



Makale / Research Paper

Aromatik Schiff Bazları ve Co(II), Ni(II) ve Cu(II) Komplekslerinin Sentezi: Antimikrobiyal Aktivitelerinin İncelenmesi

Ayşe Betül AKINCI^{1a}, Ali Burak SÜN BÜL^{1b}, Mahmut ÇAYLAR^{1,2c}, Ferudun KOÇER^{1,2d}, Serhan URUŞ^{1e*}

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü/TÜRKİYE

²Üniversite-Sanayi-Kamu İşbirliği Geliştirme, Uygulama ve Araştırma Merkezi (ÜSKİM)/TÜRKİYE
serhanurus@yahoo.co.uk

Received/Geliş:06.04.2022

Accepted/Kabul:07.07.2022

Öz: *N,N*-dietil-*p*-fenilendiamin ile salisilaldehit ve 2,4-dihidroksibenzaldehit ayrı ayrı reaksiyona sokulup, iki farklı türde Schiff bazı ligantları sentezlenmiştir. Elde edilen ligandların, Co(II), Cu(II) ve Ni(II) kompleksleri sentezlenmiş ve sentezlenen ligand ve metal komplekslerinin yapıları, FT-IR, UV.-Vis., ICP-OES, TG/DTA/DTG, ¹H ve ¹³C NMR ve elemental analiz (C, H, N ve metal içeriği) teknikleri kullanılarak karakterize edilmiştir. Çalışmada elde edilen ligandların ve metal komplekslerinin gram pozitif; *Staphylococcus aureus* Rosenbach ATCC-6538, *Bacillus cereus* ATCC 7064, gram negatif; *Escherichia coli* ATCC-8739, *Salmonella typhimurium* ve *Candida albicans* ATCC-90028 maya suşuna karşı biyolojik aktiviteleri incelenmiştir. L₁ ligand ve komplekslerinin mikroorganizmalara karşı 8,15-12,99 mm, L₂ ve komplekslerinin mikroorganizmalara karşı 7,66-13,88 mm çapında inhibisyon zonları gösterdiği belirlenmiştir. Elde edilen bu kompleks yapılarının gram negatif ve gram pozitif suşlara karşı olumlu etkisi bulunduğu hayati yaşamımızda yoğun olarak kullanılan antibiyotiklere alternatif olması mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Schiff bazı, metal kompleksi, antimikrobiyal

Synthesis of Aromatic Schiff Bases and Co(II), Ni(II) and Cu(II) Complexes: Investigation of Antimicrobial Activities

Abstract: Two types of Schiff base ligands were synthesized with the reaction of *N,N*-diethyl-*p*-phenylenediamine and salicylaldehyde, 2,4-dihydroxybenzaldehyde separately. Co(II), Cu(II), Ni(II) complexes of the obtained ligands were synthesized and characterized using FT-IR, UV.-Vis., ICP-OES, TG/DTA/DTG, ¹H and ¹³C NMR and elemental analyses (C, H, N and metal contents analyses). The ligands and metal complexes obtained in the study were gram positive; *Staphylococcus aureus* Rosenbach ATCC-6538, *Bacillus cereus* ATCC 7064, gram negative; *Escherichia coli* ATCC-8739, *Salmonella typhimurium* and *Candida albicans* ATCC-90028 yeast strain biological activities against were investigated. It was determined that the L₁ ligand and its complexes showed 8.15-12.99 mm diameter inhibition zones against microorganisms, and the L₂ and complexes showed 7.66-13.88 mm diameter inhibition zones against microorganisms. Since these complex structures have positive effects against gram-negative and gram-positive strains, it is possible to be an alternative to antibiotics that are used extensively in our lives.

Keywords: Schiff base, metal complexes, antimicrobial

1. Giriş

Koordinasyon kimyasında sık karşılaşılan ligandlardan biri Schiff bazlarıdır. Bu ligandlar özellikle aldehit ve ketonların bir primer aminle verdiği kondenzasyon reaksiyonu sonucu oluşurlar. Kondenzasyon reaksiyonu sonucu oluşan karbon-azot çift bağına (C=N) azometin veya imin adı verilir.

Bu makaleye atıf yapmak için

Akinci A.B., Sünbül A.B., Çaylar M., Koçer F., Uruş S., "Aromatik Schiff Bazları ve Co(II), Ni(II) ve Cu(II) Komplekslerinin Sentezi: Antimikrobiyal Özelliklerinin İncelenmesi", El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi 2022, 9 (3); 1149-1170.

How to cite this article

Akinci A.B., Sünbül A.B., Çaylar M., Koçer F., Uruş S., "Synthesis of Aromatic Schiff Bases and Co(II), Ni(II) and Cu(II) Complexes: Investigation of Antimicrobial Properties", El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 2022, 9 (3); 1149-1170.

ORCID: *0000-0001-7508-9335; *0000-0001-6900-2424; *0000-0001-7093-726X, *0000-0002-8749-7106, *0000-0002-4204-9860

Koordinasyon bileşikleri sentezinde ligand olarak kullanılan Schiff bazları konusunda birçok bilim adamı ilgilenmiş ve çeşitli kompleksler elde etmişlerdir. Schiff bazlarının yapılarında oksokrom gruplar bulduklarından boya endüstrisinde özellikle tekstil boyacılığında pigment boyar maddesi olarak kullanılmaktadır. Schiff bazı komplekslerinin antikanser aktivite göstermesinden dolayı tıp dünyasındaki önemi giderek artmaktadır. Aromatik aminlerin Schiff bazı kompleksleri özellikle antibakteriyel, mantar önleyici, antikanser, antioksidan, anti plazmodiyal, antienflamatuvar ve anti depresan gibi özellikleri ile son derece ilgi çekmektedir [1–3].

Amin ve/veya karbonil bileşikleri beşli veya altılı şelat oluşturabilecek bir yapıya sahip iseler, metal iyonuyla kararlı bileşik yapabilirler. Metal-şelat teşekkülü birçok önemli biyolojik işlevlerde yer almaktadır. Kompleks bileşiklerinin özellikleri kullanılan ligand ve metal iyonuna bağlı olarak değişmektedir. Kompleks oluşumunda kullanılan metal iyonunun büyüklüğü, yükü ve iyonlaşma gerilimi kompleksin kararlılığını etkilemektedir. Ayrıca schiff bazı metal kompleksleri alkenlerin oksidasyonu veya epoksidasyonu polimer stabilizörleri alken metatezi ve pigmentler gibi çok yönlü uygulamalara sahip olduğundan endüstriyel açıdan önemlidir [4–6]. Jack-Bean üreaz enzimi ve bazı hidrojenaz enzimleri içerisinde çok az miktarda Schiff bazı Ni(II) komplekslerine rastlamıştır [7]. Bu çalışmada, Schiff bazları ve bu ligandların Co(II), Cu(II), Ni(II) metal komplekslerinin sentezlenmesi, karakterizasyonlarının belirlenmesi ve antimikrobiyal aktivitelerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan kimyasallar Merck, Fluka ve Aldrich'ten temin edilmiştir. Etil alkol, metil alkol, hekzan, etil asetat, distile su, N,N-dietil-p-fenilendiamin sülfat tuzu, salisilaldehit, 2,4-dihidroksibenzaldehit, Trietilamin, Kobalt (II) asetat tetrahidrat ((CH₃COO)₂Co.4H₂O), Bakır(II) asetat monohidrat Cu(CH₃COO).H₂O, Nikel(II) klorür heksahidrat (NiCl₂.6H₂O), Kobalt (II) klorür heksahidrat (CoCl₂.6H₂O), Bakır(II) klorür dihidrat (CuCl₂.2H₂O) kullanılmıştır. Sentezlenen bileşiklerin IR spektrumları, Perkin Elmer Spectrum 400 Fourier Transform Infrared (FT-IR) cihazında 4000-400 cm⁻¹ aralığında alınmıştır. Termogravimetrik analizler, Perkin Elmer Pyris Diamond cihazı kullanılarak, UV Spektrumları Shimadzu UV-1800 model UV-Vis cihazı kullanılarak 900-200 nm aralığında alındı. Metal komplekslerindeki metal içeriklerinin tayini için, kompleksler öncelikle Berghof MWS3+ cihazı ile kapalı sistem mikrodalga sisteminde, HNO₃+H₂O₂ karışımında parçalanıp, sonrasında Perkin Elmer Optima 2100 DV ICP-OES cihazı ile belirlenmiştir. ICP-OES analizi ön parçalanma işlemleri kapalı sistem mikrodalgada, 0.01 gram numune, 5ml nitrik asit ve 2 ml hidrojen peroksit eklenerek parçalama programı yapılmış ve ultra saf su ile 50 ml ye seyreltilmiştir. C, H ve N yüzdeleri ise, LECO-932 CHN model element analiz cihazı ile belirlenmiştir. ¹H-NMR, ¹³C-NMR'ı Bruker Biospin 300 MHz, NMR spektrometresi ile CDCl₃ ve DMSO kullanılarak Malatya Üniversitesi İBTAM Laboratuvarları'nda alınmıştır.

2.2. Metot

2.1.1. Ligandların Sentezi için Genel Prosedür (L₁-L₂)

100 mL'lik bir cam balona N,N Dietilbenzen-1,4-diaminden 20 mmol (%98, 5.36 gr) alındı. Üzerine etanol eklenerek çözünmesi için ısıtıcılı manyetik karıştırıcıya alındı. Yaklaşık yarım saat sonra çözeltinin üzerine ayrı ayrı salisilaldehit ve 2,4-dihidroksibenzaldehit eklendi. Reaksiyon karışımı yaklaşık 24 saat kadar reflux edildi. Daha sonra trietilamin eklenerek diamin sülfat tuzuyla etanol ortamında amin formuna dönüştürüldü. Reaksiyon ortamından belirli aralıklarla alınan numunelere ince tabaka kromatografisi (TLC) uygulanarak, reaksiyon süresi belirlendi. TLC sonuçlarına göre yaklaşık 40 saat kadar reflux edildikten sonra tepkime sonlandırıldı. Çöken sarı

renkli katı filtre edildi ve içerisindeki safsızlıklardan arındırmak için etanol (%95.5), distile su ile (1:10) oranında yıkandı. Elde edilen katı etüvde 60°C de kurutuldu.

2.1.1.1 2-(((4-(diethylamino)phenyl)imino)methyl)phenol (L₁)

Renk:Sarı

Verim:82%

TLC: Hekzan:Etilasetat=1.5:1

Elementel Analiz: C₁₇H₂₀N₂O (M_A: 268.36 g/mol) için;

Teorik (%): C 76.09; H 7.51; N 10.44

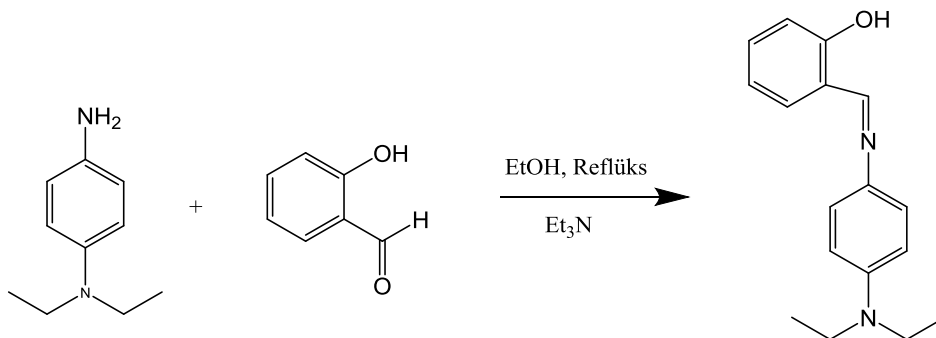
Bulunan (%): C 76.06; H 7.49; N 10.43

UV-vis (λ_{max}, nm): 335, 404.

FT-IR (KBr, cm⁻¹): 3433 (fenolik -OH), 2967-2925 (alifatik -CH), 1612 (azometin, -N=CH), 1515-1454 (aromatik, C=C), 1399-1358 (C-O).

¹H NMR (300 MHz, CDCl₃): δ 13.87 (s, 1H, Ar-OH), 8.64 (s, 1H, -N=CH), 7.31 (d, J = 1.8 Hz, 2H, Ar-H), 7.02 (d, J = 7.7 Hz, 2H, Ar-H), 6.74 (d, J = 2.2 Hz, 2H, Ar-H), 6.71 (d, J = 2.2 Hz, 2H, Ar-H), 3.42 (q, J = 7.1 Hz, 4H, -CH₂), 1.22 (t, J = 7.1 Hz, 6H, -CH₃).

¹³C NMR (101 MHz, DMSO): δ 160.10 (CH=N), 136.69 (Ar-C), 136.10 (Ar-C), 132.90 (Ar-C), 132.47 (Ar-C), 131.93 (Ar-C), 122.73 (Ar-C), 119.46 (Ar-C), 119.00 (Ar-C), 116.43 (Ar-C), 45.85 (-CH₂), 12.05 (-CH₃).



