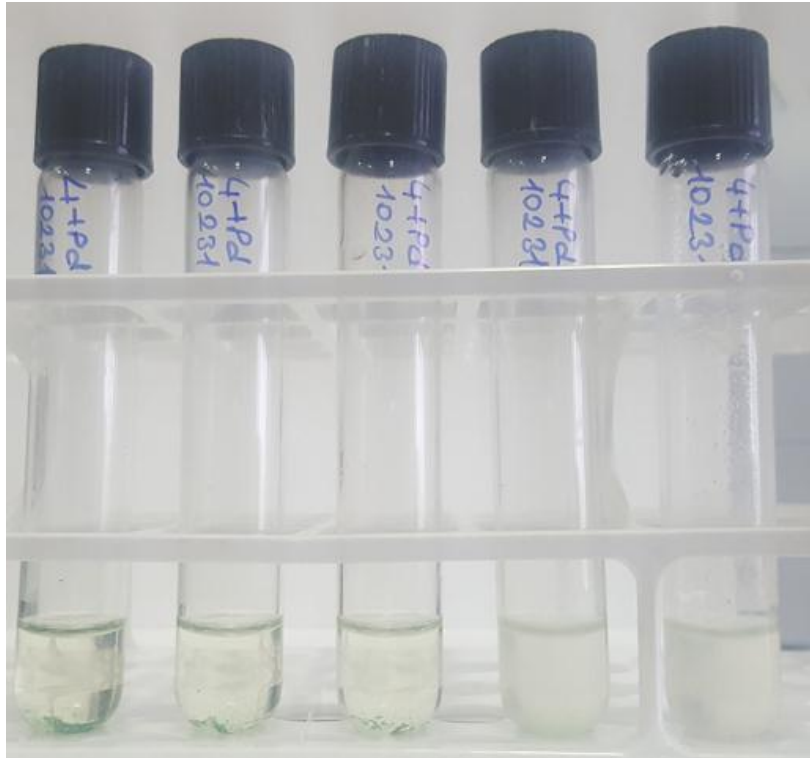
Şekil 3.130. Bileşik **6** *C.albicans* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **6** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25 µg/mL)



Şekil 3.131. Bileşik **4+Ag** *C.albicans* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **4+Ag** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25 µg/mL)

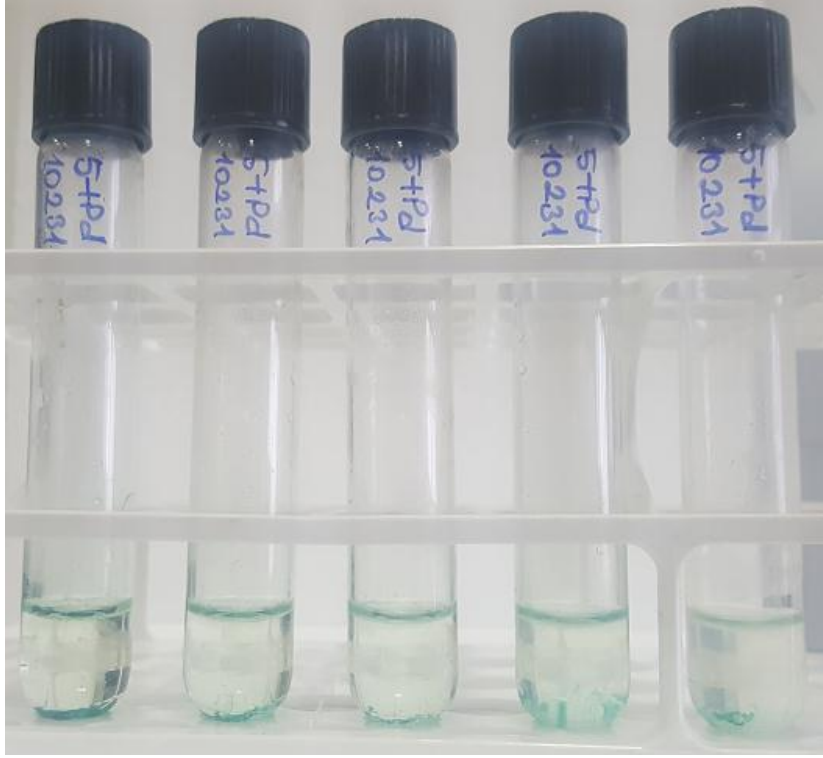


Şekil 3.132. Bileşik **5+Ag** *C.albicans* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **5+Ag** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25 µg/mL)

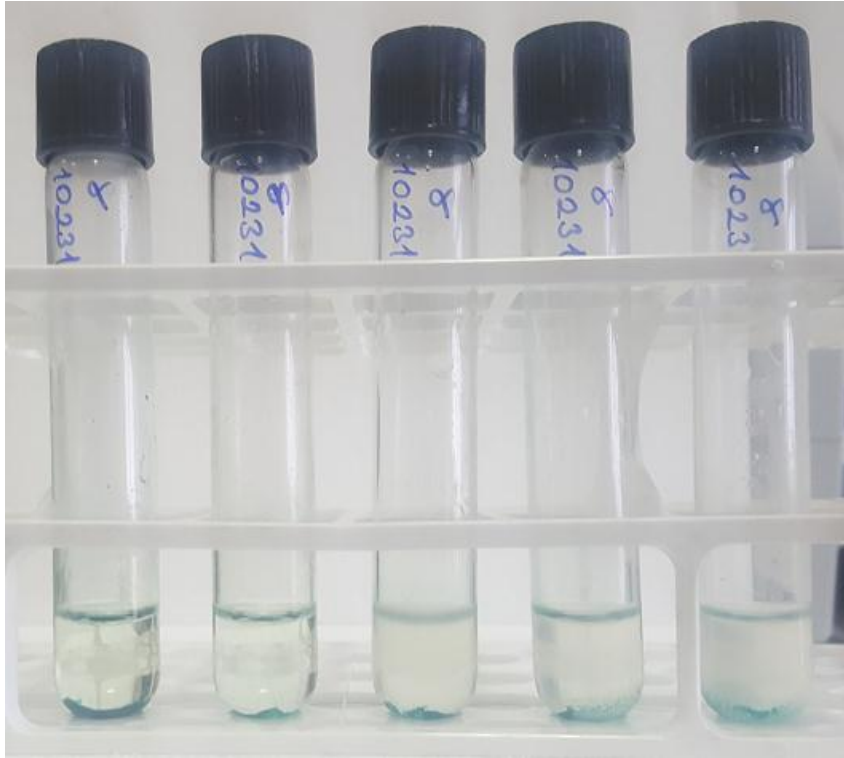


Şekil 3.133. Bileşik **4+Pd** *C.albicans* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **4+Pd** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25 µg/mL)

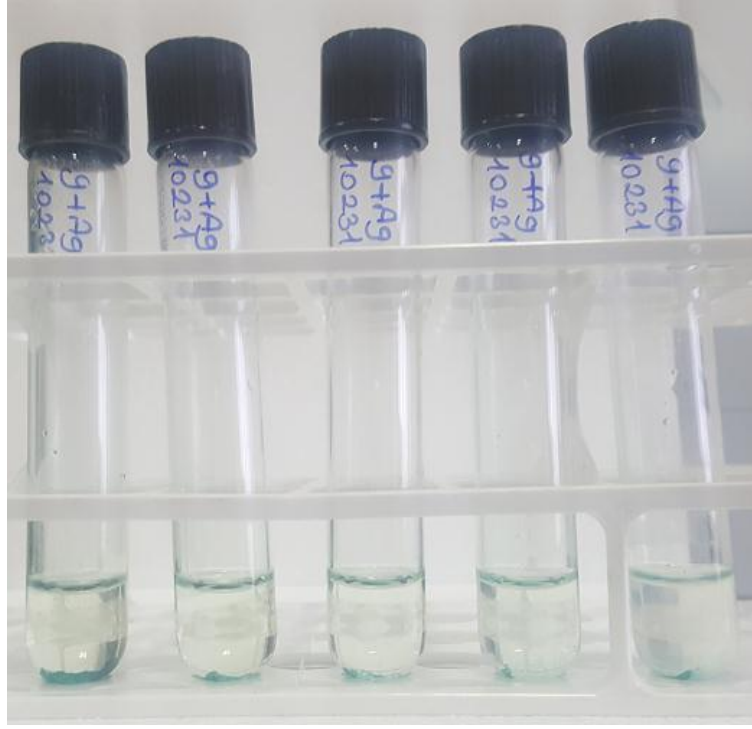




Şekil 3.134. Bileşik **5+Pd** *C.albicans* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **5+Pd** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25 µg/mL)



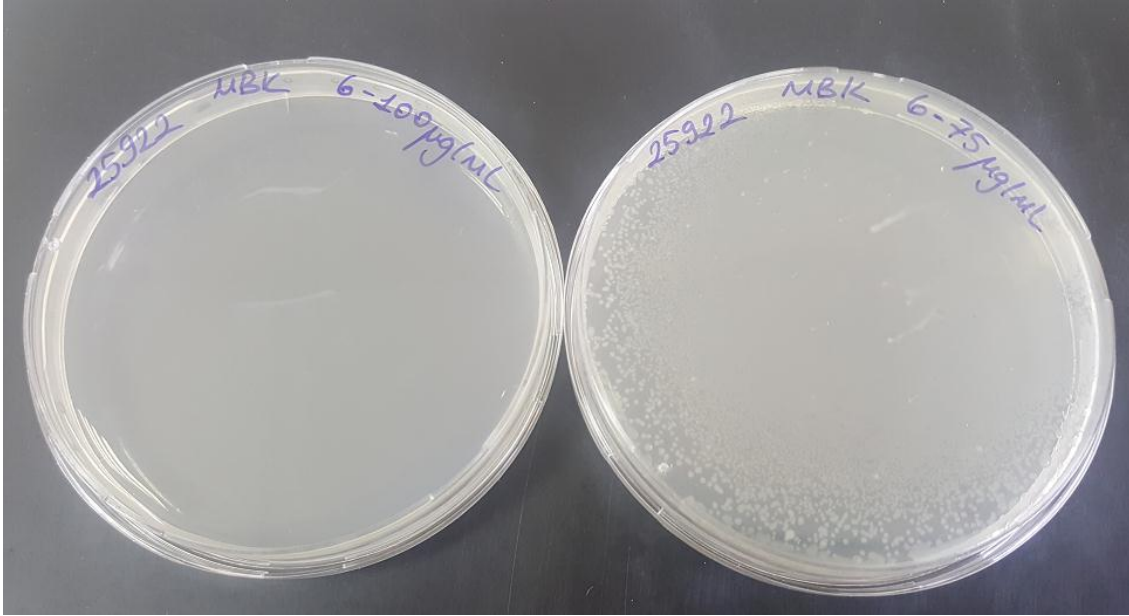
Şekil 3.135. Bileşik **8** *C.albicans* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **8** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25 µg/mL)



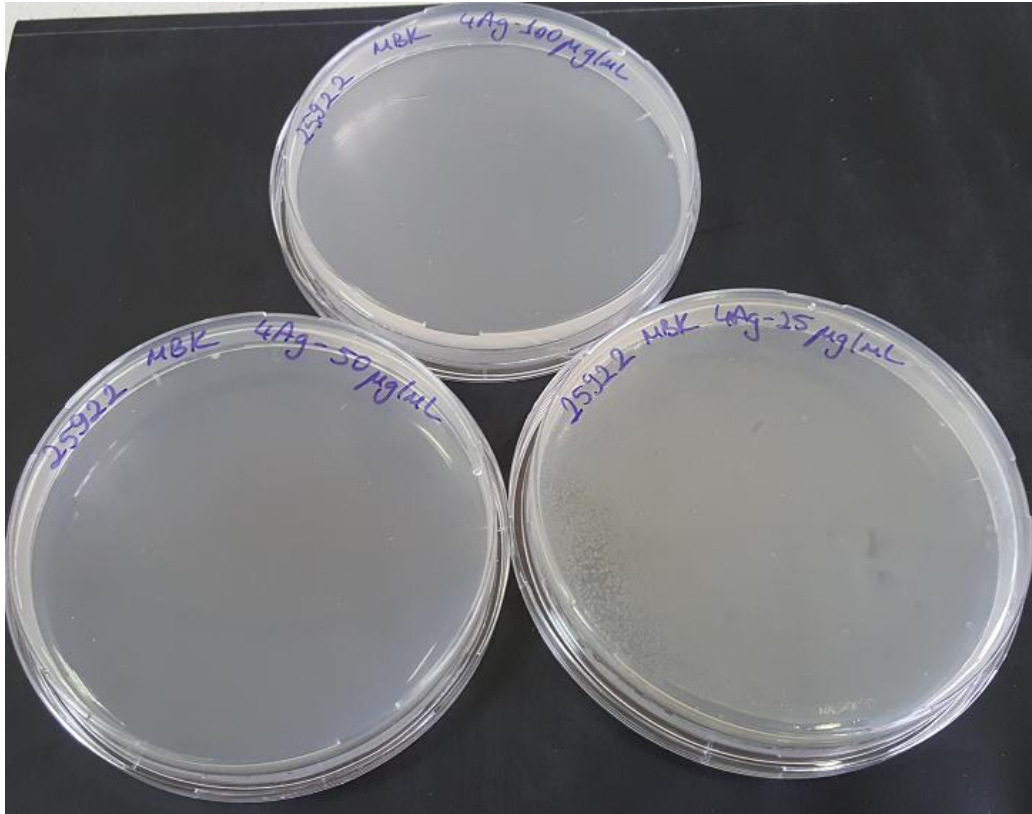
Şekil 3.136. Bileşik **9+Ag** *C.albicans* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **9+Ag** bileşiği konsantrasyonu soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25 µg/mL)



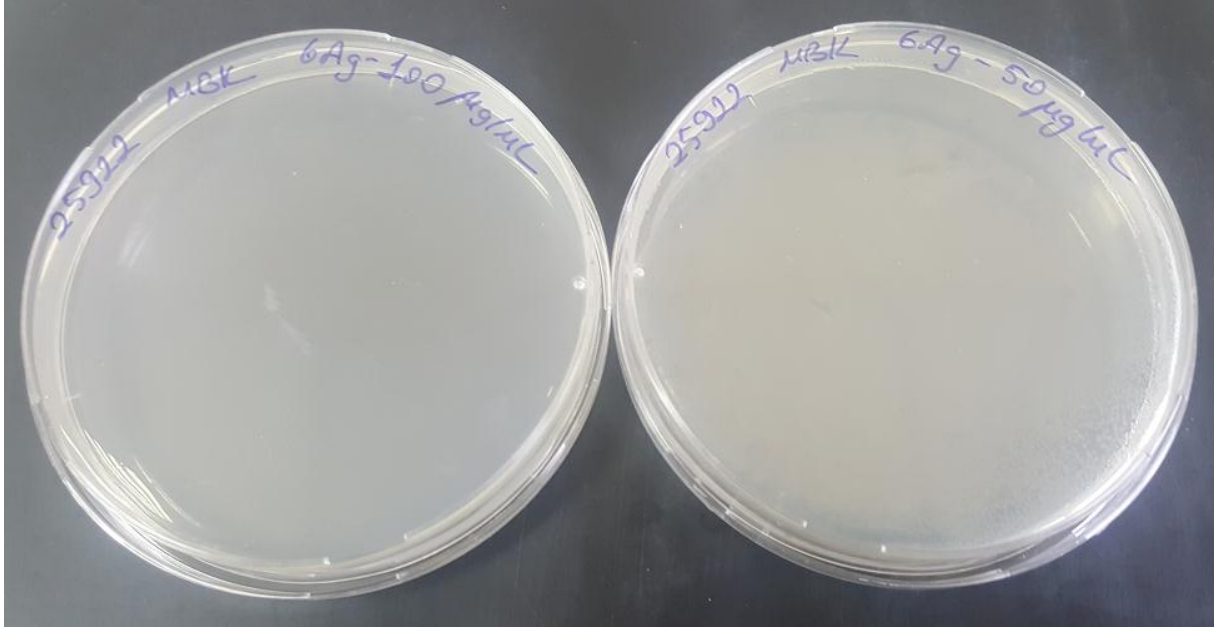
Şekil 3.137. Kontrollerin *C.albicans* MİK deneyi sonuçları (tüplerdeki **DMF** miktarı soldan sağa: 100-50-25-12,5-6,25-0 µg/mL konsantrasyon değerindeki ftalosiyanın bileşiklerinin çözücü miktarları ile eşdeğer düzeyde olacak şekilde ayarlanmıştır)



