

***N*-benzotiyazol-2-il-benzamit ile 2,6-Piridindikarboksilik Asit İçeren Tuz Ve Metal Komplekslerinin Sentezi ve Karakterizasyonu**

Halil İLKİMEN¹, Cengiz YENİKAYA¹

¹Kimya Bölümü, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye

✉: halil.ilkimen@dpu.edu.tr  [0000-0003-1747-159X](https://orcid.org/0000-0003-1747-159X)  [0000-0002-5867-9146](https://orcid.org/0000-0002-5867-9146)

Geliş (Received): 18.06.2025

Düzeltilme (Revision): 03.09.2025

Kabul (Accepted): 23.09.2025

ÖZ

Bu çalışmada *N*-benzotiyazol-2-il-benzamit (HL) ile 2,6-piridindikarboksilik asitin (H₂dpc) tuzu {(H₂L)(Hdpc), **1**} ve tuzun Fe(III) {(H₂L)[Fe(dpc)₂].3H₂O, **2**}, Co(II) {(H₂L)₂[Co(dpc)₂].2H₂O, **3**}, Ni(II) {(H₂L)₂[Ni(dpc)₂].4H₂O, **4**} ve Cu(II) {(H₂L)₂[Cu(dpc)₂].4H₂O, **5**} kompleksleri sentezlenmiştir. Sentezlenen bileşiklerin yapıları, AAS, elementel analiz, IR, UV, molar iletkenlik ve manyetik duyarlılık metotları ile aydınlatılmıştır. Kullanılan spektroskopik analiz metotlarına göre elde edilen tuzun asit:baz oranı 1:1 iken komplekslerde metal:asit:baz oranları **2** için 1:1, **3-5** için 2:1 olarak bulunmuştur. Tüm metal komplekslerin analiz sonuçları, yük denkliği ve daha önceki çalışmalar sonucunda oktahedral yapıya sahip olduğu öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *N*-benzotiazol-2-il-benzamit, metal kompleks, 2,6-piridindikarboksilik asit, proton transfer tuzu

Synthesis and Characterization of Salts and Metal Complexes Containing *N*-Benzothiazol-2-yl-benzamide and 2,6-Pyridinedicarboxylic Acid

ABSTRACT

In this study, *N*-benzothiazol-2-yl-benzamide (HL) and 2,6-pyridinedicarboxylic acid (H₂dpc) salt {(H₂L)(Hdpc), **1**} and its Fe(III) {(H₂L)[Fe(dpc)₂].3H₂O, **2**}, Co(II) {(H₂L)₂[Co(dpc)₂].2H₂O, **3**}, Ni(II) {(H₂L)₂[Ni(dpc)₂].4H₂O, **4**} ve Cu(II) {(H₂L)₂[Cu(dpc)₂].4H₂O, **5**} complexes were synthesized. The structures of the synthesized compounds were elucidated by AAS, elemental analysis, IR, UV, molar conductivity, and magnetic susceptibility methods. According to the spectroscopic analysis methods used, the acid:base ratio of the obtained for **1** was 1:1, while the metal:acid:base ratios in the complexes were found to be 1:1 for **2** and 2:1 for **3-5**. It is predicted that all metal complexes have an octahedral structure based on analysis results, charge balance, and previous studies.

Keywords: *N*-benzothiazol-2-yl-benzamide, metal complex, 2,6-pyridinedicarboxylic acid, proton transfer salt

GİRİŞ

2-Aminobenzotiyazol türevi ile benzoil klorür türevinden elde edilen *N*-(benzotiyazol-2-il)benzamit türevleri çeşitli farmakolojik aktivitelere sahip ilaç molekülü sınıflarının araştırılmasında temel bir yapı taşı olarak kabul edilir [1-4]. *N*-(benzotiyazol-2-il)benzamit türevleri antifungal [5], antibakteriyel [6-11], antioksidan [3,4,12], antikanser [13,14], anti-Zika virüsü [15], antitüberküloz [16,17], antiviral [18,19], antiinflamatuvar [20], antiHIV [21], enzim inhibitörü [22] ve antitümör [4,23-25] aktivitelere sahiptir. *N*-(benzotiyazol-2-il)benzamit türevleri literatürde bol miktarda sentezlenirken [1-26], diğer organik veya inorganik asitler ile yapılan proton transfer tuzu çalışmalarına rastlanmamıştır. Angulo-Cornejo ve arkadaşları Cu(II), Zn(II) [27], *N*-(benzotiyazol-2-il)benzamit (HL)'in Cu(II) {[Cu(L)₂]} ve Zn(II) {[Zn(L)₂]} komplekslerini

sentezleyip XPS, NMR ve FAB kütle spektroskopisi ile aydınlatmışlardır. Irzoqi ve arkadaşları [28], *N*-(benzotiyazol-2-il)benzamit (HL) ile 1,2-bis(difenilfosfino)etan (dppe)'in karışık ligandlı Pd(II) {[Pd(HL)(dppe)]Cl₂, [Pd(L)(dppe)]Cl, [Pd(L)₂(dppe)]} komplekslerini sentezleyip IR, ¹H, ¹³C, ³¹P NMR ve molar iletkenlik ölçümleri ile açıklamışlardır. Shadap ve arkadaşları [7], *N*-(benzotiyazol-2-il)benzamit (HL) ile siklopentadienil (Cp) ve 4-izopropiltolüen (*p*-simen) {[(aren)M(HL)Cl₂] ve [(aren)M(HL)(N₃)₂], M = Ru, Rh, Ir, aren = Cp*, *p*-simen} komplekslerini sentezleyip tek kristal, IR, NMR, UV ve elementel analiz ile açıklamışlardır. Zheng ve arkadaşları [29], *N*-(benzotiyazol-2-il)-4-metoksibenzamit, *N*-(benzotiyazol-2-il)-4-(difenilamino)benzamit ve *N*-(benzotiyazol-2-il)-4-(dimetilamino)benzamit'in BF₂, IR, NMR, UV, tek kristal ve kütle spektroskopisi ile aydınlatmışlardır.