Şekil 1. L₁ ligandı sentez reaksiyonu

2.1.1.2 4-(((4-(diethylamino)phenyl)imino)methyl)benzene-1,3-diol (L₂)

Renk:Sarı

Verim:76%

TLC: Hekzan:Etilasetat=1.5:1

Elementel Analiz: C₁₇H₂₀N₂O₂ (M_A: 284.15 g/mol) için,

Teorik (%):C 71.81; H 7.09; N 9.85

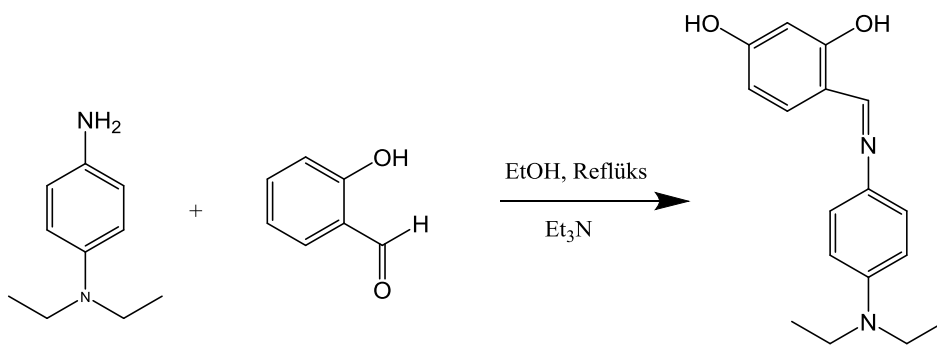
DeneySEL(%): C 71.80; H 7.07; N 9.87

UV-Vis. (λ_{max}, nm): 290, 394.

FT-IR (KBr, cm⁻¹): 3428 (fenolik -OH), 3074-2923 (alifatik -CH), 1618 (azometin -N=CH), 1597-1519 (aromatik C=C), 1336 (C-O)

¹H-NMR(300 MHz, CDCl₃): δ 9.56 (s, 2H, Ar-OH), 8.20 (s, 1H, -N=CH), 7.33 (d, J = 8.5 Hz, 1H, Ar-H), 7.17 (d, J = 9.0 Hz, 2H, Ar-H), 6.66 (d, J = 9.1 Hz, 2H, Ar-H), 6.43 (d, J = 1.7 Hz, 2H, Ar-OH), 3.37 (q, J = 7.0 Hz, 4H, -CH₂), 1.18 (t, J = 7.0 Hz, 6H, -CH₃).

¹³C-NMR (300 MHz, CDCl₃): δ 165.43 (Ar-C), 164.45 (N=CH), 147.00 (Ar-C), 136.07 (Ar-C), 120.88 (Ar-C), 114.80 (Ar-C), 112.30 (Ar-C), 109.39 (Ar-C), 104.55 (Ar-C), 103.13 (Ar-C), 44.63 (-CH₂), 12.51 (-CH₃)

Şekil 2. L₂ ligandı sentez reaksiyonu

2.1.2. Komplekslerin Sentezi için Genel Prosedür

2 mmol ligant (L₁ ve L₂) etanol içerisinde çözününceye kadar hafif ısıtılarak, yaklaşık 20 dakika karıştırıldı. Daha sonra her bir çözeltiye 1 mmol olacak şekilde, CoCl₂.6H₂O, CuCl₂.2H₂O ve NiCl₂.6H₂O ayrı ayrı ilave edildi ve reflüks edildi. Reaksiyon ortamından belirli aralıklarla alınan numunelere ince tabaka kromatografisi (TLC) ile kontrol edildi ve reaksiyon ve reflüks süresi 72 saat olarak belirlendi. Reaksiyon sonunda karışım evapore edildi ve etüvde kurumaya bırakıldı.

2.1.2.1 2-(((4-(Dietilamino)fenil)imino)metil)fenol'un Kobalt(II) kompleksi

Renk: Koyu yeşil

Verim: 64%

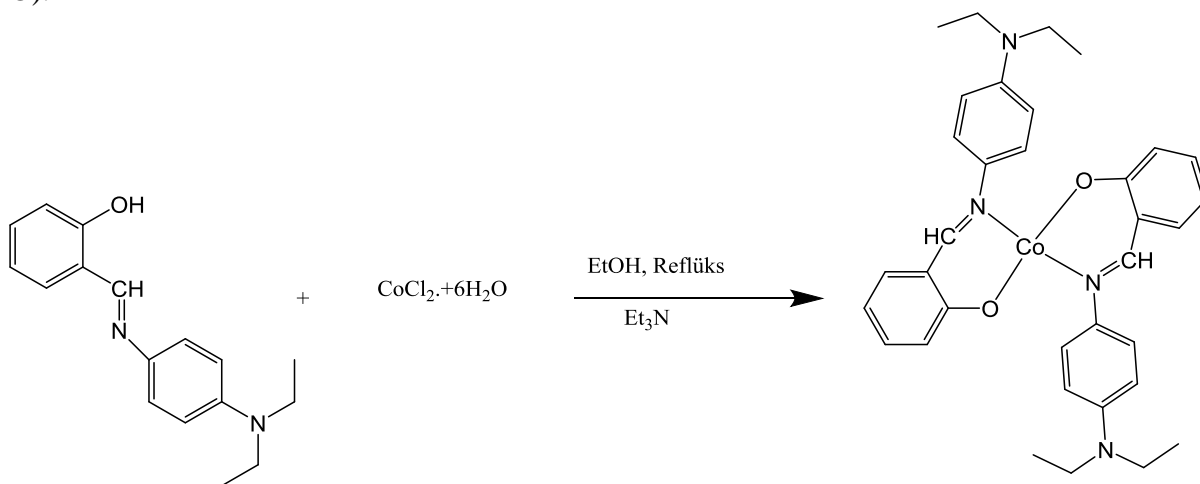
TLC: Hekzan:Etilasetat=2:1

UV-Vis. (λ_{max}, nm): 323, 400

Mol kütlesi: C₃₄H₃₈CoN₄O₂ (593.64 g/mol)

Co (ICP-OES): Teorik % : 9.93 Deneysel %: 9.95

FT-IR (ATR, ν cm⁻¹): 2980 (alifatik, -CH), 1610 (azometin CH=N), 1518 (aromatik C=C), 1113 (C-O).

Şekil 3. L₁.Co(II) metal kompleksi yapısı

2.1.2.2 2-(((4-(Dietilamino)fenil)imino)metil)fenol'un Bakır(II) kompleksi

Renk: Koyu mavi

Verim: 60%

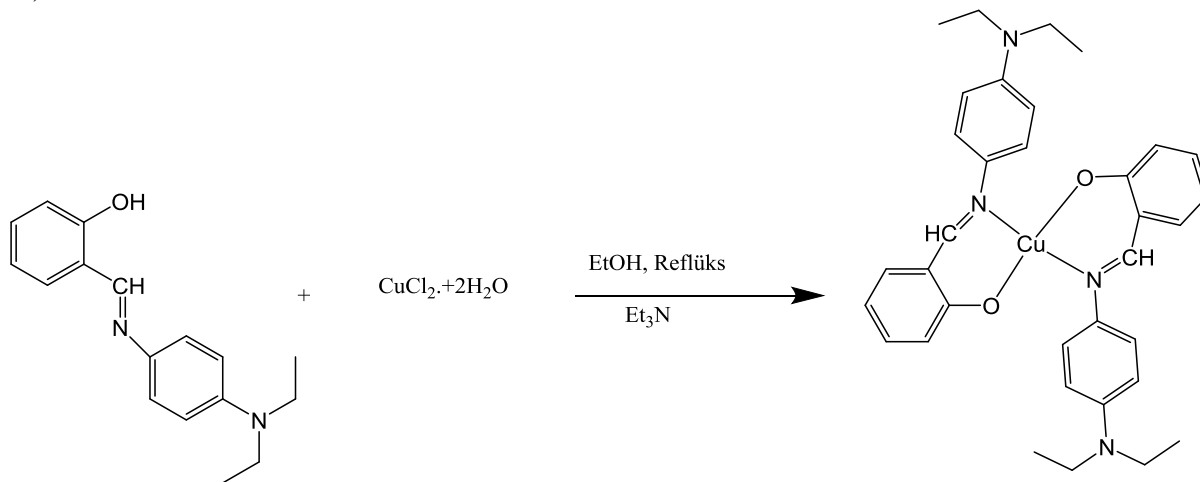
Tlc: Hekzan:Etilasetat=2:1

UV-Vis. (λ_{max} , nm): 320, 395.

Mol kütlesi: $C_{34}H_{37}CuN_4O_2$ (597.24 g/mol)

Cu (ICP-OES): Teorik % : 10.62 Deneysel % :10.59

FT-IR (ATR, ν cm^{-1}): 2983 (alifatik, -CH), 1610 (azometin CH=N), 1605 (aromatik C=C), 1200 (C-O).



Şekil 4. L_1 .Cu(II) metal kompleksi yapısı

2.1.2.3 2-(((4-(Dietilamino)fenil)imino)metil)fenol den Nikel(II) kompleksi

Renk: Kahverengi

Verim: 65%

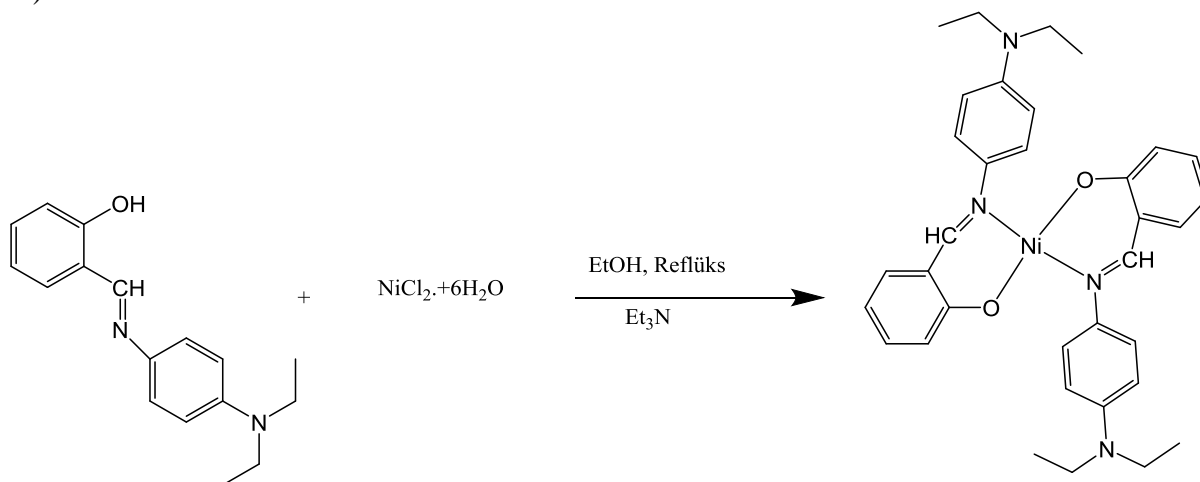
Tlc: Hekzan:Etilasetat=2:1

UV-Vis. (λ_{max} , nm): 319, 399.

Mol kütlesi: $C_{35}H_{41}N_4NiO_2$ (608.43 g/mol)

Ni (ICP-OES): Teorik % : 9.89 Deneysel % : 9.87

FT-IR (ATR, ν cm^{-1}): 2978 (alifatik, -CH), 1610 (azometin CH=N), 1614 (aromatik C=C), 1283 (C-O).



Şekil 5. L_1 .Ni(II) kompleks yapısı

2.1.2.4 4-(((4-(Dietilamino)fenil)imino)metil)benzen 1,3 diol'un Kobalt(II) kompleksi

Renk: Koyu yeşil

Verim: 68%

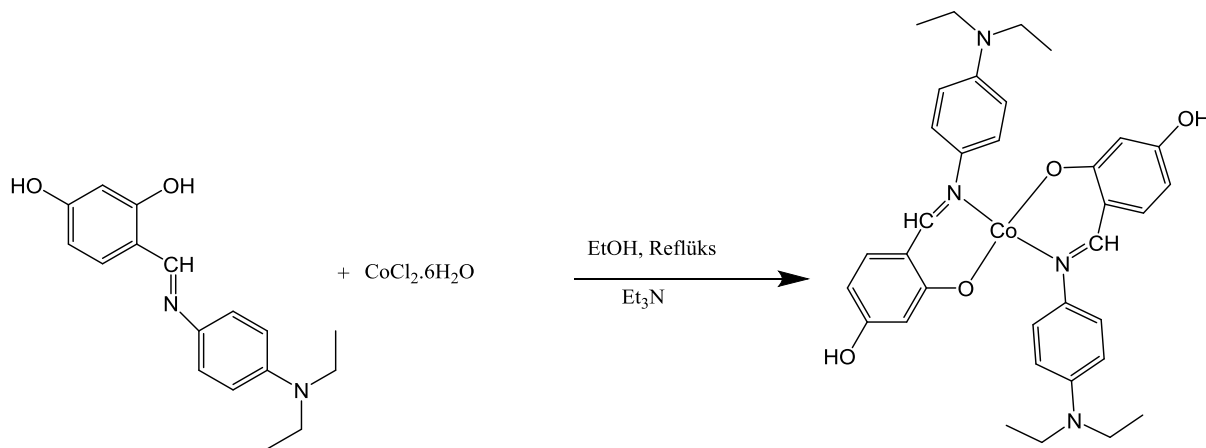
Tlc: Hekzan:Etilasetat=2:1

UV-Vis. (λ_{max} , nm): 322, 400.