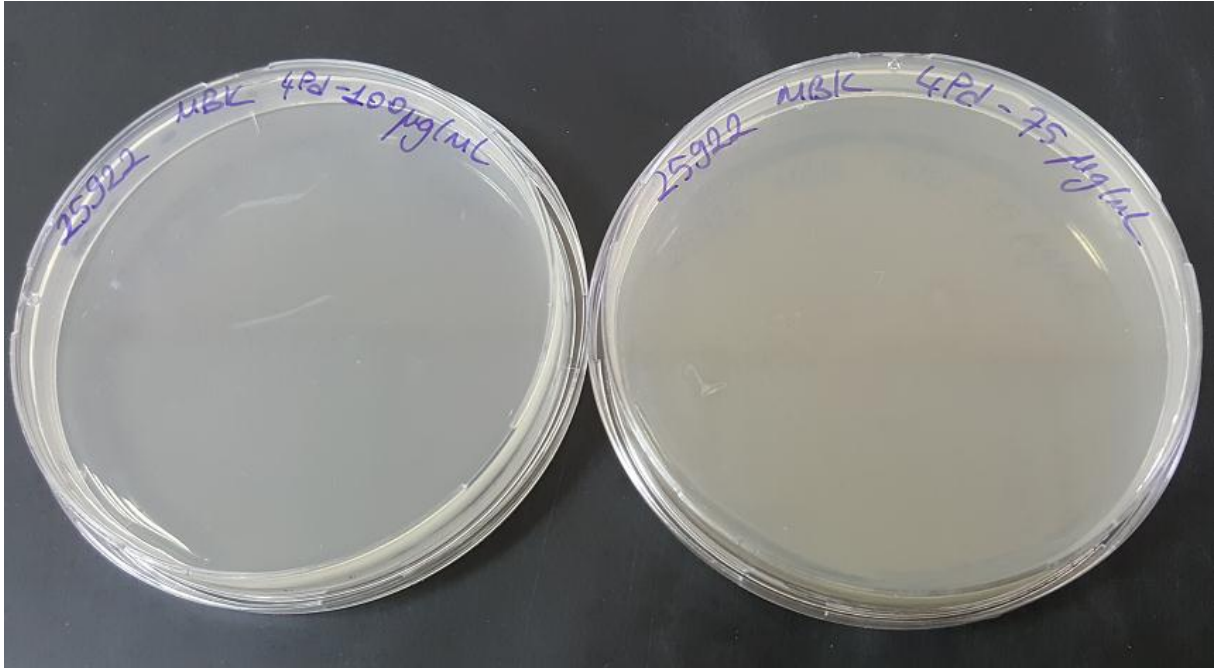
Şekil 3.138. Bileşik 6 *E.coli* MBK deneyi sonuçları



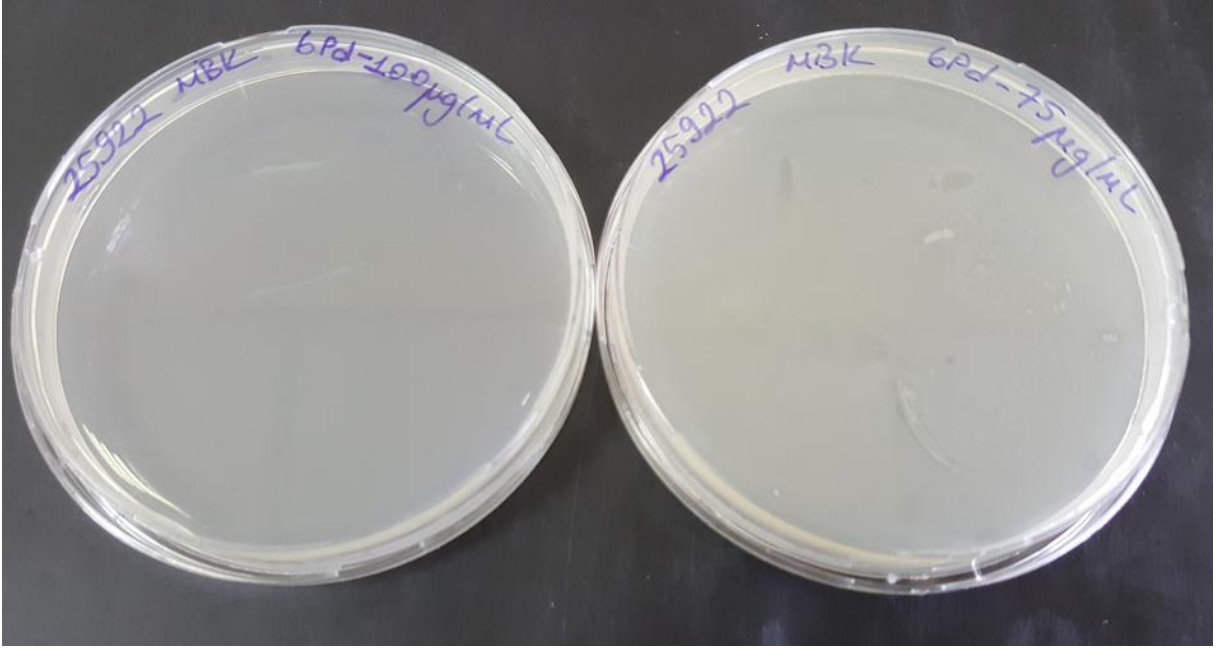
Şekil 3.139. Bileşik 4+Ag *E.coli* MBK deneyi sonuçları



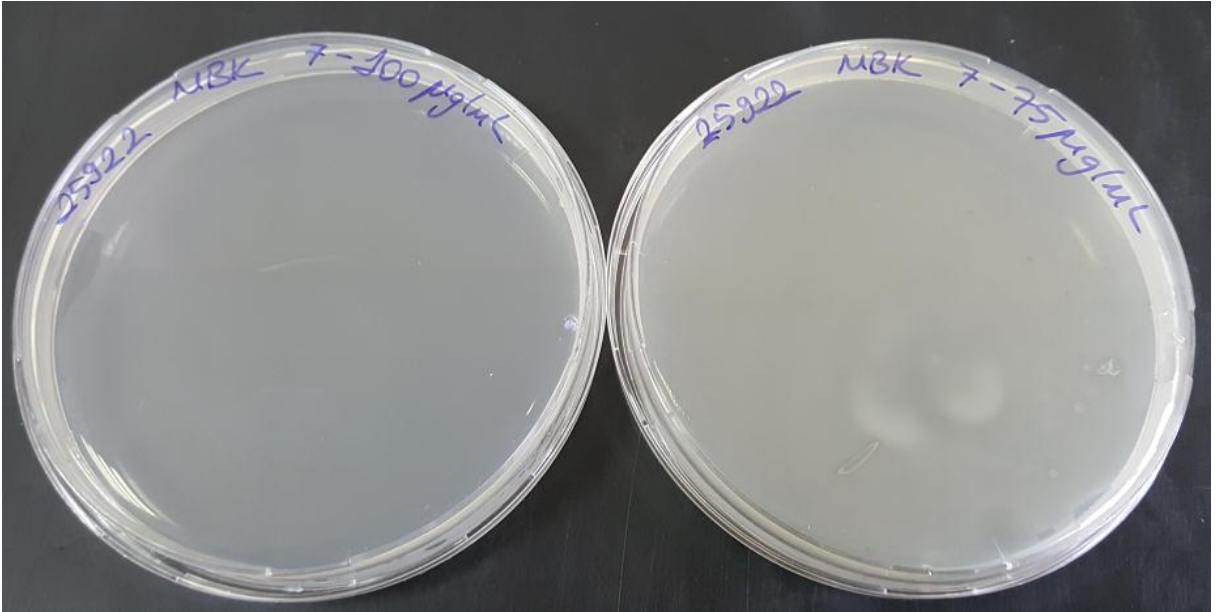
Şekil 3.140. Bileşik **6+Ag** *E.coli* MBK deneyi sonuçları



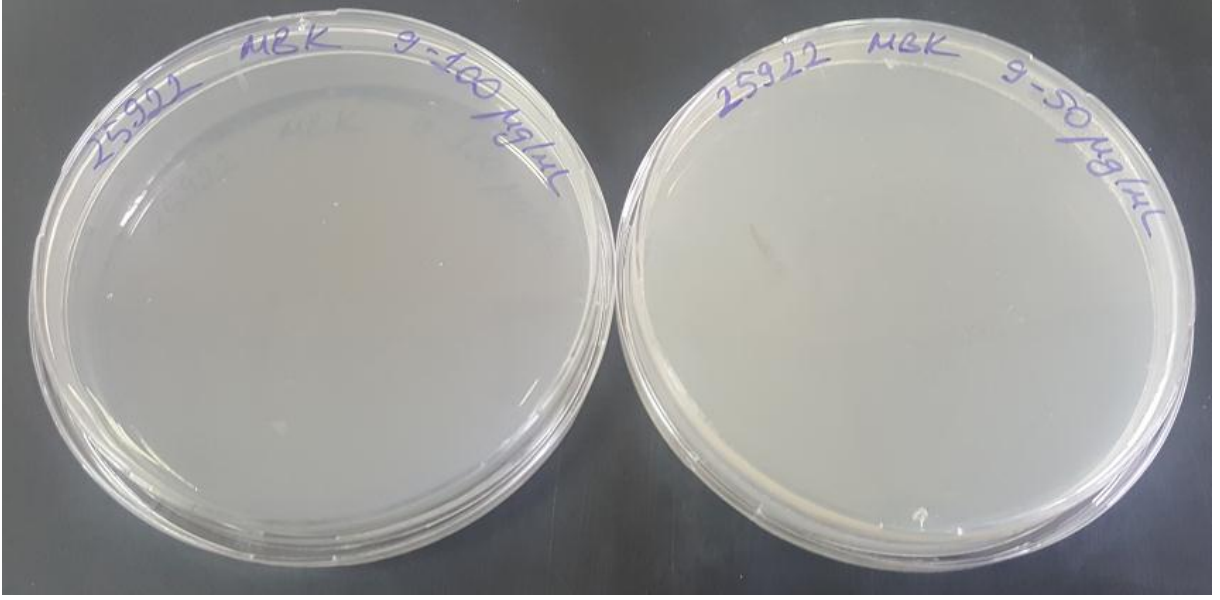
Şekil 3.141. Bileşik **4+Pd** *E.coli* MBK deneyi sonuçları



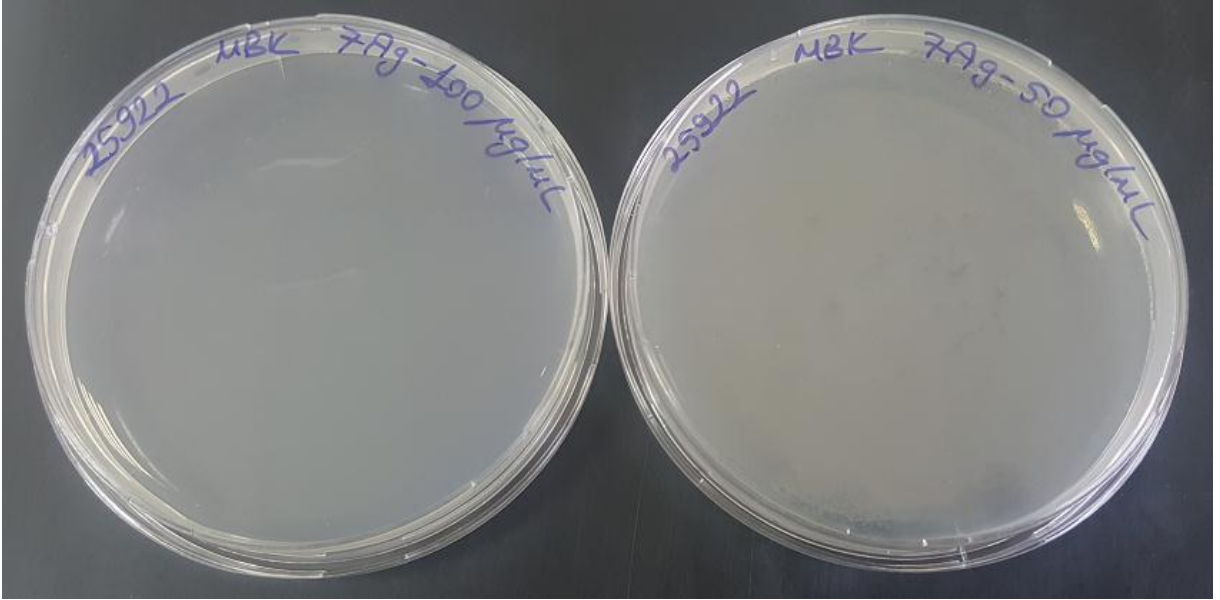
Şekil 3.142. Bileşik 6+Pd *E.coli* MBK deneyi sonuçları



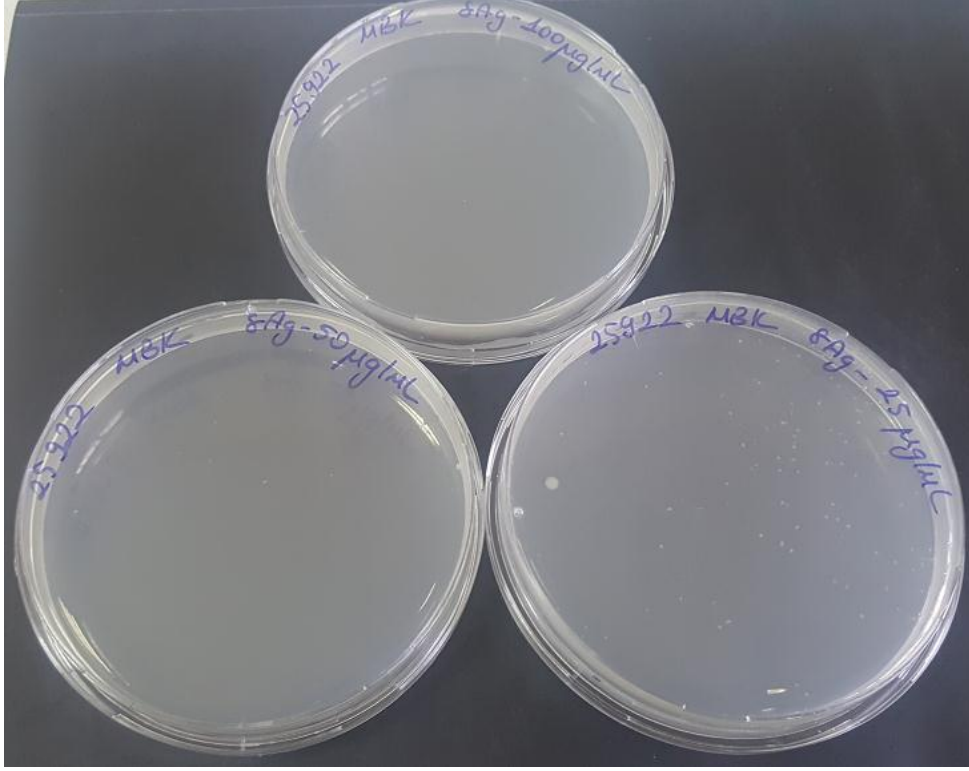
Şekil 3.143. Bileşik 7 *E.coli* MBK deneyi sonuçları



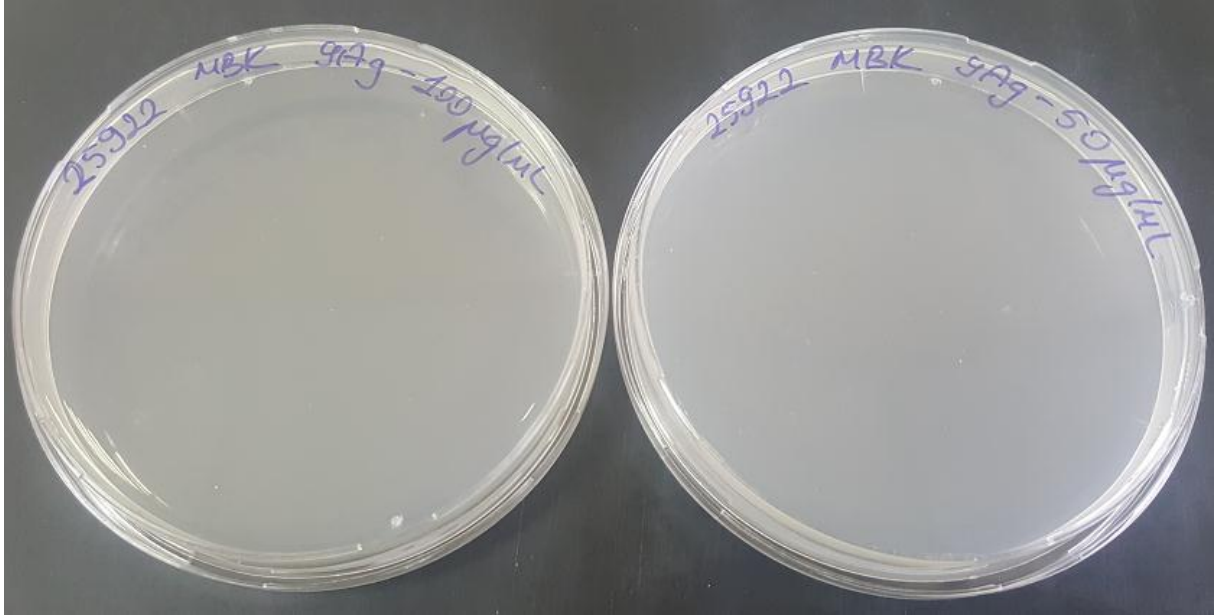
Şekil 3.144. Bileşik 9 *E.coli* MBK deneyi sonuçları



