

5-Sülfosalisilik asitin Zn(II) ve Cd(II) metal kompleksleri

Halil İlkimen¹

¹Kimya Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye

*(halil.ilkimen@dpu.edu.tr)

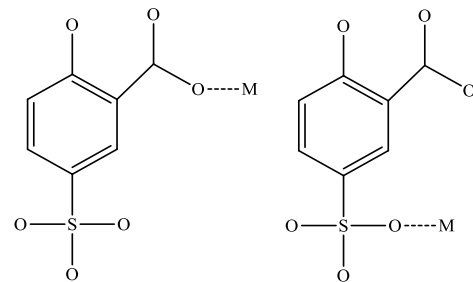
Özet – 5-Sülfosalisilik asit veya 2-hidroksi-5-sülfobenzoik asit (H₃ssa), 3-sülfobenzoik asitler olarak bilinen organik maddeler grubunun bir üyesidir. 5-Sülfosalisilik asit ticari olarak literatürde mono, di, tri, penta hidrat ve hidratsız şeklinde bulunmaktadır. Ancak ticari olarak en çok satılan dihidratlı yapısıdır. 5-Sülfosalisilik asit ve türevleri, salisilik asit türevlerinin derişik sülfürik asit ortamında ısıtılması ile sentezlenmektedir. 5-Sülfosalisilik asit antifungal, antioksidan, antibakteriyel, antikanser, antitubercular, antiinfluenza, antiinflamatuvar, analjezik, antidiyabetik, antikoagülan, antitümör, antiobezite, antitripanozomal, antimalaryal, antikor, kepek önleyici, ter önleyici, gıdalarda B₆ vitamini için bir ekstraksiyon maddesi, polimerizasyonda katkı maddesi, kan proteinleri için bir sabitleme maddesi, idrar proteini için bir ölçüm aracı ve enzim inhibisyonlarında kullanılmaktadır. 5-Sülfosalisilik asit ve iyonlaşmış formları (H₂ssa⁻, Hssa²⁻ ve ssa³⁻) ile birçok çalışma yapılmaktadır. 5-Sülfosalisilik asit -COOH, -OH ve -SO₃H gruplarının oksijen atomları ile metal iyonlarına, bir, iki, üç veya çok dişli bağlandığı gözlenmiştir. Bu çalışmada, 5-sülfosalisilik asitin Zn(II) ve Cd(II) ile yapılan çalışmalar incelenmiştir. 5-Sülfosalisilik asit ile diğer ligandlar ile karışık ligandlı Zn(II) ve Cd(II) metal kompleksleri ve biyolojik özellikleri incelenmiştir. İnceleme sonunda hem metal komplekslerinin hem de biyolojik özelliklerinin az çalışıldığı gözlenmiştir. Biyolojik olarak özellikleri bilinen diğer gruplar ile elde edilecek co-kristal, tuz ve metal kompleksleri sentezlenerek literature katkı sağlanabilir.

Anahtar Kelimeler – 5-Sülfosalisilik Asit, Metal Kompleksi, Organik Asit, Organik Baz, Biyolojik Aktivite