Mol kütlesi: $C_{34}H_{38}CoN_4O_3$ (609.64 g/mol)

Co (ICP-OES): Teorik % : 9.67 Deneysel % : 9.68

FT-IR (ATR, ν cm^{-1}): 2966(alifatik -CH), 1612(azometin -N=CH), 1514(aromatik C=C), 1253(C-O)



Şekil 6. L_2 -Co(II) metal kompleksi sentezi

2.1.2.5 4-(((4-(Dietilamino)fenil)imino)metil)benzen 1,3 diol'un Bakır(II) kompleksi

Renk: Koyu mavi

Verim: 64%

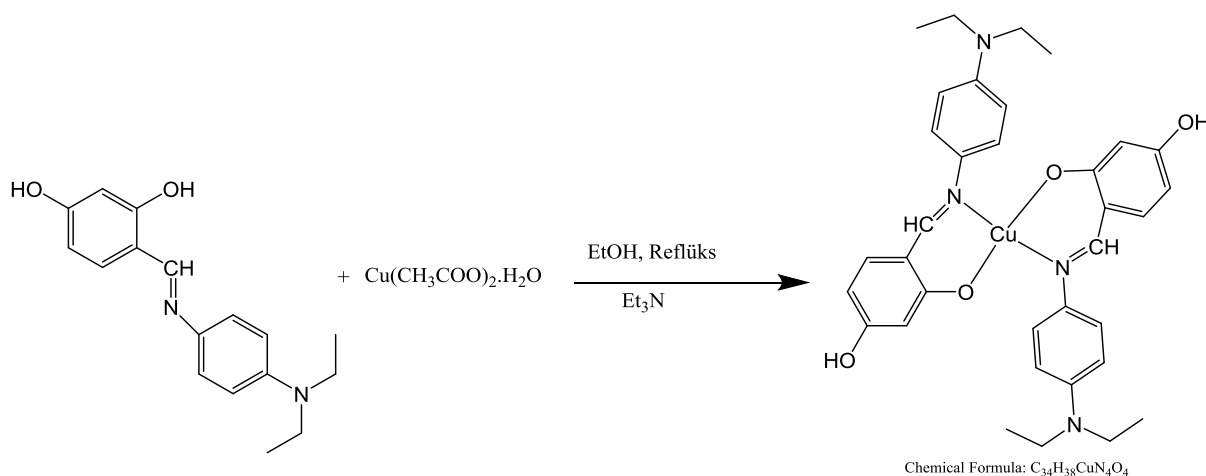
TLC: Hekzan:Etilasetat=2:1

UV-Vis. (λ_{max} , nm): 318, 395

Mol kütlesi: $C_{34}H_{38}CuN_4O_3$ (614.25 g/mol)

Cu(ICP-OES): Teorik % : 10.35 Deneysel % : 10.34

FT-IR (ATR, ν cm^{-1}): 2976(alifatik -CH), 1605(azometin -N=CH), 1595(aromatik C=C), 1229(C-O)



Şekil 7. L_2 -Cu(II) kompleksinin yapısı

2.1.2.6 4-(((4-(Dietilamino)fenil)imino)metil)benzen 1,3 diol'un Nikel(II) kompleksi sentezi

Renk: Kahverengi

Verim: 60%

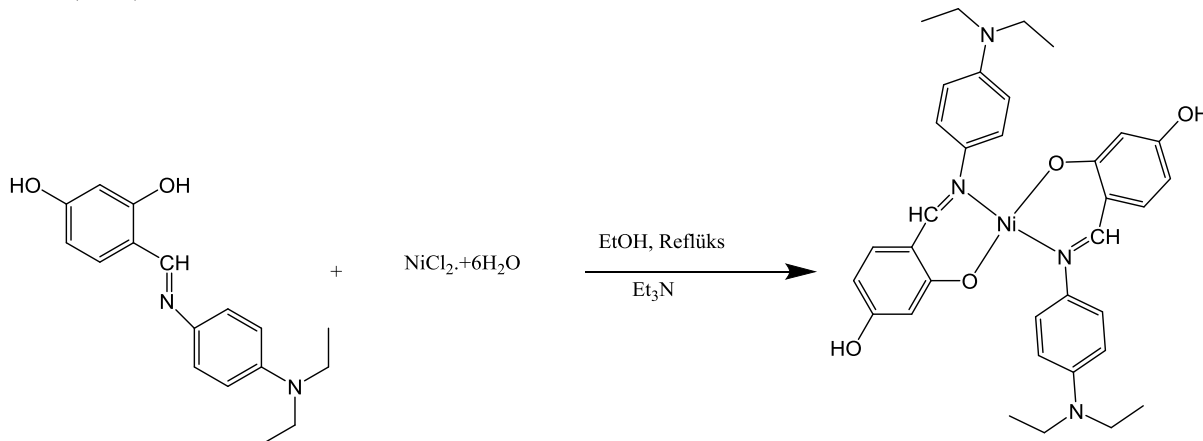
Tlc: Hekzan:Etilasetat=2:1

UV-Vis. (λ_{max} , nm): 297, 398

Mol kütlesi: $C_{34}H_{38}N_4NiO_4$ (609.4 g/mol)

Ni (ICP-OES): Teorik%: 9.63 Deneysel%: 9.65

FT-IR (ATR, ν cm^{-1}): 2982 (alifatik –CH), 1614 (azometin –N=CH), 1506(aromatik C=C), 1253(C-O)



Şekil 8. L_2 -Ni(II) kompleksinin yapısı

2.2. Antimikrobiyal Aktivitenin Belirlenmesi

2.2.1. Suşların Hazırlanması ve Ekimi

Çalışmamızda gram pozitif; *Staphylococcus aureus* Rosenbach ATCC-6538, *Bacillus cereus* ATCC 7064, gram negatif; *Escherichia coli* ATCC-8739, *Salmonella typhimurium* suşları, Muller Hilton Broth (MHB)'a ve *Candida albicans* ATCC-90028 maya suşu Malt Ekstrakt Broth (MEB) aşılansak 37 ± 1 °C'de 18 saat inkübe edilerek aktivasyonu sağlandı. Antimikrobiyal aktivite için besiyeri olarak bakteriler için Müller Hilton Agar (MHA), maya suşu için ise Malt Ekstrakt Ağar (MEA) kullanılmıştır. Steril olarak hazırlanan petri kutularına bakteriler, 0.5 McFarland standardı ile standardize edilerek aşılansak ve 37 ± 1 °C de 1 saat inkübe edilmiştir [8]. Kontrol için DMSO içeren disk ve Amikasin (AK: 30 μ g) ve Gentamisin (CN: 10 μ g) kullanılmıştır.

2.3.2. Komplekslerden Disklerin Hazırlanması ve Uygulanması

Sentezlenen komplekslerin antimikrobiyal aktivitesi Kirby-Bauer Disk Difüzyon Yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir [9]. Sentezlenen kompleksler %10'luk DMSO ile çözülerek 6 mm çapındaki boş steril whatman kağıtlarından yapılmış disklerle 25 μ L konsantrasyonunda emdirilmiştir. MHA ve MEA besiyerlerine ekimi yapılmış suşlar üzerine hazırlanan diskler yerleştirilmiştir. İnhibisyon zonlarının belirlenmesi için 18-24 \pm 2 saat süre ile 37 ± 1 °C de inkübe edilmiştir. Çalışma üç tekrarlı olarak yapılarak ortalama değerleri verilmiştir.

2.3.3. Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu (MIC)

Sentezlenen komplekslerin MIC değerlerinin belirlenmesi için 12500 μ g/mL, 1250 μ g/mL ve 125 μ g/mL olacak şekilde %10 DMSO ile çözülerek gram pozitif ve gram negatif bakteri suşlarına gösterdiği minimum etki değerleri (MIC) belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

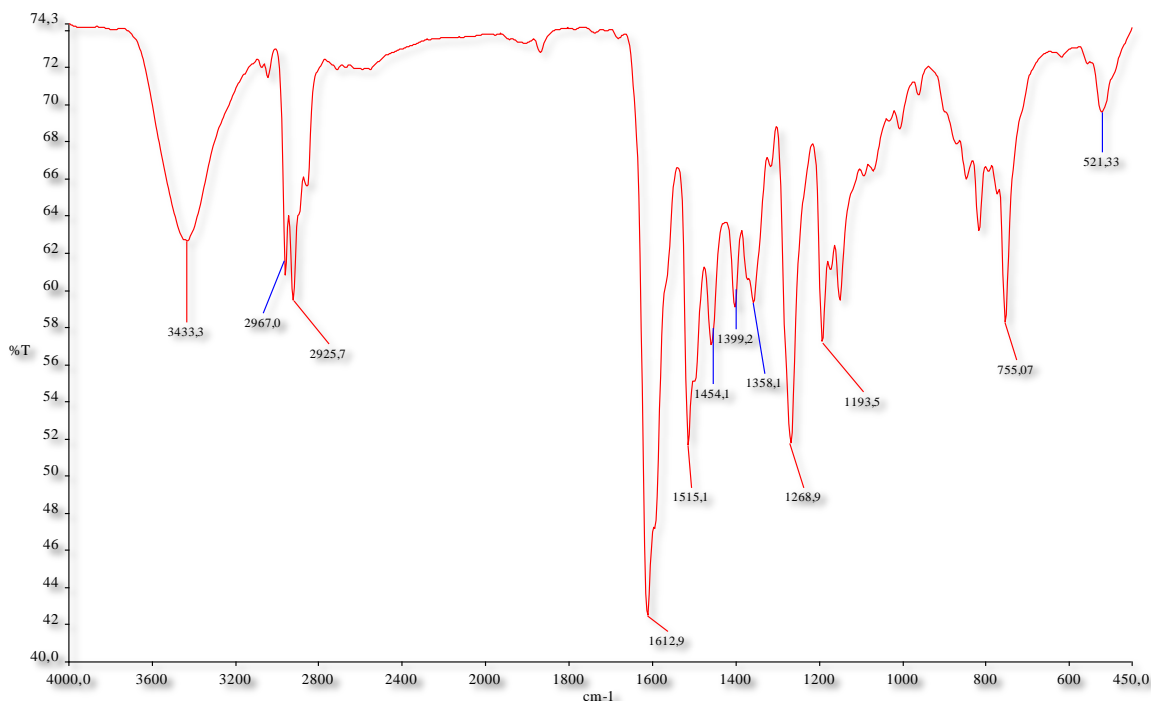
3.1. 2-(((4-(Dietilamino)fenil)imino)metil)fenol (L₁) Karakterizasyonu

2-(((4-(Dietilamino)fenil)imino)metil)fenol (L₁) ligandı ve komplekslerin sentezleri gerçekleştirildikten sonra spektroskopik yöntemlerle karakterizasyonları gerçekleştirilmiştir. Sentezlenen ligand ve komplekslerin bazı analitik ve fiziksel verileri Tablo 1 'de verilmiştir.

Tablo 1. L₁ ligand ve metal komplekslerinin fiziksel ve analitik analiz sonuçları

Bileşikler	Molekül Formülü	Mol Kütlesi (g/mol)	Renk	Verim	UV-Vis (λ _{max} , nm)
L ₁	C ₁₇ H ₂₀ N ₂ O	268.36	Sarı	82%	335, 404
L ₁ .Co(II)	C ₃₄ H ₃₈ CoN ₄ O ₂	593.64	Koyu yeşil	64%	336, 400
L ₁ .Cu(II)	C ₃₄ H ₃₇ CuN ₄ O ₂	597.24	Koyu mavi	60%	259, 395
L ₁ .Ni(II)	C ₃₅ H ₄₁ N ₄ NiO ₂	608.43	Kahverengi	65%	319, 399

Liganda ait yapısal karakterizasyon Infrared spektrumu ve ¹H-NMR, ¹³C-NMR teknikleriyle, Schiff bazı metal komplekslerinin yapısal karakterizasyonu FT-IR spektrumu ile incelenmiştir. Sentezlenen L₁ ligandının FT-IR spektrumları 450-4000 cm⁻¹ aralığı baz alınarak incelenmiştir. Schiff bazı ligandına ait oluşumun en belirgin pikleri N=CH (1612 cm⁻¹) ile O-H (3433 cm⁻¹) gerilme titreşimlerini gösteren bu iki piktir. Komplekslere ait azometin pikinin düşük frekansa doğru kaydığı ve O-H gerilme titreşimlerine ait piklerin yok olduğu görüldü. Ligand ve metale ait diğer pikler aromatik C-H, C=C, fenolik C-O gerilme titreşimlerine ait piklerdir. H, C=C, fenolik C-O gerilme titreşimlerine ait piklerdir.