Bu çalışmada, *N*-benzotiyazol-2-il-benzamit (HL) ile 2,6-piridindikarboksilik asitin (H_2dpc) tuzu (**1**) ve tuzun Fe(III), Co(II), Ni(II) ve Cu(II) kompleksleri (**2-5**) sentezlenmiştir. Sentezlenen bileşiklerin yapıları, AAS, elementel analiz, IR, UV, molar iletkenlik ve manyetik duyarlılık metotları ile aydınlatılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Kimyasal maddeler Merck firmasından alınmıştır. Metal iyonlarının yüzde tayini için Perkin Elmer PinAAcle 900T marka Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi, element yüzde tayini Elementar Vario III EL marka elementel analiz cihazı, hidrojen ve karbonların kimyasal kayma analizi için Agilent Premium Compact NMR cihazı, bağların gerilme ve titreşim analizleri için Bruker Optics Vertex 70 cihazı, molar iletkenlik analizi için WTW Cond 315i/SET cihazı ve manyetik sonuçları için Sherwood Scientific Magway MSB MK1 cihazı kullanılmıştır.

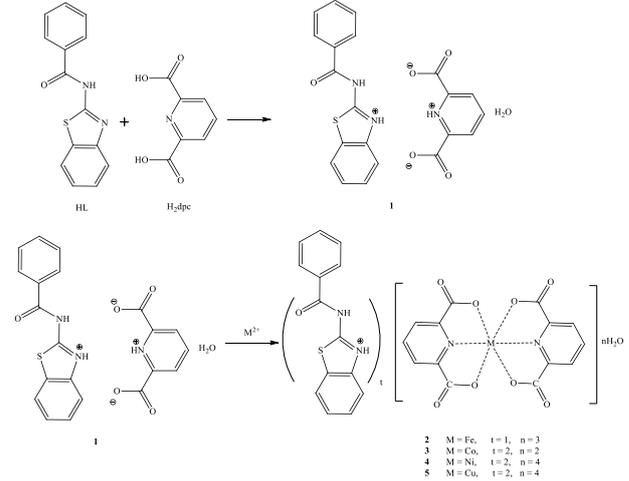
1 Tuzunun Sentezi

10 mmol (2,5431 g) HL 50 mL saf etanolde çözüldü. Aynı bir kaptaki 10 mmol (1,6712 g) H_2dpc 50 mL saf etanolde çözüldü. HL çözeltisi H_2dpc çözeltisinin üzerine damla damla ilave edildi. Yaklaşık bir günlük karışma işleminden sonra çöken beyaz katı (**1**, 1,8676 g, 85% verim) süzülür ve kurutuldu (Şekil 1).

2-5 Komplekslerinin Sentezi

1 mmol (0,4354 g) tuz (**1**) 30 mL su:etanol (1:1)'de çözüldü. Aynı bir kaptaki 1 mmol metal (II) tuzu çözeltisi {**2** için 0,278 g $FeSO_4 \cdot 7H_2O$; **3** için 0,249 g $Co(OAc)_2 \cdot 4H_2O$; **4** için 0,248 $Ni(OAc)_2 \cdot 4H_2O$ ve **5** için

0,200 $Cu(OAc)_2 \cdot H_2O$ } 30 mL su:etanol (1:1)'de çözüldü. Metal tuzu çözeltisi tuz çözeltisinin üzerine damla damla ilave edildi. Beş gün oda koşullarında karıştırma işleminden sonra kristallenmeye bırakıldı. Reaksiyon ortamlarında çöken sarı toz katı (**2**, 0,2086 g, %60 verim), pembe toz katı (**3**, 0,2573 g, %55 verim), yeşil toz katı (**4**, 0,2928 g, %60 verim) ve turkuaz toz katı (**5**, 0,2929 g, %60 verim) süzülür ve kurutuldu (Şekil 1).



Şekil 1. 1-5 Bileşiklerin sentezi.

TARTIŞMA

Element analizi ve AAS sonuçları

1-5 için element analizi ve **2-5** için AAS sonuçlarına göre, **1** için HL: H_2dpc oranı 1:1 iken ve **2-5** kompleksleri için metal:HL: H_2dpc oranları **2** için 1:1:2 ve **3-5** için ise 1:2:2 olarak gözlemlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Elementel analiz and AAS Sonuçları