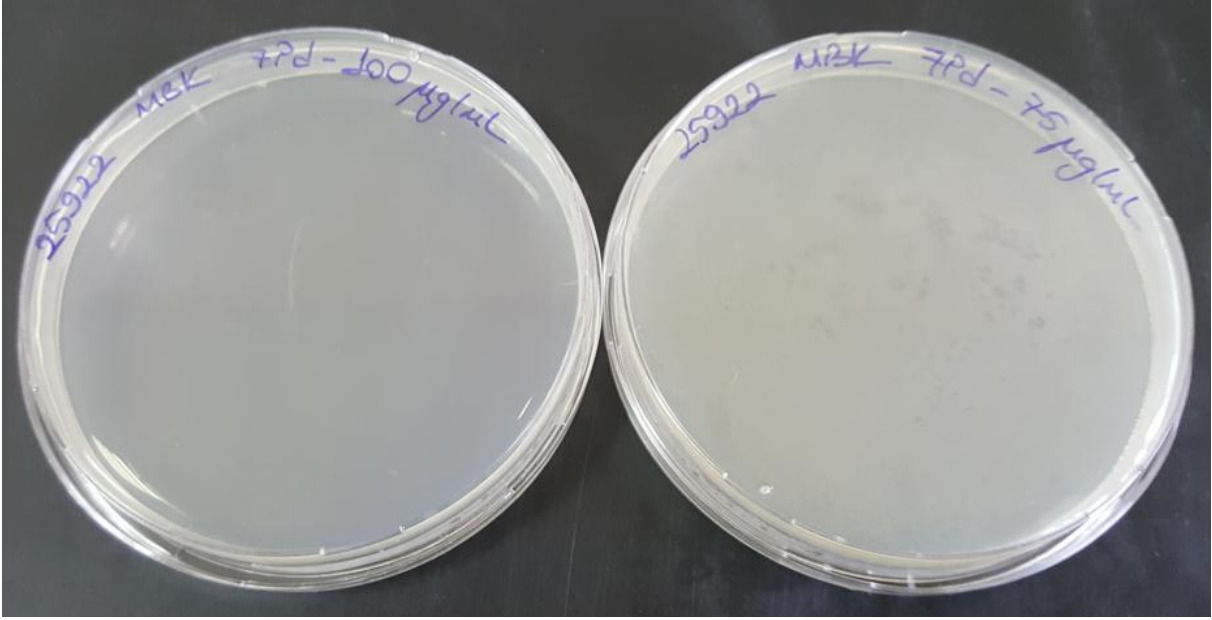
Şekil 3.145. Bileşik 7+Ag *E.coli* MBK deneyi sonuçları



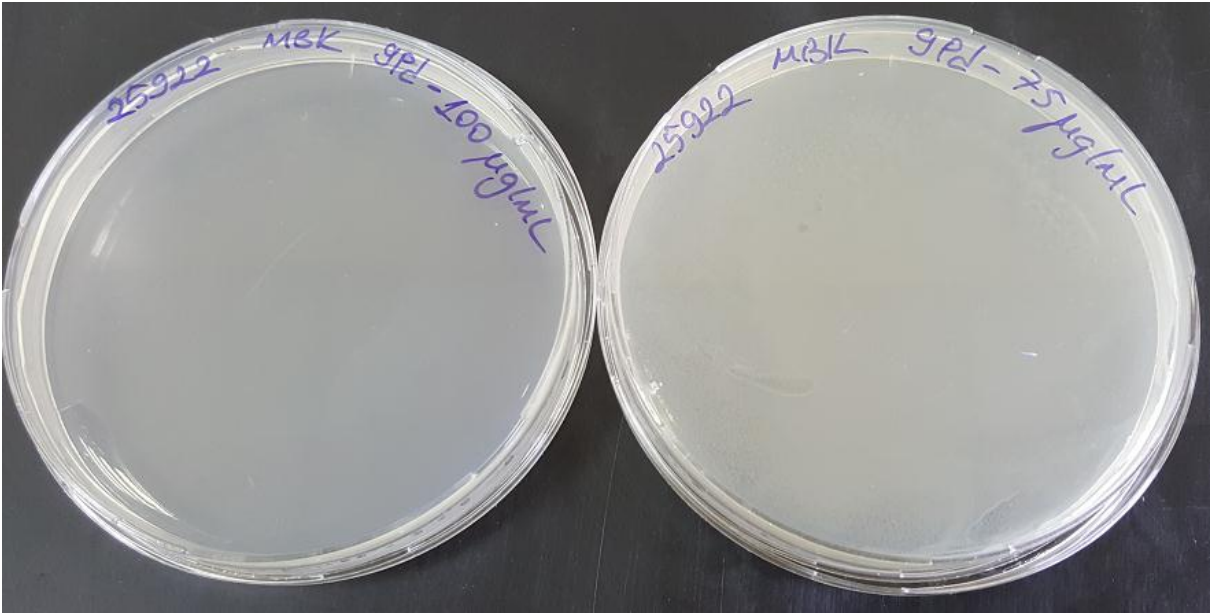
Şekil 3.146. Bileşik **8+Ag** *E.coli* MBK deneyi sonuçları



Şekil 3.147. Bileşik **9+Ag** *E.coli* MBK deneyi sonuçları

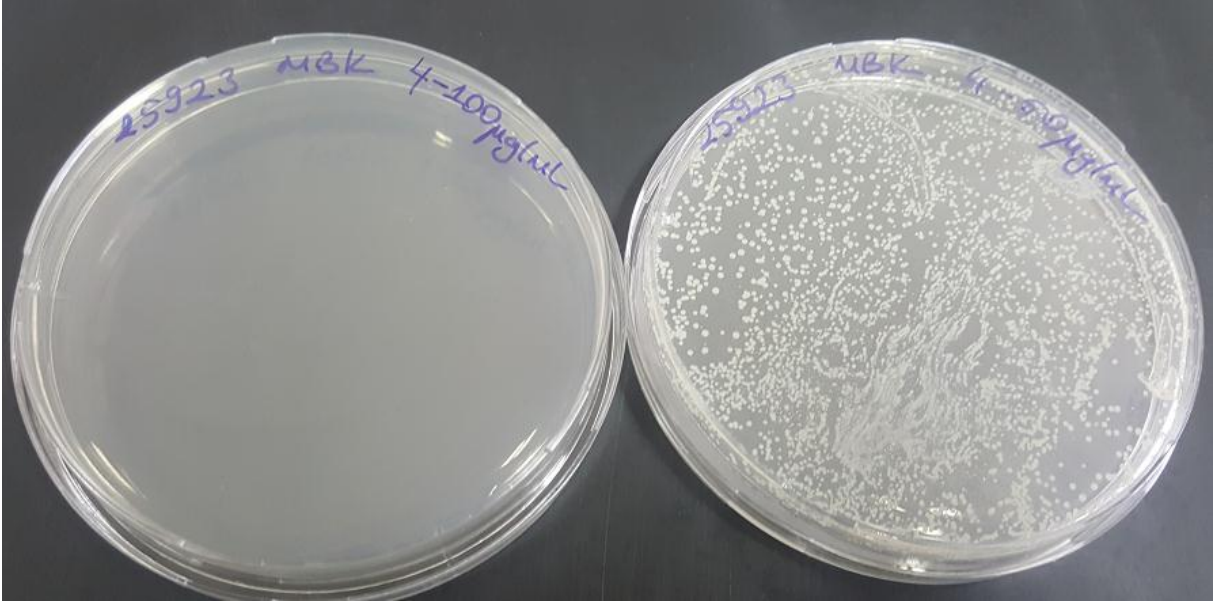


Şekil 3.148. Bileşik **7+Pd** *E.coli* MBK deneyi sonuçları

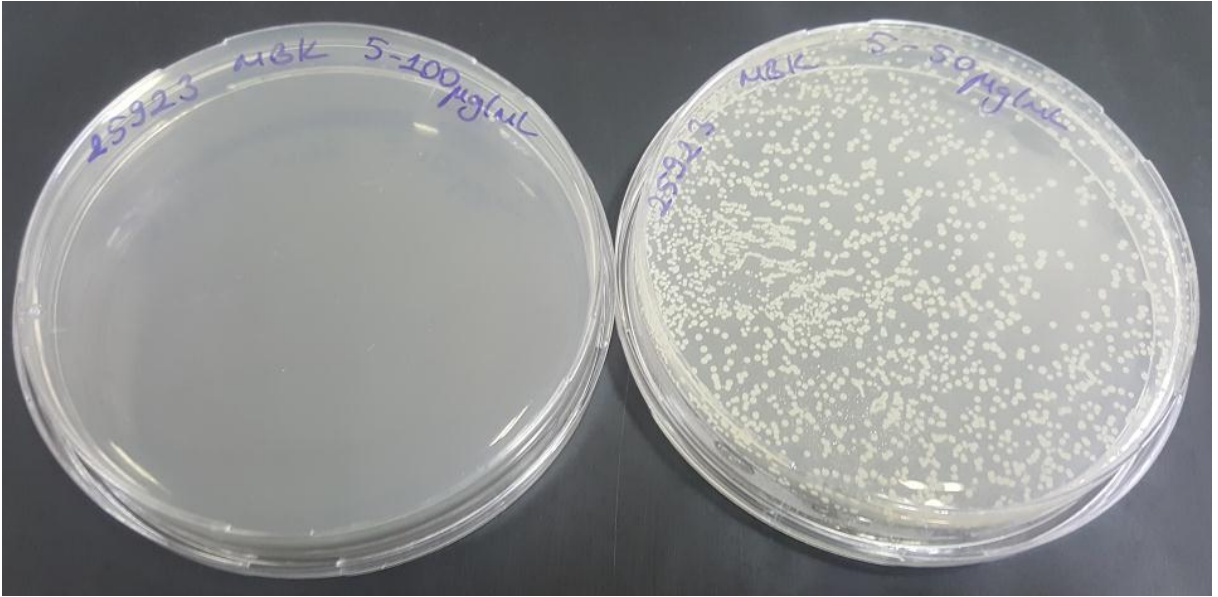


Şekil 3.149. Bileşik **9+Pd** *E.coli* MBK deneyi sonuçları

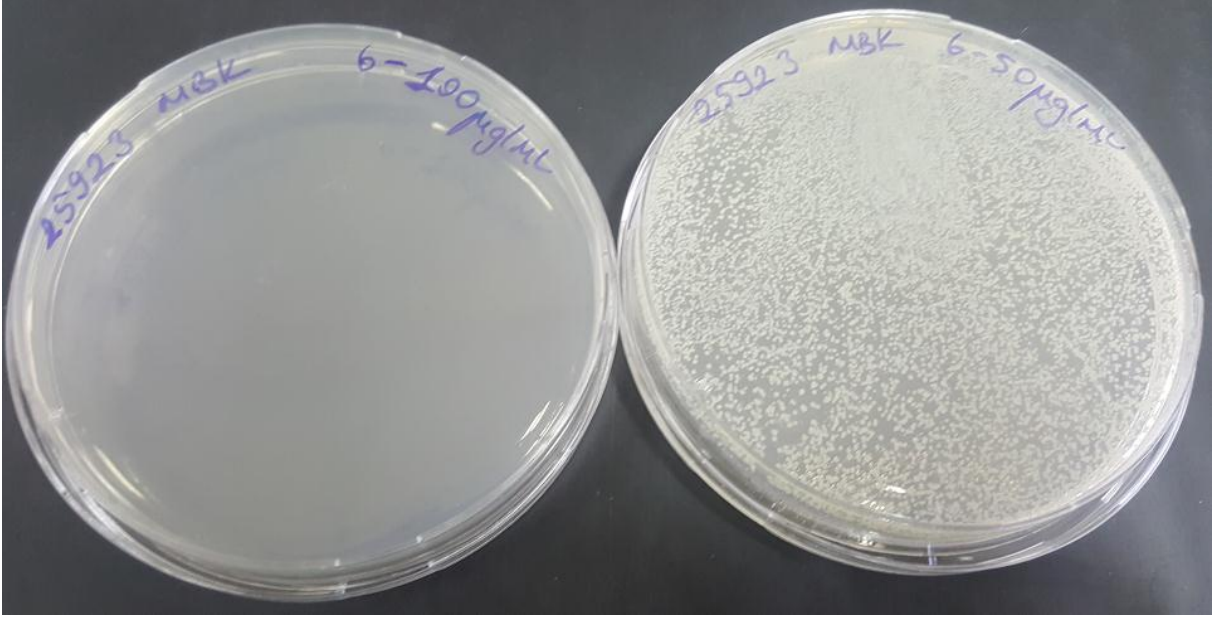




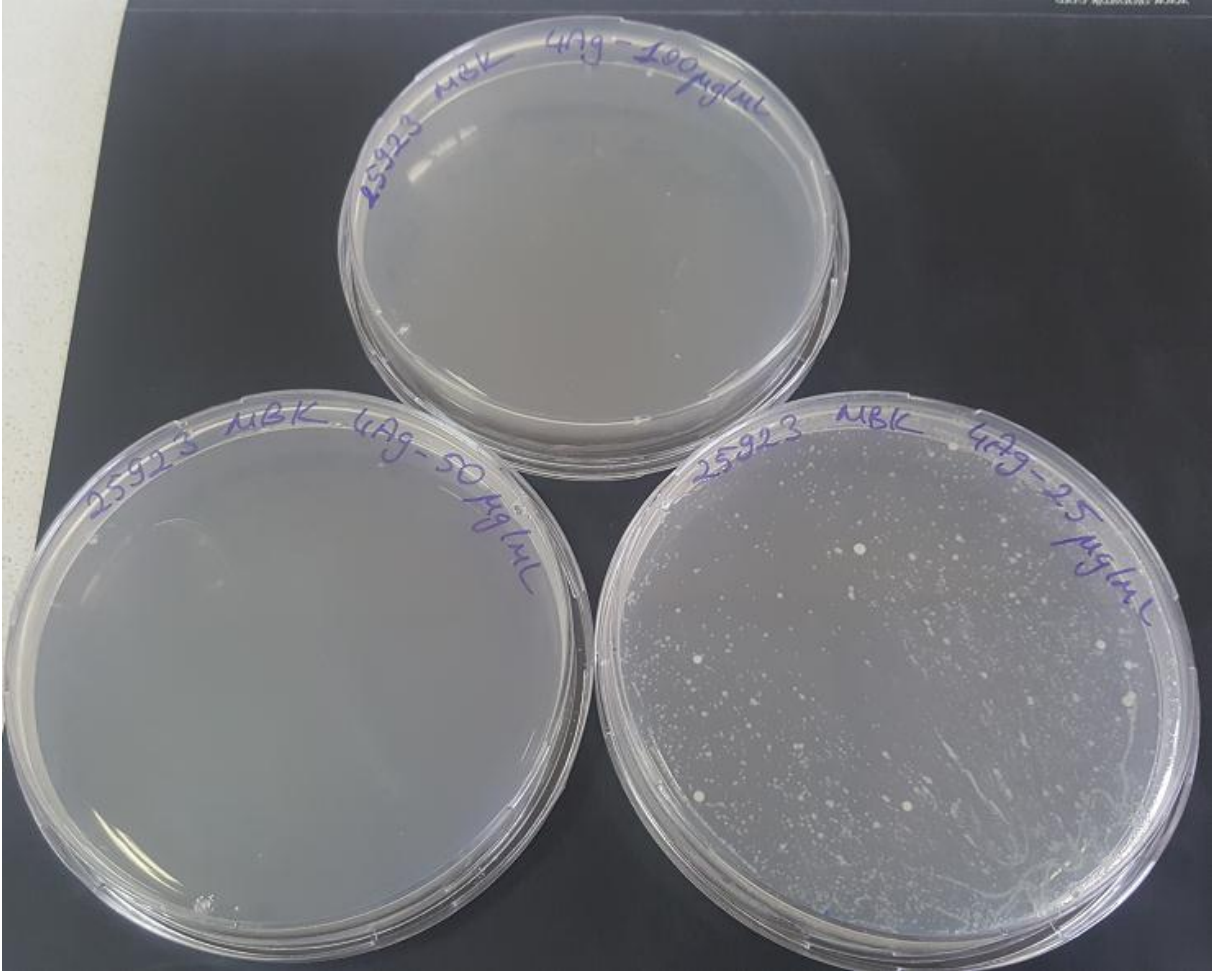
Şekil 3.150. Bileşik 4 *S.aureus* MBK deneyi sonuçları



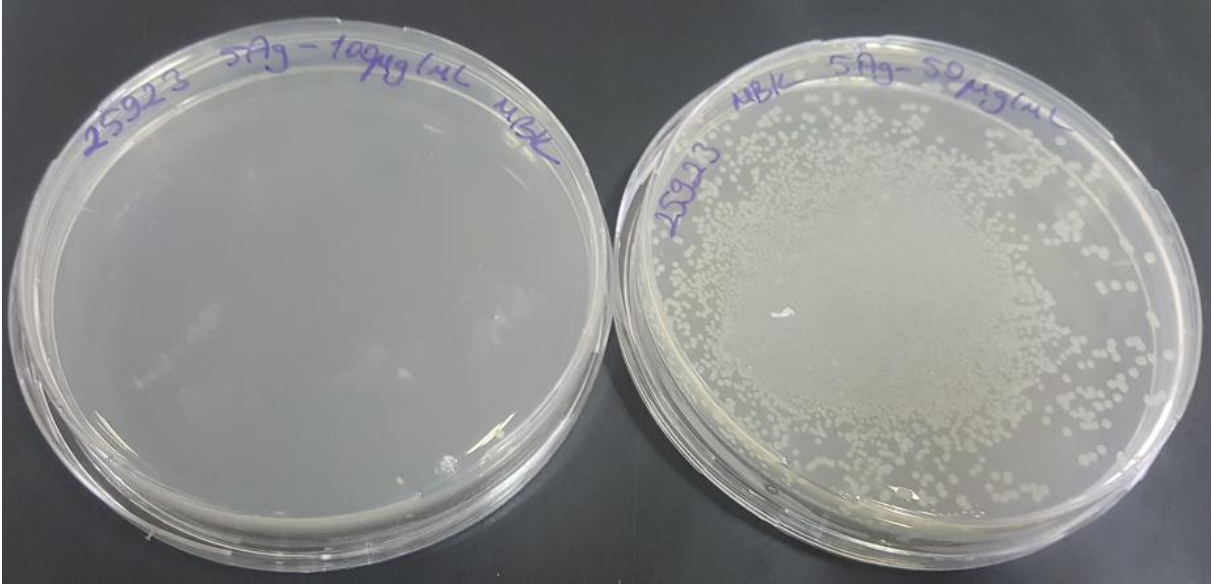
Şekil 3.151. Bileşik 5 *S.aureus* MBK deneyi sonuçları