Şekil 9. L₁ ligandına ait FT-IR spektrumu

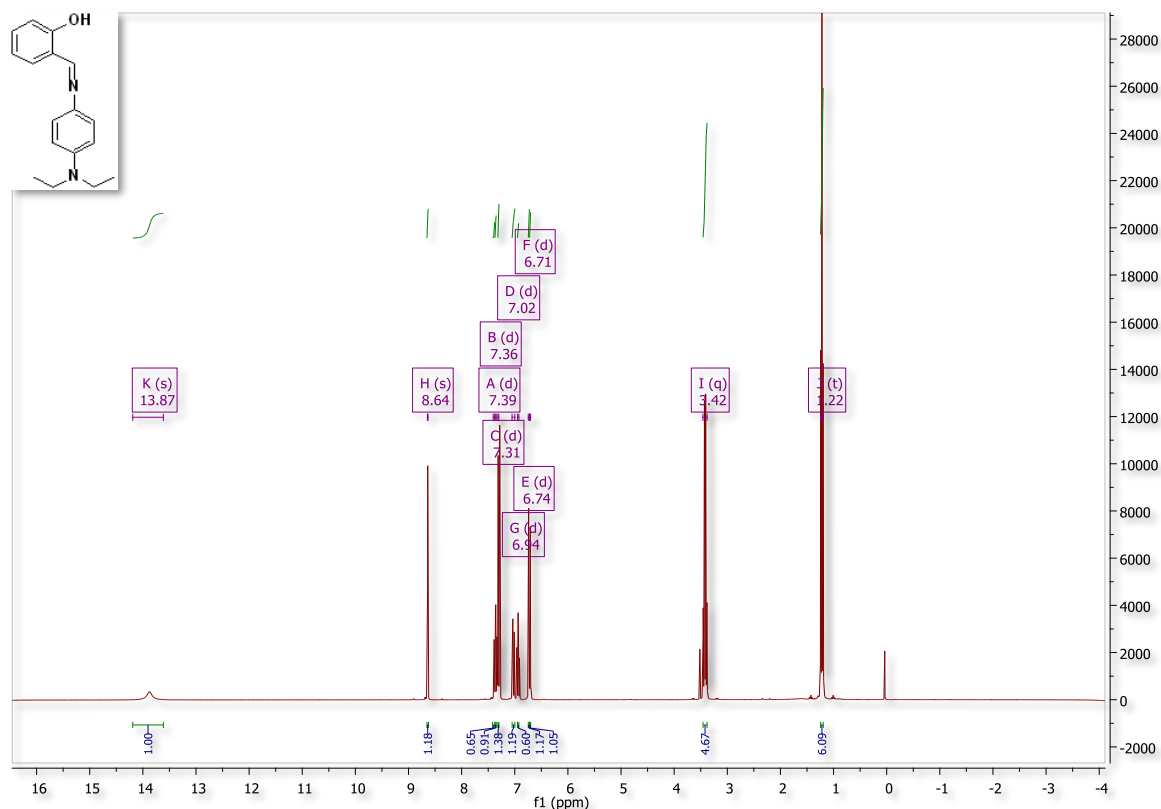
Liganda ait C=N azometin grubuna ait pik 1612 cm⁻¹, C=C grubu piki 1592 cm⁻¹, fenolik C-O gerilme titreşimine ait pik 1358 cm⁻¹ 'de gözlenmiştir. (Şekil 9)'da metal komplekslerine ait piklere

bakıldığında azometin grubuna ait olan 1612 cm^{-1} pikin düşük frekans tarafına doğru kayarak $1610\text{--}1605\text{ cm}^{-1}$ aralığında geldiği görülmüştür. Liganda ve metal komplekslerine ait FT-IR pikleri gözlemlendiği noktalar Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. L_1 ligandı ve metal komplekslerine ait önemli FT-IR pikleri

Bileşikler	CH=N gerilmesi (cm^{-1})	C-H gerilmesi (cm^{-1})	C=C gerilmesi (cm^{-1})	C-O gerilmesi (cm^{-1})
L_1	1612	2967	1592	1358
$L_1\text{-Co(II)}$	1612	2980	1518	1113
$L_1\text{-Cu(II)}$	1605	2983	1605	1200
$L_1\text{-Ni(II)}$	1610	2978	1614	1283

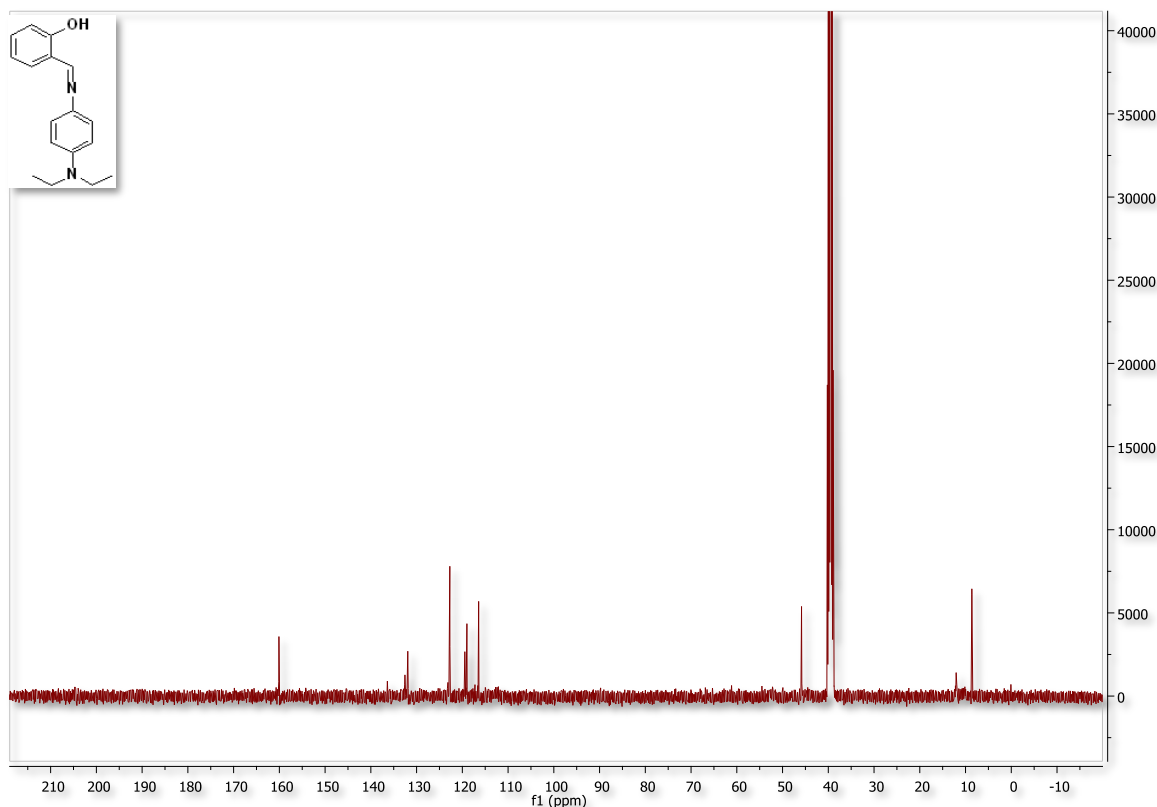
Schiff bazı L_1 ligandının $^1\text{H-NMR}$ spektrumu $d\text{-CDCl}_3$ içerisinde alınmıştır. Liganda ait piklere bakıldığında, 13.87 ppm ’de O-H protonuna ait olan piki göstermektedir. 8.63 ppm ’de CH=N azometin piki gözlenmiştir. Aromatik halkaya ait protonlar $7.389\text{--}6.697\text{ ppm}$ ’de, (-CH_2) grubundaki protonu $\delta\ 3.44\text{ ppm}$ ’de ve (-CH_3) grubundaki protonu ise $(1.20)\text{ ppm}$ ’de gözlenmiştir.



Şekil 10. L_1 ligandın $^1\text{H-NMR}$ spektrumu

Schiff bazı L_1 ligandının $^{13}\text{C-NMR}$ spektrumu DMSO çözücü ortamı içerisinde alınmıştır. Liganda ait $^{13}\text{C-NMR}$ spektrumları incelendiğinde, azometin (-CH=N) grubuna ait karbon atomunun sinyali ve (-OH) grubuna ait karbon atomunun sinyali 160.09 ppm ’de gözlenmiştir. (-R-N) grubuna ait karbon atomunun sinyali 136.38 ppm ’de gözlenmiştir. Aromatik halkadaki karbonlara ait sinyallerde $136.38\text{--}116.36\text{ ppm}$ arasında görülmüştür. 45.850 ppm aralığında gözlenen sinyal

yapıda bulunan (-CH₂) ve 8.740 ppm aralığında gözlenen sinyalde yapıda bulunan (-CH₃) grubundaki karbonun varlığı hakkında bilgi vermektedir.



Şekil 11. L₁ ligandının ¹³C-NMR spektrumu

L₁ ligandına ait elementel analiz sonuçları Tablo 3.'te verilmiştir. Verilen sonuçlar incelendiğinde teorik ve deneysel analiz sonuçlarının birbiri ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Tablo 3. L₁ ligandına ait elementel analiz sonuçları

Elementel Analiz	% C	% H	% N
Teorik	76.09	7.51	10.44
Deneysel	76.06	7.49	10.43

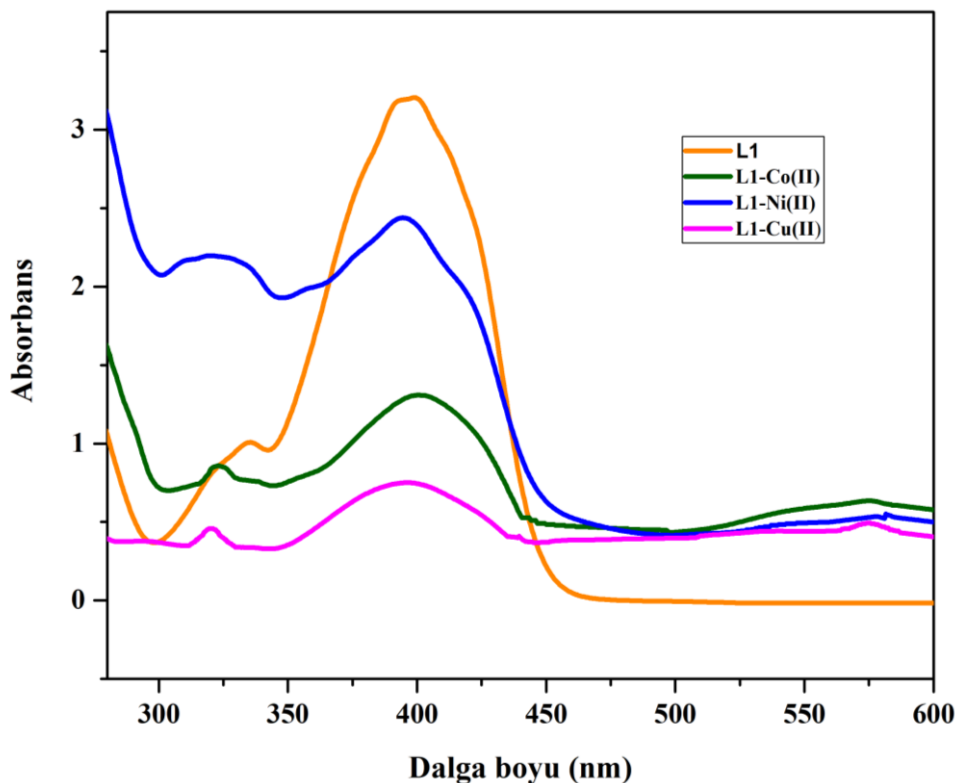
Tablo 4.'te L₁-metal komplekslerinin ICP-OES analiz sonuçları verilmiştir. Komplekslerin metal içerikleri teorik ve deneysel olarak kıyaslandığında sonuçların tutarlı olduğu görülmüştür.

Tablo 4. L₁ ligandı metal komplekslerinin ICP-OES sonuçları

ICP (L ₁)	% Co	% Cu	% Ni
Teorik	9.93	10.62	9.89
Deneysel	9.95	10.59	9.87

Schiff bazlarındaki azometin grubunun 210-400 nm arasında iki absorpsiyon bandı verdiği görülür. $\pi \rightarrow \pi^*$ geçişine ait absorpsiyon pikleri ultraviyole alanda 200-272 nm aralığında gözlenirken; $n \rightarrow \pi^*$ geçişine ait pikler 280-400 nm aralığında gelmektedir. Bileşiklerin metal komplekslerinde ise $\pi \rightarrow \pi^*$ geçişlerinin yanı sıra 400 nm civarındadır.

