



Contents lists available at *Dergipark*

Journal of Scientific Reports-C

journal homepage: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jsrc>



E-ISSN: 2717-8633

Sayı(Number) 8, Aralık(December) 2024

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

Geliş Tarihi (Receive Date): 28.05.2024

Kabul Tarihi (Accepted Date): 12.07.2024

5-Sülfosalisilik asit ve 2-amino-4-Sübstitüepiridin içeren Zn(II) komplekslerinin sentezi ve karakterizasyonu

Halil İlkimen^{a,*}, Zeynep Alkan Alkaya^b, Cengiz Yenikaya^c

^a*Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Kütahya, Türkiye.
ORCID: 0000-0003-1747-159X*

^b*Uşak Üniversitesi, Banaz Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, Uşak, Türkiye.
ORCID: 0000-0003-0934-4195*

^c*Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Kütahya Türkiye.
ORCID: 0000-0002-5867-9146*

Öz

Dört yeni Zn(II) kompleksleri {[Zn(Hssal)(X)₂(H₂O)₂] {H₃ssal: 5-sülfosalisilik asit, X = 5 için 2-amino-4-metilpiridin (1), 6 için 2-amino-3-nitro-4-metilpiridin (2) ve (HX)₂[Zn(Hssal)₂(H₂O)₂] X = 7 için 2-amino-4,6-dimetilpiridin (3), 8 için 2-amino-4-kloropiridin (4)} sentezlendi ve yapıları element analiz, AAS, IR, molar iletkenlik ve manyetik duyarlılık ile önerildi. IR ve iletkenlik analizleri sonucunda 5 ve 6 nolu metal komplekslerinin iyonik olmadığı, 7 ve 8 nolu metal komplekslerinin ise iyonik olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçları AAS ve elementel analiz de desteklemektedir. Manyetik duyarlılık çalışmalarında Zn(II) (d¹⁰) metal komplekslerinin beklendiği gibi eşleşmemiş elektron taşımadıkları gözlemlenmiştir. Yapılan spektroskopik analiz sonuçlarında tüm komplekslerin (5-8) oktahedral yapıya sahip oldukları önerilmiştir.

© 2023 DPU All rights reserved.

Anahtar Kelimeler: 5-Sülfosalisilik asit; 2-aminopiridin; Zn(II) kompleksi; oktahedral yapı.

Synthesis and characterization of Zn(II) complexes containing 5-sulfosalicylic acid and 2-amino 4-substituepyridine derivatives

Abstract

Four new Zn(II) complexes $\{[Zn(H_{3}ssal)(X)_2(H_2O)_2]\}$ ($H_{3}ssal$: 5-sulfosalicylic acid, X = 2-amino-4-methylpyridine (1) for 5, 2-amino-3-nitro-4-methylpyridine (2) for 6 and $(HX)_2[Zn(H_{3}ssal)_2(H_2O)_2]$, X = 2-amino-4,6-dimethylpyridine (3) for 7, 2-amino-4-chloropyridine (4) for 8) were synthesized and its structures were proposed by elemental analysis, AAS, IR, molar conductivity and magnetic susceptibility. The results of IR and conductivity analyses, it was observed that 5 and 6 metal complexes were non-ionic, while 7 and 8 metal complexes were ionic. AAS and elemental analysis tests also support these results. In magnetic susceptibility studies, it was observed that Zn(II) (d10) metal complexes did not carry unpaired electrons as expected. The results of the spectroscopic analysis of complexes 5-8 have an octahedral structure.

© 2023 DPU All rights reserved.

Keywords: 5- Sulfosalicylic acid, 2-aminopyridine, Zn(II) complex, octahedral structure.

* Corresponding author. Tel.: +9-0274-443-3073; fax: +9-0274-443-0332.

E-mail address: halil.ilkimen@dpu.edu.tr

1. Giriş

Son yıllarda yapılan çalışmalar 2-aminopiridin türevlerinin metal iyonlarına NH_2 veya N atomlarından bağlandığı [1,2] ve antiinflamatuvar, antiviral, antikonvülsan, antihistaminik, antifungal, antibakteriyel, antiparazitik, kardiyotonik ve analjezik gibi birçok biyolojik aktiviteye sahip olduğu görülmektedir [3]. 2-Aminopiridin türevleri azot atomlarından bir veya iki dişli olarak metal iyonlarına bağlanmaktadır [4].

