

سنتز، شناسایی، تعیین ساختار بلوری و بررسی فعالیت ضد باکتریایی یک سری از

کمپلکس‌های باز شیف جدید نیکل (II)، مس (II) و روی (II)

هادی کارگر*، امیر ادبی اردکانی، نورا... فیضی

گروه شیمی، بخش علوم پایه، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۱۰

تاریخ تصحیح: ۹۷/۰۲/۲۵

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۱۹

چکیده

در این پژوهش، یک سری از کمپلکس‌های نیکل (II)، مس (II) و روی (II) با لیگاندهای باز شیف چهاردندانه سالوفنی از نوع N_2O_2 سنتز و پس از شناسایی با تجزیه عنصری و طیف‌سنجی FT-IR، ساختار کمپلکس $Zn(cspn)$ با استفاده از پراش اشعه ایکس تعیین گردید. در کمپلکس مورد نظر، یون Zn به وسیله اکسیژن‌های فنولی، نیتروژن‌های ایمینی و اکسیژن‌های ۲ مولکول آب، کوئوردینه شده که دارای هندسه هشت‌وجهی تغییر شکل یافته است. پیوندهای هیدروژنی بین مولکولی از نوع $O-H...O$ مربوط به مولکول‌های آب کوئوردینه شده به مرکز اتم Zn باعث پایداری کمپلکس شده است. علاوه بر این فعالیت ضد باکتریایی کلیه کمپلکس‌های سنتز شده بر روی باکتری‌های باسیلوس سرئوس، استافیلوکوکوس اورئوس، سودوموناس آئروژینوزا و اشیریشیا کلی بررسی و مطالعه گردید. نتایج نشان داد که کمپلکس‌های سنتز شده دارای فعالیت ضد باکتریایی چشمگیری هستند و همچنین فعالیت باکتری‌های گرم مثبت از گرم منفی بیشتر است.

کلمات کلیدی: سنتز، باز شیف، ساختار بلوری، فعالیت ضد باکتریایی.

۱-مقدمه

بازهای شیف یکی از متداول‌ترین و مهم‌ترین سیستم‌های کوئوردیناسیونی با اتم‌های مختلف در شیمی کوئوردیناسیون هستند که از واکنش تراکمی آمین‌های نوع اول با آلدئیدها و کتون‌ها به وجود می‌آیند. این واکنش نخستین بار توسط دانشمندی به نام هوگو شیف گزارش شد. امروزه بازهای شیف به دلیل تهیه آسان، پایداری بالا و کاربردهای گوناگون، نقش مهمی در شیمی کوئوردیناسیون ایفا می‌کنند [۱ و ۲]. مهم‌ترین گروه از این ترکیبات، بازهای شیف چهاردندانه دارای اتم‌های دهنده نیتروژن و اکسیژن هستند [۳]. بازهای شیف و کمپلکس‌های فلزی آنها که دارای یک یا چند اتم هالوژن در حلقه آروماتیک خود می‌باشند، فعالیت‌های بیولوژیکی مختلفی از خود نشان می‌دهند که از جمله می‌توان به خواص ضد باکتری، ضد قارچ، ضد ویروس و ضد سرطان اشاره کرد [۴ و ۵]. کمپلکس‌های باز شیف به عنوان کاتالیست همگن یا ناهمگن در واکنش اکسایش ترکیبات آلی مانند آلکان‌ها، الکل‌ها، آمین‌ها و

سولفیدها و نیز اپوکسایش اولفین‌ها به وسیله اکسندادهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند [۶-۸]. همچنین از این ترکیبات به عنوان عامل ضد خوردگی و به عنوان رنگدانه بر روی پشم، چوب، چرم و سایر مواد استفاده می‌شوند [۹-۱۱].

در کارهای قبلی، سنتز یک سری از کمپلکس‌های زیرکونیوم (IV) با لیگاندهای باز شیف جدید چهاردندانه N_2O_2 مختلف گزارش شده است که پس از شناسایی و تعیین ساختار بلوری بعضی از آنها، خواص ضد باکتریایی کمپلکس‌ها در مقایسه با لیگاندها مورد بررسی قرار گرفته است [۱۲ و ۱۳]. در این کار، سنتز و شناسایی ۹ کمپلکس جدید نیکل (II)، مس (II) و روی (II) با سه لیگاند باز شیف چهاردندانه N_2O_2 که از واکنش تراکمی دی‌آمین‌های آلیفاتیک مختلف با ۳،۵-دی‌کلرو سالیسیل آلدهید بدست آمدند گزارش شده است (شکل ۱). کلیه کمپلکس‌های سنتز شده با روش‌های تجزیه عنصری، زیر قرمز و رزونانس مغناطیسی هسته شناسایی شدند. ساختار یکی از کمپلکس‌های روی (II) با استفاده از روش پراش اشعه ایکس تعیین گردید. همچنین فعالیت ضد باکتریایی تمام ترکیبات سنتز شده بر روی دو باکتری گرم مثبت و دو باکتری گرم منفی بررسی گردید.