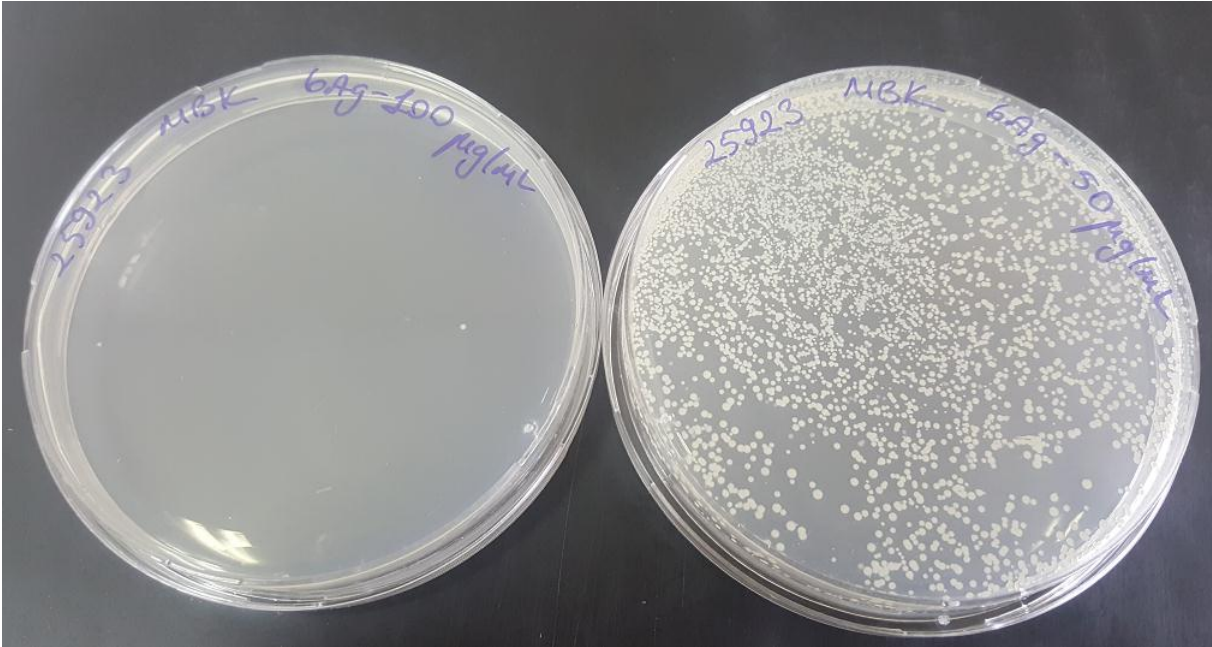
Şekil 3.152. Bileşik 6 *S.aureus* MBK deneyi sonuçları



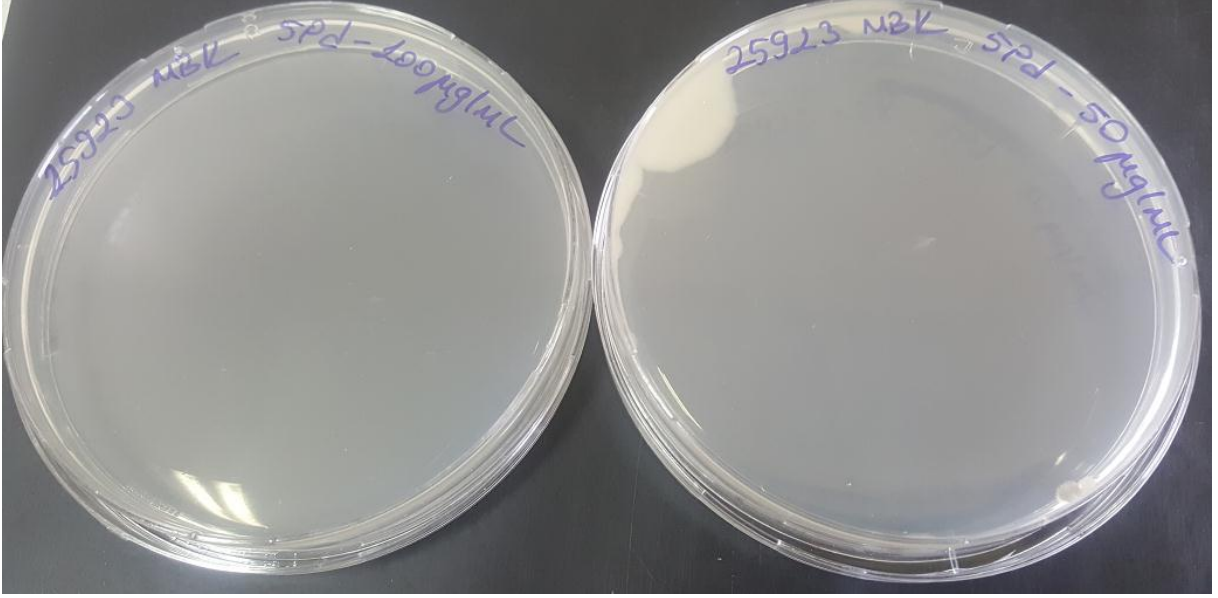
Şekil 3.153. Bileşik 4+Ag *S.aureus* MBK deneyi sonuçları



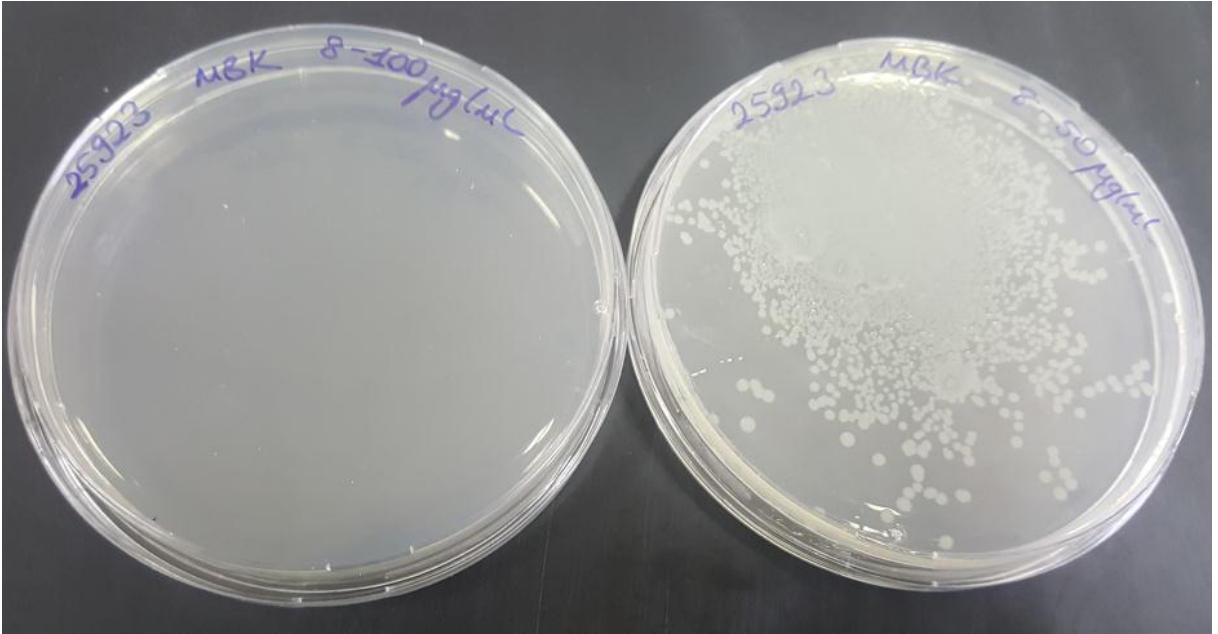
Şekil 3.154. Bileşik **5+Ag** *S.aureus* MBK deneyi sonuçları



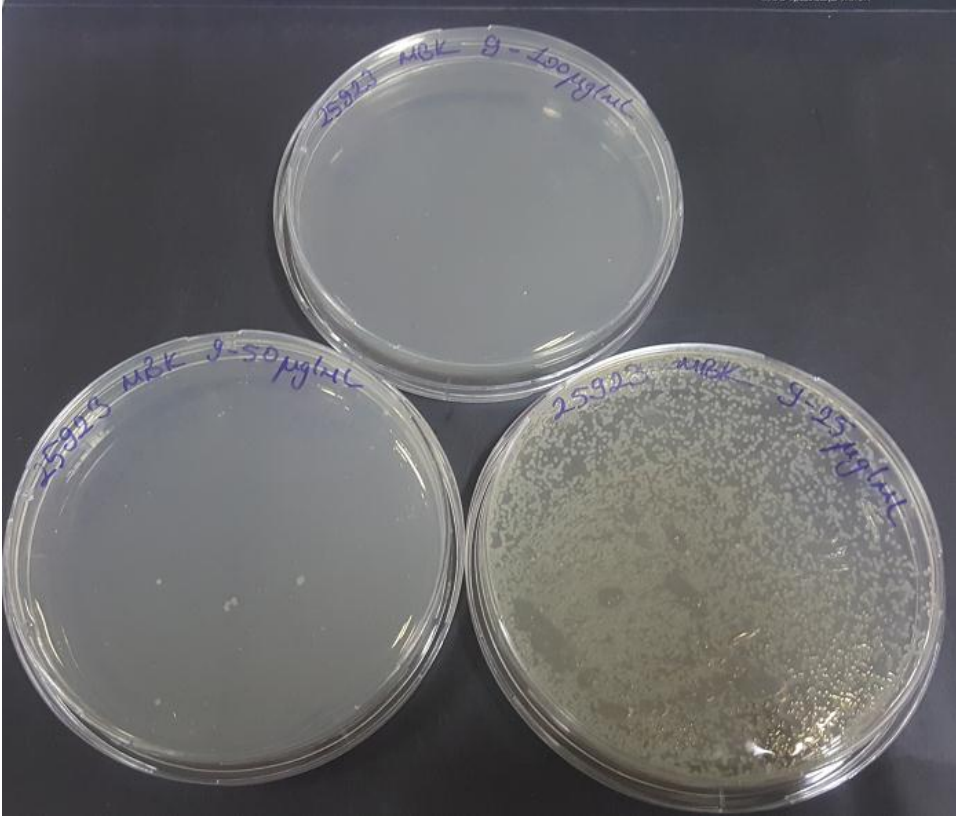
Şekil 3.155. Bileşik **6+Ag** *S.aureus* MBK deneyi sonuçları



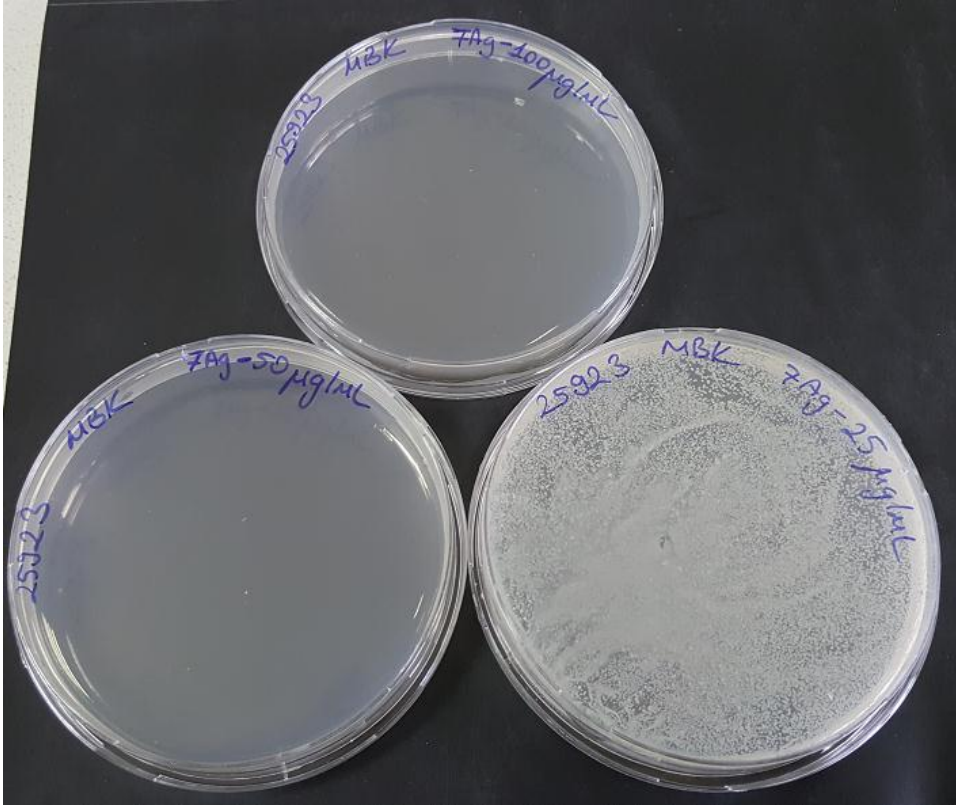
Şekil 3.156. Bileşik 5+Pd *S.aureus* MBK deneyi sonuçları



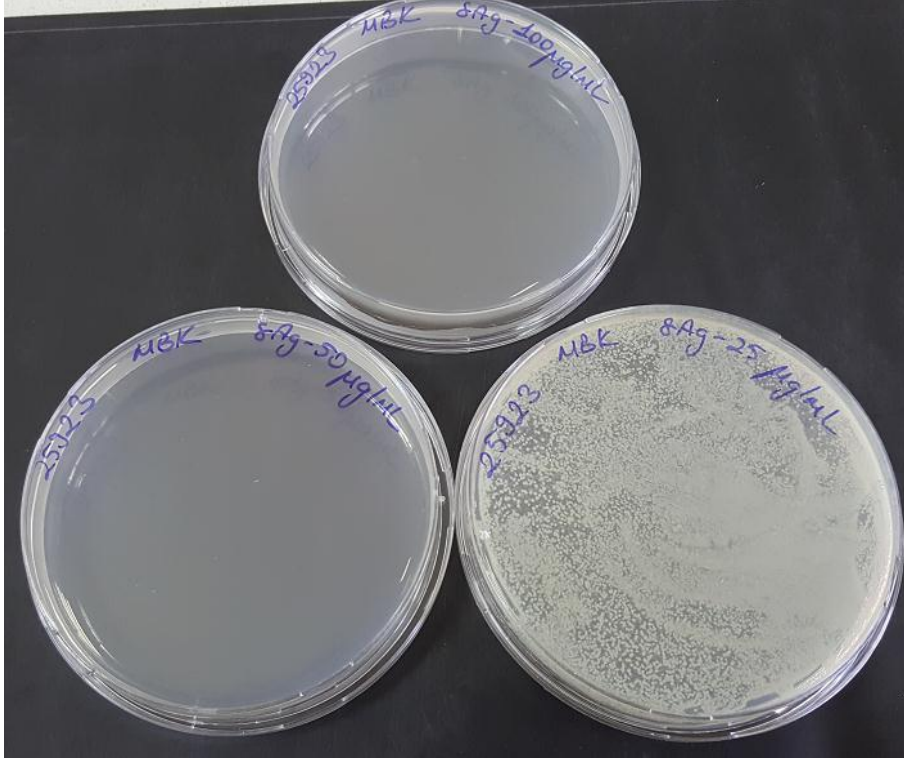
Şekil 3.157. Bileşik 8 *S.aureus* MBK deneyi sonuçları



Şekil 3.158. Bileşik 9 *S.aureus* MBK deneyi sonuçları



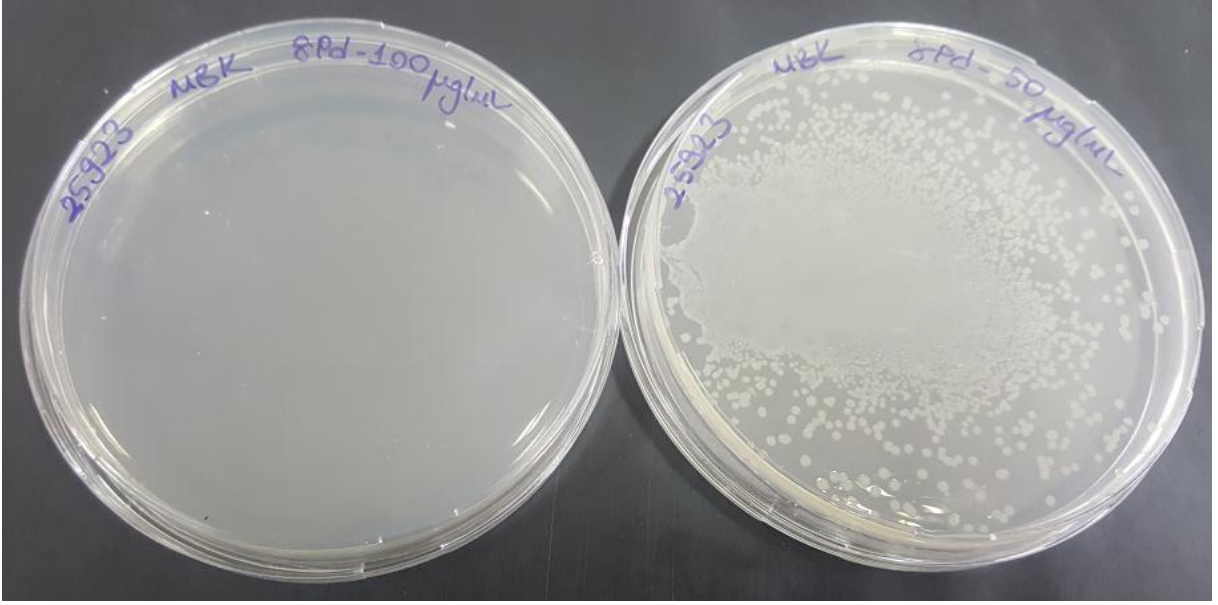
Şekil 3.159. Bileşik 7+Ag *S.aureus* MBK deneyi sonuçları



