

Yeni Schiff Bazı Bileşiklerinin Sentezi ve Yapılarının Aydınlatılması

Araştırma Makalesi / Research Article

Emine Özge KARACA

Kataliz Araştırma ve Uygulama Merkezi, İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye

(Geliş/Received : 03.07.2017 ; Kabul/Accepted : 15.09.2017)

ÖZ

Schiff bazı bileşikler kararlı, kolay sentezlenebilen bileşiklerdir. Bunun yanı sıra, kimyanın pek çok alanında, endüstride, tıp ve eczacılıkta geniş kullanım alanlarına sahip olmaları bu bileşiklere olan ilgiyi artırmış, onları farklı alanlarda yaygın olarak kullanılabilir hale getirmiştir. Çalışma kapsamında suda çözünebilecek hale getirilmesi mümkün olan üç yeni Schiff bazı bileşiği sentezlenmiştir. Azot içeren aromatik aldehitlerin etilendiamin ile etanol içerisinde etkileştirilmesiyle elde edilen Schiff bazı bileşiği; 1,2-bis[1-metilindol-3-karboksilidenamino]jetan (**1a**), 1,2-bis[*p*-diethylaminobenzilidenamino]jetan (**1b**) ve 1,2-bis[*p*-di(oksobütül)aminobenzilidenamino]jetan (**1c**)'nin yapıları ¹H, ¹³C NMR spektroskopisi, FT-IR ve elementel analiz teknikleri kullanılarak aydınlatılmıştır. Yapıları aydınlatılan bileşiklerin FT-IR ve NMR analiz sonuçları incelendiğinde imin oluşumunu kanıtlayan karakteristik piklerin varlığı gözlenmiş ve bileşiklerin sentezi başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Schiff bazı, sentez, karakterizasyon.

Synthesis of New Schiff Base Compounds and Identification of Their Structures

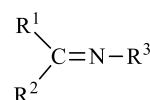
ABSTRACT

Schiff base compounds are stable, readily synthesizable compounds. Besides, in many fields of chemistry having a wide use field in, industry, medicine and pharmacy has increased the interest in these compounds and made them widely available in different fields. Within the scope of the study, three new Schiff base compounds have been synthesized which can be dissolved in water. Schiff base compound by reacting nitrogen-containing aromatic aldehydes with ethylene diamine in ethanol; 1,2-bis[1-methylindole-3-carboxylidenamino]ethane (**1a**), 1,2-bis[*p*-diethylaminobenzylideneamino]ethane (**1b**), 1,2-bis[*p*-di(oxobutyl)aminobenzylidenamino]ethane (**1c**) synthesized and characterized by ¹H, ¹³C NMR spectroscopy, FT-IR and elemental analysis techniques. When FT-IR and NMR analysis results of the synthesized compounds were examined, the presence of characteristic peaks proving the formation of imine was observed and the synthesis of the compounds was successful.

Keywords: Schiff base, synthesis, characterization

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İlk olarak 1864 yılında Nobel ödüllü Alman kimyager Hugo Schiff tarafından sentezlenen Schiff bazları (Şekil 1.), aldehit veya ketonların aminlerle nükleofilik katılma tepkimesi sonucu elde edilen ve karbon azot çifte bağı (-CH=N-) içeren bileşiklerdir [1]. Aldehit ile tepkimesi sonucu oluşan bağ azometin ya da aldimin olarak adlandırılırken, keton ile tepkimesi sonucu oluşan bağ imin veya ketimin olarak adlandırılır. Kararlı ve kolay sentezlenebiliyor olmaları nedeniyle Schiff bazları (iminler) ilgi duyulan bileşikler arasına girmeyi başarmıştır. İminlere olan bu ilgi birçok biyolojik sistemde [2], kimyasal katalizde [3], tıp ve eczacılık alanlarında [4], kimyasal analizlerde ve yeni teknolojilerde kullanılabilir olmaları ile açıklanabilir [5,6].