5-Sülfosalisilik asit ($H_{3}ssal$) ve anyonlarının oluşturduğu metal komplekslerin antifungal, antimikrobiyal, antimitogenik, antidiyabetik, antitümör ve antiinflamatuvar aktiviteleri vardır [5,6]. Bu formlar metal iyonuna bir, iki, üç ve çok dişli ligandlar olarak koordine olabilmektedir [7].

5-Sülfosalisilik asitin geçiş metal kompleksleri ile oluşturduğu bileşikler incelendiğinde en çok Cu(II) metali ile kompleks oluşturduğu gözlenmiştir [7]. Çinko metali ile yapılan çalışmalar incelendiğinde; basit Zn(II) kompleksleri [8-17] ile 1,4-bis(1H-imidazol-1-il)benzen [18,19], benzohidrazit [20], 1,1'-(1,4-bütandil)bis(imidazol) [21], metakrilik asit [22], 4,4'-dipiridin sülfid [23], 2-fenil-1H-1,3,7,8-tetraazasiklopenta[1]fenantren [24], 2,2'-bipiridin [25], nitrilotriasetik asit [26], 1,10-fenantrolin [27,28] ve tris(2-aminoetil)amin ile Zn(II) kompleksleri sentezlenmiş ve yapıları çeşitli analiz yöntemleri ile açıklanmıştır. Bu çalışmalarda Zn(II) komplekslerinin antiferromanyetik [29], terlemeyi önleyici [16,17], antiseptik [23], antibakteriyel [27] ve antifungal [11,27] özellikleri çalışılmıştır.

Bu çalışmada, 5-sülfosalisilik asit ($H_{3}ssal$) ile 2-amino-4-sübstüüepiridin türevlerinin dört yeni Zn(II) kompleksleri $\{[Zn(H_{3}ssal)(X)_2(H_2O)_2]\}$ {X = 5 için 1 ve 6 için 2} ve $(HX)_2[Zn(H_{3}ssal)_2(H_2O)_2]$ X = 7 için 3 ve 8 için 4} sentezlendi ve yapıları element analiz, AAS, IR, molar iletkenlik ve manyetik duyarlılık analizleriyle önerildi. Yapılan analizler sonucunda komplekslerin hepsinin oktahedral yapıya sahip olduğu gözlenmiştir.

2. Deneysel çalışma

2.1. Materyal

Kimyasal maddeler Merck firmasından temin edilmiştir. AAS analizi için Perkin Elmer PinAAcle 900T, molar iletkenlik için WTW Cond 315i/SET, Elementel analizi için Elementar Vario III EL, manyetik duyarlılık için Sherwood Scientific Magway MSB MK1 ve IR analizi için BRUKER OPTICS VERTEX 70 cihazları kullanılmıştır.