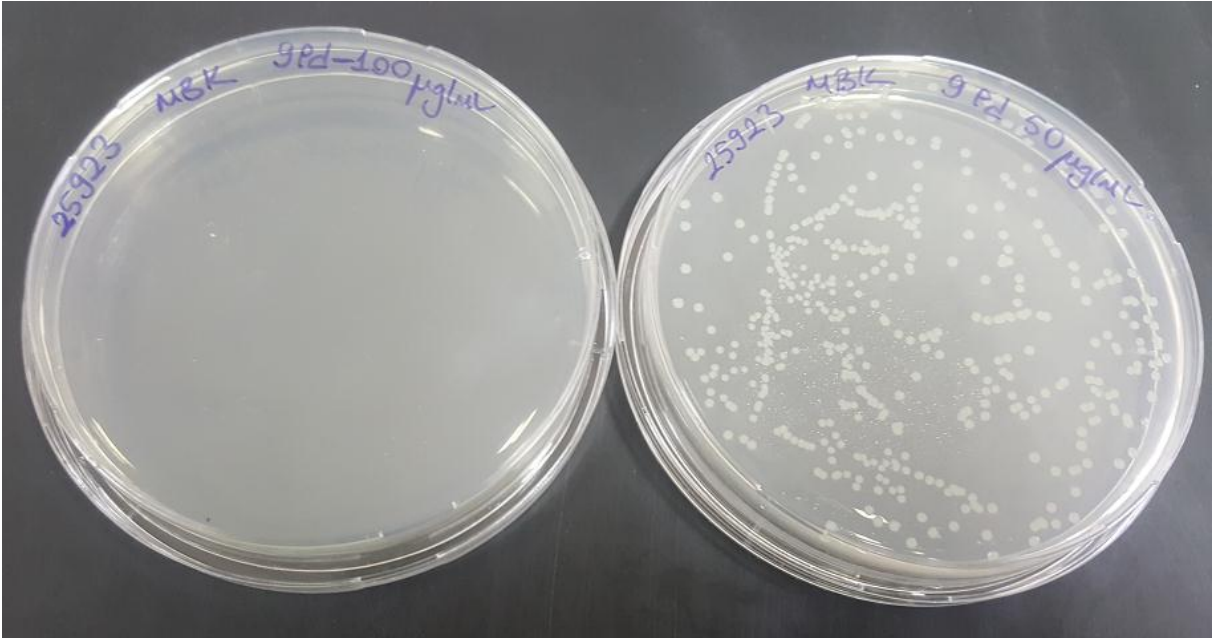
Şekil 3.160. Bileşik **8+Ag** *S.aureus* MBK deneyi sonuçları



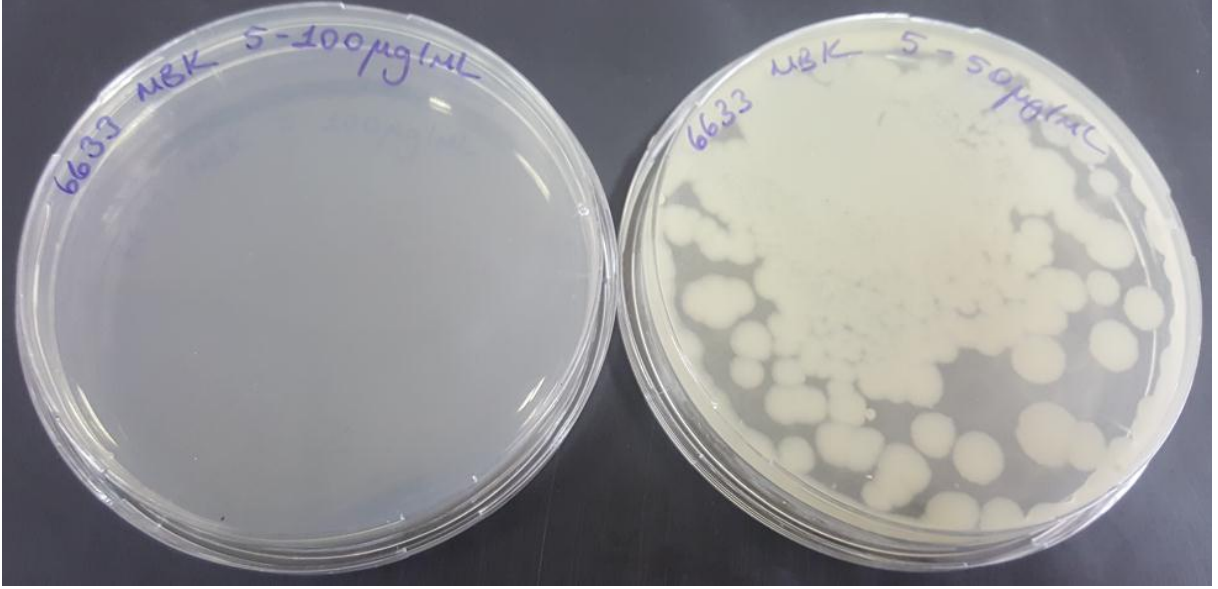
Şekil 3.161. Bileşik **9+Ag** *S.aureus* MBK deneyi sonuçları



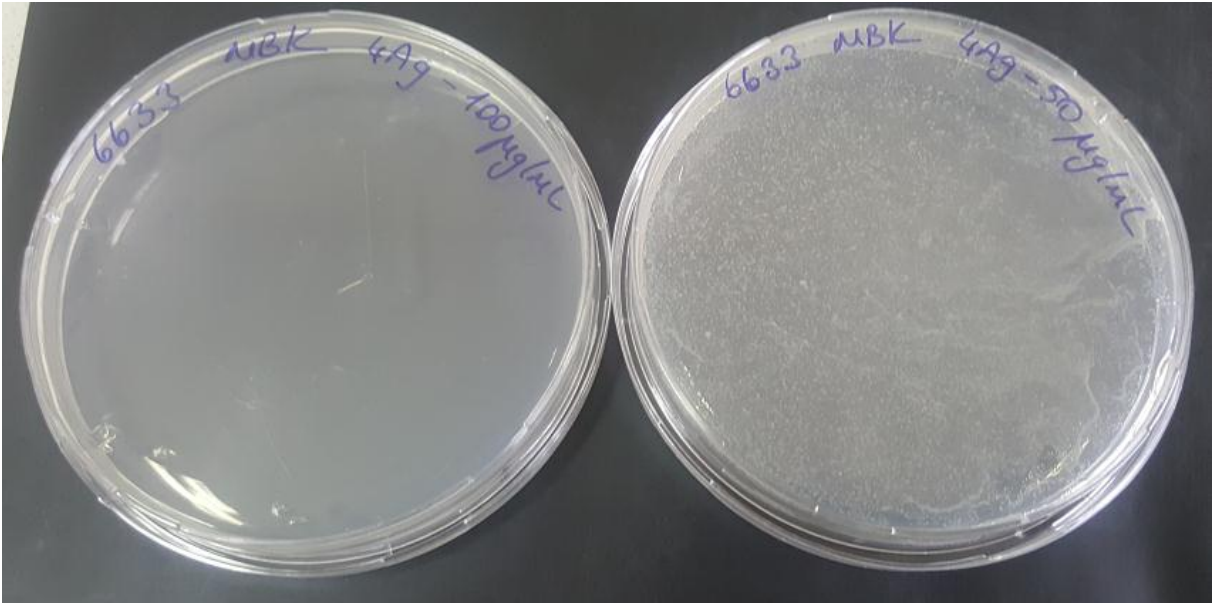
Şekil 3.162. Bileşik **8+Pd** *S.aureus* MBK deneyi sonuçları



Şekil 3.163. Bileşik **9+Pd** *S.aureus* MBK deneyi sonuçları

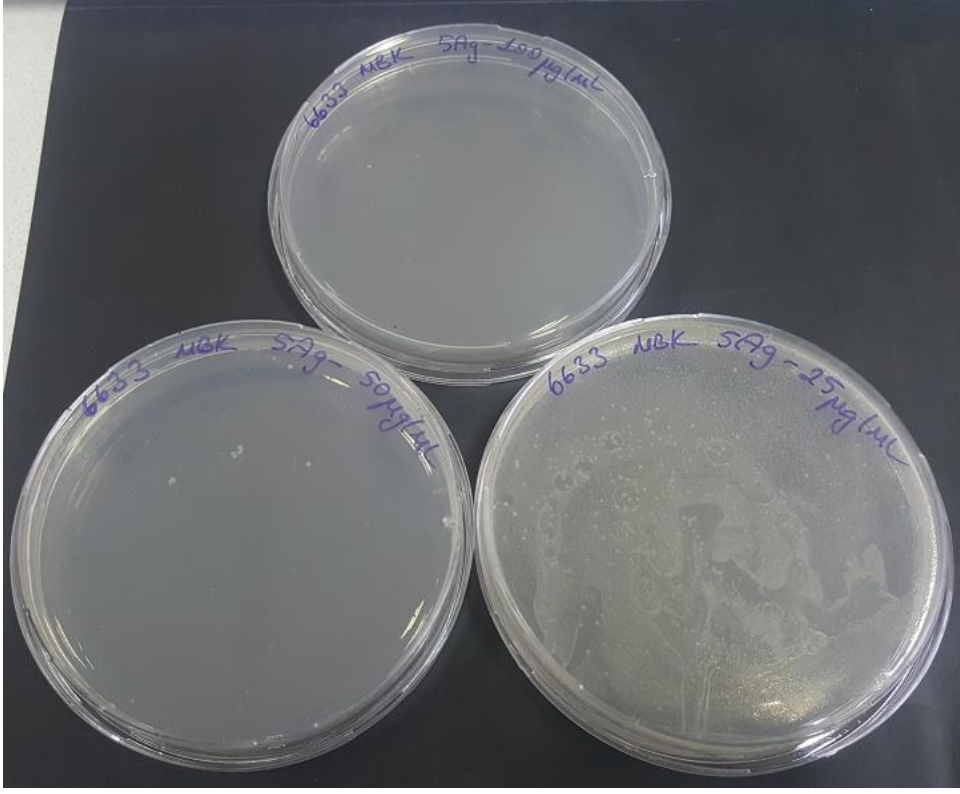


Şekil 3.164. Bileşik 5 *B.subtilis* MBK deneyi sonuçları

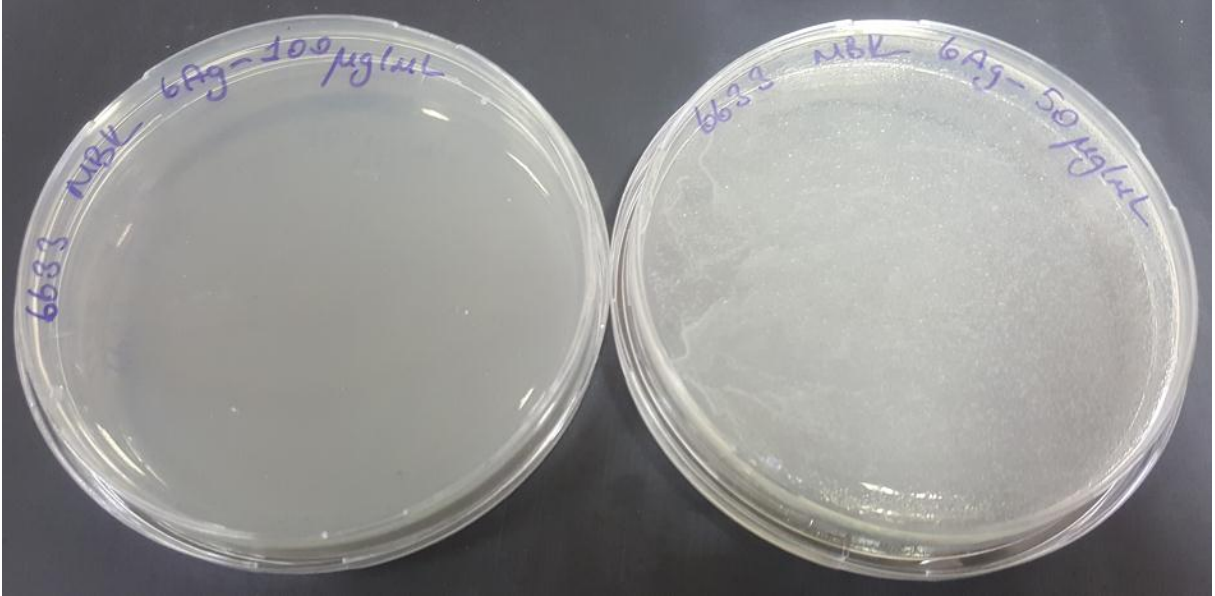


Şekil 3.165. Bileşik 4+Ag *B.subtilis* MBK deneyi sonuçları

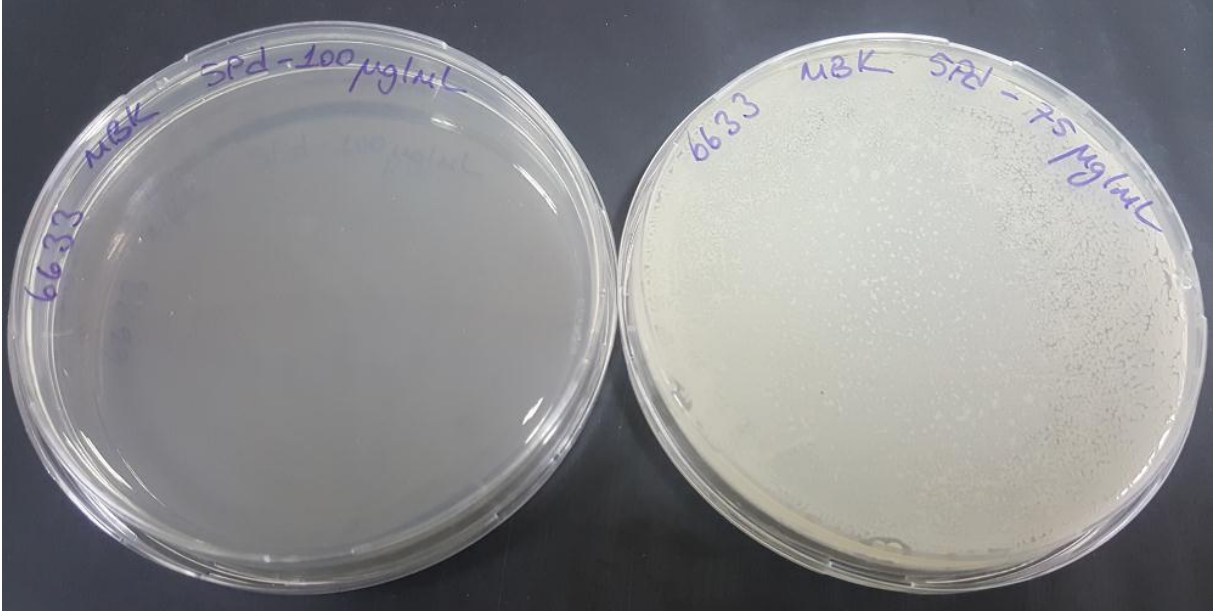




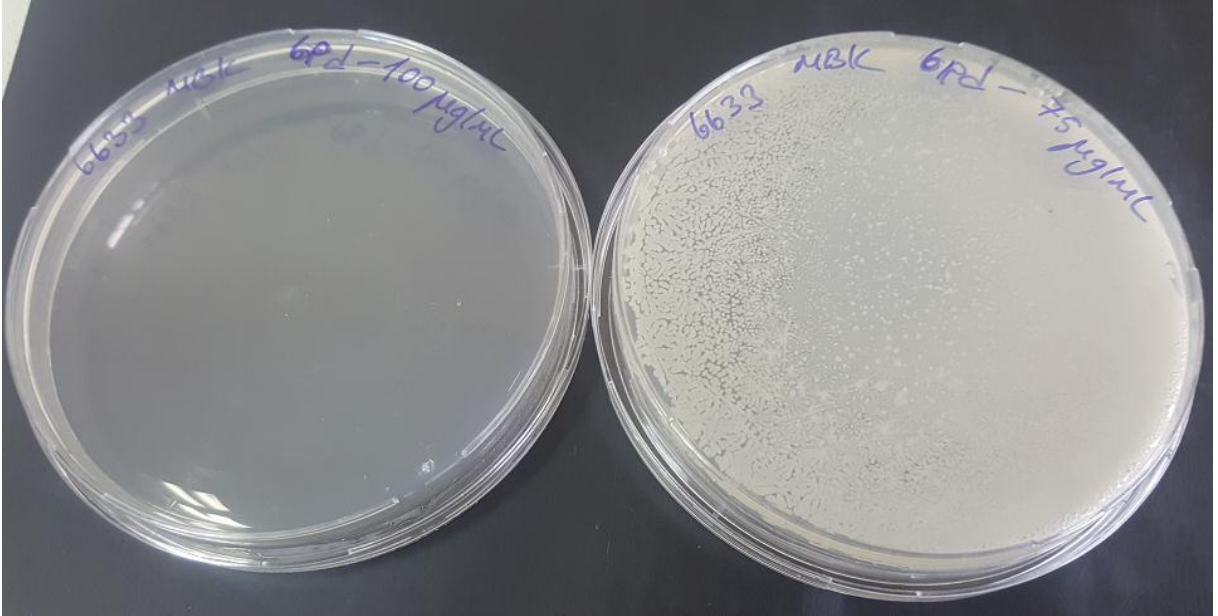
Şekil 3.166. Bileşik 5+Ag *B.subtilis* MBK deneyi sonuçları