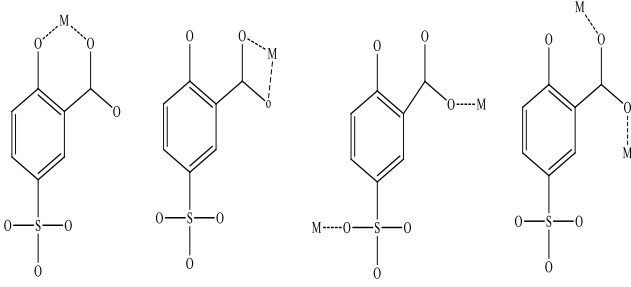
I. GİRİŞ

Bu çalışmada incelenen 5-sülfosalisilik asit (H₃ssa), ve proton vermiş formları (H₂ssa⁻, Hssa²⁻ ve ssa³⁻) antimütajen, antimikrobiyal, antidiyabetik, antiinflamatuvar, antitümör ve antiülser gibi aktiviteye sahip oldukları literatürde bulunan çalışmalar sonucunda bulunmuştur [1-5]. 5-Sülfosalisilik asit ve iyonlaşmış formları (H₂ssa⁻, Hssa²⁻ ve ssa³⁻) ile birçok çalışma yapılmaktadır. [5]. H₃ssa, H₂ssa⁻, Hssa²⁻ ve ssa³⁻ bileşikleri -SO₃H, -COOH ve -OH ve gruplarının oksijen atomları ile metal iyonlarına, bir (Şekil 1), iki (Şekil 2), üç (Şekil 3) veya çok dişli (Şekil 4) bağlandığı gözlenmiştir [2,12]. Literatürde 5-sülfosalisilik asit ile diğer

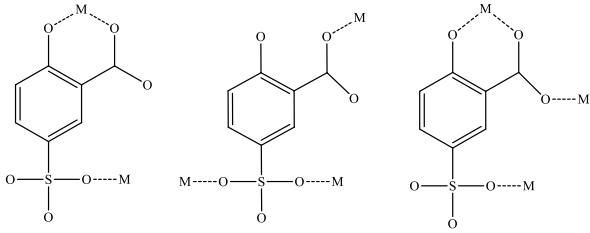
organik bileşiklerin bulunduğu tuz ve kompleksler sentezlenmektedir [4-11].



Şekil 1. 5-Sülfosalisilik asitin metal iyonlarına tek dişli bağlanma örnekleri



Şekil 2. 5-Sülfosalisilik asitin metal iyonlarına iki dışlı bağlanma örnekleri



Şekil 3. 5-Sülfosalisilik asitin metal iyonlarına üç dışlı bağlanma örnekleri

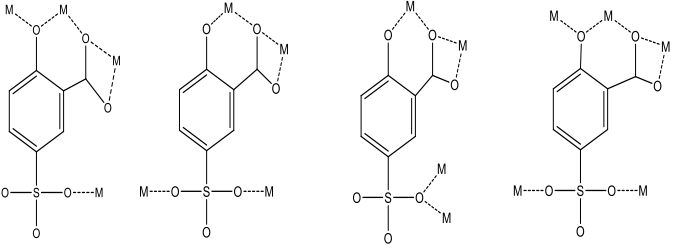
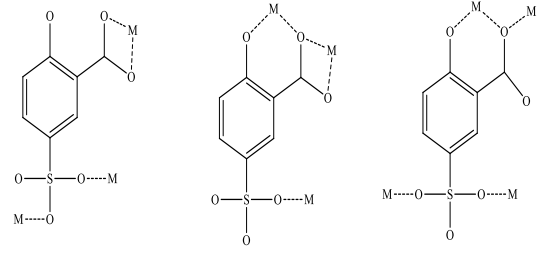
II. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Scifinger programı kullanılarak literatürde bulunan 5-sülfosalisilik asit ve proton vermiş formlarının Zn(II) ve Cd(II) metal kompleksleri incelenmiştir.

III. BULGULAR

5-Sülfosalisilik asitin Zn(II) ile $\{[Zn(H_2O)_6](H_2ssa)_2.nH_2O \text{ (n= 0-4)} [13,14], [Zn(Hssa)(H_2O)_4]_n [15], [Zn(H_2O)_6]Hssa.4H_2O [16], [Zn(Hssa)].4H_2O [17], [Zn(H_2ssa)_2(H_2O)_2] [1], [Zn(H_2ssa)_2(H_2O)_2].7,1H_2O, \{[Zn(H_2O)_6].2H_2ssa.2H_2O\}.0,4H_2O, [Zn(H_2O)_6].2H_2ssa.4H_2O [18], [Zn(H_2O)_6].2H_2ssa.H_2O [19,20] ve [Zn_{1-x}M^{3+}_x(OH)_2](Hssa)_{x/2} (0,2 < x < 0,33, M = Al, Co, Fe, Ti, Ga) \} [21]\}$ metal kompleksleri sentezlenmiş ve yapıları çeşitli analiz teknikleri ile aydınlatılmıştır.