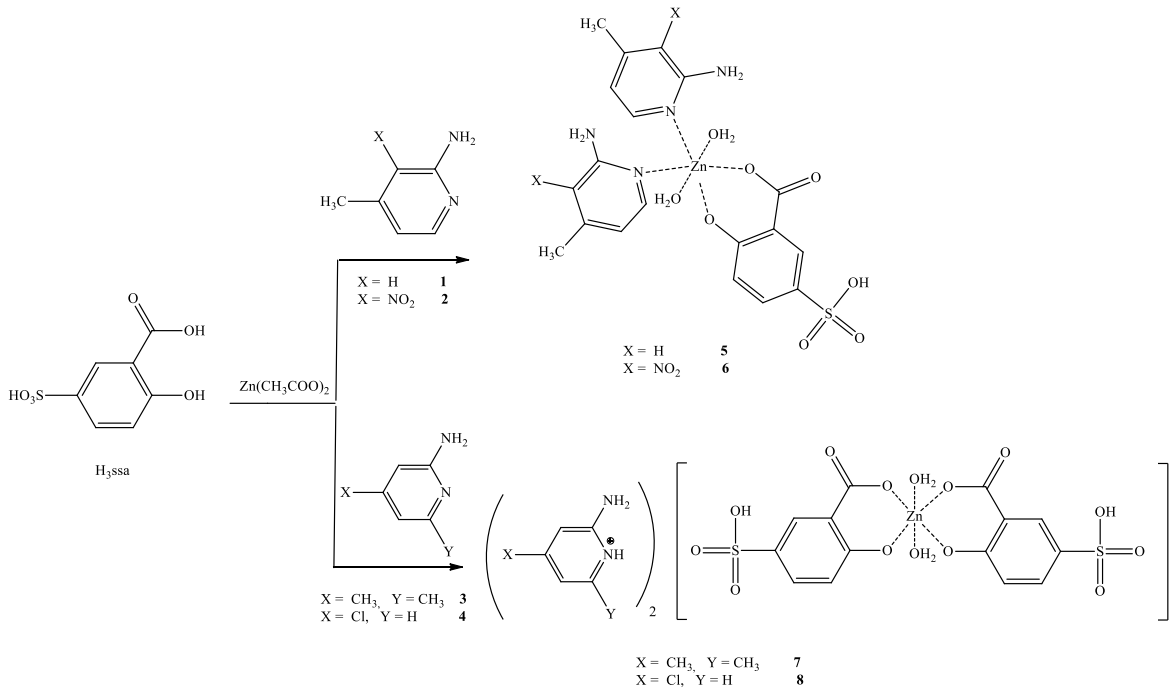
2.2. Bileşiklerin sentezi

2 mmol (0.508 g) $H_3ssal.2H_2O$, 2 mmol piridin türevi (**5** için 0,2162 g **1**, **6** için 0,3063 g **2**, **7** için 0,2442 g **3** ve **8** için 0,2571 g **4**) ve 2 mmol (0,4390 g) $Zn(CH_3COO)_2.2H_2O$ bileşikleri 100 mL sıcak su:etanol (1:1) içerisinde oda koşullarında 5 gün karıştırıldıktan sonra reaksiyon ortamında çöken beyaz (**5**, **7** ve **8**) ve sarı (**6**) katılar süzüldü ve kurutuldu (**5** için 0,3737 g, %70 verim, e.n.: $>350^\circ C$, **6** için 0,4367 g, %70 verim, e.n.: $>350^\circ C$, **7** için 0,4291 g, %55 verim, e.n.: $>350^\circ C$ ve **8** için (0,4757 g, %60 verim, e.n.: $>350^\circ C$) (Şekil 1).

3. Bulgular ve tartışma

3.1. AAS ve elemental analiz sonuçları

5-8 Nolu komplekslerin AAS ve elemental analiz sonuçları % deneysel(teorik); **5** için ($C_{19}H_{21}N_4O_8SZn$) C, 42,70(42,75); H, 4,50(4,53); N, 10,50(10,49); S, 6,00(6,01); Zn, 12,20(12,25); **6** için ($C_{19}H_{22}N_4O_{12}SZn$) C, 36,60(36,58); H, 3,50(3,55); N, 13,50(13,47); S, 5,15(5,14); Zn, 10,50(10,48); **7** için ($C_{28}H_{34}N_4O_{14}S_2Zn$) C, 43,10(43,11); H, 4,50(4,39); N, 7,20(7,18); S, 8,15(8,22); Zn, 8,50(8,38) ve **8** için ($C_{24}H_{24}Cl_2N_4O_{14}S_2Zn$) C, 36,40(36,36); H, 3,10(3,05); N, 7,00(7,07); S, 8,15(8,09); Zn, 8,30(8,25) olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre metal: H_3ssal :aminopiridin oranı **5** ve **6** için 1:1:2 ve **7** ve **8** için 1:2:2 şeklinde bulunmuştur.



Şekil 1. Zn(II) komplekslerinin (**5-8**) sentezi.

3.2. IR sonuçları

Tablo 1. Komplekslerin (5-8) IR bantları (cm⁻¹).