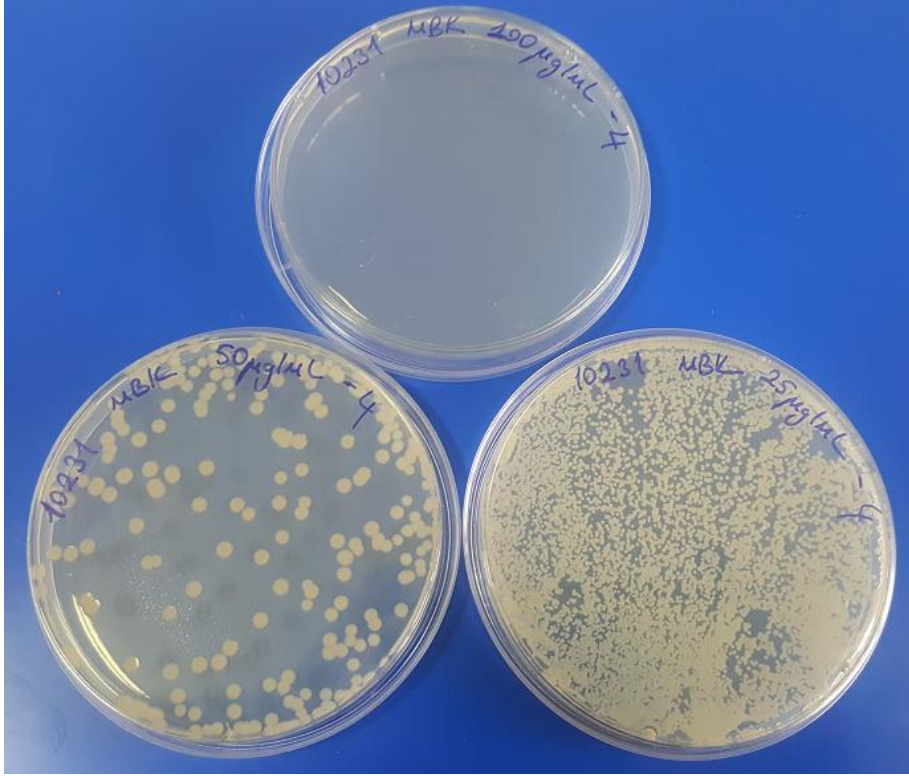
Şekil 3.167. Bileşik 6+Ag *B.subtilis* MBK deneyi sonuçları



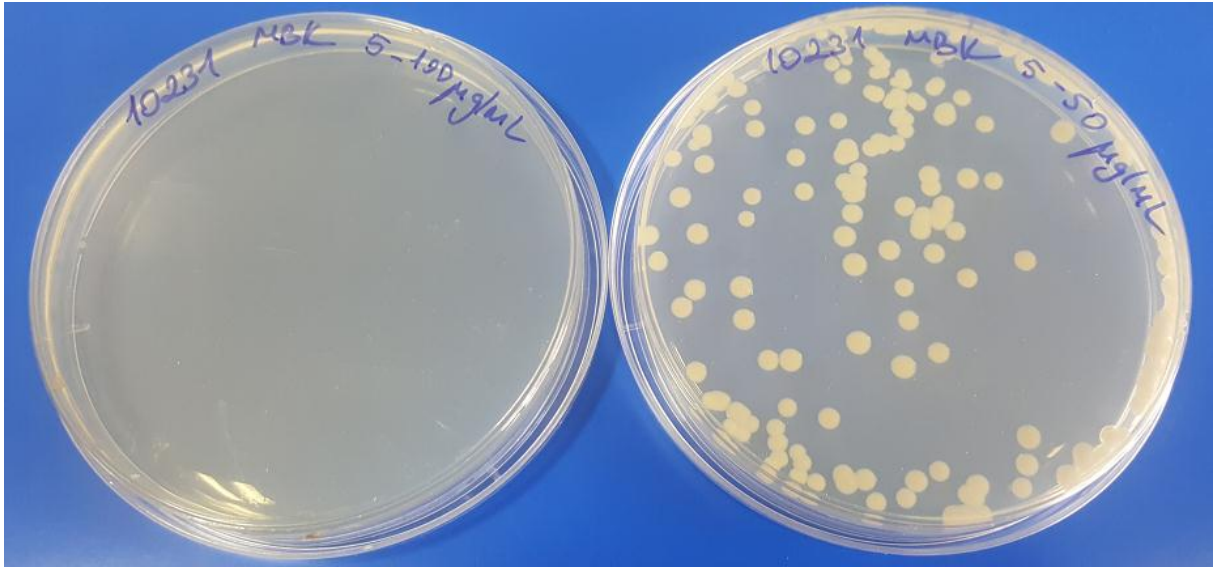
Şekil 3.168. Bileşik 5+Pd *B.subtilis* MBK deneyi sonuçları



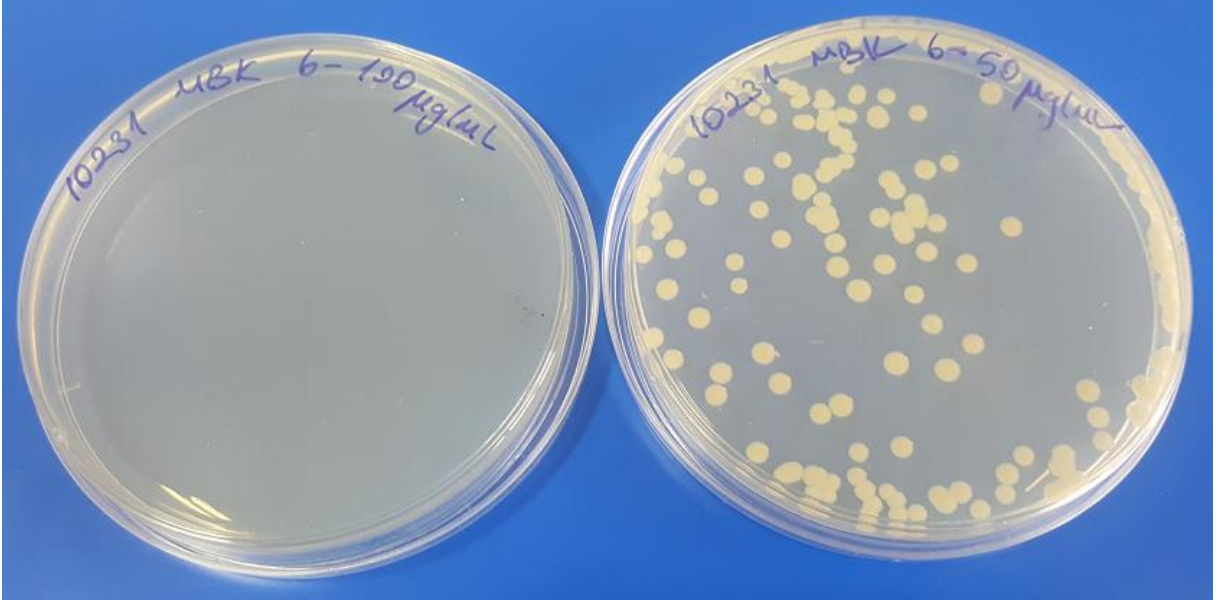
Şekil 3.169. Bileşik 6+Pd *B.subtilis* MBK deneyi sonuçları



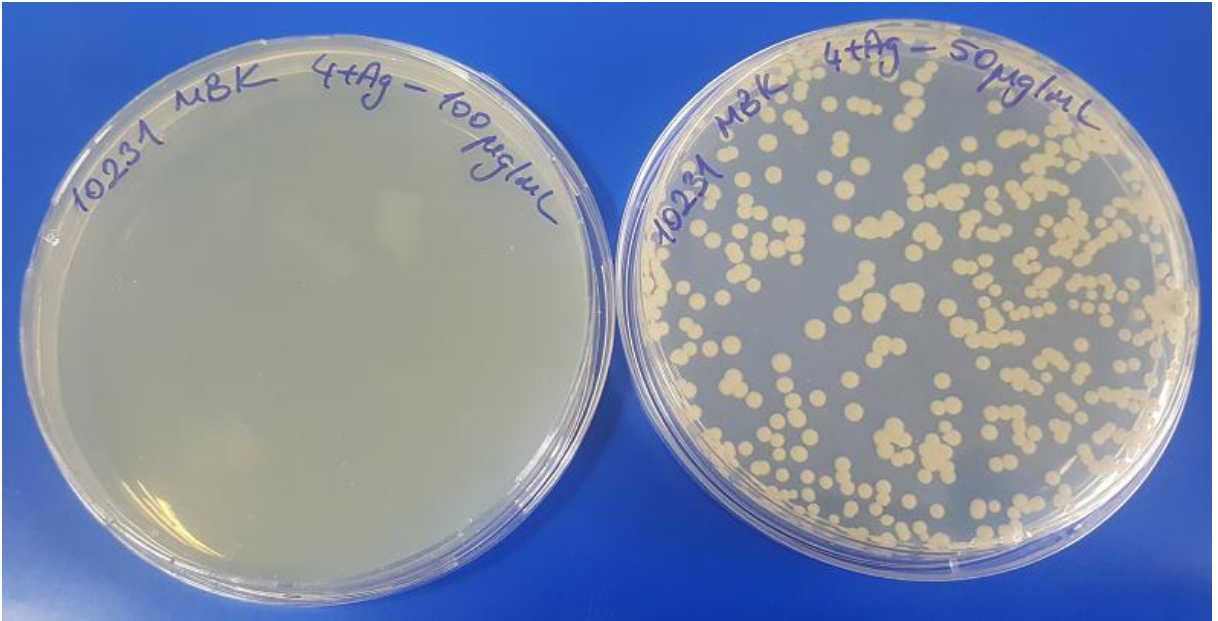
Şekil 3.170. Bileşik 4 *C.albicans* MBK deneyi sonuçları



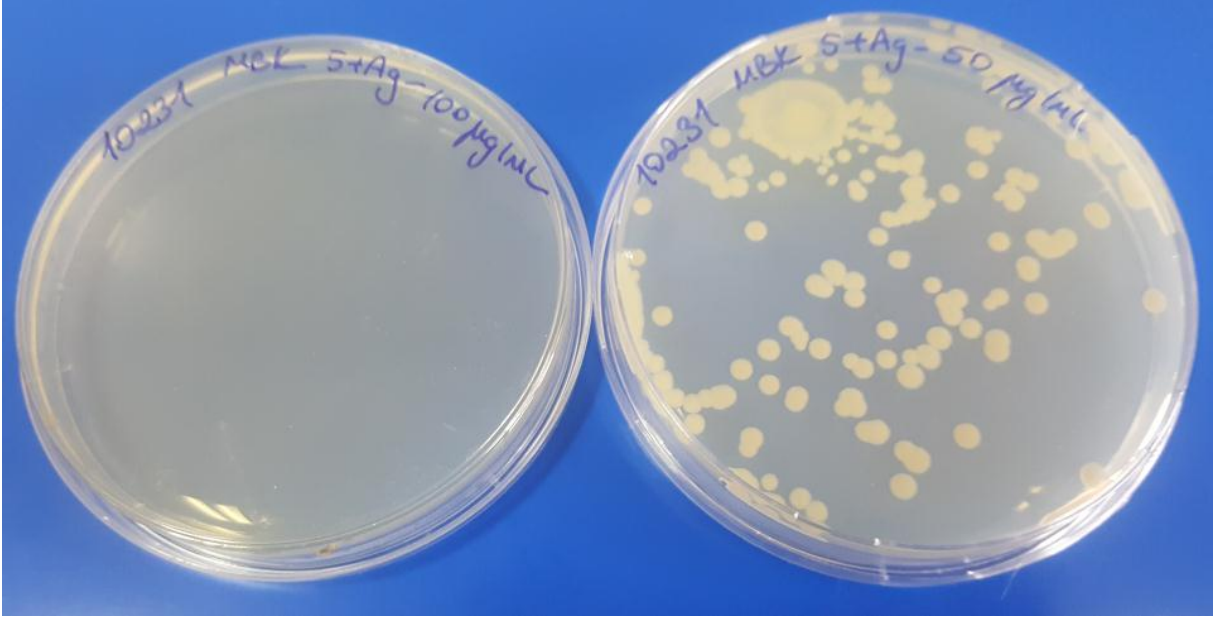
Şekil 3.171. Bileşik 5 *C.albicans* MBK deneyi sonuçları



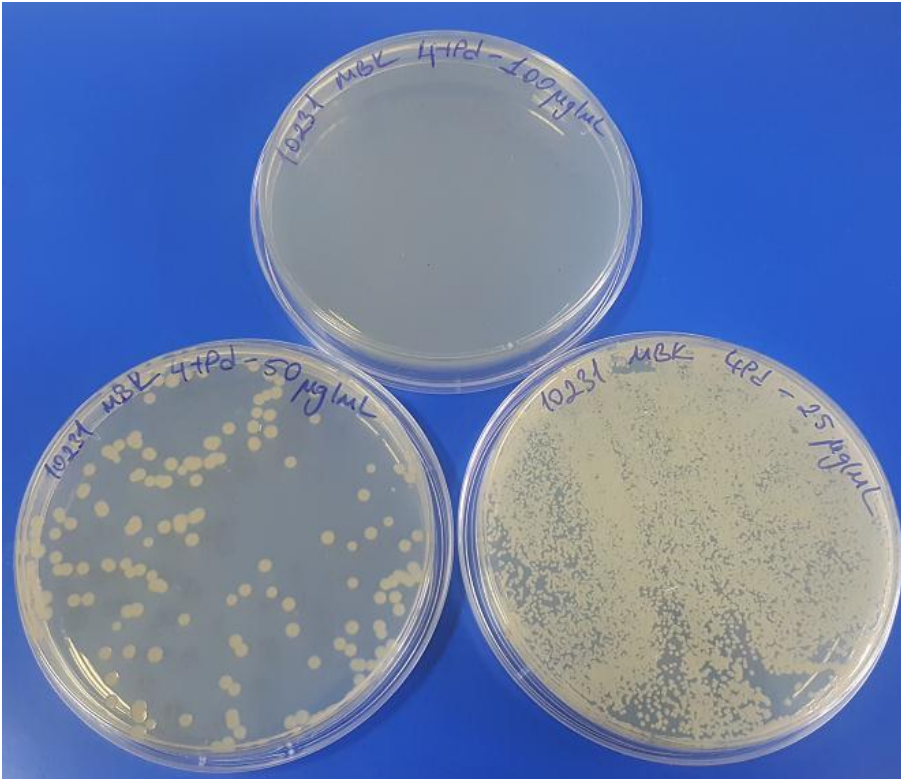
Şekil 3.172. Bileşik 6 *C.albicans* MBK deneyi sonuçları



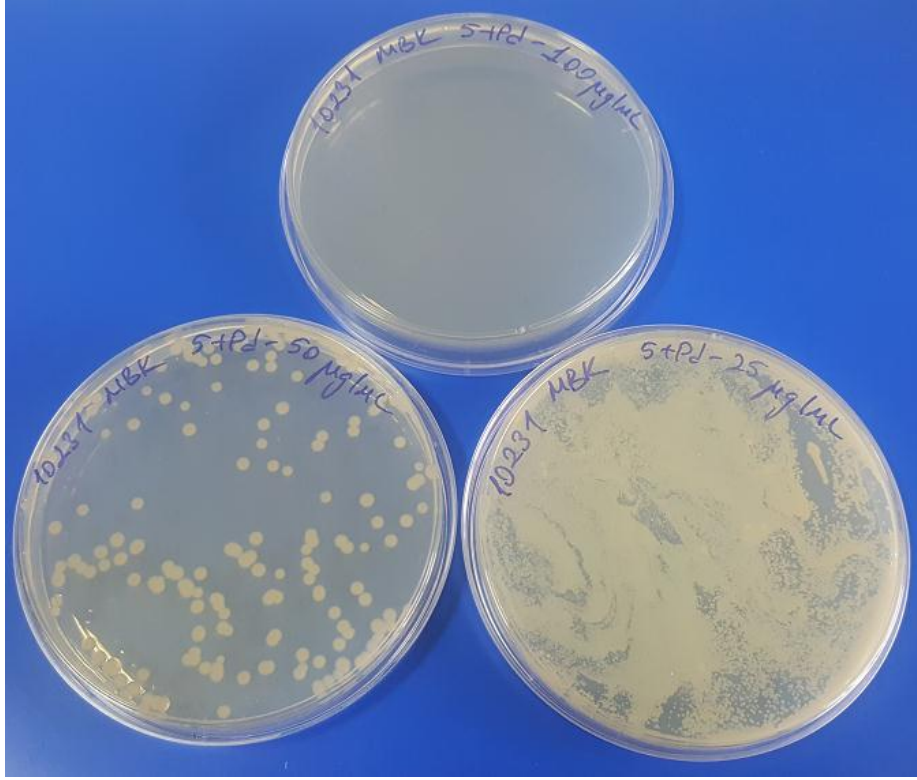
Şekil 3.173. Bileşik 4+Ag *C.albicans* MBK deneyi sonuçları