Bileşik	Kapalı Formülü	Elementel Analiz				AAS	
		%Deneyisel (Teorik)				M	M
		C	H	N	S		
1	$C_{21}H_{17}N_3O_6S$	57,35(57,40)	4,00(3,90)	9,60(9,56)	7,35(7,30)	-	
2	$C_{28}H_{23}FeN_4O_{12}S$	48,30(48,36)	3,35(3,33)	8,00(8,06)	4,65(4,61)	8,00(8,03)	8,05(8,03)
3	$C_{42}H_{32}CoN_6O_{12}S_2$	53,85(53,91)	3,50(3,45)	9,00(8,98)	6,85(6,80)	6,30(6,30)	6,28(6,30)
4	$C_{42}H_{36}NiN_6O_{14}S_2$	52,00(51,92)	3,70(3,73)	8,70(8,65)	6,65(6,60)	6,00(6,04)	6,05(6,04)
5	$C_{42}H_{36}CuN_6O_{14}S_2$	51,65(51,66)	3,70(3,72)	8,60(8,61)	6,50(6,57)	6,50(6,51)	6,55(6,51)

1 Tuzunun NMR sonuçları

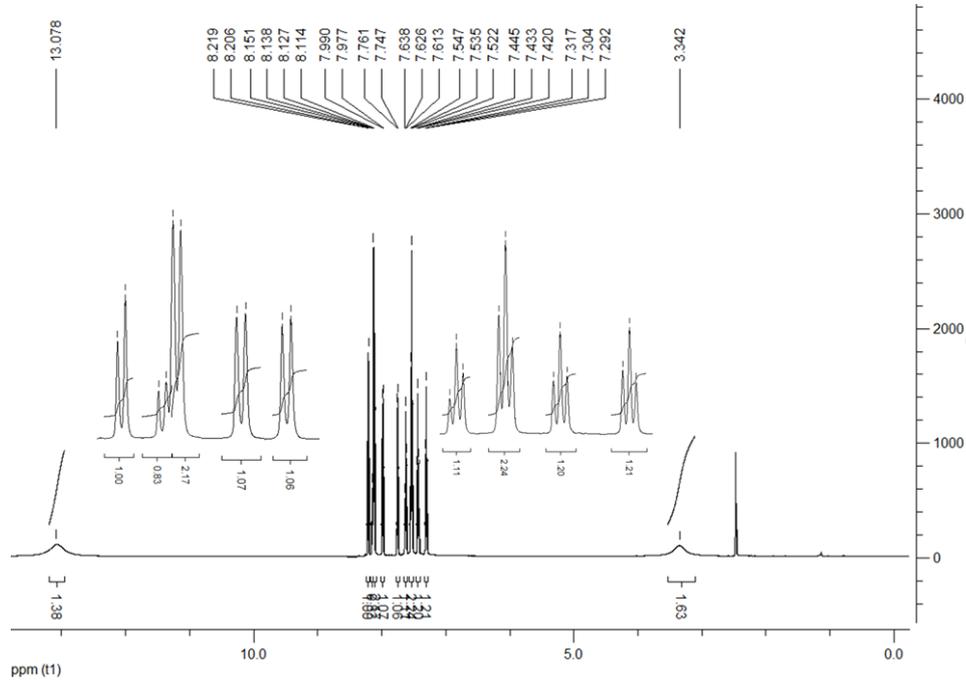
Sentezlenen **1** proton transfer tuzunun DMSO- d_6 içerisinde alınan 1H ve ^{13}C -NMR spektrum değerleri Tablo 2'te ve spektrumları Şekil 2 ve 3'te verilmiştir.

1 Bileşiğinin 1H -NMR spektrumunda (Tablo 2, Şekil 3); $Hdpc$ grubundan kaynaklanan protonlar 8,21 ppm'de 2H'luk ikili (H^4 ve H^4' , $^3J_{H^4/H^4'-H^5} = 7,74$ Hz) ve 8,14 ppm'de 1H'luk ikili (H^5 , $^3J_{H^5-H^4/H^4'} = 7,62$ Hz) pikler olarak gözlemlenmiştir. HL grubundan kaynaklanan protonlar 7,98 ppm'de 1H'luk ikili (H^{10} , $^3J_{H^{11}-H^{12}} = 7,87$ Hz), 7,43 ppm'de 1H'luk ikili (H^{12} , $^3J_{H^{12}-H^{11}/H^{13}} = 7,60$ Hz), 7,75 ppm'de 1H'luk ikili (H^{13} , $^3J_{H^{13}-H^{12}} = 8,04$ Hz), 8,13 ppm'de 2H'luk üçlü (H^{19} , $H^{19'}$, $^3J_{H^{20}/H^{20'}-H^{21}} = 7,21$ Hz), 7,54 ppm'de 2H'luk üçlü (H^{20} , $H^{20'}$, $^3J_{H^{20}/H^{20'}-H^{21}} =$

7,61 Hz), 7,30 ppm'de 1H'luk üçlü (H^{21} , $^3J_{H^{21}-H^{20}/H^{20'}} = 7,53$ Hz), 7,62 ppm'de 1H'luk üçlü (H^{11} , $^3J_{H^{11}-H^{10}/H^{12}} = 7,35$ Hz) ve 13,08 ppm'de 1H'luk tekli (H^{17}) olarak gözlemlenmiştir. Yapıda bulunan bir mol su 3,34 ppm'de 2H'luk tekli (H^{22}) pik olarak gözlemlenmiştir. **1** Bileşiğinin yapısında bulunan H^6 ve H^9 protonları NMR spektrumunda gözlemlenmemiştir. Bu piklerin varlığı IR spektrumlarında 2500-2700 cm^{-1} aralığında zayıf pik olarak gözlemlenmektedir (Şekil 4).