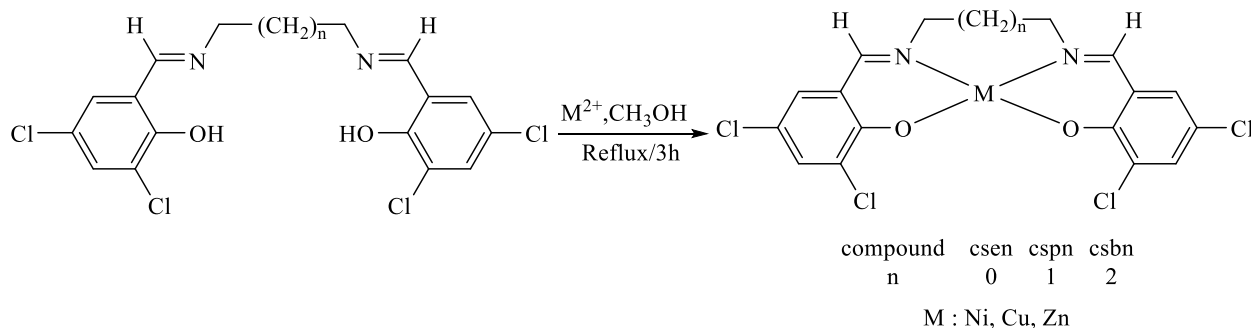
۲- بخش تجربی

۲-۱- مواد و حلال‌های مورد استفاده

مواد شیمیایی مورد نیاز برای تهیه کمپلکس‌ها شامل: ۳،۵-دی‌کلرو سالیسیل آلدهید، اتان-۱،۲-دی‌آمین، پروپان-۱،۳-دی‌آمین، بوتان-۱،۴-دی‌آمین، نیکل (II) استات چهار آبه، مس (II) استات یک آبه و روی (II) استات دو آبه از شرکت‌های مرک و آلدريج خریداری و بدون خالص‌سازی استفاده شدند. همچنین حلال‌های متانول، اتانول، دی‌متیل سولفوکسید و کلروفرم به صورت تجاری تهیه و مورد استفاده قرار گرفتند.

۲-۲- دستگاه‌ها

نقاط ذوب ترکیبات به وسیله دستگاه Thermo Scientific مدل 9200 و بدون تصحیح ثبت شدند. طیف‌های IR به صورت فیلم نازک یا قرص KBr با دستگاه FT-IR مدل IRPrestige-21 ساخت شرکت شیمادزو گرفته شدند. طیف‌های رزونانس مغناطیسی هسته پروتون 1H NMR با استفاده از دستگاه NMR (400 MHz) مدل Bruker DRX AVANCE و در حلال‌های کلروفرم دوتره ($CDCl_3$) و دی‌متیل سولفوکسید دوتره ($DMSO-d_6$) ثبت شدند. برای تعیین ساختار بلوری کمپلکس به روش بلورنگاری از پراش سنج Bruker SMART APEX CCD و با استفاده از تابش تک‌فام شده گرافیتی خط $K\alpha$ مولیبدن استفاده شد. برای تعیین ساختار و پالایش آنها از نرم‌افزار SADABAS استفاده شد [۱۴]. برای رسم شکل و داده‌های مربوط به ساختار بلوری و مولکولی از برنامه‌های PLATON استفاده گردید [۱۵].



شکل ۱- سنتز کمپلکس‌های باز شیف

۳-۲- روش عمومی تهیه کمپلکس‌ها

برای سنتز کمپلکس‌های فلزی، ۱ میلی‌مول از لیگاند باز شیف [۱۶] در ۴۰ میلی‌لیتر کلروفرم حل شد و همراه با به هم‌زدن محلول، به آن ۱ میلی‌مول از نمک استات فلز مورد نظر حل شده در ۲۰ میلی‌لیتر متانول اضافه شد. پس از ۳ ساعت رفلکس، مخلوط واکنش صاف و سپس رسوب بدست آمده با حلال کلروفرم شسته شد. کمپلکس‌های حاصل با استفاده از روش‌های مختلف مورد شناسایی قرار گرفتند.

Ni(csen): Yield 347 mg (75 %). m.p.: 319 °C. IR (KBr): 3076m, 2926m, 2852m, 1624s, 1591m, 1448s, 1319m, 1215m, 1178m, 1058m, 864m, 763m, 603m, 557m, 513m, 424m, cm^{-1} . $^1\text{H NMR}$ (400 MHz, $\text{DMSO-}d^6$, δ): 8.62 (*s*, 2H, H-C=N), 7.63 (*d*, 2H, $J = 2.6$, H-6), 7.49 (*d*, 2H, $J = 2.6$, H-4), 3.99 (*s*, 4H, =N-CH₂-C). Combustion analysis for $\text{C}_{16}\text{H}_{12}\text{Cl}_4\text{N}_2\text{O}_2\text{Ni}$: Calculated. C 41.53, H 2.18, N 6.05; found C 41.40, H 2.11, N 5.82.

Cu(csen): Yield 388 mg (83 %). m.p.: 376 °C. IR (KBr): 3076m, 2920m, 1633s, 1587m, 1438s, 1319m, 1213m, 1170m, 1051m, 864m, 758m, 690m, 555m, 484m, cm^{-1} . Combustion analysis for $\text{C}_{16}\text{H}_{12}\text{Cl}_4\text{N}_2\text{O}_2\text{Cu}$: Calculated. C 41.10, H 2.16, N 5.99; found C 41.34, H 2.25, N 6.32.