Ayrıca 5-Sülfosalisilik asit ile 1,4-bis(1H-imidazol-1-il)benzen (1,4-bib) $\{[Zn(Hssa)(1,4-bib)(H_2O)](H_2O)_n [22], [Zn_3(ssa)_2(1,4-bib)_3.4H_2O]_n, [Zn(Hssa)(1,4-bib)(H_2O)]_n [23]\}$, benzohidrazid (bhz) $\{[Zn(bhz)_2(H_2ssa)_2] [24], metakrilik asit (Hmaa) \{[Zn(H_2ssa)(maa)] [25], 1,1'-(1,4-bütandiil)bis(imidazol) (biim-4) \{[Zn(Hssa)(biim-4)].0,5H_2O \} [26], 2-fenil-1H-$



Şekil 4. 5-Sülfosalisilik asitin metal iyonlarına çok dışlı bağlanma örnekleri

1,3,7,8-tetraazasiklopenta[1]fenantren (ftsf) $\{[Zn(Hssa)(ftsf)_2(H_2O)] [27], 4,4'$ -dipiridil sülfür (4,4'-dps) $\{[Zn(4,4'-dps)_2(Hssa)(H_2O)_2].3H_2O\}_n [28], 1,10$ -fenantrolin (phen) $\{[Zn(phen)_2(H_2O)_2]Hssa.4H_2O [29], [Zn(Hssa)_2(phen)(H_2O)_2] [30]\}$, 2,2'-bipiridin (2,2'-bpy) $\{[Zn(Hssa)(H_2O)_2(2,2'-bpy)]_n [31], tris(2-aminoetil)amin (tren) \{[Zn(Hssa)(tren)] [32] ve nitrilotriasetik asitin (Hnta) \{[Zn(Hssa)_2(nta)] [33] karışık ligandlı Zn(II) kompleksleri sentezlenmiş ve yapıları çeşitli analiz yöntemleri ile açıklanmıştır.$

5-Sülfosalisilik asitin Cd(II) ile metal kompleksi $[Cd(Hssa)_2]SO_4 [34] ve 4-(1-naftilvinil)piridin (4-nvp) \{[Cd(4-nvp)_2(Hssa)].(4-nvp)\}$, 1,3-bis(4'-piridil)-2,4-bis(naftil)siklobütan (rectt-4-pncb) $\{[Cd(rectt-4-pncb)_{0,5}(4-nvp)(Hssa)].(4-nvp) [35], 2,2',2''-(1-(piridin-2-ilmetil)imidazolidin-2,4,5-triiltripiridin) (pmitp) \{[Cd_2(pmitp)(Hssa)_2(H_2O)_3].10H_2O \} [36], piperazin-1,4-diilbis(piridin-4-ilmetanon) (pdpy) $\{[Cd(pdpy)(H_2O)_2](Hssa).0,5H_2O\}_n [37], 4, 5-diazafloren-9-on (dafo) $\{[Cd(Hssa)(dafo)(H_2O)_2]_n [38], 3,5-dimetilpirazol (dmpz) \{[Cd(Hssa)(dmpz)_2] [39], trans-1,2-di(4-piridil)etilen (dpe)$$$