1 Proton transfer tuzunun ^{13}C -NMR spektrumunda (Tablo 2, Şekil 3); $Hdpc$ grubuna ait karbon pikleri 166,964 (C^2 , C^2'), 148,651 (C^3 , C^3'), 139,633 (C^4 , C^4'), 127,917 (C^5) ppm'de, HL grubuna ait karbon pikleri

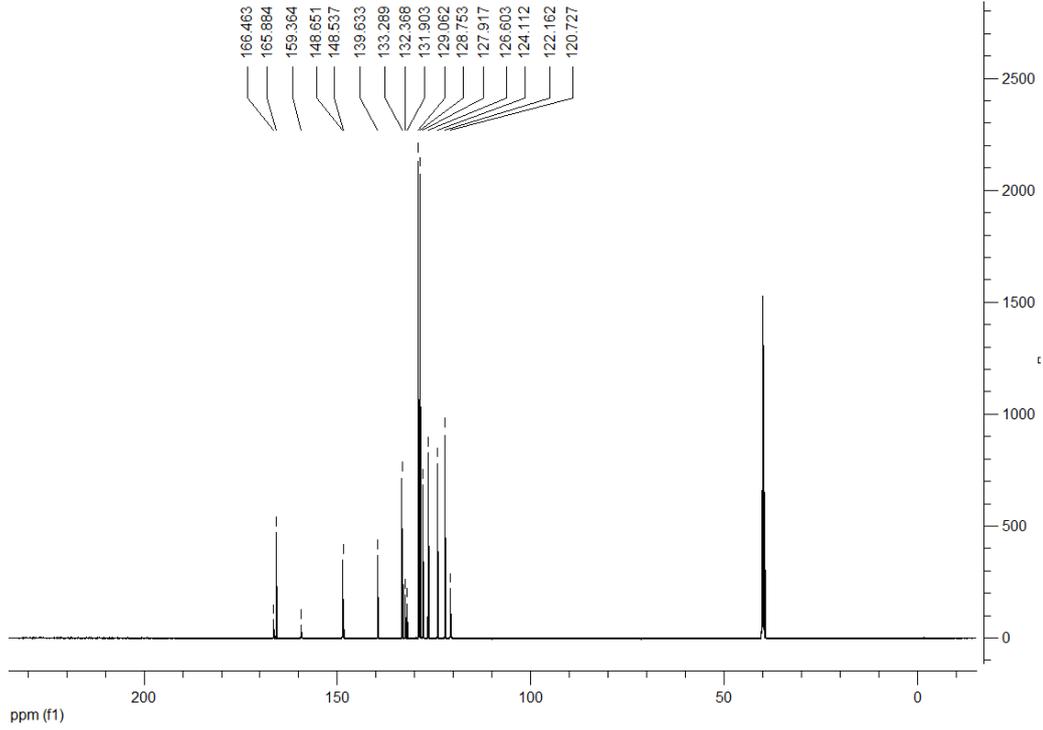
166,463 (C⁸), 159,364 (C¹⁰), 131,903 (C¹¹), 126,603 (C¹²), 128,753 (C¹³), 133,289 (C¹⁴), 148,448 (C¹⁵), 165,884 (C¹⁷), 132,368 (C¹⁸), 124,112 (C¹⁹, C^{19'}), 122,162 (C²⁰, C^{20'}) ve 120,727 (C²¹) ppm'de gözlenmiştir.



Şekil 2. 1 tuzunun ¹H-NMR Spektrumu

Tablo 2. 1 Tuzunun NMR spektrumlarının kimyasal kayma değerleri δ(ppm)

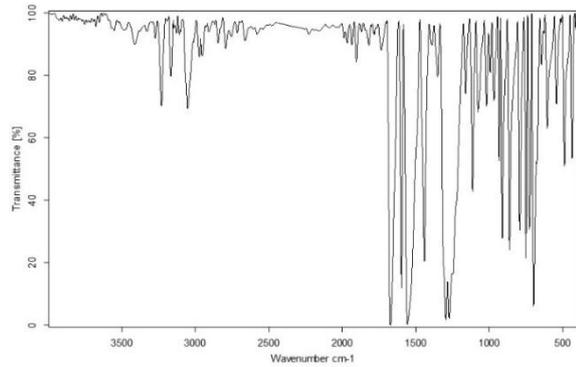
¹ H NMR		¹³ C NMR	
H ⁴ , H ^{4'}	8,21 (2H, i) [³ J _{H4/H4'-H5} = 7,74 Hz]	C ² , C ^{2'}	165,964
H ⁵	8,14 (1H, ü) [³ J _{H5-H4/H4'} = 7,62 Hz]	C ³ , C ^{3'}	148,651
H ⁶	-	C ⁴ , C ^{4'}	139,633
H ⁹	-	C ⁵	127,917
H ¹⁰	7,98 (1H, i) [³ J _{H11-H12} = 7,87 Hz]	C ⁸	166,463
H ¹¹	7,62 (1H, ü) [³ J _{H11-H10/H12} = 7,35 Hz]	C ¹⁰	159,364
H ¹²	7,43 (1H, i) [³ J _{H12-H11/H13} = 7,60 Hz]	C ¹¹	131,903
H ¹³	7,75 (1H, i) [³ J _{H13-H12} = 8,04 Hz]	C ¹²	126,603
H ¹⁶	13,08 (1H, t)	C ¹³	128,753
H ¹⁹ , H ^{19'}	8,13 (2H, ü) [³ J _{H20/H20'-H21} = 7,21 Hz]	C ¹⁴	133,289
H ²⁰ , H ^{20'}	7,54 (2H, ü) [³ J _{H20/H20'-H21} = 7,61 Hz]	C ¹⁵	148,448
H ²¹	7,30 (1H, ü) [³ J _{H21-H20/H20'} = 7,53 Hz]	C ¹⁷	165,884
H ²²	3,34 (2H, t)	C ¹⁸	132,368
		C ¹⁹ , C ^{19'}	124,112
		C ²⁰ , C ^{20'}	122,162
		C ²¹	120,727