Zn(csen): Yield 347 mg (74 %). m.p.: 378 °C. IR (KBr): 3076m, 2939m, 2899m, 1641s, 1521m, 1438s, 1384m, 1213m, 1165m, 1051m, 866m, 752m, 592m, 497m, 447m, cm^{-1} . $^1\text{H NMR}$ (400 MHz, $\text{DMSO-}d^6$, δ): 8.49 (*s*, 2H, H-C=N), 7.45 (*d*, 2H, $J = 2.8$, H-6), 7.29 (*d*, 2H, $J = 2.8$, H-4), 3.76 (*s*, 4H, =N-CH₂-C). Combustion analysis for $\text{C}_{16}\text{H}_{12}\text{Cl}_4\text{N}_2\text{O}_2\text{Zn}$: Calculated. C 40.94, H 2.15, N 5.97; found C 40.82, H 2.10, N 6.11.

Ni(cspn): Yield 410 mg (71 %). m.p.: 330 °C. IR (KBr): 3072m, 2945m, 2916m, 1627s, 1587m, 1448s, 1317m, 1215m, 1172m, 1083m, 864m, 754m, 624m, 547m, 486m, 426m, cm^{-1} . $^1\text{H NMR}$ (400 MHz, $\text{DMSO-}d^6$, δ): 8.58 (*s*, 2H, H-C=N), 7.58 (*d*, 2H, $J = 2.5$, H-6), 7.41 (*d*, 2H, $J = 2.5$, H-4), 3.72 (*br*, 4H, =N-CH₂-C), 2.08 (*br*, 2H, -CH₂-C). Combustion analysis for $\text{C}_{16}\text{H}_{12}\text{Cl}_4\text{N}_2\text{O}_2\text{Ni}$: Calculated. C 42.83, H 2.54, N 5.88; found C 42.52, H 2.46, N 6.18.

Cu(cspn): Yield 342 mg (86 %). m.p.: >400 °C. IR (KBr): 3076m, 2943m, 2872m, 1627s, 1587m, 1446s, 1315m, 1213m, 1168m, 1093m, 866m, 752m, 688m, 553m, 457m, cm⁻¹. Combustion analysis for C₁₆H₁₂Cl₄N₂O₂Cu: Calculated. C 42.39, H 2.51, N 5.82; found C 42.29, H 2.57, N 5.98.

Zn(cspn): Yield 314 mg (65 %). m.p.: 380 °C. IR (KBr): 3371br, 2974m, 2914m, 2854m, 1637s, 1523m, 1442s, 1309m, 1211m, 1160m, 1074m, 858m, 754m, 680m, 551m, 501m, cm⁻¹. ¹H NMR (400 MHz, DMSO-d⁶, δ): 8.30 (s, 2H, H-C=N), 7.41 (d, 2H, J = 2.6, H-6), 7.24 (d, 2H, J = 2.6, H-4), 3.76 (br, 4H, =N-CH₂-C), 1.98 (br, 2H, -CH₂-C). Combustion analysis for C₁₆H₁₂Cl₄N₂O₂Zn: Calculated. C 42.23, H 2.50, N 5.79; found C 42.32, H 2.63, N 5.91.

Ni(csbn): Yield 388 mg (79 %). m.p.: 320 °C. IR (KBr): 3076m, 2920m, 2872m, 1618s, 1525m, 1452s, 1328m, 1211m, 1180m, 1056m, 873m, 748m, 667m, 516m, 491m, cm⁻¹. ¹H NMR (400 MHz, DMSO-d⁶, δ): 8.48 (s, 2H, H-C=N), 7.53 (d, 2H, J = 2.5, H-6), 7.48 (d, 2H, J = 2.5, H-4), 3.55 (br, 4H, =N-CH₂-C), 1.78 (br, 4H, -CH₂-C). Combustion analysis for C₁₆H₁₂Cl₄N₂O₂Ni: Calculated. C 44.05, H 2.88, N 5.71; found C 44.01, H 2.97, N 5.98.

Cu(csbn): Yield 386 mg (78 %). m.p.: 384 °C. IR (KBr): 3078m, 2918m, 2856m, 1622s, 1523m, 1450s, 1321m, 1211m, 1172m, 1062m, 868m, 767m, 690m, 557m, 474m, cm⁻¹. Combustion analysis for C₁₆H₁₂Cl₄N₂O₂Cu: Calculated. C 43.62, H 2.85, N 5.65; found C 43.51, H 2.78, N 5.54.

Zn(csbn): Yield 313 mg (63 %). m.p.: 375 °C. IR (KBr): 3057m, 2937m, 2897m, 1624s, 1512m, 1450s, 1313m, 1203m, 1157m, 1091m, 860m, 758m, 694m, 557m, 491m, cm⁻¹. ¹H NMR (400 MHz, DMSO-d⁶, δ): 8.36 (s, 2H, H-C=N), 7.44 (d, 2H, J = 2.6, H-6), 7.26 (d, 2H, J = 2.6, H-4), 3.56 (br, 4H, =N-CH₂-C), 1.85 (br, 4H, -CH₂-C). Combustion analysis for C₁₆H₁₂Cl₄N₂O₂Zn: Calculated. C 43.46, H 2.84, N 5.63; found C 43.59, H 2.78, N 5.11.