	5	6	7	8
v(O-H)	3553(y)	3562(y)	3552(y)	3567(y)
	3457(y)	3461(y)	3462(y)	3424(y)
v(N-H)	3394(oş)	3407(oş)	3418(oş)	3336(oş)
	3262(oş)	3208(oş)	3245(oş)	3213(oş)
v(C-H) _{Ar}	3124(z)	3091(z)	3090(z)	3074(z)
v(C-H) _{Alf.}	2925(z)	2953(z)	2968(z)	-
	2854(z)	2924(z)	2924(z)	
	2735(z)	2859(z)	2855(z)	
v(N ⁺ -H)	-	-	2716(z)	2714(z)
			2557(z)	2594(z)
v(C=O)	1620(ş)	1644(ş)	1679(ş)	1671(ş)
	1440(ş)	1459(ş)	1473(ş)	1483(ş)
v(C=C) _{ren.}	1557(ş)	1556(ş)	1559(ş)	1553(ş)
v(C=N)	1587(ş)	1610(ş)	1640(ş)	1639(ş)
v(C=C)	1512(ş)	1535(ş)	1613(ş)	1612(ş)
		1470(ş)	1514(ş)	1525(ş)
			1422(ş)	1431(ş)
v(C-O)	1370(ş)	1383(ş)	1381(ş)	1384(ş)
	1238(ş)	1249(ş)	1261(ş)	1257(ş)
	1068(ş)	1087(ş)	1087(ş)	1087(ş)
v(S=O)	1269(ş)	1270(ş)	1227(ş)	1298(ş)
	1149(ş)	1157(ş)	1156(ş)	1157(ş)
	1118(ş)	1123(ş)	1132(ş)	1129(ş)
v(py)	786(ş)	744(ş)	741(ş)	791(ş)
v(M-O)	592(z)	582(z)	604(z)	589(z)
v(M-N)	425(z)	443(z)	-	-

*y: yayvan, z: zayıf, oş: orta şiddetli, ş: şiddetli

5-8 Nolu komplekslerin IR spektrumları değerleri Tablo 1’de verilmiştir. Başlangıç maddelerinin v(N-H) gerilme titreşimleri 3175-3443 cm⁻¹ [30] aralığında gözlenirken, **5** kompleksinde 3394 ve 3262 cm⁻¹, **6** kompleksinde 3407 ve 3208 cm⁻¹, **7** kompleksinde 3418 ve 3245 cm⁻¹ ve **8** kompleksinde 3336 ve 3213 cm⁻¹’de görülmektedir. Komplekslerdeki asimetrik/simetrik v(C=O) gerilme titreşimleri **5** kompleksinde 1620 ve 1440 cm⁻¹, **6** kompleksinde 1644 ve 1459 cm⁻¹, **7** kompleksinde 1679 ve 1473 cm⁻¹ ve **8** kompleksinde 1671 ve 1483 cm⁻¹’de gözlenmiştir. Bu değerler arasındaki farklar sırasıyla 180, 185, 203 ve 192 asit ligandlarının karboksilat grupları metal atomlarına tek dişli olarak bağlandığını göstermektedir [31]. **5-8** Nolu komplekslerin yapılarında bulunan fonksiyonel grupların dalga sayıları, **5** için 425 cm⁻¹ v(M-N), **6** için 443 cm⁻¹ v(M-N), 582-604 cm⁻¹ v(M-O), 741-791 cm⁻¹ piridin halkası, 1118-1270 cm⁻¹ v(S=O), 1068-1384 cm⁻¹ v(C-O), 1422-1639 cm⁻¹ v(C=C)/v(C=N), 2557-2716 cm⁻¹ v(N⁺-H) gerilmeleri (**7** ve **8** için) [32], 2795-3016 cm⁻¹ alifatik v(C-H) (**5-7** için), 3074-3124 cm⁻¹ aromatik v(C-H) ve 3424-3567 cm⁻¹ v(O-H) gerilme titreşimleri aralıklarda gözlenmiştir.

3.3. Manyetik duyarlılık sonuçları

Komplekslerin manyetik duyarlılık testi sonuçlarında diyamanyetik olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlar metal iyonun eşleşmemiş elektron içermediğini (Zn²⁺, 3d¹⁰) göstermektedir.

3.4. Molar iletkenlik sonuçları

DMSO çözeltisinde (10⁻³ M) alınan iletkenlik ölçümleri **5** için 6,5 µS/cm, **6** için 4,3 µS/cm, **7** için 65,0 µS/cm ve

8 için 50,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak bulundu ve bu sonuçlar 5 ve 6 komplekslerinin iyonik olmadığını ve 7 ve 8 komplekslerinin ise 2:1 iyonik olduğunu göstermektedir [33].