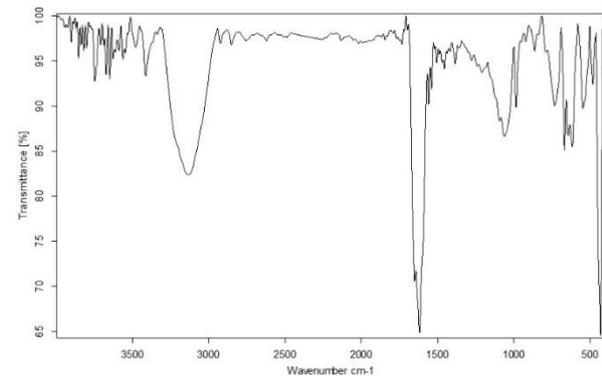
Şekil 3. 1 tuzunun ¹³C-NMR Spektrumu

IR sonuçları

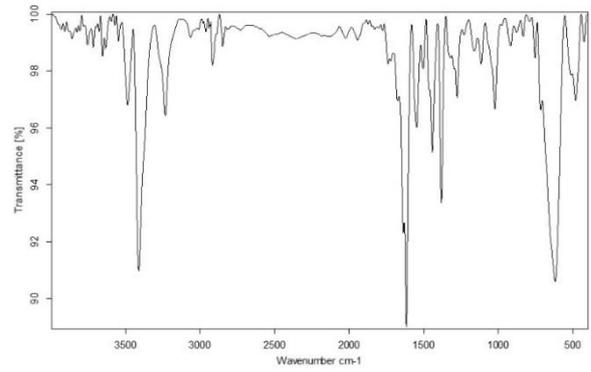
Deneyde kullanılan ve sentezlenen tüm maddelerin IR dataları Tablo 3'te ve 1-5 bileşiklerinin spektrumları Şekiller 4-8'de verilmiştir.



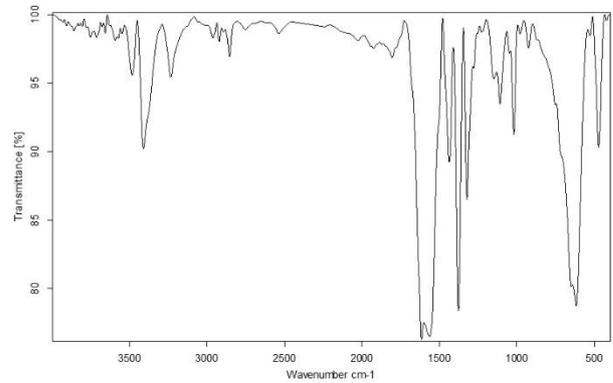
Şekil 4. 1 Bileşiğinin IR spektrumu



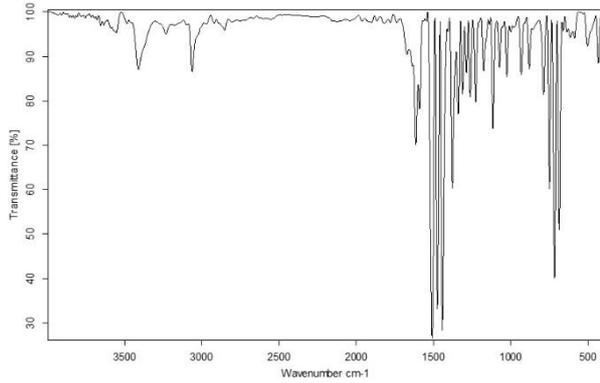
Şekil 5. 2 Bileşiğinin IR spektrumu



Şekil 6. 3 Bileşiğinin IR spektrumu



Şekil 7. 4 Bileşiğinin IR spektrumu



Şekil 8. 5 Bileşiğinin IR spektrumu

$\nu(\text{N-H})$ gerilme titreşimleri H_2dpc için 2900 cm^{-1} 'de gözlenirken **1-5** bileşikleri için $3410\text{-}3484 \text{ cm}^{-1}$ aralığında gözlenmiştir. $\nu(\text{N-H})$ gerilme titreşimleri HL için 3232 cm^{-1} , **1** için 3231 cm^{-1} , **2** için 3133 cm^{-1} , **3** için 3234 cm^{-1} , **4** için 3234 cm^{-1} ve **5** için 3233 cm^{-1} 'de

