

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

KİMYA ANABİLİM DALI

**BAKIR (II), NİKEL (II), KOBALT (II) VE ÇİNKO (II) FURAN-2-
KARBOKSİLATLARIN NİKOTİNAMİD KOMPLEKSLERİNİN SENTEZİ VE
KARAKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS

Merve NAR

MART-2022
GÜMÜŞHANE



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

KİMYA ANABİLİM DALI

**BAKIR (II), NİKEL (II), KOBALT (II) VE ÇİNKO (II) FURAN-2-
KARBOKSİLATLARIN NİKOTİNAMİD KOMPLEKSLERİNİN SENTEZİ VE
KARAKTERİZASYONU**

**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF NICOTINAMIDE COMPLEX
OF COPPER (II), NICKEL (II), COBALT (II) AND ZINC (II) FURAN-2-
CARBOXYLATES**

YÜKSEK LİSANS

Merve NAR

**MART-2022
GÜMÜŞHANE**



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

KİMYA ANABİLİM DALI

**BAKIR (II), NİKEL (II), KOBALT (II) VE ÇİNKO (II) FURAN-2-
KARBOKSİLATLARIN NİKOTİNAMİD KOMPLEKSLERİNİN SENTEZİ VE
KARAKTERİZASYONU**

**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF NICOTINAMIDE COMPLEX
OF COPPER (II), NICKEL (II), COBALT (II) AND ZINC(II) FURAN-2-
CARBOXYLATES**

YÜKSEK LİSANS

Merve NAR

Danışman: Doç. Dr. Afşin Ahmet KAYA

**MART-2022
GÜMÜŞHANE**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlamış olduğum “**Bakır (II), Nikel (II), Kobalt (II) ve Çinko (II) Furan-2-Karboksilatların Nikotinamit Komplekslerinin Sentezi ve Karakterizasyonu**” isimli bu tezimin, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, alıntı yaptığım tüm çalışmaları kaynakçada belirttiğimi ve Gümüşhane Üniversitesi'nin lisanslı kullanıcısı olduğum intihal yazılım programı ile Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlediği kıstaslara uygun olarak raporladığımı taahhüt ederim. Tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivinde saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

10/03/2022

.....
Merve NAR

TEŞEKKÜR

Öncelikle tez danışman hocam Sayın Doç. Dr. Afşin Ahmet KAYA'ya,

Deneysel çalışmalarında laboratuvar ve deneyimlerinden yararlandığım Sayın Prof. Dr. Ertan ŞAHİN'e, bileşiklerin IR spektrum analizlerini gerçekleştiren Sayın Dr. Öğr. Üyesi Füreye Elif ÖZTÜRKKAN'a, komplekslerin erime noktası ve UV-VIS spektrumlarının alınmasında katkısı olan Necla ÖZTAŞKIN'a, deneyimlerini aktaran Sayın Dr. Öğr. Üyesi Aysel BAŞOĞLU'na,

Eğitimimiz için çırpınan ama eğitim aşamalarımızı göremeden ahiret alemine intikal eden canım Anneme, eğitim hayatım boyunca bana hep güvenen ve destek veren canım Babama sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca her zaman arkamda destek olup beni cesaretlendiren ve üzerimde çok büyük emeği olan sevgili ablam Doç. Dr. Meryem TOPAL'a, bana her zaman abilik yapan eniştem Doç. Dr. Fevzi TOPAL'a, maddi ve manevi desteğini esirgemeyen abim Cafer NAR'a, beni kız kardeşinden ayırmayan yengem Havva NAR'a, ablam Çiğdem NAR'a teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarım boyunca yanımda olup yardımlarını esirgemeyen kuzenlerim Münire KABAN'a, Mebrüke KARABAYIR'a, Ali TOPAL'a, Ayşe TOPAL'a, Merve TOPAL'a ve enerji kaynaklarım olan yeğenlerime teşekkür ediyorum.

Merve NAR
GÜMÜŞHANE- 2022

ÖZET

Yapılan tez kapsamında, Bakır (II), Nikel (II), Kobalt (II) ve Çinko (II) Furan-2-karboksilatların, Nikotinamit (NA) ile dört yeni kompleksi sentezlenmiştir. Bu bileşikler; Tetraakuabis (piridin-3-karboksamid- κN) Bakır (II) furan-2-karboksilat (**I**), Tetraakuabis (piridin-3-karboksamid- κN) Nikel (II) furan-2-karboksilat (**II**), Tetraakuabis (piridin-3-karboksamid- κN) Kobalt (II) furan-2-karboksilat (**III**), Tetraakuabis (piridin-3-karboksamid- κN) Çinko (II) furan-2-karboksilat (**IV**) olarak sentezlenmiştir.

Sentezlenen bileşiklerin yapıları spektroskopik yöntemler ile aydınlatıldı. B grubu geçiş metal komplekslerinin yapı tayinleri için tek kristal X-Işını kristalografisi, Infrared (IR) Spektroskopisi, elemental analiz, kütle spektroskopisi ve UV-VIS spektrofotometresi gibi yöntemler kullanıldı. Elde edilen sonuçlara göre koordinasyon bileşimini oluşturan merkezinde metal atomu bulunan yapıdaki diğer atomların bağlanma şekilleri, bağ açıları ve bileşiğin yapısı karakterize edildi. Sentezlenen metal komplekslerinin yapısında bulunan nikotinamit ligantından dolayı enzim ve biyoaktivite bakımından alandaki çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Furan-2-karboksilik asit, Geçiş metalleri, Kompleksler, Nikotinamit

SUMMARY

Within the scope of the thesis, four new complexes of Copper (II), Nickel (II), Cobalt (II) and Zinc (II) Furan-2-carboxylates with Nicotinamide (NA) will be synthesized. These compounds; Tetraaquabis (pyridine-3-carboxamide- κ N) Copper (II) furan-2-carboxylate (I), Tetraaquabis (pyridine-3-carboxamide- κ N) Nickel (II) furan-2-carboxylate (II), Tetraaquabis (pyridine-3-carboxamide- κ N) Cobalt (II) furan-2-carboxylate (III), Tetraaquabis (pyridine-3-carboxamide- κ N) Zinc (II) furan-2-carboxylate (IV).

The structures of the synthesized compounds were elucidated by spectroscopic methods. Methods such as single crystal X-ray crystallography, Infrared (IR) Spectroscopy, elemental analysis, mass spectroscopy and UV-VIS spectrophotometer were used for the structure determination of group B transition metal complexes. According to the results obtained, the bonding patterns, bond angles and structure of the other atoms in the structure with a metal atom in the center of the coordination compound were characterized. It is thought that it will contribute to the studies in the field in terms of enzyme and bioactivity due to the nicotinamide ligand in the structure of the synthesized metal complexes.

Keywords: Furan-2-carboxylic acid, Transition metals, Complexes, Nicotinamide

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	III
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI.....	IV
TEŞEKKÜR.....	V
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
TABLolar DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Nikotinamit ve Özellikleri.....	1
1.2. Benzoik Asit.....	3
1.3. Furan-2 Karboksilli Asit	5
1.4. Çalışmanın Amacı.....	7
2. KAYNAK ÖZETLERİ	8
3. MATERYAL VE METOT	12
3.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler	12
3.2. Yararlanılan Alet ve Cihazlar.....	12
3.3. Metot	12
3.3.1. Erime Noktası Tayini	12
3.3.2. Elemental Analiz.....	13
3.3.3. Infrared Spektrum (IR).....	13
3.3.4. X-Işını Yapı Analizi.....	14
3.3.5. Elektronik Spektrum (UV-VIS)	14
3.3.6. Kütle Spektrum (MASS).....	15
3.4. Sentez	15
3.4.1. C ₁₇ H ₂₃ N ₄ O ₉ Cu (I) Kompleksin Sentezi	17
3.4.2. C ₁₇ H ₂₃ N ₄ O ₉ Ni (II) Kompleksin Sentezi.....	18
3.4.3. C ₁₇ H ₂₃ N ₄ O ₉ Co (III) Kompleksin Sentezi.....	19
3.4.4. C ₁₇ H ₂₃ N ₄ O ₉ Zn (IV) Kompleksin Sentezi.....	20
4. BULGULAR.....	22
4.1. Erime Noktası Tayini	22

4.2. Elemental Analiz.....	22
4.3. Infrared Spektrumu (IR).....	22
4.4. Tek Kristal X-Işını Diffraksiyonu.....	27
4.5. UV-VIS Spektrumu.....	36
4.6. Kütle Spektrumu (MASS).....	39
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	40
KAYNAKÇA.....	42
ÖZGEÇMİŞ.....	46



TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Sentezlenen kompleksler ve numaralandırılması	17
Tablo 2. Komplekslerin erime noktası analiz sonucu	22
Tablo 3. Komplekslerin elemental analiz verileri	22
Tablo 4. Komplekslerin FT-IR Spektrumları (cm ⁻¹).....	27
Tablo 5. I nolu kompleksin kristal verileri, veri toplama ve yapı arıtma.....	29
Tablo 6. I nolu molekülün bağ mesafeleri ve uzaklıkları	30
Tablo 7. I nolu potansiyel hidrojen bağlarının ve şemalarının analizi.....	30
Tablo 8. I nolu molekülün atom çeşitleri	30
Tablo 9. III nolu kompleksin kristal verileri, veri toplama ve yapı arıtma	32
Tablo 10. III nolu molekülün bağ mesafeleri ve uzaklıkları	33
Tablo 11. III nolu potansiyel hidrojen bağlarının ve şemalarının analizi.....	33
Tablo 12. III nolu molekülün atom çeşitleri	33
Tablo 13. IV nolu kompleksin kristal verileri, veri toplama ve yapı arıtma.....	35
Tablo 14. IV nolu molekülün bağ mesafeleri ve uzaklıkları	36
Tablo 15. IV nolu potansiyel hidrojen bağlarının ve şemalarının analizi.....	36
Tablo 16. IV nolu molekülün atom çeşitleri	36
Tablo 17. Komplekslerin UV-VIS dalga boyları	38
Tablo 18. Komplekslerin kütle spektrumları	39

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Nikotinamitin moleküler yapısı	1
Şekil 2. Benzoik asitin moleküler yapısı.....	4
Şekil 3. Furan 2-karboksilik asitin moleküler yapısı	5
Şekil 4. Furan-2 karboksil açıklama şablonu	16
Şekil 5. I 'inci kompleksin molekül yapısı	18
Şekil 6. II 'nci kompleksin molekül yapısı.....	19
Şekil 7. III 'üncü kompleksin molekül yapısı	20
Şekil 8. IV 'üncü kompleksinin molekül yapısı.....	21
Şekil 9. I nolu kompleksine ait FT-IR spektrumu	23
Şekil 10. II nolu kompleksine ait FT-IR spektrumu	24
Şekil 11. III nolu kompleksine ait FT-IR spektrumu	25
Şekil 12. IV nolu kompleksine ait FT-IR spektrumu.....	26
Şekil 13 I nolu kompleksinin tek kristal yapı analizi.....	27
Şekil 14. I nolu asimetrik birimde hidrojen bağı geometrisi	28
Şekil 15. I nolu molekülün α -ekseni boyunca kristal örgü görüntüsü	28
Şekil 16. I nolu molekülün α -ekseni boyunca polihedral gösterimi	29
Şekil 17. III nolu kompleksinin tek kristal yapı analizi	31
Şekil 18. III nolu asimetrik birimde hidrojen bağı geometrisi	31
Şekil 19. III nolu molekülün α -eksenindeki kristal örgü görüntüsü.....	32
Şekil 20. III nolu molekülün a -ekseni boyunca polihedral gösterimi	32
Şekil 21. IV nolu kompleksinin tek kristal yapı analizi.....	34
Şekil 22. IV nolu asimetrik birimde hidrojen bağı geometrisi.....	34
Şekil 23. IV nolu molekülün α -eksenindeki kristal örgü görüntüsü	35
Şekil 24. IV nolu molekülün a -ekseni boyunca polihedral gösterimi	35
Şekil 25. I Nolu Kompleksinin UV Spektrumu	37
Şekil 26. II Nolu Kompleksinin UV Spektrumu	37
Şekil 27. III Nolu Kompleksinin UV Spektrumu	38
Şekil 28. IV Nolu Kompleksinin UV Spektrumu	38

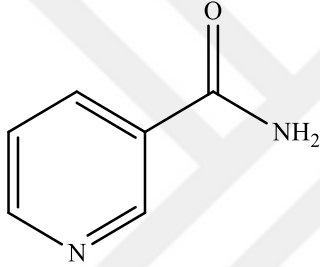
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

C	: Karbon
Co	: Kobalt
Cu	: Bakır
DENA	: <i>N,N'</i> -dietilnikotinamit
H	: Hidrojen
IUPAC	: Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği
N	: Azot
NA	: Nikotinamit
NAD ⁺	: Nikotinamit adenin dinükleotid
NADP ⁺	: Nikotinamit adenin dinükleotid fosfat
S	: Kükürt
Zn	: Çinko

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Nikotinamid ve Özellikleri

Nikotinic asit bitki ve hayvanlarda genellikle triptofan aminoasidi ile sentezlenmektedir. Triptofanca zengin beslenen hayvanlarda nikotinic asit eksikliği görülmemiştir. Bu nedenle insan metabolizmasında dışardan alınması gerekli bir moleküldür (Keha ve Küfrevioğlu, 2004). Niasin B₃ vitamini adıyla da bilinmektedir. Niasin, geniş kullanım alanları olan besinle alınması gerekli suda çözünebilir moleküldür. Ayrıca optimum beklentiye cevap veren bir ilaç olarak kullanımı mevcuttur (Anasuya ve Rao, 1975).



Şekil 1. Nikotinamidin moleküler yapısı

Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC) adlandırmasına göre adı; piridin-3-karboksilik asit ve amid'dir. B₃ vitamini (nikotinic asit), piridin adlı bileşiğin türevidir. Nikotinamid biyolojik fonksiyonlarda önemli bir yere sahiptir (Anasuya ve Rao, 1975). Nikotinamid niasinin vitamininden üretilen biyolojik bir moleküldür. Niasin vitamininin eksikliğinde vücuttan bakır (Cu) mineralinin kaybına yol açmaktadır. Bakırın azalması durumunda pellagra hastalığı ortaya çıkmaktadır. Pellagra hastaların serum ve idrarlarında nadiren de olsa bakır seviyelerinin arttığı görülmüştür (Krishnamachari, 1974).

Nikotinamidin kristal yapısı ilk olarak 1954'te belirlenmiştir (Wright ve King, 1954). Nikotinic asit molekülü, niasin, B₃ vitamini, PP vitamin, nikotinic asit ve nikotinamid, adları ile genelleme yapılmaktadır. Pellegra hastalığını önleyen anlamında "pellegra preventive" kelimesinin baş harfleri kullanılarak bu ismi almıştır (Pal vd., 1998; Keha ve Küfrevioğlu, 2004). Nikotinamid (NA) halkası birçok biyolojik aktivite rol alan iki koenzime sahiptir. Bu koenzimler oksidasyon-redüksiyon reaksiyonlarından sorumludur. Diğer bir ifadeyle dehidrogenaz enzimlerinin koenzimidir. Koenzimlerden

biri nikotinamid adenin dinükleotid (NAD⁺) bir diğeri ise nikotinamid adenin dinükleotid fosfat (NADP⁺)'tır (You vd., 1978). Substratlarda hidrojen atomunun uzaklaştırılmasında elektron alıcısı görevini üstlenirler (Keha ve Küfrevioğlu, 2004).

İskemi ve reperfüzyon tedavisinde nikotinamidten yararlanılır. Nikotinamidin farelerde öğrenmeyi ve hafızayı bozduğu bildirilmiştir. Nikotinik asit, lipid seviyelerini düşürmekte etkilidir ancak yan etkileri nedeniyle kullanımını sınırlıdır. Nikotinik asit ve nikotinamid grupları, düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterol konsantrasyonunu azaltıyor. Nikotinik asit ve nikotinamid türevlerinin koordinasyon bileşiklerinin antiviral veya antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu bilinmektedir. Ayrıca tümör dokularını seçici olarak etkiler (Kaya vd., 2017).

Kas kasılmasının devamlılığı için hücresel mekanizmalardan ATP üretimini desteklenmelidir. Enerji üreten metabolik reaksiyonların sürdürülmesi için NAD⁺'nın oksitlenmiş ve indirgenmiş formları arasındaki denge önemlidir. NAD⁺, çeşitli metabolik enzimlerin düzenlenmesi dahil olmak üzere önemli reaksiyonlarda görevli bir koenzimdir (Yoshino vd., 2018; Ferreira ve De-Souza, 2021).

Enzimler, çevreye zarar vermeyen sentetik reaktifler olarak tanımlanır. Basit bir şekilde sulu sistemlerde son derece verimli çalışabilme yetenekleri vardır. Ancak, birçok enzim, aktivite sergileyebilmesi için kofaktöre ihtiyaç duymaktadır. Bu kofaktöre bağlı enzimler oksidoredüktazlar, bilinen enzimlerin yaklaşık %25'ini oluşturmaktadır (Wang vd., 2007; Xu vd., 2021). Endüstrideki biyotransformasyonların %30'u ve büyük çoğunluğu iki nikotinamid kofaktör NADH veya NADPH'ye bağımlıdır (Xu vd., 2021).

Nikotinamid ve bu bileşiğin metal kompleksleri, canlı hücre metabolizmasında insülin-taklit eden ajanlar veya antibakteriyel olarak önemli görevleri vardır (Miwa vd., 1999).

NH⁻, H₂O, SCN⁻ ve Cl⁻, gibi bazı iyon ya da moleküller bağ yapmayan elektron çiftleri taşımaktadır. Çözeltideki katyonlar bu molekül veya iyonlarla kolaylıkla birleşirler. Elektron çiftleri kimyasal bağın oluşmasında etkilidirler. Merkez atomda katyon bulunur. Bu katyona yapışan elektron çiftleri yüklü ve nötr gruplar ligant adları ile anılır. Oluşan ürün artı veya eksi bir değerlik taşır. Bu ürüne "kompleks iyon" olarak adlandırılır (Bjerrum, 1950). Kompleks bileşikler, iyonların tanınmasında, özelliklerinin değiştirilmesinde kullanılır. Ayrıca diğer iyonlardan ayrıştırılmasında da etkilidirler. (Bjerrum, 1950). Metal iyonu bir komplekste, kompleksin yapıcı maddesine ait olan bağ yapmamış elektronlar ile koordine edilir. Kompleks yapıcı madde içerisinde elektron veren maddelere ligant adı verilmektedir. Merkez iyonu ise metal iyonundan adını almaktadır. Ligant molekülleri bir veya birden fazla elektron verici grup içerebilir ve buna

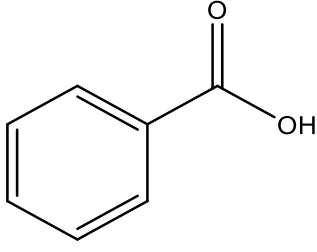
bağlı olarak bir merkez atomunu koordine edebilir. Koordine edilmesiyle şelat (halkalı) kompleksler ortaya çıkar (Yalçınkaya, 2017).