۴-۲- روش بررسی فعالیت ضد باکتریایی

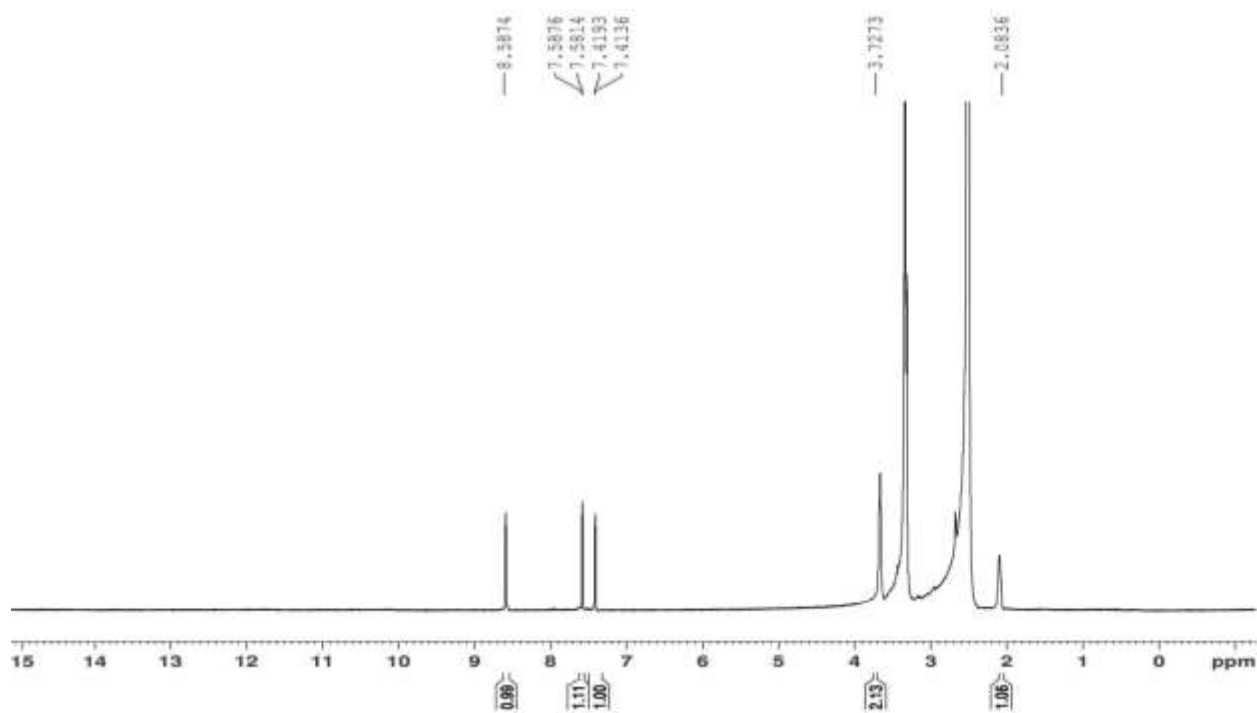
فعالیت ضد باکتریایی کمپلکس‌های سنتز شده با استفاده از سوسپانسیون‌های استاندارد دو باکتری گرم مثبت (*Staphylococcus aureus* PTCC1431 و *Bacillus cereus* PTCC1015) و دو باکتری گرم منفی (*Escherichia coli* PTCC1394 و *Pseudomonas aeruginosa* PTCC1074) و با استفاده از روش spot on the lawn مورد بررسی قرار گرفت. همچنین به منظور مقایسه نتایج، از آمپی‌سیلین (۱۰ میلی‌گرم/دیسک) به عنوان داروی ضد میکروبی استاندارد استفاده گردید. ترکیبات در غلظت ۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر در حلال دی‌متیل سولفوکسید حل شدند و سپس ۲۰ میکرولیتر از محلول هر کدام از ترکیبات بر روی محیط کشت مولر هینتون لکه‌گذاری گردید. دیسک‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه شده و سپس قطر محدوده مهار اندازه‌گیری شد. برای هر کدام از نمونه‌ها آزمایش فعالیت ضد باکتری ۳ بار تکرار و متوسط آنها گزارش گردید.