Bu çalışmada yer alan L_1 ligand ve metal komplekslerinin UV-Vis. spektrumları $1,22 \times 10^{-5}$ M derişime sahip kloroform içerisinde çözeltileri hazırlanarak alındı. Sentezlenen bileşiklerin UV-Vis. bulgularına ait grafik Şekil 12’de 900-200 nm aralığında taranarak alınmıştır.



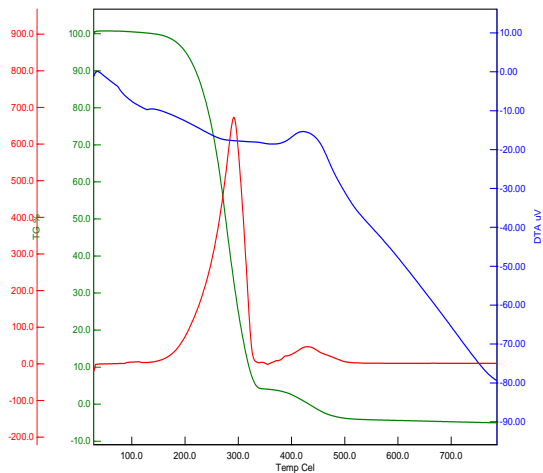
Şekil 12. L_1 ligand ve metal komplekslerine ait UV-Vis. spektrumları

L_1 ligandının imin yapısına ait $\pi \rightarrow \pi^*$ geçişleri 335 nm de ve $n \rightarrow \pi^*$ geçişlerine ait maksimum absorpsiyon bantları ise 404 nm de görülmüştür. Co(II) kompleksi için $\pi \rightarrow \pi^*$ geçişi 323 nm ve $n \rightarrow \pi^*$ geçişi 400 nm, Cu(II) kompleksi için $\pi \rightarrow \pi^*$ geçişi 320 nm ve $n \rightarrow \pi^*$ geçişi 395 nm, Ni(II) kompleksi için $\pi \rightarrow \pi^*$ geçişi 319 nm ve $n \rightarrow \pi^*$ geçişi 399 nm de görülmüştür. Ayrıca, 500-600 nm de metallerin metalden liganda ($M \rightarrow L$) yük transfer geçişleri görülmüştür.

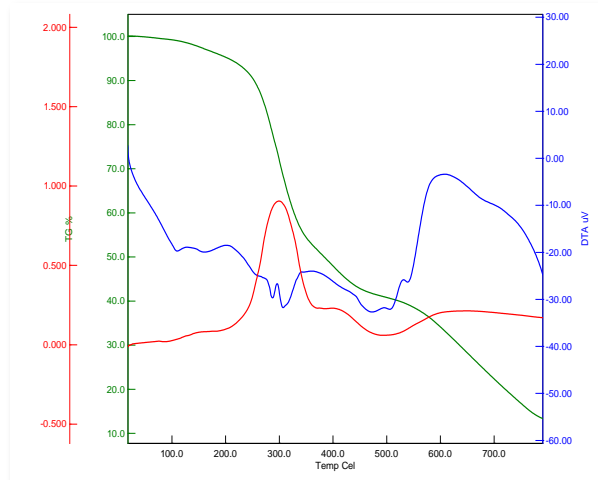
Tablo 5. L_1 ligand ve metal komplekslerinin UV-Vis. geçişleri

Bileşik	Dalga Boyu (nm)	
	$n \rightarrow \pi^*$	$\pi \rightarrow \pi^*$
L_1	404	335
L_1 -Co(II)	400	323
L_1 -Cu(II)	395	320
L_1 -Ni(II)	399	319

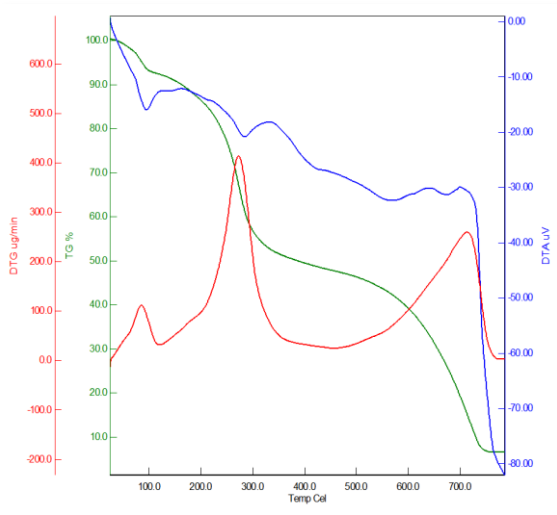
Termal analiz (TG/DTA/DTG), L_1 bileşiğinin sıcaklığa bağlı olarak kütle kaybındaki değişimini incelemek için kullanıldı. TG'da yapılan analiz inert azot gazı (N_2) atmosfer ortamında gerçekleştirildi.



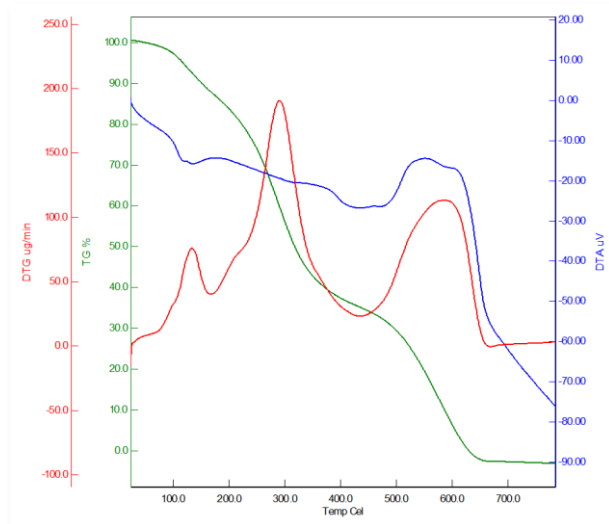
Şekil 13. L_1 ligandına ait TG/DTA/DTG Eğrisi



Şekil 14. L_1 -Co(II) kompleksine ait TG/DTA/DTG Eğrisi



Şekil 15. L_1 -Cu(II) kompleksine TG/DTA/DTG Eğrisi



Şekil 16. L_1 -Ni(II) kompleksine ait TG/DTA/DTG Eğrisi

L_1 'in bozunma eğrisi iki basamakta kütledeki sıcaklığa bağlı olarak kaybı göstermektedir. TG spektrumunda L_1 'in yaklaşık olarak 30-153 °C'ye kadar hiçbir kayıp gözlenmedi, bu da mezofaz oluşumunda su veya başka bir çözücünün tutulmadığını gösterir [10]. 153-342 °C arasında %95 lik kütle kaybına karşılık gelen endotermik parçalanma gözlenmektedir. Bu sıcaklık aralığında, görülen endotermik pikle bağlantılı olarak kütle kaybının, ligandın yapısında bulunan aromatik ve alifatik grupların ayrılması ilgili olduğuna yorumlanabilir. 342-428 arasında yavaşça azalan bir TG eğrisi elde edildi. %5 lik bir kütle kaybına karşılık gelen endotermik bozulma gerçekleşmiştir ve yapı tamamen bozulmuştur.

L_1 ligandının metal komplekslerinin TG/DTA/DTG eğrisileri incelendiğinde, organik yapıyı üç endotermik pik ile bozunduğu gözlemlenirken, 150 ile 250°C arasındaki pik molekül içerisindeki

OH gruplarının degredasyonundan kaynaklanmaktadır sonrasında iki aşamada organik yapı bozunmaktadır [11].

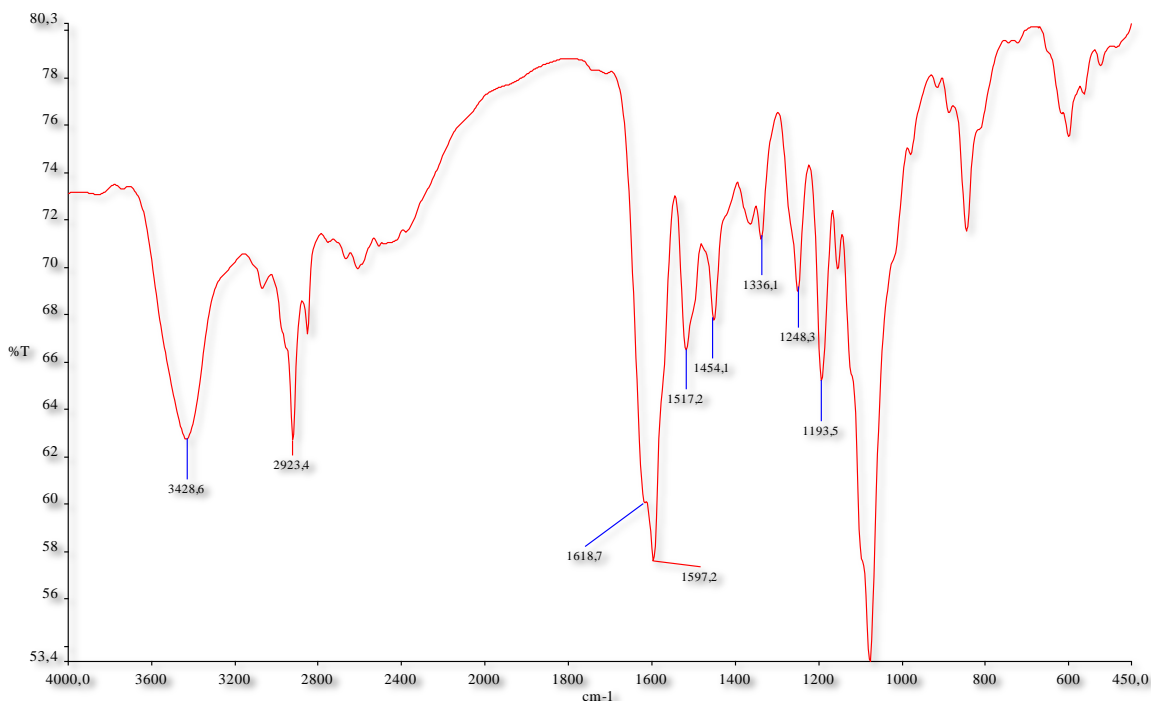
3.2. 4-(((4-(Dietilamino)fenil)imino)metil)benzen 1,3 diol (L₂) Karakterizasyonu

(L₂) ligandı ve komplekslerin sentezleri gerçekleştirildikten sonra spektroskopik yöntemlerle karakterizasyonları gerçekleştirilmiştir. Sentezlenen ligand ve komplekslerin bazı analitik ve fiziksel verileri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. L₂ ligand ve metal komplekslerinin fiziksel ve analitik analiz sonuçları

Bileşikler	Molekül Formülü	Mol Kütle (g/mol)	Renk	Verim	UV-Vis (λ _{max} , nm)
L ₂	C ₁₇ H ₂₀ N ₂ O ₂	284.15	Sarı	76%	335, 404
L ₂ -Co(II)	C ₃₄ H ₃₈ CoN ₄ O ₃	609.64	Koyu yeşil	68%	336, 400
L ₂ -Cu(II)	C ₃₄ H ₃₈ CuN ₄ O ₃	614.25	Koyu mavi	64%	259, 395
L ₂ -Ni(II)	C ₃₄ H ₃₈ N ₄ NiO ₃	609.4	Kahverengi	60%	319, 399

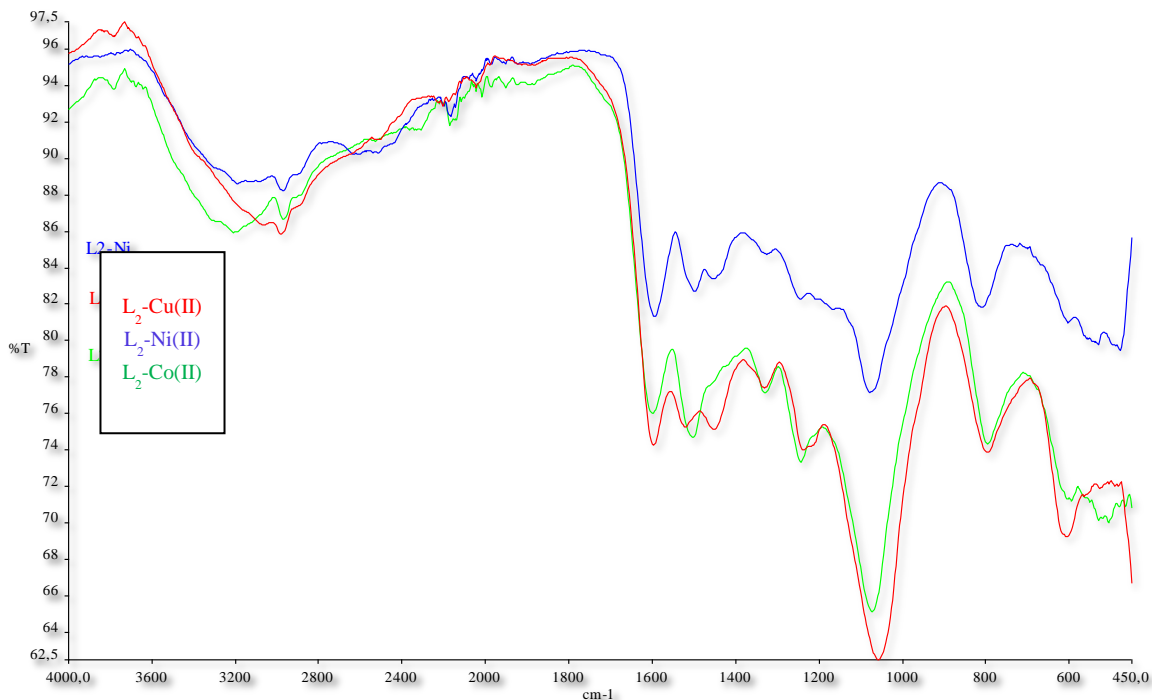
L₂ ligandına ait yapısal karakterizasyon Infrared spektrumu, ¹H-NMR ve ¹³C-NMR teknikleriyle, Schiff bazı metal komplekslerinin yapısal karakterizasyonu FT-IR spektrumu ile incelenmiştir. Schiff bazı ligandına ait oluşumun en belirgin pikleri C=N ile O-H gerilme titreşimlerini gösteren bu iki piktir. Komplekslere ait azometin pikinin düşük frekansa doğru kaydığı ve O-H gerilme titreşimlerine ait piklerin yok olduğu görüldü. Ligand ve metale ait diğer pikler aromatik C-H, C=C, fenolik C-O gerilme titreşimlerine ait piklerdir.