gözlenmiştir. Karboksil simetrik ve asimetrik $\nu(\text{C=O})$ gerilme titreşimleri H_2dpc için 1693 ve 1455 cm^{-1} 'de, **1** nolu kompleksinde 1673 ve 1442 cm^{-1} , **2** nolu kompleksinde 1652 ve 1457 cm^{-1} , **3** nolu kompleksinde 1638 ve 1443 cm^{-1} , **4** nolu kompleksinde 1668 ve 1437 cm^{-1} ve **5** nolu kompleksinde 1672 ve 1444 cm^{-1} 'de gözlenmiştir. Bu değerler arasındaki dalga sayısı farkları (**2-5** için sırasıyla 195, 195, 231 ve 228) asit bileşiğinin karboksil grupların metal iyonlarına tek dişli bağlandığını göstermektedir [30] olarak gözlenmiştir. Tüm bileşiklerin aromatik $\nu(\text{C-H})$ gerilmeleri $3064\text{-}3123 \text{ cm}^{-1}$, $\nu(\text{N}^+\text{-H})$ gerilmeleri (HL, H_2dpc , **1** hariç) $2532\text{-}2806 \text{ cm}^{-1}$, amit $\nu(\text{C=O})$ gerilmeleri (H_2dpc hariç) $1615\text{-}1677 \text{ cm}^{-1}$, $\nu(\text{C=C})/\nu(\text{C=N})$ gerilmeleri $1404\text{-}1638 \text{ cm}^{-1}$, $\nu(\text{C-O})$ gerilmeleri (HL hariç) $1032\text{-}1385 \text{ cm}^{-1}$, piridin halkası gerilmeleri (HL hariç) $734\text{-}788 \text{ cm}^{-1}$, $\nu(\text{M-O})$ gerilmeleri (HL, H_2dpc , **1** hariç) $618\text{-}668 \text{ cm}^{-1}$ ve $\nu(\text{M-O})$ gerilmeleri (HL, H_2dpc , **1** hariç) $473\text{-}504 \text{ cm}^{-1}$ aralığında gözlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Tüm bileşiklerin IR bantları (cm^{-1}).

	HL	H_2dpc	1	2	3	4	5
$\nu(\text{OH})$	-	2900(y)	3484(y)	3414(y)	3414(y)	3410(y)	3411(y)
$\nu(\text{NH})$	3232(oş)	-	3231(oş)	3133(oş)	3234(oş)	3234(oş)	3233(oş)
$\nu(\text{CH})_{\text{Ar}}$	3123(z)	3067(z)	3098(z)	3090(z)	3064(z)	3100(z)	3064(z)
$\nu(\text{N}^+\text{-H})$	-	-	-	2755(z)	2729(z)	2753(z)	2806(z)
				2622(z)	2532(z)	2537(z)	1554(z)
$\nu(\text{C=O})_{\text{asit}}$	-	1693(ş)	1673(ş)	1652(ş)	1638(ş)	1668(ş)	1672(ş)
		1455(ş)	1442(ş)	1457(ş)	1443(ş)	1437(ş)	1444(ş)
$\nu(\text{C=O})_{\text{amit}}$	1677(ş)	-	1650(ş)	1619(ş)	1617(ş)	1616(ş)	1615(ş)
$\nu(\text{C=N})$	1600(ş)	1638(ş)	1598(ş)	1559(ş)	1548(ş)	1564(ş)	1592(ş)
$\nu(\text{C=C})$	1554(ş)	1573(ş)	1558(ş)	1541(ş)	1505(ş)	1505(ş)	1510(ş)
		1518(ş)	1517(ş)	1503(ş)	1506(ş)	1464(ş)	1476(ş)
		1443(ş)	1455(ş)	1442(ş)			1407(ş)
		1404(ş)	1411(ş)				
$\nu(\text{C-O})$	-	1329(ş)	1351(ş)	1385(ş)	1383(ş)	1379(ş)	1379(ş)
		1297(ş)	1296(ş)	1241(ş)	1277(ş)	1279(ş)	1288(ş)
		1080(ş)	1077(ş)	1062(ş)	1115(ş)	1110(ş)	1116(ş)
$\nu(\text{py})$		749(ş)	751(ş)	734(ş)	755(ş)	752(ş)	788(ş)
$\nu(\text{M-O})$	-	-	-	668(z)	619(z)	618(z)	626(z)
$\nu(\text{M-N})$	-	-	-	483(z)	483(z)	473(z)	504(z)

Manyetik duyarlılık sonuçları

Komplekslerin (**2-5**) deneysel ve teorik manyetik duyarlılık sonuçları **2** için 5,85 (5,91) BM, **3** için 3,80 (3,87) BM, **4** için 2,80 (2,83) BM ve **5** için 1,65 (1,73) BM olarak bulunmuş ve metal atomlarında sırasıyla 5 (d^5), 3 (d^7), 2 (d^8) ve 1 (d^{10}) eşleşmemiş elektron bulunduğu gözlenmiştir. 2 Kompleksinin metal iyonu reaksiyon ortamında Fe(II) (d^6)'den Fe(III) (d^5)'e yükselttiği, diğer metal iyonlarının değişmediği gözlenmiştir. Bu manyetik sonuçlar, oktahedral olan Fe(III) , Co(II) , Ni(II) ve Cu(II) kompleksleri için beklenen aralıktadır [31].

Molar iletkenlik sonuçları

2-5 Komplekslerinin DMSO'da (10^{-3} M) alınan iletkenlik ölçümleri sırasıyla 47,40, 68,20, 70.10 ve 70.20 $\mu\text{S/cm}$ olarak gözlenmiştir. Bu iletkenlik değerlerine göre **2**

bileşiği 1:1 iyonik iken **3-5** bileşikleri 2:1 iyonik olduğu gözlenmektedir [32].