Heterosiklik bileşikler, N-donör ligant sistemlerinde, biyolojik sistemlerde, birçok vitaminlerde ve ilaçların bir bileşeni olarak önemli bir rol oynamaktadır. Bu konuda birçok çalışma vardır. Araştırmacılar heterosiklik bileşikleri araştırmış ayrıca birkaç merkezi atomun koordinasyon bileşiklerinde ligantlar olarak incelemişlerdir. Ligant komplekslerinde önemli metal biyolojik ligantlar, serbest ligantlardan bazılarında daha etkilidir. Tıp dünyasında solunum sisteminde ekshalasyon ajanı olarak bilinen N, N'-Dietilnikotinamid (DENA), bir nikotinamid (vitamin B) türevidir. Piridin halkasının birçok bileşikteki varlığı ve DENA'nın fonksiyonu bilimsel ilgi konusudur. Bu yüzden DENA'nın yapısı birçok çalışmanın konusu olmuştur (Kaya, 2004; Çelenk Kaya vd., 2015).

Nikotinamid ilaç sektöründe özellikle ilaç hazırlamada kullanılmaktadır. Ayrıca nikotinamidin geçiş metal komplekslerinin sentezleri günümüzde önemi giderek artmaktadır. Nikotinamidin geçiş metalleriyle yaptığı kompleksler spektral yöntemlerle incelenmesi sonucunda oluşan yeni yapının monodentant özelliğe sahip olduğu anlaşılmıştır. Nikotinamid ve dietilnikotinamid, metal komplekslerinde aromatik halkadaki azot atomu üzerinde monodentant olarak koordinasyona dahil olmaktadır (Kaya vd., 2014).

1.2. Benzoik Asit

16. yüzyılda keşfedilmiştir.1556 yılında eczacı Michel de Nostredame tarafından kuru damıtma yöntemiyle elde edilmiştir. Benzoin reçinesinden kuru damıtma işlemi yapmıştır.1832'de de benzoik asitin kimyasal yapısını Justus von Liebig ve Friedrich Wöhler tarafından bulunmuştur. Salkowski 1875'te benzoik asit'in mayalara ve küflere karşı etkisini keşfetmiştir. Benzoik asit; bir reçineden elde edilen bir maddedir. Özellikle Asya kökenli ağaçlar tarafından salgılanmaktadır. Benzoin sakızından türetildiği bilinmektedir (Saraç, 2019).



Şekil 2. Benzoik asitin moleküler yapısı

Benzoik asit (C_6H_5COOH) organik kimyanın gelişimine öncülük eden ve ilk sentezlenen bileşiklerdendir. Benzoik asitin kaynama noktası $2490^\circ C$ ve erime noktası $122-130^\circ C$ olarak belirlenmiştir. Oda şartlarında benzoik asit, katı, renksiz, toz ya da kristal halde bulunur. Benzoik asit, doğal olarak sütte, meyve ve sebze de bulunduğu bilinmektedir. Küflenme ve mayalanma olaylarının yan ürünü olarakta üretilmektedir. Kimya alanında, tıbbi malzemede, tekstil, ilaç, gıda, kozmetik, boya ve tarım ilaçları sektörlerinde yaygın olarak tercih edilmektedir. Literatürde tıbbi etkileri üzerine birçok çalışmada kullanılmıştır (Kuşbazoğlu, 2017).

Benzoik asit ve türevleri besin maddelerinde, ilaçlarda antimikrobiyal ajanlar olarak kullanılmaktadır. Önemli antioksidan sınıfları içerisinde hidroksi benzoatlar ve fenolik antioksidanlar bulunmaktadır (Kaya vd., 2015).

Benzoik asit organik çözücülerde çözünebilen fakat suda çok az çözünen bir maddedir. Benzoik asit; eter, alkol, benzen, karbon tetraklorid, karbon disülfid ve kloroform içerisinde maksimum oranda çözünebilen ve kolay tutuşma özelliği olan bir maddedir (Yüzbasioglu vd., 2009).

Benzoik asit, doğal ürün olarak süt ve süt ürünleri, birçok meyve, sebze ve baharat içerisinde bulunmaktadır. Salamura ürünler olan turşu, zeytin, asma yaprağı gibi benzoik asit yerine benzoik asit tuzları kullanılır. Benzoik asit tuzları başlıca sodyum benzoat ($C_7H_5NaO_2$) ve potasyum benzoattır ($C_7H_5KO_2$) (Yentür ve Bayhan, 1990).

Literatürde yapılan bir çalışmada gıdalara mikroorganizmaların neden olduğu bozulmalardan koruyarak gıda katkı maddelerinin eklendiği belirtilmiştir. Gıda katkı maddeleri, işlenmiş gıdaların raf ömrünü uzatmak için eklenmektedir. Bu yüzden kullanılan yaygın kimyasal koruyucular, benzoik ve sorbik asitler ve bunların tuzlarıdır (sodyum benzoat ve potasyum sorbat) (Tfouni ve Toledo, 2002).

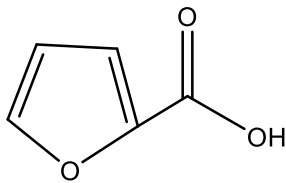
Türk Gıda Kodeksi Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde benzoik asit E210 numarası ile kodlanmıştır. Gıda üretiminde koruyucu katkı maddesi olduğundan gıda endüstrisinde kullanılmaktadır. Bazı bakteriler gıdalarda bozulma ve zehirlenmelere neden olmaktadır. Benzoik asit, katkı maddesi olarak kullanılma nedenlerinden biri bu bakterilere, küf ve

mayalara karşı antimikrobiyal etki göstermesidir (Şendoğan vd., 2021). Hidroksibenzoatlar ve aromatik yapıdaki asit tuzları, N-donör ligant sistemlerinde ve biyolojik fonksiyonlarda önemli rol oynamaktadır. Hidroksibenzoatlar ve fenolik antioksidanlar doğal antioksidanların önemli sınıfları içerisinde yer almaktadırlar. Antimikrobiyal ajanlar içerisinde yer alan benzoik asit, furoik asit ve türevleri besin maddelerinde ve ilaçlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Benzoatların yani karboksilat bileşiklerin bazıları antibakteriyel etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Dermatolojide benzoik asit ile salisilik asit kombinasyon halinde kullanılır. Salisilik asit fungisidal (mantar öldürücü) olarak etki etmektedir. Cilt hastalıklarının tedavisinde Fungaldan da yararlanılmaktadır (Köse vd., 2007).

İlaçların bir bileşeni olan N-donör ligant sistemlerinde, çeşitli vitaminlerde, birçok biyolojik fonksiyonda heterosiklik bileşiklerinden yararlanılmaktadır. İnsan vücudunda heterosiklik bileşikler önemli bir rol oynamaktadır. Bilim insanları heterosiklik bileşenleri bu yüzden araştırmış ve heterosiklik bileşenlerin ligant olarak koordine edildiğini fark etmişler. Birkaç merkez atomu ile heterosiklik bileşenlerin koordinasyon sonucu ligant bileşiği oluşur. Biyolojik aktiviteye etkisi olan önemli ligantların metal kompleksleri, serbest ligantlardan bazen daha etkilidir (Köse vd., 2007). Metal kompleksler son yıllarda ilaçların geliştirilmesi için umut verici bileşikler olarak ilgi görmektedir (Kaya vd., 2014).

1.3. Furan-2 Karboksilli Asit

Furan molekülü aromatik bir bileşiktir. Furan molekülü ayrıca heterosiklik yapıya sahiptir. Heterosiklik, bir aromatik bileşenin halka içinde bulunan birkaç karbon (C) atomunun yerini başka elementlerin (oksijen, azot gibi) aldığı çok halkalı organik bileşiklerdir. Bu bileşik halkanın aromatikliğini ve reaktivitesini değiştirir (Bıyıklı, 2017).



Şekil 3. Furan 2-karboksilik asitin moleküler yapısı

Furan 1870 yılında keşfedilmiştir. Furan (C₄H₄O) molekül formülüne sahip 5 üyeli doymamış bir halka bulunduran bir heterosiklik bileşiktir. Temel halka yapısına sahip olan furan çekirdeği biyolojik olarak aktif madde de bulunur ve endüstriyel alanında

kullanılan önemli bir üründür. Furan halkasını içeren bileşiklere furanlar denilmektedir. Furan halkası içeren bileşiklere tetrahidrofuran örnek olarak verilebilir (Akış, 2019).

Furan renksiz, uçucu ve yanıcı bir sıvıdır. Suda az çözünebilir, oda sıcaklığına yakın kaynama noktasına sahip toksik bir sıvıdır. Furan molekülü organik çözücülerde (alkol, eter ve aseton gibi) kolayca çözünebilir. Toksik bir sıvı olmasından dolayı kanserojen etki gösterebilir. Furan ve furan türevleri tepkimelerde başlangıç maddesi olarak kullanılmıştır. Başlangıç maddesi olarak birçok deneysel çalışmalarda ve bazı sentezlerde kullanılmıştır (Bıyıklı, 2017).

Furan molekülü organik sentezlerde çözücü olarak da kullanılmaktadır. Tetrahidrofuran, pirol ve tiyofenin organik sentezleri buna örnek verilebilir. Furan molekülü reçineler için bir çözücü olarak da kullanılmaktadır. Ayrıca furan molekülü teneke kutularını kaplamada, gıda sektöründe raf ömrünü uzatan maddelerde ve tarım ilaçlarında kullanılmaktadır (Akış, 2019).

Furan molekülü (C_4H_4O) beş üyeli bir yapıdadır. Bir oksijen atomu ve dört karbon atomuna sahiptir. Furan molekülü oksijen bağlı doymamış halka yapısında bir aromatiktir. Bu yapı hückel kuralına uymaktadır yani $4n+2$ elektronlara sahiptir. Bir molekülün aromatik özelliğe sahip olması için hückel kuralına uyması ve konjuge çift bağ bulundurması gerekmektedir. Bir molekülün halkalarında ardışık gelen tek ve çift bağların birbirini takip etmesine konjuge çift bağ adı verilmektedir. Bu diziliş sonucu atomlarla bağ yapan elektronlar atomun etrafında halka boyunca serbest dönebilmektedir. Aromatik olmayan moleküller ile aromatik moleküllerin kimyasal kararlılığı karşılaştırıldığında aromatik özelliğine sahip moleküllerin daha kararlı olduğu bilinmektedir (Bıyıklı, 2017).

Furan molekülünün aromatik özellik göstermesi ayrık çift bağlarının olmaması ve düzlemsel yapıya sahip olması belirtmektedir. Oksijen atomuna ait olan eşleşmemiş halde bulunan elektron çiftleri, üç boyutlu hali incelendiğinde düz halka sisteminin düzleminde uzandığı görülmektedir. Oksijen atomunun iki elektron çifti vardır. Bu elektron çiftlerinden biri sp^2 hibritleşmesi yapar ve bundan dolayı p orbitalleriyle örtüşerek halkanın konjugasyon yapısını korumaktadır. Bunu p orbitalinde bir elektron bulundurabilmesinden dolayı yapar. Bu yüzden de π sistemi ile etkileşimini sağlamaktadır. Oksijen atomuna ait olan diğer elektron çifti düzlemde kalır ve konjugasyona katılmaz. Yani elektron çiftlerinden birisi halkanın içinde bulunan π sistemine dâhil iken diğer elektron çifti ise molekülün yapısında olan C-H bağına benzer şekilde halkanın düzlemi içindedir. Furan molekülünde halka yapıda altı tane π elektronları bulunmaktadır. Bu da halka akımlarını oluşturmaktadır. Halkaya herhangi bir

dış manyetik kuvvet uygulandığında halka içerisinde oluşan akım, uygulanan manyetik alana karşı bir etki göstermektedir (Bıyıklı, 2017).

Furan molekülü vücutta birçok etkiye neden olmaktadır. Bunların başında deride, gözde ve mukus zarında tahriş edici etkiye sahiptir ve yanma hissine neden olur. Furan molekülü geri dönüşümsüz hücre zedelenmesi olarak tanımlanan bronşiyol nekroza ve akciğer ödemine yol açabilir. Furan molekülü emildiği an tonik nöbetlere ve narkoz etkisi yapabilmektedir. Bu da merkezi sinir sisteminde depresyona sebep olur (Akış, 2019).

1.4. Çalışmanın Amacı

Nikotinamid biyolojik fonksiyonlarda önemli bir yere sahiptir. Hücrelerde insan diyeti için gerekli olan niasin vitamininden türetilen NAD⁺ sınırlı miktarda bulunmaktadır.

Nikotinamidin, metal kompleksleri ile yapılan çalışmalar biyokimyada, tıpta ve farmakolojik ilaç dizaynında kullanılabilir.

Heterosiklik bileşikler, N-donör ligant sistemlerinde, biyolojik sistemlerde, birçok vitaminlerde ve ilaçların bir bileşeni olarak önemli bir rol oynamaktadır. Son yıllarda, metal kompleksler ilaçların geliştirilmesi için umut verici bileşikler olarak büyük ilgi görmüştür. Farklı metal iyonları, boyut, şekil, yük yoğunluğu dağılımı ve redoks potansiyellerindeki değişikliklerin bir sonucu olarak ilk organik bileşiklerin (ligantlar) farmakolojik aktivitesinin hem büyüklüğünü hem de yönünü değiştirebilir.

Literatürde nikotinamid geçiş metalleriyle sentezi yapılmış ama furan-2 karboksilli asit molekülü ile sentezi yapılmamış. Bu çalışmada ilk defa kompleksleri sentezlenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Yapılan bir çalışmada 2,3-furandion türevi bileşikler sentezlenmiştir. Bu bileşikler çeşitli nükleofillerle reaksiyonlarını gerçekleştirmiş. Bileşiklerin yapılarını elementel analiz, IR spektrumları tekniklerini kullanılmıştır (Koca, 2003).

Yapılan bir çalışmada Co, Ni, Cu ve Zn iki değerlikli metallerinin m-hidroksibenzoat (m-Hba) ve N, N-dietilnikotinamit (DNA) ile farklı ligant kompleksleri sentezleyerek karakterizasyonunu yapmışlardır. Elemental analiz başta olmak üzere FT-IR spektroskopik çalışma, katı hal UV-VIS spektrofotometrik ve TG-DTA yöntemlerini kullanarak bileşiğin karakterizasyonunu yapmışlardır (Köse, 2007).

Yapılan bir çalışmada Ca (II), Mg (II), Ba (II), Sr (II) metallerinin ilk defa asesülfam-nikotiamide ve asesülfam kompleks ligantları sentezlemiştir. Sentezlenen komplekslerin FT-IR spektroskopisi, erime noktası, kütle spektroskopisi, elementel analiz ve uygun kristallere ayırarak X-Işınları tek kristal kırınım yöntemleri ile karakterize etmiştir. Komplekslerin termal özelliklerini ise eş zamanlı DTA ve TG-DTG teknikleriyle aydınlatılmıştır (Yurdakul, 2013).

Yapılan bir çalışmada yine Pb, Mn, Zn, Co, Ni ve Cu elementlerinin iki değerlikli metalleri ile 4-etilbenzoat ve N,N'-Dietilnikotinamit komplekslerinden elde edilen altı farklı kompleks ilk defa sentezlenmiştir. Ayrıca bu komplekslerin termik analiz metodu ile sentezlenen termal özellikleri belirlenmiştir (Aktaş, vd., 2015).

Yapılan bir çalışmada bazı iki değerlikli geçiş metallerinin kumarilik asit-1,10-fenantrolin ile N,N'-dietilnikotinamit ligantlarını içeren karışık ligantlı koordinasyon bileşiklerini sentezlemiştir ve yapılarını aydınlatılmıştır. Yapıları aydınlatılan molekülleri ise biyolojik aktivasyonları hücre kültürü ortamında incelenmiştir (Dağlı, 2015).

Yapılan bir çalışmada iki yeni furan-3-on türevi sentezlemiştir. Furan-3-on bileşiklerinden biriyle bazı aromatik amin ve diamin türevlerinin reaksiyonlarını gerçekleştirmiş. On adet yeni pirrol-3-on türevi bileşik elde etmiş. Sentezlediği bileşiklerin yapılarını elementel analiz, IR, ¹H-NMR ve ¹³C-NMR spektrum yöntemleri kullanılmıştır (Akyol Yılmaz, 2015).

Yapılan bir çalışmada pirol, furan ve tiyofen içeren makrosiklik ester ve tiyoesterlerin sentezini yapmış ve komplekslerin yapısal özelliklerinin açıklamıştır. Elde ettiği bileşiklerin yapılarını ¹H, ¹³C NMR, IR ve kütle spektroskopisi yöntemleri kullanmıştır (Deliorman, 2016).

Yapılan bir çalışmada nikel (II) 3,4 dimetoksibenzoatların nikotinamit dihidrat kristalini incelemiştir. Elemental analiz, IR, UV-VIS spektrofotometrik yöntemlerini kullanarak bileşiğin karakterizasyonu yapmışlardır (Çelenk Kaya vd., 2017).

Yapılan bir çalışmada Co, Cu, Zn, Cd elementlerinin iki değerlikli metallerinin 3-klorobenzoatların nikotinamit ve *N,N'*-dietilnikotinamit komplekslerini sentezlemiştir. Kompleks bileşiklerin UV-VIS Spektroskopisi, IR, elemental analiz gibi yöntemlerle karakterizasyon çalışmaları yapılmıştır. TGA/DTA metodu ile de komplekslerin termik davranışları belirlenirken aynı zamanda tek kristal X-Işını yöntemi kullanılarak kristal yapıları incelenmiştir (Bozkurt, 2017).

Yapılan bir çalışmada bazı geçiş metallerinin 4-siyanobenzoatların *N,N'*-Dietilnikotinamit ile komplekslerini ilk kez sentezleyerek yapısal analizlerini incelemiştir (Aydoğdu, 2017).

Yapılan bir çalışmada 2-(triflorometil) benzoik asit molekülünün yapısal, spektroskopik ve fotofiziksel özelliklerinin deneysel ve kuramsal yöntemlerle incelenmiş. FT-IR, ¹H, ¹³C ve ¹⁹F NMR, UV-VIS ve floresan spektrumlarını kullanarak analiz yapmıştır (Kuşbazoğlu, 2017).