۳- بحث و نتیجه گیری

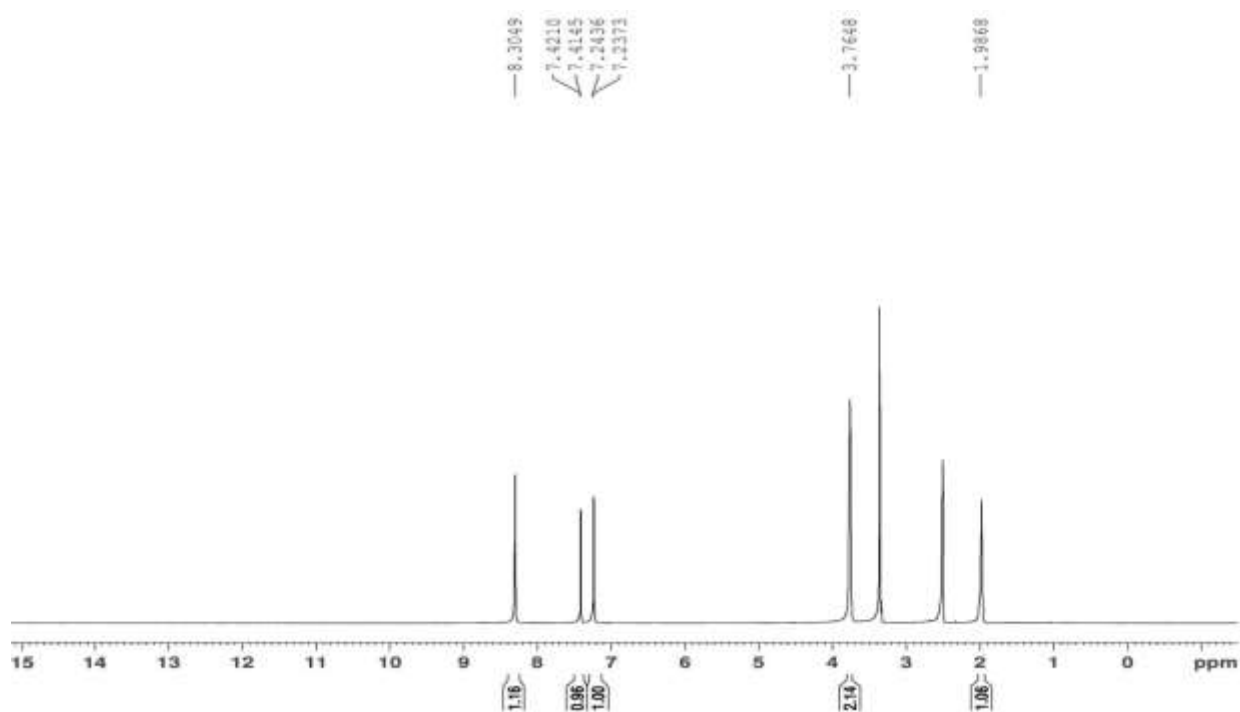
۳-۱- شناسایی کمپلکس‌های تهیه شده

کمپلکس‌های مورد نظر، از واکنش لیگاندهای باز شیف چهاردندانه N_2O_2 با نمک‌های استات فلزات نیکل (II)، مس (II) و روی (II) سنتز و برای شناسایی آنها، روش‌های CHN، FT-IR، 1H NMR مورد استفاده قرار گرفت. همچنین کمپلکس $Zn(cspn)$ به روش پراش اشعه ایکس تعیین ساختار گردید.

از مقایسه بین طیف ارتعاشی هر کمپلکس با لیگاند مورد نظر، نوار مربوط به فرکانس کششی پیوند ایمینی (C=N) در کمپلکس نسبت به لیگاند آزاد به فرکانس‌های پایین‌تر یا بالاتر جابجا شده که این خود تأییدی بر سنتز کمپلکس‌ها و کوئوردینه شدن لیگاند باز شیف به فلز مورد نظر است [۱۷ و ۱۸]. دلیل دیگر برای تشکیل کمپلکس‌ها، ظاهر شدن نوارهای جدید در نواحی cm^{-1} ۴۷۴-۵۱۳ و cm^{-1} ۴۱۰-۴۵۷ است که به ترتیب مربوط به فرکانس‌های کششی $\nu(M-N)$ و $\nu(M-O)$ می‌باشند [۱۹ و ۲۰]. همچنین طیف‌های 1H NMR کمپلکس‌ها با ساختارهای مربوطه هماهنگی کامل دارند و به خوبی ساختار کمپلکس‌ها را تأیید می‌کنند. حذف پیک هیدروژن‌های فنولی در طیف 1H NMR کمپلکس‌های نیکل (II) و روی (II) در مقایسه با طیف لیگاندهای مربوطه بیانگر اتصال لیگاندها به یون‌های فلزی و تشکیل کمپلکس‌های مورد نظر می‌باشد (شکل‌های ۲ و ۳) [۲۰].



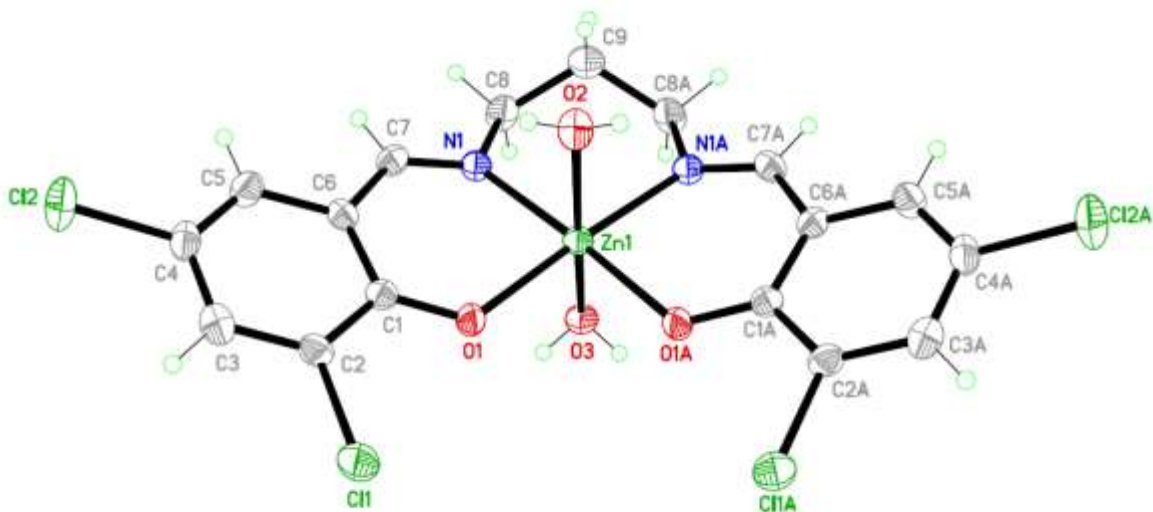
شکل ۲- طیف 1H NMR کمپلکس $Ni(cspn)$ در حلال $DMSO-d_6$