4. Sonuçlar

Bu çalışmada 2-amino-4-substitüepiridin türevleri ve 5-sülfosalisilik asitin Zn(II) kompleksleri (5-8) sentezlenmiştir. Sentezlenen bileşiklerin yapıları, çeşitli spektroskopik analiz yöntemleri ile önerilmiştir. Elde edilen komplekslerde elementel analiz ve AAS sonuçlarında, teorik ve deneysel değerler benzerdir. Bileşiklerin IR spektrumu incelendiğinde NH_2 'den kaynaklanan pikler gözlenmiştir. 7 ve 8 nolu komplekslerde azot atomunun protonlanması ile $\nu(\text{N}^+\text{-H})$ pikleri gözlenirken 5 ve 6 nolu komplekslerde bu pikler gözlenmemiştir. Bu durumda 2-aminopiridin türevlerinin 5 ve 6 komplekslerinde metal iyonuna bağlandığı, 7 ve 8 komplekslerinde ise tamamlayıcı iyon şeklinde bulunduğu görülmektedir. Bu sonuçları molar iletkenlik testleri de desteklemektedir. İletkenlik testleri sonucunda 5 ve 6 iyonik olmayıp 7 ve 8 iyonik komplekslerdir. Metal komplekslerinin manyetik duyarlılık çalışmaları sonucunda Zn(II) (d^{10}) metal komplekslerinin beklendiği gibi eşleşmemiş elektron taşımadıkları gözlenmiştir. Spektroskopik analiz sonucunda komplekslerin oktahedral yapıya sahip oldukları önerilmiştir.

Teşekkür

Yapılan çalışma, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon'unca, 2020/24 ve 2023/23 numaralı projelerden alınan maddeler kullanarak hazırlanmıştır. Katkılarından dolayı Komisyon'a teşekkür ederiz.

Yazar katkı beyanları

Halil İlkimen: Araştırma, Yazma – inceleme ve düzenleme, **Zeynep Alkan Alkaya:** Araştırma, Yazma – inceleme ve düzenleme, **Cengiz Yenikaya:** Araştırma, Yazma – inceleme ve düzenleme.

Referanslar

- [1] W. A. Zordok, S. A. Sadeek and A. F. El-Faragy, "Synthesis, characterization, DFT modeling and biological studies of new Co(II), Ni(II) and Cu(II) 4,6-bis(4-chlorophenyl)-2-amino-1,2-dihydropyridine-3-carbonitrile complexes". *J. Iran. Chem. Soc.*, vol. 14, no. 12, pp. 2529-2547, 2017, doi: 10.1007/s13738-017-1188-8
- [2] N. Büyükkıdan, C. Yenikaya, H. İlkimen, C. Karahan, C. Darcan and E. Şahin, 2013, "Synthesis, characterization and antimicrobial activity of a novel proton salt and its Cu(II) complex". *Russ. J. Coord. Chem.*, vol. 39, no. 1, pp. 96-103, doi: 10.1134/S1070328412100028.
- [3] Marinescu, M, "2-Aminopyridine – a classic and trendy pharmacophore". *Inter. J. Pharm. Bio Sci.*, vol. 8, no. 2, pp. 338-355, 2017, doi: 10.22376/ijpbs.2017.8.2.p338-355.
- [4] C. Yenikaya, M. Poyraz, M. Sarı, F. Demirci, H. İlkimen and Büyükgüngör O, "Synthesis, characterization and biological evaluation of a novel Cu(II) complex with the mixed ligands 2,6-pyridinedicarboxylic acid and 2-aminopyridine". *Polyhedron*, vol. 28, no. 16, pp. 3526-3532, 2009, doi: 10.1016/j.poly.2009.05.079.
- [5] S. A. Heleno, A. Martins, M. J. R. P. Queiroz and I. C. F. R. Ferreira, "Bioactivity of phenolic acids: metabolites versus parent compounds: a review". *Food Chem.*, vol. 173, 501-513, 2015, doi: 10.1016/j.foodchem.2014.10.057
- [6] P. Randjelović, S. Veljković, N. Stojiljković, D. Sokolović, I. Ilić and D. Laketić, et al. "The beneficial biological properties of salicylic acid". *Acta Facul. Med. Nais.*, vol. 32, 259-265, 2015, doi: 10.1515/afmnai-2015-0026.
- [7] H. İlkimen, B. İlkimen and C. Yenikaya, "Metal complexes of 5-sulfosalicylic acid". *New developments in science and mathematics*, pp. 221-234, Hiper yayın Evi, 2022.
- [8] K. V. Rajagopalan, R. Kalyanaraman and M. Sundaresan, "Thermal decompositions of sulfosalicylates of magnesium(II), calcium(II) and zinc(II)". *J. Therm. Anal. Cal.*, vol. 34, no. 1, pp. 329-334, 1988, doi: 10.1007/BF01913400.
- [9] Hecht, E. "catena-Poly[[tetraaquazinc(II)]- μ -5-sulfosalicylato- $\kappa^2\text{O}:\text{O}'$]]. *Acta Cryst.*, vol. E60, no. 9, pp. m1286-m1288, 2004, doi: 10.1107/S1600536804020070.
- [10] J. F. Ma, J. Yang and J. F. Liu, "Hexaaquazinc(II) 3-carboxy-4-hydroxybenzenesulfonate tetrahydrate". *Acta Cryst.*, vol. E59, no. 7, pp. m487-m488, 2003, doi: 10.1107/S1600536803013096.