Yapılan bir çalışmada zirkonyum “Zr” atomu ve zirkonyum topakları “Zr_n (n=2-5)” ile Furan molekülünün oluşturduğu sistemlerin üç farklı spin durumlarında, moleküler ve elektronik yapıları yoğunluk fonksiyon teoremine dayanarak teorik olarak incelemiştir. Çalışma sonucunda elde ettiği yapıların enerji değerlerini, üç boyutlu geometrilerini, dipol momentlerini, bağ uzunlukları, bağ açılarını, IR titreşim frekanslarını, Mulliken atomik yük yoğunluklarını, HOMO (en yüksek dolu moleküler orbital) ve LUMO (en düşük boş moleküler orbital) ayrıntılı şekilde hesaplanmıştır (Bıyıklı, 2017).

Yapılan bir çalışmada iki değerlikli metallerin benzoat komplekslerini sentezlemiştir. 4-tert-bütilbenzoik asidin (TBBA) ve 2,4,6-trimetilbenzoik asit (TMBA) iki değerlikli geçiş metaller ile komplekslerini ve biyolojik öneme sahip nikotinamit, izonikotinamit, dietilnikotinamid karışık ligant komplekslerini içeren farklı ve yeni kompleks ürün sentezlemiştir. Sentezlenen kompleksler üzerinden IR, elemental ve termik analiz, ¹H-NMR spektroskopileri, UV-VIS, tek ve toz kristal X-Işını diffraksiyonu analiz metotları kullanılarak yapıları aydınlatılmaya çalışılmıştır (Özkaya, 2018).

Yapılan bir çalışmada ise iki değerlikli metallerin hacimli benzoat komplekslerinin kimyasal ve fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Yirmi dokuz yeni ve farklı kompleks sentezlemiştir. Bu sentezlenen komplekslerin UV-VIS, elemental ve termik analiz, ¹H-NMR spektroskopileri, IR, kristal X-Işını diffraksiyonu gibi metotlar kullanılarak yapısal analizler yapılmıştır (Özkaya, 2018).

Yapılan başka bir çalışmada bazı benzoiltiyöüre ligantları ile karışık ligant kompleksleri elde etmek amacıyla L-tirozin amino asitleri, L-fenilalanin ve Co (II), Mn (II), Zn (II), Ni (II) ve Cu (II) ve asetat tuzları ile reaksiyon işlemi yapılmıştır. Sentezlenen komplekslerin yapıları, molar iletkenlik, FT-IR, termal analiz, ICP-MS ve manyetik susseptibilite ölçümleri ile karakterize edilmiş. Ligantların karakterizasyonu için ¹³C-NMR ve ¹H yöntemleri de kullanılmıştır (Tüfekyapan ve Karıpcin, 2019).

Yapılan bir çalışmada Evropiyum (III), Terbiyum (III), Holmiyum (III), Erbiyum (III) ve İtterbiyum (III) nadir toprak elementlerinin Asesülfam K-Nikotinamit/*N,N'*-dietilnikotinamit ligantlarını içeren karışık ligantlı koordinasyon bileşiklerini sentezlemiştir. Elementel analiz, fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR), termogravimetrik analiz (TGA/DTA), katı ultraviyole-görünür bölge spektroskopisi (UV-VIS), kütle spektroskopisi (GC-MS) ve erime noktası tayini yöntemleriyle çalışmasını aydınlatmıştır (Zeybel, 2019).

Yapılan bir çalışmada insanlarda bazı hastalıklara sebep olduğu bilinen sentetik gıda katkı maddelerinden; benzoik asit, sodyum nitrat, allura red, tartrazin ve sunset yellow'un farklı dozlarının; bir model organizma olan *C. elegans*'ta yaşam süresi, fertilitite ve fiziksel büyüme üzerine olan etkilerinin belirlenmek amacıyla çalışma yapmıştır. Gıda katkı maddelerinin zamanla insanların vücudunda birikim gösterebileceğini ve bu katkı maddelerine maruz kalan insanların hayat kalitesini olumsuz etkilediğini tespit etmiştir. Ayrıca kanser gibi ölümlerle sonuçlanabilecek hastalıkların ortaya çıkabileceğini de tespit etmiştir (Saraç, 2019).

Yapılan bir başka çalışmada ise furan süstitüe konjue triazol bileşiklerini sentezlemiştir. Bu yapıların kuantum kimyasal hesaplamalarını yapmıştır. Sentezlemiş olduğu bileşiklerin yapılarını FT-IR, ¹H-NMR, ¹³C-NMR, UV-VIS spektroskopik yöntemleri kullanmıştır (Görkem ve Akış, 2019).

Yapılan bir çalışmada heteroaromatik bileşikler sınıfına giren ve halka yapısı 5 üyeden oluşan pirol, furan ve tiyofen türevlerinden başlanarak 12 tane büyük halkalı (makrosiklik) amitleri sentezlemiştir. NMR, IR ve kütle spektroskopisi ile yapıların karakterizasyonu yapmış. Saf olarak elde edilen bileşikler için antibakteriyal-antifungal aktivite analizi yaparak yorumlamıştır (Şahin, 2017).

Yapılan bir çalışmada geçiş metal kompleks katyonlu heptaborat yapıları sentezlemiştir. Erime noktası tayini, elementel analiz, FT-IR, TGA/DTA analizi, UV-VIS analizi, X-Işını kırınımı (XRD) analiz metotları kullanılarak karakterize etmiştir (Genç, 2021).

Yapılan bir çalışmada metal 2-halojenobenzoatların n-heterohalkalı ligantlarla komplekslerinin sentezlemiş ve komplekslerin yapısal, optik karakterizasyonu ve antikanser özelliğini incelemiştir. Sentezlenen komplekslerin kristal yapılarını tek kristal X-Işını diffraksiyonu ile belirlemiştir. Ayrıca yapıları elementel analiz ve FT-IR spektroskopisi yöntemleri ile karakterizasyonunu yapmıştır. İki boyutlu parmak izi grafikleri yardımıyla moleküler etkileşim yüzdelerini hesaplamıştır. Elde edilen komplekslerin optik ve floresans özelliklerini belirlemek için de UV-VIS ve Floresans spektrofotometresini kullanmıştır (İşkey, 2021).

Yapılan bir çalışmada bazı 2-süstitüe-4-(furan-2-ilmetil)-6-metilpiridazin-3(2H)-on türevleri üzerinde çalışmalar yapmıştır. On altı yeni bileşik sentezlemiş ve antimikrobakteriyel aktivitelerini incelemiştir. Sentezlenen bileşiklerin kimyasal yapıları IR, ¹H-NMR, ¹³C-NMR, kütle spektroskopisi ve elemental analiz yöntemleri ile aydınlatılmıştır (Karayavuz, 2021).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler

Nikotinamid %99.5 saflıkta, Furan-2-karboksilik asit %98 saflıkta, Sodyum bikarbonat %99.7 saflıkta, Bakır (II) sülfat tuzu %99 saflıkta, Nikel (II) klorür tuzu %98 saflıkta, Kobalt (Co) (II) klorür tuzu %98 saflıkta, Çinko (Zn) (II) klorür tuzu %98 saflıkta Sigma-Aldrich'den satın alındı.

3.2. Yararlanılan Alet ve Cihazlar

Erime noktası tayini Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü'nde Gallenkamp model cihazı ile gerçekleştirildi.

Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü'nde Elemental analizler, Leco CHNS-932 (Michigan, USA) cihazı ile yapıldı.

Infrared çalışmaları FT-IR spektrometresi 4000-400 cm^{-1} aralığında, Elmer Perkin cihazı Kafkas Üniversitesi'nde yapılmıştır.

Tek kristal X-Işını yapı analizi Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü'nde Bruker /D8 QUEST diffraktometre cihazı ile yapıldı.

UV-VIS çalışmaları Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü'nde Perkin Elmer Lambda 35 model Ultraviyole-Visible (UV-VIS) Spektrometre cihazı ile yapıldı.

Kütle spektroskopisi çalışması Thermo-Finnigan mass analyzer (San Jose, USA), Varian 320-MS (TQ Mass Spectrometer) cihazı ile yapıldı.

3.3. Metot

3.3.1. Erime Noktası Tayini

Erime noktasının tayini ile elimizde bulunan numunenin yapısındaki bileşiğin ne olduğu hakkında tahmin yapabiliriz. Her bileşiğin kendine özgü erime noktası vardır. Dekompoze olan (bileşenlerine ayırma) parçalanmış maddeler erime noktalarında erimezler. Bu tip maddelerin dekompoze oldukları zaman oluşan renk değişimi daha önemlidir. Madde belirli sıcaklıkta parçalandıktan sonra yaklaşık 30°C daha ısıtmaya devam edilir. Madde de bir değişiklik yoksa tespit edilen ilk nokta o madde için erime noktası olarak belirlenir. Madde de erime gözlemlendiği zaman maddenin sıvı hale geçtiği son nokta ise o madde için erime noktası olarak kabul edilir (Genç, 2021).

Bir katıya düzenli bir ısı verdiğimizde katı maddenin molekülleri titreşim, dönme hareketi yapar. Belli bir sıcaklığa kadar katı maddeler, katı hallerini korumaktadır. Belirli bir sıcaklığa geldiğinde ısının etkisi ile moleküller arası çekim kuvveti zayıflayarak sıvılaşmaya başlar. Erime noktası, bir maddenin 1 atmosfer basınç altında, katı ve sıvı fazlarıyla dengede olduğu sıcaklıktır. Bir madde erime noktasına geldiğinde sıcaklığı sabit kalır. Erime noktası katı bir maddeye özgü bir fiziksel özelliktir (Zeybel, 2019).

3.3.2. Elemental Analiz

Elemental analiz yönteminde kimyasal maddelerin yapısında yer alan Karbon (C), Hidrojen (H), Azot (N) ve Kükürt (S) elementlerinin yüksek sıcaklıklarda tayin edilmelerine olanak sunmaktadır. Katı, sıvı ve gaz halinde olan maddeleri yüksek sıcaklıkta yakarak elementlerini analiz eder. Elemental analiz ile oksijen elementi de tayin edilmektedir (Zeybel, 2019).

Elemental analiz yöntemi sentezlenen komplekslerin içerisinde bulunan elementlerin miktarları hakkında veri elde etmemizi sağlayan bir yöntemdir. Teorik bilgi ile deneysel veriler karşılaştırılarak sentezlenen komplekslerin yapısında bulunan elementlerin yüzdeleri hakkında bir fikir yürütmemize yardımcı olur (Bozkurt, 2017).

Sentezlenen komplekslerin içerdiği elementlerin hidrojen (H), karbon (C) ve azot (N) miktarları elemental analiz çalışmasıyla komplekslerin yapısı aydınlatılmıştır (Aktaş vd., 2015).

3.3.3. Infrared Spektrum (IR)

Infrared spektrumu organik bir maddenin saf olup olmadığı hakkında bilgi vermez. O maddenin yapısının nasıl olduğu ile ilgili bilgi almamıza yardımcı olan bir yöntemdir. IR spektroskopi ile sentezlenen komplekslerin yapısında bulunan atomlar ve atomların birbiriyle bağlanma pozisyonları, fonksiyonel gruplar belirlenir. Ayrıca atomların ve fonksiyonel grupların oluşturduğu titreşim frekanslarından bulunan bağların türleri hakkında bilgi edinmemizi sağlar (Aktaş vd., 2015).

IR spektroskopisi analitik bir yöntemdir ve komplekslerin yapı aydınlatılmasında kullanılır. Komplerdeki çeşitli bağların titreşim frekansını ölçer, komplesteki geometrik şekilleri ve yapısında bulunan bağların türleri hakkında fikir yürütülebilecek bilgi verir (Zeybel, 2019).

3.3.4. X-Işını Yapı Analizi

Bu analiz yönteminde bir molekülün atomik seviyede, X-Işını cihazıyla molekülün kristal yapısı ve içeriğinin görüntülenmesi olarak tanımlanmaktadır. Elde edilen görüntüye göre atomlar arası bağ mesafesi ve açıları tespit edilir (Aktaş vd., 2015).

X-Işınlarıyla kristal yapılar incelenebilmektedir. Bunun sebebi ise kristallerin düzenli tekrar eden iç yapılarının olmasından kaynaklanmaktadır. Kristaller aynı yönelime sahip olan üç boyutlu ritmik aralıklarda sıralanmış atomlardan meydana gelmiştir. Atomik boyutlar ve X-Işınlarının dalga boyları birbirleri ile uyumludurlar. Kristaller bu yüzden X-Işınları ile doğal kırınım ağı davranışı sergileyerek üzerlerine gelen radyasyon ışınının saçılmasına neden olurlar. Saçılan bu radyasyon ise belli kristalografik yönlerde maksimum ve minimum kırınım deseni oluşturur. Maksimum kırınım deseni Bragg açısında birbirlerini kuvvetlendirerek oluşurlar. Minimum kırınım deseni ise kristalografik yönlerde söndürülerek oluşmaktadır. X-Işınları yapı analizinde, kırınım deseni oluşturmak için kristale ait olan ters örgü uzay görüntüsü elde edilir. Kristal yapının uzun ve karmaşık işlemlerle çözülmesini kırınım desenlerinden yararlanılır (Aktaş vd., 2015).

Bir molekülün incelenmesi demek ona ait tüm spesifik özelliklerinin tanımlanması demektir. Son gelişen teknolojiyle karmaşık kristal yapıları çözmek daha kolaylaştı. Hızlı bilgisayar ve okuyucular bu teknolojilere örnek verilebilir. Ayrıca mineralojinin bir alt dalı olan kristalografın, kristal analizlerin yapılması ve yorumlanmasında temel taşı oluşturmaktadır (Bozkurt, 2017).

3.3.5. Elektronik Spektrum (UV-VIS)

Elektron spektrum analizinin çalışma prensibi, molekülün görünür bölge veya ultraviyole bölgede absorpsiyon vermesine ve sonuca bağlı olarak kantitatif analiz için kullanılan bir analiz yöntemidir. UV-VIS spektroskopisi elektronik spektroskopi da denilmektedir. Bu yöntem maddede bulunan elektronları tespit eder (Aktaş vd., 2015).

Elektromanyetik enerjiyi veya ışın enerjisini absorblayan, maddenin en dış katmanında olan elektronlar ve bağ elektronlarıdır. Bu yapılar ışık ışınlarını absorbladığı zaman yüksek enerji seviyesine çıkarlar. Enerjileri düşük olan bağlar, uzun dalga boyuna sahip yani düşük enerjili ışınlarda absorbe edilirler. Enerjileri büyük olan bağlar ise kısa dalga boyuna sahip yani yüksek enerjili ışınlar tarafından absorbe edilirler. Farklı dalga boyundaki ışınlar farklı bağlar ile absorbe edilmesi araştırmacılara molekülün analiz olanağı vermektedir. Fonksiyonel grup taşıyan moleküllerdeki elektronlar üst enerji katmanına kolaylıkla çıkabilmektedir. Bu elektronların uyarılabilmesi için de dalga boyu

uzun, düşük enerjiye sahip ışınlar yeterli olmaktadır. Tek bağlı ve üzerinde fonksiyonel grup taşımayan molekül için kısa dalga boyu, yüksek enerjiye sahip ışınlar yeterli olmaktadır (Genç, 2021).

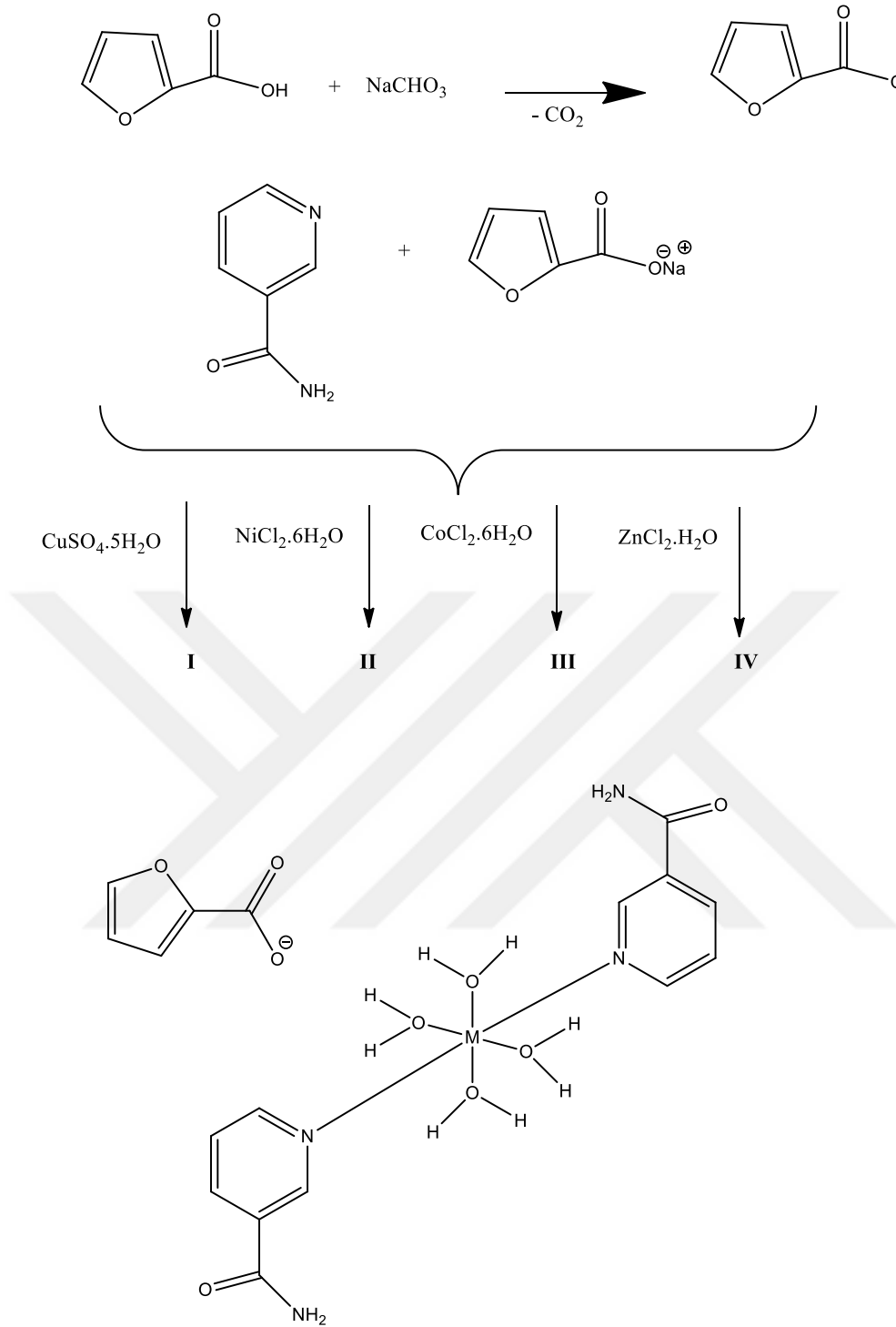
160-780 nm dalga boyları arasındaki ışığı, moleküler absorpsiyon spektroskopisi ölçebilmektedir. Moleküler absorpsiyon spektroskopisi cihazı bir hücredeki çözeltinin absorbansının (A) ve geçirgenliğinin (T) ölçer. Moleküldeki bağ elektronlarının uyarılması absorpsiyon neden olmaktadır. UV-VIS spektroskopisi organik ve inorganik bileşiklerin analizinde kullanılır (Zeybel, 2019).