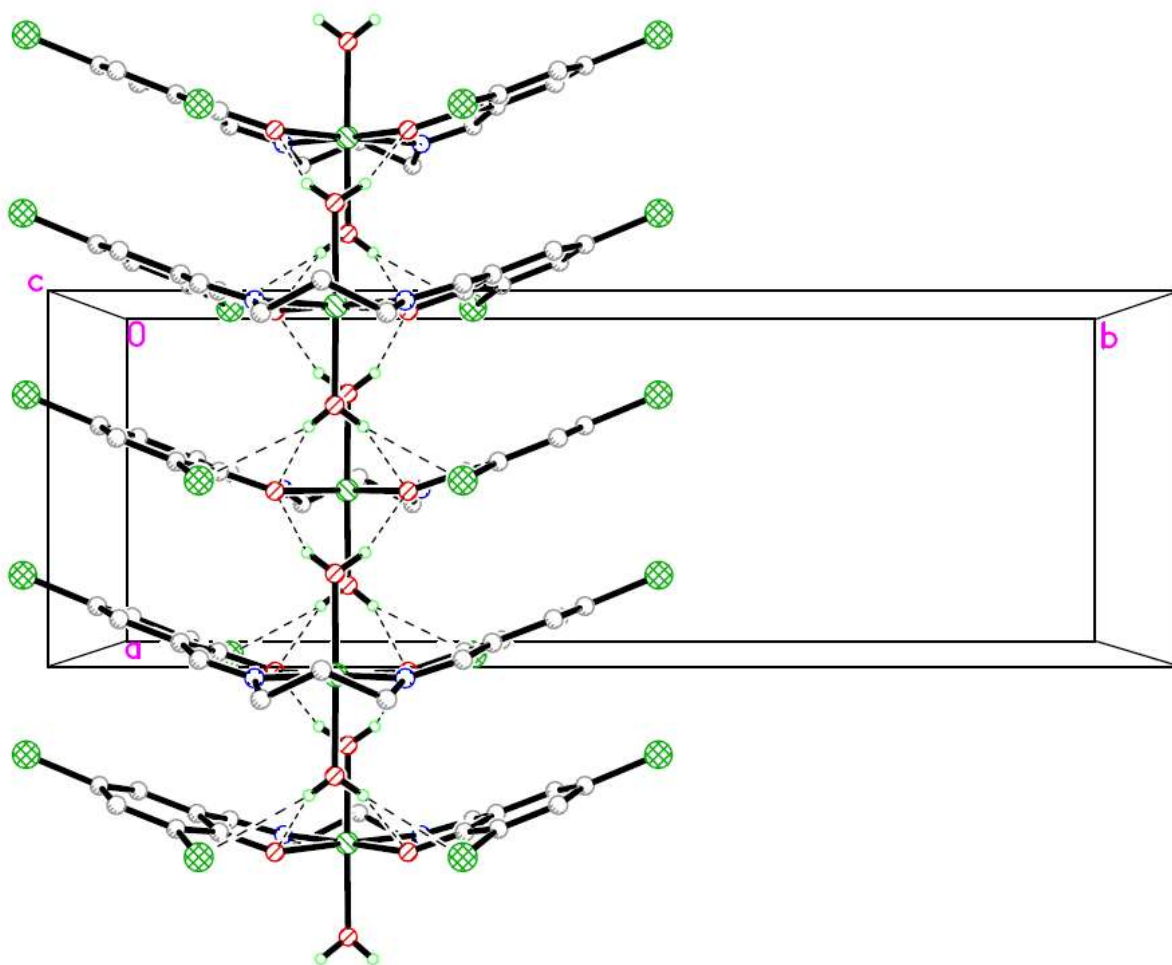
شکل ۳- طیف $^1\text{H NMR}$ کمپلکس Zn(cspn) در حلال $\text{DMSO-}d_6$

۳-۳- نتایج آنالیز پراش پرتو X و تعیین ساختار بلوری کمپلکس Zn(cspn)

ساختار بلوری کمپلکس Zn(cspn) به صورت ORTEP همراه با شماره اتم‌ها در شکل ۴، انباشتگی کمپلکس در سلول واحد در شکل ۵ و طول پیوند و زاوایای پیوندی انتخابی در جدول ۱ آورده شده است. کمپلکس مذکور در سیستم بلوری ارتورومبیک با گروه فضایی $Pnma$ با مقادیر $a = \text{\AA} (14) 89.05/7$ ، $b = \text{\AA} (5) 763/23$ ، $c = \text{\AA} (2) 286/10$ و همچنین $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ متبلور شده است. شکل ظاهری بلور کمپلکس به صورت زرد روشن با ابعاد $0.12 \times 0.14 \times 0.25 \text{ mm}$ و حجم سلول واحد آن برابر با $1928/6 (6) \text{\AA}^3$ است. در هر سلول واحد این بلور، ۴ مولکول از کمپلکس حضور دارد. در کمپلکس مورد نظر، اتم Zn به وسیله اتم‌های نیتروژن ایمینی و اکسیژن‌های فنولی لیگاند باز شیف چهار دندانه و همچنین اکسیژن‌های ۲ مولکول آب، کوئوردینه شده که دارای هندسه هشت‌وجهی تغییر شکل یافته است. اطلاعات بلورشناسی مربوط به حل و پالایش ساختار کمپلکس Zn(cspn) در جدول ۲ آمده است. پیوندهای هیدروژنی برون مولکولی جفتی از نوع $\text{O-H}\cdots\text{O}$ مربوط به مولکول‌های آب کوئوردینه شده به مرکز اتم Zn در کمپلکس باعث تشکیل رشته نامحدود یک بعدی در امتداد لبه a می‌شوند (شکل ۵).