R¹, R², R³= alkil ya da aril

Şekil 1. Schiff bazlarının genel gösterimi (General display of Schiff bases)

Koordinasyon bileşiklerinin gerek biyolojik sistemler gerekse endüstride ki önemi her geçen gün artmaktadır. Schiff bazları da yapısal ve biyolojik özelliklerinden dolayı koordinasyon kimyasında yaygın olarak kullanılan ligantlar arasında yer almaktadır. Ligant olarak kullanımı ilk olarak 1933 yılında Pfeiffer tarafından bildirilen Schiff bazlarının metal kompleksleri ilgi ile çalışılmaktadır [7,8].

Metal-imin kompleksleri, antitümör ve herbisidal olarak kullanım nedeniyle yaygın şekilde araştırılmıştır [9]. Hematopoietik sistem üzerinde koruyucu etki gösterdikleri bildirilmiştir [10]. Antiviral olarak kullanımının yanında antibakteriyel ve antifungal ajanlar

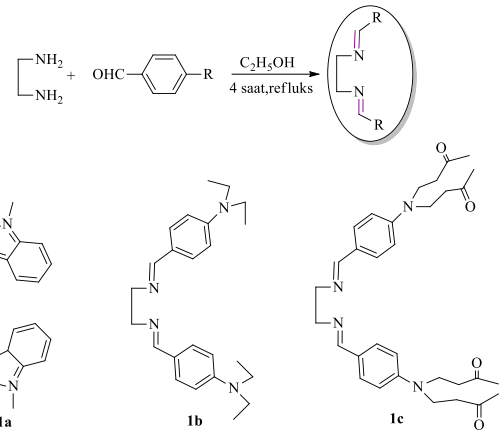
*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : emine.ozcan@inonu.edu.tr

olarak kabul edilmektedirler. Ayrıca diyabet ve AIDS tedavisinde de kullanılmaktadır [11-13]. Bunların yanında Schiff bazları korozyon önleyici [14], kation taşıyıcı, iyon seçici elektrot yapımı [15], boya endüstrisi [16] gibi çok sayıda alanda kullanımı mevcuttur.

Bu çalışmada azot içeren, bu özelliği sayesinde suda çözünebilir hale getirilebilecek, yeşil kimyaya uygun üç yeni Schiff bazı bileşiği sentezlenmiş, yapıları spektrokimyasal yöntemlerle aydınlatılarak literatüre katkıda bulunulması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

Sentezlenen bazı bileşikler havanın nemine ve oksijene karşı hassas olduklarından dolayı tüm deneyler inert atmosfer ortamında gerçekleştirildi ve tepkimelerde Schlenk tekniği kullanıldı. Tepkimelerde kullanılan cam malzemeler kullanılmadan önce vakum uygulanıp ısıtılarak içerisindeki nem ve oksijen uzaklaştırıldı ve daha sonra argon gazıyla dolduruldu. Tepkimelerde kullanılan reaktifler Sigma Aldrich ve Merck firmalarından ticari olarak satın alındı. NMR spektrumları, Bruker marka Avance III model, 400 MHz NMR'sinde İnönü Üniversitesi Kataliz Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde alındı. Çözücü olarak DMSO-D₆, iç standart olarak TMS kullanıldı. Eşleşme sabitleri (*J* değerleri) Hertz olarak verildi. NMR katlılıkları şöyle kısaltıldı: s=singlet, d=dublet, t=triplet, heptet=hept., m=multipllet sinyal. FT-IR spektrumları Perkin Elmer Spektrum 100 spektrometresinde 400-4000 cm⁻¹