3.3.6. Kütle Spektrum (MASS)

Kütle spektrum metoduyla molekül ve molekülü oluşturan parçacıkların formül kütlelerine karşılık gelen iyon kütlelerinin bir spektrumudur. Kütle spektrum grafiklerinde x-ekseni ve y-ekseni bulunmaktadır. Kütle spektrumunda x-ekseninde yer alan pikler molekülde oluşan parçacıkların kütle dağılımına karşılık gelmektedir. Oluşan piklerin y-eksenine karşılık gelen değerler ise molekülde oluşan iyonların bağlı miktarlarını ifade eder (Aktaş vd., 2015).

3.4. Sentez

İlk defa sentezlenmiş olan dört farklı kompleksin sentez işlemleri aşağıda ifade edilmiştir.



Şekil 4. Furan-2 karboksil açıklama şablonu

Altı veya daha fazla azot atomu içeren büyük poliaza makrosiklik moleküller bir veya daha fazla metal iyonuyla Şekil 4'deki gibi kararlı metal kompleksleri oluşturur. Şekil 4'te verilen koordinasyon bileşiğinin merkezinde (M) geçiş metallerinin Ni (II), Cu (II), Co (II), Zn (II) diğer atomlara bağlanma şeklini gösterir. Kobalt (II), Nikel (II), Bakır (II), Çinko (II) Furan-2-karboksilatların, NA ile dört yeni kompleksini sentezledik. Sentezlenen metal kompleksler için kullanılan ligant nikotinamittir. Tablo 1'de sentezlenen bileşikler daha kısa yolla ifade edildiği numaralandırma verilmektedir.

Tablo 1. Sentezlenen kompleksler ve numaralandırılması

Kompleksin açık adı	Kompleksin Formülü	Kompleksin Kodu
Tetraakuabis (piridin-3-karboksamid- κN) Bakır (II) furan-2-karboksilat	$C_{17}H_{23}N_4O_9Cu$	I
Tetraakuabis (piridin-3-karboksamid- κN) Nikel (II) furan-2-karboksilat	$C_{17}H_{23}N_4O_9Ni$	II
Tetraakuabis (piridin-3-karboksamid- κN) Kobalt (II) furan-2-karboksilat	$C_{17}H_{23}N_4O_9Co$	III
Tetraakuabis (piridin-3-karboksamid- κN) Çinko (II) furan-2-karboksilat	$C_{17}H_{23}N_4O_9Zn$	IV

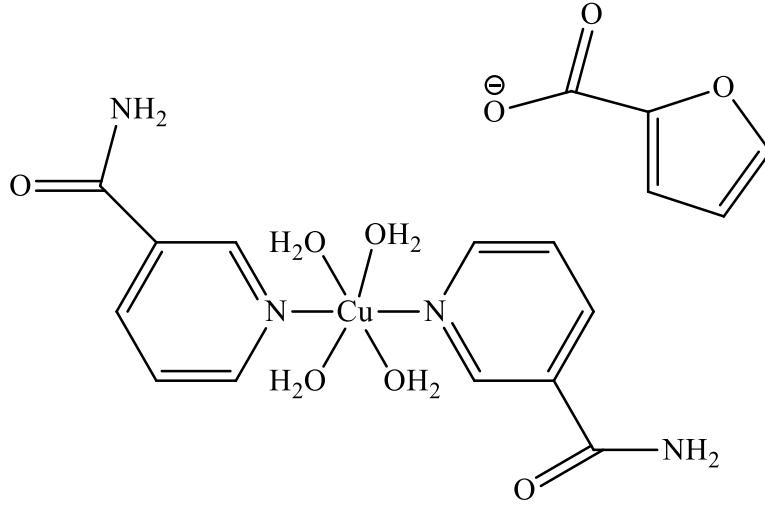
3.4.1. $C_{17}H_{23}N_4O_9Cu$ (I) Kompleksin Sentezi

Furan 2-karboksilik asit (1 g, 8.92 mmol), sodyum bikarbonatın (0.74 g, 8.92 mmol) saf sudaki çözeltisiyle kaynama sıcaklığında reaksiyona sokularak sodyum furan-2-karboksilat elde edildi. Tepkime esnasında oluşan CO_2 gazı ortamdaki tamamen uzaklaştırılmaya kadar karıştırma işlemine devam edildi. Elde edilen ürün oda sıcaklığına soğutuldu. Ayrı bir balonda bakır (II) sülfat tuzunun (1.11 g, 4.46 mmol) saf sudaki çözeltisi (50 mL), nikotinamitin (1.08 g, 8.92 mmol) saf sudaki çözeltisiyle karıştırıldı ve oluşan karışımın daha önceden elde ettiğimiz sodyum furan-2-karboksilat çözeltisi ile reaksiyonu sonucu Tetraakuabis (piridin-3-karboksamid- κN) bakır (II) furan-2-karboksilat kompleksinin eldesi gerçekleştirildi. Elde edilen bileşik saf suda oda sıcaklığında kristallendirildi, oluşan kristaller süzülerek, oda sıcaklığında P_2O_5 varlığında vakum ortamında kurutuldu (Kaya, 2004).

Erime Noktası: 254-256°C.

IR (CH_2Cl_2 , cm^{-1}): 3308, 3144, 3053, 1685, 1631, 1582, 1535, 1472, 1428, 1364, 1390, 1227, 1191, 1137, 1121, 1065, 1007, 1017, 942, 931, 881, 789, 761, 697, 672, 652, 610.

Elementel Analiz: Hesaplanan $C_{17}H_{23}N_4O_9Cu$: C 41.59, H 4.72, N 11.41; Bulunan: C 41.65, H 4.59, N 11.61. MS: m/z 490 $[M]^+$.



Şekil 5. I'inci kompleksin molekül yapısı

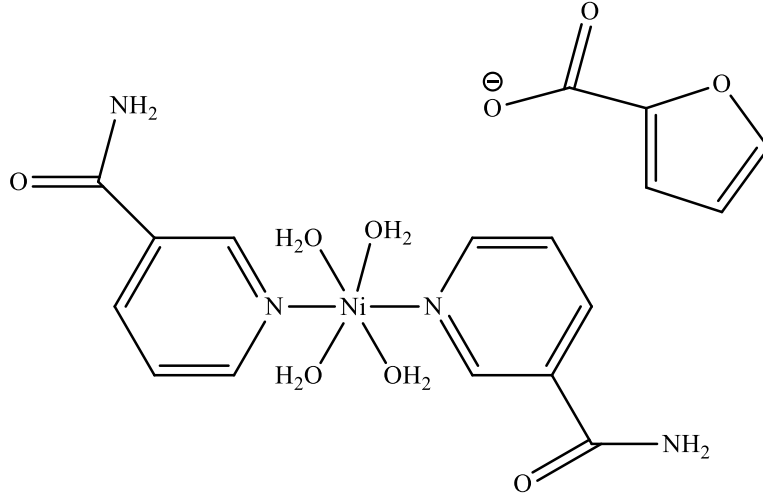
3.4.2. C₁₇H₂₃N₄O₉Ni (II) Kompleksin Sentezi

Furan 2-karboksilik asit (1 g, 8.92 mmol), sodyum bikarbonatın (0.74 g, 8.92 mmol) saf sudaki çözeltisiyle kaynama sıcaklığında reaksiyona sokularak sodyum furan-2-karboksilat elde edildi. Tepkime esnasında oluşan CO₂ gazı ortamdaki tamamen uzaklaştırılmaya kadar karıştırma işlemine devam edildi. Elde edilen ürün oda sıcaklığına soğutuldu. Ayrı bir balonda nikel (II) klorür tuzunun (1.06 g, 4.46 mmol) saf sudaki çözeltisi (50 mL), nikotinamitin (1.08 g, 8.92 mmol) saf sudaki çözeltisiyle karıştırıldı ve oluşan karışımın daha önceden elde ettiğimiz sodyum furan-2-karboksilat çözeltisi ile reaksiyonu sonucu Tetraakuabis (piridin-3-karboksamid-κN) nikel (II) furan-2-karboksilat kompleksinin eldesi gerçekleştirildi. Elde edilen bileşik saf suda oda sıcaklığında kristallendirildi, oluşan kristaller süzülerek, oda sıcaklığında P₂O₅ varlığında vakum ortamında kurutuldu (Kaya, 2004).

Erime Noktası: 333-334°C.

IR (CH₂Cl₂, cm⁻¹): 3289, 3147, 3055, 1688, 1634, 1583, 1543, 1472, 1428, 1403, 1362, 1226, 1202, 1192, 1158, 1139, 1120, 1075, 1060, 1017, 1005, 931, 882, 835, 789, 760, 700, 655, 646, 611.

Elementel Analiz: Hesaplanan C₁₇H₂₃N₄O₉Ni: C 42.01, H 4.77, N 11.53; Bulunan: C 42.11, H 4.83, N 11.47. MS: m/z 485 [M]⁺.



Şekil 6. **III**'nci kompleksin molekül yapısı

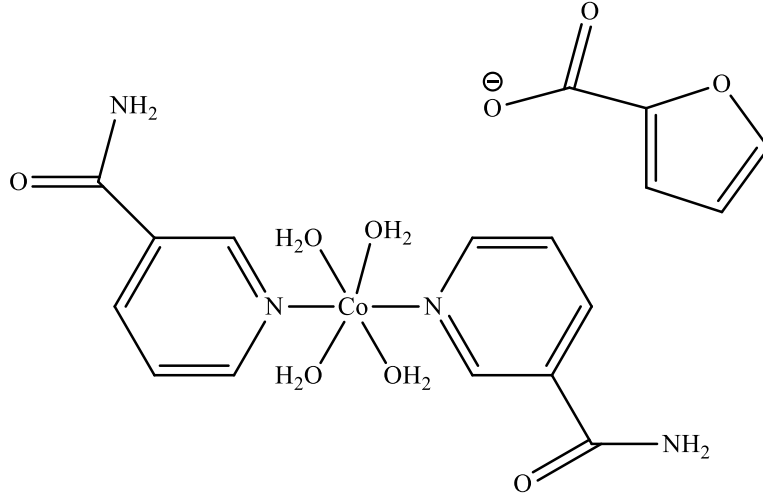
3.4.3. C₁₇H₂₃N₄O₉Co (III) Kompleksin Sentezi

Furan 2-karboksilik asit (1 g, 8.92 mmol), sodyum bikarbonatın (0.74 g, 8.92 mmol) saf sudaki çözeltisiyle kaynama sıcaklığında reaksiyona sokularak sodyum furan-2-karboksilat elde edildi. Tepkime esnasında oluşan CO₂ gazı ortamdandan tamamen uzaklaştırılıncaya kadar karıştırma işlemine devam edildi. Elde edilen ürün oda sıcaklığına soğutuldu. Ayrı bir balonda kobalt (II) klorür tuzunun (1.06 g, 4.46 mmol) saf sudaki çözeltisi (50 mL), nikotinamitin (1.08 g, 8.92 mmol) saf sudaki çözeltisiyle karıştırıldı ve oluşan karışımın daha önceden elde ettiğimiz sodyum furan-2-karboksilat çözeltisi ile reaksiyonu sonucu Tetraakuabis (piridin-3-karboksamid-κN) kobalt (II) furan-2-karboksilat kompleksinin eldesi gerçekleştirildi. Elde edilen bileşik saf suda oda sıcaklığında kristallendirildi, oluşan kristaller süzülerek, oda sıcaklığında P₂O₅ varlığında vakum ortamında kurutuldu (Kaya, 2004).

Erime Noktası: 248-250°C.

IR (CH₂Cl₂, cm⁻¹): 3295, 3148, 3055, 1686, 1632, 1582, 1541, 1472, 1426, 1389, 1362, 1226, 1192, 1157, 1139, 1119, 1075, 1057, 1017, 1004, 931, 882, 835, 788, 760, 699, 654, 643, 611.

Elementel Analiz: Hesaplanan C₁₇H₂₃N₄O₉Co: C 41.99, H 4.77, N 11.52; Bulunan: C 41.54, H 4.70, N 11.38. MS: m/z 487 [M+1]⁺.



Şekil 7. **III**'üncü kompleksin molekül yapısı

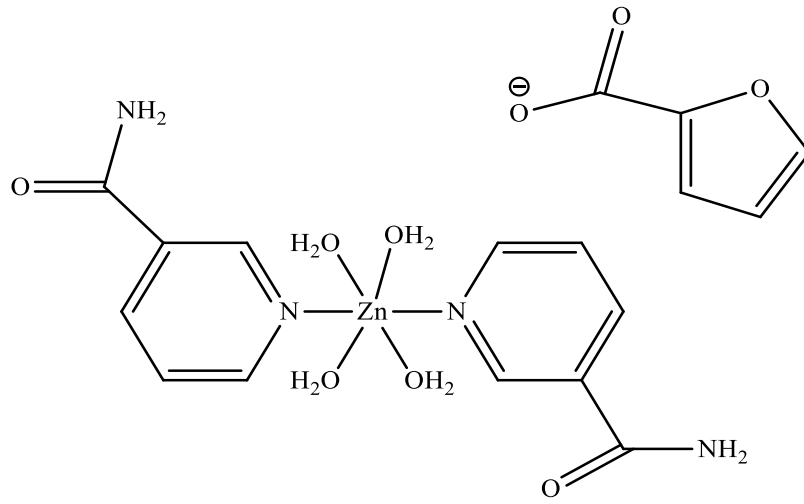
3.4.4. $C_{17}H_{23}N_4O_9Zn$ (IV) Kompleksin Sentezi

Furan 2-karboksilik asit (1 g, 8.92 mmol), sodyum bikarbonatın (0.74 g, 8.92 mmol) saf sudaki çözeltisiyle kaynama sıcaklığında reaksiyona sokularak sodyum furan-2-karboksilat elde edildi. Tepkime esnasında oluşan CO_2 gazı ortamdandan tamamen uzaklaştırılıncaya kadar karıştırma işlemine devam edildi. Elde edilen ürün oda sıcaklığına soğutuldu. Ayrı bir balonda çinko (II) klorür tuzunun (0.68 g, 4.46 mmol) saf sudaki çözeltisi (50 mL), nikotinamitin (1.08 g, 8.92 mmol) saf sudaki çözeltisiyle karıştırıldı ve oluşan karışımın daha önceden elde ettiğimiz sodyum furan-2-karboksilat çözeltisi ile reaksiyonu sonucu Tetraakuabis (piridin-3-karboksamid- κN) çinko (II) furan-2-karboksilat kompleksinin eldesi gerçekleştirildi. Elde edilen bileşik saf suda oda sıcaklığında kristallendirildi, oluşan kristaller süzülerek, oda sıcaklığında P_2O_5 varlığında vakum ortamında kurutuldu (Kaya, 2004).

Erime Noktası: 118-120°C.

IR (CH_2Cl_2 , cm^{-1}): 3314, 3147, 3057, 1687, 1637, 1583, 1542, 1473, 1427, 1363, 1390, 1226, 1203, 1192, 1157, 1139, 1119, 1075, 1059, 1017, 1005, 931, 881, 788, 760, 646, 655, 666, 610.

Elementel Analiz: Hesaplanan $C_{17}H_{23}N_4O_9Zn$: C 41.44, H 4.70, N 11.37; Bulunan: C 41.51, H 4.68, N 11.32. MS: m/z 491 $[M]^+$.



Şekil 8. **IV**'üncü kompleksinin molekül yapısı

4. BULGULAR

4.1. Erime Noktası Tayini

Sentezlenmiş dört kompleksin erime noktaları belirlenerek Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Komplekslerin erime noktası analiz sonucu

Numunenin Adı	Erime Noktası
I	254-256°C
II	333-334°C
III	248-250°C
IV	118-120°C

4.2. Elemental Analiz

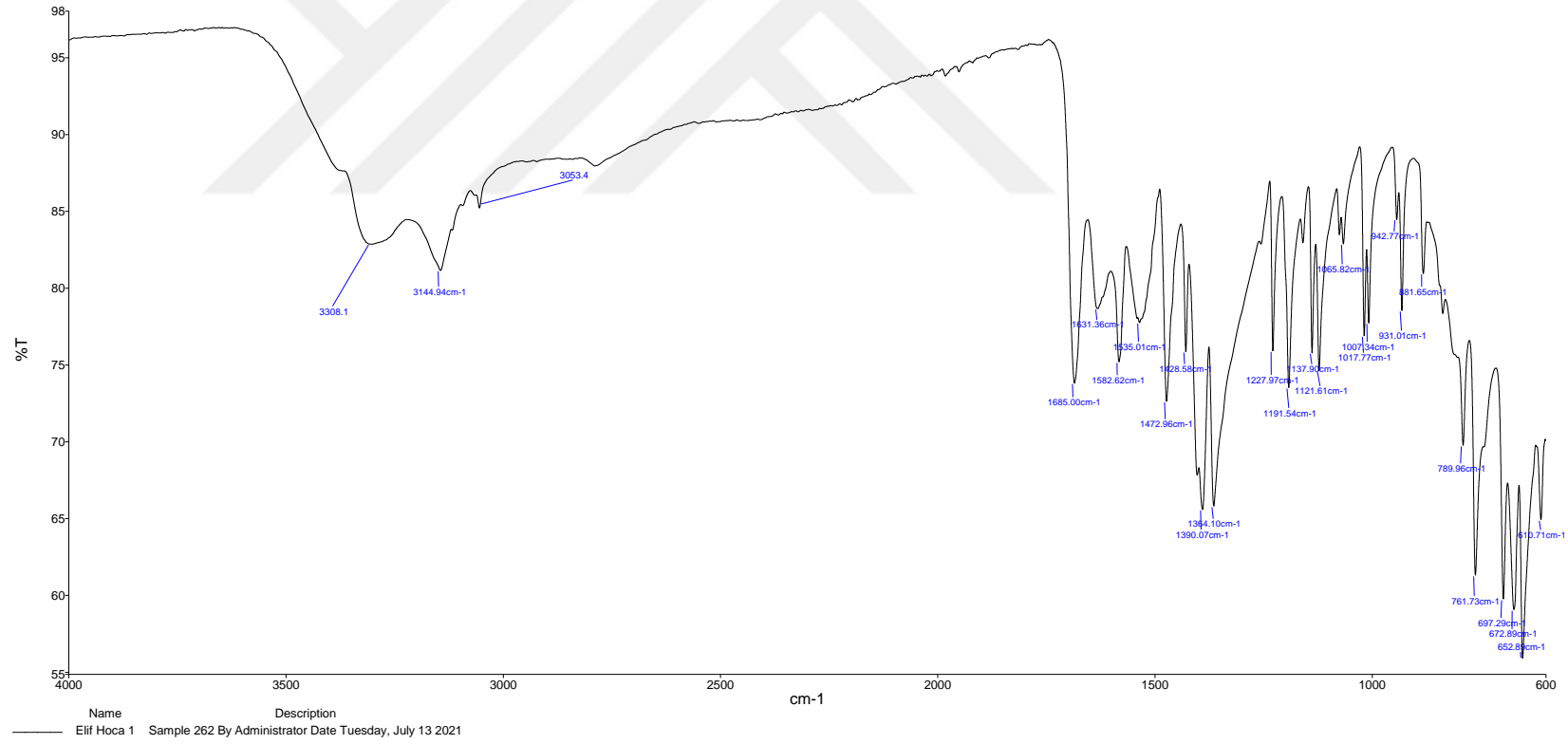
Sentezlenen dört kompleksin elemental analizleri yapılarak tabloları çizildi. Bu veriler Tablo 3’te verilmektedir.