شکل ۴- ORTEP کمپلکس Zn(cspn)



شکل ۵- انباشتگی کمپلکس Zn(cspn)

جدول ۱- طول پیوند و زوایای پیوندی انتخابی کمپلکس Zn(cspn)

طول پیوند	d (Å)	زاویه پیوند	α (°)
Zn(1)-O(1)	2.071(2)	O(1)-Zn(1)-N(1)	87.02(10)
Zn(1)-N(1)	2.102(3)	O(1)A-Zn(1)-N(1)	176.14(10)
Zn(1)-O(1)A	2.071(2)	O(1)A-Zn(1)-O(1)	89.13(13)
Zn(1)-N(1)A	2.102(3)	O(1)-Zn(1)-N(1)A	176.14(10)
Zn(1)-O(3)	2.146(3)	N(1)-Zn(1)-N(1)A	96.84(15)
Zn(1)-O(2)	2.180(3)	O(1)-Zn(1)-O(3)	93.93(9)
O(1)-C(1)	1.309(4)	N(1)-Zn(1)-O(3)	86.52(10)
C(8)-C(9)	1.517(4)	O(1)-Zn(1)-O(2)	93.86(9)
N(1)-C(7)	1.277(4)	N(1)-Zn(1)-O(2)	86.22(9)
N(1)-C(8)	1.460(4)	O(3)-Zn(1)-O(2)	169.06(13)

جدول ۲- داده‌های بلورشناسی کمپلکس Zn(cspn)

Empirical formula	C ₁₇ H ₁₆ Cl ₄ N ₂ O ₄ Zn
Formula mass	519.49
Crystal size [mm]	0.25 × 0.14 × 0.12
Colour	Block, light yellow
Crystal system	Orthorhombic
Space group	<i>P nma</i>
T (k)	291 (2)
θ range for data collection (°)	1.71 ≤ θ ≤ 26
<i>a</i> [Å]	7.8905(14)
<i>b</i> [Å]	23.763 (5)
<i>c</i> [Å]	10.286 (2)
$\alpha = \beta = \gamma$	90
<i>V</i> [Å ³]	1928.6 (6)
<i>Z</i>	4
<i>D</i> _{calc} [Mg/m ³]	1.789
μ [mm ⁻¹]	1.856
<i>F</i> (000)	1048
Index ranges	-8 ≤ <i>h</i> ≤ 9 -29 ≤ <i>k</i> ≤ 28 -9 ≤ <i>l</i> ≤ 12
No. of collected reflns.	6566
No. of indep. reflns./ <i>R</i> _{int}	1863/ 0.056
No. of parameters	133
<i>GOOF</i>	1.042
<i>R</i> 1 (obsd. data)	0.0396
<i>wR</i> 2 (all data)	0.0820
$\Delta\rho_{\max}, \Delta\rho_{\min}$ (eÅ ⁻³)	0.432, -0.378

۴-۳- بررسی فعالیت ضد باکتریایی ترکیبات تهیه شده

در بررسی فعالیت‌های ضد باکتریایی، عوامل مختلفی مانند ساختار ترکیبات، حلال و همچنین باکتری‌های مورد استفاده نقش دارند [۲۱]. بازهای شیف و کمپلکس‌های فلزی آنها دارای فعالیت‌های بیولوژیکی بالا از جمله فعالیت ضد باکتریایی هستند [۲۲ و ۲۳]. فعالیت ضد باکتریایی کمپلکس‌های سنتز شده بر روی ۴ باکتری مختلف (۲ باکتری گرم مثبت و ۲ باکتری گرم منفی) مورد بررسی قرار گرفت و جهت مقایسه نتایج از داروی آمپی‌سیلین به عنوان استاندارد استفاده شد (جدول ۳). نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که فعالیت ضد باکتریایی ترکیبات بر روی باکتری‌های گرم مثبت (*Bacillus cereus* و *Staphylococcus aureus*) نسبت به باکتری‌های گرم منفی (*Pseudomonas aeruginosa* و *Escherichia coli*) بیشتر است. دلیل این موضوع می‌تواند پیچیدگی بیشتر دیواره باکتری‌های گرم منفی نسبت به دیواره باکتری‌های گرم مثبت باشد [۲۴]. همچنین از نتایج جدول می‌توان نتیجه‌گیری نمود که کمپلکس‌ها بیشترین فعالیت ضد باکتریایی خود را بر روی باکتری *Staphylococcus aureus* نشان می‌دهند. قابل ذکر است که حلال DMSO فعالیت ضد باکتریایی قابل توجهی از خود نشان نمی‌دهد [۲۵].