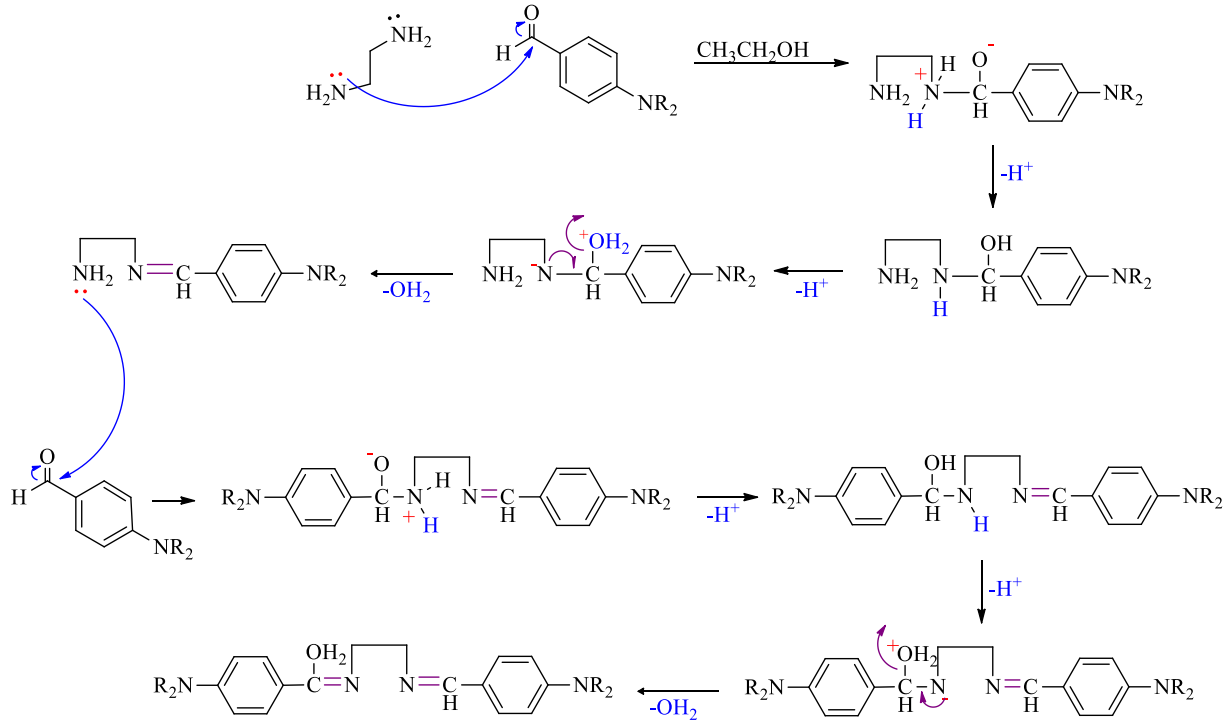


Şekil 2. Schiff bazlarının Sentezi (Synthesis of Schiff Bases)

aralığında alındı. Erime noktaları elektrotermal erime noktası tayin cihazı Stuart SMP 40 otomatik erime noktası tayin cihazıyla belirlendi.

2.1. Schiff bazlarının sentezi (Synthesis of Schiff bases):

Aldehit (2 mmol) etil alkolde (25 mL) tamamen çözülerek içerisine etilendiamin (1 mmol) eklendi. İnter ortamda 4 saat kaynatıldıktan sonra alkolün yarısı vakumda uzaklaştırıldı ve dietiler eklenerek kristallendirildi (Şekil 2.). Elde edilen kristaller süzülerek dietilerle yıkandı ve vakumda kurutuldu.



Şekil 3. Schiff bazlarının reaksiyon mekanizması (Reaction mechanism of Schiff base)

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS and DISCUSSION)

Karbonil bileşikleriyle primer aminlerin tepkimesinden elde edilen Schiff bazlarının sentezi ayrılma ve katılma basamakları olmak üzere iki ana basamakta gerçekleşir. Öncelikle primer aminle karbonil grubunun kondensasyonundan bir karbonilamin ara bileşiği meydana gelir daha sonra bu ara bileşiğin dehidratasyonundan Schiff bazı elde edilir [17]. Sentezlenen Schiff bazlarının oluşum mekanizmasının gösterimi Şekil 3'de verilmiştir [18].

Sentezlenen Schiff bazları etanolde etilendiamin ve aldehitlerin etkileştirilmesiyle yüksek verimlerle elde edilmiştir (%85-92). Schiff bazlarına ait erime noktası, FT-IR, verim, element analizi, ^1H ve ^{13}C NMR analiz sonuçları Çizelge 1-3'de verilmiştir.