{[Cd₂(dpe)₃(H₂O)₈] (Hssa).(dpe).2H₂O} [40], 1,2-bis(imidazol-1-ylmetil)-benzen (2-bimb) {[Cd(Hssa)(2-bimb)₂].3H₂O} [41], piridin-4-tiol (Hpt) {[Cd(H₂ssa)(pt)₂].2,5H₂O} [42], 4,4'-dipiridil sülfür (4,4'-dps) {[Cd(4,4'-dps)₂(Hssa)(H₂O)₂].3H₂O}_n [28], 2,3-diokso-5,6,14,15-dibenzo-1,4,8,12-tetraazasiklopentadeka-7,13-dien (dien) {[Cd₃(ssa)₂ (Cu(dien))₂(H₂O)₄], [Cd₂(Hssa)₂(Ni(dien))₄] [43], 2,2'-bipiridin (2,2'-bpy) {[Cd(Hssa)(H₂O)₂(2,2'-bpy)]} [44], {[Cd(Hssa)(2,2'-bpy)]} [45], 1,4-bis(imidazol-1-ilmetil)benzen (bix) [Cd₃(ssa)₂(bix)₃(H₂O)₄]_n, {[Cd(Hssa)(bix)₂(H₂O)]. H₂O}_n [46], 1,10-fenantrolin (phen) [(phen)₂Cd(Hssa)₂Cd(phen)₂].H₂O [47], 4,4'-bipiridin (4,4'-bpy) {[Cd₂(Hssa)₂(4,4'-bpy)₂]_n.2nH₂O, {[Cd₂(μ₂-HCO₂)₂(4,4'-bipy)₂(H₂O)₄][Cd(Hssa)₂(4,4'-bipy)(H₂O)₂]_n, {[Cd(4,4'-bipy)(H₂O)₄](Hssa).H₂O)_n} [48], 1,3-di(piridin-4-il)propan (dpp) {[Cd(Hssa)(dpp)₂(H₂O)_n].4nH₂O} [48] ve {[Cd₂(μ₂-HCO₂)₂(4,4'-bipy)(H₂O)₂][Cd(Hssa)₂(4,4'-bipy)(H₂O)₂]_n [49] ile karışık ligandlı metal kompleksleri sentezlenmiş ve yapıları çeşitli analiz yöntemleri ile açıklanmıştır.

IV. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

5-Sülfosalisilik asit türevlerinin antiinflamatuvar, antitümör, antimütajen, antiülser, antidiyabetik, antimikrobiyal ve süperoksit giderici gibi özelliklere sahip oldukları literatürde bilinmektedir. Literatür incelemesinde 5-sülfosalisilik asit türevleri ile en çok Cu(II) metalinin çalışıldığı diğer metallerle daha az çalışıldığı gözlenmiştir. Bu aktif grup ile diğer organik veya organik olmayan bileşiklerin bir araya gelmesiyle elde edilecek co-kristal, tuz ve metal komplekslerinde aynı türde özelliklere göstereceği aşikardır. 5-Sülfosalisilik asit türevleri ile organik veya organik olmayan bileşiklerinden elde edilecek co-kristal, tuz ve komplekslerin sentezlenmesi ve aktivitelerin incelenmesi literatüre önemli katkı yapacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon'unca,