Şekil 17. L₂ ligandına ait FT-IR spektrumu

Schiff bazı ligandına ait FT-IR spektrumu (Şekil 17.) ve metal komplekslerinin FT-IR spektrumu (Şekil 18.)'de verilmiştir. Liganda ait -OH grubuna ait pik 3428 cm⁻¹, C=N azometin grubuna ait

pik 1618 cm^{-1} , C=C grubu piki 1597 cm^{-1} , fenolik C-O gerilme titreşimine ait pik 1336 cm^{-1} 'de gözlenmiştir. Şekil 4.11'de metal komplekslerine ait piklere bakıldığında azometin grubuna ait olan 1618 cm^{-1} pikin düşük frekansa kayarak $1605\text{-}1602\text{ cm}^{-1}$ aralığında geldiği görülmüştür. Liganda ve metal komplekslerine ait FT-IR pikleri gözleendiği noktalar Tablo 7.'de gösterilmiştir.



Şekil 18. L_2 ligandının metal komplekslerine ait FT-IR spektrumu

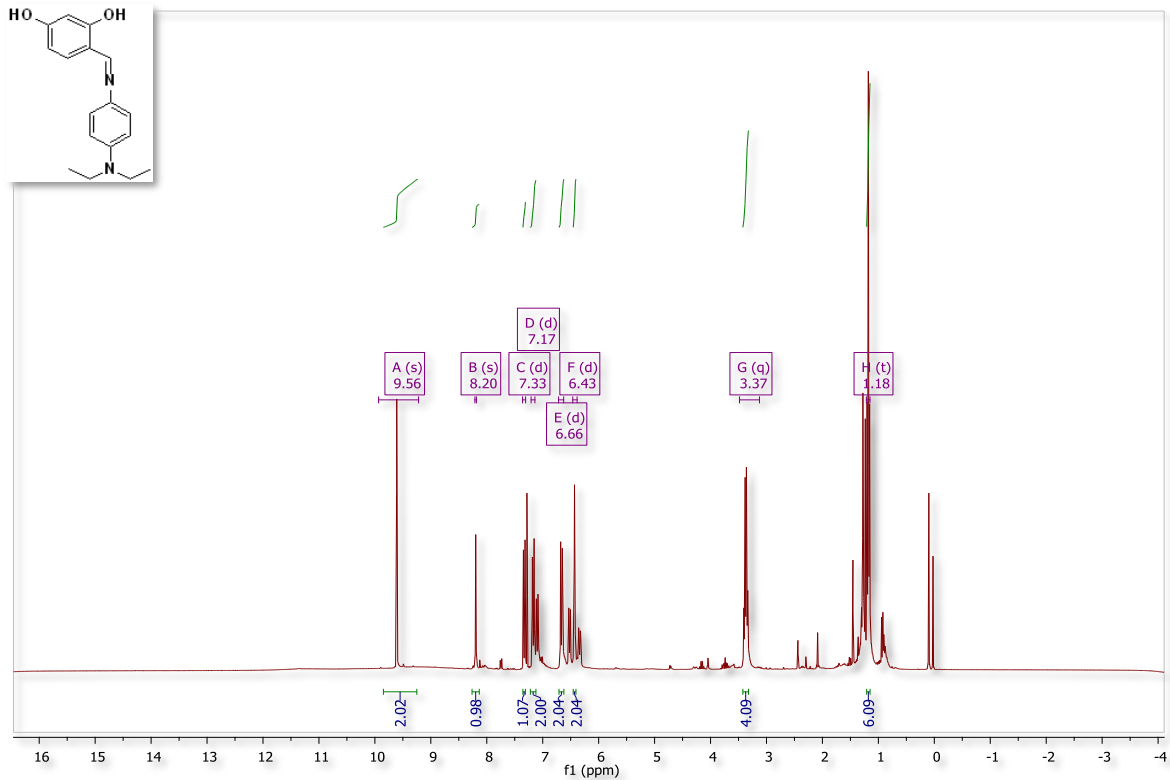
Tablo 7. L_2 ligand ve metal komplekslerine ait önemli FT-IR pikleri

Bileşikler	C=N gerilmesi (cm^{-1})	C-H gerilmesi (cm^{-1})	C=C gerilmesi (cm^{-1})	C-O gerilmesi (cm^{-1})
L_2	1618	2923	1597	1336
$L_2\text{-Co(II)}$	1612	2966	1514	1253
$L_2\text{-Cu(II)}$	1605	2976	1595	1229
$L_2\text{-Ni(II)}$	1614	2982	1506	1253

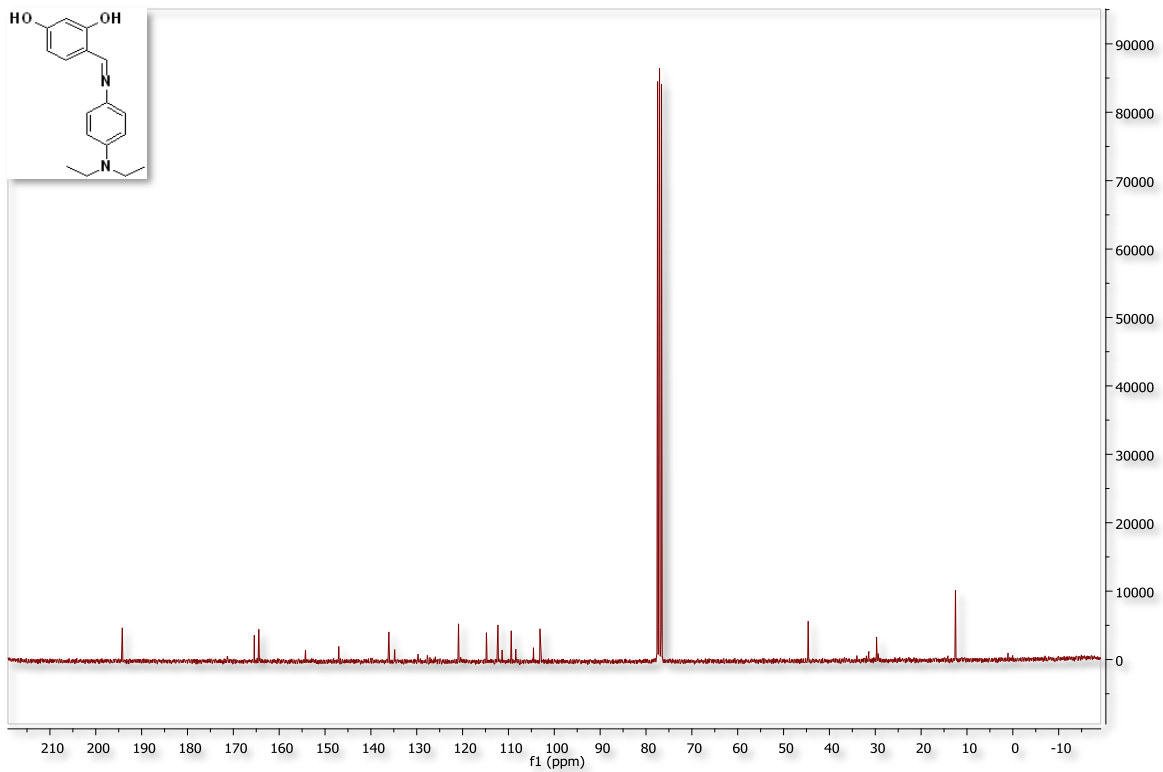
Schiff bazı L_2 ligandının $^1\text{H-NMR}$ spektrumu d-CDCl_3 içerisinde alınmıştır. L_2 ligandına ait $^1\text{H-NMR}$ spektrumları incelendiğinde, (-OH) protonuna ait pik δ 9.609 ppm de, (-N=CH) Azometin grubundaki protonu δ 8,197 ppm de singlet, aromatik halkaya ait protonlar 7.344-6.323 ppm de, (-CH₂) grubundaki protonu δ 3.405-3.335 ppm ve (-CH₃) grubundaki protonu (1.455-0.920) ppm'de gözlenmiştir.

^{13}C NMR (300 MHz, CHCl_3)'te klorofromda kaydedilmiştir, L_2 bileşiğine ait $^{13}\text{C-NMR}$ spektrumları incelendiğinde azometin (-CH=N) grubuna ait karbon atomunun sinyali 164.445 ppm de gözlenmiştir. (-OH) grubunun bağlı olduğu karbon atomunun sinyali 154.26 ppm de

gözlenmiştir. Aromatik halkadaki karbonlara ait sinyallerde 147.00–103.130 ppm arasında görülmüştür. 44.630 ppm aralığında gözlenen sinyal yapıda bulunan (-CH₂) ve 12.506 ppm aralığında gözlenen sinyalde yapıda bulunan (-CH₃) grubundaki karbonun varlığı hakkında bilgi vermektedir.



Şekil 19. L₂ ligandına ait ¹H-NMR spektrumu



Şekil 20. L₂ ligandına ait ¹³C-NMR spektrumu

L₂ ligandına ait elementel analiz sonuçları Tablo 8.'de verilmiştir. Analiz sonuçları deneysel ve teorik olarak kıyaslandığında birbiri ile tutarlı oldukları görülmektedir.

Tablo 8. L₂ ligandına ait elementel analiz sonuçları

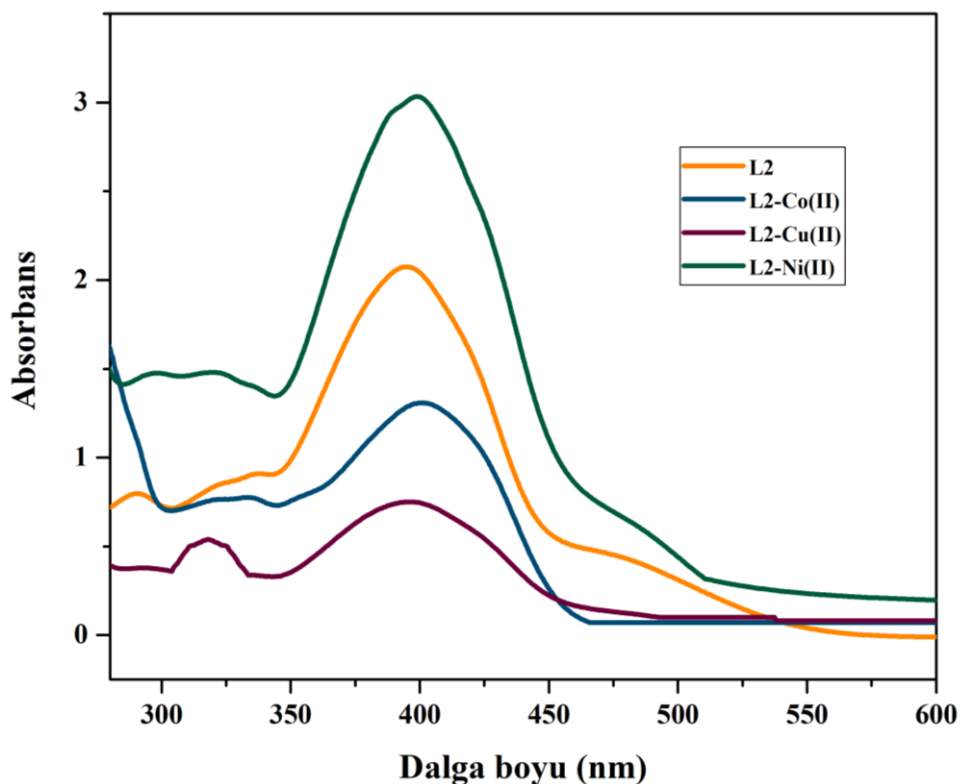
Elementel Analiz	% C	% H	% N
Teorik	71.81	7.09	9.85
Deneysel	71.80	7.07	9.87

Tablo 9.'da verilen metal komplekslerine ait ICP-OES sonuçları incelendiğinde, deneysel ve teorik metal içeriklerinin birbiri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Tablo 9. L₂ metal komplekslerine ait ICP-OES sonuçları

ICP (L ₂)	% Co	% Cu	% Ni
Teorik	9.67	10.35	9.63
Deneysel	9.68	10.34	9.65

Sentezlenen ligand ve 200-900 nm aralığında 1,22x10⁻⁵ M DMSO içerisinde absorbanans spektrumları alındı. Ligandlardan ve komplekslerden elde edilen absorbanans spektrumları Şekil 21.'de verilmektedir.