SONUÇLAR

Bu çalışmada *N*-benzotiyazol-2-il-benzamit ile 2,6-piridindikarboksilik asitin tuzu ve tuzun Fe(III) , Co(II) , Ni(II) ve Cu(II) kompleksleri sentezlenmiştir. Sentezlenen bileşiklerin yapıları, çeşitli analiz metotları ile önerilmiştir. Tüm metal komplekslerin analiz sonuçları, yük denkliği ve daha önceki çalışmalar sonucunda oktahedral yapıya sahip olduğu öngörülmektedir. *N*-benzotiyazol-2-il-benzamit türevlerinin antifungal, antibakteriyel, antioksidan, antikanser, anti-Zika virüsü, antitüberküloz, antiviral, antiinflamatuvar, antiHIV, enzim inhibitörü ve antitümör gibi biyolojik aktivitelere sahip olduğu bilinmektedir. Bu

bileşiklerin biyolojik aktivite çalışmalarının ileride yapılması düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Ali R., Siddiqui N. Biological Aspects of Emerging Benzothiazoles: A Short Review. Academic Editor: Gabriel Navarrete-Vazquez, Kaustubha Mohanty, Indian Institute of Technology Guwahati, India, 2013.
- [2] Yadav P.S., Senthilkumar G.P. Benzothiazole: different methods of synthesis and diverse biological activities. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research, 3, 1-7, 2011.
- [3] Achaiah G., Goud N.S., Kumar K.P., Mayuri P. Review on 2-substituted benzothiazoles: diversity of synthetic methods and biological activities. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research, 7(4), 1375-1382, 2016.
- [4] Yadav R., Meena D., Singh K., Tyagi R., Yadav Y., Sagar R., Recent advances in the synthesis of new benzothiazole based anti-tubercular compounds. RSC Advances, 13, 21890-21925, 2023.
- [5] Singh M., Verma H., Bhandu P., Kumar M., Narendra G., Choudhary S., Singh P.K., Silakari O. Network analysis guided designing of multi-targeted anti-fungal agents: synthesis and biological evaluation. Journal of Molecular Structure, 1272, 134128, 2023.
- [6] Sharma N., Srivastava N., Kaushal A., Das B., Vashistha A., Kumar L., Kumar R., Yadav A.K. Synthesis, in silico study and biological evaluation of N-(benzothiazol/thiazol-2-yl)benzamide derivatives as quorum sensing inhibitors against pseudomonas aeruginosa. Chemistry & Biodiversity, 20(9), e202300647, 2023.
- [7] Shadap L., Agarwal N., Chetry V., Poluri K.M., Kaminsky W., Kollipara M.R. Arene ruthenium, rhodium and iridium complexes containing benzamide derivative ligands: Study of interesting bonding modes, antibacterial, antioxidant and DNA binding studies. Journal of Organometallic Chemistry, 937, 121731, 2021.
- [8] Al-Farraj E.S., Fetoh A. Synthesis of new Fe(III), Co(II), and Cr(III) complexes of N-(benzo[d]thiazol-2-yl)carbamothioylbenzamide (H₂L₂): Structural characterization and biological activities. Applied Organometallic Chemistry, 37(11), e7248, 2023.
- [9] Bonnett S., Jee J., Chettiar S., Ovechkina Y., Korkegian A., Greve E., Odingo J., Parish T. Identification of 2-amino benzothiazoles with bactericidal activity against Mycobacterium tuberculosis. Microbiology Spectrum, 11(1), 1-17, 2023.
- [10] Muhammed Aziz D., Hassan S.A., Amin A.A.M., Abdullah M.N., Qurbani K., Aziz S.B. A synergistic investigation of azo-thiazole derivatives incorporating thiazole moieties: a comprehensive exploration of their synthesis, characterization, computational insights, solvatochromism and multimodal biological activity assessment. RSC Advances, 13(49), 34534-34555, 2023.
- [11] Gurram S.R., Azam M.A. Design, synthesis and biological evaluation of some novel N'-(1,3-benzothiazol-2-yl)-arylamide derivatives as antibacterial agents. Chemical Papers, 75(10), 5435-5452, 2021.
- [12] Sovic I., Cindric M., Perin N., Bocek I., Novakovic I., Damjanovic A., Stanojkovic T., Zlatovic M., Hranjec M., Bertosa B. Biological potential of novel methoxy and hydroxy substituted heteroaromatic amides designed as promising antioxidative agents: synthesis, 3D-QSAR analysis, and biological activity. Chemical Research in Toxicology, 32(9), 1880-1892, 2019.
- [13] Wang X., Zhao M., Chang Y., Guan S., Li M., Yang H., Sun M. Identification of novel benzothiazole derivatives as inhibitors of NEDDylation pathway to inhibit the progression of gastric cancer. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters, 100, 129647, 2024.
- [14] Wei Y., Zhang M., Lyu Z., Yang G., Tian T., Ding M., Zeng X., Xu F., Wang P., Li F., Liu Y., Cao Z., Lu J., Hong X., Wang H. Benzothiazole amides as TRPC3/6 Inhibitors for gastric cancer treatment. ACS Omega, 6(13), 9196-9203, 2021.
- [15] Dias R.F.C., Ribeiro B.M.R.M., Cassani N.M., Farago D.N., Antonucci G.A., de Oliveira Rocha R.E., de Oliveira Souza F., Pilau E.J., Jardim A.C.G., Ferreira R.S., Júnior C.O.R. Discovery and structural optimization of a new series of N-acyl-2-aminobenzothiazole as inhibitors of Zika virus. Bioorganic & Medicinal Chemistry, 95(15), 117488, 2023.
- [16] Substituted benzo-1,3-hetero-azoles useful in treatment of tuberculosis and their preparation. Assignee: Institute of Medicinal Biotechnology, Chinese Academy of Medical Sciences China, CN103772376 A 2014-05-07
- [17] Waisser K., Kunes J., Odlerova Z. Antituberculotics. Part LIX. Correlation of structural parameters with antituberculous activity in a group of 2-benzamidobenzothiazoles. Collection of Czechoslovak Chemical Communications, 56(12), 2978-2985
- [18] Leal E.S., Aucar M.G., Gebhard L.G., Iglesias N.G., Pascual M.J., Casal J.J., Gamarnik A.V., Cavasotto C.N., Bollini M. Discovery of novel dengue virus entry inhibitors via a structure-based approach. Bioorganic & Medicinal Chemistry, 27(16), 3851-3855, 2017.
- [19] Dittmar M., Whig K., Miller J., Kamalia B., Suppiah S., Perelygina L., Sullivan K.E., Schultz D.C., Cherry S. Nucleoside analogs NM107 and AT-527 are antiviral against rubella virus. PNAS Nexus, 2(9), 1-8, 2023.
- [20] Jyothi M., Ranganatha V.L., Khamees H.A., Khadri M.J.N., Khanum S.A. Design, synthesis, characterization and analysis of anti-inflammatory properties of novel N-(benzo[d]thiazol-2-yl)-2-[phenyl(2-(piperidin-1-yl)ethylamino)]benzamides and N-(benzo[d]thiazol-2-yl)-2-[phenyl(2-(morpholino)ethylamino)]benzamides derivatives through in vitro and in silico approach. Journal of the Iranian Chemical Society, 20(4), 861-873, 2023.
- [21] Maus H., Barthels F., Hammerschmidt S.J., Kopp K., Millies B., Gellert A., Ruggieri A., Schirmeister T. SAR of novel benzothiazoles targeting an allosteric pocket of DENV and ZIKV NS2B/NS3 proteases. Bioorganic & Medicinal Chemistry, 47, 116392, 2021.
- [22] Taj M.B., Raheel A., Alelwani W., Babteen N., Kattan S., Alnajeebi A., Sharif M., Ahmad R.H., Abbas, Hazeeq A., Tirmizi S.A., Ali H.B.M. One-Pot CuO-catalyzed green synthesis of N(N')-arylbenzamidines as potential enzyme inhibitors. Russian Journal of Organic Chemistry, 55(7), 1047-1052, 2019.
- [23] Ramos S., Vicente-Blazquez A., Lopez-Rubio M., Gallego-Yerga L., Alvarez R., Pelaez R. Frentizole, a nontoxic immunosuppressive drug, and its analogs display antitumor activity via tubulin inhibition. International Journal of Molecular Sciences, 24(24), 17474, 2023.
- [24] Ricci F., Angeli A., Mancuso F., De Luca L., Supuran C.T., Gitto R. Screening campaign and docking investigations in identifying new hit compounds as