Tablo 3. Komplekslerin elemental analiz verileri

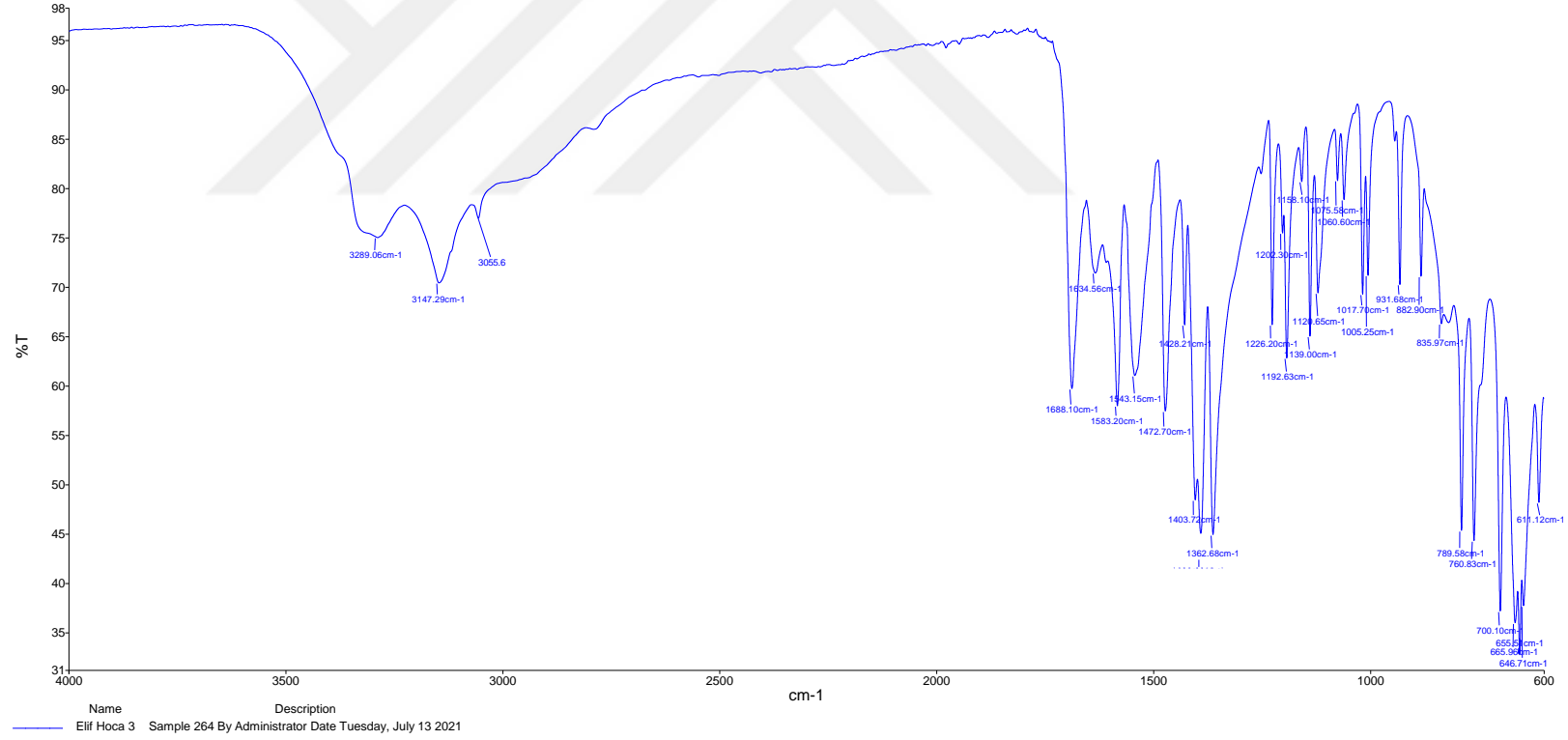
Numunenin Adı	Kompleksler	%C		%H		%N	
		Denel-	Teorik	Denel-	Teorik	Denel-	Teorik
I	C ₁₇ H ₂₃ N ₄ O ₉ Cu	41.59	41.65	4.72	4.59	11.41	11.61
II	C ₁₇ H ₂₃ N ₄ O ₉ Ni	42.01	42.11	4.77	4.83	11.53	11.47
III	C ₁₇ H ₂₃ N ₄ O ₉ Co	41.99	41.54	4.77	4.70	11.52	11.38
IV	C ₁₇ H ₂₃ N ₄ O ₉ Zn	41.44	41.51	4.70	4.68	11.37	11.32

4.3. Infrared Spektrumu (IR)

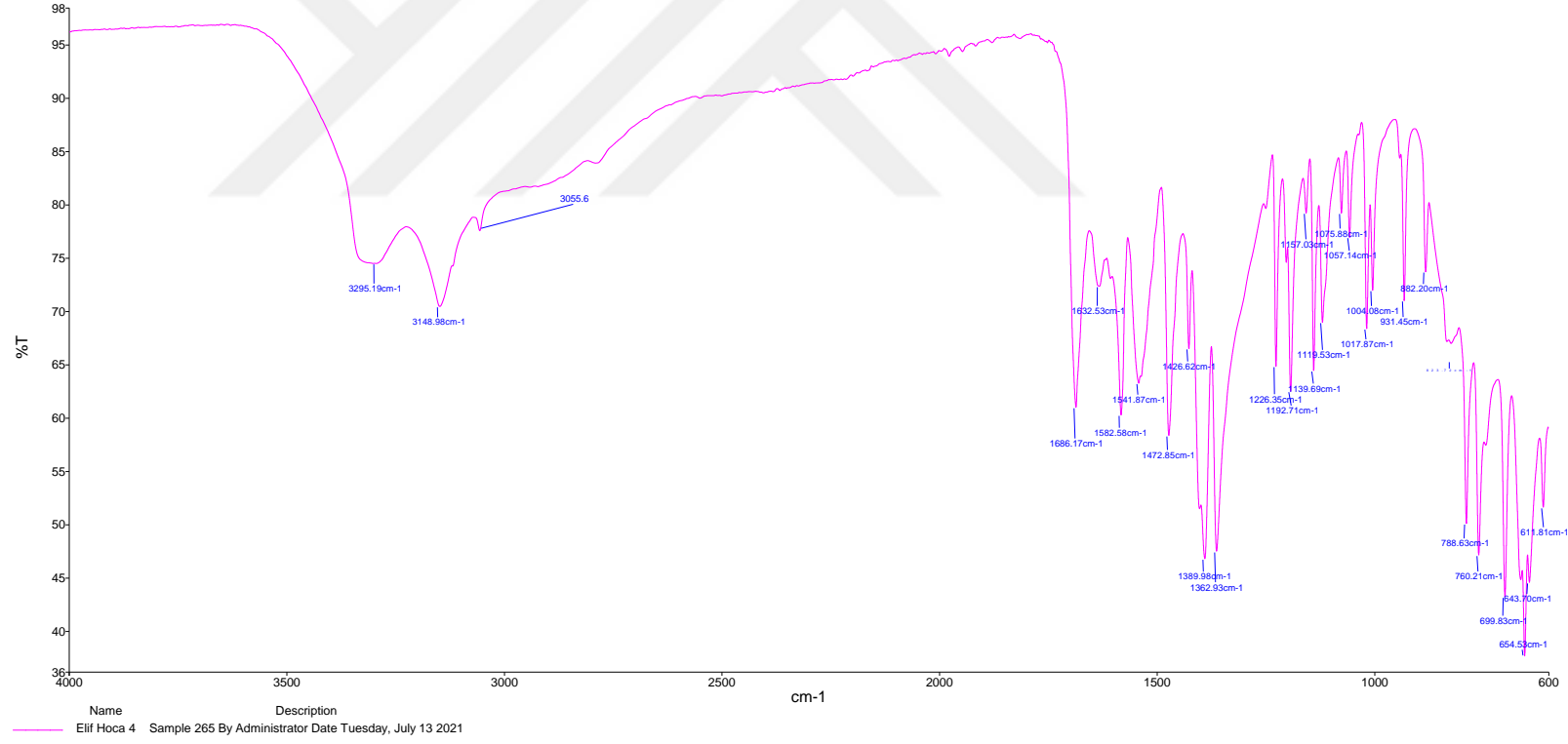
Sentezlenen 4 farklı komplekse ait FT-IR spektrumları Şekil 9, Şekil 10, Şekil 11 ve Şekil 12’de verilmiştir. Bu komplekslere ait FT-IR spektrum değerleri Tablo 4’te verilmektedir.



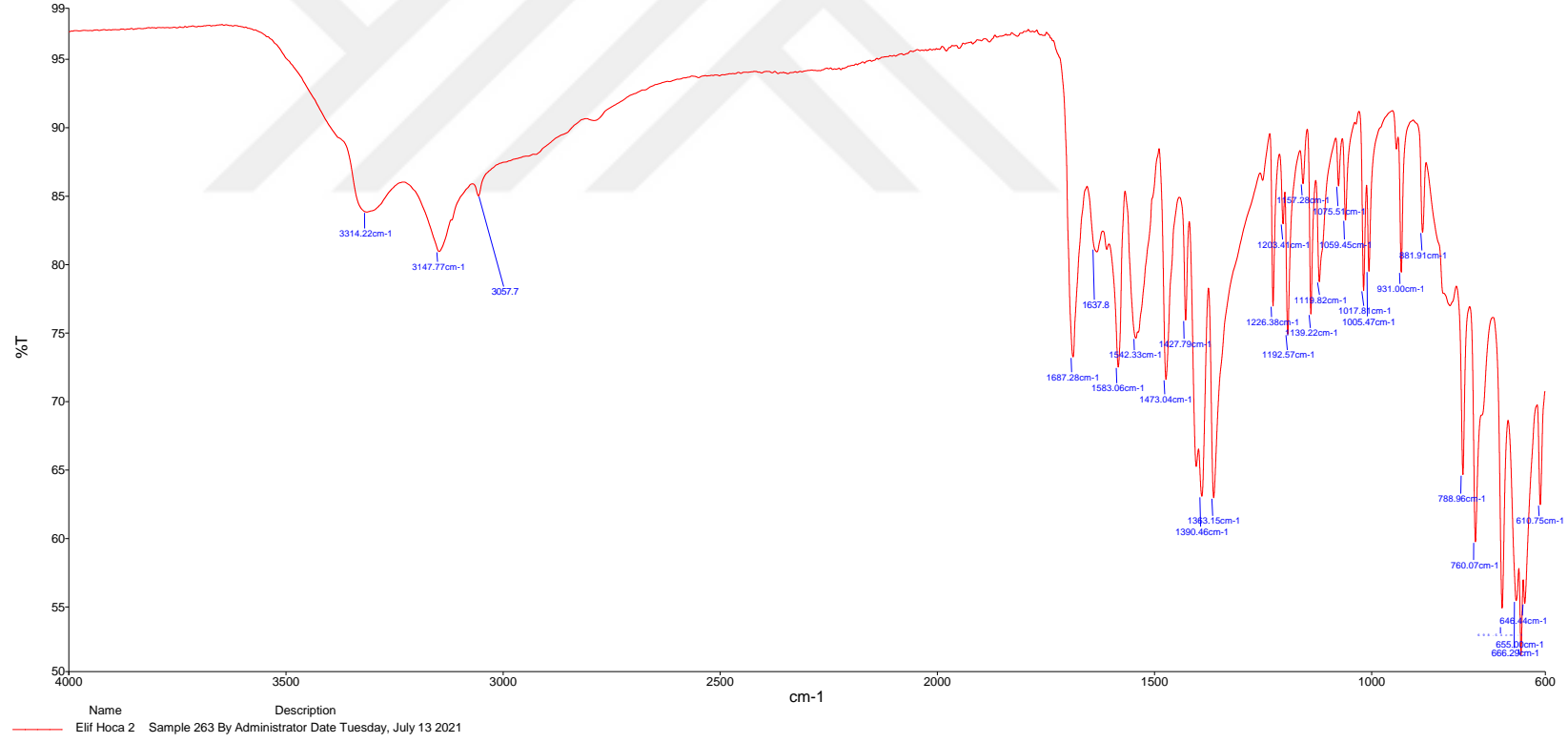
Şekil 9. I nolu kompleksine ait FT-IR spektrumu



Şekil 10. II nolu kompleksine ait FT-IR spektrumu



Şekil 11. III nolu kompleksine ait FT-IR spektrumu



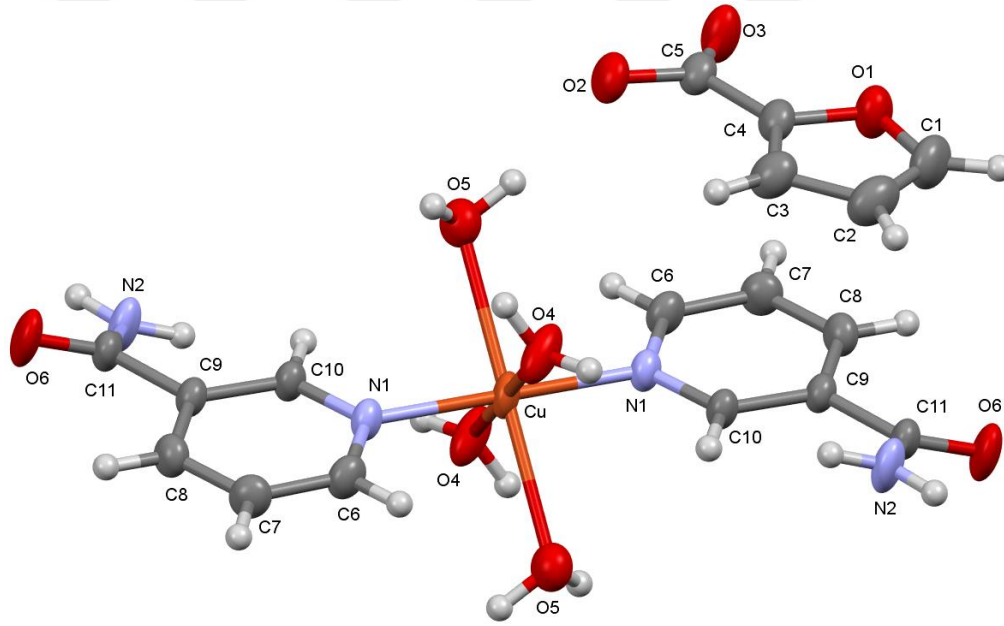
Şekil 12. IV nolu kompleksine ait FT-IR spektrumu

Tablo 4. Komplekslerin FT-IR Spektrumları (cm⁻¹)

GRUPLAR	I	II	III	IV
$\nu(\text{OH})_{\text{H}_2\text{O}}$	3600-3000	3600-3000	3600-3000	3600-3000
$\nu(\text{C}=\text{O})_{\text{amid}}$	1685	1688	1686	1687
$\nu(\text{C}-\text{H})_{\text{halka}}$	3053	3055	3055	3057
$\nu(\text{C}=\text{C})_{\text{halka}}$	1582	1583	1582	1583
$\nu(\text{C}=\text{O}-\text{C}=\text{O})_{\text{furan}}$	1191	1192	1192	1192
$\nu(\text{N}-\text{H})_{\text{amid}}$	3308-3144	3289-3147	3295-3148	3314-3147
$\nu(\text{C}-\text{N})_{\text{amid}}$	1137	1158	1157	1157
$\nu(\text{C}-\text{N})_{\text{py}}$	1065	1060	1057	1059
$\nu(\text{COO})_{\text{asit}}$	-	-	-	-
$\nu(\text{M}-\text{N})$	761	760	760	760

4.4. Tek Kristal X-Işını Diffraksiyonu

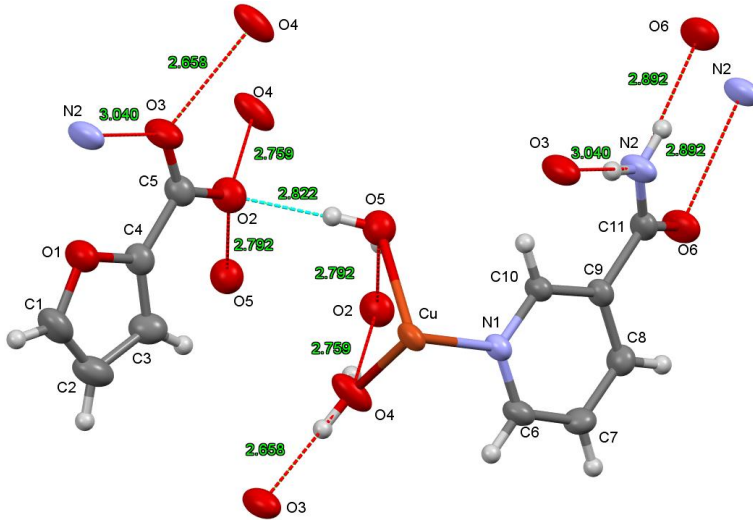
Sentezlenen 4 farklı komplekse ait yapıları Şekil 13-24'de verilmektedir. Bu komplekslere tek kristal X-Işını diffraksiyon değerleri Tablo 5-16'da verilmektedir.



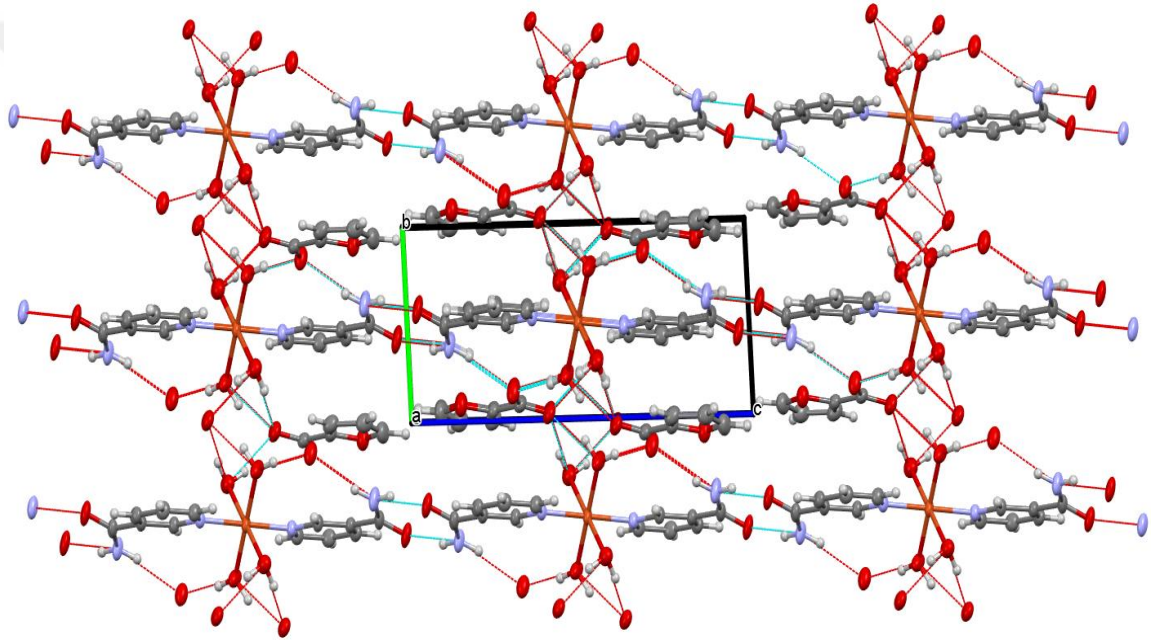
Şekil 13. I nolu kompleksinin tek kristal yapı analizi

N-H...O ve O-H...O alıcı ve verici hidrojen bağları negatif ve pozitif potansiyellere sahip olan atomların etrafında mavi ve kırmızı bölgeler olarak gösterilir. Hidrojen bağı ve Van der Waals etkileşimi, kristal sarmaldaki baskın etkileşimler oluşturmaktadır.

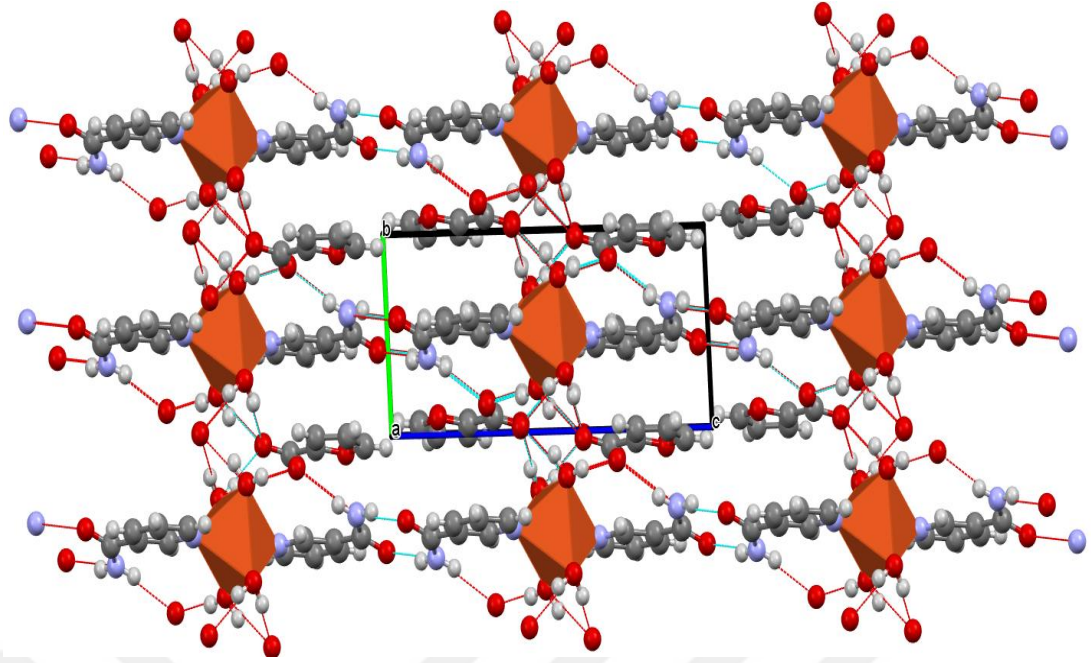
Hidrojen bağı alıcıları negatif elektrostatik potansiyeline sahiptir ve kırmızı bölge ile gösterilirken hidrojen bağı donörleri pozitif elektrostatik potansiyeline sahiptir ve mavi bölge olarak gösterilmiştir.



Şekil 14. I nolu asimetric birimde hidrojen bağı geometrisi



Şekil 15. I nolu molekülün a -ekseni boyunca kristal örgü görüntüsü



Şekil 16. I nolu molekülün α -ekseni boyunca polihedral gösterimi

Tablo 5. I nolu kompleksin kristal verileri, veri toplama ve yapı arıtma

Kimyasal Formülü	$C_{17}H_{23}N_4O_9Cu$
M_r	490.08
Kristal sistem, uzay grubu	Triklinik, P-1
Sıcaklık (K)	300.01
a, b, c (Å)	7.0348 (5), 7.1653 (5), 14.1285 (10)
α, β, γ (°)	85.951 (3), 76.903 (3), 62.196 (2)
V (Å ³)	613.05 (8)
Z	1
Radasyon kaynağı	Mo K_α
μ (mm ⁻¹)	0.965
Kristal boyutu (mm)	0.15 × 0.15 × 0.08
Veri toplamı	
Diffraktometre	Bruker APEX-II CCD
$\Delta\rho_{max}, \Delta\rho_{min}$ (e Å ⁻³)	0.35 – 0.69

Tablo 6. I nolu molekülün bağ mesafeleri ve uzaklıkları

	s.u	n.s	n.p	ta	tb	tc	x2	y2	z2
Cu - O(4)	2.0154 0.0014	1*	1	0	1	1	0.27327	0.22299	0.45989
Cu - O(5)	2.4171 0.0014	1*	1	0	1	1	-0.19427	0.29348	0.54803
Cu - O(2)	3.6958 0.0014	1*	1	0	-1	0	0.18165	-0.03425	0.59711
Cu - O(2)	3.6958 0.0014	1*	1	0	2	1	-0.18165	1.03425	0.40289
Cu - N(1)	1.9936 0.0014	1*	1	0	1	1	0.05811	0.47062	0.63336
Cu - C(6)	2.9301 0.0017	1*	1	0	1	1	0.25474	0.43156	0.64840
Cu - H(6)	2.9727 0.0000	1*	1	0	1	1	0.36754	0.41425	0.59497
Cu - C(10)	2.9043 0.0017	1*	1	0	1	1	-0.10298	0.49554	0.71091
Cu - H(10)	2.9264 0.0000	1*	1	0	1	1	-0.23986	0.52356	0.70090
Cu - H(4B)	2.6715 0.0000	1*	1	0	1	1	0.38400	0.18500	0.41140
Cu - H(4A)	2.5520 0.0000	1*	1	0	1	1	0.28230	0.11120	0.49500
Cu - H(5B)	2.7447 0.0000	1*	1	0	1	1	-0.09660	0.18109	0.57240
Cu - H(5A)	2.8792 0.0000	1*	1	0	1	1	-0.20360	0.23320	0.49780

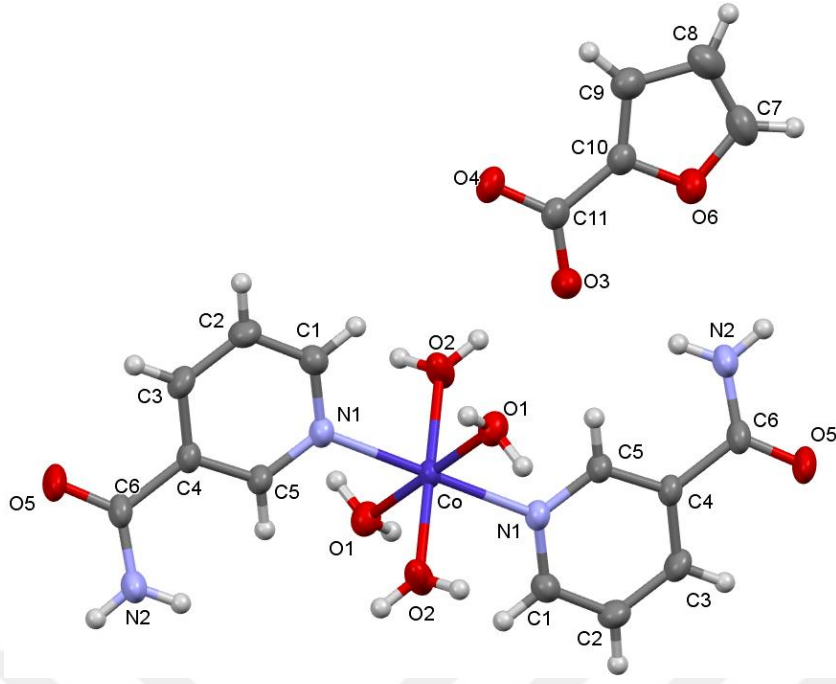
Tablo 7. I nolu potansiyel hidrojen bağlarının ve şemalarının analizi

D- H...A	D-H	H...A	D...A	D- H...A
N(2) --H(2A) ..O(6) ⁱ	0.86	2.05	2.892(2)	165
N(2) --H(2B) ..O(3) ⁱⁱ	0.86	2.19	3.040(2)	170
O(4) --H(4A) ..O(2) ⁱⁱⁱ	0.90	1.92	2.7587(19)	155
O(4) --H(4B) ..O(3) ⁱⁱⁱⁱ	0.86	1.81	2.658(2)	171
O(5) --H(5A) ..O(2) ⁱⁱⁱⁱ	0.89	1.96	2.822(2)	165
O(5) --H(5B) ..O(2) ⁱⁱⁱ	0.89	1.94	2.793(2)	161
C(10) --H(10) ..O(3) ⁱⁱ	0.93	2.50	3.218(3)	134

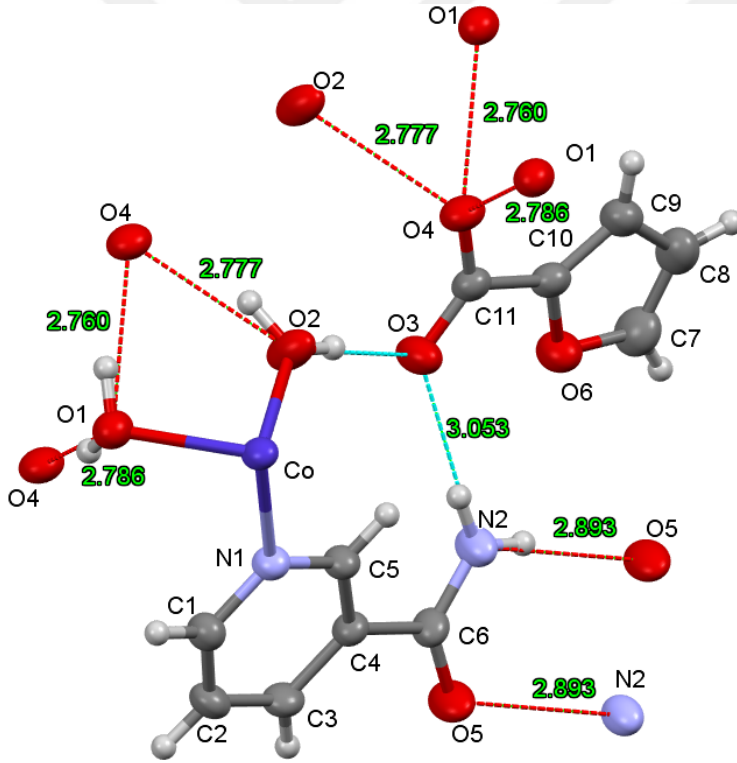
Simetri kodları: (i) 1-x,1-y,-z ; (ii) 1+x,y,z ; (iii) x,1+y,z ; (iiii) -1-x,1-y,1-z ; (iiii) -x,1-y,1-z.

Tablo 8. I nolu molekülün atom çeşitleri

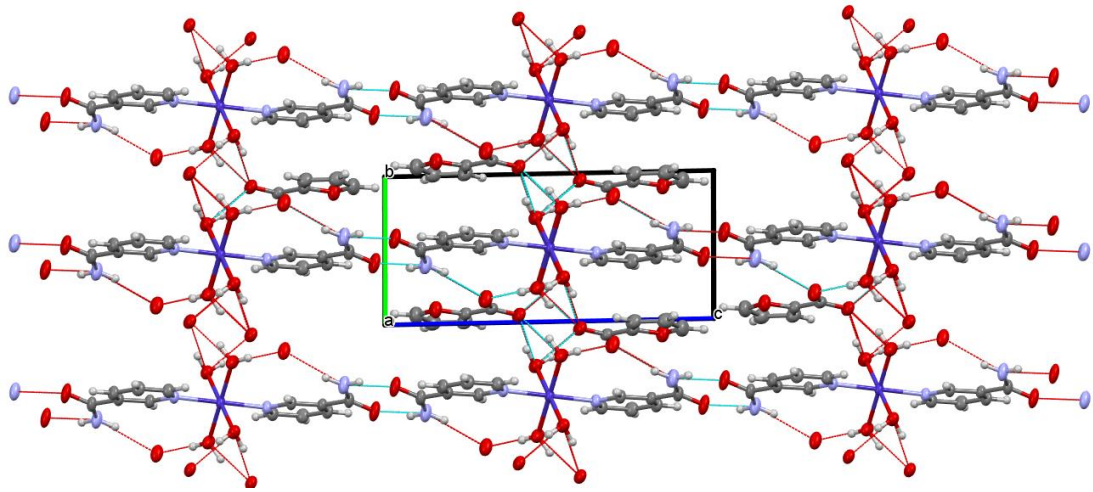
Atom Çeşitleri	C	H	Cu	N	O
Cov.Rad(Ang)	0.68	0.35	1.52	0.68	0.68
Atom Hacmi	13.87	5.08	26.90	11.80	11.39
Atom Numarası	6	1	29	7	8
Atom Ağırlığı	12.010	1.008	63.55	14.01	16.00
Scat.Fact.f ⁰	5.999	1.000	28.986	6.995	7.999
Scat.Fact.f'	0.003	0.000	0.320	0.006	0.011
Scat.Fact.f''	0.002	0.000	1.265	0.003	0.006
Mu/Rho(MoK _α)	0.58	0.37	49.09	0.84	1.22



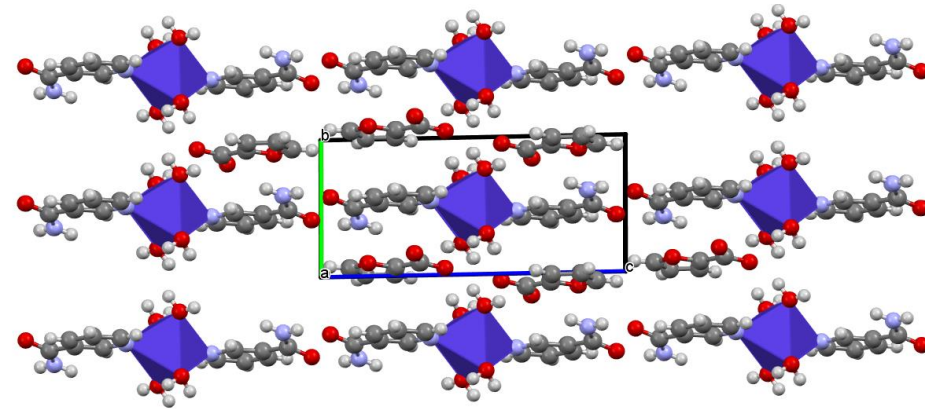
Şekil 17. III nolu kompleksinin tek kristal yapı analizi



Şekil 18. III nolu asimetrik birimde hidrojen bağı geometrisi



Şekil 19. **III** nolu molekülün α -eksenindeki kristal örgü görüntüsü



Şekil 20. **III** nolu nolu molekülün a -ekseni boyunca polihedral gösterimi

Tablo 9. **III** nolu kompleksin kristal verileri, veri toplama ve yapı arıtma

Kimyasal Formülü	C₁₇H₂₃N₄O₉Co
M_r	486.08
Kristal sistem, uzay grubu	Triklinik, P-1
Sıcaklık (K)	300
a, b, c (Å)	6.9700 (9), 7.0268 (8), 14.4291 (18)
α, β, γ (°)	83.733 (4), 77.666 (4), 64.595 (4)
V (Å ³)	623.50 (13)
Z	1
Radrasyon kaynağı	Mo K α
μ (mm ⁻¹)	0.76
Kristal boyutu (mm)	0.15 × 0.15 × 0.1
Veri toplamı	
Diffraktometre	Bruker APEX-II CCD
$\Delta\rho_{\max}, \Delta\rho_{\min}$ (e Å ⁻³)	0.36, -0.27

Tablo 10. **III** nolu molekülün bağ mesafeleri ve uzaklıkları

	<i>s.u</i>	<i>n.s</i>	<i>n.p</i>	<i>ta</i>	<i>tb</i>	<i>tc</i>	<i>x2</i>	<i>y2</i>	<i>z2</i>
Co - O(1)	2.1568 0.0009	1*	1	2	1	1	0.83473	0.29682	0.54114
Co - O(2)	2.0769 0.0009	1*	1	2	1	1	1.28351	0.23118	0.46427
Co - N(1)	2.1304 0.0010	1*	1	2	1	1	0.93870	0.54203	0.35904
Co - C(1)	3.0599 0.0011	1*	1	2	1	1	0.74241	0.58505	0.34128
Co - H(1)	3.0794 0.0000	1*	1	2	1	1	0.62922	0.60356	0.39223
Co - C(5)	3.0383 0.0011	1*	1	2	1	1	1.09998	0.51609	0.28451
Co - H(5)	3.0385 0.0000	1*	1	2	1	1	1.09998	0.48637	0.29612
Co - H(2C)	2.7176 0.0000	1*	1	2	1	1	1.38690	0.20440	0.41670
Co - H(1B)	2.5541 0.0000	1*	1	2	1	1	0.92150	0.18470	0.56890
Co - H(1A)	2.6996 0.0000	1*	1	2	1	1	0.80980	0.23800	0.49680
Co - H(2D)	2.5895 0.0000	1*	1	2	1	1	1.29341	0.11700	0.50060

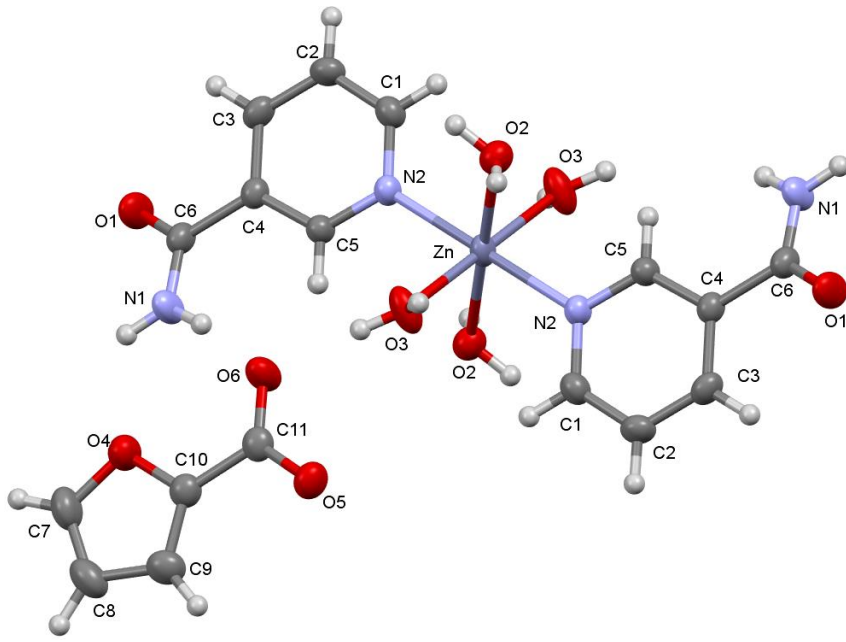
Tablo 11. **III** nolu potansiyel hidrojen bağlarının ve şemalarının analizi

<i>D- H...A</i>	<i>D-H</i>	<i>H...A</i>	<i>D...A</i>	<i>D- H...A</i>
O(1) --H(1A) ..O(4)	0.88	1.92	2.7865(14)	165
O(1) --H(1B) ..O(4) ⁱ	0.88	1.92	2.7598(14)	160
N(2) --H(2A) ..O(5) ⁱⁱ	0.86	2.05	2.8928(16)	166
N(2) --H(2B) ..O(3) ⁱⁱⁱ	0.86	2.21	3.0528(15)	168
O(2) --H(2C) ..O(3) ⁱⁱⁱ	0.85	1.82	2.6735(15)	174
O(2) --H(2D) ..O(4) ⁱ	0.89	1.94	2.7768(14)	154
C(5) --H(5) ..O(3) ⁱⁱⁱ	0.93	2.55	3.2936(18)	138

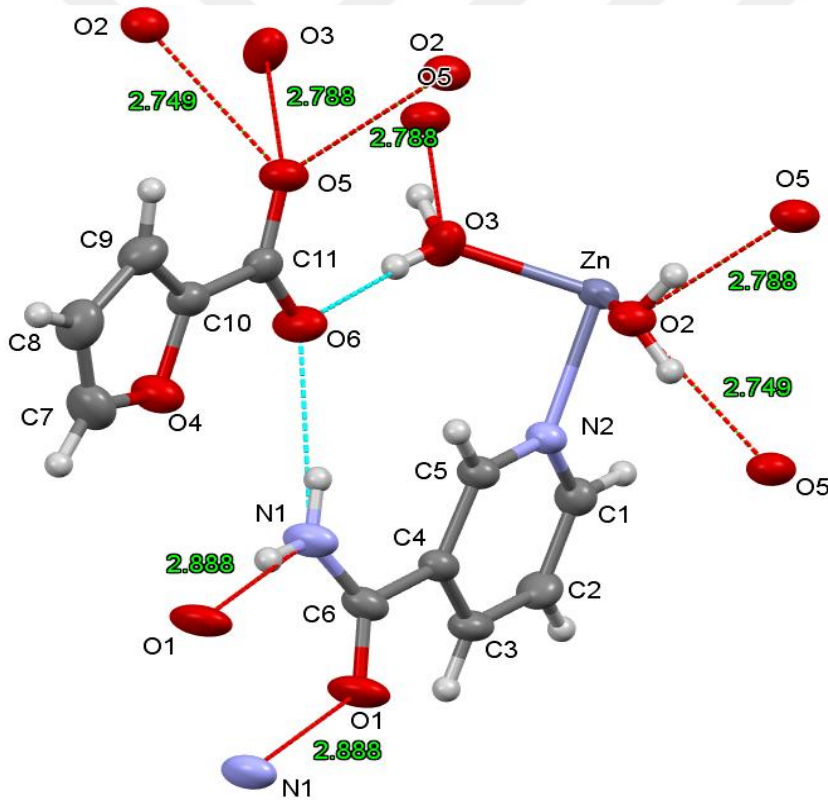
Simetri kodları: (i) -x,-y,1-z ; (ii) 1-x,1-y,-z ; (iii) 1+x,y,z.

Tablo 12. **III** nolu molekülün atom çeşitleri

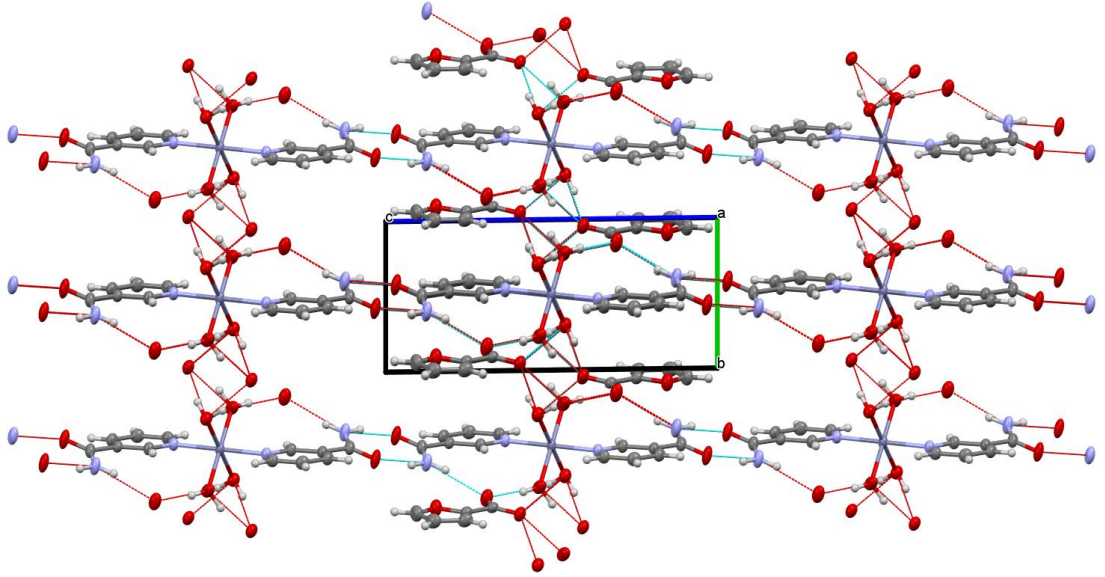
Atom Çeşitleri	C	H	Co	N	O
Cov.Rad(Ang)	0.68	0.35	1.23	0.68	0.68
Atom Hacmi	13.87	5.08	29.40	11.80	11.39
Atom Numarası	6	1	27	7	8
Atom Ağırlığı	12.010	1.008	58.93	14.01	16.00
Scat.Fact.f ⁰	5.999	1.000	26.989	6.995	7.999
Scat.Fact.f'	0.003	0.000	0.349	0.006	0.011
Scat.Fact.f''	0.002	0.000	0.972	0.003	0.006
Mu/Rho(MoK _a)	0.58	0.37	40.98	0.84	1.22



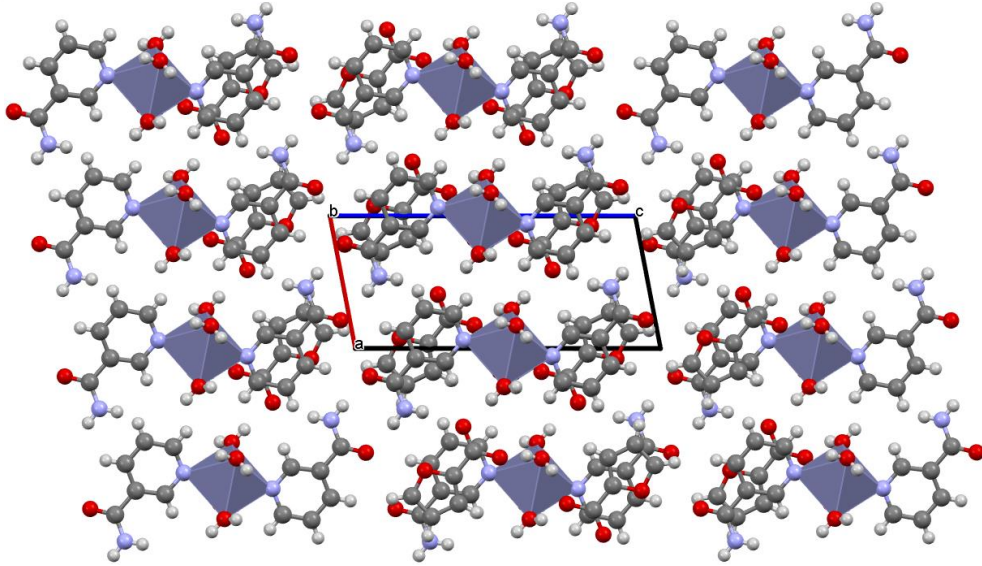
Şekil 21. IV nolu kompleksinin tek kristal yapı analizi



Şekil 22. IV nolu asimetrik birimde hidrojen bağı geometrisi



Şekil 23. **IV** nolu molekülün α -eksenindeki kristal örgü görüntüsü



Şekil 24. **IV** nolu molekülün a -ekseni boyunca polihedral gösterimi

Tablo 13. **IV** nolu kompleksin kristal verileri, veri toplama ve yapı arıtma

Kimyasal Formülü	$C_{17}H_{23}N_4O_9Zn$
M_r	491.08
Kristal sistem, uzay grubu	Triklinik, P-1
Sıcaklık (K)	300
a, b, c (Å)	6.9755 (3), 7.0431 (3), 14.3436 (5)
α, β, γ (°)	84.068 (2), 77.631 (10), 64.296 (2)
V (Å ³)	620.18 (4)
Z	1
Radyasyon kaynağı	Mo K_α
μ (mm ⁻¹)	1.064
Kristal boyutu (mm)	0.15 × 0.1 × 0.1
Veri toplamı	
Diffraktometre	Bruker APEX-II CCD
$\Delta\rho_{max}, \Delta\rho_{min}$ (e Å ⁻³)	0.29 – 0.30

Tablo 14. IV nolu molekülün bağ mesafeleri ve uzaklıkları

	<i>s.u</i>	<i>n.s</i>	<i>n.p</i>	<i>ta</i>	<i>tb</i>	<i>tc</i>	<i>x2</i>	<i>y2</i>	<i>z2</i>	
Zn - O(2)	1837	0.0013	1*	1	0	1	1	-0.16831	0.29654	0.54123
Zn - O(5)	7019	0.0013	1*	1	-1	1	0	-0.17512	1.04605	0.40472
Zn - O(5)	7019	0.0013	1*	1	1	0	1	0.17512	-0.04605	0.59528
Zn - O(3)	1116	0.0013	1*	1	0	1	1	-0.28943	0.77471	0.53616
Zn - N(2)	1034	0.0012	1*	1	0	1	1	0.05976	0.46313	0.63989
Zn - C(5)	0097	0.0015	1*	1	0	1	1	-0.10165	0.49018	0.71475
Zn - H(5)	0119	0.0000	1*	1	0	1	1	-0.23838	0.52137	0.70309
Zn - C(1)	0334	0.0017	1*	1	0	1	1	0.25510	0.42024	0.65781
Zn - H(1)	0570	0.0000	1*	1	0	1	1	0.36859	0.40155	0.60655
Zn - H(2B)	2.6751	0.0000	1*	1	0	1	1	-0.18920	0.24400	0.49330
Zn - H(3B)	2.6267	0.0000	1*	1	0	1	1	-0.29520	0.89050	0.49840
Zn - H(3A)	7403	0.0000	1*	1	0	1	1	-0.38680	0.80590	0.58541
Zn - H(2A)	5550	0.0000	1*	1	0	1	1	-0.07920	0.18570	0.56731

Tablo 15. IV nolu potansiyel hidrojen bağlarının ve şemalarının analizi

<i>D- H...A</i>	<i>D-H</i>	<i>H...A</i>	<i>D...A</i>	<i>D- H...A</i>
N(1) --H(1A) ..O(1) ⁱ	0.86	2.05	2.888(2)	166
N(1) --H(1B) ..O(6) ⁱⁱ	0.86	2.19	3.035(2)	168
O(2) --H(2A) ..O(5) ⁱⁱⁱ	0.87	1.91	2.7489(19)	164
O(2) --H(2B) ..O(5) ⁱⁱⁱⁱ	0.88	1.94	2.7879(19)	162
O(3) --H(3A) ..O(6) ⁱⁱ	0.84	1.84	2.6818(19)	174
O(3) --H(3B) ..O(5) ⁱⁱⁱⁱ	0.92	1.93	2.7888(19)	155
C(5) --H(5) ..O(6) ⁱⁱ	0.93	2.54	3.295(3)	138

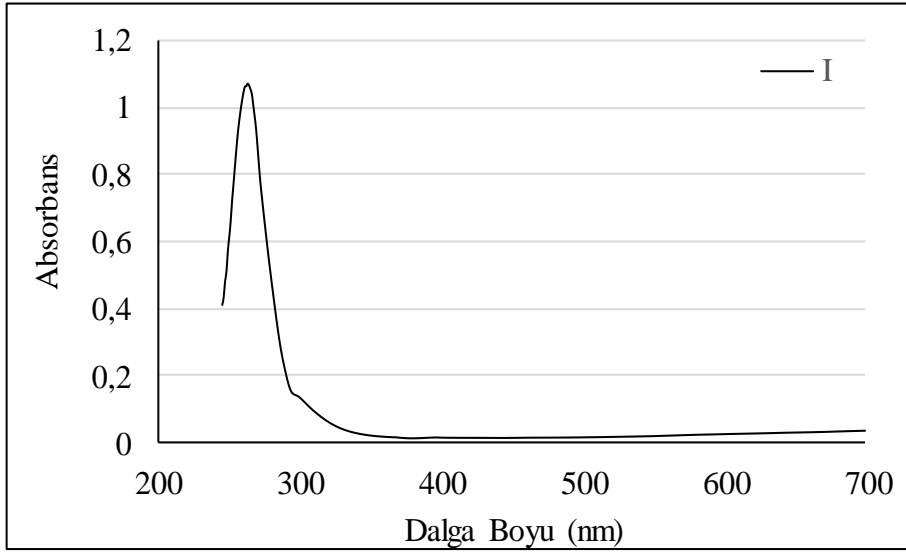
Simetri kodları: (i) 1-x,1-y,-z ; (ii) 1+x,y,z ; (iii) x,1+y,z ; (iiii) -x,1-y,1-z ; (v) -x,-y,1-z.

Tablo 16. IV nolu molekülün atom çeşitleri

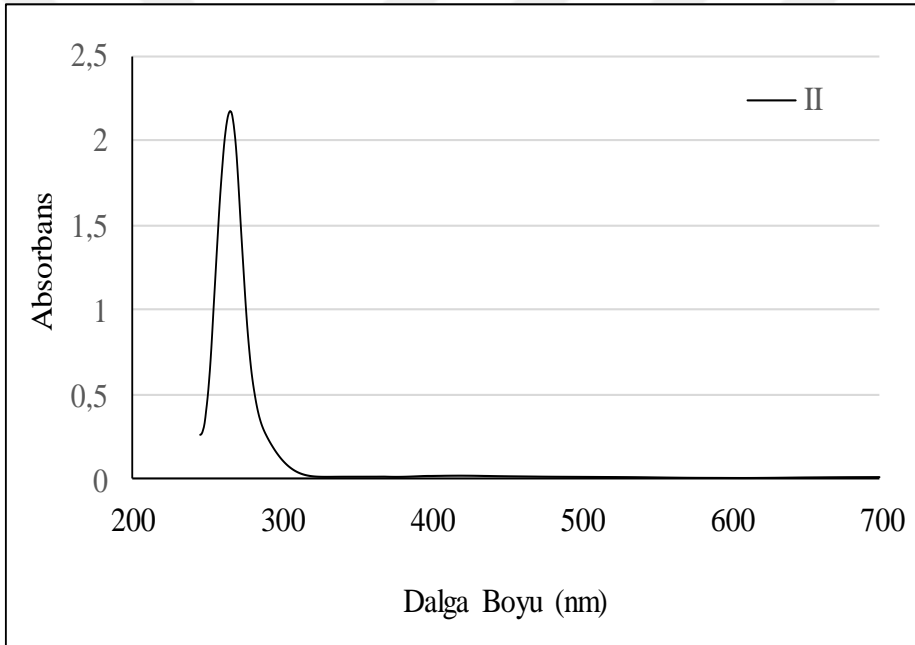
Atom Çeşitleri	C	H	Zn	N	O
Cov.Rad(Ang)	0.68	0.35	1.45	0.68	0.68
Atom Hacmi	13.87	5.08	39.00	11.80	11.39
Atom Numarası	6	1	30	7	8
Atom Ağırlığı	12.010	1.008	65.39	14.01	16.00
Scat.Fact.f ⁰	5.999	1.000	29.985	6.995	7.999
Scat.Fact.f'	0.003	0.000	0.284	0.006	0.011
Scat.Fact.f''	0.002	0.000	1.430	0.003	0.006
Mu/Rho(MoK _a)	0.58	0.37	53.97	0.84	1.22

4.5. UV-VIS Spektrumu

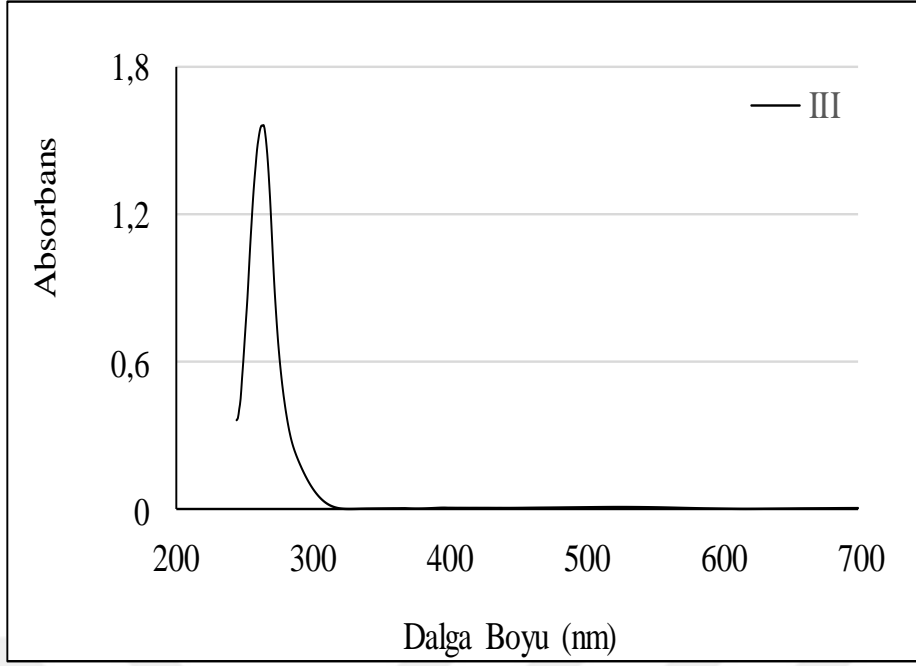
Sentezlenen 4 komplekse ait UV-VIS bölge spektrumları Şekil 25-28'de verilmektedir. Bu komplekslere ait UV-VIS spektrum değerleri Tablo 17'de verilmektedir.



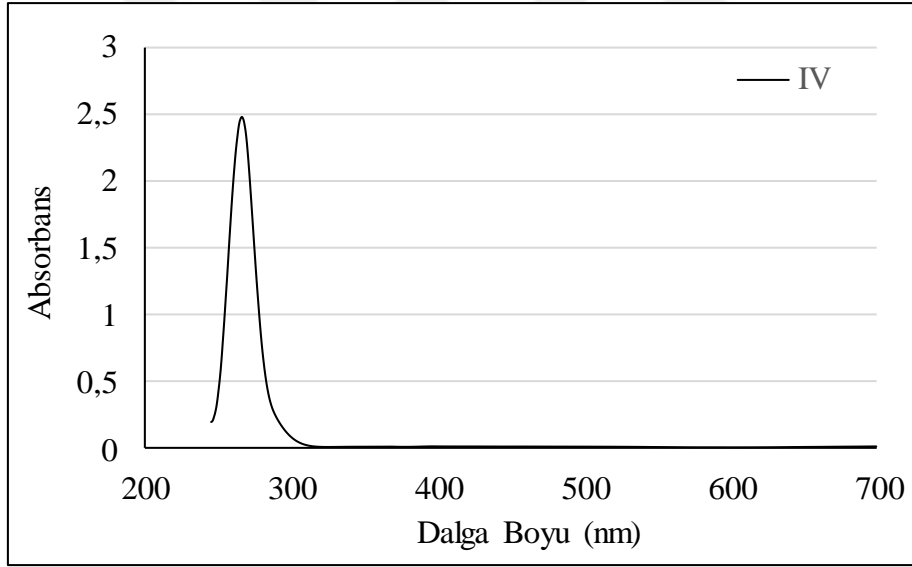
Şekil 25. **I** Nolu Kompleksinin UV Spektrumu



Şekil 26. **II** Nolu Kompleksinin UV Spektrumu



Şekil 27. **III** Nolu Kompleksinin UV Spektrumu



Şekil 28. **IV** Nolu Kompleksinin UV Spektrumu

Tablo 17. Komplekslerin UV-VIS dalga boyları

Kompleksin Numarası	Kompleksin Formülü	Dalga Boyu(nm)
I	$C_{17}H_{23}N_4O_9Cu$	263
II	$C_{17}H_{23}N_4O_9Ni$	265
III	$C_{17}H_{23}N_4O_9Co$	265
IV	$C_{17}H_{23}N_4O_9Zn$	266

Sentezlenen **II** ve **III** nolu kompleksler aynı dalga boyunda maksimum absorbans göstermiştir.

4.6. Kütle Spektrumu (MASS)

Sentezlenen dört komplekse ait kütle spektrum değerleri Tablo 18’de verilmektedir.

Tablo 18. Komplekslerin kütle spektrumları

Kompleksin Numarası	Kompleksin Formülü	MS(m/z)
I	$C_{17}H_{23}N_4O_9Cu$	490
II	$C_{17}H_{23}N_4O_9Ni$	485
III	$C_{17}H_{23}N_4O_9Co$	487
IV	$C_{17}H_{23}N_4O_9Zn$	491

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan tez kapsamında dört kompleks sentezlenmiştir. Bu kompleksler Bakır (II), Çinko (II), Kobalt (II) ve Nikel (II) Furan-2-karboksilatların, Nikotinamit (NA) ile ilk kez sentezlenmiştir. Sentezlenen bu bileşikler; Tetraakuabis (piridin-3-karboksamid- κN) Bakır (II) furan-2-karboksilat (**I**), Tetraakuabis (piridin-3-karboksamid- κN) Nikel (II) furan-2-karboksilat (**II**), Tetraakuabis (piridin-3-karboksamid- κN) Kobalt (II) furan-2-karboksilat (**III**), Tetraakuabis (piridin-3-karboksamid- κN) Çinko (II) furan-2-karboksilat (**IV**) olarak adlandırılmaktadır.

Sentezlenen metal komplekslerinin ligantı nikotinamittir. Komplekslerin hepsinde dört su molekülü oluşmuştur. Bileşiğin merkezinde (M) yer alan iç geçiş metalleri piridin halkasındaki azot atomuna bağlanmıştır. Ayrıca furan 2-karboksilli asit kristal örgü içerisinde yer almasına rağmen metal atomuyla bağ yapmamıştır.

B grubu geçiş metal komplekslerinin yapıları tek kristal X-Işını kristalografisi yöntemi ile aydınlatıldı. Ayrıca sentezlenen bu yapıların karakterizasyonunda IR, Elemental Analiz, Kütle ve UV-VIS gibi spektroskopik metotlar kullanıldı.

Elde edilen sonuçlara göre koordinasyon bileşiğini oluşturan merkezinde metal atomu bulunan yapıdaki diğer atomların bağlanma şekilleri, bağ açıları ve bileşiğin yapısı karakterize edildi. Erime noktaları her bir bileşik için analiz edildi. Elde edilen 4 komplekse ait erime sıcaklıkları 118-334°C aralığında tespit edilmiştir.

Moleküldeki doymamışlık UV bölge absorpsiyonu ile sonuçlanmaktadır. Alkanlar, alkinler, alkenler, esterler, asitler ve amidler gibi bileşiklerde UV alanda absorbans göstermedikleri için UV analizlerinde kullanılmamaktadır. Organik katı maddelerdeki doymamış konjuge yapılar nedeniyle bu tür bileşikler için UV-VIS ve IR spektroskopisi kalitatif analizlerde çok kullanılmaktadır.

UV-VIS bölge spektrumları incelendiğinde sentezlenen kompleksler 263-266 nm dalga boyunda maksimum absorbans sergilemiştir. Buna göre bağların enerjileri düşük olduğunda bazen düşük enerjili ışınları absorblamaktadır. Öte yandan enerjileri daha büyüktür ve bunlar da daha kısa dalga boylu yani daha yüksek enerjili ışınları absorblarlar. Bu şekildeki ayırım bize analiz yapabilme imkanı sunmaktadır. **I**, **II**, **III** ve **IV** nolu komplekslerin sergilemiş olduğu dalga boyu aralığına bakıldığında (263-266 nm), π - π^* ve n - π^* geçişleri sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu değer aralığında yakın UV bölgesi olarak tanımlanmaktadır. Bu sayede kalitatif analiz sonuçları elde edebildiğimiz gibi kantitatif sonuçlarda edilebilmektedir.

Tez çalışmasında sentezlenen kompleks bileşiklerine ait IR spektrumlarında asitlere ait spesifik karboksil grubunun piki görülmemektedir. Bunun yerine $\nu_{as}COO^-$ ve $\nu_{s}COO^-$ piklerinin olması karboksil gruplarının protonlarının kaybolduğu ancak metal atom ile bağ yapmadığını göstermektedir. Karboksilik grubun COO^- soğurma bandı $1750-1650\text{ cm}^{-1}$ aralığında görülür. Nikotinamid, bulunan komplekslerde amidin karbonil grubunun titreşim frekanslarında pek değişiklik olmadığı dolayısıyla amid grubundan koordinasyona katılma olmadığı görülmüştür. Sudan kaynaklan bantlar ise $3000-3600\text{ cm}^{-1}$ aralığında pik sergilemiştir. Bu bantlar yayvan bantlardır.

Elde edilen komplekslerin oktahedral geometriye sahip olduğu belirlenmiştir. Kristal yapısı aydınlatılan komplekslerde triklinik sistemde kristallenmiştir. Ayrıca bu kompleksler simetrik yapıda bulunmaktadır. Nikel metal atomuna sahip bileşiğin (II) kristalleri uygun şekilde olmamasına rağmen kobalt merkez atomlu (III) kompleksin IR spektrumuna benzer olması literatürde olduğu gibi benzer kristal yapı önermemize yardımcı olmaktadır.

Sentezlenen metal komplekslerinin yapısında bulunan nikotinamid ligantından dolayı enzim ve biyoaktivite bakımından alandaki çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Akış, M. (2019). *Furan sübstitüe konjuge triazol bileşiklerinin sentezi ve kuantum kimyasal hesaplamaları. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (599100).*
- Akyol Yılmaz, N. (2015). *Yeni furanon bileşiklerinin aminler ile reaksiyonları. Yüksek Lisans tezi, Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (390413).*
- Anasuya, A. ve Rao, B. N. (1975). Niacin nucleotide synthesis and glycolytic activity in erythrocytes of patients suffering from pellagra. *Biochemical Medicine*, 12(4), 365-375.
- Aydoğdu, Ö. (2017). *Metal 4-siyanobenzoatların N, N-dietilnikotinamid komplekslerinin sentezi ve özellikleri. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (478738).*
- Bıyıklı, A. Ç. (2017). *Furan molekülü ile zirkonyum atomu ve topaklarının etkileşimi: Yoğunluk fonksiyoneli çalışması. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (461006).*
- Bjerrum, J. (1950). On the tendency of the metal ions toward complex formation. *Chemical Reviews*, 46(2), 381-401.
- Bozkurt, N. (2017). *Metal 3-klorobenzoatların nikotinamid ve dietilnikotinamid komplekslerinin sentezi ve özellikleri. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (479525).*
- Çelenk Kaya, E., Kaya, A. A., Demircioğlu Z. ve Büyükgüngör, O. (2017). Synthesis, spectroscopic characterization, X-ışını structure and DFT calculations of Ni (II) bis (3, 4 dimethoxybenzoate) bis (nicotinamide) dihydrate. *Heterocyclic Communications*, 23(2), 115-123.
- Çelenk Kaya, E., Demircioğlu, Z., Kaya, A. A. ve Büyükgüngör, O. (2015). Synthesis, X-ışını structural, characterization, NLO, MEP, NBO, and HOMO-LUMO analysis using DFT study of Co (II) bis (3, 4 dimethoxybenzoate) bis (nicotinamide) dihydrate. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 609(1), 103-117.
- Dağlı, Ö. (2015). *Bazı geçiş metal katyonlarının kumarilik asit-1, 10-fenantrolin/N,N dietilnikotinamid ligandlarını içeren karışık ligandlı koordinasyon bileşiklerinin sentezi, yapısal karakterizasyonu ve biyolojik aktivitelerinin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (444946).*

- Deliorman, A. (2016). *Pirol, furan ve tiyofen içeren makrosiklik ester ve tiyoesterlerin sentezi ve yapısal özelliklerinin açıklanması. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (438934).*
- Ferreira, L. S. ve De-Souza, E. A. (2021). Of mice and men: opposing effects of nicotinamide riboside on skeletal muscle physiology at rest and during exercise. *The Journal of Physiology*, 599(10), 2525-2526.
- Genç, A. (2021). *Geçiş metal kompleks katyonlu heptaborat yapıların sentezi ve karakterizasyonu. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (696755).*
- Görkem, S. F., Akış, M. (2019). *Furan süstitüe konjuge triazol bileşiklerinin sentezi ve kuantum kimyasal hesaplamaları. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (599100).*
- İşkey, A. (2021). *Metal 2-halojenobenzoatların n-heterohalkalı ligandlarla komplekslerinin sentezi, yapısal, optik karakterizasyonu ve antikanser özellikleri. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (686275).*
- Karayavuz, B. (2021). *Bazı 2-süstitüe-4-(furan-2-ilmetil)-6-metilpiridazin-3 (2H)-on türevleri üzerinde çalışmalar. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (674640).*
- Kaya, A. A. (2004). *Bakır (II), nikel (II), kobalt (II) ve çinko (II) 3-hidroksibenzoatların nikotinamid ve dietilnikotinamid komplekslerinin sentezi ve özellikleri. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Kafkas Üniversitesi, Kars.*
- Kaya, A. A., Demircioğlu, Z., Kaya, E. Ç. ve Büyükgüngör, O. (2014). Synthesis, X-ışını structural characterization, NLO, MEP, NBO and HOMO-LUMO analysis using DFT study of Zn (II) bis (3, 4 dimethoxybenzoate) bis (nicotinamide) dihydrate. *Heterocyclic Communications*, 20(1), 51-59.
- Keha, E. E. ve Küfrevioğlu, Ö. İ. (2004). *Biyokimya*, Aktif Yayın Evi, ISBN 975-6755-20-02, Erzurum, 217s.
- Koca, I. (2003). *Yeni 2,3-furandion türevi bileşiklerinin sentezi ve çeşitli nükleofillerle reaksiyonları. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (138915).*
- Köse, D., Kaya, A. ve Necefoğlu, H. (2007). Synthesis and characterization of bis (N, N-diethylnicotinamide) m-hydroxybenzoate complexes of Co (II), Ni (II), Cu (II), and Zn (II). *Russian Journal of Coordination Chemistry*, 33(6), 422-427.

- Köse, D. A. (2007). Synthesis and characterization of bis (nicotinamide) m-hydroxybenzoate complexes of Co (II), Ni (II), Cu (II), and Zn (II). *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, 52(9), 1384-1390.
- Krishnamachari, K. (1974). Some aspects of copper metabolism in pellagra. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 27(2), 108-111.
- Kuşbazoğlu, M. (2017). 2-(triflorometil) benzoik asit molekülünün yapısal, spektroskopik ve fotofiziksel özelliklerinin deneysel ve kuramsal yöntemlerle incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (518966).
- Miwa, Y., Mizuno, T., Tsuchida, K., Taga, T. ve Iwata, Y. (1999). Experimental charge density and electrostatic potential in nicotinamide. *Acta Crystallographica Section B: Structural Science*, 55(1), 78-84.
- Özkaya, S. (2018). İki değerlikli metallerin hacimli benzoat kompleksleri: Fiziksel ve kimyasal özellikleri. Doktora tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (518055).
- Pal, T., Narayanan, V. A., Stokes, D. ve Vo-Dinh, T. (1998). Surface-enhanced raman detection of nicotinamide in vitamin tablets. *Analytica Chimica Acta*, 368(1-2), 21-28.
- Saraç, H. (2019). Gıda katkı maddelerinin (benzoik asit, sodyum nitrat, allura red, tartrazin, sunset yellow) *Caenorhabditis elegans* üzerindeki etkilerinin belirlenmesi. Doktora tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (563218).
- Şahin, B. (2017). Pirel, furan ve tiyofen içeren makrosiklik peptid ligantların sentezi ve antifungal ve antimikrobiyal özelliklerin incelenmesi. Doktora tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (483509).
- Şendoğan, G., Akan, E., Yerlikaya, O., Meriç, Ş. ve Kımık, Ö. (2021). Changes in benzoic acid content of goat milk kefir produced using different kefir cultures. *Mljekarstvo/Dairy*, 71(1), 60-68.
- Tfouni, S. ve Toledo, M. (2002). Determination of benzoic and sorbic acids in Brazilian food. *Food Control*, 13(2), 117-123.
- Tüfekyapan, T. ve Karipcin, F. (2019). Bazı aminoasitler ve benzoiltiyöre ligantları ile karışık ligandlı geçiş metal komplekslerinin sentezi ve karakterizasyonu. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (562488).
- Wang, X., Song, J., Liu, J. ve Wang, Z. L. (2007). Direct-current nanogenerator driven by ultrasonic waves. *Science*, 316(5821), 102-105.
- Wright, W. ve King, G. (1954). The crystal structure of nicotinamide. *Acta Crystallographica*, 7(3), 283-288.

- Xu, J., Zhou, H., Yu, H., Deng, T., Wang, Z., Zhang, H., Wu, J. ve Yang, L. (2021) Computational design of highly stable and soluble alcohol dehydrogenase for NADPH regeneration. *Bioresources and Bioprocessing*, 8(1), 1-13.
- Yalçinkaya, Z. (2017). Bazı pirimidin halkalı süstitüe salisilaldehit schiff bazlı komplekslerinin termokimyasal kinetiklerinin araştırılması. *Türkiye Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 1(1), 39-47.
- Yentür, G. ve Bayhan, A. (1990). Bazı gıda maddelerinde sorbik asit ve benzoik asit miktarlarının araştırılması. *Gıda*, 15(2), 79-82.
- Yoshino, J., Baur, J. A. ve Imai, S-I. (2018). NAD⁺ Intermediates: the biology and therapeutic potential of NMN and NR. *Cell Metabolism*, 27(3), 513-528.
- You, K-S., Arnold, L. J., Allison, W. S. ve Kaplan, N. O. (1978). Enzyme stereospecificities for nicotinamide nucleotides. *Trends in Biochemical Sciences*, 3(4), 265-268.
- Yurdakul, Ö. (2013). *Toprak alkali metallerin asesülfam ve asesülfam-nikotinamit karışık ligand komplekslerinin sentezi, yapısal karakterizasyonu ve çeşitli biyolojik uygulamaları. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (342515).*
- Yüzbasioglu, E., Saraç, D., Canbaz, S., Saraç, Y. S. ve Cengiz, S. (2009). A survey of cross-infection control procedures: knowledge and attitudes of Turkish dentists. *Journal of Applied Oral Science*, 17, 565-569.
- Zeybel, L. (2019). *Bazı lantanid grubu metal katyonlarının tek ve karışık ligand komplekslerinin sentezi ve yapısal karakterizasyonları. Yüksek lisans tezi, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, (612997).*

ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimi Erzurum'da tamamladı. 2013 yılında kazandığı Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği Bölümünden 2017 yılında bitirdi. 2019-2020 Eğitim öğretim yılında Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı ve yüksek lisans öğrenimine halen devam etmektedir.