Schiff bazlarında C=N gerilme titreşimlerinin genellikle $1610-1640\text{ cm}^{-1}$ 'de keskin bir pik halinde gözlemlendiği, azometin grubuna bağlı metilen grubu taşıyan bileşiklerin FT-IR spesifik $\nu_{(\text{CN})}$ titreşimlerinin $1625-1640\text{ cm}^{-1}$ civarında geldiği, metilen grubu taşımayanlarda yani doğrudan aromatik halkaya bağlı olanlarda ise $1600-1637\text{ cm}^{-1}$ 'de pik gözlemlendiği bildirilmiştir [18]. Sentezlenen Schiff bazı bileşiklerinin FT-IR spesifik $\nu_{(\text{CN})}$ titreşimlerinin $1600-1603\text{ cm}^{-1}$ 'de keskin pik verdiği gözlemlenmiştir. Bu veriler bileşiklerin oluşum reaksiyonunun tamamlandığını desteklemektedir ve sonuçlar literatürde verilen değerler ile uyum içerisindedir [19].

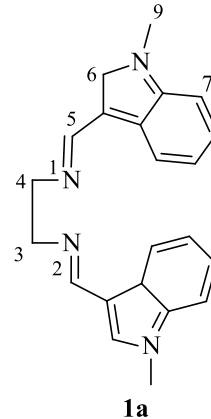
Schiff bazlarının $^1\text{H-NMR}$ spektrumları incelendiğinde dikkat edilmesi gereken en önemli pik, bu tip bileşiklerin karakteristik piklerinden olan azometin protonuna ait olan piktir. Azometin grubuna bağlı olan proton genellikle $\delta = 8-9\text{ ppm}$ aralığında rezonans olmaktadır. Sentezlenen Schiff bazı bileşiklerinin $^1\text{H-NMR}$ spektrumu incelendiğinde, azometin hidrojenlerine ait pikler üç bileşikte de beklenildiği gibi $\delta = 8.16-8.46\text{ ppm}$ civarında ve singlet olarak gözlemlenmiştir. İmin karbonlarına ait pikler ise $\delta = 156.5-161.5\text{ ppm}$ arasında ^{13}C NMR spektrumunda görülmektedir. Bileşikler simetrik yapıya sahip olduklarından dolayı imin piki singlet olarak ortaya çıkmıştır. Elde edilen NMR sonuçlarının bileşiğin oluşumunu desteklediği ve literatürle uyum içinde olduğu gözlemlenmiştir [20].

1,2-Bis[1-metilindol-3-karboksilidenamino]etan, 1a:

1-Metilindol-3-karboksaldehit (1 g, 2 mmol) etil alkolde (25 mL) tamamen çözülerek içerisine etilendiamin (0.19 g, 1 mmol) eklendi. İner ortamda 4 saat kaynatıldıktan sonra alkolün yarısı vakumda uzaklaştırıldı ve dietileter eklenerek kristallendirildi. Elde edilen açık sarı kristaller süzülerek dietileterle yıkandı ve vakumda kurutuldu.

1a Bileşiğine ait veriler çizelgede detaylı olarak sunulmuştur (Çizelge 3.1.). FT-IR spektrumunda Schiff bazı oluşumunu destekleyen spesifik $\nu_{(\text{CN})}$ titreşiminin 1602 cm^{-1} 'de keskin bir pik verdiği gözlemlendi. Aromatik ve alifatik C-H gerilme titreşimleri $2790-2980\text{ cm}^{-1}$ 'de zayıf pik vermiştir. $^1\text{H-NMR}$ verileri incelendiğinde

azometin protonuna ait olan 2 protonluk pik $\delta = 8.46\text{ ppm}$ 'de singlet pik verirken, $^{13}\text{C-NMR}$ 'ında imin karbonu $\delta = 156.5\text{ ppm}$ 'de sinyal verdiği görüldü. **1a** Bileşiği için elementel analiz sonuçları incelendiğinde bulunan ve hesaplanan sonuçların birbiri ile uyumlu olduğu gözlemlendi.



Erime Noktası: $98-99\text{ }^\circ\text{C}$

Verim: 0.92 g; %85

$\nu_{(\text{CN})}$: 1602 cm^{-1}

% Element analizi $\text{C}_{22}\text{H}_{22}\text{N}_4$:

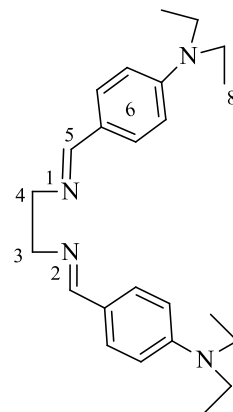
Hesaplanan: C, 77.16; H, 6.48; N, 16.36. Bulunan: C, 77.19; H, 6.51; N, 16.39.