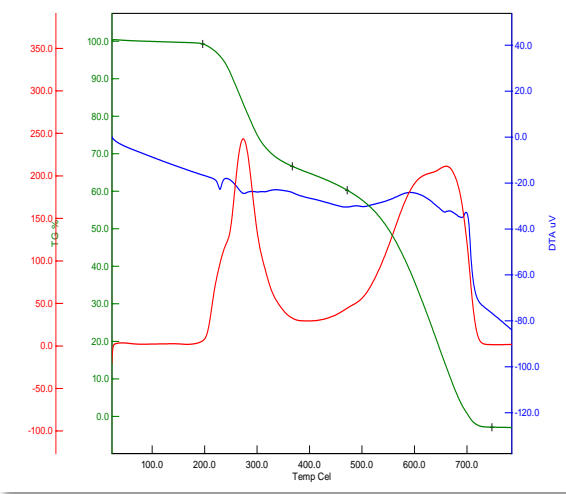
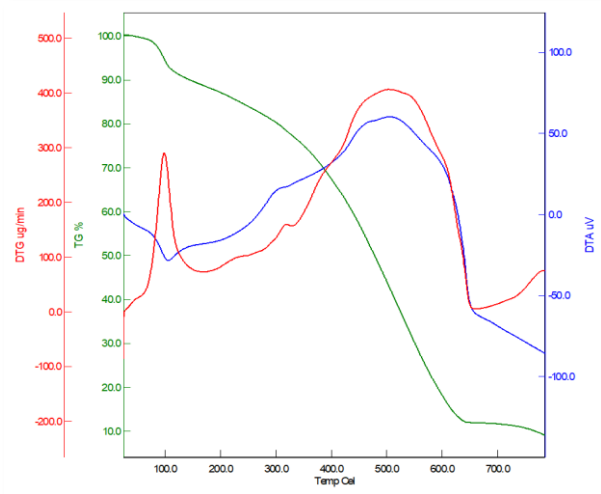
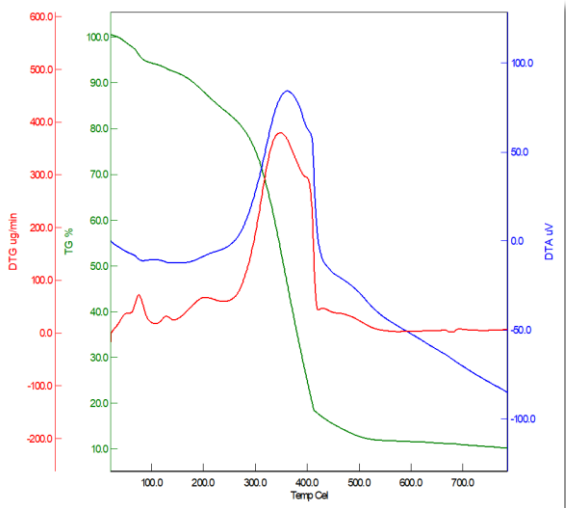
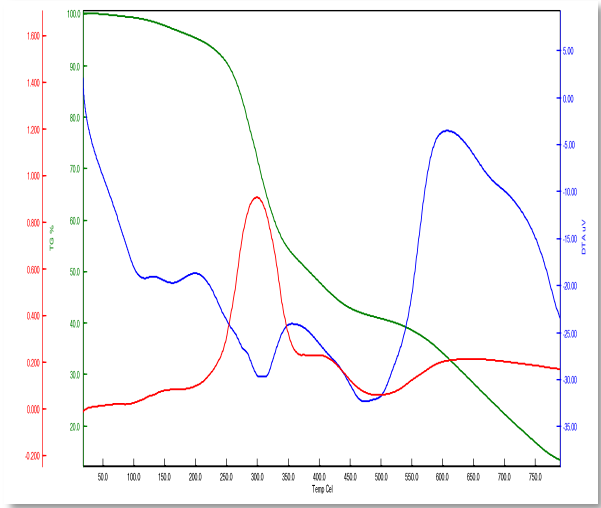


Şekil 21. L₂ ligand ve komplekslerin UV-Vis. Spektrumları

L₂ ligandının imin yapısına ait π - π^* geçişleri 290 nm'de ve n - π^* geçişlerine ait maksimum absorpsiyon bantları ise 394 nm'de görülmüştür. Co(II) kompleksi için π - π^* geçişi 322 nm ve n - π^* geçişi 400 nm, Cu(II) kompleksi için π - π^* geçişi 318 nm ve n - π^* geçişi 395 nm, Ni(II) kompleksi için π - π^* geçişi 297 nm ve n - π^* geçişi 398 nm'de görülmüştür. Ayrıca 500-600 nm'de metallerin d-d geçişleri görülmüştür (Şekil 21.).

Tablo 10. L₂ ligand ve komplekslerin UV-Vis. geçişleri

Bileşik	Dalga Boyu (nm)	
	n-π*	π-π*
L ₂	394	290
L ₂ -Co(II)	400	322
L ₂ -Cu(II)	395	318
L ₂ -Ni(II)	398	297

**Şekil 22.** L₂ ligandına ait TG/DTA/DTG eğrisi**Şekil 23.** L₂-Co(II) kompleksine ait TG/DTA/DTG eğrisi**Şekil 24.** L₂-Cu(II) kompleksine ait TG/DTA/DTG eğrisi**Şekil 25.** L₂-Ni(II) kompleksine ait TG/DTA/DTG eğrisi

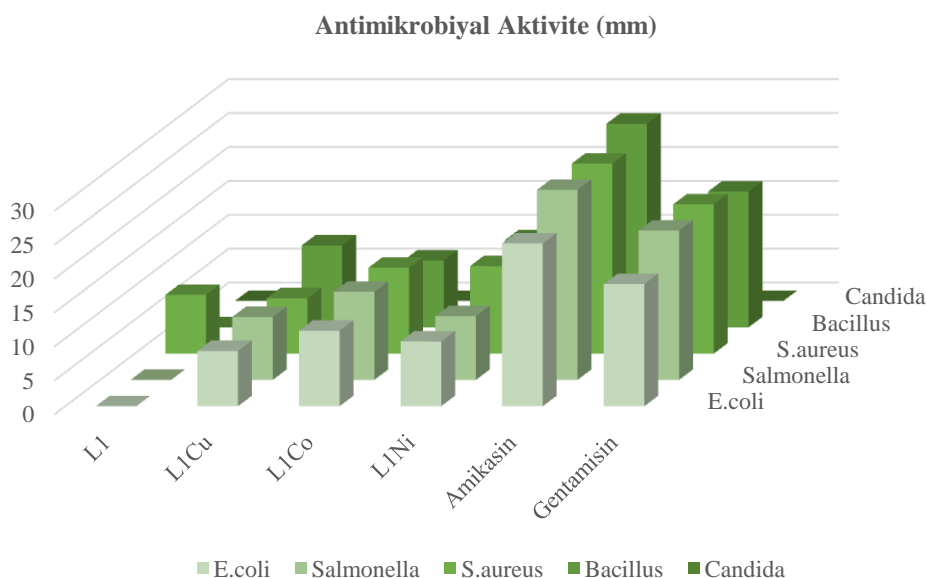
Termal analiz (TG/DTA/DTG), L₂ bileşiğinin sıcaklığa bağlı olarak kütle kaybındaki değişimini incelemek için kullanıldı. TG' da yapılan analiz inert azot gazı (N₂) atmosfer ortamında gerçekleştirildi. L₂'in bozunma eğrisi iki basamakta kütledeki sıcaklığa bağlı olarak kaybı göstermektedir. TG spektrumunda L₂'in yaklaşık olarak 30 ile 182 °C'ye kadar hiçbir kayıp gözlenmedi, bu da mezofaz oluşumunda su veya başka bir çözücünün tutulmadığını gösterir [8].

182-374 °C arasında %33 lik kütle kaybına karşılık gelen endotermik parçalanma gözlenmektedir. Bu sıcaklık aralığında, görülen endotermik pikle bağlantılı olarak kütle kaybının, ligandın yapısından ayrılan su olduğuna yorumlanabilir. 374-748 arasında keskin bir şekilde azalan bir TG eğrisi elde edildi. %66,3 lük bir kütle kaybına karşılık gelen endotermik bozulma gerçekleşmiştir. Bu aşamada yapıda bulunan organik yapı tamamen bozulmuştur.

L₂ ligandının metal komplekslerinin TG/DTA/DTG eğrisileri incelendiğinde, organik yapını üç endotermik pik ile bozduğu gözlemlenirken, 150 ile 250°C arasındaki pik molekül içerisindeki OH gruplarının degradasyonundan kaynaklanmaktadır sonrasında iki aşamada organik yapı bozunmaktadır.

3.3. Biyolojik Aktivite Bulguları

Çalışmada kullanılan ligand ve komplekslerinin biyolojik aktiviteleri Tablo 11. ve 12'de gösterilmiştir. Çalışmada L₁ ligand ve komplekslerinin (12.50 mg/mL) gram pozitif, gram negatif ve mantar mikroorganizmalarına karşı 8.15-12.99 mm çapında inhibisyon zonları gösterdiği belirlenmiştir. Kontrol olarak kullanılan DMSO çözeltilisinin suşlara karşı bir etkisi olmamıştır.



Şekil 26. L₁ ligandı ve komplekslerinin biyolojik aktiviteleri (mm)

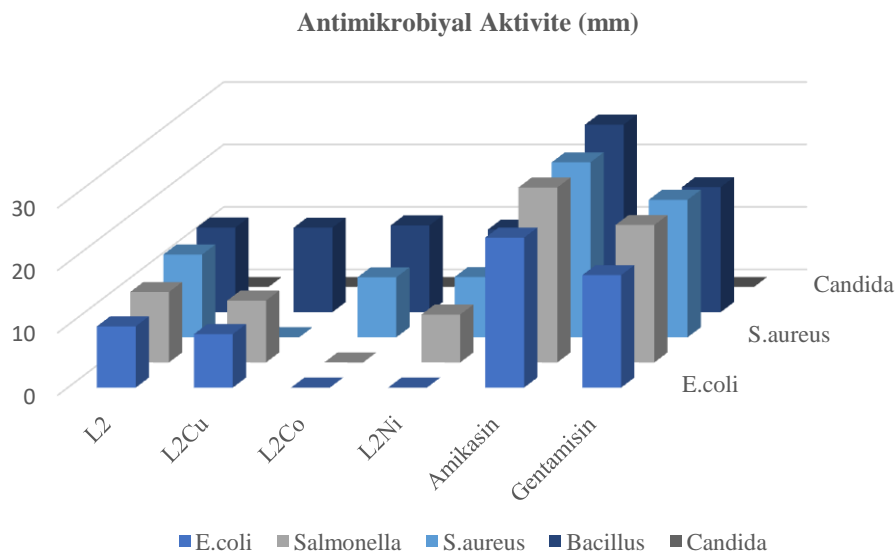
L₁ örneğinin kullanılan mikroorganizmalara karşı sadece *S. aureus* suşuna olumlu etkisi bulunmuştur. Genel olarak L₁.Ni(II) ve L₁.Co(II) nolu komplekslerin mikroorganizmalara karşı etkisinin en iyi gösterdiği konformasyonlar olduğu söylenebilir. Çalışmada en iyi etkiyi *Salmonella typhimurium* suşuna karşı 12.99 mm inhibisyon zonu ile L₁.Co(II) nolu kompleks etki göstermiştir. Gram negatif suşlar için en iyi inhibisyon etkisini *B. cereus* suşuna karşı L₁.Ni(II) kompleksi 12.83 mm inhibisyon zonu ile en iyi etkiyi gösterdiği belirlenmiştir. *S. aureus* suşu için tüm kompleksler etki göstermiştir. Çalışmada *C. albicans* suşuna karşı bir etki gözlenmemiştir. Bu farklı bulguların her suşun kendine özgü hücre duvar yapısının bulunması ve mikroorganizmaların direnç özelliğinin farklı olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca kullanılan antibiyotiklere kıyasla komplekslerin daha zayıf etkisi bulunmuştur (Tablo 11. ve Şekil 26.).