2023/23 numaralı proje olarak desteklenmiştir. Katkılarından dolayı Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'na teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] 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(6), pp. 209-211, 1984.
- [2] P. V. Khadikar, S. M. Ali, B. Pol, and B. D. Heda, "Effect of metal ions on the antimicrobial activity of 5-sulphosalicylic acid," *Acta Microbio. Immun. Hung.*, vol. 33, pp. 97-102, 1986.
- [3] C. Yenikaya, M. Sarı, H. İlkimen, M. Bülbül, and O. Büyükgüngör, "Synthesis, structural and antiglaucoma activity studies of a novel amino salicylate salt and its Cu(II) complex," *Polyhedron*, vol. 30, pp. 535-541, 2011.
- [4] H. İlkimen, Y. Tekşen, C. Yenikaya, İ. Turhan, T. Tunç, and M. Sarı, "Synthesis, characterization and pharmacological evaluation of the proton transfer salts of 2-aminobenzothiazole derivatives with 5-sulfosalicylic acid and their Cu(II) complexes," *J. Coord. Chem.*, vol. 71(16-18), pp. 2831-2842, 2018.
- [5] S. R. Fan, and L. G. Zhu, "Structural diversity and fluorescent properties of copper(II) complexes constructed by 5-sulfosalicylate and 2,2'-bipyridine". *J. Mol. Struct.*, vol. 827, pp. 188-194, 2007.
- [6] G. Smith, U. D. Wermuth, and D. S. Sagatys, "Hydrogen bonding in proton-transfer compounds of 5-sulfosalicylic acid with a series of aliphatic nitrogen lewis bases," *J. Chem. Cryst.*, vol. 41(1), pp. 17-25, 2011.
- [7] G. Smith, "Pseudo-merohedral twinning in the structure of the hydrated 1:1 proton-transfer compound of 5-sulfosalicylic acid with 4-aminopyridine," *J. Chem. Cryst.*, vol. 41, pp. 359-363, 2011.
- [8] D. J. Yang, and S. H. Qu, "Bis(2-aminopyridinium)-5-sulfonatosalicylate," *Acta Cryst.*, vol. E62, pp. o5127-o5129, 2006.
- [9] X. G. Meng, C. S. Zhou, L. Wang, and C. L. Liu, "Two salts of 5-sulfosalicylic acid and 3-aminopyridine," *Acta Cryst.*, vol. C63, pp. o667-o670, 2007.
- [10] M. Hemamalini, and H. K. Fun, "2-Amino-4-methylpyridinium 3-carboxy-4-hydroxybenzenesulfonate monohydrate," *Acta Cryst.*, vol. E66, pp. o2095-o2096, 2010.
- [11] Z. H. Li, and K. M. Su, "Piperazine-1,4-dium bis(3-carboxy-4-hydroxybenzenesulfonate) dehydrate," *Acta Cryst.*, vol. E63, pp. o4744-o4744, 2007.
- [12] J. F., Song, Y., Chen, Z. G., Li, R. S., Zhou, X. Y., Xu, J. Q., Xu, and T. G., Wang, "Syntheses,