- [11] P. V. Khadikar, S. Joshi, S. G. Kashkhedikar and B. D. Heda, "Metal-complexes of 5-sulfosalicylic acid and their antimicrobial activity". *Indian J. Pharm. Sci.*, vol. 46, no. 6, pp. 209-211, 1984.
- [12] J. H. Song, D. W. Kim, D. W. Kang, W. R. Lee and C.S. Hong, "Humidity-triggered single-crystal-to-single-crystal structural transformations in a Zn(II) coordination polymer displaying unusual activation energy change in proton conductivity. *Chem. Commun.*, vol. 55, no. 65, pp. 9713-9716, 2019, doi: 10.1039/C9CC04474D.
- [13] X. Duan, D. Li, Y. Lin, L. Zhang and Z. Tuo, "Method for preparing layered double hydroxides-sulfosalicylic acid having supramol intercalating structure and its application". China, CN1861702 A 2006-11-15.
- [14] M. Lamshoef, J. Storp, B. Ivanova and M. Spiteller, "Gas-phase CT-stabilized Ag(I) and Zn(II) metal-organic complexes - Experimental versus theoretical study". *Polyhedron*, vol. 30, no. 15, pp. 2564-2573, 2011, doi: 10.1016/j.poly.2011.07.003.
- [15] B. Ivanova and M. Spiteller, "On the nature of the coordination bonding of metal-organics for ions with the d^{10} electronic configuration - Experimental and theoretical analyses". *Polyhedron*, vol. 137, 256-264, 2017, doi: 10.1016/j.poly.2017.08.011.
- [16] B. Banowski and C. Kropf, "Cosmetic antiperspirants with aromatic sulphonic acids". Germany, DE102013220789 A1 2015-04-16.
- [17] B. Banowski and C. Kropf, "Cosmetic antiperspirants with aromatic sulphonic acids". World Intellectual Property Organization, WO2015055198 A1 2015-04-23.
- [18] T. Y. Xu, H. J. Nie, J. M. Li and Z. F. Shi, "Highly selective sensing of Fe^{3+}/Hg^{2+} and proton conduction using two fluorescent Zn(II) coordination polymers". *Dalton Trans.*, vol. 49, no. 32, pp. 11129-11141, 2020, doi: 10.1039/D0DT02327B.
- [19] T. Y. Xu, H. Wang, J. M. Li, Y. L. Zhao, Y. H. Han and X. L. Wang, et al. "A water-stable luminescent Zn(II) coordination polymer based on 5-sulfosalicylic acid and 1,4-bis(1Himidazol-1-yl)benzene for highly sensitive and selective sensing of Fe ion". *Inorg. Chim. Acta*, vol. 493, 72-80, 2019, doi: 10.1016/j.ica.2019.05.002.
- [20] T. Koksharova, Y. Slyvka, O. Savchenko, T. Mandzii and S. Smola, "5-Sulfosalicylato Cu(II), Zn(II) and Ni(II) coordination compounds with benzohydrazide: Synthesis, structure and luminescent properties". *J. Mol. Struct.*, vol. 1271, 133980, 2023, doi: 10.1016/j.molstruc.2022.133980.
- [21] Y. Yang, P. Du, J. F. Ma, W. Q. Kan, B. Liu and Yang, J. "Series of metal-organic frameworks based on different salicylic derivatives and 1,1'-(1,4-butanediyl)bis(imidazole) ligand: syntheses, structures, and luminescent properties". *Cryst. Grow. Des.*, vol. 11, no. 12, pp. 5540-5553, 2011, doi: 10.1134/S0022476615050297.
- [22] I. I. Zotkin, N. V. Kuznetsova and L. Kabanova, "Zinc or copper(2+) salts used as biocides in polymer materials". Russian Federation, RU2497857 C1 2013-11-10.