جدول ۳- داده‌های مربوط به فعالیت ضد باکتریایی کمپلکس‌های سنتز شده

Compound	Gram-negative bacteria		Gram-positive bacteria	
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Bacillus cereus</i>
Ni(csen)	13	13	16	13
Cu(csen)	13	12	14	11
Zn(csen)	14	13	15	10
Ni(cspn)	14	13	16	12
Cu(cspn)	11	12	14	11
Zn(cspn)	13	12	18	12
Ni(csbn)	13	12	16	14
Cu(csbn)	12	12	14	12
Zn(csbn)	12	12	15	11
Ampicillin	11	14	27	26
DMSO	-	-	-	-

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، سنتز و شناسایی کمپلکس‌های Ni(II)، Cu(II) و Zn(II) با لیگاندهای باز شیف متقارن سالوفنی از نوع N₂O₂ گزارش شده است. کمپلکس‌های سنتز شده با روش‌های تجزیه عنصری و IR مورد شناسایی قرار گرفت. همچنین ساختار بلوری کمپلکس Zn(cspn) با استفاده از پراش اشعه ایکس نشان داد که اتم Zn به وسیله اتم‌های نیتروژن ایمینی و اکسیژن‌های فنولی لیگاند باز شیف و اکسیژن‌های ۲ مولکول آب، کوئوردینه شده و کمپلکس مربوطه دارای ساختار هشت‌وجهی پیچ‌خورده می‌باشد. بررسی فعالیت

ضد باکتریایی کمپلکس‌ها نشان داد که فعالیت آنها بر روی باکتری‌های گرم مثبت بیشتر از گرم منفی است.

۵- داده‌های بلورشناسی

داده‌های بلورشناسی با شماره CCDC 1824397 ثبت شده است.

۶- تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از حمایت‌های مالی معاونت پژوهشی دانشگاه پیام نور صمیمانه تشکر می‌نمایند.

۷- مراجع

- [1] R. Majid, B. Mehdi, K. Hassan, *J. Of Applied Chemistry*, **46** (1397) 355, in Persian.
- [2] B. Mahdi, E. Saeed, *J. Of Applied Chemistry*, **22** (1391) 31, in Persian.
- [3] J. A. Real, J. Borrás, *Synth. React. Inorg. Met. Chem.* **16** (1986) 13.
- [4] R. Fekri, M. Salehi, A. Asadi, M. Kubick, *Appl. Organomet. Chem.* 2017, e4019.
- [5] L. Shi, H. M. Ge, S. H. Tan, H. Q. Li, Y. C. Song, H. L. Zhu, R. X. Tan, *Eur. J. Med. Chem.* **42** (2007) 558.
- [6] A. Bezaatpour, F. Sheikh-hasani, *J. Appl. Chem.* **10** (2016) 11.
- [7] H. Kargar, *Transition Met. Chem.* **39** (2014) 811.
- [8] G. Romanowski, J. Kira, *Polyhedron* **117** (2016) 352.
- [9] S. M. Shaban, A. Saied, S. M. Tawfik, A. Abd-Elaal, I. Aiad, *J. Ind. Eng. Chem.* **19** (2013) 2004.
- [10] K. Nejati, Z. Rezvani, M. Seyedahmadian, *Dye Pigment.* **83** (2009) 304.
- [11] P. Wang, Z. Hong, Z. Xie, S. Tong, O. Wong, C. S. Lee, N. Wong, L. Hung, S. Lee, *Chem. Commun.* (2003) 1664.
- [12] A. Sahraei, H. Kargar, M. Hakimi, M. N. Tahir, *J. Mol. Struct.* **1149** (2017) 576.
- [13] A. Sahraei, H. Kargar, M. Hakimi, M. N. Tahir, *Transition Met. Chem.* **42** (2017) 483.
- [14] W. Bruker AXS programs: SMART, version 5.626; SAINT, version 6.45; SADABS, version 2.10; XPREP, version 6.14. Bruker AXS Inc.: Madison, (2003).
- [15] G. M. Sheldrick, *Acta Crystallogr A* **64** (2008) 112.
- [16] A. Adabi Ardakani, H. Kargar, N. Feizi, M. N. Tahir, *J. Iran. Chem. Soc.* <https://doi.org/10.1007/s13738-018-1347-6>
- [17] K. R. Krishnapriya, M. Kandaswamy, *Polyhedron* **24** (2005) 113.
- [18] T. Akitsu, Y. Einaga, *Polyhedron* **24** (2005) 2933.
- [19] Y. Cui, X. Dong, Y. Li, Z. Li, W. Chen, *Eur. J. Med. Chem.* **58** (2012) 323.
- [20] M. Galini, M. Salehi, M. Kubicki, A. Amiri, A. Khaleghian, *Inorg. Chim. Acta* **461** (2017) 167.

-
- [21] M. El-Behery, H. El-Twigry, *Spectrochim. Acta, Part A* **66** (2007) 28.
- [22] G. G. Mohamed, M. M. Omar, A. A. Ibrahim, *Eur. J. Med. Chem.* **44** (2009) 4801.
- [23] S. P. Xu, H. L. Zhu, *J. Coord. Chem.* **63** (2010) 3291.
- [24] G. Kumar, D. Kumar, S. Devi, R. Johari, C. P. Singh, *Eur. J. Med. Chem.* **45** (2010) 3056.
- [25] M. Hasanzadeh, M. Salehi, M. Kubicki, S. M. Shahcheragh, G. Dutkiewicz, M. Pyziak, A. Khaleghian, *Transition Met. Chem.* **39** (2014) 623.