- supramolecular structures and properties of six coordination complexes based on 5-sulfosalicylic acid and bipyridyl-like chelates". *Polyhedron*, vol. 26, pp. 4397-4410, 2007.
- [13] B. Banowski, and C. Kropf, "Cosmetic antiperspirants with aromatic sulphonic acids," Germany, DE102013220789 A1 2015-04-16.
- [14] B. Banowski, and C. Kropf, "Cosmetic antiperspirants with aromatic sulphonic acids," World Intellectual Property Organization, WO2015055198 A1 2015-04-23.
- [15] E. Hecht, "catena-Poly[[tetraaquazinc(II)]- μ -5-sulfosalicylato- κ^2 O:O']," *Acta Cryst.*, vol. E60(9), pp. m1286-m1288, 2004.
- [16] J. F. Ma, J. Yang, and J. F. Liu, "Hexaaquazinc(II) 3-carboxy-4-hydroxybenzenesulfonate tetrahydrate," *Acta Cryst.*, vol. E59(7), pp. m487-m488, 2003.
- [17] K. V. Rajagopalan, R. Kalyanaraman, and M. Sundaresan, "Thermal decompositions of sulfosalicylates of magnesium(II), calcium(II) and zinc(II)," *J. Therm. Anal.*, vol. 34(1), pp. 329-334, 1988.
- [18] 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(65), pp. 9713-9716, 2019.
- [19] 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(15), pp. 2564-2573, 2011.
- [20] 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, pp. 256-264, 2017.
- [21] 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.
- [22] T. Y. Xu, H. Wang, J. M. Li, Y. L. Zhao, Y. H. ; Han, X. L. Wang, K. H. He, A. R. Wang, and Z. F. Shi, "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, pp. 72-80, 2019.
- [23] 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(32), pp. 11129-11141, 2020.
- [24] 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.
- [25] I. I. Zotkin, N. V. Kuznetsova, and L. V. Kabanova, "Zinc or copper(2+) salts used as biocides in polymer materials," Russian Federation, RU2497857 C1 2013-11-10.
- [26] Y. Yang, P. Du, J. F. Ma, W. Q. Kan, B. Liu, and J. Yang, "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(12), pp. 5540-5553, 2011.
- [27] Q. Han, X. C. Wang, X. Y. Li, G. X. Yao, and Y. S. Yan, "Aqua(2-hydroxy-5-sulfonatobenzoato- κ O¹)bis(2-phenyl-1H-1,3,7,8-tetraazacyclopenta[1]phenanthrene- κ^2 N⁷,N⁸)zinc(II)," *Acta Cryst.*, vol. E65(11), pp. m1282-m1283, 2009.
- [28] 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.*, vol. 62(15), pp. 2411-2420, 2009.
- [29] K. L. Zhang, B. Yang, and S. W. Ng, "Diaquabis(1,10-phenanthroline- κ^2 N,N')zinc(II) 2-hydroxy-5-sulfonatobenzoate tetrahydrate," *Acta Cryst.*, vol. E65(2), pp. m239-m240, 2009.
- [30] Z. F. Chen, S. M. Shi, R. X. Hu, M. Zhang, H. Liang, and Zhou, Z. Y. "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(8), pp. 1059-1065, 2003.
- [31] 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(5), pp. m804-m806, 2005.
- [32] W. X. Ma, B. H. Qian, J. Gao, X. Y. Xu, L. D. Lu, X. J. Yang, X. Wang, H. B. Song, "Synthesis, crystal structure and spectral characterization of the complex [Zn(tren)(SSA)]," *Wuji Huaxue Xuebao*, vol. 21(4), pp. 612-616, 2005.
- [33] G. Sharma, and J. P. Tandon, "Potentiometric studies on stepwise mixed ligand complex formation copper(II), nickel(II), or zinc(II)-nitritotriacetic acid-hydroxy acid," *J. Inorg. Nucl. Chem.*, vol. 32(4), pp. 1273-1278, 1970
- [34] S. Prakash, and S. Laxmi, "Ultrasonic studies in sulfosalicylic acid chelates of cadmium(II) and thorium(IV)," *Acustica*, vol. 19(2), pp. 98-102, 1968
- [35] M. H. Mir, S. Bera, S. Khan, S. Maity, C. Sinha, and Dutta, B. "Sunlight assisted SCSC dimerization of a 1D coordination polymer impacts the selectivity of Pd(II) sensing in water," *Chem. Commun.*, vol. 57(50), pp. 6197-6200, 2021
- [36] A. Paul, E. Zangrando, A. Patra, M. K. Mahish, D. Saren, H. Masu, and S. C. Manna, "Tetranuclear and 1D polymeric Cd(II) complexes with a tetrapyrrolyl imidazolidine ligand: synthesis,