Çizelge 3.1. **1a** Bileşiğine ait ^1H ve $^{13}\text{C-NMR}$ verileri (^1H ve $^{13}\text{C-NMR}$ data of compound **1a**)

Konum	^1H NMR (δ ppm)	^{13}C NMR (δ ppm)	<i>J</i> (Hz)
3,4,9	3.79 (s, 10H)	33.2, 33.9, 62.93	-
5	8.46 (s, 2H)	156.5	-
6	7.70 (s, 2H)	123.9	-
7	7.46 ve 8.23 (d, 4H)	123.9, 125.9, 134.8, 137.9	8.0
8	7.13 ve 7.23 (t, 4H)	110.5, 113.9, 120.9, 122.9	8.0

1,2-Bis[*p*-dietilaminobenzilidenamino]etan, 1b:

4-Dietilaminobenzaldehit (1 g, 2 mmol) etil alkolde (25 mL) tamamen çözülerek içerisine etilendiamin (0.17 g, 1 mmol) eklendi. İner ortamda 4 saat kaynatıldıktan sonra alkolün yarısı vakumda uzaklaştırıldı ve dietileter eklenerek kristallendirildi. Elde edilen koyu krem renkli kristaller süzülerek dietileterle yıkandı ve vakumda kurutuldu.



Erime Noktası: $118-119\text{ }^\circ\text{C}$

Verim: 0.93g; %87

$\nu_{(\text{CN})}$: 1600 cm^{-1}

% Element analizi $\text{C}_{24}\text{H}_{34}\text{N}_4$:

Hesaplanan: C, 76.15; H, 9.05; N, 14.80. Bulunan: C, 76.18; H, 9.07; N, 14.83.

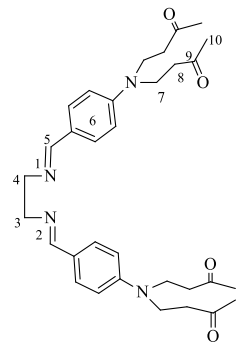
Çizelge 3.2. **1b** Bileşiğine ait ^1H ve ^{13}C -NMR verileri (^1H ve ^{13}C -NMR data of compound **1b**)

Konum	^1H NMR (δ ppm)	^{13}C NMR (δ ppm)	<i>J</i> (Hz)
3,4	3.77 (s, 4H)	149.5	-
5	8.16 (s, 2H)	161.6	-
6	6.70 ve 7.53 (d, 8H)	123.7, 129.9, 111.1, 61.9	8.0
7	3.40 (q, 8H)	40.6	4.0
8	1.15 (t, 12H)	12.8	8.0

1b Bileşiğine ait veriler çizelgede detaylı olarak sunulmuştur (Çizelge 3.2.). FT-IR spektrumunda Schiff bazı oluşumunu destekleyen spesifik ν_{CN} titreşiminin 1600 cm^{-1} 'de keskin bir pik verirken bileşiğe ait aromatik ve alifatik C-H gerilme titreşimleri $2820\text{-}2970\text{ cm}^{-1}$ 'de zayıf pik halinde gözlemlendi. ^1H -NMR verileri incelendiğinde azometin protonuna ait olan 2 protonluk pik $\delta = 8.16\text{ ppm}$ 'de singlet pik verirken, ^{13}C -NMR'ında imin karbonu $\delta = 161.6\text{ ppm}$ 'de sinyal verdi. **1b** Bileşiği için elemental analiz sonuçları incelendiğinde bulunan ve hesaplanan sonuçların birbiri ile uyumlu olduğu gözlemlendi.