Tablo 11. L₁ ligandı ve komplekslerinin biyolojik aktiviteleri (mm)

Örnekler	Gram Negatif		Gram Pozitif		Mantar
	<i>E.coli</i> (mm)	<i>Salmonella typhimurium</i> (mm)	<i>S. aureus</i> (mm)	<i>Bacillus cereus</i> (mm)	<i>Candida albicans</i> (mm)
L ₁	0	0	8.65	0	0
L ₁ .Cu(II)	8.15	9.27	8.17	12.06	0
L ₁ .Co(II)	11.13	12.99	12.66	9.82	0
L ₁ .Ni(II)	9.54	9.4	12.9	12.83	0
Amikasin	24	28	28	30	0
Gentamisin	18	22	22	20	0

0: Zon gözlenmemiştir.

Çalışmada L₂ ve komplekslerinin (12.50 mg/mL) gram pozitif, gram negatif ve maya mikroorganizmalarına karşı 7.66-13.88 mm çapında inhibisyon zonları gösterdiği belirlenmiştir. L₂ örneğinin kullanılan mikroorganizmalara karşı gram pozitif suşlara karşı olumlu etkisi bulunmuştur. Çalışmada en iyi etkiyi *B. cereus* suşuna karşı 13.88 mm inhibisyon zonu ile L₂-Co(II) nolu kompleks etki göstermiştir. Ayrıca çalışmada kullanılan komplekslerin *B. cereus* suşuna diğer suşlara göre daha iyi inhibisyon etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Gram negatif suşlar için en iyi inhibisyon etkisini *B. cereus* suşuna karşı komplekslerin 13.88-13.21 mm arasında en iyi inhibisyon zonunu gösterdiği belirlenmiştir. L₂-Cu(II) kompleksinin *S. aureus* suşu için inhibisyon etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. L₂-Co(II) kompleksinin gram negatif suşlara karşı etkisi bulunmazken, gram pozitif mikroorganizmalara karşı spesifik bir özellik göstererek inhibisyon zonu gösterdiği belirlenmiştir. Çalışmada *C. albicans* suşuna karşı bir etki gözlenmemiştir. Ayrıca kullanılan antibiyotiklere kıyasla komplekslerin daha zayıf etkisi bulunmuştur (Tablo 12. ve Şekil 27.)

**Şekil 27.** L₂ ligand ve komplekslerin biyolojik aktiviteleri (mm)

Tablo 12. L₂ ligand ve komplekslerinin biyolojik aktiviteleri (mm)

Örnekler	Gram Negatif		Gram Pozitif		Mantar
	<i>E.coli</i> (mm)	<i>Salmonella</i> <i>typhimurium</i> (mm)	<i>S. aureus</i> (mm)	<i>Bacillus</i> <i>cereus</i> (mm)	<i>Candida</i> <i>albicans</i> (mm)
L ₂	9.81	11.27	13.25	13.53	0
L ₂ -Cu(II)	8.56	9.9	0	13.52	0
L ₂ -Co(II)	0	0	9.6	13.88	0
L ₂ -Ni(II)	0	7.66	9.64	13.21	0
Amikasin	24	28	28	30	0
Gentamisin	18	22	22	20	0

0: Zon gözlenmemiştir.

3.3.1. Minimum İnhibisyon Konsantrasyon (MIC) Bulguları

Komplekslerin mikroorganizma suşları üzerinde oluşturduğu minimum inhibisyon konsantrasyonları (MIC) Tablo 13'te verilmiştir. Komplekslerin mikroorganizma suşları üzerinde ağırlıklı olarak 12.5 mg/mL antimikrobiyal aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Aktivite göstermeyen suşlar üzerinde daha yoğun kompleks kullanımı denenmesi ile olumlu sonuçların çıkması muhtemeldir. Belirlenen MIC konsantrasyonu antibiyotiklerin etki mekanizması dikkate alınarak belirlenmiştir.

Tablo 13. Ligand ve komplekslerin gram negatif suşlarda MIC değerleri

Örnek	MIC (mg/mL)			
	<i>E.coli</i>	<i>Salmonella</i> <i>typhimurium</i>	<i>S. aureus</i>	<i>Bacillus</i> <i>cereus</i>
L ₁	0	0	12.5	0
L ₁ -Cu(II)	12.5	12.5	12.5	12.5
L ₁ -Co(II)	12.5	12.5	12.5	12.5
L ₁ -Ni(II)	12.5	12.5	12.5	12.5
L ₂	12.5	12.5	12.5	12.5
L ₂ -Cu(II)	12.5	12.5	0	12.5
L ₂ -Co(II)	0	0	12.5	12.5
L ₂ -Ni(II)	0	12.5	12.5	12.5

Kalarani ve arkadaşlarının (2020) yaptıkları bir çalışmada schiff bazı ligand (L) 2-((1H-Benzo[d]imidazol-4ylimino) metil fenolün Co(II), Cu(II) ve Zn(II) komplekslerinin sentezi yapılmıştır. Bunların karakterizasyonu için AAS, FTIR, NMR, UV-Vis gibi çeşitli spektroskopik yöntemler kullanılmıştır. Ligand ve komplekslerin antimikrobiyal etkinliği incelenmiştir. Ligand ve komplekslerin, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Candida albicans* gibi çeşitli mikroorganizmalara karşı Amikasin ve Nystatin ilaçlarından daha iyi bir antimikrobiyal etki gösterdiği görülmüştür [12].

Mounika ve arkadaşlarının (2010) yaptıkları çalışmada, 3-etoksi salisilaldehit ve 2-amino benzoik asitten yeni bir schiff bazı olan 3-etoksi salisiliden amino benzoik asit sentezlenmiştir. Elde edilen ligandan Ni(II), Co(II) Cu(II) ve Zn(II) metal kompleksleri sentezlenmiştir. Ligand ve komplekslerin yapıları FT-IR, UV-VIS, ¹H NMR, ¹³C NMR, elementel analiz, molar iletkenlik yöntemleri ile aydınlatılmıştır. Schiff bazı ve kompleksleri, disk difüzyon yöntemi kullanılarak antibakteriyel ve antifungal aktiviteleri açısından test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ligand ve komplekslerin; gram negatif ve gram pozitif bakterilere 5-13 mm aralıklarında mantarlarda ise 11-22 mm aralıklarında değişen antimikrobiyal aktivite gösterdiği görülmüştür.

Yukarıda Schiff bazlarının antimikrobiyal aktivitesiyle ilgili çalışmalarda birkaçı verilmiştir. Örnekler daha da çoğaltılabilir, yapılan çalışmalar kullanılan ligand ve komplekse, incelenen mantar ve bakteri türüne göre farklı oranlarda antimikrobiyal aktivite göstermektedir.

Çalışmamızda ligand ve komplekslerin antimikrobiyal aktivitesi Gentamisin ve Amikasin antibiyotikleri ile kıyaslanmıştır. Bazı ligand ve komplekslerin bu antibiyotiklerin gösterdiği inhibisyon zonlarına yakın olmasa bile gösterdikleri etki ile olumlu sonuçlar alınabilmesi mümkündür. Bulgulara göre gram negatif ve pozitif suşlara karşı, yoğun olarak kullanılan antibiyotik tedavilerinde bu kompleks yapılarının antibiyotiklerin yerini alması muhtemeldir.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu tezde, aromatik Schiff bazı ligandları ve Co(II), Cu(II), Ni(II) komplekslerinin sentezi, karakterizasyonu yapılmış ve antimikrobiyal aktiviteleri incelenmiştir. N,N-dietil-p-fenilendiamin sülfat tuzu trietilamin ile amin formuna dönüştürülmüştür, sonra salisilaldehit ve 2,4-dihidroksibenzaldehit ile etanol ortamında ayrı ayrı reflux edilmiştir. Nihai ürün filtre edilerek katı kısım ayrılmıştır. Elde edilen ligandlar ile Co(II), Cu(II), Ni(II) metal kompleksleri sentezlenmiştir. Sentezlenen ligand ve metal komplekslerinin yapıları, çeşitli spektroskopik (FT-IR, UV-Vis., ICP, TGA/DTA, ¹H ve ¹³C NMR) ve analitik yöntemler (C, H, N ve metal içeriği analizleri) kullanılarak karakterize edilmiştir.

Çalışmada elde edilen ligandların ve metal komplekslerin biyolojik aktiviteleri incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre ligand ve komplekslerin farklı düzeylerde antibakteriyel aktiviteye sahip oldukları görülmüştür. Elde edilen bu kompleks yapılarının gram negatif ve pozitif suşlara karşı kullanılabileceği ve yoğun olarak kullanılan antibiyotiklere alternatif olması mümkün görünmektedir.

Teşekkür

Proje ve tüm desteklerinden dolayı Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesine (BAP Proje No: 2021/2-7 YLS, 2019/2-17 YLS), laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan, Merve Aksu' ya çok teşekkür ederim.

Yazar(lar)ın Katkıları

Yazar, araştırmacıların makaleye %100 oranında katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

Çıkar Çatışması

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

- [1]. Sadia, M., Khan, J., Naz, R., Zahoor, M., Shah, S.W.A., Ullah, R., Naz, S., Bari, A., Mahmood, H.M., Ali, S.S., Ansari, S.A., Sohaib, M., 'Schiff base ligand L synthesis and its evaluation as anticancer and antidepressant agent', *Journal of King Saud University-Science*, 2021, 33: 101331.
- [2]. Alorini, T.A., Al-Hakimi, A.N., Saeed, S.E., Alhamzi, E.H.L., Albadri, A.E.A.E., 'Synthesis, characterization, and anticancer activity of some metal complexes with a new Schiff base ligand', *Arabian Journal of Chemistry*, 2022, 15: 103559.
- [3]. Kantar, G.K., Şaşmaz, S., 'Microwave-assisted synthesis and spectral properties of some phthalocyanines containing azo groups', *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 2015, 2015: 52–59.
- [4]. Nozha, S.G., Morgan, S.M., Ahmed, S.E.A., El-Mogazy, M.A., Diab, M.A., El-Sonbati, A.Z., Abou-Dobara, M.I., 'Polymer complexes. LXXIV. Synthesis, characterization and antimicrobial activity studies of polymer complexes of some transition metals with bis-bidentate Schiff base', *Journal of Molecular Structure*, 2021, 1227: 129525.
- [5]. Maharana, T., Nath, N., Pradhan, H.C., Mantri, S., Routaray, A., Sutar, A.K., 'Polymer-supported first-row transition metal schiff base complexes: Efficient catalysts for epoxidation of alkenes', *Reactive and Functional Polymers*, 2022, 171: 105142.
- [6]. Serbest, K., Dural, B., Ayvaz, M.Ç., Zengin, A., Emirik, M., 'Iron(III) complexes derived from azo-containing salicylaldehyde ligands: Synthesis, structures and biological evaluations', *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 2021, 8: 1184–1201.
- [7]. Costamagna, J., Vargas, J., Latorre, R., Alvarado, A., Mena, G., 'Coordination compounds of copper, nickel and iron with Schiff bases derived from hydroxynaphthaldehydes and salicylaldehydes', *Coordination Chemistry Reviews*, 1992, 119: 67–88.
- [8]. Balouiri, M., Sadiki, M., Ibsouda, S.K., 'Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review', *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 2016, 6: 71–79.
- [9]. Bauer, A.W., Kirby, W.M.M., Sherris, J.C., Turck, M., 'Antibiotic Susceptibility Testing by a Standardized Single Disk Method', *American Journal of Clinical Pathology*, 1966, 45: 493–496.
- [10]. Sharma, V.S., Shah, A.P., Sharma, A.S., 'A new class of supramolecular liquid crystals derived from azo calix[4]arene functionalized 1,3,4-thiadiazole derivatives', *New Journal of Chemistry*, 2019, 43: 3556–3564.
- [11]. Zhu, L., Zhu, Q., Zhao, J., Dai, C., 'Investigation of thermal properties and growth mechanisms of nano-porous calix[4]arenes', *Nanoscience and Nanotechnology Letters*, 2015, 7: 939–944.
- [12]. Kalarani, R., Sankarganesh, M., Kumar, G.G.V., Kalanithi, M., 'Synthesis, spectral, DFT calculation, sensor, antimicrobial and DNA binding studies of Co(II), Cu(II) and Zn(II) metal complexes with 2-amino benzimidazole Schiff base', *Journal of Molecular Structure*, 2020, 1206: 127725.