- structure, and fluorescence sensing activity,” *Cryst. Grow. Des.*, vol. 20(5), pp. 2904-2913, 2020.
- [37] L. Liu, C. Lian, Y. S. Long, X. Guo, and L. R. Yang, “Two cadmium coordination polymers containing piperazine-1,4-diylbis(pyridine-4-ylmethanone): Highly selective luminescent recognition of Cu,” *Inorg. Chim. Acta*, vol. 453, pp. 186-192, 2016.
- [38] C. X. Wang, and Z. F. Li, “Crystal structure of catena-poly[[diaqua(4,5-diazafluoren-9-one-²N,N')cadmium]- μ -2-hydroxy-5-sulfonatobenzoato- κ^2 O1,O1':O⁵],” *Acta Cryst.*, vol. E70(11), pp. m387-m388, 2014
- [39] S. Jin, Y. Huang, D. Wang, H. Fang, T. Wang, P. Fu, and L. Ding, “Non-covalently bonded 2D-3D metal-organic frameworks from the reactions of Cd(II) and Zn(II) with 3,5-dimethylpyrazole and carboxylate ligands,” *Polyhedron*, vol. 60, pp. 10-22, 2013
- [40] G. Wu, Z. F. Liu, L. Guo, and H. H. Li, “Syntheses, crystal structures and physical properties of Cd(II) and Mn(II) complexes with trans -1,2-di(4-pyridyl)ethylene and p-(carboxyl-methoxy)-benzenecarboxylic acid,” *J. Chem. Cryst.*, vol. 41(11), pp. 1673-1679, 2011.
- [41] P. F. Wang, X. S. Wu, Q. Y. Wu, X. Wang, “Synthesis, crystal structure and luminescence of a novel cadmium(II) coordination polymer with 5-connected nov net,” *Chinese J. Struct. Chem.*, vol. 30(12), pp. 1709-1714, 2011.
- [42] J. X. Li, and Z. X. Du, “Crystal structure of catena-[(5-sulfosalicylato- κ^2 O,O')-bis(μ_2 -4-thiolatopyridinium- κ^2 S:S)cadmium(II)]hydrate, Cd(C₇H₄O₆S)(C₅H₅NS)₂·2.5H₂O,” *Zeitschrift fuer Krist.- New Cryst. Struct.*, vol. 226(3), pp. 331-332, 2011.
- [43] Y. Q. Sun, L. L. Fan, D. Z. Gao, and G. Y. Zhang, “Synthesis, structure and luminescence of Cd₃Cu₂ and Cd₂Ni₄ heteronuclear complexes with macrocyclic oxamide and 5-sulfosalicylate,” *Zeits. Anorg. Allg. Chem.*, vol. 636(5), pp. 846-850, 2010,
- [44] G. Wu, X. F. Wang, H. Wei, and L. Yu, “Synthesis, structure and luminescent property of cadmium(II) complex of sulphosalicylic acid,” *Wuji Huaxue Xuebao*, vol. 27(2), pp. 382-386, 2011.
- [45] J. F. Song, Y. Chen, Z. G. Li, R. S. Zhou, X. Y. Xu, J. Q. Xu, and T. G. Wang, “Syntheses, supramolecular structures and properties of six coordination complexes based on 5-sulfosalicylic acid and bipyridyl-like chelates,” *Polyhedron*, vol. 26(15), pp. 4397-4410, 2007.
- [46] Z. Lu, L. Wen, Z. Ni, Y. Li, H. Zhu, and Q. Meng, “Syntheses, structures, and photoluminescent and magnetic studies of metal-organic frameworks assembled with 5-sulfosalicylic acid and 1,4-bis(imidazol-1-ylmethyl)-benzene,” *Cryst. Grow. Des.* vol. 7(2), pp. 268-274, 2007.
- [47] S. R. Fan, H. P. Xiao, and L. G. Zhu, “Bis(μ -5-sulfonatosalicylato)bis[bis(1,10-phenanthroline)cadmium(II)] monohydrate,” *Acta Cryst.*, vol. E62(1), pp. m18-m20, 2006.
- [48] C. F. Yan, F. L. Jiang, L. Chen, R. Feng, M. Yang, and M. C. Hong, “The d¹⁰ metal-sulfosalicylate complexes: Herring-bone, ladder and double-stranded chain frameworks with green luminescences,” *J. Solid State Chem.*, vol. 182(11), pp. 3162-3170, 2009.
- [49] S. R. Fan, and L. G. Zhu, “In situ 5-sulfosalicylate decarboxylation or dimethylformamide hydrolysis generating supramolecular assembly architectures,” *Inorg. Chim. Acta*, vol. 362(9), pp. 2962-2976, 2009.