- [23] Z. X. Du, J. X. Li and L. Y. Wang, "Syntheses, crystal structures and fluorescent properties of two 4,4'-dipyridylsulfide based zinc(II) and cadmium(II) helical complexes". *J. Coord. Chem.*, 62, no. 15, pp. 2411-2420, 2009, doi: 10.1080/00958970902838776.
- [24] Q. Han, X. C. Wang, X. Y. Li, G. X. Yao and Y. S. Yan, "Aqua(2-hydroxy-5-sulfonatobenzoato- κO^1)bis(2-phenyl-1H-1,3,7,8-tetraazacyclopenta [1]phenanthrene- $\kappa^2 N^7, N^8$)zinc(II)". *Acta Cryst.* vol. E65, no. 11, pp. m1282-m1283, 2009, doi: 10.1107/S1600536809039154.
- [25] S. R. Fan, L. G. Zhu and H. P. Xiao, "catena-Poly[[cis-diaqua(2,2'-bipyridine)zinc(II)]- μ -5-sulfonatosalicylato]". *Acta Cryst.* vol. E61, no. 5, pp. m804-m806, 2005, doi: 10.1107/S1600536805009645.
- [26] G. Sharma and J. P. Tandon, "Potentiometric studies on stepwise mixed ligand complex formation copper(II), pp. nickel(II) or zinc(II)-nitrotriacetic acid-hydroxy acid". *J. Inorg. Nucl. Chem.* vol. 32, no. 4, pp. 1273-1278, 1970, doi: 10.1016/0022-1902(70)80125-7.
- [27] Z. F. Chen, S. M. Shi, R. X. Hu, M. Zhang, H. Liang and Z. Y. Zhou, "Synthesis, crystal structure, fluorescence property and antibacterial activity of two unprecedented one-dimensional chain metalorganic coordination polymers: Zn(H-SSA)(Phen)(H₂O)₂ and Cu(H-SSA)(Phen)(H₂O)₂". *Chinese J. Chem.* vol. 21, no. 8, pp. 1059-1065, 2003, doi: 10.1002/cjoc.20030210817.
- [28] K. L. Zhang, B. Yang and S. W. Ng, "Diaquabis(1,10-phenanthroline- $\kappa^2 N, N'$)zinc(II) 2-hydroxy-5-sulfonatobenzoate tetrahydrate". *Acta Cryst.* vol. E65, no. 2, pp. m239-m240, 2009, doi: 10.1107/S1600536809003055.
- [29] J. F. Song, Y. Chen, Z. G. Li, R. S. Zhou, X. Y. Xu, J. Q. Xu et al, "Syntheses, supramolecular structures and properties of six coordination complexes based on 5-sulfosalicylic acid and bipyridyl-like chelates". *Polyhedron*, vol. 26, no. 15, pp. 4397-4410, 2007, doi: 10.1016/j.poly.2007.05.037.
- [30] E. Tunca, M. Bülbül, H. İlkimen, R. S. Canlıdınç and C. Yenikaya, "Investigation of the effects of the proton transfer salts of 2-aminopyridine derivatives with 5-sulfosalicylic acid and their Cu(II) complexes on cancer-related carbonic anhydrases: CA IX and CA XII". *Chem. Paper.*, vol. 74, pp. 2365-2374, 2020, doi: 10.1007/s11696-020-01078-5.
- [31] K. Nakamoto, "Infrared and raman spectra of inorganic and coordination compounds". 5th ed. NewYork: Wiley-Interscience, pp. 232 (1997).
- [32] H. İlkimen, C. Yenikaya and A. Gülbandır, "Antimicrobial activity of proton salts of 3-(sulfamoylphenylcarbamoyl) acrylic acid derivatives with aminopyridine derivatives. *Journal of Scientific Reports-A*, vol. 54, no. 2, pp. 264-272, 2023, doi: 10.59313/jsr-a.1311495.
- [33] W. J. Geary, "The use of conductivity measurements in organic solvents for the characterisation of coordination compounds". *Coord. Chem. Rev.* vol. 7, no. 1, pp. 81-122, 1971, doi: 10.1016/S0010-8545(00)80009-0.