1,2-Bis[*p*-di(oksobütül)aminobenzilidenamino]etan, **1c**:

4-[Bis[2-(asetiloksi)etil]amino]benzaldehit (1 g, 2 mmol) etil alkolde (25 mL) tamamen çözülerek içerisine etilendiamin (0.10 g, 1 mmol) eklendi. İnert ortamda 4 saat kaynatıldıktan sonra alkolün yarısı vakumda uzaklaştırıldı ve dietileter eklenerek kristallendirildi. Elde edilen sarı kristaller süzülerek dietileterle yıkandı ve vakumda kurutuldu.



Erime Noktası: $86\text{-}87\text{ }^\circ\text{C}$

Verim: 0.84g; %92

ν_{CN} : 1603 cm^{-1}

% Element analizi

$\text{C}_{32}\text{H}_{42}\text{N}_4\text{O}_4$:

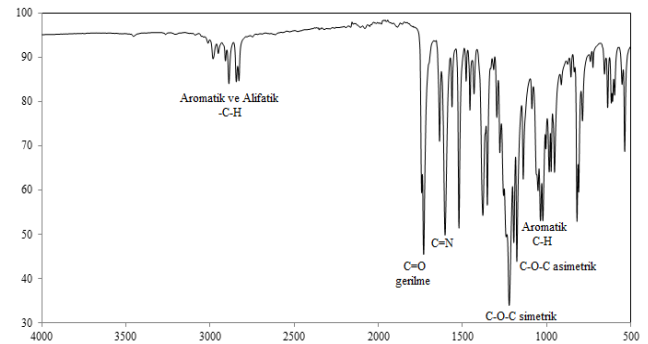
Hesaplanan: C, 70.30; H, 7.74; N, 10.25. Bulunan:

C, 70.33; H, 7.76; N, 10.22.

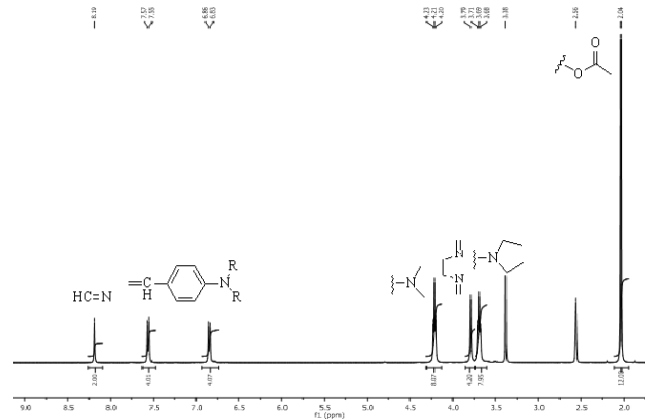
Çizelge 3.3. **1c** Bileşiğine ait ^1H ve ^{13}C -NMR verileri (^1H ve ^{13}C -NMR data of compound **1c**)

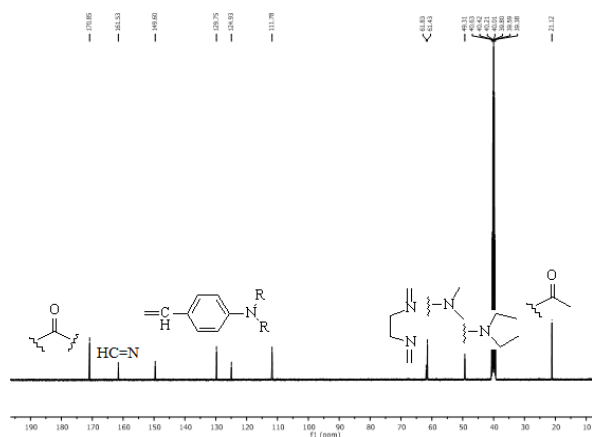
Konum	^1H NMR (δ ppm)	^{13}C NMR (δ ppm)	<i>J</i> (Hz)
3,4	3.79 (s, 4H)	61.8	-
5	8.19 (s, 2H)	161.5	-
6	6.85 ve 7.56 (d, 8H)	111.7, 124.9, 129.8, 149.6	8.0
7	4.21 (t, 8H)	61.4	4.0
8	3.69 (t, 8H)	49.3	4.0
9	-	170.8	-
10	2.04 (s, 12H)	21.1	-