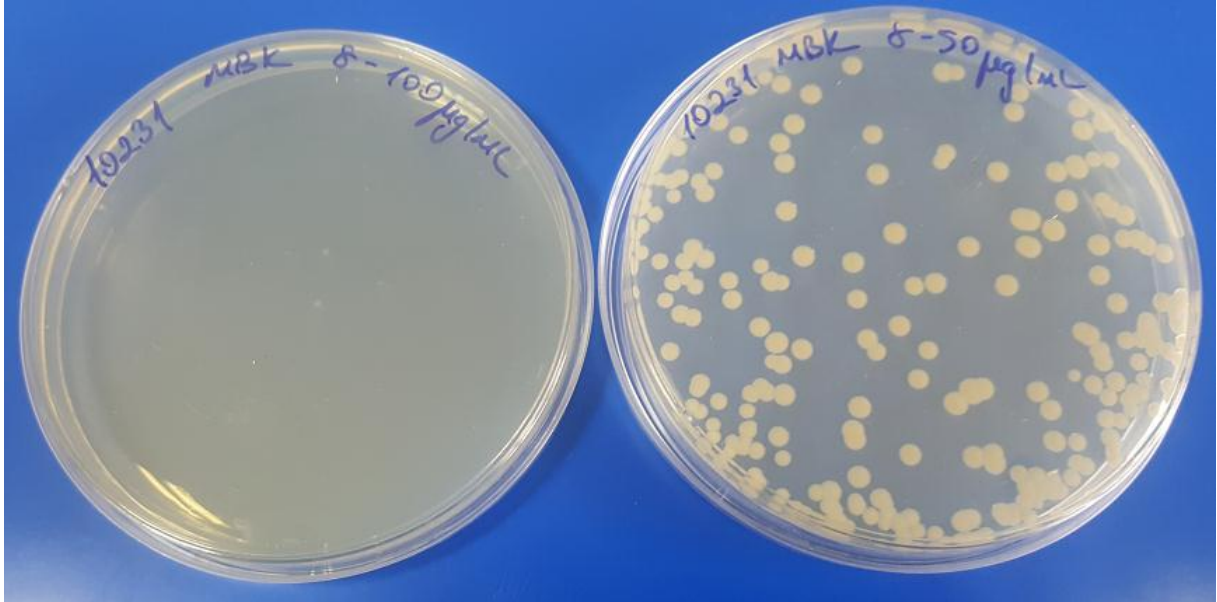
Şekil 3.174. Bileşik **5+Ag** *C.albicans* MBK deneyi sonuçları



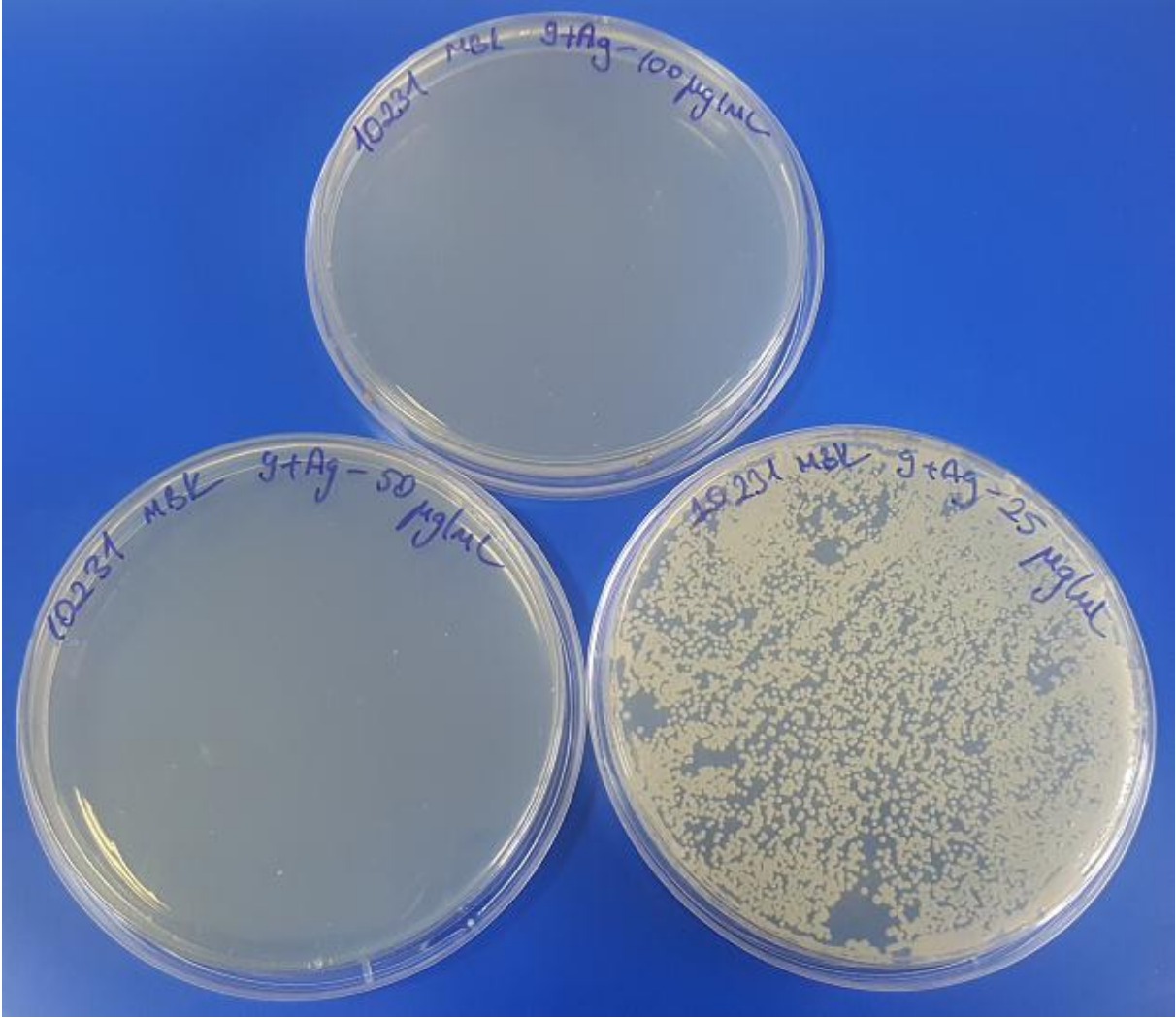
Şekil 3.175. Bileşik **4+Pd** *C.albicans* MBK deneyi sonuçları



Şekil 3.176. Bileşik 5+Pd *C.albicans* MBK deneyi sonuçları



Şekil 3.177. Bileşik 8 *C.albicans* MBK deneyi sonuçları



Şekil 3.178. Bileşik **9+Ag** *C.albicans* MBK deneyi sonuçları

Sonuç olarak bu proje kapsamında sentezlenen ftalosiyanın bileşiklerinin önemli derecede antibakteriyel ve antifungal aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Ftalosiyanın bileşiklerinin özellikle gümüş doplanmış hallerinin antimikrobiyal etkilerinin oldukça ümit verici olduğu düşünülmektedir.

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Koordinasyon bileşiklerinin biyolojik sistemler için büyük öneme sahip olduğu bilinmektedir. Bunlara örnek olarak hemoglobindeki hem prostetik grubu ve bitkilerdeki klorofil molekülü verilebilir. Ftalosiyanimler, canlı organizmalarda görev alan bu önemli moleküllere yapısal olarak benzerlik gösteren koordinasyon bileşikleridir. Son yıllarda, bu benzerlikleri nedeniyle, ftalosiyanimlerin canlı sistemlerde süregelen biyolojik olaylar üzerine etkisi araştırılmaktadır. Bu araştırmalar ftalosiyanim komplekslerinin antimikrobiyal etkiye sahip olumlu özellik gösteren maddeler grubunda olduğunu göstermiştir. Ftalosiyanimler üzerine yapılan çalışmalar bu komplekslerin, özellikle farklı süstitüentlere sahip metaloftalosiyanimlerin, iyi birer antioksidan ve bunun yanında antimikrobiyal aktiviteye de sahip olduğunu göstermiştir.

Ftalosiyanim türevlerinin paketlenme şekillerinin, bu bileşiklere metal sensör ve gaz sensör gibi pek çok ilginç özellik sağladığı bilinmektedir. Periferik konuma doğrudan heteroatom bağlanmış ftalosiyanim ve porfirazinler gümüş ve palladyum gibi yumuşak metaller ile etkileştirildiğinde, metal iyonlarına optik olarak duyarlı olduğu bilinmektedir. Bu proje kapsamında sentezlenen hedef ftalosiyanimlerin yumuşak geçiş metalleri ile kompleksleşme özellikleri UV-vis spektrofotometresi kullanılarak araştırılmıştır.

Ftalosiyanim bileşiklerinin ve karşılaştırma amacıyla kullanılan antioksidan etkinliği bilinen standart maddelerin serbest radikal giderim aktiviteleri DPPH serbest radikali kullanılarak Blois metoduna göre belirlenmiştir. Hem % inhibisyon hem de IC<sub>50</sub> hesaplamalarına göre bileşiklerin DPPH radikal giderim aktiviteleri kıyaslandığında α-süstitüe ftalosiyanim bileşiklerinin β-süstitüe ftalosiyanim bileşiklerinden daha yüksek radikal giderim aktivitesine sahip olduğu görülmektedir.

Diğer antioksidan mekanizmalarından biri, antioksidan bileşiklerin bazılarının geçiş metali iyonlarını (özellikle demir ve bakır) şelatlayarak onlarla kararlı bileşikler oluşturma ve bu yolla serbest radikal oluşumuna katılmalarını engelleme kabiliyetlerine dayanır. Buna göre, α- ve β-süstitüe ftalosiyanim bileşiklerinin 100 µg/mL'deki Fe<sup>2+</sup>/ferrozin kompleksinin oluşumunu inhibe etme %'lerini şu şekilde sıralayabiliriz; **9** (%39,5±0,4) < **7** (%41,8±0,4) < **8** (%43,4±0,1) < **5** (%51,5±0,1) < **6** (%53,7±0,5) < **4** (%58,4±0,1). α- ve β-süstitüe ftalosiyanim bileşiklerinin Ag (I) ve Pd (II) iyonları ile etkileştirilmiş halleri denenilen hiçbir konsantrasyonda şelatlama aktivitesi göstermemiştir. EDTA'dan sonra en iyi şelatlama özelliği gösteren bileşik **4** numaralı ftalosiyanim bileşiğidir. Ag (I) ve Pd (II) iyonları ile etkileştirme işlemi ise ftalosiyanim bileşiklerinin şelatma aktivitesine engel teşkil etmiştir.





Ftalosiyanın bileşiklerinin indirgeme kapasitesi Oyaizu metoduna göre tayin edilmiştir. . Elde edilen sonuçlara bakıldığında, yüksek absorbans değeri yüksek indirgeme kapasitesinin göstergesi olduğundan, tüm ftalosiyanın bileşiklerinin oldukça yüksek bir indirgeme kapasitesine sahip olduğu söylenebilir.

Proje kapsamında sentezlenen ftalosiyanın bileşiklerinin üç bakteri ve bir maya üzerindeki antimikrobiyal aktiviteleri disk difüzyon yöntemi ve makrobroth dilüsyon yöntemi ile belirlenmiştir. Sentezlenen ftalosiyanın bileşiklerinin büyük çoğunluğu *S.aureus* ve *E.coli* bakterilerine karşı antibakteriyel aktivite sergilerken,  $\alpha$ -süstitüe Pc bileşikleri *B. subtilis* üzerinde antibakteriyel etki göstermemiştir. Genel olarak bakıldığında ftalosiyanın bileşiklerinin Gram negatif bakterilere karşı tespit edilen antimikrobiyal aktivitesi Gram pozitif bakterilere karşı tespit edilen antimikrobiyal aktivitesiyle benzerlik göstermektedir.

Yapılan çalışmada Gram pozitif ve Gram negatif bakterilere karşı ftalosiyanın bileşiklerinin MİK değerlerinin 25-75  $\mu\text{g}/\text{mL}$  arasında olduğu, maya izolatına karşı MİK değerlerinin ise 25-50  $\mu\text{g}/\text{mL}$  arasında olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak bu proje kapsamında sentezlenen ftalosiyanın bileşiklerinin önemli derecede antioksidan, antibakteriyel ve antifungal aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Ftalosiyanın bileşiklerinin özellikle gümüş doplanmış hallerinin antimikrobiyal etkilerinin oldukça ümit verici olduğu düşünülmektedir.

Bu proje kapsamında verilen destek sayesinde ftalosiyanın Ag(I) ve Pd (II) iyonlarına karşı gösterdikleri sensör özellikleri hakkında önemli kazanımlar sağlanmıştır. Ayrıca antioksidan ve antimikrobiyal olarak kullanılabilirliği ile ilgili tecrübelerimiz geliştirilmiştir. Bu kazanımlardan faydalanılarak yeni bir Tübitak Araştırma Projesi hazırlanması düşünülmektedir. Ayrıca elde edilen ve bu raporda verilen sonuçlardan ftalosiyanın bileşikleri, antioksidan kapasite ve antimikrobiyal etki konusunda çalışma yapan araştırmacılara yeni fikirler vermesi ümit edilmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Leznoff CC, Lever ABP, editors, 1996, "Phthalocyanines: properties and applications", vols 1-4. New York: VCH Publishers.
- [2] McKeown NB. 1989, "Phthalocyanines materials: synthesis, structure and function" Cambridge University Pres.
- [3] Simon J, Bassoul P. 2000, "Design of molecular materials: supramolecular engineering". VCH Weinheim.
- [4] Hanack M, Lang M. 1994, "Conducting stacked metallophthalocyanines and related-compounds" *Adv Mater* 6(11), 819-833.
- [5] Schlettenwein D., Wöhrle D., Jaeger N.I., 1989, Reversible reduction and reoxidation of thin-films of tetrapyrazinotetraazaporphyrines, *J. Electrochem Soc*, 136(10), 2882-2886.
- [6] Dogo S., Germain J.P., Maleysson C., Pauly S., 1992, "Interaction of NO<sub>2</sub> with copper phthalocyanine thin-films 2. application to gas sensing" *Thin Solid Film*, 279, 251-256.
- [7] Nemykin V.N., Dudkin S.V., Dumoulin F., Hirel C., Gurek A.G., Ahsen V., 2014, "Synthetic approaches to asymmetric phthalocyanines and their analogues" *ARKIVOC*, SI, 142-204.
- [8] Flom S.R., Kadish K., Smith K.M., Guillard R. (Eds.), 2003, *The Porphyrin Handbook*, vol. 19, 179-189, Boston.
- [9] Yarasir M.N., Kandaz M., Senkal B.F., Koca A., Salih B., 2007, "Metal-ion sensing and aggregation studies on reactive phthalocyanines bearing soft-metal receptor moieties; synthesis, spectroscopy and electrochemistry", *Polyhedron* 26, 5235-5242.
- [10] Leznoff C.C., Marcuccio S.M., Grinberg S., Lever A.B.P., Tomer K.B., 1985, Metallophthalocyanine dimers incorporating 5-atom covalent bridges", *Canadian journal of chemistry-revue canadienne de chimie*, 63(3), 623-631.
- [11] Durmuş M., Yeşilot S., Ahsen V. 2006," Separation and mesogenic properties of tetraalkoxy-substituted phthalocyanine isomers", *New J. Chem*, 30(5), 675-678.
- [12] Gu L., Meng F.S., Gong X.D., Xiao H.M., Chen K.C., Tian H., 2001, "Synthesis and spectral properties of soluble trimethylsilyl substituted metal-phthalocyanines", *Dyes and Pigments*, 49(2), 83-91.
- [13] George R.D., Snow A.W., Shirk J.S., Barger W.R. 1998, "The alpha substitution effect on phthalocyanine aggregation" *J Porphyrins Phthalocyanines*, 2(1), 1-7.
- [14] Cook M.J., McMurdo J., Miles D.A., Poynter R.H., 1994, "Monolayer behavior and langmuir-blodgett-film properties of some amphiphilic phthalocyanines - factors



- influencing molecular-organization within the film assembly" *J. Mater Chem*, 4(8), 1205-1213.
- [15] Fitzgerald S., Farren C., Stanley C.F., Beeby A., Bryce M.R., 2002, "Fluorescent phthalocyanine dimers - a steady state and flash photolysis study", *Photochemical Photobiological Science*, 1(8), 581-587.
- [16] Louati A., Meray M.E.I., Andre J.J., Simon J., Kadish K.M., Gross M., et al. 1985, "Electrochemical reduction of new, good electron-acceptors - the metalloctacyanophthalocyanines", *Inorg chem*, 24(8), 1175-1179
- [17] Wöhrle D., Schmidt V., 1988, "Octabutoxyphthalocyanine, a new electron-donor", *J Chem Soc Dalton Trans*, 2, 549-551.
- [18] Hale P.D., Pietro W.J., Ratner M.A., Ellis D.E., Marks T.J., 1987, "On the electronic-structure of substituted phthalocyanines - a hartree-fock-slater study of octacyano-substituted and octafluoro-substituted (phthalocyaninato)silicon dihydroxide", *J. Am. Chem. Soc*, 109(20), 5943-5947
- [19] Schlettwein D., Armstrong N.R., 1994, "Correlation of frontier orbital positions and conduction type of molecular semiconductors as derived from ups in combination with electrical and photoelectrochemical experiments", *J Phys Chem* 98(45), 11771-11779
- [20] Meier H., Albrecht W., Wöhrle D., Jahn A., 1986, "Correlation of chemical-structure to photoconductivity - octacyano-substituted and octamethoxy-substituted zinc phthalocyanine" *J Phys Chem*, 90(23), 6349-6353
- [21] Maree S., Nyokong T., 2001, "Syntheses and photochemical properties of octasubstituted phthalocyaninato zinc complexes", *J Porphyrins Phthalocyanines*, 5(11), 782-792
- [22] Law W.F., Liu R.C.W., Jiang J., Ng D.K.P., 1997, "Synthesis and spectroscopic properties of octasubstituted (phthalocyaninato)titanium(IV) complexes", *Inorg Chim Acta*, 256(1), 147-150.
- [23] Somashekarappa M.P., Keshavayya J., 2001, "Synthesis and spectroscopic investigation of tetranitro-, tetraamino-, tetrahydroxy-, and tetracyanophthalocyanine-iron(III) chloride", *Synth React Inorg Met-Org Chem*, 31(5), 811-827
- [24] Kobayashi N., Ogata H., Nonaka N., Luk'yanets E.A., 2003, "Effect of peripheral substitution on the electronic absorption and fluorescence spectra of metal-free and zinc phthalocyanines", *Chem Eur J.*, 9(20), 5123-5134
- [25] Ferencz A., Neher D., Schulze M., Wegner G., Viaene L., Schryver F.C., 1995, "Synthesis and spectroscopic properties of phthalocyanine dimers in solution", *Chem Phys Lett.*, 245(1), 23-29