- inhibitors of human carbonic anhydrases expressed in tumour cells. *ChemMedChem*, 18(20), e202300330, 2023.
- [25] Chiou J.T., Wu Y.Y., Lee Y.C., Chang L.S. BCL2L1 inhibitor A-1331852 inhibits MCL1 transcription and triggers apoptosis in acute myeloid leukemia cells. *Biochemical Pharmacology*, 215, 115738, 2023.
- [26] Ismail M.M.F., Abdulwahab H.G., Nossier E.S., El Menofy N.G., Abdelkhalek B.A. Synthesis of novel 2-aminobenzothiazole derivatives as potential antimicrobial agents with dual DNA gyrase/topoisomerase IV inhibition. *Bioorganic Chemistry*, 94, 103437, 2020.
- [27] Angulo-Cornejo J., Lino-Pacheco M., Richter R., Hennig L., Hallmeier K.H., Beyer L. Metal chelates of N-benzothiazol-2-yl-, N-benzoxazol-2-yl- and N-(1H-benzimidazol-2-yl)-benzamide. *Inorganica Chimica Acta*, 305(1), 38-45, 2000.
- [28] Irzoqi A.A., Salman F.A., Alasadi Y.K., Alheety M.A. Synthesis and structural characterization of palladium(II) mixed-ligand complexes of N-(benzothiazol-2-yl)benzamide and 1,2-bis(diphenylphosphino)ethane. *Inorganic Chemistry*, 60(24), 18854-18858, 2021.
- [29] Zheng H., Li Y.X., Xiong W.C., Wang X.C., Gong S.S., Pu S., Shi R., Sun Q. Mechanistic insights into diversified photoluminescence behaviors of BF₂ complexes of N-benzoyl 2-aminobenzothiazoles. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 26(15), 11611-11617, 2024.
- [30] Nakamoto K. Infrared and raman spectra of inorganic and coordination compounds, 5th Ed. Wiley-Interscience, New York 231, 1997.
- [31] Patel K.S., Patel J.C., Dholariya H.R., Patel K.D. Multiple heating rate kinetic parameters, thermal, X-ray diffraction studies of newly synthesized octahedral copper complexes based on bromo-coumarins along with their antioxidant, anti-tubercular and antimicrobial activity evaluation. *Spectrochimica Acta, Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 96, 468-479, 2012.
- [32] Geary W.J. The use of conductivity measurements in organic solvents for the characterisation of coordination compounds. *Coordination Chemistry Reviews*, 7(1), 81-122, 1971.