1c Bileşiğine ait veriler çizelgede detaylı olarak sunulmuştur (Çizelge 3.3.). **1c** Bileşiğinin karakteristik IR pikleri; C=N gerilme titreşimleri, aromatik C-H ve alifatik C-H gerilme titreşimleri, C=O gerilme titreşimi ile C-O-C simetrik ve asimetrik gerilme titreşimleridir. **1c** Bileşiğinin IR spektrumunda C=O gerilme titreşimi 1730 cm^{-1} 'de, azometin grubuna ait C=N gerilme titreşimi 1603 cm^{-1} 'de keskin bir pik halinde görülmektedir. Aromatik C-H gerilme titreşimlerinin bir kısmı ile alifatik C-H gerilme titreşimleri $2800\text{-}2990\text{ cm}^{-1}$ 'de zayıf pikler halinde gözlenirken, aromatik C-H gerilme titreşimlerinin diğer kısmı ise $1033\text{ ve }1038\text{ cm}^{-1}$ 'de keskin pikler halinde geldiği görüldü. C-O-C simetrik gerilme titreşimi 1221 cm^{-1} 'de, C-O-C asimetrik gerilme titreşimi 1175 cm^{-1} 'de keskin pik halinde gözlemlendi. Bu bantlar **1c** bileşiğinin oluşum reaksiyonunun tamamlandığını desteklemektedir (Şekil 4).

**Şekil 4.** **1c** Bileşiğinin FT-IR spektrumu

^1H -NMR verileri incelendiğinde azometin protonuna ait olan 2 protonluk pik $\delta = 8.19\text{ ppm}$ 'de singlet pik verirken ^{13}C -NMR'ında imin karbonu $\delta = 161.5\text{ ppm}$ 'de sinyal verdi (Şekil 5 ve Şekil 6). **1c** Bileşiği için elemental analiz sonuçları incelendiğinde bulunan ve hesaplanan sonuçların birbiri ile uyumlu olduğu gözlemlendi.

**Şekil 5.** **1c** Bileşiğinin DMSO içinde $27\text{ }^\circ\text{C}$ ve 400 MHz'de ^1H -NMR spektrumu



Şekil 6. 1c Bileşiğinin DMSO içinde 27 °C ve 400 MHz'de ¹³C-NMR spektrumu

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada azot içeren aromatik aldehytlerin etilendiamin ile etkileştirilmesiyle üç yeni Schiff bazı bileşiği sentezlendi. Hazırlanan bileşikler yüksek verimlerle elde edildi. Sentezlenen bileşiklerin analiz sonuçları literatürle karşılaştırıldığında FT-IR, ¹H-¹³C NMR verilerinin literatürle uyum içerisinde olduğu belirlendi. Schiff bazı bileşikleri ve metal komplekslerinin yaygın uygulama alanları mevcuttur. Sentezlenen bileşikler katalitik ve biyolojik özelliklere sahip, suda çözünebilir metal komplekslerinin hazırlanması potansiyeline sahip önemli bileşiklerdir. Bu özelliklerinden faydalanılarak yeşil kimyaya uygun çalışmalarda kullanılması mümkündür. Elde edilen bileşiklerin sonraki çalışmalarda uygun metaller ile kompleksleştirilerek katalitik özellikleri ve antimikrobiyal aktivitelerinin incelenmesi planlanmaktadır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Schiff H., "Untersuchungen Über Salicin Derivate", *Eur. J. Org. Chem.*, 150; 193-200, (1869).
- [2] Sharaby C. M., Amine M. F., Hamed A. A., "Synthesis, structure characterization and biological activity of selected metal complexes of sulfonamide Schiff base as a primary ligand and some mixed ligand complexes with glycine as a secondary ligand", *J. Mol. Struct.*, 1134: 208-216, (2017).
- [3] Redshaw C., "Use of Metal Catalysts Bearing Schiff Base Macrocycles for the Ring Opening Polymerization (ROP) of Cyclic Esters", *Catalysts*, 7(5): 165-176, (2017).
- [4] Roberts D. W., Schultz T. W., Api A. M., "Skin Sensitization QMM for HRIPT NOEL Data: Aldehyde Schiff-Base Domain", *Chem. Res. Toxicol.*, 30(6): 1309-1316, (2017).
- [5] DiRisio R. J., Armstrong J. E., Frank M. A., Lake W. R., McNamara W. R., "Cobalt Schiff-base complexes for electrocatalytic hydrogen generation", *Dalton Trans.*, 46: 10418-10425, (2017).
- [6] Upadhyay K. K., Kumar A., Upadhyay S., Mishra P. C., "Synthesis, characterization, structural optimization using density functional theory and superoxide ion scavenging activity of some Schiff bases", *J. Mol. Struct.*, 873: 5-16, (2008).
- [7] Pfeiffer P., Breith E., Lubbe E., Tsumaki T. "Tricyclische Orthokondensierte Nebenvolenzringe", *Annalen Der Chemie*, 503: 84-127, (1933).
- [8] Seçkin T., Köytepe S., Demir S., Özdemir İ., Çetinkaya B., "Novel type of metal-containing polyimides for the heck and Suzuki-Miyaura cross-coupling reactions as highly active catalysts", *J. Inorg. Organomet P.*, 13(4): 223-235, (2003).
- [9] Ashraf M., Wajid A., Mahmood K., Maah M., Yusoff I. "Spectral Investigation of the Activities of Amino Substituted Bases", *Orient. J. Chem.*, 27: 363-372, (2011).
- [10] Ozaslan M., Karagöz I. D., Kılıç I. H., Güldür M. E., "Ehrlich ascites carcinoma", *Afr. J. Biotechnol.*, 10: 2375-2378, (2011).
- [11] Golcu A., Tümer M., Demirelli H., Wheatley R., "Cd(II) and Cu(II) complexes of polydentate Schiff base ligands: synthesis, characterization, properties and biological activity", *Inorg. Chim. Acta*, 358: 1785-1797, (2005).
- [12] Silva da C., Silva da D., Modolo L., Alves R., "Schiff bases: A short review of their antimicrobial activities", *J. Ad. Res.*, 2: 1-8, (2011).
- [13] Rehman W., Baloch M. K., Muhammad B., Badshah A., Khan K. M., "Characteristic spectral studies and in vitro antifungal activity of some Schiff bases and their organotin (IV) complexes", *Chin. Sci. Bull.*, 49: 119-122, (2004).
- [14] Emregül K. C., Düzgün E., Atakol O., "The application of some polydentate Schiff base compounds containing aminic nitrogens as corrosion inhibitors for mild steel in acidic media", *Corr. Sci.*, 48: 3243-3260, (2006).
- [15] Aydınlı Esen A., "Bazı Schiff Bazlarının Antimikrobiyal Etkileri", *Yüksek Lisans*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2006).
- [16] Serin, S., Gök, Y., "Hidroksi Schiff Bazı Metal Komplekslerinin Tekstil Boyamacılığında Kullanılabilirliğinin İncelenmesi", *T. Kimya D.C.*, 12: 325-331, (1988).
- [17] Özbülbül A., "Oligofenol Esaslı Yeni Tip Oligomer Schiff Bazlarının Sentezi ve Karakterizasyonu", *Yüksek Lisans*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2006).
- [18] Karahan A., Yardan A., Yahsi Y., Kara H., Kurtaran R., "N₂O₂ Tipi Schiff Bazı Ligandı ile Sentezlenen Cu(II) Kompleksinin X-Işını Yapısı ve Termal Özelliği", *SDU Journal of Science (E-Journal)*, 8 (2): 163-174, (2013).
- [19] Amer S. A., Gaber M., Issa R. M., "Syntesis and Properties of the Binuclear Vanadium(III) and Oxovanadium(IV) Chelates with Tetradentate Schiff Bases", *Poyhedron*, 7 (24): 2635-2640, (1988).
- [20] Nelson S. M., Knox C. V., McCann M., Drew, M. G. B., "Metal-Ion-Controlled Transamination in the Synthesis of Macrocyclic Schiff Base Ligands. Part 1. Reaction of 2,6-Diacetylpiperidine and Dicarboxylic-Compounds with 3,6-Dioxaoctane-1,8-Diamine", *J. Chem. Soc., Dalton Trans.*, 8: 1669-1677, (1981).