- [26] Kaur C., Kapoor H.C., 2001, "Antioxidant activity and quality of minimally processed Indian cabbage (*Brassica oleracea* var *Capitata*)", *Int J Food Sci Tech*, 36(5), 703-725
- [27] Ou B., Huang D., Hampsch-Woodill M., Flanagan J.A., Deemer E.K. 2002, "When East meets West: Relationship of Yin-Yang balance with antioxidation and oxidation", *J Agric Food Chem* 50(11), 3122-3128.
- [28] Ağırtaş M.S., Cabir B., Dundar A., Okumus V. ve Ceyhan G., 2014, "Novel Cobalt(II), Zinc(II) Phthalocyanines Bearing Discrete Substituents: Synthesis, Characterization, Aggregation Behavior, Electrochemical Properties, and Antioxidant Activity", *Synthesis and reactivity in inorganic metal-organic and nano-metal chemistry*, 44(8) 1092-1098.
- [29] Çelebi M., Ağırtaş M.S., and Dundar A., 2015, "Different peripheral substituted phthalocyanines: Synthesis, characterization, aggregation behavior, antioxidant and antibacterial activity", *Journal of Structural Chemistry*, 56(8) 1638-1645,
- [30] Ağırtaş M. S., Güven M. E., Gümüş S., Özdemir S., Dünder A., 2014, "Metallo and metal free phthalocyanines bearing (4-(1(4-phenoxyphenyl)-1-phenylethyl)phenol substituents: Synthesis, characterization, aggregation behavior, electronic, antioxidant and antibacterial properties", *Synthetic Metals*, 195, 177-184.
- [31] Braun A., Tcherniak J., *Ber. Disch. Chem.Ges.* 40 (1907) 2711
- [32] Linstead R.P.: *Br. Assoc. Adv. Sci.Rep.* (1933) 465
- [33] Linstead, R.P., 1934, "A new type of synthetic colouring matter", *J. Chem. Soc.*, 1016.
- [34] Byrne G.T., Linstead, R.P., Lowe, A.R., 1934, "The Preparation of Phthalocyanine and Some Metallic Derivatives from o-cyanobenzamide and Phthalimide" *J. Chem.Soc.*, 1017-1022.
- [35] Anderson J.S., Bradbrook E.F., Cook, A.H., Linstead, R.P., 1938, "Phthalocyanines and Associated Compounds Part XIII. Absorption Spectra", *J. Chem. Soc.*, 1151.
- [36] Barrett P.A., Linstead R.P., Tvey G.A.P., 1939, "Phthalocyanines and Related Compounds. Part XV. Tetrabenxtriaporphin: its Preparation from Phthalonitrile and a Proof of its Structure" 1809-1820
- [37] Robertso, I.M. 1935, "An X-ray Study of the Structure of the Phthalocyanines " *J. Chem. Soc.*, 615-621.
- [38] Berezin B. D.: 1959, *Khim. Tekhnol.*, 2, 165.
- [39] Lever A.B.P. 1965, "The Phthalocyanines " *Adv. Inorg. Radiochem.*, 7, 30.
- [40] Turek P., Petit P., Simon J., Even R., Boudjema B., Gillaud G., Maitrot M., 1987, "A new series of molecular semiconductors - phthalocyanine radicals .2.", *J.Am. Chem. Soc.*, 109, 5119-5122.

- [41] Ahsen V. Gürek, A.G., Luneau D., Pecaut J., 2001, "Synthesis, structure, spectroscopic properties, and magnetic properties of an octakis(alkylthio)-substituted lutetium(III) bisphthalocyanine", *Inorg. Chem.*, 40(18) 4793- 4797.
- [42] Andre J.J., Holczer K., Petit P., Riou M.T., Clarisse C., Even R., Fourmigue M., Simon J., 1985, "Electrical and magnetic-properties of thin-films and single-crystals of bis(phthalocyaninato)lutetium", *J. Chem. Phys. Lett.*, 115(4-5) 463-466.
- [43] Meller A., Ossko A., 1972, "Triisoindeole[1,2,3-cd-1',2',3-gh-1",2",3"-kl] [2,3a,5,6a,8,9a,9b] hena-azaboraphenilen", *Monats.Chem.*, 103(1), 150.
- [44] Terekhov D.S., Nolan K.J.M., McArthur C.R. ve Leznoff C.C., 1996, "Synthesis of 2,3,9,10,16,17,23,24-Octaalkylphthalocyanines and the Effects of Concentration and Temperature on Their <sup>1</sup>H-NMR Spectra", *J. Org. Chem.*, 61(9), 3034-3040.
- [45] Ahsen V., Yilmazer E., Ertaş M., Bekaroğlu Ö., 1988, "Synthesis and Characterization of Metal-free and Metal Derivatives of a Novel Soluble Crown Ether Containing Phthalocyanine" *Journal of the Chemical Society, Dalton Transactions*, 401-406.
- [46] Kim S.J., Matsumoto M., Shigehara K., 2000, "Synthesis and Electrical Properties of One-dimensional Octacyanometallophthalocyanine (M = Fe, Co)" *Journal of Porphyrins and Phthalocyanines*, 4, 136-144.
- [47] Leznoff C.C., Hu M., Nolan K.J.M., 1996, "The Synthesis of Phthalocyanines at Room Temperature" *Journal of the Chemical Society, Chemical Communications*, 1245-1246.
- [48] Hanack M., Renz G., Ströhle J., Schmid S., 1991, "Synthesis and Characterization of Substituted (1,2- Naphthalocyaninato) iron Compounds and Bisaxially, Coordinated Isocyanide Complexes" *Journal of Organic Chemistry*, 56, 3501-3509.
- [49] Ali H., Van Lier J.E., 1999, "Metal Complexes as Photo-and Radiosensitizers" *Chemical Reviews*, 99, 2379-2450.
- [50] Cao W., Tu H., Wang J., Tian H., Wang Y., Gu D., Gan F., 2002, "Synthesis and optical properties of axial bromosubstituted subphthalocyanines" *Dyes and Pigments*, 54, 213-219.
- [51] Herrman G.F., Shortt F., Sturdy L.A., Thornton S.R., Williams, A.L., 1998, "Methods of Organic Chemistry", New York, E9 d:717-833.
- [52] Kobayashi T., Isoda S., 1993, "Lattice Images and Molecular Images of Organic Materials" *Journals of Materials Chemistry*, 3, 1-14.
- [53] Cook M.J., Dunn A.J., Howe S.D., Thompson A.J., Harrison K.J., 1998, "Oktaalkoxyphthalocyanine and Naphthalocyanine Derivatives: Dyes with Q-Band Absorption in the Far Red or Near-Infrared", *Journal of the Chemical Society*, 1, 2453-2458.

- [54] Hamuryudan E., Merey S., Bayır Z.A., 2003, "Synthesis of Phthalocyanines with Tridentate Brached Bulky and Alkylthio Groups" *Dyes and Pigments*, 59, 263-268.
- [55] Gürek A.G., 1996, "Tetratiya-Makrohalkaları içeren Yeni Tip Ftalosiyanimler", İstanbul Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi, 33-37, İstanbul, Türkiye.
- [56] Schauzer G.N., Kohnle J., 1964, "Coenzym B12-Modelle" *Chemische Berichte*, 97, 3056-3064.
- [57] Rahman K., 2007, "Studies on free radicals, antioxidants, and co-factors" *Clinical Interventions in Aging*, 2(2), 219–236.
- [58] Lobo V., Patil A., Phatak A., Chandra N., 2010, "Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health" *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 118–126.
- [59] Carocho M., Ferreira I.C.F.R., 2013, "A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives" *Food and Chemical Toxicology*, 51, 15–25.
- [60] Yıldırım N., Bilgiçli A.T., Alici E.H., Arabacı G., Yarasir M.N., 2017, "Formation, characterization, aggregation, fluorescence an antioxidant properties of novel tetrasubstituted metal-free and metallophthalocyanines bearing (4-(methylthio)phenoxy) moieties" *Journal of Molecular Structure*, 1144, 66-79.
- [61] Aydın M., Alici E.H., Bilgiçli A.T., Yarasir M.N., Arabacı G., 2017, "Synthesis, characterization, aggregation, fluorescence and antioxidant properties of bearing (4-(methylthio)phenylthio) tetra substituted phthalocyanines", *Inorganica Chimica Acta* 464, 1–10.
- [62] Ağirtas M.S., Karatas C., Özdemir S., 2015, "Synthesis of some metallophthalocyanines with dimethyl5-(phenoxy)-isophthalate substituents and evaluation of their antioxidant-antibacterial activities" *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 135, 20–24.
- [63] Hicks M.R., Rullay A.K., Pedrido R., Crout D.H., Pinheiro T.J.T., 2008, "Efficient Synthesis of Methanesulphonate-Derived Lipid Chains for Attachment of Proteins to Lipid Membranes" *Synthetic Communications*, 38, 21, 3726-3750.
- [64] Yaraşır M.N., Kandaz M., Koca A., Salih B., 2007, "Polytopic cation receptor functional phthalocyanines: synthesis, characterization, electrochemistry and metal ion binding" *Polyhedron*, 26, 1139–1147.
- [65] Yağcı Ç., Bilgin A., 2013, "Erratum to Synthesis, characterization, aggregation, fluorescence, electrical and thermal properties of novel octasubstituted metal-free and metallophthalocyanines" *Polyhedron*, 51, 4, 142-155.

- [66] Adachi K., Chayama K., Watarai H., 2006, "Formation of helical J-aggregate of chiral thioether-derivatized phthalocyanine bound by palladium (II) at the toluene/water interface" *Langmuir*, 22, 1630-1639.
- [67] Bilgiçli A.T., Günsel A., Kandaz M., Özkaya A.R., 2012, "Highly selective thioalcohol modified phthalocyanine sensors for Ag(I) and Pd(II) based on target induced J- and H-type aggregations: synthesis, electrochemistry and peripheral metal ion binding studies" *Dalton Transactions*, 41(23), 7047-7056.
- [68] Khursheed A., 2011, "Scanning electron microscope optics and spectrometers" Chapter 1, World Scientific Publishing: Singapore.
- [69] Köse H., 2009, "Bileşik yarıiletken ince filmlerin elektrokimyasal sentezi ve karakterizasyonu" Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [70] Skoog D.A., Holler F.J., Nieman T.A., 1998, "Elektroanalitik kimya, enstrümantal analiz ilkeleri" Çeviri: E. Kılıç, F. Köseoğlu, H. Yılmaz, Bilim Yayıncılık: Ankara, sf. 563-673.
- [71] Brundle C.R., Evans C.A., Wilson S., 1992, "Encyclopedia of Materials Characterization: surfaces, interfaces, thin films" Butterworth-Heinemann/Mannig, Boston.
- [72] Blois M.S., 1958, "Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical" *Nature*, 181, 1199-1200.
- [73] Sanchez-Moreno C., 2002, "Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems" *Food Science and Technology International*, 8(3), 121-137.
- [74] Jovanovic S.V., Steenken S., Simic M.G., Hara Y., 1998, "Antioxidant properties of flavonoids: reduction potentials and electron transfer reactions of flavonoids radicals" In *Flavonoids in Health and Disease*. C. Rice-Evans and L. Packer, editors. Marcel Dekker, New York, 137-161.
- [75] Dinis T.C.P., Madeira V.M.C., Almeida L.M., 1994, "Action of Phenolic Derivatives (Acetaminophen, Salicylate, and 5-Aminosalicylate) as Inhibitors of Membrane Lipid Peroxidation and as Peroxyl Radical Scavengers" *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 315, 161-169.
- [76] Oyaizu M., 1986, "Studies on Products of Browning Reaction Antioxidative Activities of Products of Browning Reaction Prepared from Glucosamine" *Japan Journal of Nutrition*, 44, 307-315.
- [77] Ferreira I.C.F.R., Baptista P., Boas M.V., Barros L., 2007, "Free-radical scavenging capacity and reducing power of wild edible mushrooms from northeast Portugal: individual cap and stipe activity" *Food Chemistry*, 100, 1511 - 1516.



- [78] James J, Biemer M.D.. 1973, "Antimicrobial Susceptibility Testing by the Kirby-Bauer Disc Diffusion Method" *Annals of Clinical Laboratory Science*, 3, 2, 135-140.
- [79] Washington J.A., Barry A.L., 1974, "Dilution test procedures, *Manual of Clinical Microbiology*" Edited by EH Lennette, et al. American Society for Microbiology, 410-417.
- [80] Thabaut A., Meyran M. 1984, "Determination of the minimum bactericidal concentration Influence of various technical factors" *Pathologie-biologie*, 32(5), 351-354.



**TÜBİTAK**  
**PROJE ÖZET BİLGİ FORMU**

Proje Yürütücüsü:	AHMET TURGUT BİLGİÇLİ
Proje No:	116Z052
Proje Başlığı:	Antioksidan ve Antimikrobiyal Özellik Gösteren Yeni Tip Sensör Metalofalosiyeninlerin Geliştirilmesi
Proje Türü:	3001 - Başlangıç AR-GE
Proje Süresi:	15
Araştırmacılar:	ARMAĞAN GÜNSEL, GÜLNUR ARABACI, HİLAL KÖSE, MERYEM NİLÜFER YARAŞIR
Danışmanlar:	
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	SAKARYA Ü. FEN-EDEBİYAT F. KİMYA B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	15/06/2016 - 15/09/2017
Onaylanan Bütçe:	85763.0
Harcanan Bütçe:	43456.9
Öz:	<p>Sahip olduğu yüksek teknolojik özelliklerinden dolayı ftalosiyenin kompleksleri üzerine yapılan çalışmaların sayısı her geçen gün artmaktadır. Ftalosiyeninlerin uygulama alanlarını kısıtlayan nedenlerden biri düşük çözünürlüklü olmalarıdır. Bu amaçla, bu proje kapsamında ilk olarak yüksek çözünürlüğe sahip ?- ve ?- sübtitüe ftaosiyenin kompleksleri tasarlanmış ve sentezlenmiştir.</p> <p>Ekonomik değere sahip olan kimyasal elementlere, genel olarak kıymetli metal adı verilir. En çok bilinen kıymetli metaller altın, pallyum, platin ve gümüşür. Proje kapsamında sentezlenen ftalosiyenin kompleksleri, değerli olmalarının yanında, hem insana hem de çevreye oldukça zararlı olduğu tıbben kanıtlanmış olan çeşitli ağır metallere Pd(II) ve Ag(I) iyonlarına karşı yüksek spesifik seçicilik göstermektedir. Özellikle toksik olan Pd (II) ve değerli Ag (I) iyonlarının, ftalosiyenin komplekslerine karşı duyarlı olması, çevresel ve tıbbi açıdan büyük önem arz etmektedir.</p> <p>Gıda sanayinde gıdaların bozunmasını önlemek ve raf ömrünü uzatmak için doğal ve sentetik antioksidan ve antimikrobiyal maddeler kullanılmaktadır. Bu nedenle antioksidan ve antimikrobiyal özellik gösterebilen yeni maddelerin sentezlenmesi, geliştirilmesi ve kullanılabilirliğinin araştırılması gereklidir.</p> <p>Bu projede ilk defa ?- ve ?- pozisyonlarından ?3-(heksadesiltiy)-2-(heksadesiltiyometil) propan-1-ol? bağı, tetra sübtitüe Zn(II), Cu(II) ve Co(II) ftalosiyenin komplekslerinin sentezi, karakterizasyonu, Ag(I) ve Pd(II) gibi değerli metal iyonlarına karşı göstermiş oldukları sensör özellikleri ile birlikte antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri incelenmiştir.</p> <p>İlk olarak, yeni sentezlenen bu kompleksler UV/Vis, FT-IR, 1H-NMR, 13C-NMR, Floresans, MALDI-TOF/MS, spektral ve elementel analiz yöntemleri kullanılarak karakterize edilmiştir. Bununla birlikte teknolojik uygulamalarda bir maddenin kullanılabilmesi için, homojen filmlerinin hazırlanması ve bu filmlerin yüzey morfolojilerinin belirlenmesi gerektiğinden, elde edilen ftalosiyenin komplekslerinin yüzey morfolojileri SEM yardımıyla incelenmiştir. Son olarak da bu ftalosiyenin komplekslerinin antioksidan ve antimikrobiyal madde olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.</p>
Anahtar Kelimeler:	Ftalosiyenin, Sensör, Antioksidan, Antimikrobiyal
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır