

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**BAZI 2-SÜBSTİTÜE BENZİMİDAZOL TÜREVLERİNİN YENİ GEÇİŞ
METALİ KOMPLEKSLERİNİN SENTEZLENMESİ, YAPILARININ
AYDINLATILMASI VE BUĞDAYIN ÇİMLENME PARAMETRELERİ
ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Seda KÜLEN

KİMYA ANABİLİM DALI

**ANKARA
2021**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

BAZI 2-SÜBSTİTÜE BENZİMİDAZOL TÜREVLERİNİN YENİ GEÇİŞ METALİ KOMPLEKSLERİNİN SENTEZLENMESİ, YAPILARININ AYDINLATILMASI ve BUĞDAYIN ÇİMLENME PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Seda KÜLEN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Sebla DİNÇER

Bu tez çalışması kapsamında ilk defa sentezlenen bazı benzimidazol türevlerinin ve metal komplekslerinin buğdayın çimlenme parametreleri üzerine etkileri araştırıldı. Bileşiklerin sentezlenmesi ve istatistiksel olarak değerlendirilmesi üç seride tamamlandı.

İlk seride, çıkış bileşikleri olarak kullanılan 5-nitro-1*H*-benzimidazol (1), 5,6-dinitro-1*H*-benzimidazol (2) ve 5,6-dinitro-2-metil-1*H*-benzimidazol (3) bileşikleri sentezlenerek bu bileşiklerin seçici indirgenmesiyle 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (4) ve 2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (5) bileşikleri elde edildi. Bu bileşikler 1-[(5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)diazenil]naftalen-2-ol (6) ve 1-[(2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)diazenil]naftalen-2-ol (7) azo boyar maddelerinin sentezlerinde kullanıldı.

İkinci seri sentezlerinde 2-metil-1*H*-benzimidazol bileşiğinin 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) ve 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) türevleri ve bu bileşiklerin Cu, Y ve La kompleksleri elde edildi. Üçüncü seri olarak 2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (5) bileşiğinden 2-[(2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)imino]metil}fenol (8), 1*H*-benzimidazol-2-amin bileşiğinden 2-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (9), 4-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-klorofenil)metanimin (11), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(2-

metoksifenil)metanimin (12), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) ve *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-metoksifenil)metanimin (14) türevleri ve bu Schiff bazlarının Cu, Y ve La kompleksleri sentezlendi. Sentezlenen yeni bileşiklerin yapıları, spektral yöntemlerle (FT-IR, ¹H-NMR, UV-VIS) ve element analizleriyle karakterize edildi.

Üç ekmeklik (Demir-2000, Bayraktar-2000, Tosunbey) ve üç makarnalık buğday (Kızıltan-91, Çeşit-1252, Eminbey) çeşidi kullanılarak, sentezlenen ligandların ve komplekslerin çimlenme analizleri yapıldı. Bu çalışmada; farklı benzimidazol türevlerinin 10⁻⁶ M derişimde, buğday tohumlarının 12. saat ve 24. saat su alım oranları, çimlenme hızı, çimlenme oranı, koleoptil ve kök uzunlukları, koleoptil yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkileri incelendi. Elde edilen analiz sonuçları dikkate alındığında, her buğday çeşidi için ölçülen çimlenme parametrelerinde, benzimidazol türevlerinin yapılarında -N=N-, -C=C- ya da -C=N- gruplarının bulunmasına bağlı olarak farklılık olduğu tespit edildi. Stiril ve imin türevlerinin ekmeklik buğdaylar üzerine etkisinin, makarnalık buğdaylara oranla daha fazla olduğu ve yapılarında La elementinin bulunmasının buğdayın koleoptil ve kök uzunluğuna olumlu yönde etki ettiği belirlendi. JMP programında varyans analizine (ANOVA) göre faktöriyel tasarımda tesadüf parselleri deneme deseni ve asgari önemli fark (LSD-Student's t) yöntemi kullanılarak, % 5 olasılık düzeyinde uygulama yöntemleri arasındaki farklar belirlenerek elde edilen çimlenme verileri istatistiksel olarak değerlendirildi.

Temmuz 2021, 169 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Benzimidazol, Schiff bazı, Metal kompleksi, Nadir Toprak Elementleri, Çimlenme Analizi

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

SYNTHESIS and CHARACTERIZATION of NOVEL TRANSITION METAL COMPLEXES of SOME 2-SUBSTITUTED BENZIMIDAZOLE DERIVATIVES and INVESTIGATION THEIR INFLUENCE on WHEAT GERMINATION PARAMETERS

Seda KÜLEN

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Chemistry

Supervisor: Prof. Dr. Sebla DİNÇER

In this thesis, the effect of the new synthesized benzimidazole derivatives and their metal complexes on germination parameters of wheat was investigated. The synthesis and statistical evaluation of the compounds in the thesis were completed in three series.

In the first series, 5-nitro-1*H*-benzimidazole (1), 5,6-dinitro-1*H*-benzimidazole (2) and 5,6-dinitro-2-methyl-1*H*-benzimidazole (3) compounds were synthesized and selectively reduced to 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amine (4) and 2-methyl-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amine (5). These compounds were used in the synthesis of azo dyes, namely 1-[(5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-yl) diazenyl]naphthalen-2-ol (6) and 1-[(2-methyl-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-yl) diazenyl] naphthalen-2-ol (7).

In the second series synthesis, 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-yl)ethenyl]phenol (15) and 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-yl)ethenyl] phenol (16) derivatives and their Cu, Y and La complexes were synthesized.

In the third series 2-[(2-methyl-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-yl) imino] methyl} phenol (8) and 2-[[[(1*H*-benzimidazol-2-yl) imino] methyl} phenol (9), 4-[[[(1*H*-benzimidazol-2-yl)imino]methyl}phenol (10), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-yl)-1-(4-chlorophenyl)methanimine (11), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-yl)-1-(2-methoxyphenyl)methanimine (12) *N*-(1*H*-benzimidazol-2-yl)-1-(3-

methoxyphenyl)methanimine (13), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-yl)-1-(4-methoxyphenyl)methanimine (14) derivatives were obtained from 2-methyl-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amine (5) and 2-aminobenzimidazole respectively and their Cu, Y and La complexes were synthesized. The structures of the new compounds synthesized were characterized by spectral methods (FT-IR, ¹H-NMR, UV-VIS) and elemental analysis.

Germination analyzes of synthesized ligands and complexes were performed using three types of bread (Demir-2000, Bayraktar-2000, Tosunbey) and three durum wheat (Kızıltan-91, Çeşit-1252, Eminbey). The effects of different benzimidazole derivatives on 12th and 24th hour water intake rates, germination rate, germination rate, coleoptile and root lengths, coleoptile fresh and dry weight, root fresh and dry weight of wheat seeds at 10⁻⁶ M concentrations were investigated. Taking into account the obtained analysis results, it was seen that the germination parameters measured for each wheat variety differed depending on the presence of -N=N-, -C=C- or -C=N- groups in the structure of benzimidazole derivatives. It was determined that the effect of styryl and imine derivatives on bread wheats were higher than those of durum wheat and the presence of La element in the structure of the studied benzimidazole derivatives had a positive effect on the coleoptile and root length of wheat. In the JMP program, according to the analysis of variance (ANOVA), using the random plot trial design and the minimum significant difference (LSD-Student's t) method in factorial design, the germination data obtained by determining the differences between the application methods at the 5% probability level were evaluated statistically.

July 2021, 169 pages

Key Words: Benzimidazole, Schiff Base, Metal Complex, Rare Earth Elements, Germination Analysis

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımı yönlendiren, araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek engin fikirleriyle yetiştirme ve gelişmeme katkıda bulunan danışman hocam sayın Prof. Dr. Sebla DİNÇER'e sonsuz teşekkür ederim.

Tez izleme komitelerimde ve tez savunma jürimde yer alan Prof. Dr. Ali DİŞLİ'ye (Gazi Üniversitesi Kimya Anabilim Dalı) ve Doç. Dr. Fatma EROĞLU'na (Ankara Üniversitesi Kimya Anabilim Dalı) katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü'nde görev yapan Ramazan AVCIOĞLU, Turgay ŞANAL, Kazım KARACA, Dr. Tülin ÖZDEREN, Dr. Buket ÇETİNER, Dr. Oğuz ACAR, Dr. Asuman KAPLAN EVLİCE, Arzu ÖZER, Aliye PEHLİVAN, Özlem Sibel ULUSOY, Dr. Asiye SEİS SUBAŞI, Canan GÖKSU SÜRÜCÜ, Ferda ÜNSAL CANAY, Pervin ARI AKIN, Dönüş ERMİŞER, Dr. Şule KESKİN, Gül SARIOĞLU, Dr. Mehmet DOĞAN, Nurel ARSLAN ÜNAL ve Kalite ve Teknoloji bölümü başkanı Dr. Safure GÜLER ile tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bütün hayatım boyunca sevgi ve desteklerini her zaman hissettiğim sevgili annem Zehra ÖZBAY ve babam Ömer ÖZBAY'a sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince birçok fedakârlık göstererek beni destekleyen sevgili eşim Murat KÜLEN, canım oğullarım Mert KÜLEN ve Burak KÜLEN'e en derin duygularıyla teşekkür ederim.

Seda KÜLEN

Ankara, Temmuz, 2021

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
2.1 Benzimidazol Bileşiği	4
2.2 Azo Boyar Maddeleri.....	5
2.3 Schiff Bazları	6
2.4 Stiril Boyaları	8
2.5 Schiff Bazlarının Metal Kompleksleri	13
2.6 Nadir Toprak Elementleri.....	17
2.7 Buğday Türleri ve Çimlenme Analizleri.....	21
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	26
3.1 Materyal.....	26
3.2 Yöntem	26
3.2.1 Benzimidazol bileşiklerinin dinitrolanması	26
3.2.2 Dinitro benzimidazol bileşiklerinin seçici indirgenmesi.....	27
3.2.3 Aminobenzimidazol türevlerinin diazolanma reaksiyonları.....	27
3.2.4 2-Metil-5-nitro-1 <i>H</i> -benzimidazol-6-amin bileşiğinden Schiff bazı sentezi ...	28
3.2.5 2-Metil-1 <i>H</i> -benzimidazolden stiril bileşiklerinin sentezi.....	29
3.2.6 2-Amino-1 <i>H</i> -benzimidazol bileşiğinin Schiff bazlarının sentezi.....	29
3.2.7 Benzimidazol Schiff bazlarının metal komplekslerinin sentezi	29
3.2.8 Buğdayın çimlenme analizi ve istatistiksel değerlendirme.....	29
4. DENEYSEL BÖLÜM	32
4.1 Benzimidazol Bileşiklerinin Elde Edilmesi	32
4.1.1 5-Nitro-1 <i>H</i> -benzimidazol (1) bileşiğinin sentezi	32
4.2 Dinitro Bileşiklerinin Elde Edilmesi.....	32

4.2.1	5,6-Dinitro-1 <i>H</i> -benzimidazol (2) bileşığının sentezi.....	32
4.2.2	5,6-Dinitro-2-metil-1 <i>H</i> -benzimidazol (3) bileşığının sentezi	33
4.3	Nitroamin Türevlerinin Elde Edilmesi	33
4.3.1	5-Nitro-1 <i>H</i> -benzimidazol-6-amin (4) bileşığının sentezi.....	33
4.3.2	2-Metil-5-nitro-1 <i>H</i> -benzimidazol-6-amin (5) bileşığının sentezi.....	34
4.4	Azo Boyar Maddelerin Sentezi	34
4.4.1	1-[(5-Nitro-1 <i>H</i> -benzimidazol-6-yl)diazenil]naftalen-2-ol (6) bileşığının sentezi	34
4.4.2	1-[(2-Metil-5-nitro-1 <i>H</i> -benzimidazol-6-il)diazenil]naftalen-2-ol (7) bileşığının sentezi.....	35
4.5	Schiff Bazlarının Sentezi	36
4.5.1	2-[(2-Metil-5-nitro-1 <i>H</i> -benzimidazol-6-il)imino]metil}fenol (8) bileşığının sentezi	36
4.5.2	2-[(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (9) bileşığının sentezi	36
4.5.3	4-[(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) bileşığının sentezi	37
4.5.4	<i>N</i> -(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)-1-(4-klorofenil)metanimin (11) bileşığının sentezi	37
4.5.5	<i>N</i> -(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)-1-(2-metoksifenil)metanimin (12) bileşığının sentezi	38
4.5.6	<i>N</i> -(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) bileşığının sentezi	39
4.5.7	<i>N</i> -(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)-1-(4-metoksifenil)metanimin (14) bileşığının sentezi	39
4.6	Stiril Boyalarının Sentezi	40
4.6.1	2-[-2-(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) bileşığının sentezi.....	40
4.6.2	4-[-2-(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) bileşığının sentezi.....	40
4.7	Schiff Bazlarının Metal Kompleksleri	41
4.7.1	2-[(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)imino]metil}fenolün Cu kompleksinin sentezi (17).....	41
4.7.2	4-[(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)imino]metil}fenolün La kompleksinin sentezi (18).....	41
4.7.3	2-[(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)imino]metil}fenolün Y kompleksinin sentezi (19).....	42
4.7.4	2-[(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)imino]metil}fenolün La kompleksinin sentezi (20).....	42
4.7.5	<i>N</i> -(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin bileşığının Cu kompleksinin sentezi (21)	42

4.7.6 <i>N</i> -(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin bileşiğinin La kompleksinin sentezi (22)	42
4.7.7 <i>N</i> -(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin bileşiğinin Y kompleksinin sentezi (23)	43
4.8 Stiril Boyalarının Metal Kompleksleri.....	43
4.8.1 2-[-2-(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)etenil]fenolün Y kompleksinin sentezi (24)	43
4.8.2 2-[-2-(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)etenil]fenolün La kompleksinin sentezi (25)	43
4.8.3 2-[-2-(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)etenil]fenolün Cu kompleksinin sentezi (26)....	43
4.8.4 4-[-2-(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)etenil]fenolün La kompleksinin sentezi (27)	44
5. BULGULAR ve TARTIŞMA	45
5.1 Bileşiklerin Sentezi ile İlgili Yorumlar	45
5.2 Spektral Analiz Sonuçları	48
5.2.1 FT-IR spektrumlarının yorumlanması	48
5.2.2 ¹ H-NMR spektrumlarının yorumlanması.....	51
5.2.3 UV-VIS spektrumlarının yorumlanması	56
5.3 Çimlenme Analizi Sonuçları	63
5.3.1 Su alım oranları (12. ve 24. Saat).....	65
5.3.2 Koleoptil Uzunluğu (cm)	69
5.3.3 Kök Uzunluğu (cm).....	74
5.3.4 Koleoptil Yaş Ağırlığı (g).....	81
5.3.5 Koleoptil Kuru Ağırlığı (g).....	88
5.3.6 Kök Yaş Ağırlığı (g)	95
5.3.7 Kök Kuru Ağırlığı (g)	100
5.3.8 4. Gün Çimlenme Oranı (%).....	107
5.3.9 8. Gün Çimlenme Oranı (%).....	114
6. SONUÇLAR.....	123
KAYNAKLAR	128
EKLER.....	143
EK 1 FT-IR Spektrumları	144
EK 2 ¹ H-NMR Spektrumları.....	154
ÖZGEÇMİŞ.....	163

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

DMSO-d ₆	Dötörodimetilsülfoksit
g	gram
Hz	Hertz
Mmol	Milimol
nm	Nanometre
BIM	1 <i>H</i> -Benzimidazol
THF	Tetrahidrofuran
TMS	Tetrametilsilan
vd.	ve diğerleri
°	Derece
°C	Santigrat Derece
dk	Dakika
%	Yüzde
t	Tekli
ç	Çoklu
i	İkili

Kısaltmalar

ÇY	Çimlenme Yüzdesi
UV-vis	Ultraviole-Görünür Bölge Spektroskopisi
NTE	Nadir Toprak Elementleri
¹ H-NMR	Proton Nükleer Magnetik Rezonans Spektroskopisi
FT-IR	FourierTransform Infrared Spektroskopisi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Benzimidazol bileşiğinin Yapısı	1
Şekil 2.1 2-Metil-1 <i>H</i> -benzimidazol bileşiğinin Phillips yöntemi ile elde edilmesi	4
Şekil 2.2 Benzimidazol bileşiğinin tautomerik yapıları	5
Şekil 2.3 Schiff bazlarının genel sentez mekanizması	7
Şekil 2.4 Stiril ve siyanin boyalarının yapısal farklılıkları	8
Şekil 2.5 Stirlipiridinyum, stirlkinolinyum ve stirilbenzotiyazol boyalarının çözücüsüz ortamda sentezleri	9
Şekil 2.6 3-Sülfopropil stiril siyanin boyalarının sentezi	9
Şekil 2.7 3-Disiyano-5-metilpirazin türevlerinden elde edilen stiril boyaları	10
Şekil 2.8 Alkil grubu bağlı 4-metilpiridinin aromatik aldehitlerle kondenzasyonu sonucu oluşan stiril boyaları	10
Şekil 2.9 2-Stiril-6(7)-bromotiazolo[4,5- <i>b</i>]kinoksalin bazlı floresan boyalarının sentez aşamaları	11
Şekil 2.10 Metil-(<i>p</i> -aminostiril)piridinyum perklorat bileşiğinden sentezlenen stiril boyaları	11
Şekil 2.11 Hemisiyanin kromoforu içeren lantan komplekslerinin moleküler yapısı	12
Şekil 2.12 2-Metilbenzoksazol ve 1-fenil-3-metilpirazol-5-on bileşiklerinin aromatik aldehitlerle kondenzasyonu reaksiyonları	12
Şekil 2.13 2-piridil-benzimidazol ligandlarının palladyum (II) kompleksleri	15
Şekil 2.14 2-(<i>o</i> -sülfamoilfenil)benzimidazolün kobalt kompleksi ve çinko kompleksinin yapısı	17
Şekil 3.1 2-Metil-1 <i>H</i> -benzimidazolün dinitrolanması ile 5,6-dinitro-2-metil-1 <i>H</i> - benzimidazol bileşiğinin sentezi	27
Şekil 3.2 5,6-Dinitro-2-metil-1 <i>H</i> -benzimidazolden 2-metil-5-nitro-1 <i>H</i> -benzimidazol- 6-amin bileşiğinin sentezi	27
Şekil 3.3 Diazonyum tuzunun hazırlanması	28
Şekil 3.4 2-Metil-5-nitro-1 <i>H</i> -benzimidazol-6-amin bileşiğinden Schiff bazı sentezi	28
Şekil 4.1 5-Nitro-1 <i>H</i> -benzimidazol bileşiğinin sentezi	32
Şekil 4.2 5,6-Dinitro-2-Metil-1 <i>H</i> -benzimidazol ve 5,6-dinitro-1 <i>H</i> -benzimidazol bileşiklerinin sentezi	33
Şekil 4.3 Dinitro bileşiklerinin seçici indirgenme ürünleri	34
Şekil 4.4 2-Metil-5-nitro-1 <i>H</i> -benzimidazol-6-amin ve 5-nitro-1 <i>H</i> -benzimidazol- 6-amin bileşiklerinin nitroz asit ile reaksiyonu	35
Şekil 4.5 2-Metil-5-nitro-1 <i>H</i> -benzimidazol-6-amin ve 5-nitro-1 <i>H</i> -benzimidazol- 6-amin bileşiklerinin 2-naftol ile kenetlenme reaksiyonları	35

Şekil 4.6 2-[(2-Metil-5-nitro-1 <i>H</i> -benzimidazol-6-il)imino]metil} fenol (8) bileşiğinin sentezi	36
Şekil 4.7 Çözücüsüz ortamda 2-[(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)imino]metil} fenol (9) bileşiğinin sentezi	37
Şekil 4.8 Çözücüsüz ortamda 4-[(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)imino]metil} fenol (10) bileşiğinin sentezi	37
Şekil 4.9 <i>N</i> -(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)-1-(4-klorofenil)metanimin (11) bileşiğinin sentezi	38
Şekil 4.10 <i>N</i> -(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)-1-(2-metoksifenil)metanimin (12) bileşiğinin sentezi	38
Şekil 4.11 <i>N</i> -(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) bileşiğinin sentezi	39
Şekil 4.12. <i>N</i> -(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)-1-(4-metoksifenil)metanimin (14) bileşiğinin sentezi	40
Şekil 4.13 2-[-2-(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) bileşiğinin sentezi.....	40
Şekil 4.14 4-[-2-(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) bileşiğinin sentezi.....	41
Şekil 5.1 (6) ve (7) numaralı azobenzimidazol bileşiklerinin molekül içi hidrojen bağı	45
Şekil 5.2 (6) ve (7) numaralı azobenzimidazol bileşiklerinin azo-hidrazon tautomerliği.....	46
Şekil 5.3 Schiff bazı ligandlarının metal komplekslerinin olası yapıları	47
Şekil 5.4 Stiril ligandlarının metal komplekslerinin olası yapıları	47
Şekil 5.5 <i>meta</i> - ve <i>para</i> - süstitüe ligandların komplekslerinin olası yapıları	48
Şekil 5.6 2-[(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)imino]metil} fenol (9) bileşiğinin keto-enol tautomerliği.....	52
Şekil 5.7 4-[(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)imino]metil} fenol (10) bileşiğindeki keto-enol ve imin-amin tautomerisi.....	54
Şekil 5.8 2-[-2-(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) stiril türevinin tautomerisi	54
Şekil 5.9 5,6-Dinitro-2-metil-1 <i>H</i> -benzimidazol (3), 2-metil-5-nitro-1 <i>H</i> -benzimidazol-6-amin (5) ve 2-[(2-metil-5-nitro-1 <i>H</i> -benzimidazol-6-il)imino]metil} fenol (8) bileşiklerinin UV-VIS spektrumları	57
Şekil 5.10 2-Aminobenzimidazol, <i>N</i> -(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)-1-(2-metoksifenil)metanimin (12), <i>N</i> -(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13), <i>N</i> -(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)-1-(4-metoksifenil)metanimin (14) bileşiklerinin UV-VIS spektrumları	58
Şekil 5.11 <i>N</i> -(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) ve La (22), Y(23), Cu (21) komplekslerinin UV-VIS spektrumları.....	59

Şekil 5.12 2-Metil-1 <i>H</i> -benzimidazol, 2-[-2-(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) ve 4-[-2-(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) bileşiklerinin UV-VIS spektrumları	59
Şekil 5.13 4-[-2-(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) ve La kompleksinin (27) UV-VIS spektrumu	60
Şekil 5.14 2-Amino-1 <i>H</i> -benzimidazol bileşiği ve türevleri olan 2-[[(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)imino]metil]fenol (9), 4-[[(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)imino]metil]fenol (10) ve N-(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)-1-(4-klorofenil)metanimin (11) Schiff bazlarının UV-VIS spektrumları.....	61
Şekil 5.15 2-[[(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)imino]metil]fenol (9) Schiff bazı ve Cu (17), Y (19) ve La (20) komplekslerinin UV-VIS spektrumları.....	62
Şekil 5.16 4-[[(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)imino]metil]fenol (10) ve La kompleksinin (18) UV-VIS spektrumları.....	62
Şekil 5.17 2-[-2-(1 <i>H</i> -benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) ve Y (24), La (25) ve Cu (26) komplekslerinin UV-VIS spektrumları	63
Şekil 5.18 8. Günü sonunda çimlenmenin normal gerçekleştiği tohum örnekleri	64
Şekil 5.19 8. Günü sonunda çimlenmenin gerçekleşmediği tohum örnekleri	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 5.1 Sentezlenen bileşiklerin FT-IR spektrumlarında görülen karakteristik pik değerleri (ATR, ν cm^{-1})	49
Çizelge 5.2 Sentezlenen bileşiklerin ^1H -NMR kimyasal kayma değerleri (ppm)	55
Çizelge 5.3 Sentezlenen bileşiklerin 10^{-6} M derişimde hazırlanan çözeltileri ile uygulama yapılan buğday tanelerinin 12. saatteki su alım oranları (%)	66
Çizelge 5.4 Sentezlenen bileşiklerin 10^{-6} M derişimde hazırlanan çözeltileri ile uygulama yapılan buğday tanelerinin 24. saatteki su alım oranları (%)	68
Çizelge 5.5 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi. 69	
Çizelge 5.6 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.	70
Çizelge 5.7 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.	71
Çizelge 5.8 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.	72
Çizelge 5.9 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi. 73	
Çizelge 5.10 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi. 74	
Çizelge 5.11 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.....	75
Çizelge 5.12 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.....	76
Çizelge 5.13 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.....	77
Çizelge 5.14 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.....	78
Çizelge 5.15 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.	79

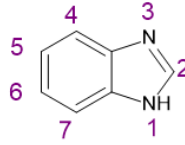
Çizelge 5.16 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.....	81
Çizelge 5.17 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.	82
Çizelge 5.18 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.	83
Çizelge 5.19 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.	84
Çizelge 5.20 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi..	85
Çizelge 5.21 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.....	86
Çizelge 5.22 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.	87
Çizelge 5.23 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin, ölçülen sapkuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.	89
Çizelge 5.24 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin, ölçülen koleoptil kuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.	90
Çizelge 5.25 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin, ölçülen sapkuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.	91
Çizelge 5.26 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin, ölçülen koleoptil kuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.	92
Çizelge 5.27 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin, ölçülen koleoptil kuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.	93
Çizelge 5.28 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin, ölçülen koleoptil kuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.	94
Çizelge 5.29 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.....	95

Çizelge 5.30 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.....	96
Çizelge 5.31 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.....	97
Çizelge 5.32 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.....	98
Çizelge 5.33 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.	99
Çizelge 5.34 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi....	100
Çizelge 5.35 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin, ölçülen kök kuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.	101
Çizelge 5.36 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin, ölçülen kök kuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.....	102
Çizelge 5.37 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin, ölçülen kök kuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.....	103
Çizelge 5.38 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin, ölçülen kök kuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.....	104
Çizelge 5.39 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin, ölçülen kök kuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.	105
Çizelge 5.40 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin, ölçülen kök kuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.....	106
Çizelge 5.41 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 4. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi.	108
Çizelge 5.42 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 4. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi.	109
Çizelge 5.43 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 4. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi.	110
Çizelge 5.44 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 4. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi.	111

Çizelge 5.45 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 4. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi.	112
Çizelge 5.46 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 4. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi.	114
Çizelge 5.47 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi.	115
Çizelge 5.48 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi.	116
Çizelge 5.49 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi.	118
Çizelge 5.50 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi.	119
Çizelge 5.51 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi.	120
Çizelge 5.52 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi.	121

1. GİRİŞ

Benzimidazoller heterosiklik bileşikler arasında önemli bir yere sahip olup, türevleri ilaç ve tarım kimyası başta olmak üzere geniş araştırma alanlarında kullanılmaktadır. Benzimidazol halkası (1), imidazol ve fenil halkalarının kaynaşmasıyla oluşur ve biyolojik sistemde temel rol oynar (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Benzimidazol bileşiğinin Yapısı

Benzimidazol türevlerinin antibakteriyel (Ansari ve Lal 2009), antiülser (Patil vd. 2008), antihipertansif (Reddy 2010), antikanser (Tahlan vd. 2019), antifungal (Al-ebaisat 2011), antiviral (Chimirri vd. 1998) gibi etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. B12 vitaminin kimyasal yapısında da benzimidazol bileşiği yer almaktadır.

Son yıllarda benzimidazol metal komplekslerinin, bitki gelişimi ve özellikle bitki çimlenmesiyle ilgili çalışmaları ön plana çıkmaya başlamıştır. Genel olarak nadir toprak elementlerinin bitki büyümesini teşvik ettiği bilinmektedir. Nadir toprak elementlerinin tohum çimlenmesini, bitki tohumlarının su absorpsiyonunu ve sitoplazmik membran geçirgenliğini geliştirdiği belirtilmiştir. Nadir toprak elementlerinin uygulanması tohumun ve köklerin büyümesini teşvik ederken, bitki biyokütlesini arttırıp kalitesini de iyileştirdiği rapor edilmiştir.

Tarım açısından bakıldığında buğday önemli hububat ürünlerindendir ve buğdayın çimlenmesi üzerinde yapılan birçok çalışma vardır. Son yıllarda çimlenmeyi inhibe eden ya da aktive eden kimyasalların etkisinin araştırıldığı bu çalışmalarda özellikle çimlenmede etkin olan enzimlerin etkisinin ortamda bulunan stres faktörlerine göre değişimleri incelenmiştir.

Bu tez çalışmasında yeni benzimidazol metal komplekslerinin sentezlenmesi ve buğdayın çimlenme parametreleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında 2-metil-1*H*-benzimidazol ve 1*H*-benzimidazol bileşiklerinden 5,6-dinitro türevleri ve bu bileşiklerin seçici indirgenmesiyle nitro amin türevinin sentezlenmesi gerçekleştirilmiştir. Nitro amin bileşikleri Schiff bazlarının ve azo boyar maddelerin sentezlerinde kullanılmıştır.

İkinci aşamada 2-metil-1*H*-benzimidazol bileşiğinin kullanıldığı reaksiyonlarla benzimidazol halkası içeren stiril boyaları sentezlenmiştir. Üçüncü aşamada ise 2-amino-1*H*-benzimidazolün benzaldehit türevleriyle reaksiyonlarıyla Schiff bazları sentezlenmiştir.

Sentez çalışmalarının son basamağında stiril boyalarının ve Schiff bazlarının nadir toprak elementlerinden olan Y ve La kompleksleri ile Cu kompleksleri sentezlenmiştir.

Tez çalışmasının sonraki aşamasında sentezlenen bileşiklerin yapısında bulunan -C=N-, -N=N- ve -C=C- bağlarının çimlenme parametreleri üzerine etkilerinin incelenmesi planlanmıştır. Yüksek saflıkta ve yeterli miktarda elde edilen bileşiklerin spektral incelemeleri yapılmış ve çimlenme analizi için 10⁻⁶ M çözeltileri hazırlanmıştır.

Tarım açısından bakıldığında buğdayın çimlenmesi üzerine birçok çalışma vardır. Son yıllarda çimlenmeyi inhibe eden ya da aktive eden kimyasalların etkisi araştırıldığı bu çalışmalarda özellikle çimlenmede etkin olan enzimlerin etkisinin, ortamda bulunan stres faktörlerine göre değişimleri incelenmiştir.

Allelopatik girişim, aşağıdakilerden biri olarak belirlenmiştir. Birçok doğal toplulukta ve tarımsal sistemde bitkilerin büyümesini ve dağılımını düzenleyen çeşitli faktörler. Kapsamlı araştırmalar, allelokimyasalların kimyasal yapısını esas olarak fenolik asitler ve uçucu alifatik asitler olarak tanımlamıştır. Bitki artıklarının parçalanmasından ve toprak mikroorganizmaları tarafından sentezlenmesinden kaynaklanan fenolik asitler, topraklarda yaygın olarak bulunur. Toprağın fenol bileşimi büyük ölçüde bitki örtüsünden, toprak özelliklerinden, mahsul sistemlerinden ve iklim koşullarından etkilenir. Ramirez ve Garraway (1982), bozulmuş bitki parçalarından ve hayvan atıklarından kaynaklanan fenolik asitlerin tohum çimlenmesini engellemesi üzerine yaptıkları bir araştırmada, çimlenme-inhibitör etkilerinin asit konsantrasyonu ve türüne göre değişebileceğini bildirmişlerdir. Buğday tohumu çimlenmesinin, hidroksi ve

metoksi gruplarının sayısından, tek ve çift hidroksi gruplarının moleküler konumundan, alifatik zincirin uzunluğundan ve ayrıca asit çözeltilerinin pKa'sından etkilendiği bulunmuştur.

Çimlenme sırasında bitkinin nişasta ve proteini sindirerek onu büyüyen bitkiye iletmek için skutellum kısmı organ haline gelir. Bitkinin çimlenmesinde α -amilaz enziminin rolü büyüktür. Çimlenme sırasında depo karbonhidratın degradasyona uğrayıp çözünür şekerlere dönüşmesinde α -amilaz önemli rol oynar.

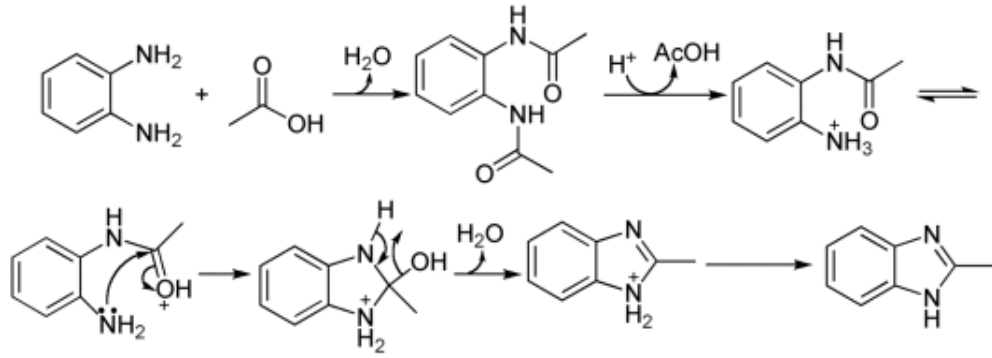
Tez çalışmasında çimlenme analizleri için üç adet ekmeklik (Demir-2000, Bayraktar-2000, Tosunbey) ve üç adet makarnalık buğday (Kızıltan-91, Çeşit-1252, Eminbey) çeşidi kullanılmıştır. 12. saat su alım oranı, 24. saat su alım oranı, koleoptil uzunluğu, kök uzunluğu, koleoptil yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı, koleoptil kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı, 4. gün çimlenme yüzdesi, 8. gün çimlenme yüzdesi değerleri ölçülerek sentezlenen bileşiklerin buğday türlerinin çimlenmesine olan etkileri değerlendirilmiştir.

Seçilen buğday çeşitlerine elde edilen ligand ve komplekslerin uygulanması ile çimlenme ölçümleri yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak ele alınmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Benzimidazol Bileşiğı

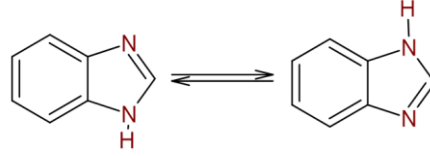
Yapısında bir benzen ve imidazol halkası içeren benzimidazol bileşiğinin ilk sentezi Hoebrecker tarafından 1872 yılında yapılmıştır. 2,5(2,6)-Dimetilbenzimidazol bileşiğı, 2-nitro-4-metilasetanilidin SnCl_2/HCl ile indirgenmesiyle sentezlenmiştir (Hoebrecker 1872). 1900'lü yılların başından itibaren, 2-süstitüe benzimidazol türevlerinin sentezinde, yüksek verimli ve kolay bir yöntem olmasından dolayı, Phillips yöntemi olarak bilinen 1,2-diaminobenzen ve karboksilik asitlerin kondenzasyon reaksiyonu tercih edilmiştir (Şekil 2.1) ve günümüzde de bu yöntem yaygın olarak kullanılmaktadır (Phillips 1928).



Şekil 2.1 2-Metil-1H-benzimidazol bileşiğinin Phillips yöntemi ile elde edilmesi

Benzimidazol bileşiğinin yapısı, biyolojik sistemin temel taşlarından olan pürin bazlarının yapısına oldukça benzer. Düşük toksisite, metaller ile bağlanma, yüksek stabilite gibi özelliklerinden dolayı benzimidazol türevlerinin çoğı tıp ve ilaç kimyası için önemli araştırma konularından birini oluşturmaktadır. Benzimidazollerin rezonans formülleri, (Şekil 2.2) azot üzerinde bulunan elektronların benzen halkasına aktarılmasıyla meydana gelen formlarda 5(6)- pozisyonunun elektrofilik süstitüsyon vermeye yatkın olduğunu gösterir. Ortamın aşırı asidik olduğu durumlarda da elektrofilik süstitüsyon, heterosiklik halka üzerinden gerçekleşmeyip 5(6)-konumundaki karbon atomu üzerinden gerçekleşir (Ficken ve Fry 1963). Herhangi bir

simetri düzlemi olmayan benzimidazol bileşikleri için imin grubunda azot üzerinde bulunan hidrojeninin yer değiştirdiği iki farklı tautomer yapısı yazılabilir (Şekil 2.2).



1-3 Tautomerisi

Şekil 2.2 Benzimidazol bileşiğinin tautomerik yapıları

2.2 Azo Boyar Maddeleri

Azo boyaları günümüzde boya kimyasının en büyük üretim hacmini temsil eder ve göreceli olarak önemi gelecekte bile artacaktır. Boya ve baskı endüstrisinde çok önemli bir rol oynarlar. Bu boyalar, basit bir diazotlama ve kenetlenme yöntemleri ile sentezlenir. Daha iyi dağılılabilirlik için boyanın istenen renk özelliklerini, verimini ve parçacık boyutunu elde etmek için farklı yollar ve modifikasyonlar yapılır (Shankarling vd. 2017).

-N=N- fonksiyonel grubu ile karakterize edilen azo boyaları toplam boyaların % 60'ından fazlasını oluşturur (Gürses vd. 2016) ve endüstride kullanılan tüm boyaların yaklaşık % 70'i azo boyalarıdır (Lipskikh vd. 2018; Berradi vd. 2019). Azo boyaları, tekstil, baskı, kâğıt üretiminde yaygın olarak kullanılan en önemli sentetik renklendiricilerdir (Benkhaya vd. 2017). Bir çok azo boyası, aromatik bir primer aminin diazolanması ardından amino ve hidroksi gibi bir veya daha fazla elektronca zengin gruplar içeren bileşikler ile reaksiyona girerek sentezlenir (Gürses vd. 2016). Bunun yanında azo boyalarının sentezlenmesi için başka yöntemler de vardır: alkali ortamda nitro aromatik türevlerin indirgenmesi, nitrozo bileşiklerinin LiAlH_4 ile indirgenmesi, primer aminlerin permanganat potasyum veya kurşun tetraasetat ile oksidasyonu, hidrazinlerin ve kinonların kondansasyonu, primer aminlerin nitroso türevleri ile kondansasyonu, vb. (Leriche vd. 2010; Zhao vd. 2011).

Azo grubu benzen halkalarına, naftalinlere, aromatik heterosikliklere veya enolize edilebilir alifatik gruplara bağlanabilir. [12]. Bunlar, farklı yoğunluktaki tonları ile

boyanın rengini vermek için gereklidir (Towns 1999). Azo boyaları yapısında bulunan gruplara göre farklılık göstermektedir. Bileşik ne kadar fazla azo grubu içerirse boyanın rengi o kadar koyu olacaktır. Boyar maddeler $-C=O$, $-NO_2$, $-N=N-$ gibi grupları yapılarında bulunduruyorsa ortaklanmamış elektron çifti taşıdıkları için kromofor özelliği gösterirler. $-COOH$, $-NH_2$, $-OH$ gibi gruplar içeriyorlarsa oksokrom özelliği gösterirler. Bileşiğin yapısında kromofor ve oksokrom grupları varsa, konjüge çift bağ içeriyorsa ya da molekülde yeterli sayıda π bağı bulunuyorsa absorpsiyon büyük dalga boyuna kayar ve bu da bileşiğin renkli olmasına neden olur. Oksokromik etki delokalizasyonu daha kararlı hale getirirken absorpsiyon bantının kırmızıya kaymasına neden olur. (Erener 2011).

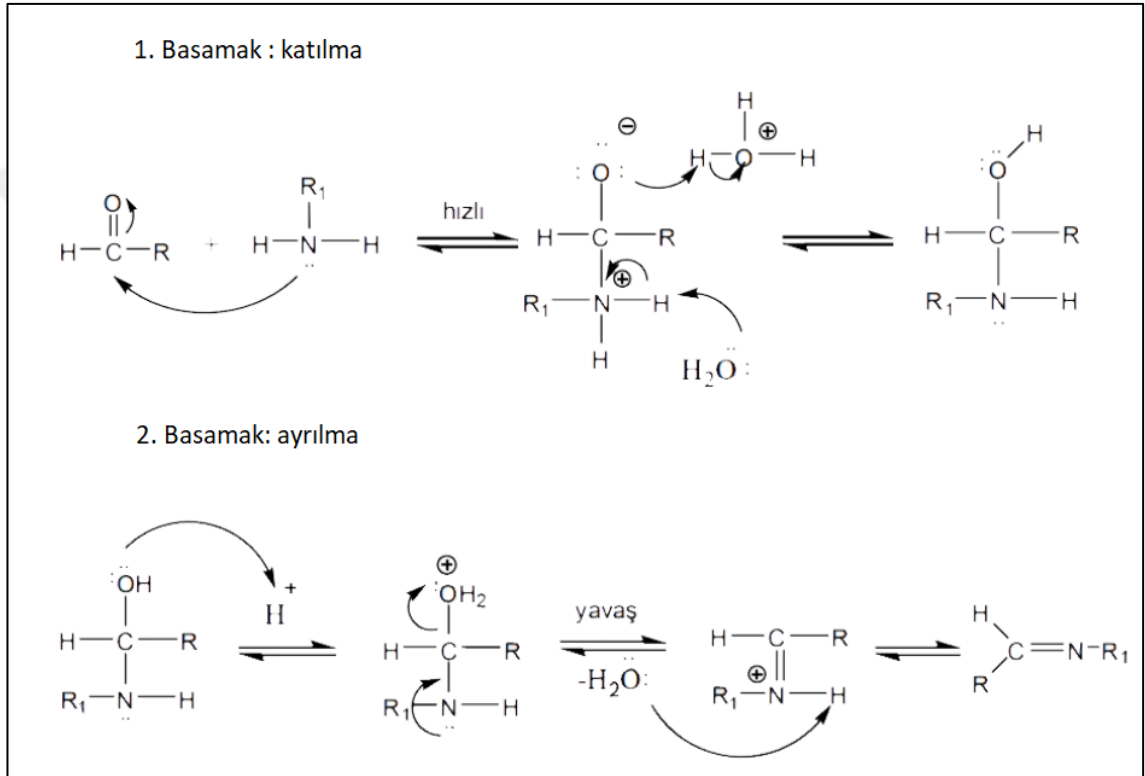
Kenetlenme reaksiyonları, bir diazonyum bileşiği ile bir diğer aromatik bileşik arasında gerçekleşen ve $-N=N-$ yapısının meydana geldiği reaksiyonlardır. Azo bileşikler sulfonamidler ve diğer ilaçlarda kullanılan diğer pek çok kıymetli organik molekül gibi aktif antibiyotiklerin sentezi için önem taşımaktadırlar. Bu nedenle, azo türevleri, kozmetik ve farmasötik araştırmalarda sürekli olarak dikkat çeken ayrıcalıklı bir kimyasal bileşikler sınıfıdır (Seferoğlu ve Ertan 2008). Benzimidazol türevleri, biyolojik aktiviteleri ile yaygın olarak bilinen çeşitli ilaç grupları içerisinde yer alır (Torres-Gómez vd. 2008; Mohanty vd. 2018).

2.3 Schiff Bazları

1864 yılında Hugo Schiff tarafından ilk kez sentezlenen Schiff bazları, ketonların ya da aldehitlerin aminlerle reaksiyona girmesiyle elde edilir. Yapılarında karbon azot ikili bağı, $-CH=N-$, bulunmaktadır (Schiff 1869). Schiff bazlarının aldehit bileşikleriyle reaksiyonu aldiminleri oluştururken keton bileşikleriyle reaksiyonu ketiminleri oluşturur. Amin grubu üzerinde proton olmadığı için Schiff bazları kararlı bir yapı sergilerken sentezlerinin kolay olması da popüler çalışma konuları arasına girmesine neden olmuştur. Schiff bazları birçok alanda kullanılmakta olup özellikle eczacılık, tıp ve biyolojik sistemler üzerine etkilerinin fazla olması çalışılma oranlarını arttırmıştır (Mohamed ve Omar 2006; Mangaveni vd. 2018). Hem endüstride hem de biyolojik sistemlerde koordinasyon bileşiklerinin kullanımı oldukça yaygındır. Hem biyolojik hem de yapısal özellikleri nedeniyle Schiff bazları koordinasyon kimyasında oldukça

fazla kullanılmaktadır. 1933 yılında Pfeiffer tarafından ilk defa Schiff bazlarının bazı metal kompleksleri sentezlenmiştir (Pfeiffer vd. 1933; Seçkin vd. 2003).

Schiff bazlarının sentez mekanizması önce katılma sonra ayrılma olmak üzere iki basamaktan meydana gelir. İlk basamakta karbonil grubuyla primer aminin kondenzasyonu reaksiyonu yer alırken ikinci basamakta ara bileşik olan karbinolaminin dehidratasyonu ile Schiff bazı elde edilir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Schiff bazlarının genel sentez mekanizması

Pek çok alanda yaygın olarak kullanılan Schiff bazlarının araştırmalarına bir örnek olarak metoksi grubu içeren bir dizi 4-kloro-2-[(arilmetiliden)amino]fenol sentezleri örnek verilebilir. Schiff bazlarının yapıları FT-IR, ESI-MS, ^{13}C -NMR, UV-VIS ve ^1H -NMR spektroskopik teknikler ve analitik yöntemlerle karakterize edilmiştir. Ayrıca bileşiklerin antibakteriyel ve antifungal aktiviteleri araştırılmıştır. Bileşiklerin çoğunun, *S. epidermidis* ve *C. albicans*'a karşı seçici aktivite gösterdiği görülmüştür (Cinarlı vd. 2011).

2.4 Stiril Boyaları

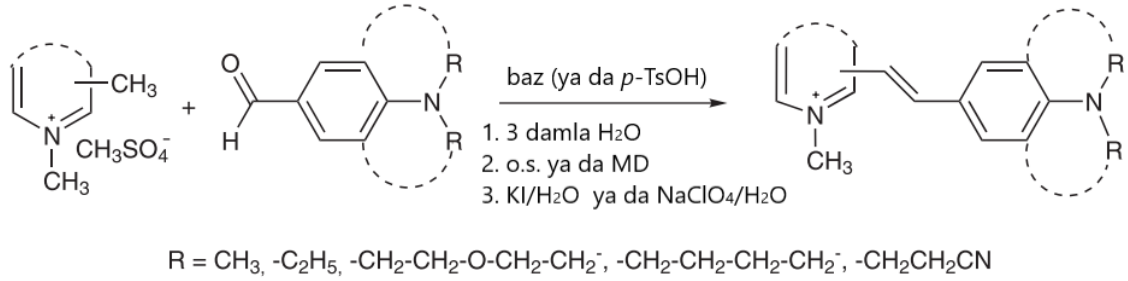
Stiril, $C_6H_5-CH=CH-$, stiren bileşiğinden türetilmiştir. Bu yapıyı içeren boyalar stiril boyaları adını alır ve bu bileşikler yüklü ya da nötr olabilir. Bazı süstitüe stiril bileşikleri, konjüge çift bağı zincire bağı iki azot atomuna sahip olmaları nedeniyle klasik siyanin boyalarına benzemekle birlikte, bir azot atomunun bir heterosiklik çekirdeğin bir parçası olmaması nedeniyle siyaninden farklılık gösterir (Şekil 2.4) (Deligeorgiev vd. 2010; Zucca vd. 2016) Bu boyaların en yaygın özelliği, konjüge sistemin bir parçası olarak polimetin zincir arilvinil veya hetarilvinil parçalarına dahil olmalarıdır.



Stiril boyaları, sensör olarak fotoğraf endüstrisinde (Jha ve Banerji 1985; Jha vd. 1990; Shindy 1999; Huang vd. 2014), lazer disklerde bulunan optik kayıt kısmında (Park vd. 2001; Lee ve Hu 2003) ve birçok farklı alanda (Sørensen ve Nielsen 2011) esnek boyalar (Dentani vd. 2008), lazer boyaları (Costela vd. 2008) ve optik sensörler (Shettigar vd. 2009) olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. König tarafından ilk olarak sentezlenmesinin ardından çok geniş bir yelpazede stiril boyalarının sentezleri geliştirilmiştir. Çok çeşitli stiril boyalarının sentezi, uygulamaları ve fotolüminesans özellikleri ayrıntılı olarak araştırılmıştır (Mishra vd. 2000).

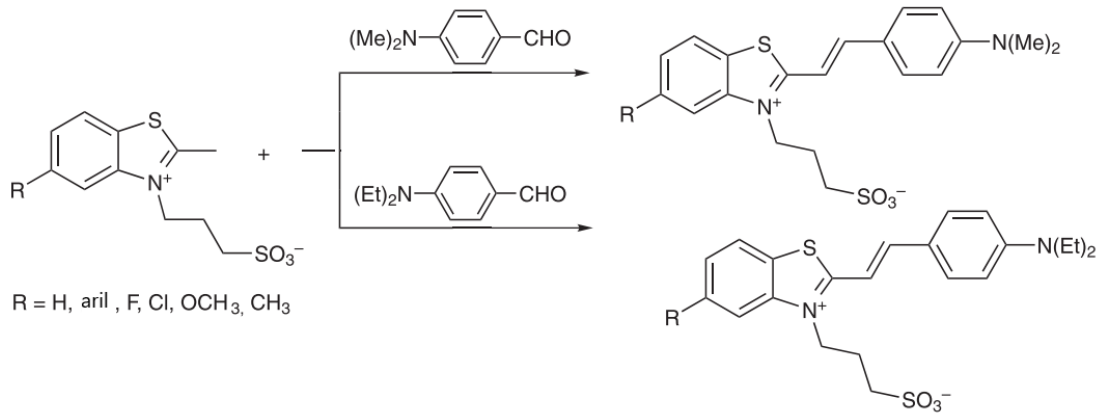
Yapılan bir çalışmada bir dizi stirilpiridinyum, stirilkinolinyum ve stirilbenzotiyazol boyaları yeni çevre dostu prosedürlerle sentezlenmiştir. 4-Metilpiridinyum metosulfat bileşiğinin, 2- veya 4-etilkinolinyum metosulfat bileşiğinin ya da 2-metilbenzotiazolyum metosulfatın aromatik aldehitlerle kondenzasyonu, çözücüsüz koşullar altında veya farklı bazik veya asidik reaktiflerin varlığında mikrodalga ile

gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.5). Bu sentez yöntemi ile oldukça yüksek verim elde edilmiştir (Vasilev vd. 2008a).



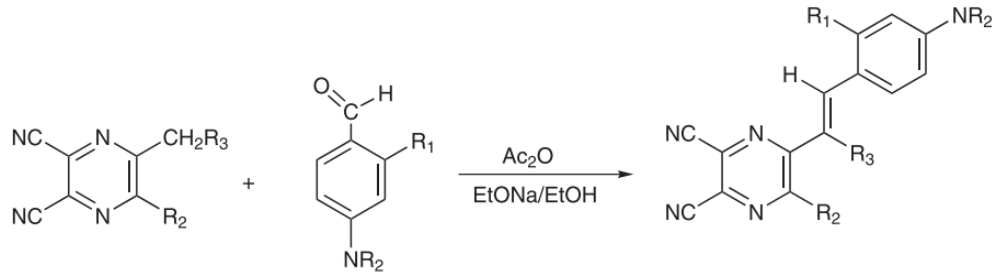
Şekil 2.5 Stilirpiridinyum, stilirkinolinyum ve stilirbenzotiyazol boyalarının çözücüsüz ortamda sentezleri

1998 yılında, Li ve arkadaşları, iki seri 3-sülfopropil stilir siyanin boyalarının sentezlerini açıklamışlardır (Şekil 2.6). Bu bileşikler, süstitüe olan ve olmayan benzotiazolyum betain bileşiklerinin kondenzasyonu reaksiyonlarıyla sentezlenmiştir. Gümüş halojenürlerin spektral özellikleri ve ışığa duyarlılık özellikleri incelenmiştir (Qun Li vd. 1998).



Şekil 2.6 3-Sülfopropil stilir siyanin boyalarının sentezi

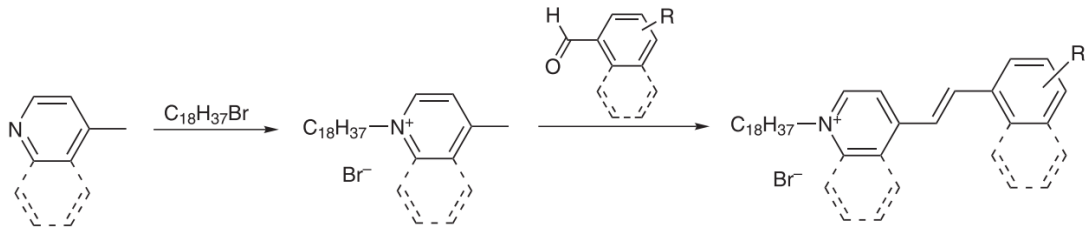
Matsuoka ve arkadaşları, yeni floresan stilir boyaları vermek üzere 2,3-disiyano-5-metilpirazin türevlerinin arilaldehitler ile reaksiyonunu çalışmışlardır (Şekil 2.7). Bu stilir boyaları geniş bir p-konjüge sistemine sahiptir ve molekül içi yük transferi güçlü olan kromoforik yapılardır (Jaung vd. 1996).



R = Me, Et; R₁ = H, Me, OH; R₂ = OH, OAc, Me; R₃ = H, COOH.

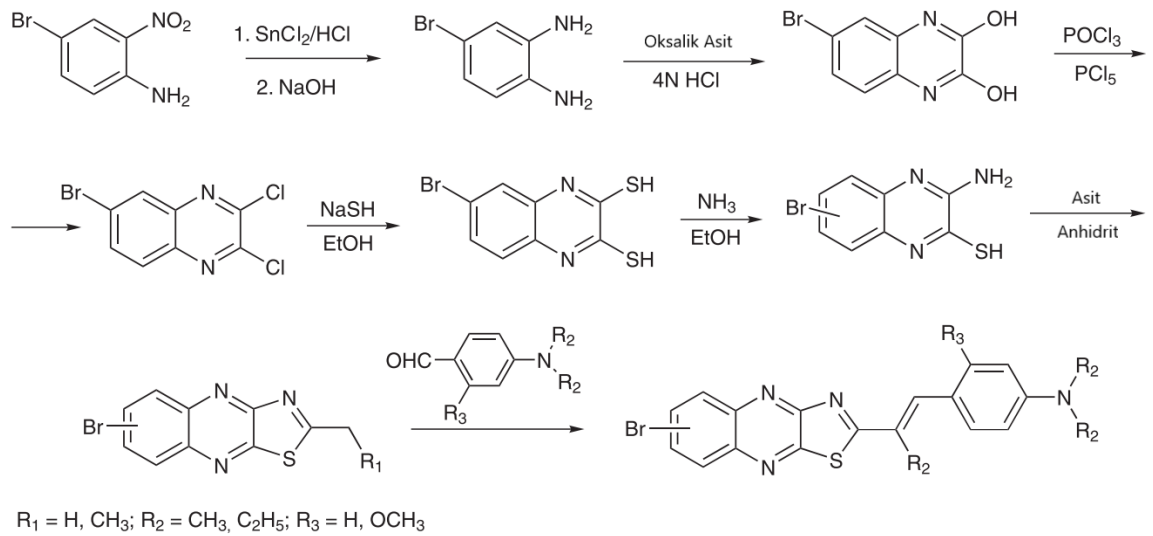
Şekil 2.7 3-Disiyan-5-metilpirazin türevlerinden elde edilen stilir boyaları

Başka bir çalışma, 4-metilpiridin veya 4-metilkinolinin alkil türevlerinin aromatik aldehitler ile kondenzasyonu ile hazırlanan yeni stilir boyalarının senteziyle ilgilidir (Şekil 2.8). Yazarlar, sonuçta elde edilen boyaların fiziksel özelliklerini ve lineer olmayan optik özelliklere sahip Langmuir-Blodgett filmlerinin hazırlanması için kromofor olarak ve analitik kimyada potansiyel duyarlı boyalar olarak uygulamalarını araştırmışlardır (Lehmann vd. 1995).



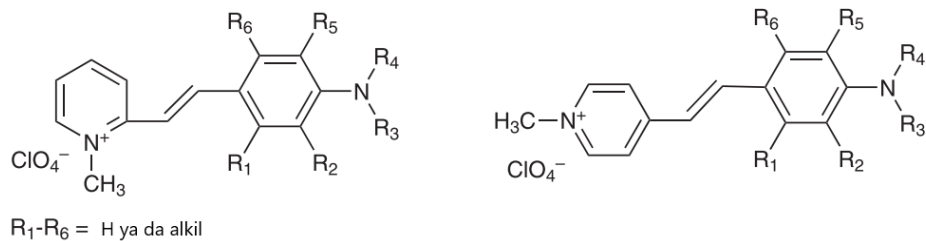
Şekil 2.8 Alkil grubu bağlı 4-metilpiridin aromatik aldehitlerle kondenzasyonu sonucu oluşan stilir boyaları

2-Stiril-6(7)-bromotiazolo[4,5-b]kinoksalin bazlı floresan boyalarının yüksek verimli sentezi Rangnekar ve Sonawane tarafından gerçekleştirilmiştir (Rangnekar ve Sonawane 2000). Bu boyalar, 2-stiril-6(7)-bromotiazolo[4,5-b]kinoksalin bileşiğinin piperidin ya da asit anhidrit varlığında seçilen N-dialkilamino-süstitüe arilaldehitler ve heteroaril aldehitler ile kondenzasyonu sonucu elde edilmiştir (Şekil 2.9).



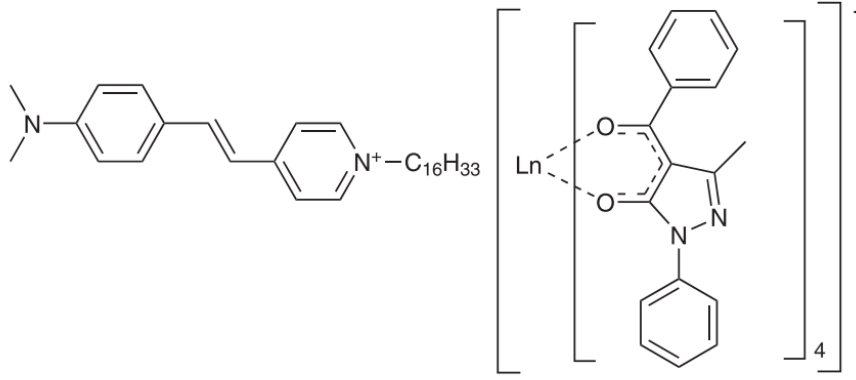
Şekil 2.9 2-Stiril-6(7)-bromotiazolo[4,5-b]kinoksalin bazlı floresan boyalarının sentez aşamaları

Başka bir çalışmada metil-(p-aminostiril)piridinyum perklorat stiril boyaları (Şekil 2.10) sentezlenmiştir (Gawinecki ve Trzebiatowska 2000).



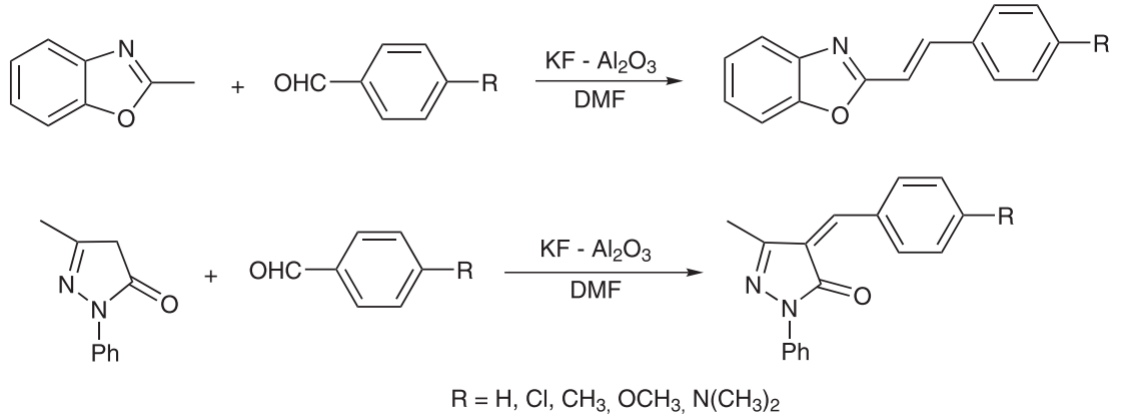
Şekil 2.10 Metil-(p-aminostiril)piridinyum perklorat bileşiğinden sentezlenen stiril boyaları

Wostyn ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, hemisiyanin (stiril) 1-heksadesil-4-{2-[4-(dimetilamino)fenil]etenil}piridinyum kromoforu içeren dört lantan kompleksinin (Şekil 2.11) moleküler doğrusal olmayan optik polarizasyonunu ve ilk hiper polarizabilitesini belirlemiştir (Wostyn vd. 2001).



Şekil 2.11 Hemisyanin kromoforu içeren lantan komplekslerinin moleküler yapısı

Yapılan başka bir çalışmada (Sun vd. 2001) katı bir baz olan $\text{KF-Al}_2\text{O}_3$ varlığında, DMF içindeki 2-metilbenzoksazol ile metanol içerisinde 1-fenil-3-metilpirazol-5-on aromatik aldehytlerin kondenzasyonu sonucunda sırasıyla yüksek verimde 2-stirilbenzoksazol bileşiği ve daha düşük verimde ise 1-fenil-3-metil-4-arilmetilenpirazol-5-on bileşiği sentezlenmiştir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 2-Metilbenzoksazol ve 1-fenil-3-metilpirazol-5-on bileşiklerinin aromatik aldehytlerle kondenzasyonu reaksiyonları

2.5 Schiff Bazlarının Metal Kompleksleri

İnsanlarda pek çok biyolojik olayı kontrol eden B12 bileşiği gibi, benzimidazollerin geçiş metali komplekslerinin, biyolojik moleküllerde ligand görevi yaparak metallerin koordinasyonunu sağladığı bilinmektedir ve bu bileşiklerin de geniş bir biyolojik aktivite yelpazesine sahip olduğu gözlenmiştir (Kanagavalli vd. 2019). Özellikle 2-sübstitüe benzimidazollerin çeşitli metal komplekslerinin yapılarının aydınlatılması konusunda yapılan pek çok araştırmada, N-3 atomu ve geçiş metallerinin, koordinasyon bağı yaparak, tek dişli veya yapıya bağlı olarak üç dişli veya dört dişli ligand yapısında bulunabildikleri rapor edilmiştir. Ligandlar genel olarak Lewis bazları olarak düşünülebilir çünkü metal iyonlarına elektron çiftleri verebilirler. Benzimidazol grubunda bulunan imin yapısı üzerindeki azot ortaklanmamış elektron çiftine sahiptir. Metaller ile meydana gelen komplekslerde bu heteroatomlar genelde koordinasyon noktası olurlar. Benzimidazol bileşiğinin *ortho*- konumunda kolay hidrojen verebilen fonksiyonel bir grubun varlığı metal komplekslerinin kararlılığını arttırdığı gibi reaksiyonun hızına da etki eder. -OH, -SH, -NH gibi yapıların *ortho*- konumunda olması bu açıdan önemlidir (Tuna 2004).

Schiff bazlarının metal kompleksleri antitümör, antiviral, antibakteriyel, antifungal ajanlar olarak nitelendirilmektedir (Ashraf vd. 2011; Ozaslan vd. 2011). Bunun yanı sıra AIDS ve diyabet gibi bazı hastalıkların tedavisinde rol aldığı da belirtilmiştir (Rehman vd. 2004; Golcu vd. 2005; Da Silva vd. 2011).

Salisaldehitlerden sentezlenen Schiff bazlarının çok dişli ligandlar olduğu bilinmektedir. Schiff bazlarının metal iyonlarına koordinasyon yeteneği çalışmaların Schiff bazlarının metal (II) komplekslerinin sentezi ve karakterizasyonu konusuna yönelmesini sağlamıştır (Anitha vd. 2012; Kanagavalli vd. 2019). Schiff bazlarının azometin grubu, komplekslerin oluşumu için potansiyel bir donördür. Beş ve altı üyeli halkalar içeren heterosiklik bileşiklerin Schiff bazlarının şelatlaşma yeteneğinin yanı sıra terapötikler alanında potansiyel uygulamaları da bulunmaktadır (Acheson 1960).

2-Amino-6-nitrobenzotiazolün Schiff bazlarının geçiş metali kompleksleri, Schiff bazlarının farklı bağlanma özelliklerinin incelenmesini sağlamıştır. Bu açıdan, bir yapı

aktivite ilişkisi de incelenebilir. Son yıllarda, organik malzemeler optik iletişimde kullanılan doğrusal olmayan optik (NLO) özellikleri için incelenmiştir. Etkin iletişim malzemeleri tasarlamak için çok sayıda organik bileşik NLO özellikleri açısından test edilmiştir (Costes vd. 2005). Bu amaçla, 2-amino-6-nitro-benzotiazolün Schiff bazlarının çeşitli aromatik aldehitler ile Cu (II), Ni (II) ve Co (II) metal kompleksleri sentezlenmiştir. Bu bileşiklerin antimikrobiyal aktivitesi ve NLO özellikleri karşılaştırılmıştır (Kanagavalli vd. 2019).

Bazı geçiş metal iyonlarına karşı antihelmintik fenbendazol ilaçlarının koordinasyon özellikleri kullanılarak, biyolojik aktivitesinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Fenbendazol, karbamat grubunun ve benzimidazolün piridin azotu üzerinden doğal ikidışli ligand gibi davranmaktadır. MEP (moleküler elektrostatik potansiyel) analizi göstermiştir ki Ni kompleksindeki metal merkezin elektrofilik atak olarak en aktif bölge olmasına rağmen, düşük elektronik yoğunluğun uygun olması nedeniyle fenbendazolün NH grubundan nükleofilik atak için uygundur. Fenbendazolün metal iyonları ile koordinasyonu, *S.aureus* ve *E.coli* bakterilerine karşı antibakteriyel aktivitede artışa neden olduğu bulunmuştur (Mansour vd. 2016).

Ditiyokarbamat ve benzimidazol yapılarını içeren birçok biyolojik aktiviteye sahip heterosiklik bileşikler aynı zamanda bu yapıların geçiş metali komplekslerini de kapsamaktadır. Birçok fungusit (Tunçbilek vd. 1997) gibi farmasötik ve tarımsal bileşenlerin bu biyoaktif grupların birini ya da birkaçını içerdiği bulunmuştur.

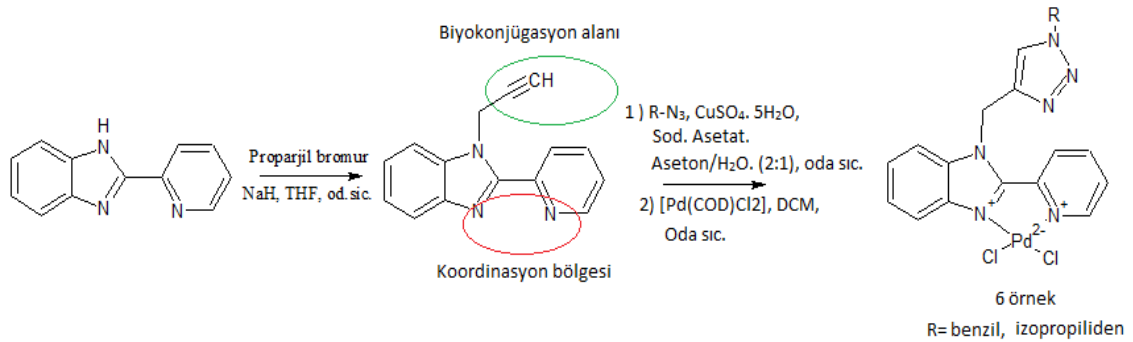
Başka bir çalışmada ditiyokarbamat fonksiyonlu grubu içeren benzimidazol türevlerinin de bu grupların antifungal etkinliğinin olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca bu ligandların Cr(III), Ni(II), Zn(II), Cu(II), Mn(II) geçiş metalleriyle şelat yapıları hazırlanmış ve fungusidal aktivitelerinin artması amaçlanmıştır. Hazırlanan metal komplekslerinin, elemental analizleri (C, H, N, S ve metal miktarları), FT-IR, manyetik moment ve reflektans spektrumları ile termal analizleri (TGD ve DTA) gibi çeşitli fiziko-kimyasal teknikler kullanılarak yapıları aydınlatılmıştır ve kompleksleşmenin fungusidal aktiviteyi arttırdığı tespit edilmiştir (Mohamed vd. 2009).

Biyolojik aktivitenin ölçüldüğü bir diğer çalışmada Aljahdali tarafından 2013 yılında yapılmıştır. Çalışmada Cd(II), Ni(II), Zn(II) ve Cu(II)'nin, 2-

aminometilbenzimidazol ve glisin ile üçlü kompleksleri hazırlanmış ve yapıları elementel analiz, FT-IR, manyetik moment, molar iletkenlik, UV-VIS, ESR ve ^1H -NMR ile belirlenmiştir. İmidazol zinciri, metaloproteinlerde (nikel içeren üreazlarda olduğu gibi veya çoğu bakır ve çinko metaloproteinlerde bir veya daha fazla imidazol birimi metal iyonlarla bağlanır) gerekli olan bir metal bağlanma yeridir ve biyolojik hareketliliklerinde etkinliği sağlamaktadır.

Dört karışık-ligand kompleks serisi, 2-aminometilbenzimidazol ve glisin ile metal klorürün reaksiyonuyla sentezlenmiştir. Bu çalışmanın sentetik presedürü, $[\text{M}(\text{AMBI})(\text{Gly})]\text{Cl}\cdot n\text{H}_2\text{O}$ genel formüle sahip, (1:1:1) (M:AMBI:Gly) molar oranında komplekslerin formunda oluşur. İzole edilmiş metal şelatların biyolojik aktivitesi, farklı bakteri ve mantarlarda denenmiştir. Test edilen komplekslerdeki antibakteriyel aktivite sonuçlarına göre bileşiklerin etkinliklerinin gram pozitif bakterilerde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sentezlenen kompleksler içerisinde Cu(II) kompleksi, geniş spektrumlu antibiyotik olarak daha yüksek potansiyele sahiptir (Aljahdali 2013).

Deepthi ve ark. 2015 yılında yaptıkları bir çalışmada triazolün bağlı olduğu 2-piridil-benzimidazol ligandlarının palladyum (II) komplekslerini sentezleyerek bunların Gram negatif ve Gram pozitif bakteri suşlarına karşı antimikrobiyal aktiviteleri üzerinde çalışmışlardır.

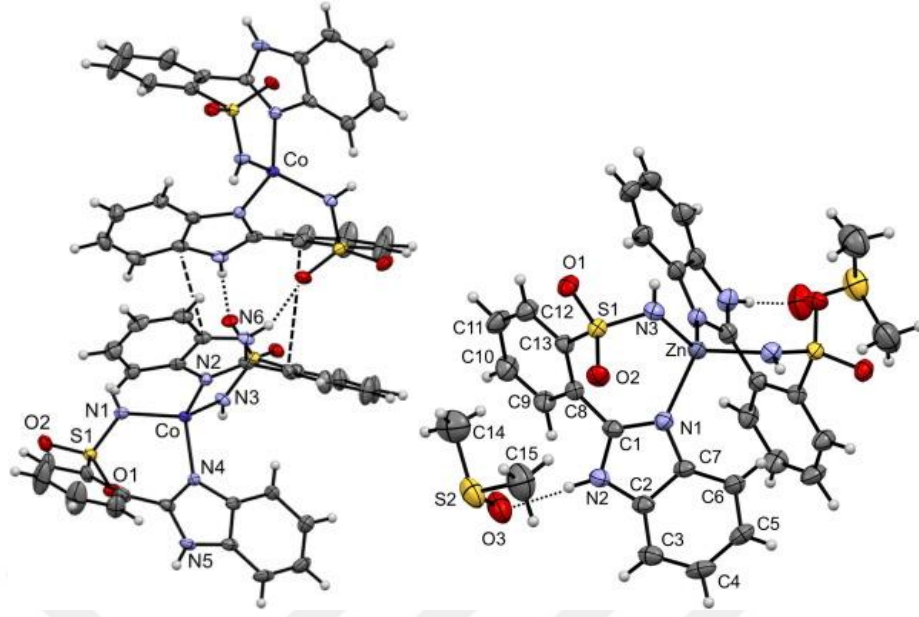


Şekil 2.13 2-piridil-benzimidazol ligandlarının palladyum (II) kompleksleri

Ligandların $\text{Pd}(\text{COD})\text{Cl}_2$ (1:1 oranında) diklorometan çözeltisinde reaksiyonuyla palladyum kompleksleri sentezlenmiş (Şekil 2.13) ve yapılar NMR, kütle ve elementel analizlerle aydınlatılmıştır. Bazı ligandların ve metal komplekslerinin Gram Pozitif (*B. Megatherium*, *B. subtilis*, *M. luteus* ve *B. cereus*) ve Gram Negatif (*K. pneumonia*, *P.*

Aeruginosa, *E. Coli* ve *S. Typhi*) bakterilerine karşı antibakteriyel etkisinin oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın sonunda bileşikler içerisinde piranoz halkalı yapısını barındıranların furanoz halkalı yapısına sahip olanlara göre az da olsa daha iyi inhibisyon aktivitesi gösterdiği belirlenmiştir. Sonuçlara bakıldığında ayrıca serbest ligandların palladyum komplekslerine oranla daha yüksek antimikrobiyal aktivite gösterdiği de tespit edilmiştir. Bazı palladyum komplekslerinin daha yüksek mikrobiyal aktivite göstermesinin yanı sıra bazılarının daha düşük aktivite göstermesinin nedeninin palladyum komplekslerindeki sterik engel olduğu düşünülmüştür (Deepthi vd. 2015).

Yapılan başka bir çalışmada benzimidazol ve sülfonamid yapılarının biyolojik aktiviteleri ve çift değerlikli geçiş metalleriyle (Cu(II), Co(II), Zn(II), Mn(II) ve Ni(II)) kompleksleri çalışılmıştır. Genel formülü $[ML_2(H_2O)_n]$ (Mn(II) için $n=2$ ve Cu(II), Zn(II) ve Ni(II) için $n=0$) olan bileşiklerin yapı aydınlatılmaları elemental analiz, iletkenlik ölçümü, manyetik duyarlılık, FT-IR ve NMR spektroskopisi ile gerçekleştirilmiştir. Ligand olarak kullanılan 2-(o-sülfamoilfenil)benzimidazol ile ligandın kobalt ve çinko komplekslerinin moleküler yapıları X-ışınları analizi ile belirlenmiştir (Şekil 2.14). Bu iki kompleksin moleküler yapıları Co(II) ve Zn(II) etrafında tetrahedral geometridir. Sentezlenen metal komplekslerinden bazılarının antibakteriyel (*Bordetella bronchiseptica*, *Micrococcus luteus*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi*, *Enterobacter aerogens*,) ve antifungal (*Aspergillus nigar*, *Mucor species*, *Fusarium solani*, *Aspergillus flavus*, *Alternaria species*, *Aspergillus fumigatus*) etkileri incelenmiştir. Bütün kompleksler fungal suşlara karşı inaktif sonuç verirken en yüksek antibakteriyel inhibisyon aktivitesi tetrahedral yapıdaki Co(II) ve Zn(II) komplekslerinde gözlenmiştir (Ashraf vd. 2016).



Şekil 2.14 2-(o-sülfamoilfenil)benzimidazolün kobalt kompleksi ve çinko kompleksinin yapısı

2.6 Nadir Toprak Elementleri

Lantanitler ilk olarak 1787'de keşfedilmiştir. Şimdi gadolinite olarak bilinen bu mineral daha sonra çeşitli lantanit elementlerine ayrılmıştır. 1794 yılında Gadolin, bu minerale saf olmayan bir itriyum oksit formu olan itriya'yı elde etmiştir. 1803'te Berzelius ve Klaproth, ilk seryum bileşiğini izole etmiştir. Daha sonra Moseley, lantan ve hafniyum arasında on dört element olduğunu kanıtlamak için bir X-ışını spektrumunu kullanmıştır. Elementlerin geri kalanı daha sonra aynı minerale ayrılmıştır. Bu elementler, oldukça nadir minerallerden elde edildiğinden ilk önce nadir toprak olarak sınıflandırılmıştır. Lantanitler terimi, serinin ilk ögesi olan lantandan türemiştir. Alkali metaller ya da halojenler gibi periyodik tablodaki diğer seriler gibi lantanitler de birçok benzer özelliğe sahiptir. Bileşiklerinde 6'dan büyük koordinasyon sayıları (genellikle 8-9) söz konusudur (Cotton 2005).

Nadir toprak elementleri (NTE) 15 elementten oluşmaktadır. Bunların atom numaraları 57 (Lantanyum- La) ile başlayıp 71'e (Lütesyum- Lu) kadardır ve kimyasal olarak benzerlik göstermektedirler. Atom numarası 21 olan skandiyum elementi ve 39 olan itriyum elementleri de lantanitlerle benzer kimyasal özelliklere sahip oldukları için bu

grubun içine dâhil edilmiştir. Lantanitlerin tarım ve tıp gibi alanlarda kullanımları son yıllarda hızla artarken ekotoksikolojik etkileri ve mekanizmaları hakkında çok fazla bilgi bulunmamaktadır (Gonzalez vd. 2014).

Nadir toprak elementleri (NTE), enerji tasarruflu ışıklar, CO₂ emisyonunu azaltmaya yardımcı olan rüzgâr türbinleri, kompakt floresan aydınlatma (CFL'ler), LED aydınlatma ve fiber optik, elektrikli araba pilleri, yeni bir teknoloji olan manyetik soğutma da dâhil olmak üzere birçok gelişmiş enerji teknolojisinde kullanılır.

250'den fazla mineralde bulunan bu elementler, birçok yüksek teknoloji endüstrisi için yüksek ekonomik öneme sahiptir (Marion vd. 2020). Son yıllarda benzimidazol metal komplekslerinin biyolojik aktivitelerinin yanı sıra agrokimyasal özellikleri de incelenmeye başlanmıştır. Bitki çimlenme hızına ve çimlenme gücüne etki eden kimyasallar ile yapılan çalışmalar da ön plana çıkmıştır.

NTE'nin tohum çimlenmesini, tıbbi bitkilerin tohumlarının su absorpsiyonunu ve sitoplazmik membran geçirgenliğini geliştirdiği belirtilmiştir. Ayrıca, NTE ile muamele edilen tohumların oksijen çıkışı, muamele edilemeyenlere göre daha fazla olduğu ve daha fazla metabolik aktivite ve büyüme için daha fazla enerjiye sahip olduğu da gösterilmiştir (Qiu ve Zhou 2008).

Lantanitlerin yüksek konsantrasyonları toksik etki yaparken, düşük konsantrasyonları büyümeyi teşvik edici özellik göstermektedir. Bu etkiye "Hormesis etkisi" denir. Nadir toprak elementlerinin bitkilerdeki biyolojik etkileri oldukça değişiktir. Uygulandıkları doz miktarına ve diğer şartlara bağlı olarak pozitif ya da negatif fizyolojik etki gösterebilirler (He ve L. 1983). Nadir toprak elementlerinin uygulanması tohumun ve köklerin büyümesini teşvik edebilirken, bitki biyokütlesini arttırıp ve sporokarp (mantarlarda spor üretiminin yapıldığı çok hücreli yapı) kalitesini iyileştirebilir.

G. lucidum NTE'ler ile muamele edildiğinde sporokarplar ham protein, ham lif, kül, düşük miktarda da ham yağ içeriklerinde artış tespit edilmiştir. 100-150 µg/g NTE ilave edildiğinde kayda değer sonuçlar elde edilmiştir. Kontrol örneğiyle karşılaştırıldığında proteinde % 6.55-6.56; lifte % 0.91-1.96; polisakkaritlerde % 4-11.29 arasında bir artış gözlenirken, yağ miktarında % 4.15'lik bir düşme tespit edilmiştir. Kül miktarındaki en

büyük artış ise 25 µg/g NTE ilavesi ile % 5.50 olarak bulunmuştur. NTE aynı zamanda bitki dokularındaki aminoasit miktarında ve aminoasit oranlarının değişmesinde de rol oynamıştır (Zhang vd. 1995).

Lantanyum nitratin perklorat stresi altında bitki büyümesine etkisini 2013 yılında Yinfeng ve arkadaşları incelemişlerdir. Bitki köklerinde kontrol grup için % 63.33 canlılık gözlenirken 0.1-0.5 mg/L lantanyum ilavesiyle kök canlılığı azalmıştır. En fazla kök canlılığındaki artış 0.1 mg/L lantanyum ilavesinde % 56.97 olarak gözlenmiş ve lantanyum derişimi arttıkça bu oranda önemli ölçüde azalma meydana gelmiştir. Çalışmada perkloratın kontrol numunelerinde bitkinin büyümesini önemli derecede inhibe ettiği, ancak kök aktivitesi için 0.1 mg/L La³⁺, klorofil miktarı ve fotokimyasal etkinlik içinse 0.5 mg/L La³⁺ ilavesiyle bu durumun büyük ölçüde ortadan kalktığı görülmüştür. 10⁻⁴ M derişimindeki lantanyum nitrat çözeltisinin ilavesi en yüksek kök canlılığının belirlendiği rapor edilmiştir (Yinfeng vd. 2013).

Yapılan bir çalışmada *Cassia obtusifolia* bitkisine neodimyum katyonunun (Nd⁺³) düşük konsantrasyonlardaki (1, 3, 5 mg/L) uygulanmasının tohum çimlenmesini teşvik ettiği, ancak 5 mg/L den fazla konsantrasyonlardaki Nd⁺³ miktarının çimlenmeyi inhibe ettiği bulunmuştur. Optimum değerin ise 3 mg/L olduğu tespit edilmiştir (Yao vd. 2008).

Angelica siensis bitkisinde yapılan çalışmalarda Nd⁺³ ün (10, 50, 80 ve 100 mg/L) değişik konsantrasyonlarında tohum çimlenmesine etkisi karşılaştırılmış ve sonuç olarak 80 mg/L Nd⁺³ uygulanan tohumların çimlenme oranını arttırdığı bulunmuştur (Chen et al. 2010).

G. Lucidum (*Reishi mantarı*) NTE'ler ile muamele edildiğinde ham protein, ham lif, kül, düşük miktarda da ham yağ içeriklerinde artış tespit edilmiştir. 100-150 µg/g NTE ilave edildiğinde kayda değer sonuçlar elde edilmiştir (Zhang vd. 1995).

NTE'nin biyolojik sistemlerde kullanımı 3 kategoride incelenebilir. İlk kullanımı, nadir toprak elementlerinin özellikle La'nın büyük ölçüde biyomembranlardaki Ca için olmak üzere biyolojik sistemlerde (Reuben 1979) prob olarak kullanılmasıdır. İkinci kullanımı, NTE'nin dokulardaki elementlerin hareketini ve birikmesini izlemek için "iz element"

olarak uygulanmasıdır. Bu uygulama izole membranlar, bütün hücreler ve hayvan ve bitkilerde bulunan bütün organizmalardaki Ca ve suyun hareketlerini izlemek içindir (Weiss 1974). Üçüncü kullanımı ise lantanidlerin kas ve sinir aktivitesindeki Ca^{2+} 'nın rolünü araştırmaktır. Bu diğer NTE ya da La^{3+} kullanılarak uygulanmaktadır. Hücrelerde Ca^{2+} 'nın görüntülenmesi ile ilgili çalışmaların çoğu, fiziksel ve kimyasal benzerliklerine dayanmaktadır. Bunların örnekleri paramanyetizma, NMR spektrumları ve NTE'nin elektron mikroskobu altında görünür kılan elektron yoğunluğu gibi özellikleridir. NTE'yi kullanan hayvan sistemleri üzerinde yapılan çalışmalar, büyük ölçüde, kalsiyumun hücredeki rolünün anlaşılmasına yöneliktir. Bitkilerde, bakterilerde ve bazı mantarlarda, hastalık direnci, enzim aktivitesi, azot fiksasyonu, hormonlarla etkileşimler ve büyüme tepkileri üzerindeki etkiler de dahil olmak üzere NTE'nin diğer kullanımları ile ilgili başka çalışmalar yapılmıştır (Brown vd. 1990). 1990 yılında Brown ve arkadaşlarının yaptığı araştırmada NTE'nin tahıl, sebze, meyve ve çay bitkilerinin büyümesini stimule ettiği bulunmuştur (Brown vd. 1990).

Yuan ve ark. 2001 yılında NTE içeren gübre çözeltilerinin ekilen pirinç tanelerine alınımı ve katkısı üzerine bir çalışma yapmışlardır (Yuan vd. 2001). Çeşitli pirinç proteinleri, hemiselüloz ve ham lif ayrılmış ve değişik oranlardaki NTE'nin protein ve selülozdaki etkisi incelenmiştir. Pirinç taneleri % 70 lik v/v alkol içerisinde 60 s kadar sterilize edilmiş, La (6.9×10^3 ng/ml), Gd (297 ng/ml), Ce (1.37×10^4 ng/ml), Y (15.1 ng/ml), Nd (4.8×10^3 ng/ml), Er (24.4 ng/ml), Pr (1.5×10^3 ng/ml), Dy (59.4 ng/ml), Tb (15.7 ng/ml) ve Sm (14.7 ng/ml) içeren çözeltilerde (pH=6.0) çimlendirme işlemine tabi tutulmuştur. Pirinç tanelerindeki NTE konsantrasyonları her gün belirlenmiştir. Ekim süresi boyunca, her dört günün ardından, kültür çözeltisi aynı konsantrasyondaki NTE çözeltisi ile değiştirilmiştir. Yedinci günün sonunda protein ayırma işlemi için bazı tohumlar deiyonize su ile yıkanmıştır. Ekimin sekizinci gününden sonra kökler ve çıkan filizler kökten ayrılıp toplanarak içerdikleri NTE konsantrasyonları tespit edilmiştir. Pirinç tanelerinden elde edilen un oda sıcaklığında kurutulmuş ve kullanılmadan önce 4°C de muhafaza edilmiştir.

Chen ve Bushuk (1970) metoduna göre pirinç tanesindeki proteinler ekstrakte edilerek çözünebilirliklerine göre fraksiyonlarına ayrılmışlardır (Chen ve Bushuk 1970). Pirinç proteinine bağlı olan NTE'lerin araştırılması için albümin proteini seçilmiştir ve bir

Sephadex G-100 kolonuna (2.6 x70 cm) uygulanmıştır. 280 nm'de belirgin bir UV absorpsiyon bandı olduğu görülmüştür. Bu bileşik, bütün suda çözünür bileşen içindeki toplam miktarın yaklaşık % 20 Pr , % 13 La, % 50 Ce ve % 20 Nd' yi bağlar. Bu çalışma NTE'lerin bitki proteinlerine bağlandığını göstermiştir, ancak proteinlerin daha fazla saflaştırılması ve karakterizasyonunu gerekli görülmüştür.

2.7 Buğday Türleri ve Çimlenme Analizleri

Triticum (buğday), diploid, tetraploid ve hekzaploid seviyelerini de kapsayan altı biyolojik tür içerir. Poliploid *Triticum* türleri, *Triticum* ile komşu *Aegilops* cinsi ile melezleşerek oluşmuştur. Tetraploid türler olan *T. turgidum* (AABB genomları) ve *T. timopheevii* (AAGG genomları) polifiletiktir (Taksonomik analizler içinde birbirlerine benzer durumda olan fakat yakın bir ortak atayası bulunmayan canlı grupları). Her iki türün A genomları *T. urartu* dan alınmıştır. B ve G genomları, *Ae. Speltoidlerin* genomu ile yakından ilişkilidir (S genomu). Hexaploid *T. aestivum*, yaklaşık 6000-7000 yıl önce, büyük olasılıkla tetraploid olan emmer (*T. turgidum* subsp. *Dicoccon*) gibi bir türün *Ae. tauschii* ile melezleşmesinden kaynaklanmıştır. Güney Kafkasya bölgesindeki *Ae. tauschii* subsp. *strangulata*, buğday D genom gen havuzunun ana kaynağıdır ve bu gen havuzunun oluşumuna diğer coğrafi bölgelerdeki *Ae. tauschii* ile hibridizasyonu sebep olmuştur. Hexaploid *T. zhukovskyi*, son zamanlarda *T. timopheevii*'nin türünün *T. monococcum* ile türler arası melezleştirilmesinden kaynaklandığı bilinmektedir. *Triticum* cinsi çok çeşitli türler içerir, ancak ticari olarak büyük ölçüde sadece iki tür yetiştirilir. Bunlardan bir tanesi *Triticum aestivum*'dur. Genetik olarak A, B ve D genomları içerir ve hekzaploid yapıda olup ekmeklik buğday olarak adlandırılır. Diğeri ise *Triticum durum* 'dur. Genetik olarak A ve B genomları içerir ve tetraploid yapıdadır. Makarnalık buğday olarak da bilinir.

Dünyada yetiştirilen buğdayın % 90'ından fazlası *T. aestivum*'dur. Ekmek, kekler, hamur işleri, bisküviler, pudingler, kıvam arttırıcılar ve erişte gibi çok çeşitli uygulamalar için kullanılır. *T. durum* (makarnalık buğday) ağırlıklı olarak makarna üretiminde kullanılır. Tetraploid *T. Durum* buğday türü, *T. monococcum* (A genomu) ve *Ae. speltoides*'in (B genomu) doğal hibridizasyonu ile oluşmuştur (Shewry vd. 2003; Wrigley 2009). Makarnalık buğdaylarda tane kehribar sarısı renginde olup, uzun, sert ve

ince kabukludur. Proteince zengin olan makarnalık buğdayların öz miktarı yüksektir ancak özün ekmekçilik kalitesi yüksek değildir. Teknolojik özellikler makarnalık buğdaylarda bulgur, makarna ve irmik yapımına uygundur. Hekzaploid ekmeklik buğday (*Tr.Vulgare (aestivum)*) ($2n=42$) *T.dicoccoides* (AABB) ve *T. Tauschii* (DD) türlerinin doğal hibridizasyonu ile oluşmuştur.

Ekmeklik buğdayların çeşit ve yetiştirildiği çevre şartlarına bağlı olarak kalite ve tane özellikleri açısından çok geniş varyasyon gösterirler. Tane rengi esmer kırmızıdan, açık sarıya kadar değişir. Yumuşak, yarı sert ve sert tane yapısında bulunabilirler. Protein miktarı orta seviyelerde sayılırken, öz miktarı ve kalitesi makarnalık buğdaylardan daha yüksektir. Ekmek yapımı için en uygun tür kalitesine ekmeklik buğdaylarda bulunmaktadır (Mangelsdorf 1953; Shewry vd. 2003; Gustafson vd. 2009).

Buğdayın kalite ve teknolojik özelliklerinin incelenmesi üzerine çalışmalar literatürde oldukça fazladır. Bu çalışmaların önemli bir kısmı çimlenme parametrelerini de kapsamaktadır. Tohum çimlenme oranı tohum kalitesi için standart parametrelerden birisidir. Buğday çimlenmesine etkisinin araştırıldığı birçok kimyasal uyaran bulunmaktadır ve bunların çimlenmeyi aktive edip etmediği, hangi stres faktörleri altında bitkideki fizyolojik olayların değiştiği ile ilgili çeşitli çalışmalar mevcuttur (Gudasi vd. 2005; Risca vd. 2006; Vasilache vd. 2014).

Bir tohumun ya da scutellumun çimlenme kısmı embriyo ya da ruşeymden oluşur. Çimlenme sırasında bitkinin nişasta ve proteini sindirerek onu büyüyen bitkiye iletmek için scutellum kısmı organ haline gelir. Bitkinin çimlenmesinde alfa-amilaz enziminin rolü büyüktür. Çimlenme sırasında depo karbonhidratın degradasyona uğrayıp çözünür şekerlere dönüşmesinde α -amilaz önemli rol oynar (Vartapetian ve Jackson 1997)

Yapılan bir çalışmada 30 adet ekmeklik buğday çeşidinde gelişimin erken dönemlerinde maruz bırakılan kuraklık stresinin etkileri ölçülmüştür. Çimlenme yüzdesi, koleoptil ve kök uzunluğu, membran stabilitesi gibi çimlenme parametrelerine laboratuvar ortamında bakılmıştır. Hem ozmotik stres altında hem de normal koşullarda, tohum canlılık indeksinin en çok etkilenen özellik olduğu bildirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada ölçülen membran stabilitesi ile kök-koleoptil oranının buğday seleksiyonunda kolaylık sağlayacağına değinilmiştir (Dhanda vd. 2004).

Sawhney ve Singh (2002) tarafından yapılan çalışmada buğday çeşitlerinin fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerinin çiçeklenme öncesi dönemde kimyasal desikant kurutucular kullanılarak değişimlerine bakılmıştır. Kimyasal desikantlar yapay kuraklık etkisini oluşturmak amacıyla kullanılmıştır ve ortamdaki nemi absorbe ederler. Kurağa duyarlı bir çeşit olan (Lok-1) ve kurağa dayanıklı bir çeşit olan (WH-533) çeşitleri çalışmada kullanılmıştır. Bitkiler üç gruba ayrılmış ve ilk gruba kontrol amaçlı yapraktan su uygulaması yapılmıştır. İkinci gruba % 0.1'lik potasyum iyodür (KI) çözeltisi bitkinin tamamını ıslatacak şekilde yapraktan ilave edilmiştir. Üçüncü grup ise başak kısmı hariç bitkinin diğer tüm kısımlarına yine % 0.1'lik KI çözeltisinin uygulaması yapılmıştır. Uygulamanın değerlendirilmesi 1., 2., 4. ve 6. saatlerinde alınan yaprak örnekleriyle yapılmıştır. Fotosentez oranında ve klorofil miktarında azalma meydana gelirken, prolin miktarında ve süktroz miktarında artış görülmüştür. KI ilavesiyle meydana gelen bu farklılıklar kurağa hassas olan Lok-1 çeşidinde daha fazladır (Sawhney ve Singh 2002).

Vasilache ve arkadaşları, 1-(2-siyanoetil)imidazol türevlerini halojen esterleri ve halojen amitleri ile sentezleyerek imidazolyum tuzları elde etmiş ve çalışmalarında elde ettikleri bileşiklerin buğdayın çimlenmesi ve büyümesi üzerindeki biyolojik aktivitelerini incelemişlerdir. Çalışma 100'er adet tohum üzerinde 3 tekrarlı olarak yapılmıştır. Tohumlar 1 saat boyunca 5 mL (10^{-5} - 10^{-3} M) imidazol türevi çözücüler ile petri kaplarındaki filtre kâğıtlarının üzerinde bekletilmiştir. Kontrol örneği distile su ile yapılmıştır. Sonrasında tohumlar çimlenme kabinde 20 °C ve % 85 nemde bırakılmıştır. Herhangi bir ışık kaynağı kullanılmamıştır, örnekler karanlıkta bekletilmiştir. Tohumlar belli aralıklarla ıslatılıp 7. Gün çimlenen tohumların yüzdesi ve hipokotil uzunlukları belirlenmiştir. Sentezlenen bileşiklerin buğdayın çimlenmesine etkisi konsantrasyon farkıyla ve yapılarındaki farklılıklarla değişiklik göstermiştir. İmidazolyum tuzlarının özellikle düşük konsantrasyonlarda (5×10^{-5} M) bitkinin uzaması üzerinde önemli bir uyarıcı etkisi olduğu belirlenmiştir (Vasilache vd. 2014).

Gudasi ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada 10^{-6} M derişimde çözelti kullanılmıştır. Bu çalışma için kullanılan benzimidazol-2-asetik asit o-fenilendiaminin etilsiyanoasetat ile siyanometil benzimidazol bileşiğinin sentezlenmesi ve ardından NaOH ile geri soğutucu altında kaynatılmasıyla elde edilmiştir. Sentezlenen ligand ilk önce 30 dakika NaOH (2 mmol 0.080 g) ve benzimidazol-2-asetik asit (2 mmol, 0.0352

g) ile 20 mL metanol ilave edilerek geri soğutucu altında, az miktarda metanolde çözünmüş $\text{Ln}(\text{NO}_3)_3$ (1 mmol) ile 3 saat geri soğutucu altında kaynatılmıştır. Çözelti bir miktar buharlaştırılır ve % 75 verimle elde edilen katı süzülerek su ve etanolle yıkanıp kurutulmuştur.

Gudasi ve çalışma grubunun yaptıkları çalışmada sentezlenen söz konusu ligandların, komplekslerin ve tuzların buğdayın çimlenmesine, koleoptil (tez içerisinde “sap” olarak ifade edilecektir) ve kök uzunluğuna etkisini karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Çalışma sonucunda kontrol çözeltisi ile kompleks çözeltisi kullanıldığında çimlenme oranında, 2, 5 ve 8 dakikalık uygulamalara göre önemli bir fark görülmemiştir. Kök uzunluğuna bakıldığında ise 2 dakikalık olan uygulama kontrol çözeltisinden önemli ölçüde farklı çıkmıştır. Koleoptil uzunluğunda ise kompleks çözücüsü ile 2, 5 ve 8 dakika muamele edilmiş tohumlarda artış görülmüştür. Bütün çalışmada kompleks ile hazırlanmış çözücüde sadece ligand ve metal tuzunun kullanıldığı uygulamalara göre önemli artışlar görülmüştür. Bütün uygulamalar açısından 2 dakika bekletme şeklinde yapılanın daha etkin sonuç verdiği gözlenmiştir. Bu nedenle, benzimidazollerin lantanit komplekslerinin ve diğer oksinlerin, çok iyi bitki büyümesi destekleyicileri olduğunu belirtmişlerdir. Benzimidazol-2-asetik asitin lantanum (III) ve itriyum (III) komplekslerinin buğday çimlenmesine etkisinin incelendiği çalışma, bu konuda literatürde bulunan az sayıdaki araştırmalardan biridir (Gudasi vd. 2005).

Yapılan başka bir çalışmada 4-aminobenzimidazol bileşiği sentezlendikten sonra *ortho*-, *meta*- ya da *para*- süstitüe (-OH, -Cl, -Br) benzaldehit türevleri ile Schiff bazları sentezlenmiştir. Bu bileşiklerin 0.02-12.5 μM konsantrasyon aralığında, Tokak cinsi arpanın çimlenmesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda uygulanan maddelerin aktiflik konsantrasyonlarının, kök uzaması için 0.1 μM 'den başladığı, bunun üzerindeki konsantrasyonların ise uzamayı inhibe ettiği tespit edilmiştir.

4-Aminobenzimidazole bağlanan fenil halkasının *ortho*- pozisyonlarından birisinin bile dolu olmasının büyümeyi durdurduğu ve yine fenil halkasına brom grubunun bağlı olmasının bileşiğin büyüme üzerine etkisini yok ettiği belirtilmiştir. Klor atomunun *para*- veya *meta*- pozisyonlarında bulunması, 0.1 μM ve 0.2 μM konsantrasyonlarında bileşiğin etkin olmasını sağlamaktadır. Hidroksil grubunun ise sadece *meta*-

konumundayken etkin olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak uygulanan benzimidazol türevlerinin ilk yaprak uzaması üzerine etkin olmadıkları, sadece *ortho*- brom türevlerinin diğerk tüm bileşiklerden farklı olarak 2.5 µM konsantrasyonundan daha düşük konsantrasyonlarda bu uzamayı aktive ettiğı bulunmuştur (Dincer 1992).

Birçok bitki türünün dağılımını belirleyen en önemli faktörlerden biri, mevsimsel sıcaklık ve mevcut nem değışiklikleri de dâhil olmak üzere çevresel strese dayanma kabiliyetleridir. Bitkiler genellikle çevresel mekanizmalara savunma mekanizmalarını aktive ederek ve hücresel metabolizmalarını ayarlayarak tepki verirler (Enyedi vd. 1992; Mehdy 1994). Bitkiler stres durumunu algılar ve savunma mekanizmalarının aktivasyonu/sentezi için metabolik akıyı (membrandan madde taşınmasına verilen ad) değıştirdiğini gösterir (Mehdy 1994). Salisilik asit (SA), patojenlere karşı direnç (sistemik kazanılmış direnç, SKD) tetikleme yeteneğinin keşfinden sonra çok dikkat çekmiştir (Raskin 1992; Ryals vd. 1996; Shirasu vd. 1997; Levine vd. 2003). SA kaynaklı SKD'nin moleküler biyolojisini açıklamak için kapsamlı çalışmalar yapılmıştır (Bi vd. 1995; Durner ve Klessig 1995; Mur vd. 1996). Bununla birlikte, bu fenomenonun fizyolojik ve biyokimyasal temeli şu anda açık değildir. Mikrobiyal ajanların neden olduğı patolojik bozukluklar genellikle enfekte bitki dokularında aşırı duyarlı reaksiyonların gelişmesini teşvik eder. Patojenin kontrolsüz gelişmesine izin verilirse, nekrotik lezyonlar gelişir ve bu da hücre ve doku ölümüne neden olur (Benson 1990). Sekansın, membran lipidlerinin oksidatif degradasyonu yoluyla serbest radikallerin yıkıcı saldırısını içerdii gösterilmiştir (Keppler ve Novacky 1987). Salisilik asit, hastalığa karşı direnci tetikler ve çevresel strese tolerans sağlar. Dolayısıyla salisilik asit (SA) ve asetil salisilik asitin (ASA) bitkilerde çoklu stres toleransı sağladığına ve salisilik asit ve türevlerinin stres toleransının ekspresyonunu düzenlediğine dair kanıtlar sunulmaktadır (Senaratna vd. 2000).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

FT-IR spektrumları Perkin Elmer Spektrum 100 FT-IR (ATR kiti) spektrofotometresi ($4000-400\text{ cm}^{-1}$) ile kaydedilmiştir. $^1\text{H-NMR}$ spektrumları için Bruker Ultrashield 300 MHz sıvı spektrofotometresi ile DMSO- d_6 içinde alınmıştır. Elektronik absorpsiyon spektrumları için, Agilent HP-8453 UV marka spektrofotometresi ile etanol içinde kaydedilmiştir. Çimlenme analizleri bir STIK soğutmalı inkübatör (Stik-BI-250A) ile gerçekleştirilmiştir. Çimlenme analizi sonrasında yapılan kurutma işlemleri NUVE FN 400 cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

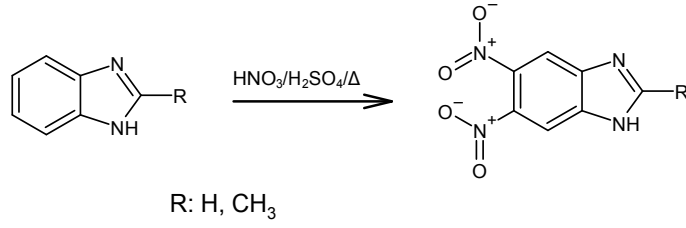
Deneysel çalışmalarda kullanılan bütün kimyasallar: 2-amino-1*H*-benzimidazol, 2-metil-1*H*-benzimidazol, kullanılan bütün aldehit türevleri, metal tuzları ($\text{Y}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ve çözücü olarak kullanılan kloroform, etanol, metanol, hekzan, aseton gibi yüksek saflıkta çözücüler Sigma-Aldrich firmasından satın alınmış ve doğrudan kullanılmıştır.

Bu çalışmada Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü'nden temin edilen üç farklı ekmeklik buğday çeşidi (Demir 2000, Bayraktar 2000, Tosunbey) ve üç farklı makarnalık buğdayı çeşidi (Çeşit-1252, Eminbey, Kızıltan-91) kullanılmıştır.

3.2 Yöntem

3.2.1 Benzimidazol bileşiklerinin dinitrolanması

Benzimidazol ve 2-metil-1*H*-benzimidazol bileşikleri, H_2SO_4 -dumanlı HNO_3 ortamında geri soğutucu altında kaynatılarak sırasıyla 5,6-dinitro-1*H*-benzimidazol ve 5,6-dinitro-2-metil-1*H*-benzimidazol (Şekil 3.1) elde edilmiştir (Kazimierczuk ve Shugar 1989; Dincer vd. 2011).

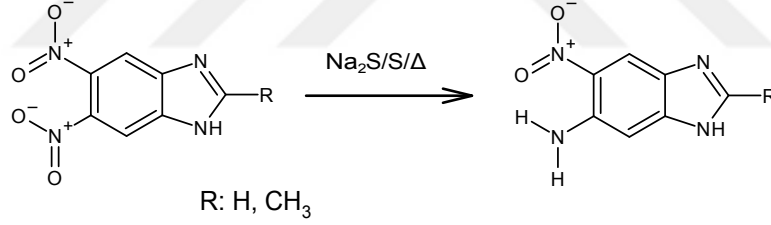


(2,3)

Şekil 3.1 2-Metil-1*H*-benzimidazolün dinitrolanması ile 5,6-dinitro-2-metil-1*H*-benzimidazol bileşiğinin sentezi

3.2.2 Dinitro benzimidazol bileşiklerinin seçici indirgenmesi

Dinitro grupları içeren bileşiklerin seçici indirgenmesi ile ilgili olarak pek fazla çalışma yapılmamıştır (Kumar vd. 2001). Sodyum polisülfür çözeltisi kullanılarak 5,6-dinitro-2-metil-1*H*-benzimidazol bileşiğinin seçici indirgenme reaksiyonu ile 5-amino-6-nitro-1*H*-benzimidazol bileşiği elde edilmiştir (Şekil 3.2) (Porter 1973; Dincer 2002).



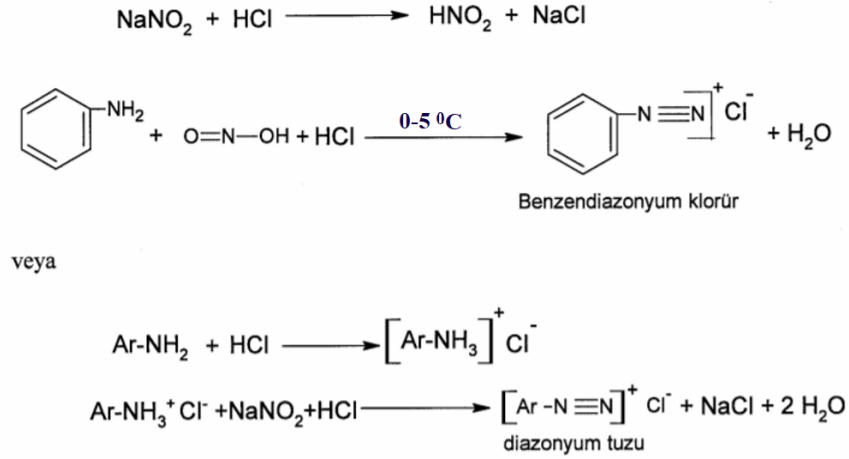
(2,3)

(4,5)

Şekil 3.2 5,6-Dinitro-2-metil-1*H*-benzimidazolden 2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin bileşiğinin sentezi

3.2.3 Aminobenzimidazol türevlerinin diazolanma reaksiyonları

Sentezlenen 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin ve 2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin bileşikleri soğukta nitroz asit ile reaksiyonundan diazonyum tuzu elde edilmiştir. Bu bileşik, benzimidazolün azonaftol türevlerinin sentezlerinde kullanılmıştır. (Şekil 3.3).

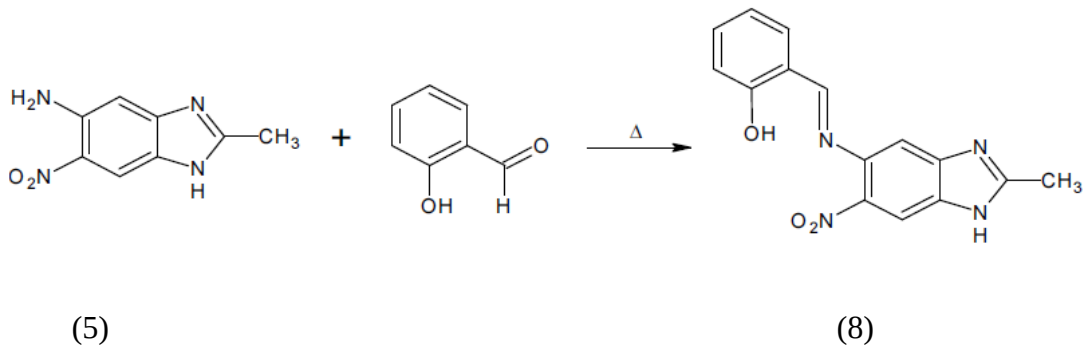


Şekil 3.3 Diazonyum tuzunun hazırlanması

3.2.4 2-Metil-5-nitro-1H-benzimidazol-6-amin bileşiğinden Schiff bazı sentezi

Heterosiklik bileşikler ve çeşitli aldehit türevlerinin kullanıldığı reaksiyonlarla sentezlenen Schiff bazları literatürde önemli bir yer tutmaktadır. *ortho*-, *meta*- ve *para*-konumlarında metoksi, hidroksi ve klor grupları içeren benzaldehit türevlerinden hidroksil grubu içeren bileşikler molekül içi hidrojen bağı yapmaktadır.

Genel olarak 2-metil-5-nitro-1H-benzimidazol-6-amin Schiff bazları metanol içerisinde 1:1.2 mol oranında benzimidazol türevi ile benzaldehit türevinin geri soğutucu altında kaynatılmasıyla sentezlenmiş (Şekil 3.4) ve kloroform ile yıkandıktan sonra etanolden kristallendirilmiştir (Shagidullin vd. 2004; Sanz vd. 2005; Schilf vd. 2005).



Şekil 3.4 2-Metil-5-nitro-1H-benzimidazol-6-amin bileşiğinden Schiff bazı sentezi

3.2.5 2-Metil-1H-benzimidazolden stiril bileşiklerinin sentezi

2-Metil-1H-benzimidazolün stiril türevleri çözücüsüz ortamda sentezlenmiştir (Cernatescu and Comanita 2005; Vasilev vd. 2008b). Seçilen benzaldehit ve benzimidazol türevleri 1:1 oranında alınarak havanda karıştırıldıktan sonra homojen karışım behere alınarak ısıtıcı üzerinde ısıtılmıştır ve ürünler asetondan tekrar kristallendirilmiştir.

3.2.6 2-Amino-1H-benzimidazol bileşiğinin Schiff bazlarının sentezi

2-Amino-1H-benzimidazolün Schiff bazı türevleri çözücüsüz ortamda sentezlenmiştir. Seçilen benzaldehit ve benzimidazol türevleri 1:1 oranında alınarak havanda karıştırıldıktan sonra homojen karışım behere alınarak ısıtıcı üzerinde ısıtılmıştır ve ürünler asetondan tekrar kristallendirilmiştir.

3.2.7 Benzimidazol Schiff bazlarının metal komplekslerinin sentezi

2-[[2-Metil-5-nitro-1H-benzimidazol-6-il)imino]metil}fenol Schiff bazının metal kompleksleri, 1:1 (L:M) oranında Schiff bazları ile metal tuzlarının ($\text{La}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Y}(\text{NO}_3)_3$ ya da CuCl_2) geri soğutucu altında 3 saat kaynatılmasıyla elde edilmiştir.

2-Metil-1H-benzimidazolden sentezlenen stiril bileşiklerinin ve 2-amino-1H-benzimidazol bileşiklerinden elde edilen Schiff bazlarının metal tuzlarıyla ($\text{La}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Y}(\text{NO}_3)_3$ ya da CuCl_2) ile reaksiyonları 2:1 (L:M) oranında karıştırılarak etanolü ortamda kontrollü ısıtılarak sentezlenmiştir. Ürünler aseton/kloroform çözücü karışımından kristallendirilmiştir.

3.2.8 Buğdayın çimlenme analizi ve istatistiksel değerlendirme

Sentezlenen bileşiklerin 10^{-6} M derişimdeki çözeltileri çimlenme analizlerinde kullanılmıştır. Çözeltiler bileşiklerin metanol:su (1:20) karışımında çözünmesi ile hazırlanarak buğdayın çimlenmesi üzerine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla üç adet

ekmeklik (Tosunbey, Bayraktar 2000, Demir 2000) ve üç adet makarnalık buğday (Eminbey, Kızıltan-91, Çeşit 1252) çeşidi kullanılmıştır.

Çimlenme analizi için, her çimlenme kabına sağlam, iri ve böcek hasarı olmayan 50 adet buğday tohumu seçilerek birbirine temas etmeden dizilmesi sağlanmıştır. Her buğday çeşidi için her kimyasal uygulaması ayrı ayrı 3 tekrarlı olarak yürütülmüştür. Çimlendirme kaplarının altına özel rutubet kâğıtları konulmuştur. Bu kâğıtlar, hazırlanan çözeltilerden alınan 17 mL ile ıslatılmıştır. Üzerine birbirine değmeyen 50 adet buğday tohumu yerleştirilmiştir. Üzerine filtre kâğıdı konulup bu kâğıt da aynı çözeltilerden 5 mL alınarak ıslatılmıştır. Çimlendirme kabının üzerine şeffaf küçük hava delikleri bulunan kapağı kapatılmıştır. İnkübatöre 20°C derecedeki inkübatöre karanlıkta, sabit rutubette ve rastgele sırayla yerleştirilmiştir. Çimlendirme kaplarına her gün 5 mL ilave çözelti eklenmiştir. Çimlenen buğday tohumlarının koleoptil uzunluğu 2mm'yi geçtiği zaman tohumun çimlenmiş olduğu kabul edilmiştir.

Çimlenme kapları iklimlendirme dolabına yerleştirildikten sonraki 12. ve 24. saatte tohum ağırlıkları tartılarak su alma oranları tespit edilmiştir. Çimlendirilmiş tohumların 4 ve 8 gün sonra Uluslararası Tohum Testleri Birliği (ISTA) Kurallarına göre ölçümleri yapılır (ISTA 2012).

“Çimlenme yüzdesi” terimi yerine “çimlenme gücü” terimi de kullanılmaktadır. 2 mm den fazla koleoptil çıkışı olan bütün tohumlar çimlenmiş kabul edilir. Tohumun “çimlenme gücü” ile “çimlenme hızı” birbirlerinden farklı kavramlardır. Çimlenme enerjisi olarak düşünülen çimlenme hızı tohumlardaki enerji farklarından oluşur. Tohumun kuvveti fazla ise daha hızlı çimlenir. 4. Gün ölçülen çimlenme yüzdesi “çimlenme hızı” değerini verirken, 8. Gün ölçülen çimlenme yüzdesi “çimlenme gücü” ile ilişkilendirilir.

8. Gün çimlenme yüzdesi (% ÇY): Çimlenmenin 8. gününde çimlenen tohumların çimlendirme işlemine tabi tutulan tohum sayısına bölünmesi ile hesaplanmıştır.

4. Gün çimlenme yüzdesi (% ÇY): Çimlenmenin 4. gününde çimlenen tohumların çimlendirme işlemine tabi tutulan tohum sayısına bölünmesi ile hesaplanmıştır.

Kök Uzunluğu (cm): Çimlenmenin 8. gününde çimlenen buğdaylardan rastgele seçilen 10 tanesinin kök uzunlukları ölçülmüştür. Ölçülen uzunlukların ortalaması alınmıştır.

Koleoptil uzunluğu (cm) : Çimlenmenin 8. gününde çimlenen buğdaylardan rastgele seçilen 10 tanesinin koleoptil uzunlukları ölçülmüştür. Ölçülen uzunlukların ortalaması alınmıştır.

Koleoptil Yaş ağırlığı (g) : Çimlenmenin 8. gününde çimlenen buğdaylardan rastgele seçilen 10 tanesinin sapları tartılmıştır. Ölçülen uzunlukların ortalaması alınmıştır.

Kök Yaş Ağırlığı: Çimlenmenin 8. gününde çimlenen buğdaylardan rastgele seçilen 10 tanesinin kökleri tartılmıştır. Ölçülen uzunlukların ortalaması alınmıştır.

Koleoptil Kuru Ağırlığı: Ölçülen yaş sapların, 48 saat boyunca etüvde 70°C’de kurutulmasından sonra tartılarak elde edilmiştir. Sonuçlar 10’la çarpılmıştır.

Kuru Kök Ağırlığı: Ölçülen yaş köklerin, 48 saat boyunca etüvde 70°C’de kurutulmasından sonra tartılarak elde edilmiştir. Sonuçlar 10’la çarpılmıştır.

Elde edilen tüm çimlenme verilerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi için JMP (Version 11.0.0, SAS Institute Inc., 2013) programında varyans analizine (ANOVA) göre faktöriyel tasarımda tesadüf parselleri deneme deseni kullanılmıştır. Asgari önemli fark (LSD-Student’s t) yöntemi, % 5 olasılık düzeyinde uygulama yöntemleri arasındaki farkları belirlemek için kullanılmıştır. LSD testinde bazı denemelerde uygulama-çeşit etkileşim sayısının fazla olmasından dolayı alfabadeki harflerden daha fazla sayıda grup oluşmuştur. Harflerin bitiminde gruplar sayılar ile ifade edilmiştir.

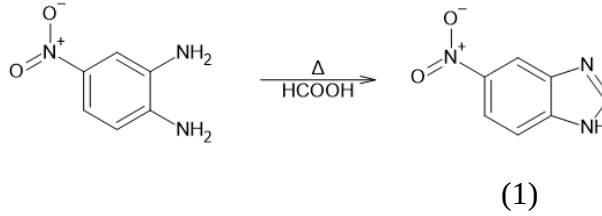
4. DENEYSEL BÖLÜM

Tez çalışmasının bu kısmında materyal ve metot kısmında bahsedilen sentez çalışmalarının ayrıntılı değerlendirilmesine yer verilecektir. Sırasıyla benzimidazol bileşiğinden elde edilen dinitro bileşiklerinin, nitroamin türevlerinin, azo boyar maddelerinin, Schiff bazlarının, stiril boyalarının, 2-amino-1*H*-benzimidazol bileşiğinden elde edilen Schiff bazlarının ve metal komplekslerinin sentezi ile buğday çimlenme analizleri üzerinde durulacaktır.

4.1 Benzimidazol Bileşiklerinin Elde Edilmesi

4.1.1 5-Nitro-1*H*-benzimidazol (1) bileşiğinin sentezi

4-Nitro-1,2-diaminobenzen (15 g, 0,1 mol) bileşiği geri soğutucu altında 1 saat formik asitle kaynatıldı. Soğutulan çözeltiye pH 7-8 aralığında oluncaya kadar amonyak ilave edilerek 5-nitro-1*H*-benzimidazol bileşiği çöktürüldü ve etanolden kristallendirildi (e.n.: 205 °C, krem renkli, verim: % 95) (Ozbay 2010).



Şekil 4.1 5-Nitro-1*H*-benzimidazol bileşiğinin sentezi

4.2 Dinitro Bileşiklerinin Elde Edilmesi

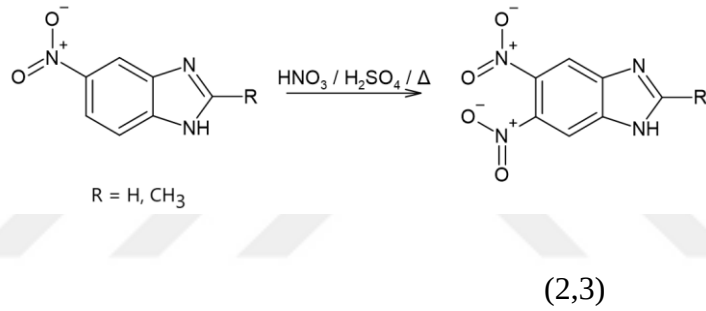
4.2.1 5,6-Dinitro-1*H*-benzimidazol (2) bileşiğinin sentezi

Sentezlenen 5-nitro-1*H*-benzimidazol bileşiği (16 g, 0,1 mol) balona alındı. Buz-su banyosunda H₂SO₄ ve damlatma hunisi ile HNO₃ ilave edildi. HNO₃ ilavesi bittikten sonra çözelti yaklaşık 4 saat geri soğurucu altında ısıtıldı. Azot oksit gazının çıkışının tamamlandıktan sonra soğutulan çözeltinin pH'ı 8-9 aralığına ayarlanarak dinitro bileşiği çöktürüldü (Şekil 4.2) ve ürün etanolden kristallendirildi (FT-IR (cm⁻¹): 3084,

1622, 1541, 1504, 1427, 1348, 1301; UV-VIS (nm): 236, 300; e.n.: 186°C, sarı renkli, verim: % 88) (Ozbay 2010).

4.2.2 5,6-Dinitro-2-metil-1H-benzimidazol (3) bileşiğinin sentezi

2-Metil-1H-benzimidazol bileşiği (20 g; 16 mmol) bir balona alındı ve su-buz banyosu üzerinde 50 mL H₂SO₄ eklendi. Daha sonra 90 mL dumanlı HNO₃ damla damla, karıştırılarak çözeltiye eklendi. 2 saat kadar geri soğutucu altında ısıtılan çözeltinin azot oksit çıkışı tamamlandıktan sonra, çözelti buza döküldü. Karışımın pH'ı 8-9 olana kadar amonyak eklendi. Ham ürün olarak elde edilen 2-metil-5,6-dinitro-1H-benzimidazol bileşiği süzüldü (Şekil 4.2) (FT-IR (cm⁻¹) : 3600, 3057, 2850, 1637, 1530, 1330; e.n.: 228 °C, sarı renkli, verim: % 91) (Gönülalan 2011).



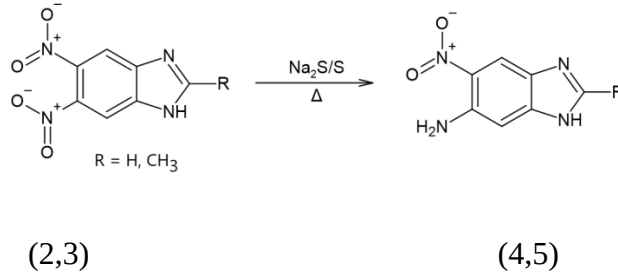
Şekil 4.2 5,6-Dinitro-2-Metil-1H-benzimidazol ve 5,6-dinitro-1H-benzimidazol bileşiklerinin sentezi

4.3 Nitroamin Türevlerinin Elde Edilmesi

4.3.1 5-Nitro-1H-benzimidazol-6-amin (4) bileşiğinin sentezi

Seçici indirgenme reaksiyonlarında kullanılan polisülfür çözeltisi, 5 g (20,8 mmol) Na₂S_x.9H₂O katısının 20 mL suda ısıtılarak üzerine 1,4 g (44 mmol) kükürt ilave edilmesiyle hazırlandı ve 200 mL suda çözülen 5,6-dinitro-1H-benzimidazol bileşiği (4,0 g; 20 mmol) üzerine damla damla ilave edildi. Çözeltinin rengi yaklaşık 1 saat sonra koyu kırmızıya döndüğünde reaksiyon sonlandırıldı. Adi süzme ile reaksiyona girmeyen reaktifin fazlası ortamdan uzaklaştırıldı. 5 mL HCl ve 20 mL H₂O ilave edildikten sonra çözelti ısıtıldı ve H₂S'in buharlaşarak ortamdan uzaklaştırılması

sağlandı. Süzüntü soğutuldu ve fazla miktarda NH₃ ilavesi ile bazik hale getirildi ve çöken 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin bileşiği (Şekil 4.3) süzüldü, etanolden kristallendirildi (FT-IR (cm⁻¹): 3563, 3126, 1623, 1516, 1342, 1271; UV-VIS (nm): 222, 242, 270, 318, 416; e.n.: 222-223°C, kırmızı renkli, verim: % 60) (Ozbay 2010).



Şekil 4.3 Dinitro bileşiklerinin seçici indirgenme ürünleri

4.3.2 2-Metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (5) bileşiğinin sentezi

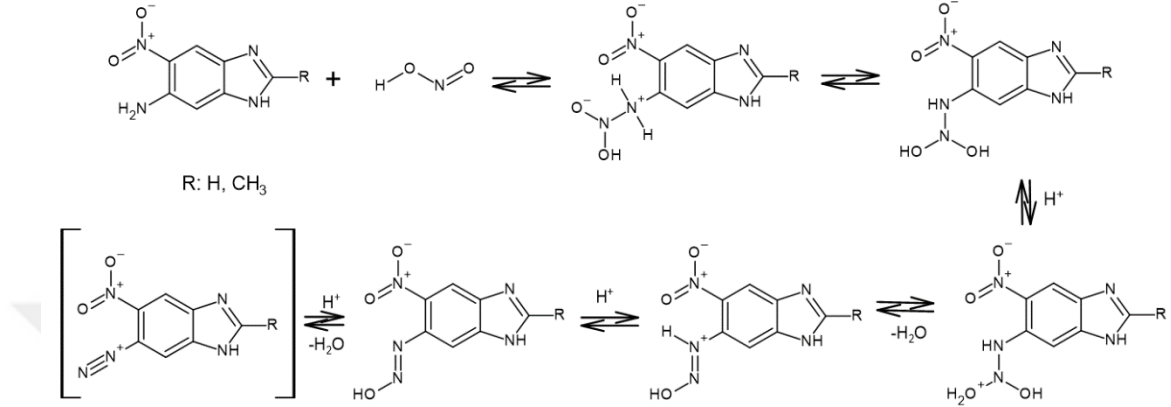
Polisülfür çözeltisi, 5 g (20,8 mmol) Na₂S_x.9H₂O katısının 20 mL suda ısıtılarak üzerine 1,4 g (44 mmol) kükürt ilave edilmesiyle hazırlandı ve 200 mL suda çözölen 5,6-dinitro-2-metil-1*H*-benzimidazol bileşiği (4,44 g; 20 mmol) üzerine damla damla ilave edildi. Çözeltinin rengi koyu kırmızıya döndüğünde reaksiyon sonlandırıldı. Üzerine buz ilave edilerek çözeltinin soğutulması sağlandı. Reaksiyona girmeyen kükürdün fazlası süzülerek uzaklaştırıldı. 5 mL HCl ve 20 mL H₂O ilave edilerek çözelti ısıtıldı ve H₂S'in buharlaşarak ortamdan uzaklaştırılması sağlandı. Süzüntü soğutuldu ve fazla miktarda NH₃ ilavesi ile bazik hale getirildi. Çöken 2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin bileşiği (Şekil 4.3) süzüldü ve sudan kristallendirildi (FT-IR (cm⁻¹) : 3438, 3232, 3118, 3018, 1619, 1583, 1512, 1337; ¹H-NMR (δ ppm): 2.4 (3H,t), 6.8 (t,1H), 7.1 (t, 2H), 8.1 (t, 1H), 12.1 (t, 1H); e.n.: 224 °C, kırmızı, verim: % 70) (Gönülalan 2011).

4.4 Azo Boyar Maddelerin Sentezi

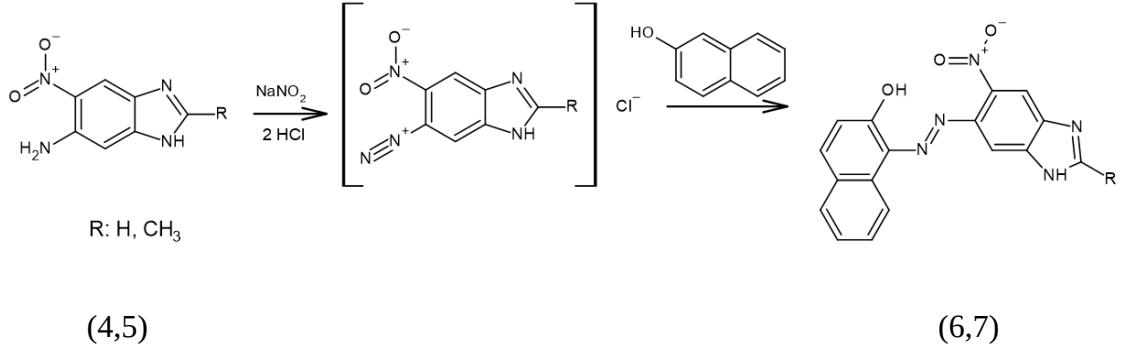
4.4.1 1-[(5-Nitro-1*H*-benzimidazol-6-yl)diazenil]naftalen-2-ol (6) bileşiğinin sentezi

5-Nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin bileşiğine sulu HCl ilave edildi. Buz banyosunda soğutulan çözeltiye, hazırlanan % 5'lik NaNO₂ çözeltisi damla damla ilave edildi. Diazolama reaksiyonu tamamlandıktan sonra çözelti bazik yapıldı (Şekil 4.4) ve damla

damla % 5'lik β -naftol çözeltisi eklendi (Şekil 4.5). Çöken 1-[(5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-yl)diazenil]naftalen-2-ol azo boyar bileşiği süzöldükten sonra sudan kristallendirildi (FT-IR (cm^{-1}): 3088, 1620, 1521, 1487, 1404, 1321, 1298; UV-VIS (nm): 226, 298, 416, 502) (Ozby 2010) (b.n.>300°C, bordo renkli, % 78 verim).



Şekil 4.4 2-Metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin ve 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin bileşiklerinin nitroz asit ile reaksiyonu



Şekil 4.5 2-Metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin ve 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin bileşiklerinin 2-naftol ile kenetlenme reaksiyonları

4.4.2 1-[(2-Metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)diazenil]naftalen-2-ol (7) bileşiğinin sentezi

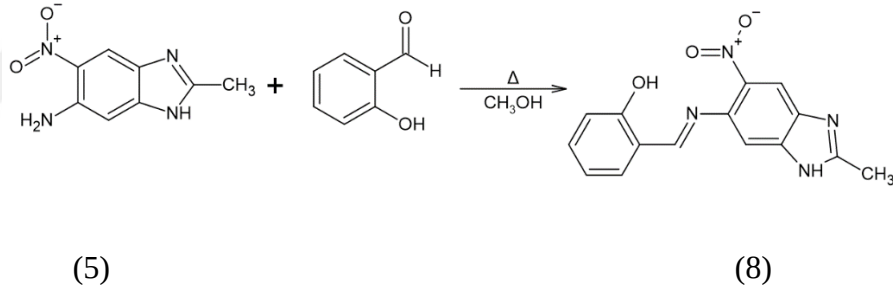
2-Metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin bileşiğinin seyreltik HCl çözeltisine buz banyosunda hazırlanan % 5'lik NaNO₂ çözeltisi damla damla ilave edilerek yürütölen diazolama reaksiyonunun tamamlanmasından sonra çözelti bazık yapıldı (Şekil 4.4). Bazık çözeltiye damla damla % 5'lik 2-naftol çözeltisi eklendi. Çöken ham 1-[(2-metil-

5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)diazenil]naftalen-2-ol bileşiği süzülerek sudan kristallendirildi (FT-IR (cm⁻¹): 3644, 3100, 2980, 2890, 1640, 1530, 1438, 1350) (Şekil 4.5) (Gönülalan 2011) (b.n.>300°C, bordo renkli, % 65 verim).

4.5 Schiff Bazlarının Sentezi

4.5.1 2-[(2-Metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)imino]metil}fenol (8) bileşiğinin sentezi

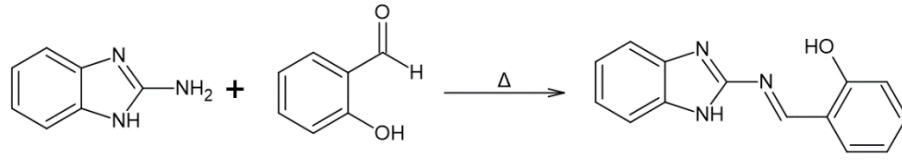
2-Metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (5) bileşiği metanolde çözüldü, çözeltiye karıştırılarak damla damla salisilaldehit ilave edildi. NaHCO₃ ilavesi ile pH değeri 8'e ayarlandı, 5 saat geri soğutucu altında kaynatılan çözeltide sarı renkli 2-[(2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)imino]metil}fenol (8) bileşiği çöktü (Şekil 4.6). Süzülerek ayrılan katı etanolden kristallendirildi (Element analizi (%) C₁₅H₁₂N₄O₃: Bulunan: C:58.73, H:4.07, N:18.42, Hesaplanan: C:60.81, H:4.08, N:18.91; e.n. : 325 °C, sarı renkli, verim: % 81).



Şekil 4.6 2-[(2-Metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)imino]metil}fenol (8) bileşiğinin sentezi

4.5.2 2-[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (9) bileşiğinin sentezi

1*H*-Benzimidazol-2-amin (5 g, 37 mmol) ile 2-hidroksibenzaldehit (4,38 g; 36 mmol) bileşikleri temiz bir porselen havana alındı ve homojen bir karışım elde edilinceye kadar karıştırıldı. Çözücüsüz ortamda gerçekleştirilen bu işlemde renk değişimi gözlenince porselen kapsüle alınan karışım, hava banyosunda ısıtıldı (Şekil 4.7). Reaksiyonun tamamlandığı İTK ile kontrol edildi. Oluşan katı ürün asetonan kristallendirildi (Element analizi (%) analizi (C₁₄H₁₁N₃O)·H₂O C₁₄H₁₃N₃O₂: Bulunan: C:65.22, H:5.18, N:17.52, Hesaplanan: C:65.87, H:5.13, N:16.46; e.n.: 220 °C, sarı renkli, verim: % 61).

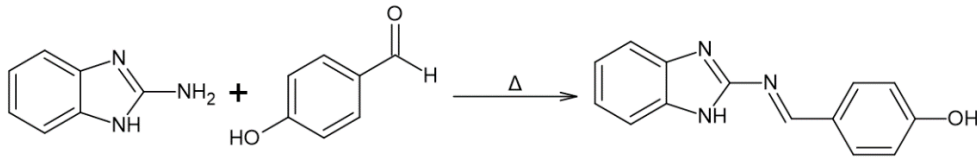


(9)

Şekil 4.7 Çözücüsüz ortamda 2-[[1H-benzimidazol-2-il]imino]metil}fenol (9) bileşiğinin sentezi

4.5.3 4-[[1H-benzimidazol-2-il]imino]metil}fenol (10) bileşiğinin sentezi

1H-Benzimidazol-2-amin (5 g, 37 mmol) ile 4-hidroksibenzaldehit (4,38 g; 36 mmol) bileşikleri temiz bir porselen havana alındı ve homojen bir karışım elde edilinceye kadar karıştırıldı. Çözücüsüz ortamda gerçekleştirilen işlem sırasında renk değişimi gözlemlendi. Porselen kapsüle alınan karışım hava banyosunda 15 dakika ısıtıldıktan sonra reaksiyon sonlandırıldı (Şekil 4.8). Reaksiyonun tamamlandığı İTK ile kontrol edildi. Oluşan katı ürün asetondan kristallendirildi (Element analizi (%)) (C₁₄H₁₁N₃O)·H₂O C₁₄H₁₃N₃O₂: Bulunan: C:65.40, H:4.91, N:15.38, Hesaplanan: C:65.87, H:5.13, N:16.46; e.n.:180 °C, fosforesans sarı, verim: % 67).



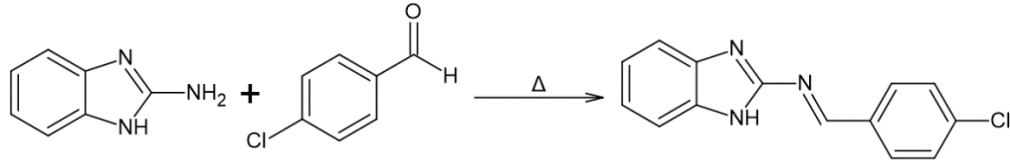
(10)

Şekil 4.8 Çözücüsüz ortamda 4-[[1H-benzimidazol-2-il]imino]metil}fenol (10) bileşiğinin sentezi

4.5.4 N-(1H-benzimidazol-2-il)-1-(4-klorofenil)metanimin (11) bileşiğinin sentezi

1H-benzimidazol-2-amin (5 g, 37 mmol) ile 4-klorbenzaldehit (4,38 g; 36 mmol) bileşikleri temiz bir porselen havana alındı ve karıştırıldı. Homojen karışımda renk değişimi gözleninceye işleme devam edildi. Karışım hava banyosunda ısıtıldı ve reaksiyonun tamamlandığı İTK ile kontrol edildi. Oluşan katı ürün (Şekil 4.9)

asetondan kristallendirildi (Element analizi (%)) $C_{14}H_{10}ClN_3$: Bulunan: C:64.09, H:3.97, N:17.72, Hesaplanan: C:65.76, H:3.94, N:16.43; e.n: 223 °C, parlak sarı, verim: % 82).

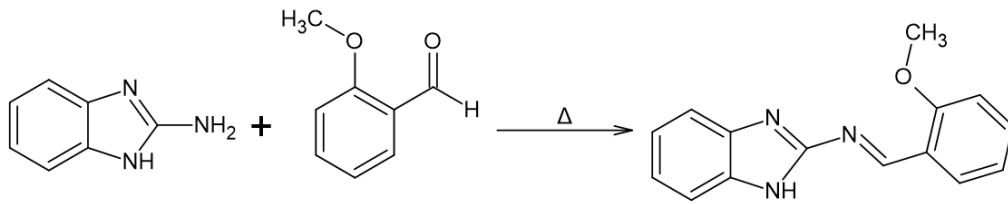


(11)

Şekil 4.9 *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-klorofenil)metanimin (11) bileşiğinin sentezi

4.5.5 *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(2-metoksifenil)metanimin (12) bileşiğinin sentezi

1*H*-Benzimidazol-2-amin (5 g, 37 mmol) bileşiği ile 2-metoksibenzaldehit (4,35 g; 36 mmol) bileşikleri temiz bir porselen havana alındı. Homojen bir karışım elde edilmeye kadar karıştırıldı, karışım da renk değişimi gözlenince porselen bir kapsüle alınan karışım hava banyosunda ısıtıldı (Şekil 4.10). Reaksiyonun tamamlandığı İTK ile kontrol edildi. Oluşan katı ürün asetondan kristallendirildi (Element analizi (%)) $(C_{15}H_{13}N_3O) \cdot H_2O$ $C_{15}H_{15}N_3O_2$: Bulunan: C:67.79, H:5.61, N:15.80, Hesaplanan: C:66.90, H:5.61, N:15.60; e.n.: 235 °C, fosforesans sarı, verim: % 76).

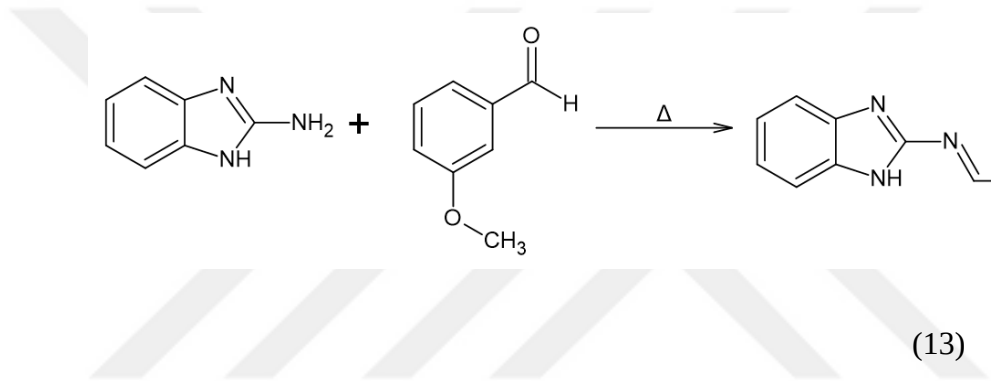


(12)

Şekil 4.10 *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(2-metoksifenil)metanimin (12) bileşiğinin sentezi

4.5.6 *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) bileşiğinin sentezi

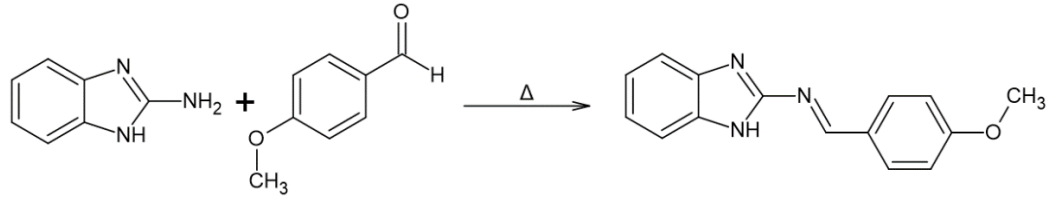
1*H*-Benzimidazol-2-amin (5 g, 37 mmol) bileşiği ile 3-metoksibenzaldehit (4,35 g; 36 mmol) bileşiği temiz bir porselen havana alındı. Homojen bir karışım elde edilinceye kadar karıştırıldı. Çözücüsüz ortamda gerçekleştirilen bu işlem sırasında renk değişimi gözlenince porselen kapsüle alınan karışım hava banyosunda ısıtıldı. (Şekil 4.11). Reaksiyonun tamamlandığı İTK ile kontrol edildi. Oluşan fosforesans sarı renkli katı ürün asetondan kristallendirildi (Element analizi (%) (C₁₅H₁₃N₃O)·H₂O C₁₅H₁₅N₃O₂: Bulunan: C:67.33, H:5.41, N:17.73, Hesaplanan: C:66.90, H:5.61, N:15.60; e.n.: 202°C, fosforesans sarı, verim: % 68).



Şekil 4.11 *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) bileşiğinin sentezi

4.5.7 *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-metoksifenil)metanimin (14) bileşiğinin sentezi

1*H*-Benzimidazol-2-amin (5 g, 37 mmol) bileşiği ile 4-metoksibenzaldehit (4,35 g; 36 mmol) bileşiği temiz bir porselen havana alındı. Homojen bir karışım elde edilinceye kadar karıştırıldı. Çözücüsüz ortamda gerçekleştirilen bu karışım işlemi sırasında renk değişimi gözlenince porselen kapsüle alınan karışım hava banyosunda ısıtıldı (Şekil 4.12). Reaksiyonun tamamlandığı İTK ile kontrol edildi. Oluşan katı ürün asetondan kristallendirildi (Element analizi (%) C₁₅H₁₃N₃O: Bulunan: C:69.84, H:5.93, N:18.47, Hesaplanan: C:71.70, H:5.21, N:16.72; e.n.: 185 °C, fosforesans sarı, verim: % 60).



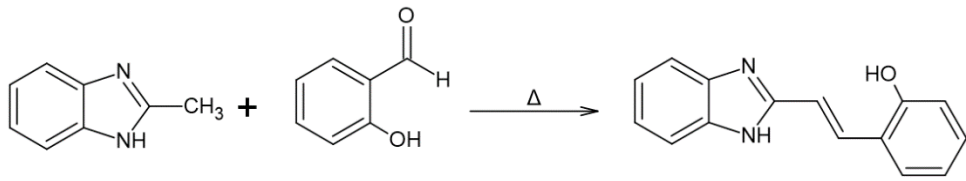
(14)

Şekil 4.12. *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-metoksifenil)metanimin (14) bileşiğinin sentezi

4.6 Stiril Boyalarının Sentezi

4.6.1 2-[2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) bileşiğinin sentezi

2-Metil-1*H*-benzimidazol (3,5 g, 36 mmol) bileşiği ile 2-hidroksibenzaldehit (4,38 g; 36 mmol) bileşiği temiz bir porselen havana alındı. Homojen bir karışım elde edilinceye kadar karıştırıldı. Renk değişimi gözlenince porselen kapsüle alınan karışım hava banyosunda ısıtılarak reaksiyon tamamlandı ve İTK ile kontrol edildi. (Şekil 4.13). Oluşan katı ürün etanolden kristallendirildi (Element analizi (%)) (C₁₅H₁₂N₂O)·H₂O C₁₅H₁₄N₂O₂: Bulunan: C:70.70, H:4.82, N:10.53, Hesaplanan: C:70.85, H:5.55, N:11.02; e.n.: 262 °C, kahverengi, verim: % 77).



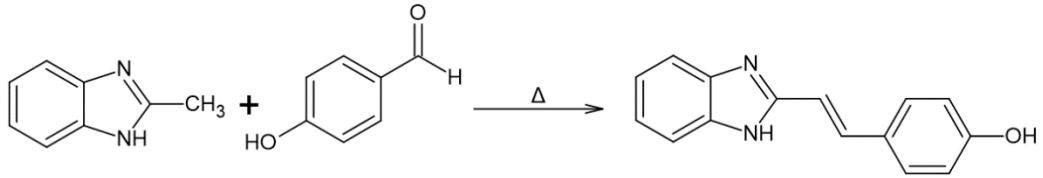
(15)

Şekil 4.13 2-[2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) bileşiğinin sentezi

4.6.2 4-[2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) bileşiğinin sentezi

2-Metil-1*H*-benzimidazol (3,5 g, 36 mmol) bileşiği ile 4-hidroksibenzaldehit (4,38 g; 36 mmol) bileşiği temiz bir porselen havana alındı. Homojen bir karışım elde edilinceye

kadar karıştırıldı. Renk değişimi gözlenince porselen kapsüle alınan karışım hava banyosunda ısıtılarak reaksiyon tamamlandı (Şekil 4.14) ve İTK ile kontrol edildi. Oluşan katı ürün etanolden kristallendirildi (Element analizi (%)) (C₁₅H₁₂N₂O)·H₂O C₁₅H₁₄N₂O₂: Bulunan: C:69.61, H:4.82, N:10.98, Hesaplanan: C:70.85, H:5.55, N:11.02; e.n.: 240 °C, kıvı-kahve fosforesans, verim: % 69).



(16)

Şekil 4.14 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) bileşiğinin sentezi

4.7 Schiff Bazlarının Metal Kompleksleri

4.7.1 2-[[1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil]fenolün Cu kompleksinin sentezi (17)

2-[[1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil]fenol (9) bileşiği 1:1 (L:M) oranında CuCl₂·2H₂O ile geri soğutucu altında 3 saat kaynatıldı. Elde edilen ürün metanolden kristallendirildi (Element analizi (%)) [Cu(C₁₄H₁₀N₃O)₂Cl₂] C₂₈H₂₀Cl₂CuN₆O₂: Bulunan: C:56.66, H:3.99, N:13.86, Hesaplanan: C:55.41, H:3.32, N:13.85; b.n.: 230 °C, hardal sarısı, verim: % 58).

4.7.2 4-[[1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil]fenolün La kompleksinin sentezi (18)

4-[[1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil]fenol (10) bileşiği 1:1 (L:M) oranında La(NO₃)₃·6H₂O ile geri soğutucu altında 3 saat kaynatıldı. Elde edilen ürün metanolden kristallendirildi (Element analizi (%)) [La(C₁₄H₁₁N₃O)₂(NO₃)] C₂₈H₂₂LaN₇O₅: Bulunan: C:51.31, H:4.38, N:15.78, Hesaplanan: C:49.79, H:3.28, N:14.52; b.n. >300°C, sarı-fosforesans, verim: % 66).

4.7.3 2- $\{[(1H\text{-benzimidazol-2-il})\text{imino}]\text{metil}\}$ fenolün Y kompleksinin sentezi (19)

2- $\{[(1H\text{-benzimidazol-2-il})\text{imino}]\text{metil}\}$ fenol (9) bileşiği 1:1 (L:M) oranında $Y(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ ile geri soğutucu altında 3 saat kaynatıldı. Elde edilen ürün metanolden kristallendirildi (Element analizi (%)) $[Y(C_{14}H_{10}N_3O)_2(NO_3)] \cdot H_2O$ $C_{28}H_{22}YN_7O_6$: Bulunan: C:51.24, H:4.13, N:16.30, Hesaplanan: C:52.43, H:3.46, N:15.29; b.n.>300 °C, fosforesans sarı, verim: % 63).

4.7.4 2- $\{[(1H\text{-benzimidazol-2-il})\text{imino}]\text{metil}\}$ fenolün La kompleksinin sentezi (20)

2- $\{[(1H\text{-benzimidazol-2-il})\text{imino}]\text{metil}\}$ fenol (9) bileşiği 1:1 (L:M) oranında $La(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ ile geri soğutucu altında 3 saat kaynatıldı. Elde edilen ürün metanolden kristallendirildi (Element analizi (%)) $[La(C_{14}H_{10}N_3O)_2(NO_3)] \cdot H_2O$ $C_{28}H_{22}LaN_7O_6$: Bulunan: C:48.67, H:4.55, N:14.40, Hesaplanan: C:48.64, H:3.21, N:14.18; b.n. >300 °C, kahverengi, verim: % 54).

4.7.5 N-(1H-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin bileşiğinin Cu kompleksinin sentezi (21)

N-(1H-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) bileşiği 1:1 (L:M) oranında $CuCl_2 \cdot 6H_2O$ ile geri soğutucu altında 3 saat kaynatıldı. Elde edilen ürün metanolden kristallendirildi (Element analizi (%)) $[Cu(C_{15}H_{13}N_3O)_2Cl_2] \cdot 3H_2O$ $C_{30}H_{32}Cl_2CuN_6O_5$: Bulunan: C:51.20, H:4.89, N:13.30, Hesaplanan: C:52.14, H:4.67, N:12.16; b.n. >300 °C, koyu yeşil, verim: % 40).

4.7.6 N-(1H-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin bileşiğinin La kompleksinin sentezi (22)

N-(1H-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) bileşiği 1:1 (L:M) oranında $La(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ ile geri soğutucu altında 3 saat kaynatıldı. Elde edilen ürün metanolden kristallendirildi (Element analizi (%)) $[La(C_{15}H_{13}N_3O)_2(NO_3)] \cdot 2H_2O$ $C_{30}H_{30}LaN_7O_7$: Bulunan: C:49.82, H:4.18, N:13.95, Hesaplanan: C:48.72, H:4.09, N:13.26; b.n.>300 °C, açık kahverenkli, verim: % 35).

4.7.7 *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin bileşiğinin Y kompleksinin sentezi (23)

N-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) bileşiği 1:1 (L:M) oranında $Y(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ ile geri soğutucu altında 3 saat kaynatıldı. Elde edilen ürün metanolden kristallendirildi (Element analizi (%)) $[Y(C_{15}H_{13}N_3O)_2(NO_3)] \cdot 4H_2O$ $C_{30}H_{34}YN_7O_9$: Bulunan: C:48.86, H:4.19, N:12.21, Hesaplanan: C:49.66, H:4.72, N:13.51; b.n.>300°C, krem renkli, verim: % 38).

4.8 Stiril Boyalarının Metal Kompleksleri

4.8.1 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenolün Y kompleksinin sentezi (24)

2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) bileşiği 1:1 (L:M) oranında $Y(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ ile geri soğutucu altında 3 saat kaynatıldı. Elde edilen ürün metanolden kristallendirildi (Element analizi (%)) $[Y(C_{15}H_{11}N_2O)_2(NO_3)] \cdot H_2O$ $C_{30}H_{24}YN_5O_6$: Bulunan: C:56.06, H:3.71, N:9.03, Hesaplanan: C:56.35, H:3.78, N:10.95; b.n.>300 °C, kahverengi, verim: % 62).

4.8.2 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenolün La kompleksinin sentezi (25)

2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) bileşiği 1:1 (L:M) oranında $La(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ ile geri soğutucu altında 3 saat kaynatıldı. Elde edilen ürün metanolden kristallendirildi (Element analizi (%)) $[La(C_{15}H_{11}N_2O)_2(NO_3)] \cdot 2H_2O$ $C_{30}H_{26}LaN_5O_7$: Bulunan: C:51.06, H:3.52, N:9.82, Hesaplanan: C:50.93, H:3.70, N:9.90; b.n.>300 °C, yeşil renkli, verim: % 49).

4.8.3 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenolün Cu kompleksinin sentezi (26)

2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol bileşiği (15) 1:1 (L:M) oranında $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ ile geri soğutucu altında 3 saat kaynatıldı. Elde edilen ürün metanolden kristallendirildi (Element analizi (%)) $[Cu(C_{15}H_{11}N_2O)_2Cl_2] \cdot 2H_2O$ $C_{30}H_{26}Cl_2CuN_4O_4$: Bulunan: C:55.69, H:4.41, N:8.37, Hesaplanan: C:56.21, H:4.09, N:8.74; b.n.>300 °C, toprak rengi, verim: % 55).

4.8.4 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenolün La kompleksinin sentezi (27)

4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) bileşigi 1:1 (L:M) oranında $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ile geri soğutucu altında 4 saat kaynatıldı. Elde edilen ürün metanolden kristallendirildi (Element analizi (%)) $[\text{La}(\text{C}_{15}\text{H}_{11}\text{N}_2\text{O})_2(\text{NO}_3)_2] \cdot \text{C}_{30}\text{H}_{22}\text{LaN}_6\text{O}_8$: Bulunan: C:49.09, H:4.24, N:12.25, Hesaplanan: C:49.13, H:3.02, N:11.46; b.n.>300 °C, sarı-turuncu fosforesans, verim: % 55).

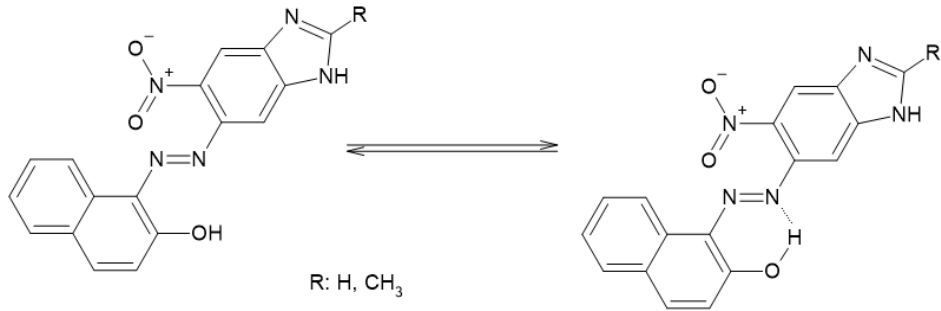
5. BULGULAR ve TARTIŞMA

5.1 Bileşiklerin Sentezi ile İlgili Yorumlar

Bu çalışmada ilk seri olarak 1*H*-benzimidazol çıkış bileşiği kullanılarak 5-nitro-1*H*-benzimidazol (1) bileşiği sentezlenmiştir. Nitrolama reaksiyonlarıyla, uygun koşullarda, 5,6-dinitro-1*H*-benzimidazol (2) ve 5,6-dinitro-2-metil-1*H*-benzimidazol (3) bileşiklerini sentezlenmiştir.

Seçici indirgenme reaksiyonlarıyla benzimidazolün dinitro türevleri, 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (4) ve 2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (5) bileşiklerine indirgenmiştir.

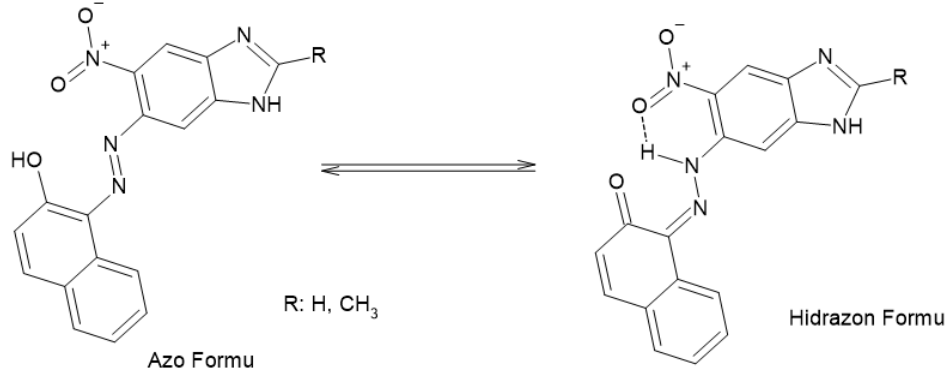
Diazolama ve ardından kenetlenme reaksiyonlarıyla, bu nitroamin türevlerinden 1-[(5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)diazenil]naftalen-2-ol (6) ve 1-[(2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)diazenil]naftalen-2-ol (7) azo boyar maddelerinin sentezi gerçekleştirilmiştir. -N=N- fonksiyonlu grubunu içeren benzimidazol türevlerinin sentezi ile ilk seri tamamlanmıştır.



Şekil 5.1 (6) ve (7) numaralı azobenzimidazol bileşiklerinin molekül içi hidrojen bağı

Şekil 5.1 de gösterilen molekül içi H-bağı oluşumu, 1-[(5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)diazenil]naftalen-2-ol (6) ve 1-[(2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)diazenil]naftalen-2-ol (7) azo boyar bileşiklerinin *trans*- yapısını desteklemektedir.

Öte yandan -NO₂ grubu, azo-hidrazon tautomerliğinde molekül içi hidrojen bağının oluşumuna katkıda bulunarak tautomerik denge ve *cis-/trans-* izomerlikleri üzerinde etkili olmaktadır. (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 (6) ve (7) numaralı azobenzimidazol bileşiklerinin azo-hidrazon tautomerliği

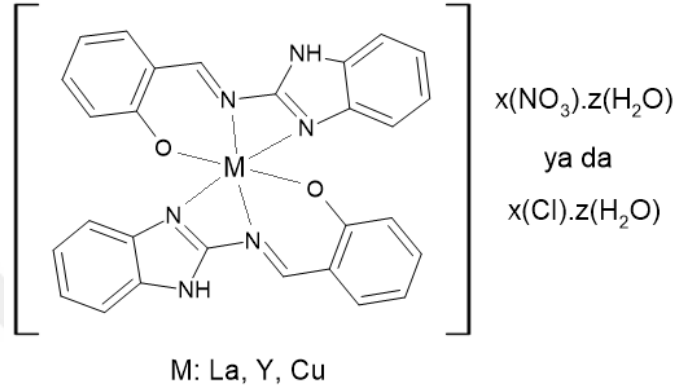
Buna karşılık, molekülün yapısında bulunan güçlü molekül içi hidrojen bağlarının fonksiyonel gruplar tarafından desteklenmesi, azobenzimidazol türevlerinin komplekslerinin yüksek verimlerle elde edilmesini engellemiştir.

İkinci seri olarak 2-metil-1*H*-benzimidazol bileşiğinden 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) ve 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) bileşiklerinin sentezleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen stiril boyalarının Cu, Y ve La tuzları ile metal kompleksleri sentezlenmiştir. -C=C- grubunu içeren benzimidazol stiril boyalarının sentezi ile ikinci seri tamamlanmıştır.

Üçüncü seri olarak 2-[(2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)imino]metil}fenol (8) ve 2-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (9), 4-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-klorofenil)metanimin (11), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(2-metoksifenil)metanimin (12), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-metoksifenil)metanimin (14) Schiff bazları, sırasıyla, 2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (5) ve 1*H*-benzimidazol-2-amin bileşiklerinden elde edilmiş ve Cu, Y ve La tuzları ile metal kompleksleri sentezlenmiştir. -C=N- grubunu içeren benzimidazol türevlerinin sentezi ile üçüncü seri tamamlanmıştır.

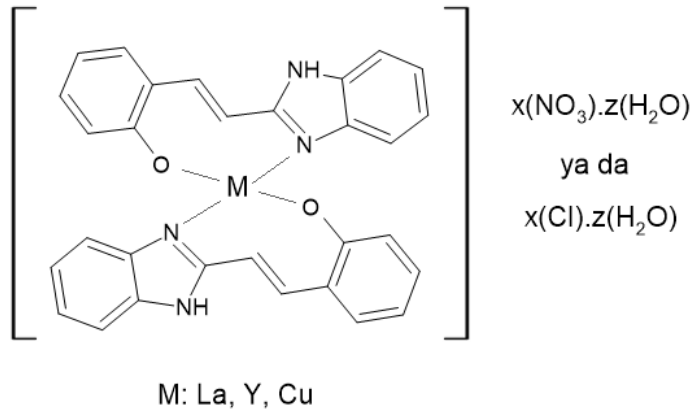
Yapılan çimlenme analizlerinde hem ekmeklik hem de makarnalık buğday çeşitlerinin farklı fonksiyonlu grupları içeren bu benzimidazol türevlerinin uygulanması ile çimlenme parametrelerindeki değişim incelenmiştir.

Sentezlenen Schiff bazı ligandlarının yapısında *ortho*-OH grubu olması durumunda metal komplekslerinin olası yapıları Şekil 5.3’de verilmiştir.



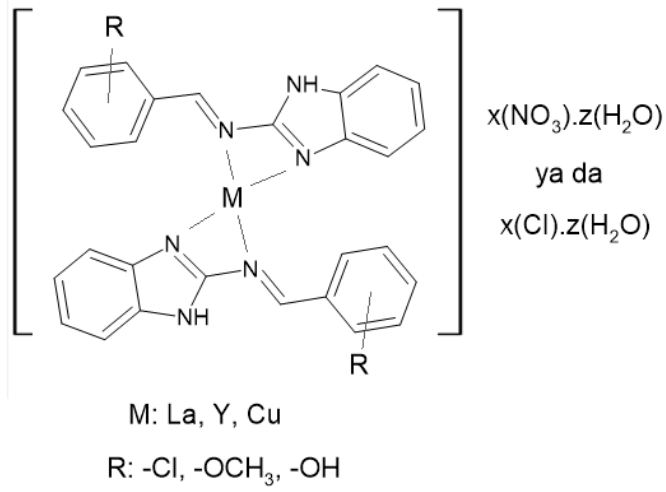
Şekil 5.3 Schiff bazı ligandlarının metal komplekslerinin olası yapıları

Sentezlenen stilil ligandlarının yapısında *ortho*-OH grubu olması durumunda metal komplekslerinin olası yapıları Şekil 5.4’ de verilmiştir.



Şekil 5.4 Stilil ligandlarının metal komplekslerinin olası yapıları

ortho-süstitüe ligandların metal komplekslerinin olası yapıları yukarıda verilmiştir. Ancak bu yapıların dışında kalan *meta*- ve *para*- süstitüe ligandlar için birden fazla yapı yazmak mümkündür. Bu bileşiklere ait olası yapılar Şekil 5.5’de verilmiştir.



Şekil 5.5 *meta*- ve *para*- süstitüe ligandların komplekslerinin olası yapıları

5.2 Spektral Analiz Sonuçları

5.2.1 FT-IR spektrumlarının yorumlanması

Sentezlenen bileşiklere ait FT-IR spektrumları EK1’de ve yapılarında bulunan karakteristik pikler Çizelge 5.1’de verilmiştir. Bileşiklerin spektrumları 4000-800 cm⁻¹ ve 800-400 cm⁻¹ aralıklarında kaydedilmiştir. Sentezlenen bileşiklerin yapılarında bulunan aromatik $\nu_{C-H \text{ arom}}$ ve alifatik $\nu_{C-H \text{ alif}}$ gerilme titreşim pikleri sırasıyla $\nu=3114$ -3020 cm⁻¹ ve $\nu=2988$ -2930 cm⁻¹ değerlerinde gözlenmiştir. Schiff bazlarının karakteristik imin pikinin titreşim piki 1694-1614 cm⁻¹ aralığında gözlenmiştir. FT-IR spektrum verileri önerilen yapılar ile uyumludur.

Çizelge 5.1 Sentezlenen bileşiklerin FT-IR spektrumlarında görülen karakteristik pik değerleri (ATR, ν cm⁻¹)

Bileşik	ν (-OH)	ν (-NH)	ν (C-H) arom.	ν (CH-NH)	ν (C=N)
(8)	-	3113 (z)	3051 (z)	1352 (z)	1622 (z)
(9)	3560 (oş)	3150 (z)	3056 (z)	1208 (oş)	1644 (z)
(10)	3400-3350 (yayvan bant)	3150 (oş)	3068 (z)	1256 (oş)	1672 (z)
(11)	-	3150 (z)	3064 (z)	1220 (z)	1660 (z)
(12)	3380 (yayvan bant)	3110 (z)	3020 (z)	1242 (z)	1680 (z)
(13)	3340 (yayvan bant)	3120 (z)	3056 (z)	1258 (oş)	1684 (z)
(14)	-	3095 (z)	3050 (z)	1242 (ş)	1652 (z)
(15)	3376 (z)	3150 (z)	3022 (z)	1228 (ş)	1646 (oş)
(16)	3668 (ş)	3138 (z)	2978-3000 (z)	1244 (oş)	1644 (z)
(17)	3400-3250 (z)	3200 (z)	3092 (z)	1202 (oş)	1614 (z)
(18)	3500-3400 (z)	3150 (z)	3022 (z)	1296 (z)	1646 (ş)
(19)	3400-3300 (z)	3146 (z)	3064 (z)	1200 (z)	1632 (z)
(20)	3400-3386 (yayvan bant)	3000-3140 (z) çakışmış	3000-3140 (z) çakışmış	1292 (ş)	1640 (z)
(21)	3400-3220 (yayvan bant)	3228 (z)	3094 (z)	1242 (z)	1672 (oş)
(22)	3500-3200 (yayvan bant) çakışmış	3400-3100 (z) çakışmış	3010 (z)	1212 (z)	1672 (oş)
(23)	3500-3100 (yayvan bant) çakışmış	3500-3100 (yayvan bant) çakışmış	3010 (z)	1210 (z)	1622 (z)
(24)	3580-3184 (yayvan bant) çakışmış	3580-3184 (yayvan bant) çakışmış	3050-3184 (z)	1236 (z)	1630 (z)
(25)	3450 (z)	3174 (z)	3076 (z)	1222 (z)	1626 (z)
(26)	3440 (z)	3150 (z)	3045 (z)	1226 (z)	1640 (z)
(27)	-	3154 (z)	3066 (z)	1216 (z)	1650 (z)

z: zayıf, oş: orta şiddetli, ş: şiddetli

2- $\{[(1H\text{-benzimidazol-2-il})\text{imino}]\text{metil}\}$ fenol (9) Schiff bazının FT-IR spektrumunda 3560 cm^{-1} değerinde gözlemlenen ($\nu_{\text{O-H}}$) gerilme titreşim pikinin, Cu kompleksinde (17) $3400\text{-}3250\text{ cm}^{-1}$ aralığında, Y kompleksinde (19) $3400\text{-}3300\text{ cm}^{-1}$ aralığında ve La kompleksinde (20) ise $3400\text{-}3386\text{ cm}^{-1}$ de yayvan bir bant şeklinde olması, bu benzimidazol türevi ile metaller arasındaki kompleksleşmenin (9) bileşiminin -OH grubunun oksijen atomu ile metallerin koordinasyona girmesiyle gerçekleştiğini göstermektedir.

Öte yandan (9) bileşiminin FT-IR spektrumunda 1644 cm^{-1} deki imin pikinin, Cu kompleksinde (17) 1614 cm^{-1} , Y kompleksinde (19) 1632 cm^{-1} ve La kompleksinde (20) 1640 cm^{-1} değerlerine kaymış olması kompleksleşmenin -C=N- imin azotu üzerinden olduğunun önemli bir kanıtıdır (Kumaravel ve Raman 2017; Shrivastava ve Shrivastava 2018).

Ayrıca (9) bileşiminin FT-IR spektrumunda gözlemlenmeyen ancak, Cu kompleksinin (17) FT-IR spektrumunda 608 cm^{-1} ve 520 cm^{-1} de, Y kompleksinde (19) 534 cm^{-1} ve 458 cm^{-1} de, La kompleksinde (20) 544 cm^{-1} ve 512 cm^{-1} (Demetgül vd. 2009) değerlerinde çıkan yeni bantların sırasıyla $\nu_{\text{M-O}}$ ve $\nu_{\text{M-N}}$ bağlarına ait olan titreşim pikleri olarak yorumlanmıştır (Alterhoni vd. 2021).

N-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) Schiff bazının FT-IR spektrumunda 1684 cm^{-1} de görülen imin pikinin Cu (21) ve La (22) komplekslerinde 1672 cm^{-1} değerine, Y kompleksinde (23) ise 1622 cm^{-1} e kaydığı görülmüştür. Bu sonuç kompleksleşmenin imin azotu üzerinden olduğunun önemli bir kanıtıdır. Ayrıca Cu kompleksinin (21) FT-IR spektrumunda 586 cm^{-1} de, Y kompleksinde (23) ve La kompleksinde (22) 600 cm^{-1} de gözlenen yeni bantlar $\nu_{\text{M-N}}$ bağı titreşim bantı olarak yorumlanmıştır.

4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) bileşiminin FT-IR spektrumunda 3668 cm^{-1} de görülen $\nu_{\text{O-H}}$ gerilme titreşimine ait olan pik La kompleksinde (27) görülmemiştir. Bu durum metallerin ligand üzerindeki -OH grubuna ait oksijen ile koordinasyona girdiğini kanıtlamaktadır. Ayrıca La kompleksinde (27) 512 cm^{-1} de gözlenen yeni bant, $\nu_{\text{M-O}}$ bağı titreşim bantı olarak yorumlanmıştır.

4-[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) Schiff bazının FT-IR spektrumunda 3350 cm⁻¹ de görülen ν_{O-H} gerilme titreşimine ait olan pik La kompleksinde (18) de 3500-3400 cm⁻¹ aralığında gözlenmiştir. Bu durum kompleksin metal atomu ile imin yapısı üzerinden koordinasyona girdiğini göstermektedir. 1646 cm⁻¹ ve 544 cm⁻¹ (Demetgül vd. 2009) değerlerinde gözlenen bantlar da bu yapıyı desteklemektedir.

2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) stiril boyasının FT-IR spektrumunda 3376 cm⁻¹ de görülen (ν_{O-H}) gerilme titreşimine ait olan pik, La kompleksinde (25) de 3450 cm⁻¹ değerinde, Y kompleksinde (24) 3580-3184 cm⁻¹ aralığında, Cu kompleksinde (26) 3440 cm⁻¹ değerinde kaydedilmiştir. Ayrıca 500-800 cm⁻¹ aralığında çıkması beklenen ν_{M-O} titreşim pikleri (Alterhoni vd. 2021), Cu kompleksi (26) için 516 cm⁻¹, Y kompleksi (24) için 512 cm⁻¹ ve La kompleksi (25) için 516 cm⁻¹ değerlerinde gözlenirken ν_{M-N} titreşim pikleri Cu kompleksi (26) için 594 cm⁻¹, Y kompleksi (24) için 602 cm⁻¹ ve La kompleksi (25) için 610 cm⁻¹ değerlerinde gözlenmiştir.

5.2.2 ¹H-NMR spektrumlarının yorumlanması

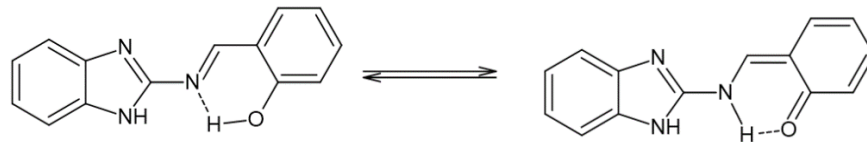
Sentezlenen bileşiklerin ¹H-NMR spektrumlarına ait kimyasal kayma değerleri Çizelge 5.2’de, spektrumlar da EK 2 bölümünde verilmiştir. Bileşiklerin ¹H-NMR analizlerinde aseton ya da DMSO-d₆ kullanılmıştır. Bileşiklerin yapısında bulunan Ar-H, aromatik proton pikleri 6.2-8.2 ppm aralığında pik çokluğu olarak belirlenmiştir. Spektrumlarda yaklaşık 3.35 ppm ve 2.5 ppm de görülen pikler çözücüye aittir. ¹H-NMR spektrum verileri önerilen yapılar ile uyumludur. İncelenen bileşiklerin metal komplekslerinin ¹H-NMR spektrumlarında -OH ya da -NH protonlarının gözlenmemesi hem kompleksleşmenin bu gruplar üzerinden olduğunu gösterirken aynı zamanda çözücü ile hızlı değişime de işaret eder. Bu nedenle ¹H-NMR spektrumları, FT-IR spektrumlarından elde edilen verilere uygun olarak yorumlanmıştır.

2-[(2-Metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)imino]metil}fenol (8) bileşiğinin ¹H-NMR spektrumunda 12.9 ppm ve 12.5 ppm de görülen pikler -OH ve -NH protonlarına aittir (Gönülalan 2011).

N-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-klorofenil)metanimin (11) bileşiğinin ¹H-NMR spektrumunda 12.72 ppm de benzimidazolün -NH piki (El Foujji vd. 2021), 9.47 ppmde imin grubunun -N=CH- piki (Sobola ve Watkins 2017; Alterhoni vd. 2021) gözlenmiştir.

Ar-H pikleri 6.12-8.11 ppm aralığında bulunmaktadır. N-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(2-metoksifenil)metanimin (12) Schiff bazının spektrumuda, 12.56 ppm de benzimidazolün -NH piki, 9.37 ppm de imin grubunun -N=CH- piki, 3.87 ppm de Ar-OCH₃ piki ve 7.12-8.04 ppm aralığında Ar-H pikleri vardır. Benzer şekilde N-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-metoksifenil)metanimin (14) Schiff bazının spektrumunda da 12.71 ppm de -NH, 9.46 ppm de -N=CH-, 3.32 ppm de -OCH₃ ve 7.10-8.1 ppm aralığında Ar-H pikleri yer almaktadır.

Salisaldehitten türetilen benzimidazol Schiff bazlarında enol-imin ve keto-amin tautomerliği ön plandadır (Cinarli vd. 2011). 2-[[1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (9) bileşiğinin iki tautomerinin de yapısında, kararlılığı artıran, O - H ... N (enol-imin) ve N - H ... O (keto-amin) şeklinde moleküler içi hidrojen bağlarının olması, tautomerik yapıların, çözelti ortamında, ¹H-NMR ile aydınlatılmasını kolaylaştırır (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 2-[[1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (9) bileşiğinin keto-enol tautomerliği

Çizelge 5.2’de verilen ¹H-NMR spektrumlarının kimyasal kayma değerleri yorumlandığı zaman, 2-[[1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (9) Schiff bazının 12.12 ppm de benzimidazolün -NH piki, 7.03-7.88 ppm aralığında Ar-H pikleri, 12.76 ppm de Ar-OH ve 9.67 ppm de imin -N=CH- piklerinin yer aldığı görülür (Sobola ve Watkins 2017).

(9) Ligandının Cu kompleksinin (17) spektrumunda -NH pikleri 12.14 ppm ve 10.72 ppm'de gözlenirken, -N=CH- pikleri 10.26 ppm ve 9.78 ppm'de görülmüştür (Shawali vd. 2015). Ligandının spektrumunda 12.76 ppm'de görülen Ar-OH pikinin kompleksin spektrumunda yer almadığı görülmüştür. Bu durum, çözeltide ligandın enol yapısının baskın olduğunu ve kompleksleşmenin -OH grubu üzerinden olduğunu göstermektedir.

(9) ligandından hazırlanan Y kompleksinin (19) spektrumunda, 10.26 ppm'de benzimidazolün -NH piki bulunmaktadır (Shawali vd. 2015; Lahneche vd. 2019b). Spektrumda Ar-OH piki gözlenmemiştir. Bu durum kompleksleşmenin -OH grubu üzerinden de olduğunu kanıtlamaktadır. İmin grubuna ait -N=CH- pikleri, 9.46 ppm ve 9.66 ppm değerlerinde belirmiştir. (Shawali vd. 2015; Sewara J. vd. 2020).

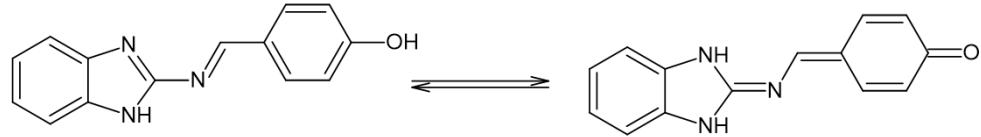
Ligandın ¹H-NMR spektrumunda 12.76 ppm'de görülen -OH pikinin La kompleksinin (20) spektrumunda bulunmaması kompleksleşmeye -OH grubunun da katıldığını göstermektedir. -N=CH- imin protonları 10.56 ppm'de gözlenirken, Ar-H pikleri çoklu pik şeklinde 6.15-7.32 ppm aralığında çıkmıştır. Yapıdaki -NH pikleri spektrumda gözlenememiştir.

N-(1H-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) Schiff bazının ¹H-NMR spektrumu incelendiğinde 12.65 ppm'de benzimidazolün -NH piki, 9.79 ppm'de imin -N=CH- piki, 3.96 ppm'de Ar-OCH₃ piki, 6.10-8.13 ppm aralığında ise Ar-H pikleri görülmektedir.

(13) Bileşiğinin spektrumunda görülen 12.72 ppm'deki -NH protonu piki Cu (21), La (22) ve Y(23) komplekslerinin spektrumlarında görülmemiştir (Aragón-Muriel vd. 2020). Cu kompleksinde (21) 9.99 ppm'de -N=CH- imin piki görülürken 3.83 ppm'de -OCH₃ piki tespit edilmiştir. La kompleksinde (22) -N=CH imin piki 10.00 ppm'de görülmüştür. Ar-H pikleri ise 7.20-8.34 ppm aralığında çıkmıştır. Y kompleksinin (23) ¹H-NMR spektrumunda -OCH₃ piki 3.83 ppm'de, Ar-H pikleri ise 6.58-7.54 ppm aralığında görülmüştür. Kompleksin imin -N=CH- piki 9.98 ppm'de yer almıştır.

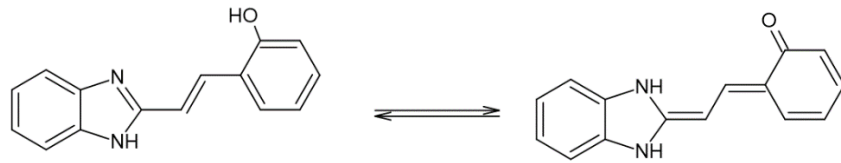
La bileşiğinin (18) spektrumunda da -NH pikleri görülmemiştir (Tong vd. 2005; Aragón-Muriel vd. 2020). 9.79 ppm'de imin -N=CH- piki bulunmaktadır. Aromatik halkaya ait hidrojen pikleri ise 6.91-7.93 ppm aralığında görülmüştür.

4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) bileşiğinin ^1H -NMR spektrumunda 9.80 ppm de -NH piki görülmüştür (Sadek vd. 2019a). 6.81-7.53 ppm aralığında, olefinik -C=CH- ve Ar-H pikleri çoklu pik olarak çıkmıştır. (16) Bileşiğinin spektrumunda 12.47 ppm de görülen Ar-OH pikinin, La kompleksinin (27) spektrumunda ortadan kalkması metalin ligand üzerindeki hidroksi grubuna ait oksijen ile koordinasyona girdiğini kanıtlamaktadır (Gudasi vd. 2005). Bileşiğin yapısında, iki adet stiril grubu metal atomuna bağlanarak simetrik yapı oluşturmuştur. 9.78 ppm de -NH piki bulunurken (Sadek vd. 2019b), 6.91-7.77 ppm aralığında hem olefinik hidrojen pikleri hem de Ar-H pikleri yer almıştır (Rangnekar ve Sonawane 2000).



Şekil 5.7 4-[[1*H*-benzimidazol-2-il]imino]metil} fenol (10) bileşiğindeki keto-enol ve imin-amin tautomerisi

4-[[1*H*-benzimidazol-2-il]imino]metil} fenol (10) Schiff bazının ^1H -NMR spektrumunda 12.66 ppm de Ar-OH piki (Gudasi vd. 2005) 9.92 ppm de benzimidazolün -NH piki (Shawali vd. 2015; Sadek vd. 2019a; Lahneche vd. 2019) 9.35 ppm de imin grubunun -N=CH- piki gözlenmiştir (Bag vd. 2008). 7.47-7.17 ppm aralığında Ar-H pikleri yer almaktadır. Şekil 5.5'te verilen tautomerik yapılara ait pikler ^1H -NMR spektrumunda gözlenmemiştir. Bu durum dengede baskın yapının enol formu olduğunu göstermektedir (Şekil 5.7).



Şekil 5.8 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) stiril türevinin tautomerisi

2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) stiril türevinin ^1H -NMR spektrumunda, 12.91 ppm de benzimidazolün -NH piki (Şekil 5.8), 12.53 ppmde Ar-OH piki görülmektedir. Şekil 5.6'da görüldüğü gibi (15) bileşiğinde tautomeri söz konusudur ve

spektrumda 12.42 ve 9.00 ppm de (Shawali vd. 2015) görülen pikler tautomer yapısındaki -NH grubuna aittir. Enol tautomerisine ait olefinik -HC=CH- pikleri 6.97-8.22 aralığında görülen Ar-H pikleri ile çakışmıştır (Rangnekar ve Sonawane 2000; Shettigar vd. 2009b)

Y kompleksinde (24) benzimidazolün -NH pikleri 12.75 ppm ve 10.16 ppm (Lahneche vd. 2019) de görülmüştür. Olefinik -HC=CH- pikleri Ar-H pikleri ile çakışmış ve 6.94-7.58 ppm aralığında çoklu pikler olarak çıkmıştır (Rangnekar ve Sonawane 2000; Shettigar vd. 2009b).

La kompleksinin (25) ¹H-NMR spektrumunda, 10.10 ppm, 9.41 ppm (Shawali vd. 2015), 12.60 ppm ve 12.79 ppm değerlerinde görülen pikler, benzimidazolün tautomerik yapılarındaki -NH protonlarına aittir. La kompleksinin (25) ¹H-NMR spektrumunda olefinik -HC=CH- pikleri ve Ar-H pikleri çakışmış ve 6.54-7.55 ppm aralığında çoklu pikler olarak çıkmıştır.

Cu kompleksinde (26) benzimidazolün -NH piki 10.96 ppm ve 10.66 ppm (Shawali vd. 2015; Lahneche vd. 2019) değerlerinde görülen pikler, benzimidazolün tautomerik yapılarındaki -NH protonlarına aittir. Y kompleksinde (24) ve La kompleksinde (25) olduğu gibi, olefinik -HC=CH- pikleri Ar-H pikleri ile çakışmış ve 6.93-7.92 ppm aralığında çoklu pikler olarak çıkmıştır (Rangnekar ve Sonawane 2000).

Çizelge 5.2 Sentezlenen bileşiklerin ¹H-NMR kimyasal kayma değerleri (ppm)

Bileşik	-NH-	Ar-H	-OH-	-N=CH-	-OCH ₃ -	-CH=CH-
(9)*	12.12 (t, 1H)	7.03-7.88 (ç, 8H)	12.76 (t, 1H)	9.67 (t, 1H)	-	-
(10)	9.92 (t, 1H)	7.17-7.47 (ç, 8H)	12.66 (t, 1H)	9.35 (t, 1H)	-	-
(11)	12.72 (t, 1H)	6.12-8.11 (ç, 8H)	-	9.47 (t, 1H)	-	-
(12)	12.56 (t, 1H)	7.12-8.04 (ç, 8H)	-	9.37 (t, 1H)	3.87 (t, 3H)	-
(13)	12.65 (t, 1H)	6.10-8.13 (ç, 8H)	-	9.79 (t, 1H)	3.96 (t, 3H)	-
(14)	12.17 (t, 1H)	7.00-7.90 (ç, 8H)	-	9.64 (t, 1H)	3.82 (t, 3H)	-

Çizelge 5.2 Sentezlenen bileşiklerin ¹H-NMR kimyasal kayma değerleri (ppm) (devam)

(15)	12.91 (t, 1H)	6.97-8.22	12.53	-	-	6.97-8.22
	12.42 (t, 1H)	(ç, 8H)	(t, 1H)	-	-	(ç, olefinik CH + Ar-H)
	9.00 (t, 1H)					
(16)	9.80 (t, 1H)	6.8-7.6	12.47	-	-	6.81-7.53
		(ç, 8H)	(t, 1H)			(ç, olefinik CH + Ar-H)
(17)	12.14 (t, -NH)	7.06-7.29	-	10.26 (t, -N=CH-)	-	-
	10.72 (t, -NH)	(ç, Ar-H)		9.78 (t, -N=CH-)		
(18)	-	6.91-7.93	9.30 (t, 1H)	9.79 (t, -N=CH-)	-	-
		(ç, Ar-H)	10.59 (t, 1H)			
(19)	10.26 (t, -NH)	6.97-7.67	-	9.66 (t, -N=CH-)	-	-
		(ç, Ar-H)		9.46 (t, -N=CH-)		
(20)	-	6.15-7.32	-	10.56 (t, -NH)	-	-
		(ç, Ar-H)				
(21)	-	6.93-7.53	-	9.99 ((t, -N=CH-)	3.83	-
		(ç, Ar-H)			(t, -OCH ₃)	
(22)	-	7.20-8.34	-	10.00 (t, -N=CH-)	3.81	-
		(ç, Ar-H)			(t, -OCH ₃)	
(23)	-	6.58-7.54	-	9.98 (t, -N=CH-)	3.83	-
		(ç, Ar-H)			(t, -OCH ₃)	
(24)	12.75 (t, -NH)	6.94-7.58	-	-	-	6.94-7.58
	10.16 (t, -NH)	(ç, Ar-H)				(ç, olefinik CH + Ar-H)
	12.60 (t, -NH)					
(25)	12.79 (t, -NH)	6.54-7.55	-	-	-	6.54-7.55
	10.05 (t, -NH)	(ç, Ar-H)				(ç, olefinik CH + Ar-H)
	9.46 (t, -NH)					
(26)	10.96 (t, -NH)	6.93-7.92	-	-	-	6.93-7.92
	10.66 (t, -NH)	(ç, Ar-H)				(ç, olefinik CH + Ar-H)
(27)	9.78 (t, -NH)	6.91-7.77	-	-	-	6.91-7.77
		(ç, Ar-H)				(ç, olefinik CH + Ar-H)

*(Sobola ve Watkins 2017)

5.2.3 UV-VIS spektrumlarının yorumlanması

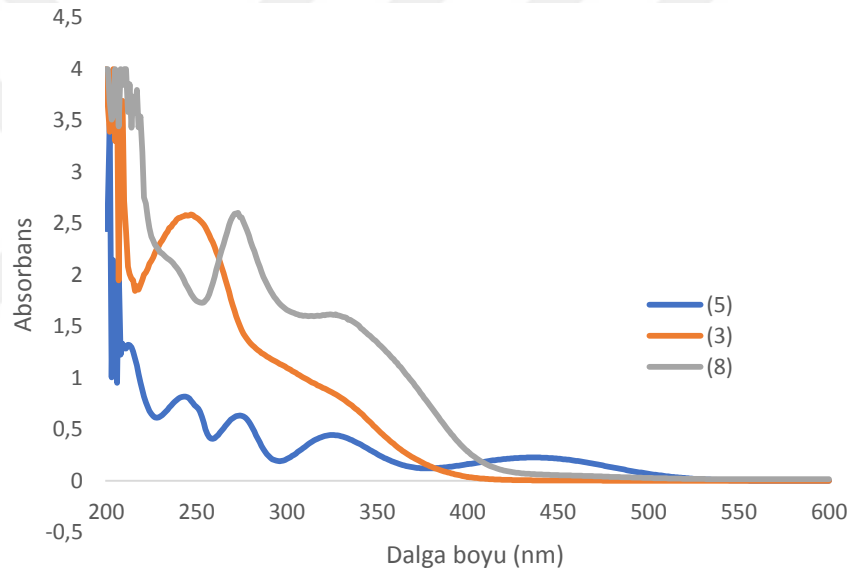
Sentezlenen bileşiklerin UV-VIS absorpsiyon spektrumları etil alkol içinde ve 200-600 nm aralığında kaydedilmiştir. UV-VIS verileri önerilen yapılar ile uyumludur.

5,6-Dinitro-2-metil-1*H*-benzimidazol (3), 2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (5) bileşiklerinin ve 2-[(2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)imino]metil}fenol (8) Schiff bazının UV-VIS spektrumları Şekil 5.6. verilmiştir. 235-276 nm aralığında görünen

absorpsiyon bantları, benzen halkasıyla konjuge olan azometin -CH=N- grubunun $\pi-\pi^*$ geçişlerine karşılık gelirken, 282-385 nm aralığındaki bantlar azometin -CH=N- grubunun $n-\pi^*$ geçişlerine aittir (Şekil 5.9).

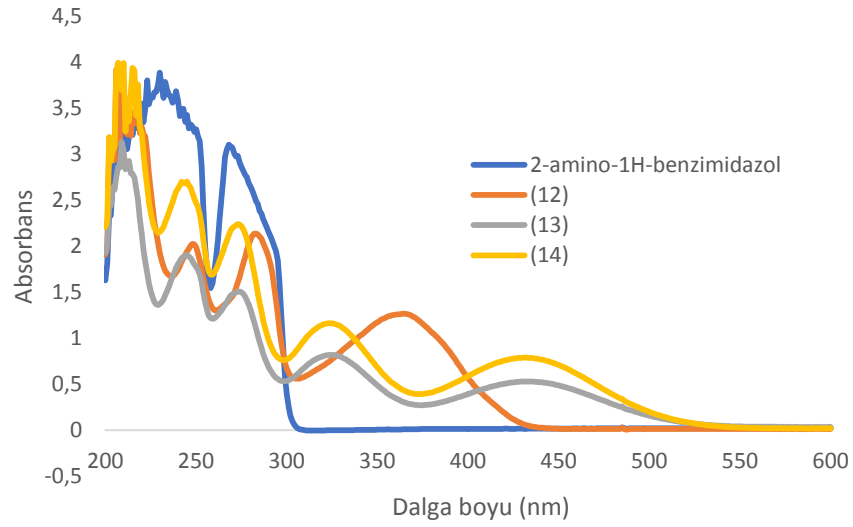
2-Metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (5) bileşiğinin UV-VIS spektrumunda gözleendiği gibi, yapısında aminler gibi elektron salıcı bir grup içeren bileşiklerin absorpsiyon dalga boyları artan konjugasyondan dolayı büyük değerlere kayar.

(5) bileşiğine ait 446 nm de gözlenen absorpsiyon bandının, 2-[(2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)imino]metil}fenol (8) Schiff bazının spektrumunda gözlenmemesinin nedeninin molekül içi halkalaşma olduğu düşünülmektedir.



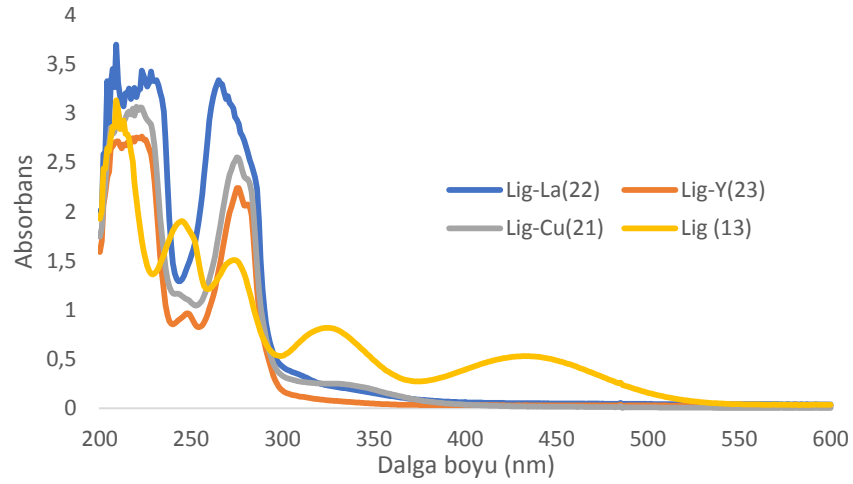
Şekil 5.9 5,6-Dinitro-2-metil-1*H*-benzimidazol (3), 2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (5) ve 2-[(2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)imino]metil}fenol (8) bileşiklerinin UV-VIS spektrumları

2-Amino-1*H*-benzimidazol bileşiğinin spektrumunda 272 nm'de tek absorpsiyon bandı vardır ve genel olarak, bu aralıkta görünen bantlar aromatik halkalardaki $\pi-\pi^*$ geçişinden kaynaklanmaktadır (Şekil 5.10).



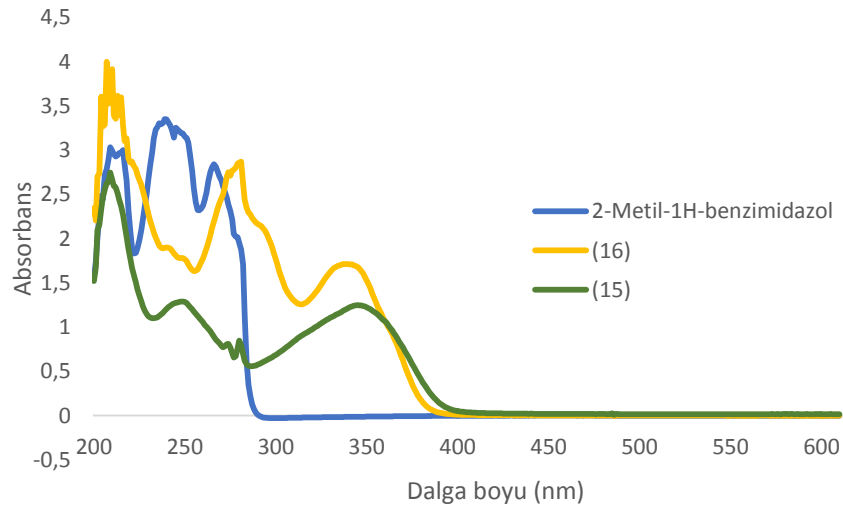
Şekil 5.10 2-Aminobenzimidazol, *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(2-metoksifenil)metanimin (12), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-metoksifenil)metanimin (14) bileşiklerinin UV-VIS spektrumları

Schiff bazlarının spektrumları incelendiği zaman, *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(2-metoksifenil)metanimin (12) bileşiği için 250 nm, 285 nm, 372 nm değerlerinde, *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) bileşiği için 245 nm, 272 nm, 325 nm, 437 nm değerlerinde, *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-metoksifenil)metanimin (14) bileşiği için 244 nm, 270 nm, 325 nm, 435 nm değerlerinde absorpsiyon bantları gözlenmiştir. 230-280 nm aralığında görülen bantlar aromatik halkalardaki $\pi-\pi^*$ (K bandı) geçişlerini gösterirken, 372 nm, 437 nm, 435 nm değerlerinde görülen düşük enerjili bantlar -CH=N- grubundaki $n-\pi^*$ geçişlerini göstermektedir (Mishra vd. 2018a) (Şekil 5.10).



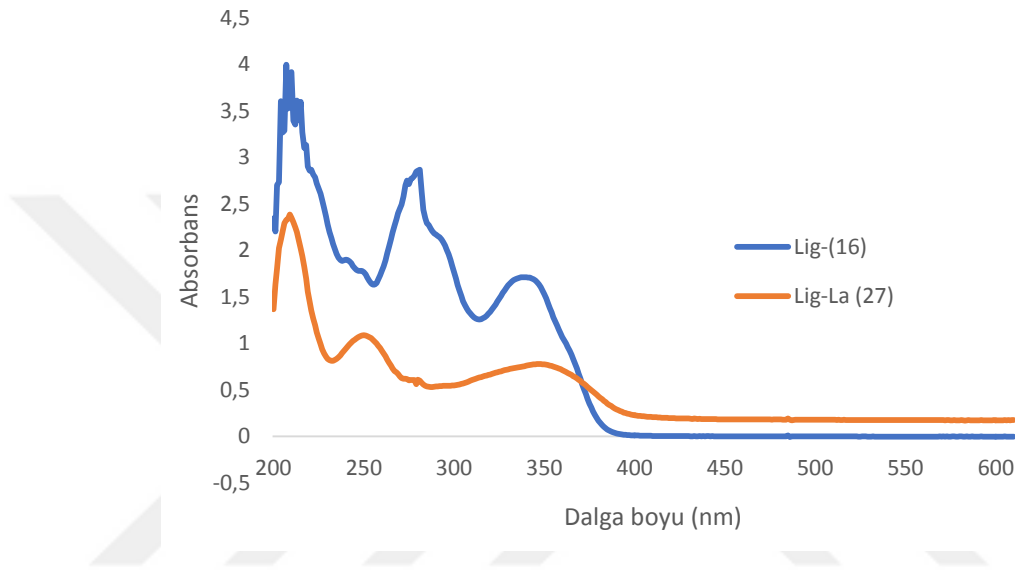
Şekil 5.11 *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) ve La (22), Y(23), Cu (21) komplekslerinin UV-VIS spektrumları

N-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) Schiff bazı ve metal komplekslerinin UV-VIS absorpsiyon spektrumları Şekil 5.11’de görülmektedir. Ligandın spektrumunda 437 nm’de görülen $-\text{CH}=\text{N}-$ imin grubunun $n-\pi^*$ geçişi, Cu (21), La (22) ve Y (23) komplekslerinin spektrumlarında yüksek enerjili bölgeye kaymıştır (maviye kayma). Komplekslerin spektrumlarında gözlenen bu özellik, ligandın $-\text{CH}=\text{N}-$ bağ elektronları ile metal iyonlarının koordinasyonunu destekler (Mishra vd. 2018a).



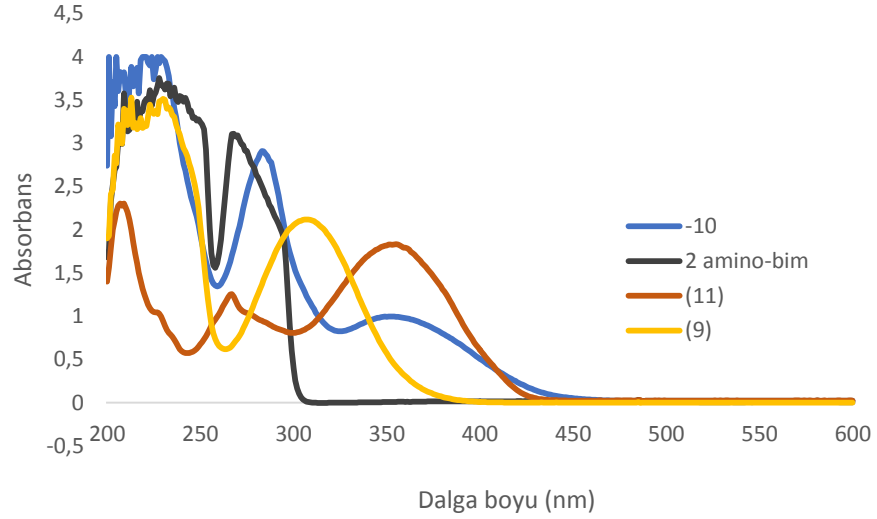
Şekil 5.12 2-Metil-1*H*-benzimidazol, 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) ve 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) bileşiklerinin UV-VIS spektrumları

2-Metil-1*H*-benzimidazol, 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) ve 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) bileşiklerinin UV-VIS spektrumlarında sırasıyla 341 nm ve 347 nm değerlerinde $n-\pi^*$ geçişleri gözlenmiştir. Stilil boyalarının yapısında bulunan elektron salıcı -OH grubunun olması ve sonuç olarak artan konjugasyondan dolayı bu bileşiklerin spektrumlarında 2-metil-1*H*-benzimidazole göre kırmızıya kayma gözlenmiştir (Şekil 5.12).



Şekil 5.13 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) ve La kompleksinin (27) UV-VIS spektrumu

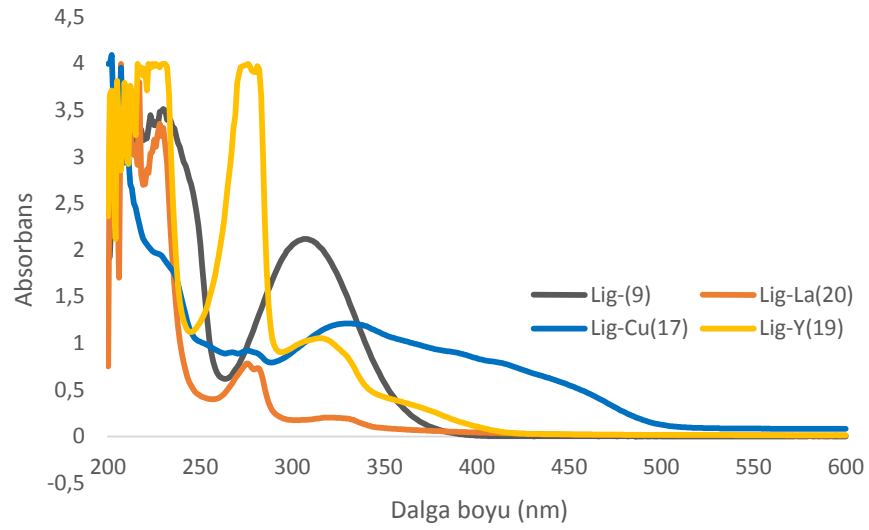
4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) ve La kompleksinin (27) UV-VIS spektrumları karşılaştırıldığı zaman, ligandın spektrumunda 341 nm'deki gözlenen absorpsiyon bandının komplekste 352 nm'ye kaydığı görülmüştür (Şekil 5.13).



Şekil 5.14 2-Amino-1*H*-benzimidazol bileşiği ve türevleri olan 2-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (9), 4-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) ve *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-klorofenil)metanimin (11) Schiff bazlarının UV-VIS spektrumları

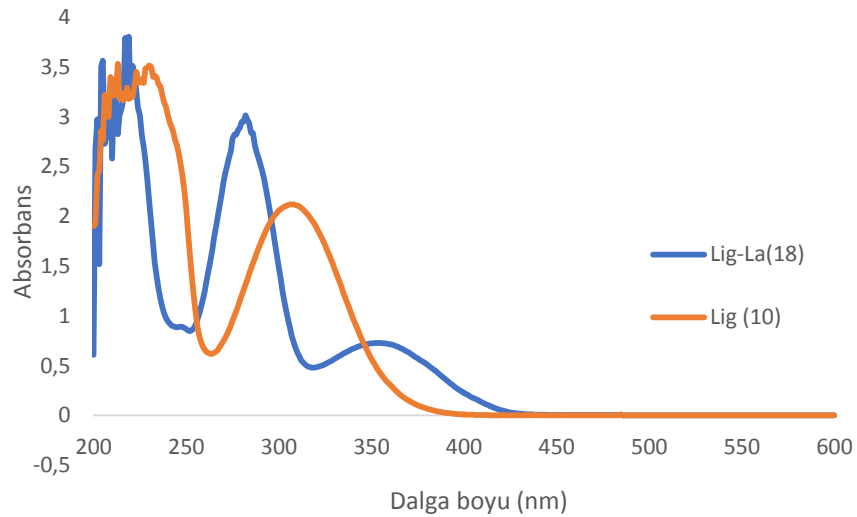
Şekil 5.14’de 2-amino-1*H*-benzimidazol bileşiği ve türevleri olan 2-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (9), 4-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) ve *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-klorofenil)metanimin (11) Schiff bazlarının UV-VIS spektrumları verilmiştir.

Sentezlenen Schiff bazlarının spektrumlarında, çıkış bileşiği olan 2-amino-1*H*-benzimidazolün spektrumundan farklı olarak -CH=N- imin fonksiyonlu grubunun $n-\pi^*$ geçişlerine ait yeni absorpsiyon bantları (9), (10), (11) bileşikleri için sırasıyla 310 nm, 356 nm, 358 nm değerlerinde görülmüştür.



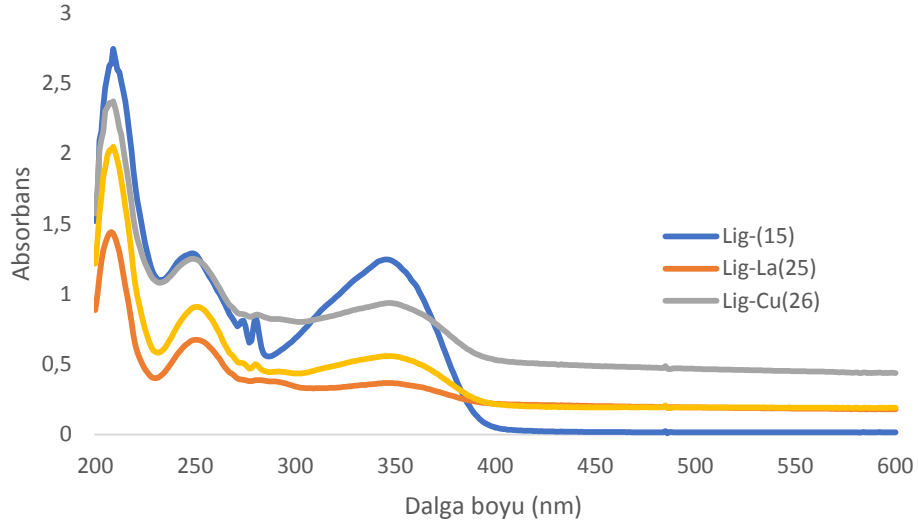
Şekil 5.15 2-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (9) Schiff bazı ve Cu (17), Y (19) ve La (20) komplekslerinin UV-VIS spektrumları

2-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (9) Schiff bazının Cu (17), Y (19) ve La (20) komplekslerinin UV-VIS spektrumları Şekil 5.15’de verilmiştir. Ligandın spektrumunda 310 nm’de görülen absorpsiyon bandı, Y ve La komplekslerinin spektrumlarında daha kısa dalga boylarında gözlemlenmiştir. Bu maviye kayma, ligandın metaller ile yaptığı koordinasyonunu destekler (Şekil 5.12) (Mishra vd. 2018a).



Şekil 5.16 4-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) ve La kompleksinin (18) UV-VIS spektrumları

4-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) ve La kompleksinin (18) UV-VIS spektrumları Şekil 5.16’da gösterilmiştir. La kompleksinin (18) $n-\pi^*$ geçişi için absorpsiyon bandı 356 nm de gözlenmiştir.



Şekil 5.17 2-[-2-(*1H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) ve Y (24), La (25) ve Cu (26) komplekslerinin UV-VIS spektrumları

2-[-2-(*1H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) stiril boyasının Cu (26), Y (24) ve La (25) komplekslerinin UV-VIS spektrumları Şekil 5.17’de verilmiştir. Ligandın spektrumunda 349 nm’de görülen absorpsiyon bandı, metal komplekslerinin spektrumlarında da yaklaşık aynı yerde çıkmıştır (Mishra vd. 2018).

5.3 Çimlenme Analizi Sonuçları

Sentezlenen bütün bileşiklerin 10^{-6} M derişimdeki çözeltileri çimlenme analizlerinde kullanıldı. Çimlenme analizi için kullanılan üç adet ekmeklik buğday ve üç adet makarnalık buğday örneği için her çimlenme analizi üç kez tekrar edildi. Bileşiklerin çözeltileri metanol: su (1:20) karışımında hazırlandı.

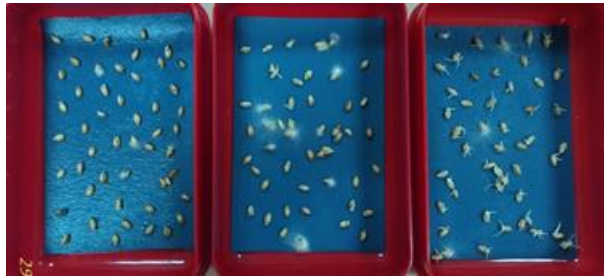
Çimlenme kapları iklimlendirme dolabına yerleştirildikten sonraki 12. ve 24. saatte tohum ağırlıkları tartılarak su alma oranları tespit edildi. Çimlendirilmiş tohumların 4. gün çimlenme yüzdesi (% ÇY), 8. gün çimlenme yüzdesi (% ÇY), kök yaş ağırlığı (g),

kök uzunluğu (cm), kök kuru ağırlığı (g) koleoptil uzunluğu (cm), koleoptil yaş ağırlığı (g), koleoptil kuru ağırlığı (g) ölçümleri yapıldı.



Şekil 5.18 8. Günün sonunda çimlenmenin normal gerçekleştiği tohum örnekleri

1-[(5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-yl)diazetil]naftalen-2-ol (6) ve 1-[(2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)diazetil]naftalen-2-ol (7) bileşikleri dışında kalan bütün uygulamalarda çimlenme gözlemlendi (Şekil 5.18). Bu azo benzimidazol türevlerinin 10^{-6} M derişiminde uygulanan çözeltileri buğday tanelerinin çimlenmesi üzerine inhibe etki gösterdi (Şekil 5.19). Seçilen tohumların büyük bir çoğunluğunda koleoptil ve kök uzaması olmazken birçoğu 2 mm den kısa olduğu için ölü tohum olarak değerlendirildi. Bu nedenle yapılan istatistiki değerlendirmelerde bu iki bileşikle yapılmış çimlenme analizi parametreleri kullanılmadı.



Şekil 5.19 8. Günün sonunda çimlenmenin gerçekleşmediği tohum örnekleri

Çimlenme parametreleri incelenirken su alım oranları dışındaki diğer parametreler (koleoptil uzunluğu, kök uzunluğu, koleoptil yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı, koleoptil kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı, 4. gün çimlenme oranı ve 8. gün çimlenme oranı) üçer tekrarlı çalışılmış olup istatistiksel olarak değerlendirildi.

Bu tezin çalışma şeması olarak Bölüm 5.1’de belirtilen üç seri (-C=C-, -C=N-, -N-N- bağlarını içeren türevler) üzerinden sentezlenen bileşikler üç farklı gruba ayrıldı. Uygulamalar, üç grupta bulunan bileşiklerin her birine aynı koşullarda uygulanmış olup istatistiksel değerlendirme her grubun kendi içerisinde yapıldı.

Birinci grup, çıkış bileşiklerini, -N=N- bağı içeren azo türevlerini ve Schiff bazlarını içermektedir. Çimlenme analizleri sonucunda (6) ve (7) numaralı azo bileşiklerinin çimlenmesi gerçekleşmediği için istatistiksel olarak değerlendirmeye alınmamıştır.

İkinci grup, çıkış bileşiklerini, -C=C- bağı içeren stiril türevlerini ve bunların metal komplekslerini içermektedir.

Üçüncü grup, çıkış bileşiklerini, -C=N- bağı içeren 2-amino-1*H*-benzimidazol Schiff bazlarını ve bu bileşiklerin metal komplekslerini içermektedir.

5.3.1 Su alım oranları (12. ve 24. Saat)

Bitkisel üretim yapılırken ilk aşama olarak tohumun ekimi yapılır ve uygun koşullarda çimlendirilir. Olumsuz çevresel koşullar, teknik nedenler ya da tohumun kendi yapısından kaynaklanan özellikler nedeniyle fide çıkışı olumsuz yönde etkilenebilir. Su bir tohumun sağlıklı çimlenmesi için gereken en önemli faktörlerden biridir. Her tohumun içinde bulunan nem miktarı ve çimlenme için ihtiyaç duyacağı nem miktarı farklıdır.

Bu çalışmada kullanılan her buğday çeşidinden rastgele seçilen 50 adet tohum çimlenme kabına yerleştirilerek su alım oranlarındaki değişime bakılmıştır. Çimlenme için, herhangi bir kimyasal içermeyen saf su ile hazırlanmış kontrol örnekleri ve sentezlenen bileşiklerin 10^{-6} M derişimde hazırlanan çözeltileri ile uygulama yapılan buğday tanelerinin 12. saatteki su alım oranları Çizelge 5.3’de verilmiştir.

12. saatteki su alım oranları incelendiğinde 2-metil-5,6-dinitro-1*H*-benzimidazol (3) bileşiğinin uygulandığı Eminbey ve 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (4) bileşiğinin uygulandığı Bayraktar-2000 çeşitlerinin, sırasıyla % 45,83 ve % 45,65 miktarlarla en yüksek değerlere sahip oldukları görülmüştür.

Herhangi bir kimyasal uygulanmayan kontrol ile kimyasal uygulama yapılan örneklerin ortalamaları karşılaştırıldığı zaman Çeşit-1252, Kızıltan-91 ve Tosunbey çeşitlerinin, kontrol çözelti oranlarından daha yüksek ortalamaya sahip oldukları bulunmuştur.

Eminbey, Bayraktar-2000 ve Demir-2000 çeşitlerinde, çimlenme için kimyasal uygulama yapılan bütün örneklerin ortalaması, kontrol örneğinin su alım oranından düşük çıkmıştır.

Çizelge 5.3 Sentezlenen bileşiklerin 10^{-6} M derişimde hazırlanan çözeltileri ile uygulama yapılan buğday tanelerinin 12. saatteki su alım oranları (%)

12. Saat Su Alım Oranı (%)

	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama
Kontrol	26,20	34,72	29,66	43,70	44,83	23,13	33,70
BİM	31,64	29,86	29,55	31,60	25,91	31,13	29,95
(1)	26,91	33,66	30,40	35,32	27,75	30,99	30,84
(2)	30,97	33,03	34,07	34,43	31,98	39,60	34,01
(3)	33,20	45,83	37,19	39,25	33,18	28,13	36,13
(4)	42,69	24,47	2,93	45,65	36,17	40,00	31,99
(5)	29,66	30,05	30,00	32,27	29,00	33,55	30,76
(6)	30,97	30,84	30,13	30,48	27,95	28,48	29,81
(7)	27,60	27,31	30,04	27,73	27,65	31,82	28,69
(8)	26,88	27,27	33,19	32,71	29,19	34,04	30,55
(9)	29,62	35,40	30,08	30,83	32,46	33,77	32,03
(10)	35,14	40,85	28,90	35,04	26,52	20,92	31,23
(11)	27,68	28,99	30,42	33,18	28,38	29,75	29,73
(12)	31,11	28,17	30,86	21,77	26,24	41,14	29,88
(13)	37,84	29,91	34,85	28,63	20,00	32,92	30,69
(14)	29,37	23,08	32,64	21,25	30,09	39,07	29,25
(15)	27,72	20,94	31,91	36,99	35,93	33,96	31,24
(16)	34,25	22,50	27,80	36,68	25,00	33,11	29,89
(17)	35,66	27,80	37,12	41,07	32,61	25,17	33,24
(18)	37,64	25,65	35,59	23,48	21,94	35,63	29,99
(19)	37,74	32,89	40,52	41,33	37,78	28,48	36,46
(20)	27,78	26,61	30,00	35,50	30,97	33,75	30,77

Çizelge 5.3 Sentezlenen bileşiklerin 10^{-6} M derişimde hazırlanan çözeltileri ile uygulama yapılan buğday tanelerinin 12. saatteki su alım oranları (%) (devam)

(20)	27,78	26,61	30,00	35,50	30,97	33,75	30,77
(21)	32,69	30,48	35,44	38,66	31,70	37,93	34,48
(22)	38,19	41,89	39,47	36,75	29,46	19,35	34,19
(23)	34,96	24,24	43,75	34,62	41,48	19,38	33,07
(24)	27,97	24,89	39,01	38,84	30,80	36,13	32,94
(25)	28,21	23,26	31,56	42,08	2,93	35,48	27,25
(26)	39,15	21,67	2,93	40,91	37,55	35,14	29,56
(27)	26,35	27,14	30,25	14,98	24,24	34,23	26,20
Ortalama	31,92	29,43	31,04	33,99	29,64	31,94	

Çimlenme için, herhangi bir kimyasal içermeyen saf su ile hazırlanmış kontrol örnekleri ve sentezlenen bileşiklerin 10^{-6} M derişimde hazırlanan çözeltileri ile uygulama yapılan buğday tanelerinin 24. saatteki su alım oranları Çizelge 5.4’de verilmiştir. 12. saatteki su alım oranına benzer şekilde 24. saatte de ölçüm yapılmıştır. 24. saatteki su alım oranları incelendiğinde Kızıltan-91 çeşidinin 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenolün Cu kompleksi (26) ve 4-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) bileşiği ile hazırlanan çözeltilerin uygulandığı örneklerde, sırasıyla % 73,61 ve % 69,27 olmak üzere, en yüksek değerler ölçülmüştür.

Herhangi bir kimyasal uygulanmayan kontrol ile kimyasal uygulama yapılan örneklerin ortalamaları karşılaştırıldığı zaman Çeşit-1252, Eminbey, Kızıltan-91, Demir-2000 ve Tosunbey çeşitlerinin, kontrol çözelti oranlarından daha yüksek ortalamaoya sahip oldukları bulunmuştur. Bütün çeşitler içerisinde sadece Bayraktar-2000 çeşidinde 24. saatteki su alım oranı, kontrol örneğinin 24. saatteki su alım oranından düşük çıkmıştır.

Çizelge 5.4 Sentezlenen bileşiklerin 10^{-6} M derişimde hazırlanan çözeltileri ile uygulama yapılan buğday tanelerinin 24. saatteki su alım oranları (%)

24. Saat Su Alım Oranı (%)

	Çeşit- 1252	Eminbey	Kızıltan- 91	Bayraktar- 2000	Demir- 2000	Tosunbey	Ortalama
Kontrol	40,59	41,45	38,56	58,40	37,93	34,38	41,89
BİM	42,58	41,18	45,75	48,92	55,45	46,36	46,71
(1)	47,64	49,50	49,78	50,00	45,81	47,89	48,44
(2)	49,25	46,15	48,67	47,17	43,69	47,65	47,10
(3)	41,08	42,59	52,89	53,27	42,73	37,05	44,94
(4)	55,00	54,43	56,50	57,39	48,09	57,42	54,81
(5)	40,68	40,38	41,36	44,09	38,10	60,13	44,12
(6)	15,30	78,04	45,19	44,76	39,74	43,71	44,46
(7)	41,58	40,97	44,64	40,34	44,70	44,81	42,84
(8)	36,92	36,87	45,11	44,39	38,28	43,97	40,92
(9)	43,08	52,21	44,07	45,83	42,54	43,05	45,13
(10)	46,72	52,58	69,27	52,56	42,61	42,48	51,04
(11)	37,64	38,65	47,08	49,55	47,75	44,94	44,27
(12)	41,11	38,03	50,62	39,11	47,96	53,80	45,11
(13)	50,19	47,32	53,94	40,25	36,60	44,10	45,40
(14)	37,92	35,10	51,65	40,00	43,81	49,67	43,03
(15)	38,58	36,32	62,13	50,68	48,05	48,43	47,37
(16)	44,88	40,00	60,09	52,40	41,23	43,92	47,09
(17)	44,96	48,88	56,33	52,23	40,00	52,32	49,12
(18)	46,39	42,17	53,81	42,11	39,24	46,88	45,10
(19)	45,91	45,33	55,17	48,00	45,78	49,01	48,20
(20)	38,10	39,91	43,75	47,19	47,35	48,13	44,07
(21)	46,92	44,29	53,59	50,00	48,66	57,93	50,23
(22)	48,82	50,90	53,51	54,70	41,96	45,81	49,28
(23)	44,74	42,42	59,82	45,73	46,72	39,38	46,47
(24)	46,74	42,92	53,36	55,36	47,77	47,10	48,88
(25)	17,22	34,42	57,38	61,09	47,50	49,03	44,44
(26)	52,71	35,42	73,61	56,82	51,90	54,73	54,20
(27)	37,18	39,52	52,94	27,53	46,75	48,32	42,04
Ortalama	42,08	44,07	52,43	48,27	44,44	47,32	

5.3.2 Koleoptil Uzunluğu (cm)

Çimlenmenin 8. gününde her çimlenme kabının içinden rastgele seçilen 10 çimlenmiş buğday tanesinin koleoptil ve kök uzunlukları ölçülmüştür. Her buğday çeşidinde her kimyasal uygulaması için üçer tekrar yapılmıştır.

Birinci grup içinde bulunan bileşiklerin buğday çeşitlerinin koleoptil uzunluğuna etkileri değerlendirildiğinde, 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin bileşiğinin (4) Demir-2000, Bayraktar-2000, Tosunbey çeşitlerine uygulanması ile elde edilen, sırasıyla 12,45 cm, 11,58 cm, 11,31 cm değerleri ve 1*H*-benzimidazol bileşiğinin uygulandığı Demir-2000 ve Kızıltan-91 çeşitleri için bulunan sırasıyla, 10,96 cm ve 10,60 cm değerleri, analizlerde ölçülen en yüksek koleoptil uzunluklarıdır.

Ölçüm sonuçlarına bağlı olarak genel bir değerlendirme yapılacak olursa, uygulanan bileşiklerden 1*H*-benzimidazol ve buğday çeşitlerinden Bayraktar-2000 ve Demir-2000, en yüksek koleoptil uzunluklarının elde edildiği bileşik ve türlerdir (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.

Koleoptil Uzunluğu Ortalama (cm)^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	7,77ıq*	6,40ou	7,98hp	9,41dı	9,57cı	8,16ho	8,22BC
BİM	9,71bh	8,36gm	10,60ae	9,16dj	10,96ad	7,99hp	9,46A
(1)	6,68mt	4,10v	8,21ho	8,40fm	10,15bg	8,12ho	7,61CE
(2)	8,82ek	8,10ho	10,25bf	8,62fl	6,47nu	6,89lt	8,19BD
(3)	7,74ıq	7,00ks	8,29gn	8,87ek	7,43jr	5,33sv	7,44DE
(4)	5,45sv	5,44sv	4,62uv	11,58ab	12,45a	11,31ac	8,48B
(5)	6,80lt	6,62mt	6,17pu	7,85hq	9,25dj	6,03qu	7,12E
(8)	5,10tv	5,57rv	7,15ks	7,98hp	8,80ek	7,11ks	6,95E
Ortalama***	7,26B	6,45C	7,91B	8,98A	9,39A	7,62B	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Birinci grup içinde bulunan bileşiklerin buğday türlerinin koleoptil uzunluğu üzerine etkileri değerlendirildiğinde ekmeklik buğdayların (8,66 cm) makarnalık buğdaylardan (7,21 cm) daha yüksek değerlere sahip oldukları görülmüştür. Kimyasallar arasında en yüksek değer 1*H*-benzimidazol uygulanan örneğe (9,46 cm) aittir ve ayrıca ekmeklik buğdaylara 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (4) uygulaması (11,78 cm) diğer uygulamalardan daha yüksek değerlerde sonuçlar vermiştir (Çizelge 5.6).

Çizelge 5.6 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.

Koleoptil Uzunluğu Ortalama (cm)^a

Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama**
Kontrol	7,38eg*	9,05bc	8,22BC
BİM	9,56b	9,37b	9,46A
(1)	6,33gı	8,89bd	7,61BD
(2)	9,06bc	7,33eg	8,19BC
(3)	7,67df	7,21eh	7,44CD
(4)	5,17ı	11,78a	8,47B
(5)	6,53fh	7,71df	7,12D
(8)	5,94hı	7,96ce	6,95D
Ortalama***	7,21B	8,66A	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Tür etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

İkinci grup içinde bulunan bileşiklerin buğday çeşitlerinin koleoptil uzunluğu üzerine etkileri değerlendirildiğinde 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) bileşiğinin Demir-2000 çeşidine uygulanması, ölçülen 15,00 cm değeriyle en yüksek koleoptil uzunluğunu vermiştir. 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenolün La kompleksi (25) için ölçülen 12,15 cm, uygulanan bileşikler için bulunan en yüksek değerdir ve ayrıca koleoptil uzunluğunun 11,84 cm olarak ölçüldüğü Demir-2000 öne çıkan çeşit olmuştur (Çizelge 5.7).

Çizelge 5.7 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.

Koleoptil Uzunluğu Ortalama (cm)^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	7,77ln*	6,40pq	7,98kn	9,41j	9,57ij	8,16km	8,22F
(15)	9,42ij	6,44pq	11,41gh	8,67jl	11,20h	8,81jk	9,32D
(16)	6,11q	6,78oq	4,97r	11,74eh	15,00a	7,67mo	8,71E
(24)	11,54fh	6,52pq	9,26ij	8,08kn	12,88cd	11,69eh	9,99C
(25)	11,35gh	13,87b	11,23h	12,57de	12,34df	11,56fh	12,15A
(26)	9,25ij	10,86h	7,18np	9,22ij	9,50ij	8,78jk	9,13D
(27)	12,21dg	13,53bc	9,85i	11,72eh	12,40df	7,61mo	11,22B
Ortalama***	9,66C	9,20D	8,84E	10,2B	11,84A	9,18DE	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

İkinci grupta buluna bileşiklerin buğday türlerinin koleoptil uzunluğu ortalama değerleri üzerine etkileri değerlendirildiğinde, ekmeklik buğdayların (10,41 cm) makarnalık buğdaylardan (9,23 cm) daha yüksek değerlere sahip oldukları görülmüştür. 2-[-2-(1H-benzimidazol-2-il)etenil]fenolün La kompleksi (25) için 12,15 cm ve 4-[-2-(1H-benzimidazol-2-il)etenil]fenolün La kompleksi (27) için 11,22 cm uygulanan bileşikler arasında ölçülen en yüksek değerlerdir. Ekmeklik buğdaylara 4-[-2-(1H-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) bileşiğinin uygulanmasıyla elde edilen 11,47 cm değeri, diğer uygulamaların sonuçlarından daha yüksektir (Çizelge 5.8).

Çizelge 5.8 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.

Koleoptil Uzunluğu Ortalama (cm) ^a

Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama**
Kontrol	7,38d*	9,05c	8,22C
(15)	9,09c	9,56bc	9,32BC
(16)	5,95d	11,47a	8,71C
(24)	9,11c	10,88ab	9,99B
(25)	12,15a	12,15a	12,15A
(26)	9,10c	9,17c	9,13BC
(27)	11,87a	10,58ac	11,22A
Ortalama***	9,23B	10,41A	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Tür etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p <0.05)

Üçüncü grup içinde bulunan bileşiklerin buğday çeşitlerinin koleoptil uzunluğu ortalama değerleri üzerine etkileri değerlendirildiğinde, 4-{{(1H-benzimidazol-2-il)imino}metil}fenolün (9) Çeşit-1252, Eminbey, Demir-2000 ve Tosunbey çeşitlerine uygulanmasıyla elde edilen sırasıyla, 15,50 cm, 16,12 cm, 15,39 cm ve 15,17 cm değerleri, ölçülen en yüksek koleoptil uzunluklarıdır. En yüksek koleoptil uzunlukları, uygulanan kimyasallar içinde 14,78 cm değerinin ölçüldüğü 4-{{(1H-benzimidazol-2-il)imino}metil}fenol (10) bileşiği ve çeşitler arasında 10,33 cm, 10,28 cm ve 10,29 cm değerlerinin ölçüldüğü sırasıyla, Çeşit-1252, Kızıltan-91 ve Demir-2000 çeşitleri için elde edilmiştir (Çizelge 5.10).

Çizelge 5.9 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.

Koleoptil uzunluğu (cm)^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	7,77c1j1*	6,40k1m1	7,98b1l1	9,41qx	9,57qv	8,16zg1	8,22GH
(9)	8,19yg1	6,79j1l1	6,88i1l1	6,85i1l1	9,05tb1	7,46e1k1	7,54I
(10)	15,50ab	16,12a	13,55df	12,98eh	15,39ab	15,17ab	14,78A
(11)	7,07g1l1	6,95h1l1	9,44qx	9,31sz	9,94ou	7,49e1k1	8,37G
(12)	8,56ve1	7,54d1k1	8,80uc1	5,15n1o1	10,57nq	10,76np	8,56G
(13)	12,80ei	14,42bd	14,64bd	9,46qx	8,85uc1	9,55qw	11,62C
(14)	9,12tb1	9,36ry	11,52kn	12,74ej	9,51qx	6,67j1m1	9,82F
(17)	13,53dg	14,88bc	10,51nr	6,50k1m1	8,54ve1	9,21ta1	10,53E
(18)	12,35gl	11,32ln	11,60jn	12,18hl	12,24hl	13,53df	12,20B
(19)	12,12hm	10,97mo	12,93eh	9,65pv	11,66in	8,69vd1	11,00DE
(20)	9,24ta1	7,98b1l1	8,51ve1	9,04tb1	7,70c1j1	6,98h1l1	8,24GH
(21)	13,77ce	12,87eh	14,49bd	10,53nr	8,38we1	8,03b1l1	11,35CD
(22)	9,07tb1	6,16l1n1	8,12a1h1	7,16f1l1	10,13ot	8,67vd1	8,22GH
(23)	5,55m1o1	8,34xf1	4,87o1	5,07n1o1	12,56fk	10,48ns	7,81HI
Ortalama***	10,33A	10,01B	10,28AB	9,00D	10,29AB	9,35C	

^a Aynı harfi ve rakamı taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

*Küçük harfler ve rakamlar Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Üçüncü grup içinde bulunan bileşiklerin buğday türlerinin koleoptil uzunluğu ortalama değerleri üzerine etkileri değerlendirildiğinde makarnalık buğdayların (10,20 cm) ekmeklik buğdaylardan (9,55 cm) daha yüksek değerlere sahip oldukları görülmüştür. Kimyasallar arasında en yüksek değer 4-[[[(1H-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenolün (10) uygulandığı örnekte 14,78 cm olarak bulunmuştur. 4-[[[(1H-benzimidazol-2-

il)imino]metil}fenol (10), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) ve *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin Cu kompleksinin (21) makarnalık buğdaylara uygulanmasıyla elde edilen sırasıyla 15,05 cm, 13,95 cm ve 13,71 cm koleoptil uzunlukları, bileşikleri için ölçülen en yüksek değerlerdir ve ayrıca 4-[[1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) bileşiğinin ekmeklik buğdaylara uygulanması elde edilen 14,51 cm değeri, diğer uygulamaların sonucundan daha yüksektir (Çizelge 5.10).

Çizelge 5.10 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.

Koleoptil Uzunluğu (cm) ^a

Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama**
Kontrol	7,38ij*	9,05dh	8,22FG
(9)	7,29ij	7,79hı	7,54G
(10)	15,05a	14,51a	14,78A
(11)	7,82hı	8,92dh	8,37FG
(12)	8,30eı	8,83dh	8,56F
(13)	13,95ab	9,29dg	11,62BC
(14)	10,00d	9,64de	9,82E
(17)	12,97bc	8,09fi	10,53DE
(18)	11,76c	12,65bc	12,20B
(19)	12,00c	10,00d	11,00CD
(20)	8,58eı	7,91gı	8,24FG
(21)	13,71ab	8,98dh	11,35BD
(22)	7,78hı	8,65dı	8,22FG
(23)	6,25j	9,37df	7,81FG
Ortalama***	10,20A	9,55B	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Tür etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

5.3.3 Kök Uzunluğu (cm)

Birinci grup içinde bulunan bileşiklerin buğday çeşitlerinin kök uzunluğu üzerine etkileri değerlendirildiğinde kontrol denemelerinin Eminbey (11,44 cm) ve Bayraktar-2000 (11,83 cm) çeşitlerine, süstitüe olmamış benzimidazol bileşiğinin Çeşit-1252 (13,61 cm), Eminbey (13,78 cm) ve Tosunbey (12,99 cm) çeşitlerine, 5-nitro-1*H*-

benzimidazol (1) bileşiğinin Kızıltan-91 (12,28 cm), Bayraktar-2000 (11,51 cm) ve Tosunbey (13,11 cm) çeşitlerine, 5,6-dinitro-1*H*-benzimidazol (2) bileşiğinin Çeşit-1252 (11,70 cm) ve Eminbey (12,36 cm) çeşitlerine, 5,6-dinitro-2-metil-1*H*-benzimidazol (3) bileşiğinin Bayraktar-2000 (11,53 cm) çeşidine, 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (4) bileşiğinin Demir-2000 (12,92 cm) çeşidine, 2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (5) bileşiğinin Eminbey (12,05 cm) çeşidine, 2-[(2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)imino]metil} fenol (8) bileşiğinin Tosunbey (11,48 cm) çeşidine uygulanması en yüksek kök uzunluğu değerlerini vermiştir.

Uygulanan bileşiklerde en yüksek sonuç 1*H*-benzimidazol bileşiği (12,15 cm) ile edlde edilirken, çeşitler arasında öne çıkanlar Bayraktar-2000 (10,54 cm), Eminbey (10,81 cm) ve Tosunbey (11,00 cm) çeşitleri olmuştur (Çizelge 5.11).

Çizelge 5.11 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.

Kök Uzunluğu Ortalama (cm) ^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	9,77fl*	11,44ah	10,42ek	11,83ag	10,45ek	10,43ek	10,72BC
BİM	13,61ab	13,78a	11,41bı	10,80cj	10,34ek	12,99ac	12,15A
(1)	8,39kl	9,79fl	12,28ae	11,51ah	11,13cj	13,11ac	11,04B
(2)	11,70ah	12,36ae	10,80cj	10,93cj	7,68lm	10,62dk	10,68BC
(3)	9,45hl	10,58dk	9,88fl	11,53ah	9,73fl	9,69gl	10,15BC
(4)	5,62mn	5,56mn	4,71n	7,62lm	12,92ad	9,74fl	7,7D
(5)	9,07ıl	12,05af	9,40hl	10,18ek	8,96jl	9,91fl	9,93C
(8)	9,70fl	10,94cj	10,12ek	9,9fl	9,43hl	11,48ah	10,26BC
Ortalama***	9,67D	10,81AB	9,88CD	10,54AC	10,08BD	11,00A	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Çizelge 5.12’te verilen birinci grup içinde bulunan bileşiklerin buğday türlerinin kök uzunluğu değeri üzerine etkileri değerlendirildiğinde ekmeklik buğdaylar ile makarnalık buğdaylar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark görülmemiştir ($p<0.05$).

Kimyasallar arasında en yüksek değer 1*H*-benzimidazol bileşiğine (12,15 cm) aittir. 5-Nitro-1*H*-benzimidazol (1) bileşiğinin ekmeklik (11,91 cm) buğdaylara, 5,6-dinitro-1*H*-benzimidazol (2) bileşiğinin makarnalık buğdaylara (11,62 cm), süstitüe olmamış benzimidazol bileşiğinin hem ekmeklik (11,38 cm) hem de makarnalık buğday (12,93 cm) çeşitlerine uygulanması en iyi kök uzunluğu değerlerini vermiştir.

Çizelge 5.12 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.

Kök Uzunluğu Ortalama (cm)^a

Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama**
Kontrol	10,54be*	10,90be	10,72B
BİM	12,93a	11,38ad	12,15A
(1)	10,16ce	11,91ab	11,04B
(2)	11,62ac	9,75e	10,68B
(3)	9,97de	10,32ce	10,15B
(4)	5,30f	10,10ce	7,70C
(5)	10,17ce	9,68e	9,93B
(8)	10,25ce	10,27ce	10,26B
Ortalama^{öd}	10,12	10,54	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p<0.05$)

* Küçük harfler Uygulama/Tür etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir ($p<0.05$)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir ($p<0.05$)

^{öd} Türler arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p<0.05$)

İkinci grup içinde bulunan bileşiklerin buğday çeşitlerinin kök uzunluğu üzerine etkileri değerlendirildiğinde 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenolün La kompleksinin (25) Çeşit-1252 (15,44 cm) çeşidine, 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) bileşiğinin Demir-2000 (15,76 cm) çeşidine, 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksi (27) bileşiğinin Demir-2000 çeşidine (15,89 cm) uygulanması en yüksek kök uzunluğu değerlerini vermiştir.

Uygulanan bileşikler içinde ölçülen en yüksek değer 12,99 cm dir ve 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksi (25) için elde edilmiştir ve ayrıca ölçülen 10,97 cm, 11,16 cm ve 10,98 cm değerleriyle sırasıyla Bayraktar-2000, Kızıltan-91 ve Demir-2000 öne çıkan buğday çeşitleri olmuştur (Çizelge 5.13).

Çizelge 5.13 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.

Kök Uzunluğu Ortalama (cm)^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	9,77jm*	11,44gı	10,42jk	11,83eg	10,45ık	10,43jk	10,72C
(15)	6,22rs	8,89ln	14,03b	7,38op	10,63hj	12,26dg	9,90D
(16)	7,39op	5,28st	6,30qr	8,12np	15,76a	10,23jk	8,85E
(24)	7,75op	10,64hj	14,08b	13,66bc	8,78mn	12,84cd	11,29B
(25)	15,44a	12,50df	14,35b	13,93b	9,04ln	12,64de	12,99A
(26)	8,24no	10,69hj	11,72eg	12,08dg	6,29qr	4,56t	8,93E
(27)	9,50km	13,83bc	7,24pq	9,79jl	15,89a	11,60fh	11,31B
Ortalama***	9,19D	10,47C	11,16A	10,97AB	10,98AB	10,65BC	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Çizelge 5.14'te verilen birinci grup içinde bulunan bileşiklerin buğday türlerinin kök uzunluğu üzerine etkileri değerlendirildiğinde ekmeklik buğdaylar ile makarnalık buğdaylar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark görülmemiştir (p<0.05). Ölçülen en yüksek 12,99 cm değeri 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksinin (25) uygulandığı örneğe aittir.

(25) bileşiğinin hem ekmeklik (11,87 cm) hem de makarnalık buğdaylara (14,10 cm) uygulanması ile elde edilen 12,43 cm değeri, 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksinin (27) ekmeklik buğdaylara uygulanmasının en iyi kök uzunluğunu vermiştir.

Çizelge 5.14 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.

Kök Uzunluğu Ortalama (cm) ^a			
Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama**
Kontrol	10,54bc	10,90bc	10,72B
(15)	9,71cd	10,09c	9,90BC
(16)	6,32e	11,37bc	8,85C
(24)	10,82bc	11,76bc	11,29B
(25)	14,10a	11,87ac	12,99A
(26)	10,22bc	7,64de	8,93C
(27)	10,19bc	12,43ab	11,31B
Ortalama^{öd}	10,27	10,87	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Tür etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

^{öd} Türler arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

Üçüncü grup içinde bulunan bileşiklerin buğday çeşitlerinin kök uzunluğu üzerine etkileri değerlendirildiğinde 4-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) bileşiğinin Demir-2000 (15,38 cm) ve Tosunbey (14,14) çeşitlerine, *N*-(*1H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-metoksifenil)metanimin (14) bileşiğinin Eminbey (15,15 cm) çeşidine, *N*-(*1H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin bileşiğinin Cu kompleksinin (21) Eminbey (14,51 cm) çeşidine, 2-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol Y kompleksinin (19) Çeşit-1252 (14,90 cm) çeşidine, 2-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol Cu kompleksinin (17) Çeşit-1252 (15,54 cm) ve Eminbey (15,37 cm) çeşitlerine, *N*-(*1H*-benzimidazol-2-il)-1-(2-metoksifenil)metanimin (12) bileşiğimin de Kızıltan-91 çeşidine uygulanması en yüksek kök uzunluğu değerlerini vermiştir.

Uygulanan bileşiklerde en yüksek sonucu veren 4-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) bileşiği (12,34 cm), 2-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol Y kompleksi (19) (12,07 cm) ve 4-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol La kompleksi (27) (12,58 cm) olurken çeşitler arasında kök uzunluğu değeri en yüksek olan Eminbey (11,60 cm) çeşidi olmuştur. (Çizelge 5.15).

Çizelge 5.15 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.

Kök uzunluğu (cm)^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	9,77uz*	11,44ot	10,42tx	11,83ns	10,45sx	10,43sx	10,72E
(9)	9,32wc1	8,60zf1	6,96h1n1	6,16m1p1	6,99g1n1	8,16a1h1	7,70H
(10)	9,50va1	8,03b1l1	13,85cj	13,17en	15,38ab	14,14ag	12,34A
(11)	10,49rx	12,41kp	10,65rw	10,37tx	10,22ty	14,09bg	11,37CD
(12)	6,82h1n1	7,70e1k1	14,42af	6,58j1o1	10,88qv	11,28ot	9,61F
(13)	13,73dk	13,33el	13,25em	7,80d1k1	8,60zf1	9,13xd1	10,97DE
(14)	8,86ye1	15,15ac	12,58io	14,02bh	12,50jo	7,27f1m1	11,73BC
(17)	15,54a	15,37ab	8,36a1g1	5,80n1p1	7,98c1j1	6,69i1n1	9,96F
(18)	11,38ot	12,27lq	13,94cı	12,93gn	11,88mr	13,10fn	12,58A
(19)	14,90ad	13,29el	13,31el	11,83ns	8,88ye1	10,23ty	12,07AB
(20)	11,32ot	10,60rw	8,89ye1	8,83ye1	5,04p1	7,03g1n1	8,62G
(21)	12,68ho	14,51ae	13,08fn	6,52k1o1	8,73ze1	9,41wb1	10,82DE
(22)	11,05pu	8,60zf1	6,78h1n1	5,27o1p1	6,20l1p1	7,59e1l1	7,58H
(23)	9,16xd1	11,05pu	6,47k1o1	5,81n1p1	8,16a1h1	12,38kp	8,84G
Ortalama***	11,04B	11,60A	10,93B	9,07D	9,42D	10,07C	

^a Aynı harfi ve rakamları taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

*Küçük harfler ve rakamlar Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Üçüncü grup içinde bulunan bileşiklerin buğday türlerinin kök uzunluğuna etkileri değerlendirildiğinde makarnalık buğdayların (11,19 cm) ekmeklik buğdaylardan (9,52 cm) daha yüksek değerlere sahip oldukları görülmüştür.

Kimyasallar arasında en yüksek kök uzunluğu değerleri *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-klorofenil)metanimin (11) (11,37 cm), 4-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) (12,34 cm), 4-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol La (18) (12,58 cm), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-metoksifenil)metanimin (14) (11,73 cm), 2-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol Y kompleksi (19) (12,07 cm) bileşiklerinde görülmüştür.

4-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol La (18) (12,53 cm), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) (13,44 cm), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin bileşiğinin Cu kompleksi (21) (13,42 cm), 2-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol Y kompleksi (19) (13,84 cm), 2-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol Cu kompleksi (17) (13,09 cm) bileşiklerinin makarnalık buğdaylara uygulanması ile 4-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) bileşiği (14,23 cm) ve 4-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol La kompleksinin (18) (12,64 cm) ekmeklik buğdaylara uygulanması diğer uygulamalardan daha yüksek sonuçlar vermiştir (Çizelge 5.16).

Çizelge 5.16 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.

Kök Uzunluğu (cm) ^a			
Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama**
Kontrol	10,54eh*	10,90dg	10,72CE
(9)	8,29jm	7,10kn	7,70H
(10)	10,46eh	14,23a	12,34A
(11)	11,18dg	11,56cf	11,37AC
(12)	9,65gj	9,58gj	9,61EG

Çizelge 5.16 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök uzunluklarının ortalama değerleri üzerine etkisi (devam)

Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama**
(13)	13,44ab	8,51ım	10,97BD
(14)	12,20be	11,26dg	11,73AC
(17)	13,09ac	6,82mn	9,96DF
(18)	12,53ad	12,64ad	12,58A
(19)	13,84ab	10,31fi	12,07AB
(20)	10,27fi	6,97ln	8,62GH
(21)	13,42ab	8,22jm	10,82BE
(22)	8,81hk	6,35n	7,58H
(23)	8,89hk	8,78hl	8,84FH
Ortalama***	11,19A	9,52B	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Tür etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

5.3.4 Koleoptil Yaş Ağırlığı (g)

Birinci grup içinde bulunan bileşiklerin buğday çeşitlerinin koleoptil yaş ağırlığına etkileri değerlendirildiğinde kontrol denemelerinin Çeşit-1252 çeşidine kontrol uygulaması (6,83 g), benzimidazol (7,67 g), 5,6-dinitro-1*H*-benzimidazol (2) (7,77 g) ve 2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (5) (6,40 g) bileşiklerinin uygulanması, Kızıltan-91 çeşidine benzimidazol (6,90 g) ve 5,6-dinitro-1*H*-benzimidazol (2) (6,63 g) bileşiklerinin uygulanması, Demir-2000 çeşidine de 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (4) (6,90 g) ve 2-[(2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)imino]metil}fenol (8) (7,10 g) bileşiklerinin uygulanması en yüksek koleoptil yaş ağırlığı değerlerini vermiştir.

En yüksek sonuçların elde edildiği örnekler 1*H*-benzimidazol (6,11 g), 5,6-dinitro-1*H*-benzimidazol (2) (5,69 g) ve 2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (5) (5,60 g) içermektedir ve çeşitler arasında öne çıkan Çeşit-1252 (6,03 g) olmuştur (Çizelge 5.17).

Çizelge 5.17 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi

Koleoptil Yaş Ağırlığı (g) ^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	6,83ae*	4,30lr	5,43fm	5,03go	4,60ıq	5,07go	5,21BC
BİM	7,67ab	5,97c1	6,90ad	5,77cj	5,57dl	4,80ıp	6,11A
(1)	4,90ho	2,97r	4,70ıq	3,50pr	4,20lr	4,53jq	4,13E
(2)	7,77a	5,33fn	6,63af	5,73ck	3,80or	4,87hp	5,69AB
(3)	5,47em	4,13mr	4,97ho	4,03nr	4,87hp	3,77or	4,54DE
(4)	4,93ho	4,80ıp	3,37qr	4,97ho	6,90ad	5,20gn	5,03CD
(5)	6,40ag	5,47em	5,07go	6,37bg	6,20ch	4,10mr	5,6AB
(8)	4,30lr	4,37kq	5,23gn	5,23gn	7,10ac	4,97ho	5,2BC
Ortalama***	6,03A	4,67C	5,29B	5,08BC	5,40B	4,66C	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Çizelge 5.18’de verilen birinci grup içinde bulunan kimyasal uygulamalarının türlerin koleoptil yaş ağırlığına etkileri değerlendirildiğinde ekmeklik buğdaylar ile makarnalık buğdaylar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark görülmemiştir (p<0.05).

En yüksek değerler 1*H*-benzimidazol (6,11 g), 5,6-dinitro-1*H*-benzimidazol (2) (5,69 g) ve 2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (5) (5,60 g) içeren örneklere aittir.

Süstitüe olmamış benzimidazol (6,84 g) ve 5,6-dinitro-1*H*-benzimidazol (2) (6,58 g) bileşiklerinin makarnalık buğdaylara uygulanması en iyi koleoptil yaş ağırlığı değerlerini vermiştir.

Çizelge 5.18 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi

Koleoptil yaş ağırlığı (g) ^a

Kimyasal/Tür	Makarnahk	Ekmeklik	Ortalama**
Kontrol	5,52cd*	4,90ce	5,21BC
BİM	6,84a	5,38cd	6,11A
(1)	4,19e	4,08e	4,13D
(2)	6,58ab	4,80ce	5,69AB
(3)	4,86ce	4,22e	4,54CD
(4)	4,37e	5,69bc	5,03BC
(5)	5,64bc	5,56cd	5,60AB
(8)	4,63de	5,77bc	5,20BC
Ortalama^{öd}	5,33	5,05	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Tür etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

^{öd} Türler arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

İkinci grup içinde bulunan bileşiklerin buğday çeşitlerinin koleoptil yaş ağırlıklarına etkileri değerlendirildiğinde 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksinin (27) Eminbey çeşidine uygulanmasıyla elde edilen 12,93 g, en yüksek koleoptil yaş ağırlığı değeridir.

En yüksek sonucun elde edildiği örnek yine 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksi (27) (8,71 g) içermektedir ve çeşitler arasında öne çıkan Çeşit-1252 (6,87 g) olmuştur (Çizelge 5.19).

Çizelge 5.19 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi

Koleoptil yaş ağırlığı (g)^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	6,83ef*	4,30or	5,43ık	5,03jn	4,60lq	5,07jm	5,21C
(15)	5,90gı	4,40nr	6,40fh	4,43mr	4,27ps	4,87kp	5,04CD
(16)	5,63ij	5,87gı	4,17qs	7,07e	9,50c	4,50lr	6,12B
(24)	5,77hı	3,63st	6,5eg	3,87rt	3,87rt	4,80kq	4,74E
(25)	6,63ef	4,23ps	4,77lq	4,80kq	4,63lq	5,03jn	5,02CD
(26)	6,43eg	4,53lq	5,87gı	5,10jl	4,27ps	3,23t	4,91DE
(27)	10,87b	12,93a	8,33d	5,97gı	9,23c	4,93ko	8,71A
Ortalama***	6,87A	5,7B	5,92B	5,18C	5,77B	4,63D	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Çizelge 5.20’de verilen ikinci grupta bulunan bileşiklerin buğday türlerinin koleoptil yaş ağırlığına etkileri değerlendirildiğinde makarnalık buğdayların (6,16 g) ekmeklik buğdaylardan (5,19 cm) daha yüksek değerlere sahip oldukları görülmüştür.

En yüksek 8,71 g değeri, 4-[-2-(1H-benzimidazol-2-il)etenil]fenolün La (27) kompleksinin ekmeklik buğdaylara uygulanması ile elde edilmiştir. 4-[-2-(1H-benzimidazol-2-il)etenil]fenolün La kompleksinin (27) makarnalık buğdaylara uygulanmasıyla elde edilen 10,71 g değeri diğer uygulamaların sonuçlarından daha yüksektir (Çizelge 5.20).

Çizelge 5.20 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi

Koleoptil Yaş Ağırlığı (g) ^a

Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama**
Kontrol	5,52d*	4,90de	5,21C
(15)	5,57cd	4,52de	5,04C
(16)	5,22de	7,02b	6,12B
(24)	5,30de	4,18e	4,74C
(25)	5,21de	4,82de	5,02C
(26)	5,61cd	4,20e	4,91C
(27)	10,71a	6,71bc	8,71A
Ortalama***	6,16A	5,19B	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Tür etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Üçüncü grup içinde bulunan bileşiklerin buğday çeşitlerinin koleoptil yaş ağırlığına etkileri değerlendirildiğinde, *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metaniminin Cu kompleksinin (21) Kızıltan-91 (13,43 g) ve 2-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenolün Cu kompleksinin (17) Eminbey (14,27 g) çeşidine uygulanması en yüksek koleoptil yaş ağırlığı değerlerini vermiştir.

En yüksek 9,43 g sonucu 4-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) içeren örneğe aittir. Çeşitler arasında koleoptil yaş ağırlığı değeri en yüksek olan çeşitler ise Eminbey (8,33 g), Çeşit-1252 (8,55 g) ve Kızıltan-91 (8,46 g) olmuştur.

Üçüncü grupta bulunan kimyasalların koleoptil yaş ağırlığı üzerine etkileri kullanılan makarnalık buğdayların hepsinde ekmeklik buğdaylara göre daha etkin olmuştur (Çizelge 5.21).

Çizelge 5.21 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi

Koleoptil yaş ağırlığı (g)^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	6,83pr*	4,30va1	5,43st	5,03tv	4,60ty	5,07tv	5,21H
(9)	2,57d1j1	1,97h1j1	2,17g1j1	2,23f1j1	2,23f1j1	1,70j1	2,14I
(10)	11,90de	12,03ce	11,50eh	7,67op	6,70qr	6,77pr	9,43A
(11)	6,87pr	6,83pr	7,40oq	7,90no	8,13mo	6,40r	7,26E
(12)	8,03no	6,90pr	8,30mo	3,13b1f1	4,73tx	5,03tv	6,02F
(13)	10,60hj	12,93bc	13,00b	4,93tv	3,93xb1	4,87tw	8,38C
(14)	8,77ln	8,10mo	10,53ij	6,80pr	4,73tx	3,80yb1	7,12E
(17)	12,80bd	14,27a	9,60kl	2,70d1i1	3,63zc1	3,90xb1	7,82D
(18)	11,73ef	10,80gj	11,13ei	4,97tv	6,73qr	7,47oq	8,81B
(19)	10,90fj	10,17jk	11,20ei	3,97wb1	5,20sv	3,07b1g1	7,42E
(20)	2,87c1h1	2,17g1j1	2,07h1j1	2,27e1j1	2,07hj1	1,87i1j1	2,22I
(21)	11,57eg	11,83e	13,43ab	4,37ua1	3,13b1f1	3,17b1e1	7,92D
(22)	9,00lm	6,07rs	8,07no	2,40e1j1	4,70ty	3,47a1d1	5,62G
(23)	5,23su	8,23mo	4,67ty	2,10h1j1	4,90tv	4,53tz	4,94H
Ortalama***	8,55A	8,33A	8,46A	4,32C	4,67B	4,36C	

^a Aynı harfi ve rakamı taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

*Küçük harfler ve rakamlar Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Üçüncü grup içinde bulunan bileşiklerin buğday türlerinin koleoptil yaş ağırlığına etkileri değerlendirildiğinde makarnalık buğdayların (8,45 g) ekmeklik buğdaylardan (4,45 g) daha yüksek değerlere sahip oldukları görülmüştür.

En yüksek koleoptil yaş ağırlığı değerleri 4-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) (9,43 g) ve 4-[-2-(*1H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksi (27) (8,81 g) içeren örneklerde görülmüştür.

4-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) (11,81 g), *N*-(*1H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) (12,18 g), *N*-(*1H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metaniminin Cu kompleksi (21) (12,28 g) ve 2-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenolün Cu kompleksi (17) (12,22 g) bileşiklerinin makarnalık buğdaylara uygulanması diğer uygulamalardan daha yüksek sonuçlar vermiştir (Çizelge 5.22).

Çizelge 5.22 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen koleoptil yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi

Koleoptil Yaş Ağırlığı (g) ^a			
Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama**
Kontrol	5,52g [*]	4,9 ^{ık}	5,21G
(9)	2,23 ⁿ	2,06 ⁿ	2,14H
(10)	11,81 ^{ab}	7,04 ^{ef}	9,43A
(11)	7,03 ^{ef}	7,48 ^e	7,26DE
(12)	7,74 ^e	4,3 ^{Im}	6,02F
(13)	12,18 ^{ab}	4,58 ^{ıl}	8,38BC
(14)	9,13 ^d	5,11 ^{hj}	7,12E
(17)	12,22 ^a	3,41 ^m	7,82CD
(18)	11,22 ^{bc}	6,39 ^{fg}	8,81AB
(19)	10,76 ^c	4,08 ^{km}	7,42DE
(20)	2,37 ⁿ	2,07 ⁿ	2,22H
(21)	12,28 ^a	3,56 ^m	7,92CD
(22)	7,71 ^e	3,52 ^m	5,62FG
(23)	6,04 ^{gh}	3,84 ^{lm}	4,94G
Ortalama***	8,45A	4,45B	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Tür etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

5.3.5 Koleoptil Kuru Ağırlığı (g)

Birinci grup içinde bulunan bileşiklerin buğday çeşitlerinin koleoptil kuru ağırlığı üzerine etkileri değerlendirildiğinde kontrol denemelerinin Kızıltan-91 (0,80 g) ve Bayraktar-2000 (0,97 g) çeşitlerine, süstitüe olmamış benzimidazol bileşiğinin Çeşit-1252 (0,93 g) ve Bayraktar-2000 (0,77 g) çeşitlerine, 5-nitro-1*H*-benzimidazol (1) bileşiğinin Çeşit-1252 (0,80 g), Bayraktar-2000 (0,77 g) ve Demir-2000 (0,77 g) çeşitlerine, 5,6-dinitro-1*H*-benzimidazol (2) bileşiğinin Çeşit-1252 (0,97 g), Kızıltan-91 (0,91 g) ve Bayraktar-2000 (0,82 g) çeşitlerine, 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (4) bileşiğinin Tosunbey (0,80 g) çeşidine, 2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (5) bileşiğinin Çeşit-1252 (0,81 g) ve Bayraktar-2000 (0,81 g) çeşitlerine, 2-[(2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)imino]metil} fenol (8) bileşiğinin Bayraktar-2000 (0,83 g) çeşidine uygulanması en yüksek koleoptil kuru ağırlığı değerlerini vermiştir.

Uygulanan bileşiklerde en iyi sonucu veren kontrol denemesi (0,73 g), süstitüe olmayan 1*H*-benzimidazol bileşiği (0,73 g), 5-nitro-1*H*-benzimidazol (1) bileşiği (0,72 g), 5,6-dinitro-1*H*-benzimidazol (2) bileşiği (0,77 g), 2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (5) bileşiği (0,71 g) ve 2-[(2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)imino]metil} fenol (8) bileşiği (0,69 g) olmuştur. Çeşitler arasında öne çıkanlar Çeşit-1252 (0,79 g) ve Bayraktar-2000 (0,77 g) olmuştur (Çizelge 5.23).

Çizelge 5.23 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin, ölçülen sapkuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi

Koleoptil Kuru Ağırlığı (g) ^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	0,73bg*	0,60eı	0,80ae	0,97a	0,73bg	0,57fi	0,73A
BİM	0,93ab	0,70cg	0,70cg	0,77af	0,67dh	0,60eı	0,73A
(1)	0,80ae	0,63dh	0,73bg	0,77af	0,77af	0,63dh	0,72A
(2)	0,97a	0,74bg	0,91ac	0,82ad	0,63dh	0,56fi	0,77A
(3)	0,70cg	0,57fi	0,57fi	0,73bg	0,66dh	0,57fi	0,63B
(4)	0,73bg	0,67dh	0,40ı	0,47hı	0,67dh	0,80ae	0,62B
(5)	0,81ae	0,74bg	0,63dh	0,81ae	0,71cg	0,55gı	0,71AB
(8)	0,64dh	0,67dh	0,70cg	0,83ad	0,73bg	0,58fi	0,69AB
Ortalama***	0,79A	0,67CD	0,68CD	0,77AB	0,69BC	0,61D	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Çizelge 5.24'e verilen, birinci grup içinde bulunan bileşiklerin buğday türlerinin koleoptil kuru ağırlığı üzerine etkileri değerlendirildiğinde ekmeklik buğdaylar ile makarnalık buğdaylar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark görülmemiştir (p<0.05).

Uygulanan kimyasallar ile buğday türlerinin etkileşiminde istatistiksel açıdan önemli bir fark yoktur (p<0.05). Kimyasallar arasında da istatistiksel açıdan önemli bir fark görülmemiştir (p<0.05).

Çizelge 5.24 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin, ölçülen koleoptil kuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi

Koleoptil kuru ağırlığı (g)			
Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama ^{öd*}
Kontrol	0,71 ^{öd}	0,76	0,73
BİM	0,78	0,68	0,73
(1)	0,72	0,72	0,72
(2)	0,87	0,67	0,77
(3)	0,61	0,65	0,63
(4)	0,60	0,64	0,62
(5)	0,73	0,69	0,71
(8)	0,67	0,71	0,69
Ortalama^{öd**}	0,71	0,69	

^{öd} Uygulama/Tür etkileşimleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

^{öd*} Uygulamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

^{öd**} Türler arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

İkinci grup içinde yer alan bileşiklerin buğday çeşitlerinin koleoptil kuru ağırlıkları üzerine etkileri değerlendirildiğinde 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksinin (27) Eminbey çeşidine uygulanması (1,30 g) en yüksek koleoptil kuru ağırlığı değerini vermiştir. Uygulanan bileşiklerde en yüksek sonucu veren yine 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksi (27) (0,86 g) olurken, çeşitler arasında öne çıkanlar Çeşit-1252 (0,74 g), Kızıltan-91 (0,76 g), Bayraktar-2000 (0,77 g) ve Demir-2000 (0,75 g) olmuştur (Çizelge 5.25).

Çizelge 5.25 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğdayçeşitleri arasındaki etkileşimin, ölçülen sapkuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi

Koleoptil kuru ağırlığı (g)^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	0,73ch*	0,60fk	0,80bf	0,97	0,73ch	0,57gl	0,73B
(15)	0,63ej	0,57gl	0,70dı	0,90bd	0,70dı	0,57gl	0,68BC
(16)	0,70dı	0,57gl	0,70dı	0,70d	0,83be	0,37l	0,64C
(24)	0,73ch	0,73ch	0,73ch	0,53hl	0,53hl	0,50ıl	0,63C
(25)	0,70dı	0,40kl	0,80bf	0,87bd	0,77bg	0,63ej	0,69BC
(26)	0,70dı	0,47jl	0,83be	0,80bf	0,73ch	0,50ıl	0,67BC
(27)	0,97b	1,30a	0,77bg	0,63ej	0,93bc	0,53hl	0,86A
Ortalama***	0,74AB	0,66B	0,76A	0,77A	0,75A	0,52C	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Çizelge 5.26 da verilen, ikinci grupta bulunan bileşiklerin buğday türlerinin koleoptil kuru ağırlığı üzerine etkileri değerlendirildiğinde makarnalık ve ekmeklik buğdaylar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamaktadır (p<0.05). Kimyasallar arasında en yüksek değer 4-[-2-(1H-benzimidazol-2-il)etenil]fenol bileşiğinin La (27) kompleksinde (0,86 g) görülmüştür. 4-[-2-(1H-benzimidazol-2-il)etenil]fenol bileşiğinin La (27) kompleksinin makarnalık buğdaylara uygulanması (1,01 g) diğer uygulamalardan daha yüksek sonuçlar vermiştir (Çizelge 5.26).

Çizelge 5.26 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğdaytürleri arasındaki etkileşimin, ölçülen koleoptil kuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi

Koleoptil Kuru Ağırlığı (g) ^a

Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama**
Kontrol	0,71b*	0,76b	0,73B
(15)	0,63bc	0,72b	0,68B
(16)	0,66bc	0,63bc	0,64B
(24)	0,73b	0,52c	0,63B
(25)	0,63bc	0,76b	0,69B
(26)	0,67bc	0,68bc	0,67B
(27)	1,01a	0,70b	0,86A
Ortalama^{öd}	0,72	0,68	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

*Küçük harfler Uygulama/Tür etkileşimleri arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

^{öd} Türler arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

Üçüncü grup içindeki bileşiklerin buğday çeşitlerinin koleoptil kuru ağırlığı ortalama değerleri üzerine etkileri değerlendirildiğinde *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin bileşiğinin Cu kompleksinin (21) Eminbey (1,37 g) çeşidine, 2-[[*N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil]fenol Cu kompleksinin (17) Çeşit-1252 (1,43 g) ve Eminbey (1,50 g) çeşitlerine uygulanması en yüksek koleoptil kuru ağırlığı değerlerini vermiştir.

Uygulanan bileşiklerde en yüksek sonucu veren 4-[[*N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil]fenol (10) bileşiği (0,94 g) olurken, çeşitler arasında koleoptil kuru ağırlığı değeri en yüksek olan çeşitler Eminbey (0,94 g), Çeşit-1252 (0,97 g) ve Kızıltan-91 (0,97 g) olmuştur. Üçüncü gruptaki kimyasalların koleoptil kuru ağırlığı üzerine etkileri kullanılan makarnalık buğdayların hepsinde ekmeklik buğdaylara göre daha etkin olmuştur (Çizelge 5.27).

Çizelge 5.27 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin, ölçülen koleoptil kuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi

Koleoptil kuru ağırlığı (g)^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	0,73ou*	0,60sy	0,80lq	0,97gl	0,73ou	0,57uz	0,73DE
(9)	0,92in	0,73ou	0,73ou	0,78mr	0,73ou	0,61ry	0,75DE
(10)	1,30bd	1,20ce	1,20ce	0,73ou	0,53va1	0,67pw	0,94A
(11)	0,78mr	0,71ou	0,79mq	0,83kp	0,77ms	0,57tz	0,74DE
(12)	0,80lq	0,67pw	0,80lq	0,30c1f1	0,47xc1	0,53va1	0,59F
(13)	1,10eh	1,30bd	1,30bd	0,53va1	0,40zd1	0,53va1	0,86BC
(14)	0,83kp	0,87jo	1,03ej	0,70ov	0,47xc1	0,33b1f1	0,71E
(17)	1,43ab	1,50a	1,07e1	0,47xc1	0,40zd1	0,47xc1	0,89AB
(18)	1,10eh	1,00fk	1,17df	0,50wb1	0,63qx	0,77ms	0,86BC
(19)	1,17df	1,13dg	1,30bd	0,47xc1	0,60sy	0,40zd1	0,84BC
(20)	1,01fj	0,79mq	0,74nt	0,93hm	0,70ov	0,63qx	0,80CD
(21)	1,20ce	1,37ac	1,47ab	0,57uz	0,37a1e1	0,43yc1	0,90AB
(22)	0,77ms	0,47xc1	0,67pw	0,17f1	0,30c1f1	0,23d1f1	0,43G
(23)	0,50wb1	0,80lq	0,47xc1	0,20e1f1	0,57uz	0,43yc1	0,49G
Ortalama***	0,97A	0,94A	0,97A	0,58B	0,55BC	0,51C	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Üçüncü grup içinde bulunan bileşiklerin buğday türlerinin koleoptil kuru ağırlığı değerine etkileri incelendiğinde makarnalık buğdayların (0,96 g) ekmeklik buğdaylardan (0,55 g) daha yüksek değerlere sahip oldukları görülmüştür. Kimyasallar arasında en yüksek koleoptil kuru ağırlığı değerleri 4-[(1H-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) (0,94 g), 4-[-2-(1H-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksi (27) (0,86g), N-(1H-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) (0,86 g), N-(1H-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin bileşiğinin Cu

kompleksi (21) (0,90 g), 2-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol Y kompleksi (19) (0,84 g), 2-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol Cu kompleksi (17) (0,89 g) vermiştir.

4-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) (1,23 g), *N*-(*1H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) (1,23 g), *N*-(*1H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin bileşiğinin Cu kompleksi (21) (1,34 g), 2-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol Cu kompleksi (17) (1,33 g) bileşiklerinin makarnalık buğdaylara uygulanması diğer uygulamalardan daha yüksek sonuçlar vermiştir (Çizelge 5.28).

Çizelge 5.28 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin, ölçülen koleoptil kuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi

Koleoptil Kuru Ağırlığı (g) ^a			
Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama**
Kontrol	0,71fh*	0,76eg	0,73C
(9)	0,79df	0,7fh	0,75C
(10)	1,23ab	0,64gh	0,94A
(11)	0,76eg	0,72eh	0,74C
(12)	0,76eg	0,43k	0,59D
(13)	1,23ab	0,49jk	0,86AB
(14)	0,91d	0,51k	0,71C
(17)	1,33ab	0,44k	0,89AB
(18)	1,09c	0,63gı	0,86AB
(19)	1,2bc	0,49jk	0,84AB
(20)	0,85de	0,75eg	0,80BC
(21)	1,34a	0,46jk	0,90A
(22)	0,63gı	0,23l	0,43E
(23)	0,59hj	0,4k	0,49E
Ortalama***	0,96A	0,55B	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Tür etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

5.3.6 Kök Yaş Ağırlığı (g)

Birinci grup içinde bulunan bileşiklerin buğday çeşitlerinin kök yaş ağırlığına etkileri değerlendirildiğinde, 5,6-dinitro-1*H*-benzimidazol (2) bileşiğinin Demir-2000 (3,47 g), çeşidine uygulanması en yüksek kök yaş ağırlığı değerini vermiştir.

Uygulanan bileşiklerde en iyi sonucu veren süstitüe olmayan 1*H*-benzimidazol bileşiği (1,71 g) ve 5,6-dinitro-1*H*-benzimidazol (2) bileşiği olmuştur. Çeşitler arasında öne çıkanlar Çeşit-1252 (1,68 g), Bayraktar-2000 (1,53 g) ve Demir-2000 (1,79 g) olmuştur (Çizelge 5.29).

Çizelge 5.29 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi

Kök Yaş Ağırlığı (g)^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	1,70bg*	1,43ch	1,60bh	1,40dh	1,10fh	1,23dh	1,41BD
BİM	1,90be	1,77bf	1,57bh	1,83bf	1,60bh	1,57bh	1,71AB
(1)	1,33dh	1,10fh	1,33dh	1,57bh	1,30dh	0,97gh	1,27CD
(2)	2,17bc	1,63bh	1,40dh	1,97bd	3,47a	1,37dh	2,00A
(3)	1,60bh	1,60bh	1,37dh	1,40dh	2,23b	1,57bh	1,63B
(4)	1,13fh	1,17eh	0,93h	1,23dh	1,47ch	1,47ch	1,23D
(5)	1,80bf	1,63bh	1,60bh	1,53bh	1,83bf	0,90h	1,55BC
(8)	1,77bf	1,47ch	1,47ch	1,30dh	1,30dh	1,17eh	1,41BD
Ortalama***	1,68AB	1,48BC	1,41C	1,53AC	1,79A	1,28C	

a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Çizelge 5.30'a bakıldığında birinci grupta bulunan bileşiklerin buğday türlerinin kök yaş ağırlığına etkileri değerlendirildiğinde, ekmeklik buğdaylar ile makarnalık buğdaylar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark görülmemiştir (p<0.05).

Uygulanan bileşikler ile buğday türlerinin etkileşiminde de istatistiksel açıdan önemli bir fark yoktur ($p<0.05$). Uygulanan bileşikler içerisinde ise sübstitüe olmayan 1*H*-benzimidazol bileşiği (1,71 g) ve 5,6-dinitro-1*H*-benzimidazol (2) (2,00 g) bileşiği en yüksek kök yaş ağırlığı değerlerine sahip olarak diğer uygulamalardan daha iyi sonuç vermiştir.

Çizelge 5.30 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi

Kök yaş ağırlığı (g) ^a			
Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama*
Kontrol	1,58 ^{öd}	1,24	1,41BC
BİM	1,74	1,67	1,71AB
(1)	1,26	1,28	1,27C
(2)	1,73	2,27	2,00A
(3)	1,73	1,52	1,63B
(4)	1,08	1,39	1,23C
(5)	1,68	1,42	1,55BC
(8)	1,57	1,26	1,41BC
Ortalama***	1,52	1,53	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p<0.05$)

^{öd} Uygulama/Tür etkileşimleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p<0.05$)

* Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir ($p<0.05$)

^{öd*} Türler arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p<0.05$)

İkinci grupta bulunan bileşiklerin buğday çeşitlerinin kök yaş ağırlıklarına etkileri değerlendirildiğinde, 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) (2,83 g) ve 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksinin (27) (2,60 g) Demir-2000 çeşidine uygulanması en yüksek kök yaş ağırlığı değerini vermiştir.

Uygulanan bileşiklerde en yüksek sonucu veren yine 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) (1,88 g) ve 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksi (27) (1,89 g) olurken, çeşitler arasında öne çıkan Demir-2000 (1,75 g) olmuştur (Çizelge 5.31).

Çizelge 5.31 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi

Kök yaş ağırlığı (g)^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	1,70be*	1,43eh	1,60cf	1,40fh	1,10ı	1,23gı	1,41B
(15)	1,50cg	1,43eh	1,50cg	1,50cg	1,50cg	1,43eh	1,48B
(16)	1,50cg	1,60cf	1,60cf	1,77bc	2,83a	1,97b	1,88A
(24)	1,60cf	1,47dh	1,53cf	1,47dh	1,43eh	1,33fi	1,47B
(25)	1,50cg	1,33fi	1,53cf	1,40fh	1,40fh	1,33fi	1,42B
(26)	1,53cf	1,47dh	1,60cf	1,40fh	1,40fh	1,20hı	1,43B
(27)	1,70be	1,97b	1,43eh	1,73bd	2,60a	1,90b	1,89A
Ortalama***	1,58B	1,53B	1,54B	1,52B	1,75A	1,49B	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Çizelge 5.32'ye bakıldığında ikinci grupta bulunan bileşiklerin buğday türlerinin kök yaş ağırlığına etkileri değerlendirildiğinde makarnalık ve ekmeklik buğdaylar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamaktadır (p<0.05). Kimyasallar arasında en yüksek değer 4-[-2-(1H-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) (1,88 g) ve 4-[-2-(1H-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La (27) kompleksinde (0,89 g) görülmüştür. 4-[-2-(1H-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) (2,19 g) ve 4-[-2-(1H-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksinin (27) (2,08 g) ekmeklik buğdaylara uygulanması diğer uygulamalardan daha yüksek sonuçlar vermiştir (Çizelge 5.32).

Çizelge 5.32 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi

Kök Yaş Ağırlığı (g) ^a			
Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama**
Kontrol	1,58bc*	1,24e	1,41B
(15)	1,48bd	1,48bd	1,48B
(16)	1,57bc	2,19a	1,88A
(24)	1,53bd	1,41ce	1,47B
(25)	1,46ce	1,38ce	1,42B
(26)	1,53bd	1,33de	1,43B
(27)	1,70b	2,08a	1,89A
Ortalama^{öd}	1,55	1,59	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Tür etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

^{öd} Türler arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

Üçüncü grupta bulunan bileşiklerin buğday çeşitleri ile etkileşimleri değerlendirildiğinde, *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-klorofenil)metanimin (11) bileşiğinin Çeşit-1252 (3,87 g), Kızıltan-91 (4,03 g), Bayraktar-2000 (4,17 g), Demir-2000 (3,60 g) ve Tosunbey (4,07 g) çeşitlerine uygulanması en yüksek kök yaş ağırlığı değerlerini vermiştir.

Uygulanan bileşiklerde en yüksek sonucu veren yine *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-klorofenil)metanimin (11) bileşiği (3,78 g) olurken, çeşitler arasında kök yaş ağırlığı değeri en yüksek olan çeşitler Eminbey (1,95 g), Çeşit-1252 (2,00 g) ve Kızıltan-91 (1,96 g) olmuştur. Üçüncü grupta bulunan bileşiklerin kök yaş ağırlığı üzerine etkileri uygulanan makarnalık buğdayların hepsinde ekmeklik buğdaylara göre daha yüksek olmuştur (Çizelge 5.33).

Çizelge 5.33 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi

Kök yaş ağırlığı (g)^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	1,70lr*	1,43lv	1,60jt	1,40lv	1,10rv	1,23pv	1,41GH
(9)	1,62it	1,57ku	1,77gq	1,73hq	1,53kv	1,20qv	1,57EG
(10)	1,70lr	1,67is	2,37bg	2,37bg	2,50bd	2,33ch	2,16B
(11)	3,87a	2,97b	4,03a	4,17a	3,60a	4,07a	3,78A
(12)	1,27ov	1,27ov	2,43bf	1,50kv	1,87eo	1,97dm	1,72DF
(13)	2,37bg	2,37bg	2,07dk	1,50kv	1,63it	1,60jt	1,92BD
(14)	1,63it	2,77bc	2,07dk	2,37bg	2,00dl	1,37mv	2,03BC
(17)	2,70bc	2,47be	1,57ku	1,27ov	1,33nv	1,50kv	1,81CF
(18)	1,97dm	2,07dk	2,33ch	2,20cj	2,00dl	2,07dk	2,11B
(19)	2,23c1	1,83	1,70lr	1,87eo	1,87eo	1,43lv	1,82CE
(20)	1,70lr	1,63it	1,57ku	1,50kv	1,53kv	1,40lv	1,56FG
(21)	1,90dn	2,23c1	1,83fp	1,27ov	1,50kv	1,63it	1,73DF
(22)	1,97dm	1,33nv	1,03tv	0,93v	1,03tv	1,10rv	1,23H
(23)	1,37mv	1,67is	1,07sv	0,97uv	1,37mv	2,20cj	1,44GH
Ortalama***	2,00A	1,95AB	1,96A	1,79BC	1,78C	1,79BC	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Üçüncü grupta bulunan bileşiklerin buğday türlerinin kök yaş ağırlığı değerine etkileri değerlendirildiğinde, makarnalık buğdayların (1,97 g) ekmeklik buğdaylardan (1,79 g) daha yüksek değerlere sahip oldukları görülmüştür. Kimyasallar arasında en yüksek kök yaş ağırlığı değerleri *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-klorofenil)metanimin (11) bileşiğinin hem ekmeklik (3,94 g) hem de makarnalık (3,62 g) buğdaylara uygulanması ile elde edilmiştir. Uygulanan bileşikler arasında en iyi sonuç *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-klorofenil)metanimin (11) bileşiğinde (3,78 g) görülmüştür (Çizelge 5.34).

Çizelge 5.34 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğdaytürleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen kök yaş ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi

Kök Yaş Ağırlığı (g) ^a			
Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama**
Kontrol	1,58fi*	1,24ij	1,41HI
(9)	1,65fi	1,49hi	1,57FH
(10)	1,91cg	2,40b	2,16B
(11)	3,62a	3,94a	3,78A
(12)	1,66fi	1,78dh	1,72EG
(13)	2,27bc	1,58fi	1,92BE
(14)	2,16bd	1,91cg	2,03BD
(17)	2,24bc	1,37hj	1,81DF
(18)	2,12be	2,09be	2,11BC
(19)	1,92cg	1,72eh	1,82CF
(20)	1,63fi	1,48hi	1,56FH
(21)	1,99bf	1,47hi	1,73EG
(22)	1,44hi	1,02j	1,23I
(23)	1,37hj	1,51gi	1,44GI
Ortalama***	1,97A	1,79B	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Tür etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

5.3.7 Kök Kuru Ağırlığı (g)

Birinci grupta bulunan bileşiklerin buğday çeşitlerinin kök kuru ağırlığına etkileri değerlendirildiğinde, kontrol denemelerinin Kızıltan-91 (0,83 g) çeşidine; süstitüe olmamış benzimidazol bileşiğinin Çeşit-1252 (0,87 g), Eminbey (0,87 g), Kızıltan-91 (0,87 g) ve Bayraktar-2000 (0,87 g), çeşitlerine; 5-nitro-1H-benzimidazol (1) bileşiğinin Çeşit-1252 (0,87 g), Bayraktar-2000 (0,87 g) ve Kızıltan-91 (0,83 g) çeşitlerine; 5,6-dinitro-1H-benzimidazol (2) bileşiğinin Çeşit-1252 (0,92 g), Eminbey (0,82 g), Kızıltan-91 (0,80 g) ve Bayraktar-2000 (0,85 g) çeşitlerine; 2-metil-5-nitro-1H-

benzimidazol-6-amin (5) bileşiğinin Çeşit-1252 (0,82 g) çeşidine; 5,6-dinitro-2-metil-1*H*-benzimidazol (3) bileşiğinin Çeşit-1252 (0,80 g) çeşidine; 2-[(2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)imino]metil}fenol (8) bileşiğinin Çeşit-1252 (0,79 g), Eminbey (0,83 g) ve Kızıltan-91 (0,82 g) çeşitlerine uygulanması en yüksek kök kuru ağırlığı değerlerini vermiştir.

Uygulanan bileşiklerde en yüksek kök kuru ağırlığı değerlerine sahip olanlar süstitüe olmayan 1*H*-benzimidazol bileşiği (0,79 g), 5-nitro-1*H*-benzimidazol (1) bileşiği (0,74 g), 5,6-dinitro-1*H*-benzimidazol (2) bileşiği (0,76 g) ve 2-[(2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)imino]metil}fenol (8) bileşiğidir (0,73 g). Çeşitler arasında öne çıkanlar Çeşit-1252 (0,80 g) ve Bayraktar-2000 (0,76 g) olmuştur (Çizelge 5.35).

Çizelge 5.35 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin, ölçülen kök kuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi

Kök Kuru Ağırlığı (g)^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	0,73b [*]	0,70ck	0,83ad	0,73b [*]	0,60m	0,57jn	0,69C
BİM	0,87ab	0,87ab	0,87ab	0,87ab	0,70ck	0,60m	0,79A
(1)	0,87ab	0,63hm	0,83ad	0,87ab	0,67fl	0,57jn	0,74AC
(2)	0,92a	0,82af	0,80ag	0,85ac	0,58jn	0,59m	0,76AB
(3)	0,80ag	0,77bh	0,70ck	0,7ck	0,67el	0,71cj	0,72BC
(4)	0,63hm	0,50mn	0,33o	0,53ln	0,57jn	0,47no	0,51D
(5)	0,82ae	0,76bh	0,70ck	0,73b [*]	0,69dk	0,50mn	0,70BC
(8)	0,79ag	0,83ad	0,82ae	0,76bh	0,65gl	0,55kn	0,73AC
Ortalama***	0,80A	0,73B	0,74B	0,76AB	0,64C	0,57D	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Çizelge 5.36'ya bakıldığında birinci grupta bulunan bileşiklerin buğday türleri ile etkileşiminde, ölçülen kök kuru ağırlıkları arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark yoktur ($p<0.05$).

Kimyasallar arasında en yüksek kök kuru ağırlığı değerleri, benzimidazol (0,79 g), 5-nitro-1*H*-benzimidazol (1) (0,74 g), 5,6-dinitro-1*H*-benzimidazol (2) (0,76 g), 5,6-dinitro-2-metil-1*H*-benzimidazol (3) (0,72 g) ve 2-[(2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)imino]metil}fenol (8) (0,73 g) bileşiklerinde görülmüştür.

Birinci grup içindeki kimyasal uygulamalarının türler üzerindeki kök kuru ağırlığına etkileri değerlendirildiğinde makarnalık buğdayların (0,76 g) ekmeklik buğdaylardan (0,65 g) daha yüksek değerlere sahip oldukları görülmüştür.

Çizelge 5.36 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin, ölçülen kök kuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi.

Kök Kuru ağırlığı (g) ^a			
Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama*
Kontrol	0,76 ^{öd}	0,63	0,69B
BİM	0,87	0,72	0,79A
(1)	0,78	0,70	0,74AB
(2)	0,85	0,67	0,76AB
(3)	0,76	0,69	0,72AB
(4)	0,49	0,52	0,51C
(5)	0,76	0,64	0,70B
(8)	0,81	0,65	0,73AB
Ortalama***	0,76A	0,65B	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p<0.05$)

^{öd} Uygulama/Tür etkileşimleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p<0.05$)

* Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir ($p<0.05$)

** Aynı satırdaki büyük harfler türler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir ($p<0.05$)

İkinci grupta bulunan bileşiklerin buğday çeşitlerinin kök kuru ağırlıkları üzerine etkileri değerlendirildiğinde, 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) (1,03 g) ve

4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksinin (27) (1,10 g) Demir-2000 çeşidine uygulanması en yüksek kök kuru ağırlığı değerini vermiştir.

Uygulanan bileşiklerde en yüksek sonucu veren 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) (0,82 g) ve 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol Cu kompleksi (26) (0,77 g) olmuştur. Çeşitler arasında öne çıkan ise Demir-2000 (0,81 g) olmuştur (Çizelge 5.37).

Çizelge 5.37 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin, ölçülen kök kuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi

Kök kuru ağırlığı (g)^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	0,73dh*	0,70ei	0,83ce	0,73dh	0,60hl	0,57ım	0,69C
(15)	0,77cg	0,77cg	0,80cf	0,80cf	0,77cg	0,73dh	0,77AB
(16)	0,47ln	0,43mn	0,50kn	0,53jm	1,03ab	0,80cf	0,63D
(24)	0,73dh	0,70ei	0,73dh	0,73dh	0,73dh	0,73dh	0,73BC
(25)	0,83ce	0,87cd	0,80cf	0,70ei	0,63gk	0,67fj	0,75BC
(26)	0,87cd	0,80cf	0,90bc	0,80cf	0,80cf	0,77cg	0,82A
(27)	0,63gk	0,70ei	0,37n	0,53jm	1,10a	0,83ce	0,69C
Ortalama***	0,72B	0,71B	0,70B	0,69B	0,81A	0,73B	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Çizelge 5.38'e bakıldığında ikinci grupta bulunan bileşiklerin buğday türlerinin koleoptil kuru ağırlığı üzerine etkileri değerlendirildiğinde, makarnalık ve ekmeklik buğdaylar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamaktadır (p<0.05). Kimyasallar arasında en yüksek değer 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) (0,77 g) bileşiği, 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksi (25) (0,75 g), 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol Cu kompleksi (26) (0,82g) bileşiklerinde

görülmüştür. 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) (0,79 g), 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol bileşiğinin La (27) (0,82 g), 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) (0,77 g), 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol Cu kompleksi (26) (0,79 g), 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol Y kompleksinin (24) (0,73 g) ekmeklik buğdaylara uygulanması ile kontrol çözeltisinin (0,60 g), 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) (0,78 g), 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol Cu kompleksi (26) (0,86 g), 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksinin (25) (0,83 g) makarnalık buğdaylara uygulanması diğer uygulamalardan daha yüksek sonuçlar vermiştir (Çizelge 5.38).

Çizelge 5.38 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin, ölçülen kök kuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi

Kök Kuru Ağırlığı (g) ^a			
Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama**
Kontrol	0,60ad*	0,63de	0,69BC
(15)	0,78ac	0,77ac	0,77AB
(16)	0,47f	0,79ac	0,63C
(24)	0,72bd	0,73ad	0,73B
(25)	0,83ab	0,67ce	0,75AB
(26)	0,86a	0,79ac	0,82A
(27)	0,57ef	0,82ab	0,69BC
Ortalama^{öd}	0,71	0,74	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Tür etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

^{öd} Türler arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

Üçüncü grupta buluna bileşiklerin buğday çeşitlerinin kök kuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkileri değerlendirildiğinde, kimyasallar arasında en yüksek kök kuru ağırlığı değerleri 4-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) (0,84 g) ve 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksi (27) (0,89 g) bileşiklerinde görülmüştür. 2-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol Cu kompleksinin (17) (1,50 g) Çeşit-1252 makarnalık buğday çeşidine uygulanması en yüksek kök kuru ağırlığı değerini vermiştir.

Çeşitler arasında makarnalık buğday çeşitleri olan Eminbey (0,80 g), Çeşit-1252 (0,77g) ve Kızıltan-91 (0,77g), ekmeklik buğdaylara göre daha yüksek kök kuru ağırlığına sahiptirler (Çizelge 5.39).

Çizelge 5.39 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğdayçeşitleri arasındaki etkileşimin, ölçülen kök kuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi

Kök kuru ağırlığı (g)^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	0,73in*	0,70ko	0,83fk	0,73in	0,60ns	0,57ot	0,69CD
(9)	0,80gl	0,73in	0,75im	0,63mr	0,55pt	0,43tw	0,65DE
(10)	0,57ot	0,50rv	0,97cf	0,93dg	1,10c	0,97cf	0,84A
(11)	0,72jn	0,78hl	0,78hm	0,80gl	0,73in	0,54pu	0,72BC
(12)	0,37vw	0,40uw	0,83fk	0,47sw	0,63mr	0,73in	0,57F
(13)	1,00ce	1,03cd	0,93dg	0,47sw	0,53qu	0,70ko	0,78B
(14)	0,57ot	0,90dh	0,87eı	0,90dh	0,80gl	0,43tw	0,74BC
(17)	1,50a	1,27b	0,47sw	0,33w	0,33w	0,40uw	0,72C
(18)	0,77hm	0,87eı	1,03cd	0,97cf	0,90dh	0,83fk	0,89A
(19)	0,93dg	0,70ko	0,77hm	0,73in	0,73in	0,47sw	0,72BC
(20)	0,80gl	0,85fj	0,81gl	0,68lp	0,56ot	0,43tw	0,69CD
(21)	0,63mr	0,87eı	0,83fk	0,37vw	0,43tw	0,50rv	0,61EF
(22)	0,63mr	0,67lq	0,53qu	0,50rv	0,57ot	0,63mr	0,59F
(23)	0,80gl	0,90dh	0,37vw	0,33w	0,57ot	0,73in	0,62EF
Ortalama***	0,77A	0,80A	0,77A	0,63BC	0,65B	0,60C	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Üçüncü grup içindeki bileşiklerin buğday türlerinin kök kuru ağırlığına etkileri değerlendirildiğinde, makarnalık buğdayların (0,78 g) ekmeklik buğdaylardan (0,63 g) daha yüksek değerlere sahip oldukları görülmüştür.

Kimyasallar arasında en yüksek kök kuru ağırlığı değerleri 4-[[*(1H-benzimidazol-2-il)imino*]metil}fenol (10) (0,84 g) ve 4-[-2-(*1H-benzimidazol-2-il*)etenil]fenol La kompleksi (27) (0,89 g) bileşiklerinde görülmüştür.

4-[[*(1H-benzimidazol-2-il)imino*]metil}fenol (10) (1,00 g) bileşiğinin ekmeklik buğdaylara, *N*-(*1H-benzimidazol-2-il*)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) (0,99 g) ve 2-[[*(1H-benzimidazol-2-il)imino*]metil}fenol Cu kompleksinin (17) (1,08 g) makarnalık buğdaylara uygulanmasında kimyasal çeşit etkileşiminde diğer etkileşimlerden daha yüksek kök kuru ağırlığı sonuçları elde edilmiştir (Çizelge 5.40).

Çizelge 5.40 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin, ölçülen kök kuru ağırlıklarının ortalama değerleri üzerine etkisi

Kök Kuru Ağırlığı (g) ^a			
Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama**
Kontrol	0,76cg*	0,63fj	0,69CG
(9)	0,76cg	0,54ık	0,65DH
(10)	0,68dj	1,00ab	0,84AB
(11)	0,76cg	0,69dı	0,72CE
(12)	0,53jk	0,61gj	0,57H
(13)	0,99ab	0,57hk	0,78BC
(14)	0,78cf	0,71dh	0,74BD
(17)	1,08a	0,36l	0,72CF
(18)	0,89bc	0,90bc	0,89A
(19)	0,8cde	0,64ej	0,72CE
(20)	0,82cd	0,56hk	0,69CG
(21)	0,78cf	0,43kl	0,61FH
(22)	0,61gj	0,57hk	0,59GH
(23)	0,69dj	0,54ık	0,62EH
Ortalama***	0,78A	0,63B	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Tür etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

5.3.8 4.Gün çimlenme oranı (%)

Çizelge 5.41 incelendiğinde birinci grup içindeki bileşiklerin buğday çeşitlerinin üzerindeki 4. Gün çimlenme yüzdesi üzerine etkileri değerlendirildiğinde, kontrol denemelerinin Çeşit-1252 (% 98), Eminbey (% 95), Bayraktar-2000 (% 99), Demir-2000 (% 96) ve Tosunbey (% 97) çeşitlerine; sübstitüe olmamış benzimidazol bileşiğinin ekmeklik çeşitler olan Bayraktar-2000 (% 97), Demir-2000 (% 96), Tosunbey (% 95) çeşitlerine; 5-nitro-1*H*-benzimidazol (1) bileşiğinin ekmeklik çeşitler olan Bayraktar-2000 (% 99), Demir-2000 (% 95), Tosunbey (% 96) çeşitlerine; 5,6-dinitro-1*H*-benzimidazol (2) bileşiğinin Eminbey (% 96) Bayraktar-2000 (% 99), Demir-2000 (% 95), Tosunbey (% 96) çeşitlerine; 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (4) bileşiğinin Çeşit-1252 (% 99), Eminbey (% 97), Kızıltan-91 (% 99), Bayraktar-2000 (% 97), Demir-2000 (% 100) ve Tosunbey (% 96) çeşitlerine; 2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (5) bileşiğinin Çeşit-1252 (% 93), Eminbey (% 97), Bayraktar-2000 (% 99), Demir-2000 (% 95), Tosunbey (% 97) çeşitlerine; 5,6-dinitro-2-metil-1*H*-benzimidazol (3) bileşiğinin Çeşit-1252 (% 94), Eminbey (% 99), Bayraktar-2000 (% 99), Demir-2000 (% 98), Tosunbey (% 94) çeşitlerine; 2-[(2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)imino]metil}fenol (8) bileşiğinin Çeşit-1252 (% 94), Eminbey (% 95), Bayraktar-2000 (% 99), Demir-2000 (% 99) ve Tosunbey (% 98) çeşitlerine uygulanması en yüksek 4. gün çimlenme oranını vermiştir.

Uygulanan bileşiklerde en yüksek 4. gün çimlenme yüzdesine sahip olanlar kontrol denemesi (% 96), 5,6-dinitro-2-metil-1*H*-benzimidazol (3) bileşiği (% 95) ve 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (4) bileşiği (% 98) olmuştur. 4. Gün çimlenme yüzdesi en iyi olanlar ekmeklik buğday çeşitleri olan Bayraktar-2000 (% 98), Demir-2000 (% 97) ve Tosunbey (% 96) çeşitleri olmuştur (Çizelge 5.41).

Çizelge 5.41 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 4. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi

4. Gün Çimlenme Oranı (%) ^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	98ac*	95ae	92cg	99ac	96ad	97ac	96AB
BİM	84hı	71j	81ı	97ac	96ad	95ae	87D
(1)	89dh	87fi	84hı	99ab	97ac	98ac	93C
(2)	93bg	96ad	86gı	99ab	95ae	96ad	94BC
(3)	94af	99ac	89eh	99ac	98ac	94af	95AC
(4)	99ab	97ac	99ac	97ac	100a	97ac	98A
(5)	93af	97ac	89eh	99ac	95ae	97ac	95BC
(8)	94af	95ae	86gı	99ac	99ab	98ac	95BC
Ortalama***	93B	92B	88C	98A	97A	96A	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Birinci grupta bulunan bileşiklerin, buğday türlerinin 4. gün çimlenme yüzdesine etkileri değerlendirildiğinde, ekmeklik buğdayların (% 97) makarnalık buğdaylardan (% 91) daha yüksek çimlenme oranına sahip olduğu görülmektedir. Kimyasallar arasında en yüksek çimlenme oranı kontrol çözeltisi (% 96), 2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (5) (% 95), 5,6-dinitro-2-metil-1*H*-benzimidazol (3) (% 95), 2-[(2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)imino]metil}fenol (8) (% 95) ve 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (4) bileşiği (% 98) olmuştur (Çizelge 5.42).

Uygulanan bileşiklerin türler ile etkileşimine bakıldığında birinci grupta yer alan bütün kimyasalların ve kontrol çözeltisinin ekmeklik buğdayların çimlenme oranına etkisinin iyi ve benzer olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra makarnalık buğdaylara uygulanırken sadece 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (4) bileşiği (% 95), kontrol çözeltisi (% 98) gibi etki göstermiştir ve çimlenme yüzdesi olarak yüksek sonuç vermiştir (Çizelge 5.42).

Çizelge 5.42 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 4. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi

4. Gün Çimlenme Oranı (%) ^a

Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama**
Kontrol	95ae*	97ac	96AB
BİM	79g	96ad	87D
(1)	87f	98a	93C
(2)	92e	97ac	94BC
(3)	94be	97ac	95AC
(4)	98a	98ab	98A
(5)	93ce	97ac	95AC
(8)	92de	99a	95AC
Ortalama***	91B	97A	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Tür etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

İkinci grupta bulunan bileşiklerin buğday çeşitlerinin 4. gün çimlenme yüzdesine etkileri değerlendirildiğinde, kontrol denemelerinin Bayraktar-2000 (% 99) ve Çeşit-1252 (% 98) çeşitlerine, 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol Y kompleksinin (24) Çeşit-1252 (% 99), Eminbey (% 99), Kızıltan-91 (% 100), Bayraktar-2000 (% 98) ve Tosunbey (% 99) çeşitlerine; 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksinin (25) Eminbey (% 98) ve Tosunbey (% 99) çeşitlerine; 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol Cukompleksinin (26) Çeşit-1252 (% 99), Eminbey (% 99), Bayraktar-2000 (% 100), Demir-2000 (% 100) ve Tosunbey (% 99) çeşitlerine; 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) bileşiğinin Çeşit-1252 (% 98), Eminbey (% 99) ve Tosunbey (% 100) çeşitlerine; 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) bileşiğinin Eminbey (% 99) ve Tosunbey (% 99) çeşitlerine; 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksinin (27) Bayraktar-2000 (% 98) ve Tosunbey (% 99) uygulanması en yüksek 4. gün çimlenme yüzdesi değerlerini vermiştir. Uygulanan bileşiklerde en yüksek sonucu veren 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol Y kompleksi (24) (% 99) ve 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol Cu kompleksi (26)

(% 99) verirken, çeşitler arasında öne çıkan Tosunbey (% 99) çeşidi olmuştur (Çizelge 5.43).

Çizelge 5.43 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 4. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi

4. gün çimlenme oranı (%) ^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	98ad*	95eh	92lk	99ac	96dg	97cf	96CD
(15)	98ad	99ac	93hj	93hj	97be	100a	97BC
(16)	91k	99ac	91jk	94gı	97cf	99ab	95D
(24)	99ac	99ac	100a	98ad	97cf	99ab	99A
(25)	97cf	98ad	97be	96dg	97cf	99ab	97B
(26)	99ab	99ac	97be	100a	100a	99ab	99A
(27)	95fh	91k	94gı	98ad	95eh	99ab	95D
Ortalama***	97B	97B	95C	97B	97B	99A	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Çizelge 5.44'e bakıldığında ikinci grup içinde bulunan bileşiklerin buğday türlerinin 4. gün çimlenme yüzdesi üzerine etkileri değerlendirildiğinde, ekmeklik buğdayların (% 98), makarnalık buğdaylardan (% 96) istatistiksel açıdan daha önemli 4. gün çimlenme oranına sahip oldukları görülmüştür.

Kimyasallar arasında en yüksek sonucu veren 2-[-2-(1H-benzimidazol-2-il)etenil]fenol Y kompleksi (24) (% 99) ve 2-[-2-(1H-benzimidazol-2-il)etenil]fenol Cu kompleksi (26) (% 99) olmuştur. Bu iki bileşiğin hem ekmeklik hem de makarnalık buğdaylara uygulanması ile 4-[-2-(1H-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksinin (27) ekmeklik buğdaylara (% 98) uygulanması en yüksek 4. gün çimlenme yüzdesini vermiştir.

Çizelge 5.44 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 4. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi

4. Gün Çimlenme Oranı (%) ^a

Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama**
Kontrol	95de*	97bd	96CE
(15)	97cd	97bd	97CD
(16)	94e	97cd	95E
(24)	99ab	98ac	99AB
(25)	97bd	97bd	97BC
(26)	98ac	100a	99A
(27)	93e	98ac	95DE
Ortalama***	96B	98A	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Tür etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Üçüncü grup içindeki bileşiklerin buğday çeşitlerinin 4. gün çimlenme yüzdesi üzerine etkileri değerlendirildiğinde, kontrol denemelerinin Çeşit-1252 (% 98) ve Bayraktar-2000 (% 99) çeşitlerine; 4-[[*(1H-benzimidazol-2-il)imino*]metil}fenol (10) bileşiğinin Çeşit-1252 (% 100), Eminbey (% 99), Demir-2000 (% 99) ve Tosunbey (% 99) çeşitlerine; *N*-(*1H-benzimidazol-2-il*)-1-(4-metoksifenil)metanimin (14) bileşiğinin Kızıltan-91 (% 98), Bayraktar-2000 (% 98), Demir-2000 (% 99) ve Tosunbey (% 100) çeşitlerine; *N*-(*1H-benzimidazol-2-il*)-1-(3-metoksifenil)metanimin Cu kompleksinin (21) Çeşit-1252 (% 97), Bayraktar-2000 (% 97), Demir-2000 (% 99) ve Tosunbey (% 99) çeşitlerine; 2-[[*(1H-benzimidazol-2-il)imino*]metil}fenol Y kompleksinin (19) Kızıltan-91 (% 99), Bayraktar-2000 (% 100), Demir-2000 (% 99) ve Tosunbey (% 98) çeşitlerine; 2-[[*(1H-benzimidazol-2-il)imino*]metil}fenol Cu kompleksinin (17) Çeşit-1252 (% 98), Eminbey (% 99), Bayraktar-2000 (% 100), Demir-2000 (% 99) ve Tosunbey (% 99) çeşitlerine; *N*-(*1H-benzimidazol-2-il*)-1-(2-metoksifenil)metanimin (12) bileşiğinin Çeşit-1252 (% 97), Demir-2000 (% 98) ve Tosunbey (% 99) çeşitlerine; *N*-(*1H-benzimidazol-2-il*)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) bileşiğinin

bütün çeşitlere uygulanması en yüksek 4. gün çimlenme oranlarını vermiştir (Çizelge 5.45).

Uygulanan bileşiklerde en yüksek 4. gün çimlenme oranını verenler 4-[[*(1H-benzimidazol-2-il)imino*]metil}fenol (10) (% 98), *N*-(*1H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) (% 98), 2-[[*(1H-benzimidazol-2-il)imino*]metil}fenol Y kompleksi (19) (% 98) ve 2-[[*(1H-benzimidazol-2-il)imino*]metil}fenol Cu kompleksi (17) (% 99) olmuştur. Ekmeklik buğday çeşitleri, makarnalık buğday çeşitlerinden daha iyi çimlenme oranına sahiptir (Çizelge 5.45).

Çizelge 5.45 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 4. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi

4. gün çimlenme oranı (%) ^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	98ad*	95dg	92hj	99ac	96cg	97bf	96EG
(9)	95eh	95eh	85l	99ac	98ad	97bf	95HI
(10)	100a	99ac	94fi	97bf	99ab	99ac	98AC
(11)	89jk	95eh	82m	96cg	100a	98ad	93J
(12)	97ae	96cg	96cg	94fi	98ad	99ab	97CF
(13)	97ae	97ae	99ac	99ab	99ab	99ac	98AB
(14)	93gı	91ık	98ad	98ad	99ac	100a	97DF
(17)	98ad	99ab	97bf	100a	99ab	99ac	99A
(18)	96cg	97bf	98ad	99ac	98ad	97ae	97BD
(19)	96cg	95dg	99ac	100a	99ab	98ad	98AC
(20)	98ad	94fi	89k	99ac	98ad	98ad	96FG
(21)	97ae	96cg	95eh	97ae	99ab	99ac	97CE
(22)	92hj	96cg	95eh	98ad	96cg	95eh	95GH
(23)	92hj	83lm	94fi	95dg	97ae	99ab	94IJ
Ortalama***	96B	95B	94C	98A	98A	98A	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Üçüncü grup içinde bulunan bileşiklerin buğday türlerinin 4. gün çimlenme oranı değerine etkileri değerlendirildiğinde, ekmeklik buğdayların (% 98) makarnalık buğdaylardan (% 95) daha yüksek değerlere sahip oldukları görülmüştür.

Kimyasallar arasında en yüksek çimlenme yüzdesi 4-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) (% 98), 4-[-2-(*1H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksi (27) (% 97), *N*-(*1H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) (% 98), *N*-(*1H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin Cu kompleksi (21) (% 97) ve 2-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol Cu kompleksi (17) (% 99) bileşiklerinde olmuştur. *N*-(*1H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin La kompleksi (22) hariç üçüncü grupta yer alan bütün bileşikler kontrol çözeltisi ile benzer şekilde ekmeklik buğday çeşitleri üzerinde yüksek çimlenme oranına sahip olmuştur.

Makarnalık buğday çeşitlerine yapılan uygulamalarda ise 4-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) (% 98), 4-[-2-(*1H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksi (27) (% 97), *N*-(*1H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) (% 98) ve *N*-(*1H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin Cu kompleksi (21) (% 98) bileşikleri kontrol çözeltilerinden daha yüksek çimlenme yüzdesine sahip olmuştur (Çizelge 5.46).

Çizelge 5.46 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 4. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi

4. Gün Çimlenme Oranı (%) ^a

Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama**
Kontrol	95eg*	97ae	96CF
(9)	92hı	98ad	95FH
(10)	98ae	98ad	98AC
(11)	89j	98ad	93H
(12)	96cf	97ae	97BE
(13)	98ad	99ab	98AB
(14)	94fg	99ac	97CE
(17)	98ad	99a	99A
(18)	97ae	98ad	97AD
(19)	97bf	99ab	98AC
(20)	94gh	98ad	96DF
(21)	96dg	98ad	97AD
(22)	94fg	96df	95EG
(23)	90ij	97ae	94GH
Ortalama***	95B	98A	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Tür etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

5.3.9 8.Gün çimlenme oranı (%)

Çizelge 5.47 incelendiğinde birinci grup içinde bulunan bileşiklerin buğday çeşitlerinin 8. Gün çimlenme yüzdesi üzerine etkileri değerlendirildiğinde, kontrol denemelerinin Çeşit-1252 (% 97), Eminbey (% 95), Bayraktar-2000 (% 98), Demir-2000 (% 97) ve Tosunbey (% 97) çeşitlerine; sübstitüe olmamış benzimidazol bileşiğinin ekmeklik çeşitler olan Bayraktar-2000 (% 97), Demir-2000 (% 97), Tosunbey (% 100) çeşitlerine; 5-nitro-1H-benzimidazol (1) bileşiğinin ekmeklik çeşitler olan Bayraktar-2000 (% 99),

Demir-2000 (% 98), Tosunbey (% 99) çeşitlerine; 5,6-dinitro-1*H*-benzimidazol (2) bileşiğinin Eminbey (% 96) Bayraktar-2000 (% 99), Demir-2000 (% 95), Tosunbey (% 97) çeşitlerine; 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (4) bileşiğinin Çeşit-1252 (% 100), Eminbey (% 98), Kızıltan-91 (% 99), Bayraktar-2000 (% 99), Demir-2000 (% 100) ve Tosunbey (% 97) çeşitlerine; 2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (5) bileşiğinin Bayraktar-2000 (% 99) ve Demir-2000 (% 97) çeşitlerine; 5,6-dinitro-2-metil-1*H*-benzimidazol (3) bileşiğinin Eminbey (% 96), Bayraktar-2000 (% 99) ve Demir-2000 (% 96) çeşitlerine; 2-[(2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)imino]metil}fenol (8) bileşiğinin ekmeclik buğday çeşitleri olan Bayraktar-2000 (% 99), Demir-2000 (% 97) ve Tosunbey (% 97) çeşitlerine uygulanması en yüksek 8. gün çimlenme oranını vermiştir.

Çizelge 5.47 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi

8. Gün Çimlenme Oranı (%)^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	97ad*	95af	93ch	98ac	97ac	97ad	96B
BİM	89hk	87lk	85jk	97ad	97ad	100a	92D
(1)	92dh	92dh	91fi	99a	98ac	99ab	95BC
(2)	94bg	96ae	84k	99ab	95af	97ad	94CD
(3)	91ei	96ae	89hk	99ab	96ae	91ei	94CD
(4)	100a	98ac	99a	99ab	100a	97ac	99A
(5)	89gj	95ae	91ei	99a	97ac	93ch	94BC
(8)	89hk	92dh	94bg	99a	97ad	97ad	95BC
Ortalama***	93C	94C	91D	99A	97AB	96B	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Uygulanan bileşiklerde en iyi 8. gün çimlenme yüzdesine sahip olan 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (4) bileşiği (% 99) olmuştur. 8. gün çimlenme yüzdesi en iyi olanlar ekmeklik buğday çeşitleri olan Bayraktar-2000 (% 99) ve Demir-2000 (% 97) çeşitleri olmuştur (Çizelge 5.47).

Birinci grup içinde bulunan bileşiklerin buğday türlerinin 8. gün çimlenme yüzdesine etkileri değerlendirildiğinde, ekmeklik buğdayların (% 97) makarnalık buğdaylardan (% 92) daha yüksek çimlenme oranına sahip olduğu görülmektedir. Kimyasallar arasında en yüksek çimlenme yüzdesi 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (4) bileşiğinde (% 99) olmuştur (Çizelge 5.48).

Uygulanan kimyasalların türler ile etkileşimine bakıldığında birinci grupta yer alan bütün kimyasalların ve kontrol çözeltisinin ekmeklik buğdayların 8. gün çimlenme oranına etkisinin iyi ve benzer olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra makarnalık buğdaylara uygulanırken sadece 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (4) bileşiği (% 99) çimlenme yüzdesi olarak yüksek sonuç vermiştir (Çizelge 5.48).

Çizelge 5.48 Birinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi

8. Gün Çimlenme Oranı (%) ^a			
Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama**
Kontrol	95bc*	97ab	96B
BİM	87e	98ab	92D
(1)	92d	99a	95BC
(2)	91d	97ab	94BD
(3)	92cd	95b	94CD
(4)	99a	99a	99A
(5)	92cd	97ab	94BD
(8)	92d	98ab	95BD
Ortalama***	92B	97A	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Tür etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

İkinci grup içinde bulunan bileşiklerin buğday çeşitlerinin 8. gün çimlenme yüzdesine etkileri değerlendirildiğinde, bütün uygulamaların kontrol denemesinden daha yüksek çimlenme oranlarına sahip oldukları görülmektedir.

2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol Y kompleksinin (24) Çeşit-1252 (% 100), Eminbey (% 100), Kızıltan-91 (% 100), Demir-2000 (% 99) ve Tosunbey (% 100) çeşitlerine; 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksinin (25) Çeşit-1252 (%99), Eminbey (% 99), Kızıltan-91 (% 100), Demir-2000 (% 99) ve Tosunbey (% 100) çeşitlerine; 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol Cukompleksinin (26) Çeşit-1252 (% 100), Eminbey (% 100), Bayraktar-2000 (% 100), Demir-2000 (% 100) ve Tosunbey (% 99) çeşitlerine; 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) bileşiğinin Çeşit-1252 (% 99), Eminbey (% 100), Bayraktar-2000 (% 99), Demir-2000 (% 100) ve Tosunbey (% 100) çeşitlerine; 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) bileşiğinin Eminbey (% 100) ve Tosunbey (% 100) çeşitlerine; 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksinin (27) Bayraktar-2000 (% 100), Demir-2000 (% 99) ve Tosunbey (% 100) uygulanması en yüksek 8. gün çimlenme yüzdesi değerlerini vermiştir.

Uygulanan bileşiklerde en yüksek çimlenme yüzdesi 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) bileşiği ve onun sentezlenen bütün kompleksleri vermiştir. Çeşitler arasında öne çıkan Tosunbey (% 99) çeşidi olmuştur (Çizelge 5.49).

Çizelge 5.49 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday çeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi

8. gün çimlenme oranı (%)^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	97de*	95ef	93g	98bd	97cd	97de	96C
(15)	99ac	100a	98bd	99ac	100a	100a	99A
(16)	94fg	100a	94fg	97de	97cd	100a	97B
(24)	100a	100a	100a	98bd	99ab	100a	100A
(25)	99ab	99ab	100a	98bd	99ac	100a	99A
(26)	100a	100a	97cd	100a	100a	99ab	99A
(27)	97de	93g	97de	100a	99ac	100a	97B
Ortalama***	98C	98BC	97D	98BC	99B	99A	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Çizelge 5.50'ye bakıldığında ikinci grup içinde bulunan bileşiklerin buğday türlerinin 8. gün çimlenme yüzdesi üzerine etkileri değerlendirildiğinde, ekmeklik buğdayların (% 99), makarnalık buğdaylardan (% 98) istatistiksel açıdan daha önemli 8. gün çimlenme oranına sahip oldukları görülmüştür.

Uygulanan bileşiklerde en yüksek çimlenme yüzdesi 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) bileşiği ve onun sentezlenen bütün kompleksleri vermiştir.

Ekmeklik buğday türüne uygulanan bileşiklerin tamamı kontrol denemesinden daha yüksek çimlenme oranına sahipken, 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksi (27) hariç diğer tüm kimyasalların makarnalık buğday türüne uygulanması kontrol denemesinden daha yüksek çimlenme oranını vermiştir (Çizelge 5.50).

Çizelge 5.50 İkinci grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi.

8. Gün Çimlenme Oranı (%) ^a

Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama**
Kontrol	95e*	97cd	96C
(15)	99ab	100a	99A
(16)	99ab	96de	97BC
(24)	100a	99ab	100A
(25)	100a	99ab	99A
(26)	99ab	100a	99A
(27)	95e	1,00a	97B
Ortalama***	98B	99A	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Tür etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Üçüncü grup içinde bulunan bileşiklerin buğday çeşitlerinin 8. gün çimlenme yüzdesi üzerine etkileri değerlendirildiğinde, kontrol denemelerinin Bayraktar-2000 (% 98) ve Demir-2000 (% 97) çeşitlerine; 4-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) bileşiğinin Bayraktar-2000 (% 100), ve Demir-2000 (% 99) çeşitlerine; *N*-(*1H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-metoksifenil)metanimin (14) bileşiğinin Kızıltan-91 (% 98), Bayraktar-2000 (% 100), Demir-2000 (% 100) ve Tosunbey (% 100) çeşitlerine; *N*-(*1H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin Cu kompleksinin (21) Çeşit-1252 (% 99), Bayraktar-2000 (% 98), Demir-2000 (% 99) ve Tosunbey (% 99) çeşitlerine; 2-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol Y kompleksinin (19) Çeşit-1252 (% 98), Kızıltan-91 (% 99), Bayraktar-2000 (% 100), Demir-2000 (% 100) ve Tosunbey (% 99) çeşitlerine; 2-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol Cu kompleksinin (17) Çeşit-1252 (% 99), Eminbey (% 99), Bayraktar-2000 (% 100), Demir-2000 (% 99) ve Tosunbey (% 99) çeşitlerine; *N*-(*1H*-benzimidazol-2-il)-1-(2-metoksifenil)metanimin (12) bileşiğimin Çeşit-1252 (% 98), Eminbey (%97), Kızıltan-91 (% 97), Demir-2000 (% 99) ve Tosunbey (% 99) çeşitlerine; *N*-(*1H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-

metoksifenil)metanimin (13) bileşiğinin ve 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksinin (27) bütün çeşitlere uygulanması en yüksek 8. gün çimlenme oranlarını vermiştir (Çizelge 5.51).

Uygulanan bileşiklerde en yüksek 8. gün çimlenme oranını verenler 4-[[1(*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil]fenol (10) (% 99), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) (% 99), 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksi (27) (% 98), 2-[[1(*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil]fenol Y kompleksi (19) (% 99) ve 2-[[1(*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil]fenol Cu kompleksi (17) (% 99) olmuştur. Ekmeklik buğday çeşitleri, makarnalık buğday çeşitlerinden daha iyi 8. gün çimlenme oranına sahiptir (Çizelge 5.51).

Çizelge 5.51 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğdayçeşitleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi.

8. gün çimlenme oranı (%) ^a

Uygulama/Çeşit	Çeşit-1252	Eminbey	Kızıltan-91	Bayraktar-2000	Demir-2000	Tosunbey	Ortalama**
Kontrol	97bf*	95dh	93gı	98ad	97ae	97bf	96EF
(9)	96cg	97ae	91ıj	100a	99ac	97bf	97DF
(10)	100a	99ab	94fi	99ab	100a	99ac	99AB
(11)	87k	94fi	85k	99ab	99ab	100a	94G
(12)	98ad	97ae	97ae	95dh	99ab	99ab	98BD
(13)	99ac	99ac	100a	99ab	100a	99ac	99A
(14)	97bf	93hj	98ad	100a	100a	100a	98BC
(17)	99ac	99ab	97bf	100a	99ab	99ab	99AB
(18)	98ad	98ad	98ad	99ac	99ac	98ad	98AB
(19)	98ad	97bf	99ac	100a	100a	99ac	99AB
(20)	98ad	96cg	93gı	97ae	97bf	98ad	97EF
(21)	99ac	96cg	97bf	98ad	99ab	99ac	98BC
(22)	97bf	96cg	97bf	99ac	98ad	96cg	97CE
(23)	94fi	90j	95eh	96cg	99ab	100a	96F
Ortalama***	0,97B	96B	95C	99A	99A	98A	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Çeşit etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

Üçüncü grup içinde bulunan bileşiklerin buğday türlerinin 8. gün çimlenme yüzdesine etkileri değerlendirildiğinde, ekmeklik buğdayların (% 99) makarnalık buğdaylardan (% 96) daha yüksek değerlere sahip oldukları görülmüştür.

Uygulanan bileşikler arasında en yüksek çimlenme yüzdesi 4-[[1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) (% 99), 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksi (27) (% 98), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) (% 99), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin Cu kompleksi (21) (% 98), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin Y kompleksi (23), 2-[[1(*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol Cu kompleksi (17) (% 99) ve 2-[[1(*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol Y kompleksi (19) (% 99) bileşiklerinde olmuştur (Çizelge 5.52).

Çizelge 5.52 Üçüncü grupta bulunan bileşikler ve buğday türleri arasındaki etkileşimin 8. günde ölçülen çimlenme yüzdesi değerleri üzerine etkisi

8. Gün Çimlenme Oranı (%) ^a

Kimyasal/Tür	Makarnalık	Ekmeklik	Ortalama**
Kontrol	95gh*	97cf	96E
(9)	95hi	98ae	97DE
(10)	98bf	99ac	99AB
(11)	89j	100ab	94F
(12)	98bf	98ae	98BD
(13)	99ad	99ac	99A
(14)	96fh	100a	98AD
(17)	98ae	100ab	99AB
(18)	98ae	98ae	98AC
(19)	98bf	100ab	99AB
(20)	96fh	97cf	97DE
(21)	97dg	99ad	98AD
(22)	96eh	98bf	97CE
(23)	93i	98ae	96E
Ortalama***	96B	99A	

^a Aynı harfi taşıyan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0.05)

* Küçük harfler Uygulama/Tür etkileşimleri arasında istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

** Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

*** Aynı satırdaki büyük harfler çeşitler arasındaki istatistiksel olarak farkı göstermektedir (p<0.05)

N-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin La kompleksi (22) ve 2-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol La kompleksi (20) hariç üçüncü grupta yer alan bütün bileşikler ekmeklik buğday çeşitleri üzerinde kontrol çözeltisinden daha yüksek çimlenme oranına sahip olmuştur. Makarnalık buğday çeşitlerine yapılan uygulamalarda ise 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksi (27) (% 98), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) (% 99) ve 2-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol Cu kompleksi (17) (% 98) kontrol uygulaması ve diğer kimyasal uygulamalarından daha yüksek çimlenme yüzdesine sahip olmuştur (Çizelge 5.52).



6. SONUÇLAR

Bu tez çalışması kapsamında sentezlenen yeni benzimidazol türevleri ve metal komplekslerinin çimlenme parametreleri üzerine etkileri araştırıldı. Tez kapsamında, bileşiklerin sentezlenmesi ve istatistiksel olarak değerlendirilmesi üç seride tamamlandı.

İlk seri sentezlerinde, 1*H*-benzimidazol çıkış bileşiği kullanılarak 5-nitro-1*H*-benzimidazol (1), 5,6-dinitro-1*H*-benzimidazol (2) ve 5,6-dinitro-2-metil-1*H*-benzimidazol (3) bileşikleri sentezlendi. Dinitro benzimidazol türevlerinin seçici indirgenme reaksiyonuyla, 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (4) ve 2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (5) bileşikleri elde edildi. 2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (5) bileşiğinden 2-[(2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)imino]metil}fenol (8) bileşiği sentezlendi.

Nitroamin bileşiklerinden, diazolama ve ardından kenetlenme reaksiyonlarıyla, -N=N- bağı içeren 1-[(5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)diazenil]naftalen-2-ol (6) ve 1-[(2-metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)diazenil]naftalen-2-ol (7) azo boyar maddelerinin sentezi gerçekleştirildi.

İkinci seri olarak 2-metil-1*H*-benzimidazol bileşiğinden 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15), 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) bileşikleri ve bu stiril boyalarının Cu, Y ve La tuzları ile metal kompleksleri sentezlenerek yapılarında -C=C- bağı bulunan stiril boyalarının sentezi tamamlandı. Bu gruptaki bileşikler çözücü kullanılmadan sentezlendi.

Üçüncü seride bulunan bileşiklerin sentezlerinde 1*H*-benzimidazol-2-amin bileşiğinden 2-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (9), 4-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10), N-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-klorofenil)metanimin (11), N-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(2-metoksifenil)metanimin (12), N-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) ve N-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-metoksifenil)metanimin (14) Schiff bazları ile bu Schiff bileşiklerin Cu, Y ve La tuzları ile metal kompleksleri sentezlendi. Yapılarında -C=N- imin bağı bulunan bu bileşiklerin sentezi ile üçüncü seri tamamlandı.

Sentezlenen bileşiklerin yapıları, FT-IR, ¹H-NMR, UV-VIS spektroskopik yöntemleri ve element analizleriyle karakterize edildi. Üç ekmeklik (Demir-2000, Bayraktar-2000, Tosunbey) ve üç makarnalık (Kızıltan-91, Çeşit-1252, Eminbey) buğday çeşidi kullanılarak sentezlenen ligand ve komplekslerin çimlenme analizleri yapıldı. Uygulanan kimyasalların buğdayın çimlenme parametreleri olan 12. saat ve 24. saat su alım oranları, 8. gün koleoptil uzunluğu, 8. gün kök uzunluğu, 4. gün çimlenme oranı, 8. gün çimlenme oranı, yaş kök ağırlığı, yaş koleoptil ağırlığı, kuru kök ağırlığı ve kuru koleoptil ağırlığı üzerine etkileri araştırıldı.

Bu çalışmadan elde edilen analiz sonuçları dikkate alındığında her buğday çeşidi için ölçülen bütün çimlenme parametrelerinde, uygulanan bileşiklerin etkisi farklılık göstermiştir. 12. saatteki ölçülen su alım oranları, Eminbey çeşidine uygulanan 2-metil-5,6-dinitro-1*H*-benzimidazol (3) ve Bayraktar-2000 çeşidine uygulanan 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (4) için sırasıyla % 45,83 ve % 45,65 dir. Bu değerler ölçülen su alım oranlarının en yüksek olduğu değerlerdir.

24. Saatteki su alım oranlarına bakıldığı zaman ise, Kızıltan-91 çeşidine uygulanan 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol Cu kompleksi (26) ve 4-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) için ölçülen sırasıyla % 73,61 ve % 69,27 miktarları en yüksek değerlerdir.

Birinci grupta yer alan bileşiklerde en iyi 8. gün çimlenme yüzdesine sahip olan 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin (4) bileşiği (% 99) olmuştur. Aynı grupta 8. gün çimlenme yüzdesi en iyi olan çeşitler ekmeklik buğday çeşitleri olan Bayraktar-2000 (% 99) ve Demir-2000 (% 97) olmuştur. Birinci grup içinde bulunan kimyasal uygulamalarının türler üzerine 8. gün çimlenme yüzdesine etkileri değerlendirildi zaman ekmeklik buğdayların (% 97) makarnalık buğdaylardan (% 92) daha yüksek çimlenme oranına sahip olduğu görülmüştür.

Birinci grup içinde bulunan kimyasal uygulamalarının çeşitlerin koleoptil uzunluğu üzerine etkileri değerlendirildiğinde 5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-amin bileşiğinin (4) Demir-2000 (12,45 cm), Bayraktar-2000 (11,58 cm), Tosunbey (11,31 cm) çeşitlerine uygulanması ile 1*H*-benzimidazol bileşiğinin Demir-2000 (10,96 cm) ve Kızıltan-91

(10,60 cm) çeşitlerine uygulanması en yüksek koleoptil uzunluğu değerlerini vermiştir. Uygulanan bileşiklerde en yüksek sonuç 1*H*-benzimidazol bileşiği ile elde edilirken çeşitler arasında öne çıkanlar Bayraktar-2000 ve Demir-2000 çeşitleri olmuştur.

İkinci grupta yer alan bileşiklerde en yüksek çimlenme yüzdesi 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) ve üç kompleksinin uygulamalarıyla elde edilmiştir. Çeşitler arasında öne çıkan Tosunbey (% 99) çeşidi olmuştur.

İkinci grup içinde bulunan kimyasal uygulamalarının türler üzerine 8. gün çimlenme yüzdesi üzerine etkileri değerlendirildiğinde ekmeklik buğdayların (% 99), makarnalık buğdaylardan (% 98) istatistiksel açıdan daha yüksek 8. gün çimlenme oranına sahip oldukları görülmüştür. Uygulanan bileşikler içinde, en yüksek çimlenme yüzdesi 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) ve metal komplekslerinin uygulamalarıyla elde edilmiştir.

İkinci grup içindeki kimyasal uygulamalarının çeşitler üzerine koleoptil uzunluğuna etkileri değerlendirildiğinde 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) bileşiğinin Demir-2000 (15,00 cm) çeşidine uygulanması en yüksek koleoptil uzunluğu değerini vermiştir. Çeşitler arasında öne çıkan Demir-2000 (11,84 cm) çeşidi olmuştur.

Yapısında La içeren (25) kompleksin buğday çeşitlerine uygulanması ile hem koleoptil uzunluğu ortalamasında hem de kök uzunluğu ortalamasında diğer bileşiklerden daha yüksek değerler elde edilmiştir. Bu sonuç, incelenen benzimidazol türevlerinin yapısında La elementinin bulunmasının buğdayın koleoptil ve kök uzunluğuna olumlu yönde etki ettiğine işaret etmektedir.

Çeşitler açısından olduğu gibi ekmeklik ve makarnalık türler açısından da en yüksek koleoptil ve kök uzunluğu ortalama değerleri La (25) ve La (27) komplekslerinin uygulamalarından elde edilmesi bu yorumu desteklemektedir.

Üçüncü grupta yer alan bileşiklerde en yüksek 8. gün çimlenme oranını verenler 4-[[1(*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil]fenol (10) (% 99), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) (% 99), 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksi (27) (% 98), 2-[[1(*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil]fenol Y kompleksi (19)

(% 99) ve 2-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol Cu kompleksi (17) (% 99) olmuştur. Ekmeklik buğday çeşitleri, makarnalık buğday çeşitlerinden daha yüksek çimlenme oranına sahip olmuştur.

Üçüncü grup içinde bulunan kimyasal uygulamalarının türler üzerine 8. gün çimlenme yüzdesine etkileri değerlendirildiğinde ekmeklik buğdayların (% 99) makarnalık buğdaylardan (% 96) daha yüksek değerlere sahip oldukları görülmüştür.

N-(*1H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin La kompleksi (22) ve 2-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol La kompleksi (20) hariç üçüncü grupta yer alan bütün bileşikler ekmeklik buğday çeşitleri üzerinde kontrol çözeltisinden daha yüksek çimlenme oranına sahip olmuştur.

Makarnalık buğday çeşitlerine yapılan uygulamalarda, 4-[-2-(*1H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol La kompleksi (27) (% 98), *N*-(*1H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) (% 99) ve 2-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol Cu kompleksi (17) (% 98) bileşikleriyle elde edilen sonuçlar, kontrol uygulaması ve diğer kimyasal uygulamalarından daha yüksek çimlenme yüzdelere karşılık gelmektedir.

Üçüncü grup içinde bulunan kimyasal uygulamalarının çeşitlerin koleoptil uzunluğu üzerine etkileri değerlendirildiğinde 4-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) Çeşit-1252 (15,50 cm), Eminbey (16,12 cm), Demir-2000 (15,39 cm) ve Tosunbey (15,17 cm) çeşitlerine uygulanmasıyla en yüksek koleoptil uzunluğu değerleri elde edilmiştir. Uygulanan bileşikler içinde en yüksek sonuç 4-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) bileşiği (14,78 cm) ile elde edilmiştir, çeşitler arasında öne çıkanlar Çeşit-1252 (10,33 cm), Kızıltan-91 (10,28 cm) ve Demir-2000 (10,29 cm) çeşitleri olmuştur.

Tüm analiz sonuçları değerlendirildiği zaman, yapısında -N=N- grubu bulunan benzimidazol türevlerinin, ölçümlerin yapıldığı 10^{-6} M derişimde çimlenmeyi inhibe ettiği görülmüştür. Burada, yapıda -NO₂ ve -N=N- gruplarının bulunması tautomerik dengeyi ve kararlı molekül içi hidrojen bağlarının oluşumunu etkilediği gibi biyolojik aktivite üzerinde de etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapılan analizlerde elde edilen bir başka sonuca göre, -C=C- yapısına sahip benzimidazol halkası içeren stiril türevleri ve -C=N- imin bağı içeren benzimidazol türevlerinin ekmeklik buğdaylar üzerine etkisi, makarnalık buğdaylara oranla daha fazla olmuştur.

-C=C- bağı içeren 2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) (% 99) ve 4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) (% 97) bileşiklerinin buğday çeşitlerine uygulanması ile ölçümü yapılan 8. gün çimlenme oranı verileri incelendiğinde ortalamaların kontrol uygulamasından (% 96) daha yüksek olduğu görülmüştür.

Yapılarında -C=N- bağı içeren 2-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (9) (% 97), 4-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10), (% 99), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(2-metoksifenil)metanimin (12), (% 98), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13), (% 99), *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-metoksifenil)metanimin (14) (% 98) bileşikleri uygulandıkları çeşitlerde ortalama olarak kontrol uygulamasından daha yüksek çimlenme yüzdesine sahip olmuştur.

Yapısında Cl atomu bulunan *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-klorofenil)metanimin (11) (% 94) bileşiğinin buğday çeşitlerine uygulanmasında elde edilen % çimlenme ortalaması kontrol uygulanmasından daha düşük çıkmıştır.

Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar, buğday türlerinin çimlenmesinde bazı benzimidazol türevlerinin de etkin olabileceğini göstermiştir. Tez kapsamında sentezlenen benzimidazol türevlerinin ve bu bileşiklerin çimlenme parametreleri üzerine etkileri ile ilgili analiz sonuçlarının literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Acheson, R. M. 1960. An introduction to the chemistry of heterocyclic compounds. Journal of the American Pharmaceutical Association (Scientific ed.), 49(11), 739. Wiley Interscience, New Delhi.
- Al-ebaisat, H. S. 2011. Synthesis and Biological Activities of Some Benzimidazoles Derivatives. J. Appl. Sci. Eviron. Manage, 15(3), 451-454.
- Aljahdali, M. 2013. Synthesis, characterization and equilibrium studies of some potential antimicrobial and antitumor complexes of Cu(II), Ni(II), Zn(II) and Cd(II) ions involving 2-aminomethylbenzimidazole and glycine. Spectrochimica Acta - Part A, Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 112, 364–376.
- Alterhoni, E., A. Tavman, M. Hacıoglu, O. Şahin, and A. Seher Birteksöz Tan. 2021. Synthesis, structural characterization and antimicrobial activity of Schiff bases and benzimidazole derivatives and their complexes with CoCl₂, PdCl₂, CuCl₂ and ZnCl₂. Journal of Molecular Structure, 1229, 129498.
- Anitha, C., C. D. Sheela, P. Tharmaraj, and S. Johnson Raja. 2012. Synthesis and characterization of VO(II), Co(II), Ni(II), Cu(II) and Zn(II) complexes of chromone based azo-linked Schiff base ligand. Spectrochimica Acta - Part A, Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 98, 35–42.
- Ansari, K. F., and C. Lal. 2009. European Journal of Medicinal Chemistry Synthesis , physicochemical properties and antimicrobial activity of some new benzimidazole derivatives. European Journal of Medicinal Chemistry, 44(10), 4028–4033.
- Aragón-Muriel, A., Y. Liscano-Martínez, E. Rufino-Felipe, D. Morales-Morales, J. Oñate-Garzón, and D. Polo-Cerón. 2020. Synthesis, biological evaluation and model membrane studies on metal complexes containing aromatic N,O-chelate ligands. Heliyon, 6, e04126.

- Ashraf, A., W. A. Siddiqui, J. Akbar, G. Mustafa, H. Krautscheid, N. Ullah, B. Mirza, F. Sher, M. Hanif, and C. G. Hartinger. 2016. Metal complexes of benzimidazole derived sulfonamide, Synthesis, molecular structures and antimicrobial activity. *Inorganica Chimica Acta*, 443, 179–185.
- Ashraf, M. A., A. Wajid, K. Mahmood, M. J. Maah, and I. Yusoff. 2011. Spectral investigation of the activities of amino substituted bases. *Oriental Journal of Chemistry*, 27(2), 363–372.
- Bag, P., S. Dutta, U. Flörke, and K. Nag. 2008. Solid state and solution properties of lanthanide(III) complexes of a tetraiminodiphenolate macrocyclic ligand. X-ray structure, ¹H NMR and luminescence spectral studies. *Journal of Molecular Structure*, 891(1–3), 408–419.
- Benkhaya, S., S. El Harfi, and A. El Harfi. 2017. Classifications, properties and applications of textile dyes, A review. *Appl. J. Envir. Eng. Sci*, 3, 311–320.
- Benson, E. E. 1990. Free radical damage in stored plant germplasm. Page International board for plant genetic resources. IPPGR, Rome.
- Berradi, M., R. Hsissou, M. Khudhair, M. Assouag, O. Cherkaoui, A. El Bachiri, and A. El Harfi. 2019. Textile finishing dyes and their impact on aquatic environs. *Heliyon*, 5, e02711.
- Bi, Y. - M, P. Kenton, L. Mur, R. Darby, and J. Draper. 1995. Hydrogen peroxide does not function downstream of salicylic acid in the induction of PR protein expression. *The Plant Journal*, 8(2), 235–245.
- Brown, P. H., A. H. Rathjen, R. D. Graham, and D. E. Tribe. 1990. Rare earth elements in biological systems. *Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths*, Elsevier Science Publishers B.V, 13, 424–449
- Cernatescu, C., and E. Comanita. 2005. Benzazole Derivatives VI, Synthesis of some 2-styrylbenzimidazoles and their quaternization. *CI&CEQ*, 11(1), 19–24.

- Chen, C. H., and W. Bushuk. 1970. Nature of proteins in triticale and its parental species 1. solubility characteristics and amino acid composition of endosperm proteins. *Canadian Journal of Plant Science*, 50, 9–14.
- Chen, S. A., X. D. Wang, B. Zhao, and Y. . C. Wang. 2010. Regulating the cell growth and shoot induction of *Crocus sativus* embryogenic callus by rare earth elements. *Chin Bull Bot*, 45, 609–614.
- Chimirri, A., S. Grasso, P. Monforte, A. Rao, M. Zappalà, A. M. Monforte, C. Pannecouque, D. Farmaco-chimico, U. Messina, and V. Annunziata. 1998. Synthesis and biological activity of novel 1 H , 3 H-thiazolo [3,4-a] benzimidazoles , non-nucleoside human immunodeficiency virus type 1 reverse transcriptase inhibitors. *Antiviral Chemistry & Chemotherapy*, 10, 211–217.
- Cinarli, A., D. Gürbüz, A. Tavman, and A. Seher Birteksöz. 2011. Synthesis, spectral characterizations and antimicrobial activity of some Schiff bases of 4-chloro-2-aminophenol. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 25(3), 407–417.
- Costela, A., I. Garc´ia-Moreno, M. Pintado-Sierra, F. Amat-Guerri, M. Liras, R. Sastre, F. L. Arbeloa, J. B. Prieto, and I. L. Arbeloa. 2008. Journal of Photochemistry and photobiology a, chemistry new laser dye based on the 3-styryl analog of the BODIPY dye PM567. *Journal of Photochemistry and Photobiology A, Chemistry*, 198, 192–199.
- Costes, J. P., J. F. Lamère, C. Lepetit, P. G. Lacroix, F. Dahan, and K. Nakatani. 2005. Synthesis, crystal structures, and nonlinear optical (NLO) properties of new Schiff-base nickel(II) complexes. Toward a new type of molecular switch? *Inorganic Chemistry*, 44(6), 1973–1982.
- Cotton, S. A. 2005. Establishing coordination numbers for the lanthanides in simple complexes. *Comptes Rendus Chimie*, 8(2), 129–145.
- Deepthi, S. B., P. Ramesh, R. Trivedi, S. K. Buddana, and R. S. Prakasham. 2015. Carbohydrate triazole tethered 2-pyridyl-benzimidazole ligands, Synthesis of their

- palladium (II) complexes and antimicrobial activities. *Inorganica Chimica Acta*, 435, 200–205.
- Deligeorgiev, T., A. Vasilev, and F. Chemistry. 2010. Styryl dyes—synthesis and applications during the last 15 years *Coloration Technology*. *Coloration Technology*, 126, 55–80.
- Demetgül, C., M. Karakaplan, S. Selahattin, and M. Diğrak. 2009. Synthesis, characterization, and biological properties of Ni(II), Co(II), and Cu(II) complexes of Schiff bases derived from 4-aminobenzylamine. *Journal of Coordination Chemistry*, 62(21), 3544–3551.
- Dentani, T., K. Nagasaka, K. Funabiki, J. Jin, T. Yoshida, H. Minoura, and M. Matsui. 2008. Flexible zinc oxide solar cells sensitized by styryl dyes. *Dyes and Pigments*, 77, 59–69.
- Dhanda, S. S., G. S. Sethi, and R. K. Behl. 2004. Indices of Drought Tolerance in Wheat Genotypes at Early Stages of Plant Growth. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 190(1), 6–12.
- Dincer, S. 1992. Yeni bitki büyüme hormonlarının sentezi ve etkilerinin araştırılması. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Ankara.
- Dincer, S. 2002. The preferential reduction of 4,6 (5,7)-dinitro and 5,6-dinitrobenzimidazoles. *Dyes and Pigments*, 53, 263–266.
- Dincer, S., G. Gonulalan, B. Tercan, and T. Hokelek. 2011. 2-Methyl-5,6-dinitrobenzimidazolium chloride. *Acta Crystallographica Section, E* 9453(1).
- Durner, J., and D. F. Klessig. 1995. Inhibition of ascorbate peroxidase by salicylic acid and 2,6- dichloroisonicotinic acid, two inducers of plant defense responses. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 92, 11312–11316.

- Enyedi, A. J., N. Yalpani, P. Silverman, and I. Raskin. 1992. Signal molecules in systemic plant resistance to pathogens and pests. *Cell*, 70, 879–886.
- Erener, A. 2011. Yeni azo boyar maddeleri ve metal komplekslerinin sentezi, yapılarının aydınlatılması. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, 85, Kahramanmaraş.
- Ficken, G. E., and D. J. Fry. 1963. The nitration of 5-nitro- and 2-methyl-5-nitrobenzimidazoles. *Journal of Organic Chemistry*, 28, 736–738.
- El Foujji, L., K. El Bourakadi, E. M. Essassi, R. T. Boéré, A. el kacem Qaiss, and R. Bouhfid. 2021. Solid-state zwitterionic tautomerization of 2-((5-methyl-1H-pyrazol-3-yl)methyl)-1H-benzimidazole, Synthesis, characterization, DFT calculation and docking studies. *Journal of Molecular Structure*, 1235, 130231.
- Gawinecki, R., and K. Trzebiatowska. 2000. The effect of the amino group on the spectral properties of substituted styrylpyridinium salts. *Dyes and Pigments*, 45(2), 103–107.
- Golcu, A., M. Tumer, H. Demirelli, and R. A. Wheatley. 2005. Cd(II) and Cu(II) complexes of polydentate Schiff base ligands, Synthesis, characterization, properties and biological activity. *Inorganica Chimica Acta*, 358(6), 1785–1797.
- Gönülalan, G. 2011. Yeni Benzimidazol Schiff Bazlarının Sentezi Ve Yapılarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, 65, Ankara.
- Gonzalez, V., D. A. L. Vignati, C. Leyval, and L. Giamberini. 2014. Environmental fate and ecotoxicity of lanthanides, Are they a uniform group beyond chemistry. *Environment International*, 71, 148–157.
- Gudasi, K. B., R. V Shenoy, R. S. Vadavi, M. S. Patil, S. A. Patil, R. R. Hanchinal, S. A. Desai, and H. Lohithaswa. 2005. Lanthanide (III) and Yttrium (III) complexes of benzimidazole-2-acetic acid, synthesis, characterisation and effect of La (III) complex on germination of wheat. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, 132

2006, 1–8.

Gürses, A., M. Açıkyıldız, K. Güneş, and M. S. Gürses. 2016. Classification of dye and pigments, In: *Dyes and Pigments*, SpringerBriefs in Green Chemistry for Sustainability, 31–45

Gustafson, P., O. Raskina, X. Ma, and E. Nevo. 2009. Wheat Evolution, Domestication, and Improvement, In: *Wheat Science and Trade* 3–30.

He, Y., and X. L. 1983. Biological effects of rare elements and their action mechanism. *Chin J Appl Ecol*, 16, 1983–1989.

Hoebrecker, F. 1872. Hoebrecker, F. 1872. *Chem.Rev*, 5, 920–926.

Huang, L., W. Yang, and J. Zhao. 2014. Switching of the triplet excited state of styryl 2,6-Diiodo-Bodipy and Its application in acid-activatable singlet oxygen photosensitizing. *Journal of Organic Chemistry*, 79(21), 10240-10255.

ISTA. 2012. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.

Jaung, J., M. Matsuoka, and K. Fukunishi. 1996. Syntheses and properties of new styryl dyes derived from. *Dyes and Pigments*, 31(2), 141–153.

Jha, B. N., and J. C. Banerji. 1985. Chromophoric Chain fl-aryl-substituted styryl cyanines, effect of substituents on visible absorption spectra and photosensitisation properties. *Dyes and Pigments*, 6, 213–226.

Jha, B. N., R. K. Jha, D. K. Jha, and S. N. Jha. 1990. Synthesis , Visible absorption , photosensitisation and antimicrobial activity of some butadienochromophoric chain-substituted asymmetric cyanines. *Dyes and Pigments*, 13, 135–154.

Kanagavalli, C., M. Sankarganesh, J. D. Raja, and M. Kalanithi. 2019. Spectral, NLO and antimicrobial studies of Co(II), Ni(II) and Cu(II) complexes of Schiff base ligands of 2-amino-6-nitrobenzothiazole. *Journal of the Serbian Chemical Society*,

84(3), 267–275.

Kazimierczuk, Z., and D. Shugar. 1989. Preparation and properties of the 5,6- and 4,6(5,7)-dinitro derivatives of benzimidazole and their 1- β -d-ribofuranosides. *Nucleosides and Nucleotides*, 8(8), 1379–1385.

Keppler, L. D., and A. Novacky. 1987. The initiation of membrane lipid peroxidation during bacteria-induced hypersensitive reaction. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 30, 233–245.

Kumar, J. S. D., M. M. Ho, and T. Toyokuni. 2001. Simple and chemoselective reduction of aromatic nitro compounds to aromatic amines, reduction with hydriodic acid revisited. *Tetrahedron Letters*, 42, 5601–5603.

Kumaravel, G., and N. Raman. 2017. A treatise on benzimidazole based Schiff base metal(II) complexes accentuating their biological efficacy, Spectroscopic evaluation of DNA interactions, DNA cleavage and antimicrobial screening. *Materials Science and Engineering C*, 70, 184–194.

Lahneche, Y. D., H. Boulebd, M. Benslimane, M. Bencharif, and A. Belfaitah. 2019. Dinuclear Hg(II) complex of new benzimidazole-based Schiff base, one-pot synthesis, crystal structure, spectroscopy, and theoretical investigations. *Journal of Coordination Chemistry*, 72(18), 3156–3170.

Lee, C., and A. T. Hu. 2003. Synthesis and optical recording properties of some novel styryl dyes for DVD-R. *Dyes and Pigments*, 59, 63–69.

Lehmann, F., G. J. Mohr, P. Czerney, and U. W. Grummt. 1995. Synthesis of amphiphilic styrylpyridinium and styrylquinolinium hemicyanines and merocyanines. *Dyes and Pigments*, 29(1), 85–94.

Leriche, G., G. Budin, L. Brino, and A. Wagner. 2010. Optimization of the azobenzene scaffold for reductive cleavage by dithionite; development of an azobenzene cleavable linker for proteomic applications. *European Journal of Organic Chemistry*, 4360–4364.

- Levine, A., R. Tenhaken, R. Dixon, and C. Lamb. 2003. H₂O₂ from the oxidative burst orchestrates the plant hypersensitive disease resistance response. *Cell*, 79, 583–593.
- Lipskikh, O. I., E. I. Korotkova, Y. P. Khristunova, J. Barek, and B. Kratochvil. 2018. Sensors for voltammetric determination of food azo dyes- A critical review. *Electrochimica Acta*, 260, 974–985.
- Mangaveni, P., G. Durga, P. Bhushanavathi, and P. Sarada. 2018. Synthesis, characterization and their antimicrobial activity of crystalline materials of nickel (II) complexes with substituted 2-amino-benzimidazole. *Materials Today, Proceedings*, 5(12), 25862–25866.
- Mangelsdorf, P. C. 1953. Wheat. *Scientific American*, 189(1), 50–59.
- Mansour, A. M., E. M. El Bakry, and N. T. Abdel-Ghani. 2016. Co(II), Ni(II) and Cu(II) complexes of methyl-5-(Phenylthio) benzimidazole-2-carbamate, molecular structures, spectral and DFT calculations. *Journal of Molecular Structure*, 1111, 100–107.
- Marion, C., R. Li, and K. E. Waters. 2020. Historical perspective A review of reagents applied to rare-earth mineral flotation. *Advances in Colloid and Interface Science*, 279, 102142.
- Mehdy, M. C. 1994. Active oxygen species in plant defense against pathogens. *Plant Physiology*, 105, 467–472.
- Mishra, A., R. K. Behera, P. K. Behera, B. K. Mishra, and G. B. Behera. 2000. Cyanines during the 1990s, a review. *Chemical Reviews*, 100(6), 1973–2011.
- Mishra, D. K., U. K. Singha, A. Das, S. Dutta, P. Kar, A. Chakraborty, A. Sen, and B. Sinha. 2018. DNA Binding, amelioration of oxidative stress, and molecular docking study of Zn(II) metal complex of a new Schiff base ligand. *Journal of Coordination Chemistry*, 71(14), 2165–2182.

- Mohamed, G. G., N. A. Ibrahim, and H. A. E. Attia. 2009. Synthesis and anti-fungicidal activity of some transition metal complexes with benzimidazole dithiocarbamate ligand. *Spectrochimica Acta - Part A, Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 72, 610–615.
- Mohamed, G. G., and M. M. Omar. 2006. Metal Complexes of schiff bases , preparation, characterization , and biological activity, 30, 361–382.
- Mohanty, S. K., A. Khuntia, N. Yellsubbaiah, C. Ayyanna, B. Naga Sudha, and M. S. Harika. 2018. Design, synthesis of novel azo derivatives of benzimidazole as potent antibacterial and anti tubercular agents. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 7, 646–651.
- Mur, L. A. J., G. Naylor, S. A. J. Warner, J. M. Sugars, R. F. White, and J. Draper. 1996. Salicylic acid potentiates defence gene expression in tissue exhibiting acquired resistance to pathogen attack. *The Plant Cell*, 8, 1809-1819.
- Ozaslan, M., I. D. Karagoz, I. H. Kilic, and M. E. Guldur. 2011. Ehrlich ascites carcinoma. *African Journal of Biotechnology*, 10(13), 2375–2378.
- Ozbay, S. 2010. Bazı Aminobenzimidazollerin Yeni Türevlerinin Sentezi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, 113, Ankara.
- Park, K. H., C. J. Lee, D. Song, J. Kim, Y. J. Huh, and K. S. Min. 2001. Molecular Crystals and liquid crystals science and technology . Section A . Molecular Crystals and liquid crystals optical recording properties of styryl derivatives for Digital Versatile Disc-Recordable (DVD-R). *Molecular Crystals and Liquid Crystals Science and Technology* 370, 165–168.
- Patil, A., S. Ganguly, and S. Surana. 2008. A systematic Review of Benzimidazole Derivatives as an antiulcer agent. *Rasayan J. Chem.*, 1(3), 447–460.
- Pfeiffer, P., E. Breith, E. Lübke, and T. Tsumaki. 1933. Salen - erste Synthese. *Justus Liebigs Ann. Chem.* 503, 84–130.

- Phillips, M. A. 1928. The Formation of 2-Substituted Benzimidazoles. *Journal of the Chemical Society*, 2393–2399.
- Porter, H. K. 1973. The Zinin Reduction of nitroarenes. In: *Organic Reactions*. Organic Chemicals Department E.I. du Pont de Nemours and Co., Inc., 455-467, Wilmington, Delaware.
- Qiu, L., and Q. Zhou. 2008. Review on the effects of rare earth elements on seed germination. *Chin J Eco Agric.*, 16, 529–33.
- Qun Li, Guo-Liang Lin, Bi-Xian Peng, and Zheng-Xin Li. 1998. Synthesis, characterization and photographic properties of some new styryl cyanine dyes. *Dyes and Pigments*, 38(4), 211–218.
- Rangnekar, D. W., and N. D. Sonawane. 2000. Synthesis and application of 2-styryl-6(7)-bromothiazolo[4,5-b]quinoxaline based fluorescent dye chromophores, Part 2. *Dyes and Pigments*, 45(2), 87–96.
- Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 43, 439–463.
- Reddy, B. A. 2010. Research Article. *JPRHC*, 2(1), 103–113.
- Rehman, W., M. K. Baloch, B. Muhammad, A. Badshah, and K. M. Khan. 2004. Characteristic spectral studies and in vitro antifungal activity of some Schiff bases and their organotin (IV) complexes. *Chinese Science Bulletin*, 49(2), 119–122.
- Reuben, J. 1979. Bioinorganic chemistry, lanthanides as probes in systems of biological interest. In: *Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths*, 515-552, North-Holland Publishing Company, Rehovot.
- Risca, I. M., G. Zbancioc, C. Moldoveanu, G. Drochioiu, and I. Mangalagiu. 2006. Effect of some new monoquaternary salts of diazine on germination and seedling growth of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karsten). *Rom. Biotechnol. Lett.*, 11(1), 2563–2568.

Ryals, J. A., U. H. Neuenschwander, M. G. Willits, A. Molina, H.-Y. Stelner, and M. D. Hunt. 1996. Systemic Acquired Resistance. *The Plant Cell*, 8, 1809–1819.

Sadek, K. U., A. M. Abdel-hameed, H. A. Abdelnabi, and Y. Meleigy. 2019a. An efficient green synthesis of novel 1H-imidazo[1,2-a]imidazole-3-amine and imidazo[2,1-c][1,2,4]triazole-5-amine derivatives via Strecker reaction under controlled microwave heating. *Green Process Synth*, 8, 297–301.

Sadek, K. U., A. M. Abdel-Hameed, H. A. Abdelnabi, and Y. Meleigy. 2019b. An efficient green synthesis of novel 1H-imidazo[1,2-a]imidazole-3-amine and imidazo[2,1-c][1,2,4]triazole-5-amine derivatives via Strecker reaction under controlled microwave heating. *Green Processing and Synthesis*, 8(1), 297–301.

Sanz, D., A. Perona, R. M. Claramunt, and J. Elguero. 2005. Synthesis and spectroscopic properties of Schiff bases derived from 3-hydroxy-4-pyridinecarboxaldehyde. *Tetrahedron*, 61(1), 145–154.

Sawhney, V., and D. P. Singh. 2002. Effect of chemical desiccation at the post-anthesis stage on some physiological and biochemical changes in the flag leaf of contrasting wheat genotypes. *Field Crops Research*, 77(1), 1–6.

Schiff, H. 1869. Untersuchungen über Salicinderivate; *Justus Liebigs Annalen der Chemie*, 150(2), 193–200.

Schilf, W., B. Kamieński, A. Szady-Chełmieniecka, and E. Grech. 2005. The intramolecular hydrogen bonds in some Schiff bases derived from cyclopropyl-, cyclobutyl- and cyclopentylamine. *Journal of Molecular Structure*, 743, 237–241.

Seçkin, T., S. Koytepe, S. Demir, I. Ozdemir, and B. Cetinkaya. 2003. Novel type of metal-containing polyimides for the heck and suzuki-miyaura cross-coupling reactions as highly active catalysts. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 13(4), 223–235.

Seferoğlu, Z., and N. Ertan. 2008. Synthesis, characterization and spectroscopic properties of some new phenylazo-6-aminouracil. *Central European Journal of*

Chemistry, 6(1), 81–88.

Senaratna, T., D. Touchell, E. Bunn, and K. Dixon. 2000. Senaratna et al 2000.pdf. *Plant Growth Regulation*, 30, 157–161.

Sewara J., M., K. S. Akam, A. M. R. Mohammad, M. O. Khalid, and A. A. Karzan. 2020. Synthesis, Spectroscopic studies and keto-enol tautomerism of novel 1,3,4-thiadiazole derivative containing 3-mercaptobutan-2-one and quinazolin-4-one moieties. *Molecules*, 25, 5441.

Shagidullin, R. R., A. V. Chernova, Z. G. Bazhanova, J. H. Lii, V. E. Kataev, S. A. Katsyuba, and V. S. Reznik. 2004. The hydrogen bonding and tautomerism of pyrimidine containing macrocycles. IR, UV and quantum chemical studies. *Journal of Molecular Structure*, 707, 1–9.

Shankarling, G. S., P. P. Deshmukh, and A. R. Joglekar. 2017. Process intensification in azo dyes. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5, 3302–3308.

Shawali, A. S., M. A. Abdallah, and M. A. Kandil. 2015. A new one-pot synthesis of novel hetarylazo-heterocyclic colorants and study of their solvatochromic properties. *Journal of Advanced Research*, 6(5), 721–726.

Shettigar, S., G. Umesh, P. Poornesh, K. B. Manjunatha, and A. M. Asiri. 2009a. The third-order nonlinear optical properties of novel styryl dyes. *Dyes and Pigments*, 83(2), 207–210.

Shewry, P. R., N. G. Halford, and D. Lafiandra. 2003. Genetics of Wheat gluten proteins. *Advances in Genetics*, 49, 111–184.

Shindy, H. A. 1999. Synthesis and Visible spectral behaviour of some new photosensitizers, monomethine, dimethine, trimethine, styryl and mixed cyanine dyes. *J. Chern. Research, (S) 1(M)*, 700–701.

Shirasu, K., H. Nakajima, K. V. Rajasekhar, R. A. Dixon, and C. Lamb. 1997. Salicylic acid potentiates an agonist-dependent gain control that amplifies pathogen signals

in the activation of defense mechanisms. *Plant Cell*, 9, 261–270.

Shrivastava, G., and M. Shrivastava. 2018. Microwave Assisted synthesis and characterization of Schiff base of 2-amino benzimidazole. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research*, 10(4), 293–296.

Da Silva, C. M., D. L. Da Silva, L. V. Modolo, R. B. Alves, M. A. De Resende, C. V. B. Martins, and Â. De Fátima. 2011. Schiff bases, A short review of their antimicrobial activities. *Journal of Advanced Research*, 2(1), 1–8.

Sobola, A., and G. Watkins. 2017. Copper(II) complexes of substituted salicylaldimines with benzimidazole nucleus, synthesis, characterization and antimicrobial activity. *Journal of Research and Review in Science*, 4(1), 156–161.

Sørensen, T. J., and M. F. Nielsen. 2011. Synthesis , UV / vis spectra and electrochemical characterisation of arylthio and styryl substituted ferrocenes. *Cent. Eur. J. Chem.* 9(4), 610–618.

Sun, J., C.-G. Yan, and Y. Han. 2001. KF-Al₂O₃ Catalyzed the Condensations of 2-methylbenzoxazole and Pyrazol-5-one with Aromatic Aldehydes. *Synthetic Communications*, 31(1), 151–154.

Tahlan, S., S. Kumar, S. Kakkar, and B. Narasimhan. 2019. Benzimidazole scaffolds as promising antiproliferative agents , a review. *BMC Chemistry*, 1–16.

Tong, Y. P., S. L. Zheng, and X. M. Chen. 2005. Structures, photoluminescence and theoretical studies of two Zn II complexes with substituted 2-(2-hydroxyphenyl)benzimidazoles. *European Journal of Inorganic Chemistry*, (18), 3734–3741.

Torres-Gómez, H., E. Hernández-Núñez, I. León-Rivera, J. Guerrero-Alvarez, R. Cedillo-Rivera, R. Moo-Puc, R. Argotte-Ramos, M. del Carmen Rodríguez-Gutiérrez, M. J. Chan-Bacab, and G. Navarrete-Vázquez. 2008. Design, synthesis and in vitro antiprotozoal activity of benzimidazole-pentamidine hybrids. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, 18, 3147–3151.

- Towns, A. D. 1999. Developments in azo disperse dyes derived from heterocyclic diazo components. *Dyes and Pigments*, 42, 3–28.
- Tuna, S. 2004. Sübstitüe imin bileşikleri ve bunların Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Zn(II) komplekslerinin sentezi ve karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, 54, Elazığ.
- Tunçbilek, M., H. Göker, R. Ertan, R. Eryigit, E. Kendi, and N. Altanlar. 1997. Synthesis and antimicrobial activity of some new anilino benzimidazoles. *Archiv der Pharmazie Med. Chem*, 330(12), 372–376.
- Vartapetian, B. B., and M. B. Jackson. 1997. Plant Adaptations to Anaerobic Stress (Review). *Page Annals of Botany*, 79, 3-20.
- Vasilache, V., C. Moldoveanu, L. Fartais, and I. Risca. 2014. Effect of Some new imidazole derivatives on wheat (*Triticum Aestivum*) Germination. *Revista de Chimie (Bucharest)*, 65(2), 177–180.
- Vasilev, A., T. Deligeorgiev, N. Gadjev, S. Kaloyanova, J. J. Vaquero, J. Alvarez-builla, and A. G. Baeza. 2008a. Novel environmentally benign procedures for the synthesis of styryl dyes. *Dyes and Pigments*, 77 77, 550–555.
- Vasilev, A., T. Deligeorgiev, N. Gadjev, S. Kaloyanova, J. J. Vaquero, J. Alvarez-Builla, and A. G. Baeza. 2008b. Novel environmentally benign procedures for the synthesis of styryl dyes. *Dyes and Pigments*, 77(3), 550–555.
- Weiss, G. B. 1974. Cellular Pharmacology of lanthanum. *Annu. Rev. Pharmacol*, 14, 343–354.
- Wostyn, K., K. Binnemans, K. Clays, and A. Persoons. 2001. Molecular first hyperpolarizability data for lanthanate complexes containing the hemicyanine chromophore. *Journal of Physical Chemistry B*, 105(22), 5169–5173.
- Wrigley, C. W. 2009. Wheat: a unique grain for the world. In: *Wheat, chemistry and technology*. American Association of Cereal Chemists, Inc (AACC), USA.

- Yao, J., C. Y. Liu, G. Z. Qin, and K. S. Chen. 2008. The effect of Nd³⁺ and burdock oligosaccharide on the germination of *Cassia obtusifolia* seeds. *Chin Agric Sci Bull*, 24, 69–72.
- Yinfeng, X., C. Xianlei, L. Weilong, T. Gongsheng, C. Qian, and Z. Qiang. 2013. Effects of lanthanum nitrate on growth and chlorophyll fluorescence characteristics of *Alternanthera philoxeroides* under perchlorate stress. *Journal of Rare Earths*, 31(8), 823–829.
- Yuan, D., X.-Q. Shan, Q. Huai, B. Wen, and X. Zhu. 2001. Uptake and distribution of rare earth elements in rice seeds cultured in fertilizer solution of rare earth elements. *Chemosphere*, 43, 327–337.
- Zhang, J. ., D. F. Cui, and Q. S. Ding. 1995. Studying effect of rare earth elements on medicinal *Gano dermalucidum* quality. *China J Chin Mater Med.*, 20, 531–2.
- Zhao, R., C. Tan, Y. Xie, C. Gao, H. Liu, and Y. Jiang. 2011. One step synthesis of azo compounds from nitroaromatics and anilines. *Tetrahedron Letters*, 52, 3805–3809.
- Zucca, P., G. Cocco, F. Sollai, and E. Sanjust. 2016. Fungal laccases as tools for biodegradation of industrial dyes. *Biocatalysis*, 1(1), 82–108.

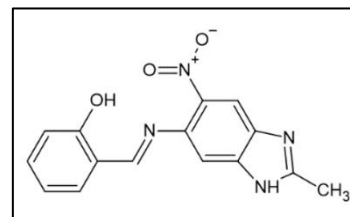
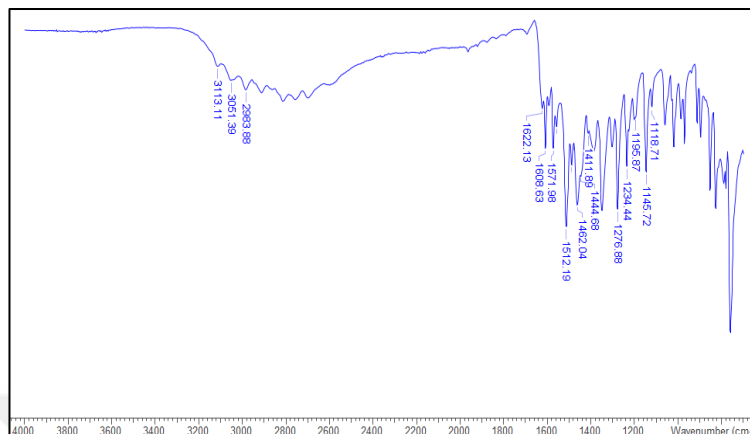
EKLER

EK 1 FT-IR Spektrumları

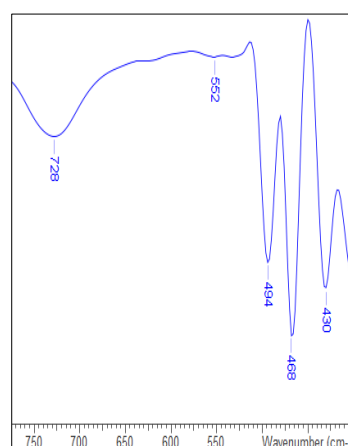
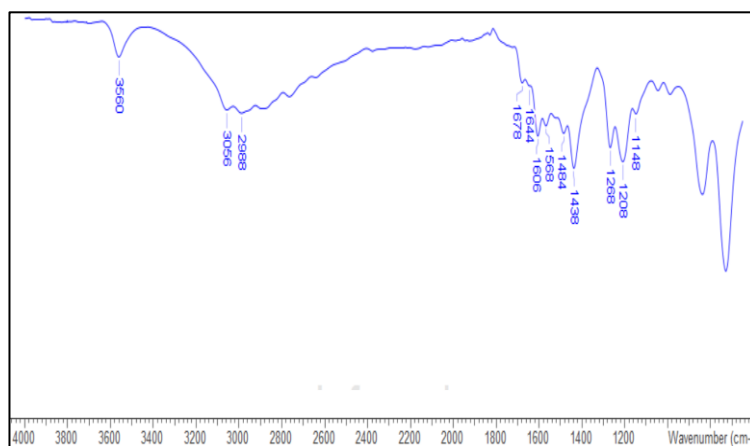
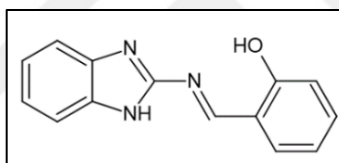
EK 2 ¹H-NMR Spektrumları

EK 1 FT-IR Spektrumları

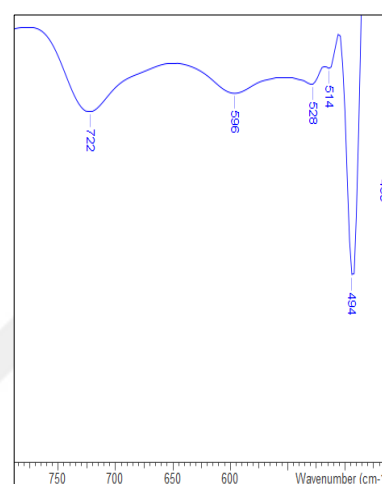
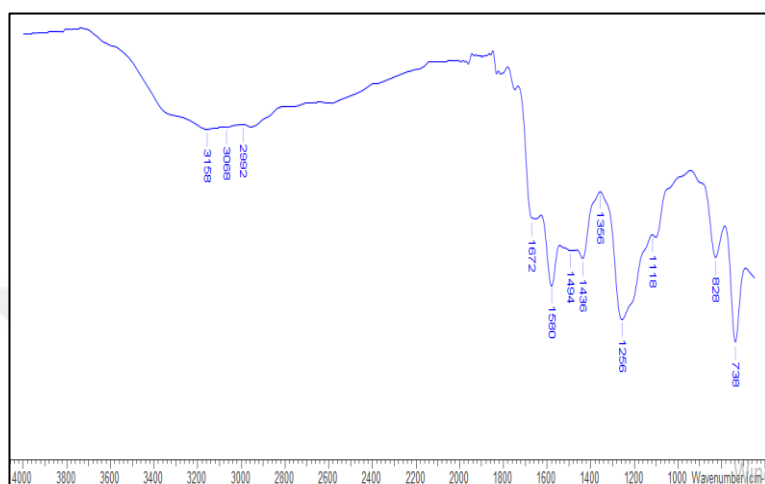
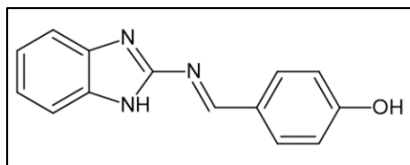
2-[(2-Metil-5-nitro-1*H*-benzimidazol-6-il)imino]metil}fenol (8) (C₁₅H₁₂N₄O₃)



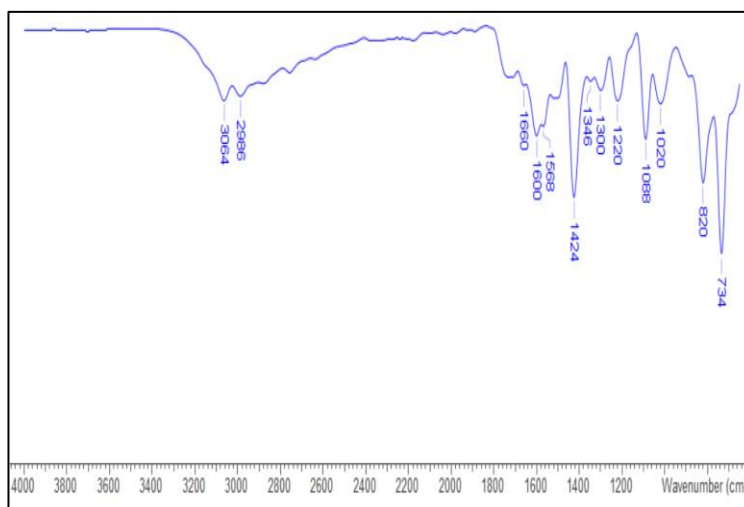
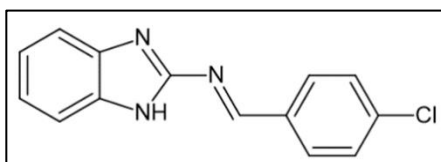
2-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (9) (C₁₄H₁₁N₃O.H₂O)



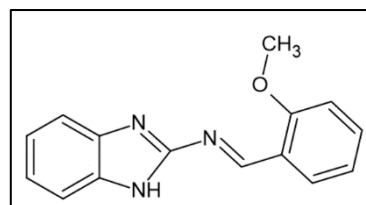
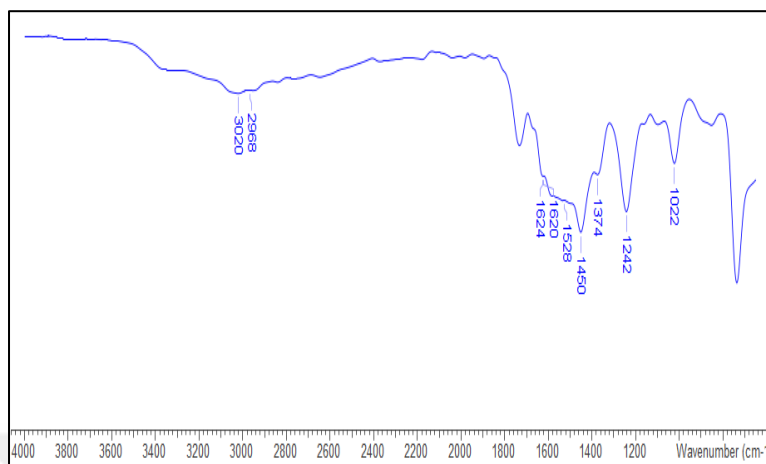
4-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) (C₁₄H₁₁N₃O).H₂O



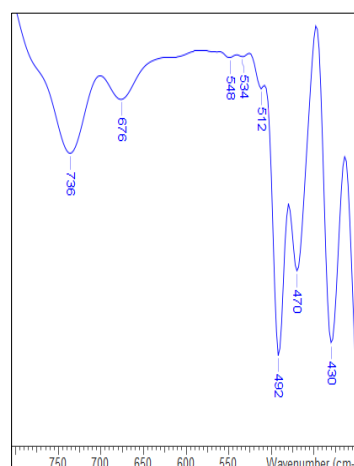
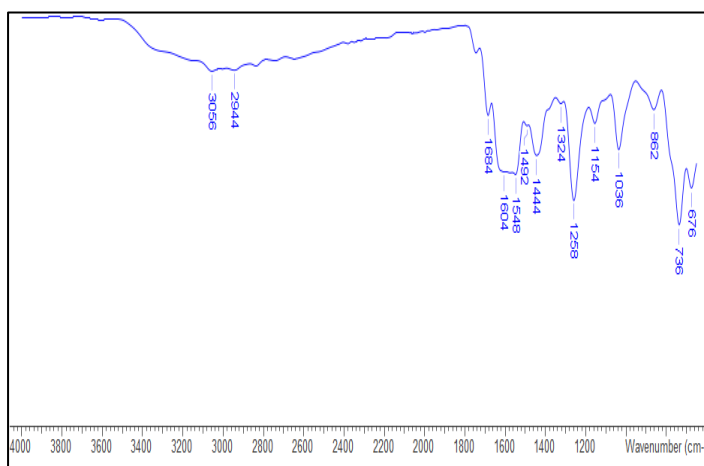
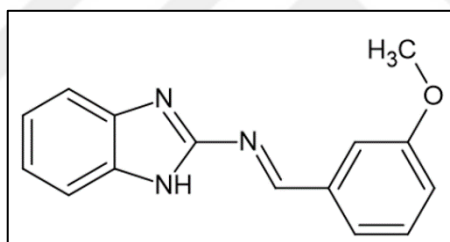
N-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-klorofenil)metanimin (11) (C₁₄H₁₀ClN₃)



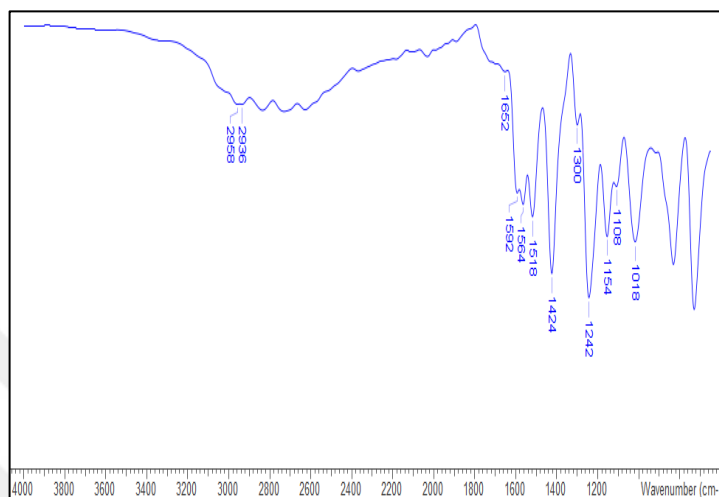
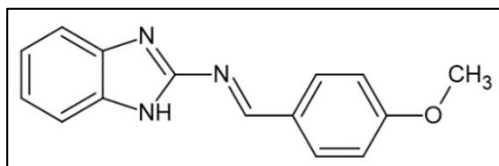
N-(1*H*-benzimidazol-2-yl)-1-(2-metoksifenil)metanimin (12) (C₁₅H₁₃N₃O)·H₂O



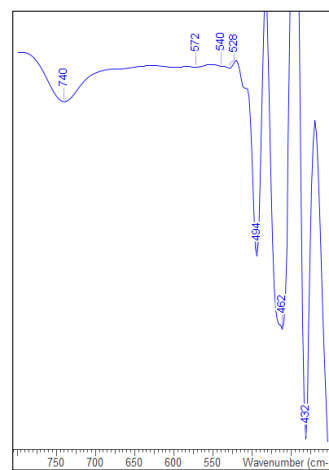
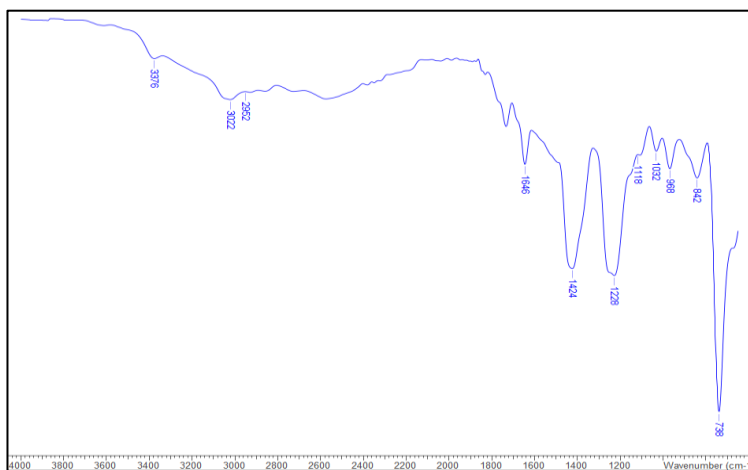
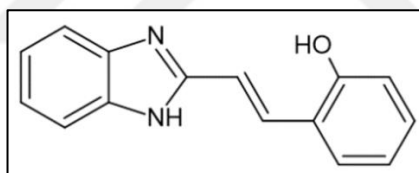
N-(1*H*-benzimidazol-2-yl)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) (C₁₅H₁₃N₃O)·H₂O



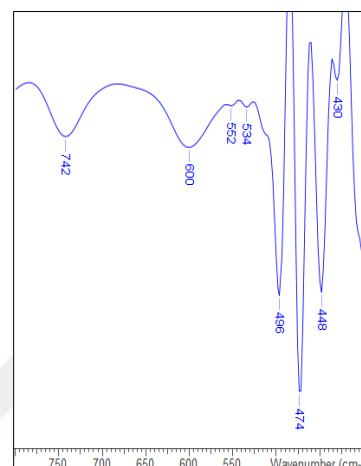
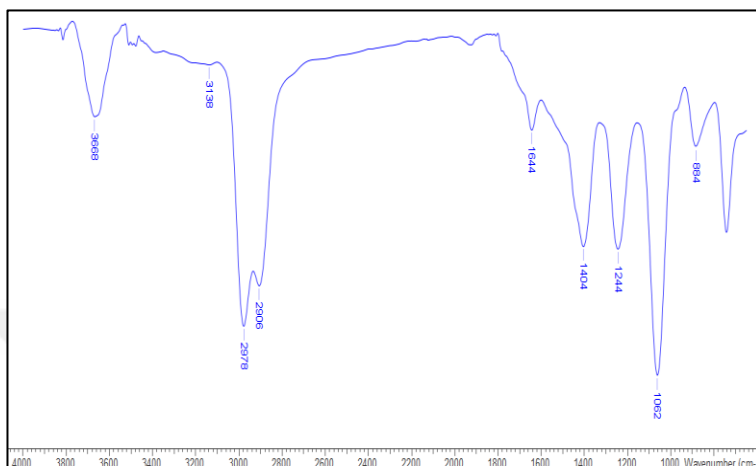
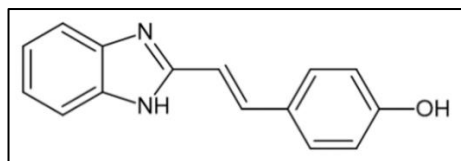
N-(1*H*-benzimidazol-2-yl)-1-(4-metoksifenil)metanimin (14) (C₁₄H₁₃N₃O)



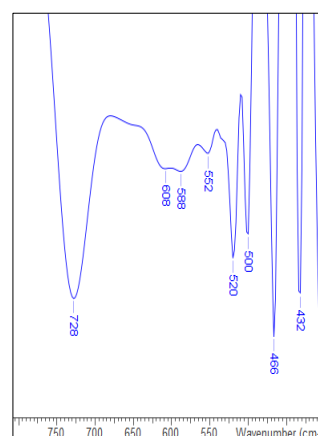
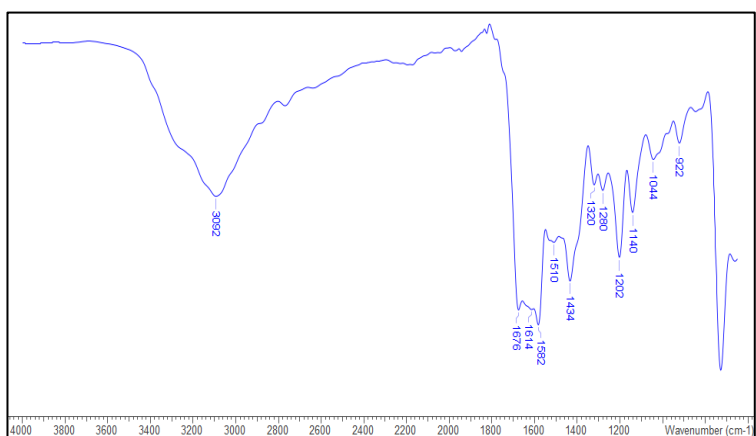
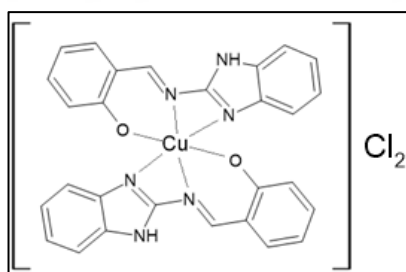
2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-yl)etenil]fenol (15) (C₁₅H₁₂N₂O)·H₂O



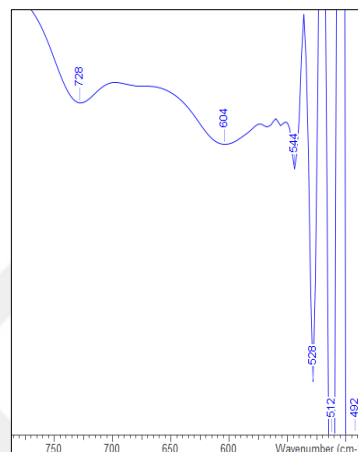
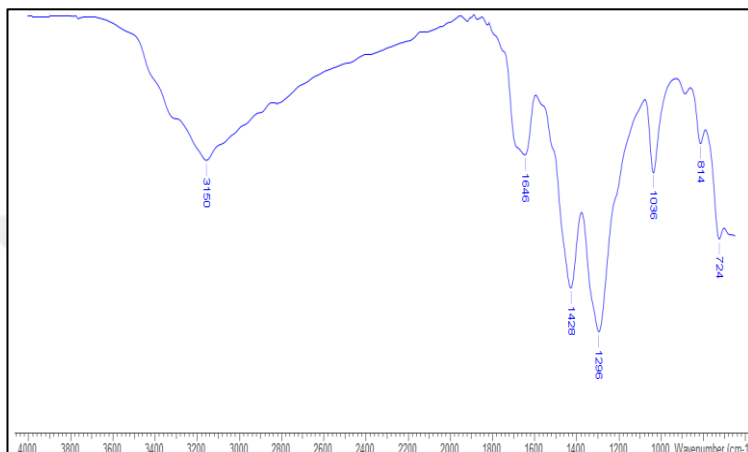
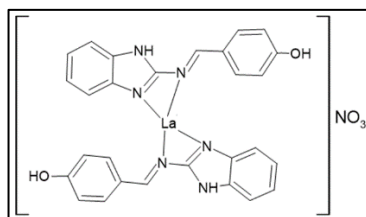
4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) (C₁₅H₁₂N₂O)·H₂O



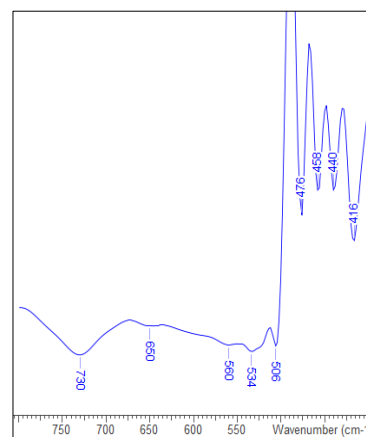
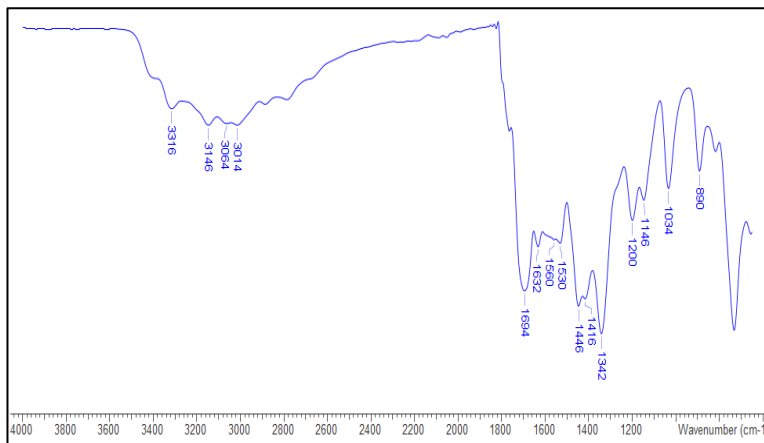
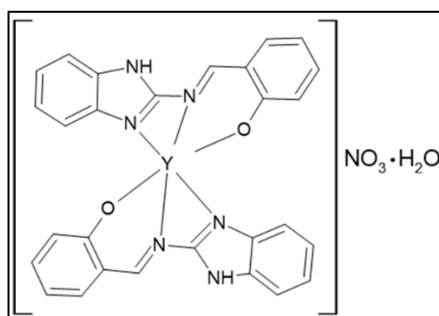
2-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol bileşiğinin Cu kompleksi (17)
[Cu(C₁₄H₁₀N₃O)₂Cl₂]



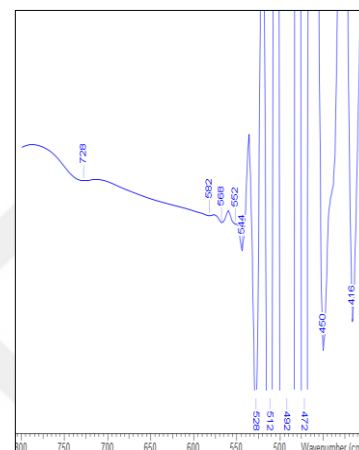
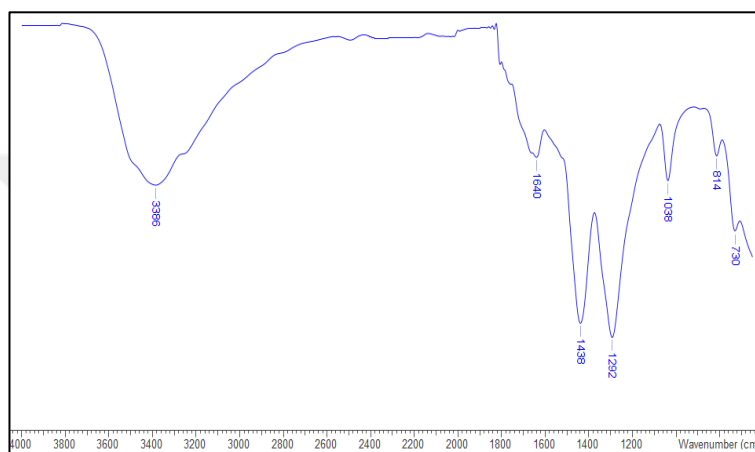
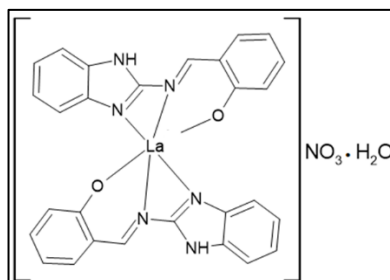
4-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol bileşiğinin La kompleksi (18)
 $[\text{La}(\text{C}_{14}\text{H}_{11}\text{N}_3\text{O})_2(\text{NO}_3)]$



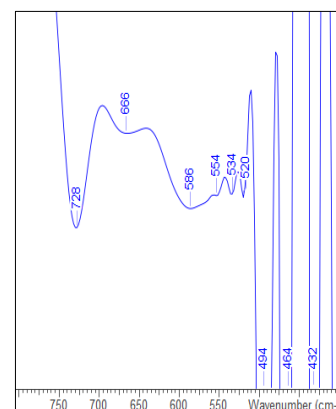
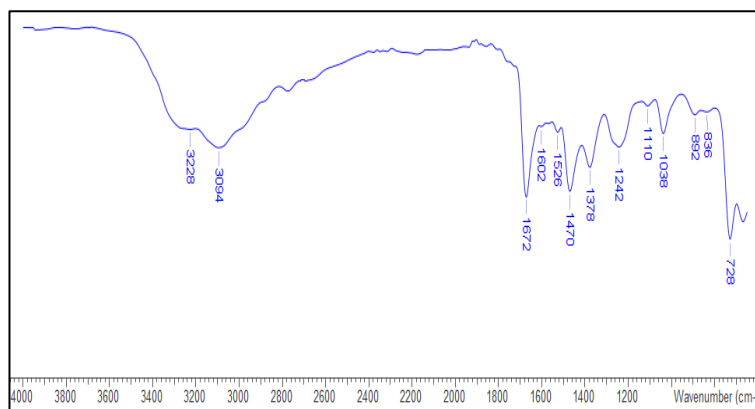
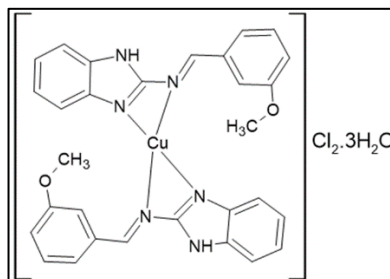
2-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol bileşiğinin Y kompleksi (19)
 $[\text{Y}(\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{N}_3\text{O})_2(\text{NO}_3)] \cdot \text{H}_2\text{O}$



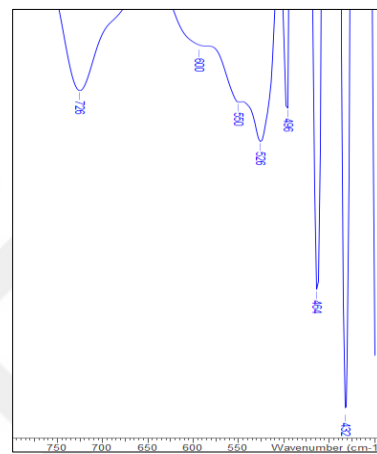
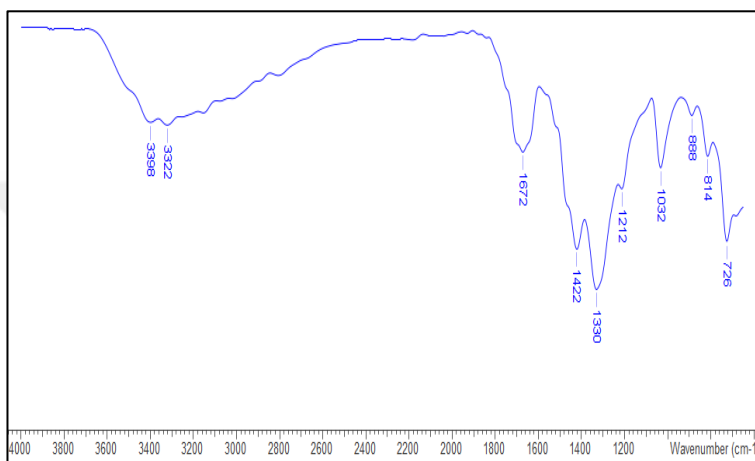
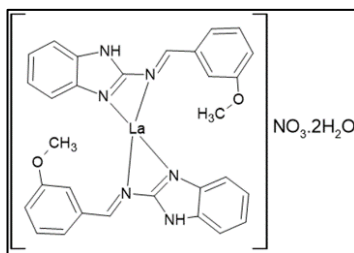
2-{[(1*H*-benzimidazol-2-yl)imino]metil}fenol bileşiğinin La kompleksi (20)
 $[\text{La}(\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{N}_3\text{O})_2(\text{NO}_3)] \cdot \text{H}_2\text{O}$



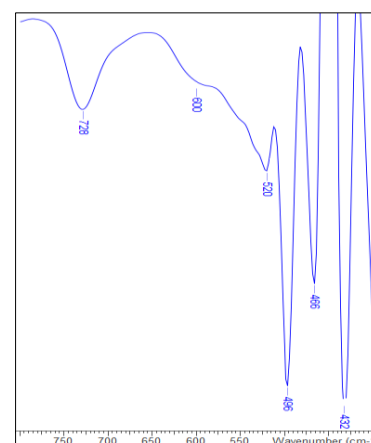
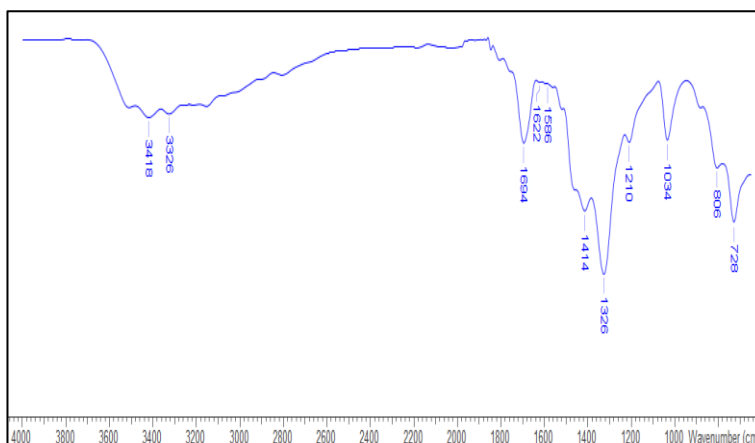
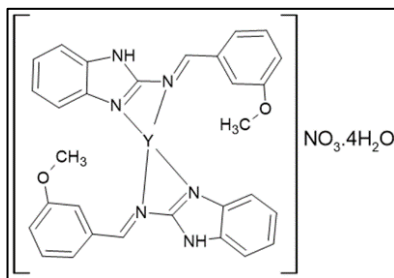
N-(1*H*-benzimidazol-2-yl)-1-(3-metoksifenil)metanimin bileşiğinin Cu kompleksi (21)
 $[\text{Cu}(\text{C}_{15}\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O})_2\text{Cl}_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$



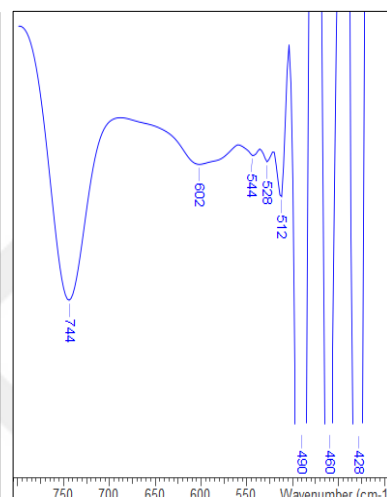
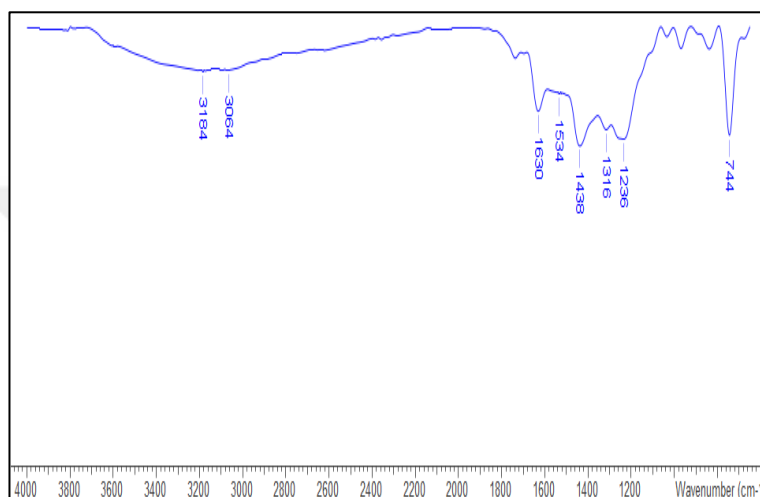
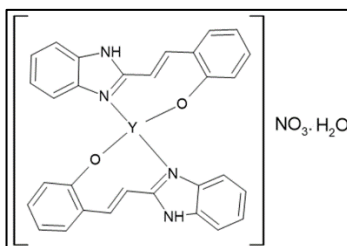
N-(1*H*-benzimidazol-2-yl)-1-(3-metoksifenil)metanimin bileşiğinin La kompleksi (22)
 $[\text{La}(\text{C}_{15}\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O})_2(\text{NO}_3)] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



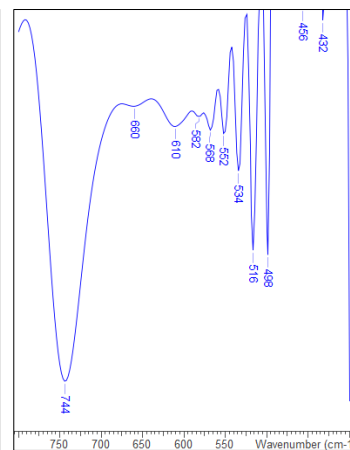
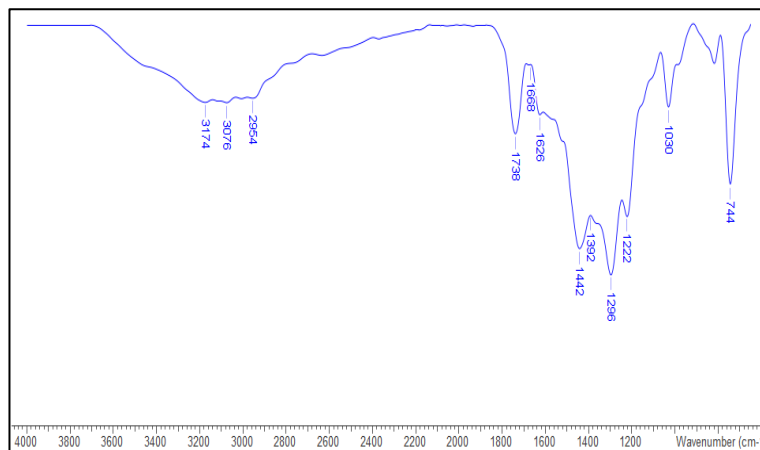
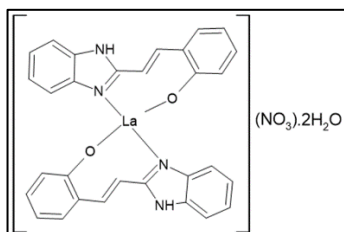
N-(1*H*-benzimidazol-2-yl)-1-(3-metoksifenil)metanimin bileşiğinin Y kompleksi (23)
 $[\text{Y}(\text{C}_{15}\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O})_2(\text{NO}_3)] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$



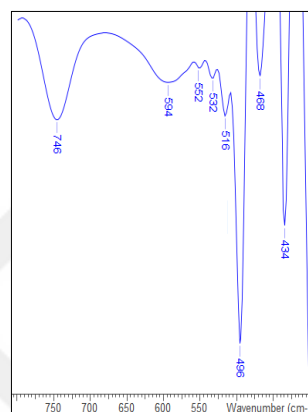
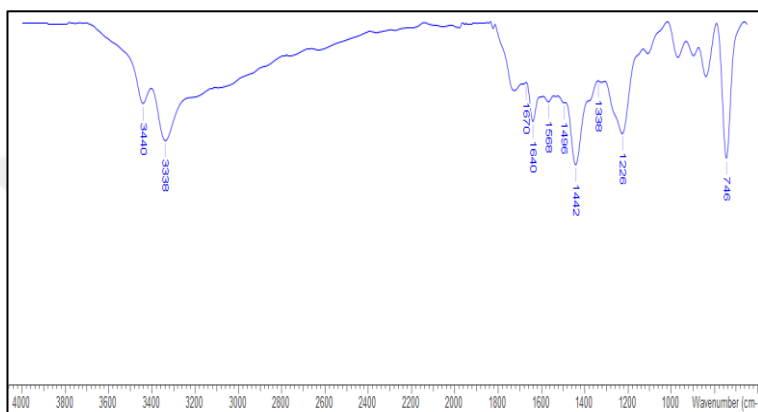
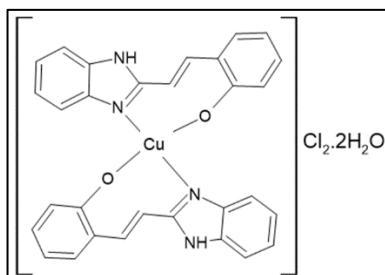
2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-yl)etenil]fenol bileşiğinin Y kompleksi (24)
 $[Y(C_{15}H_{11}N_2O)_2(NO_3)] \cdot H_2O$



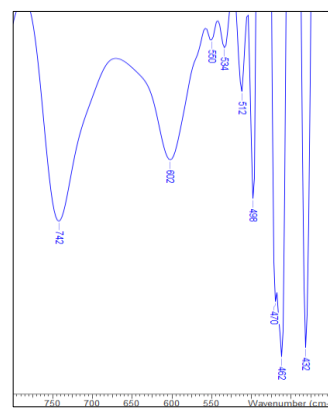
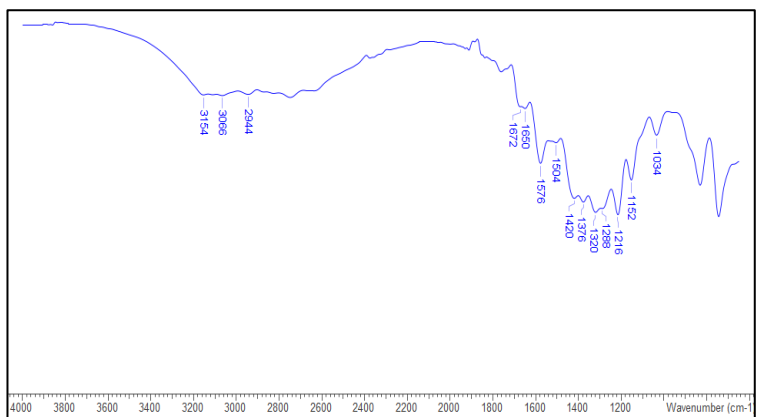
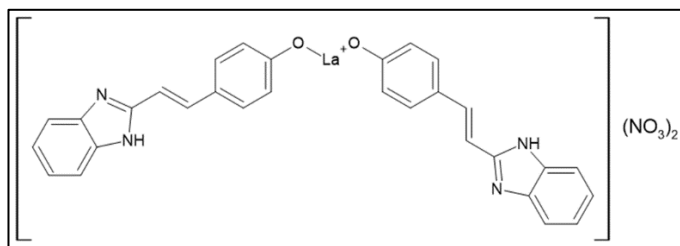
2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-yl)etenil]fenol bileşiğinin La kompleksi (25)
 $[La(C_{15}H_{11}N_2O)_2(NO_3)] \cdot 2H_2O$



2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol bileşiğinin Cu kompleksi (26)
 $[\text{Cu}(\text{C}_{15}\text{H}_{11}\text{N}_2\text{O})_2\text{Cl}_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

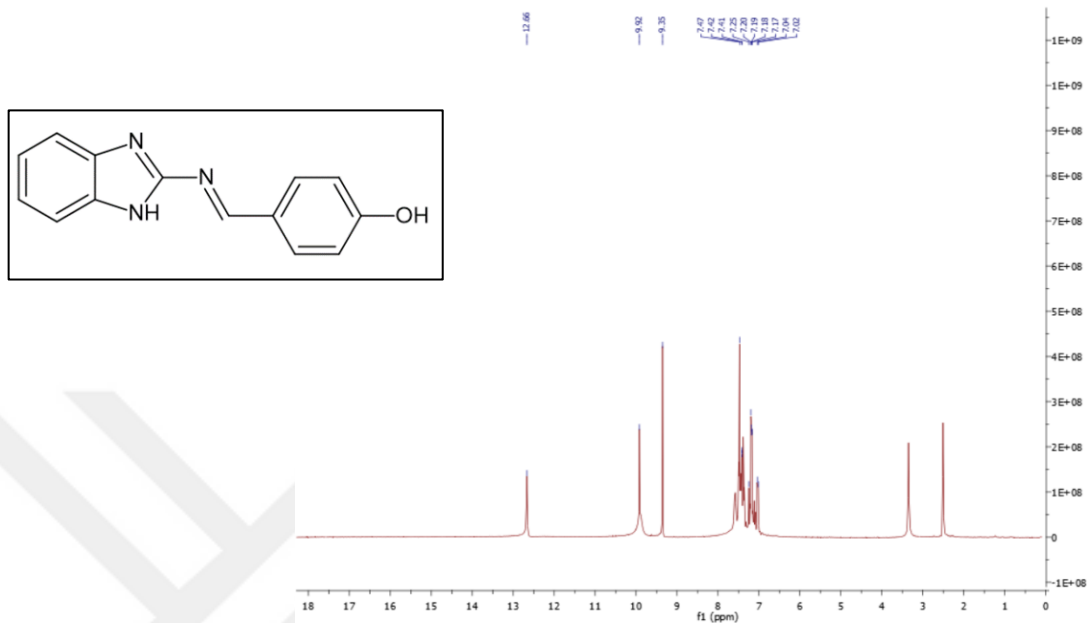


4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol bileşiğinin La kompleksi (27)
 $[\text{La}(\text{C}_{15}\text{H}_{11}\text{N}_2\text{O})_2(\text{NO}_3)_2]$

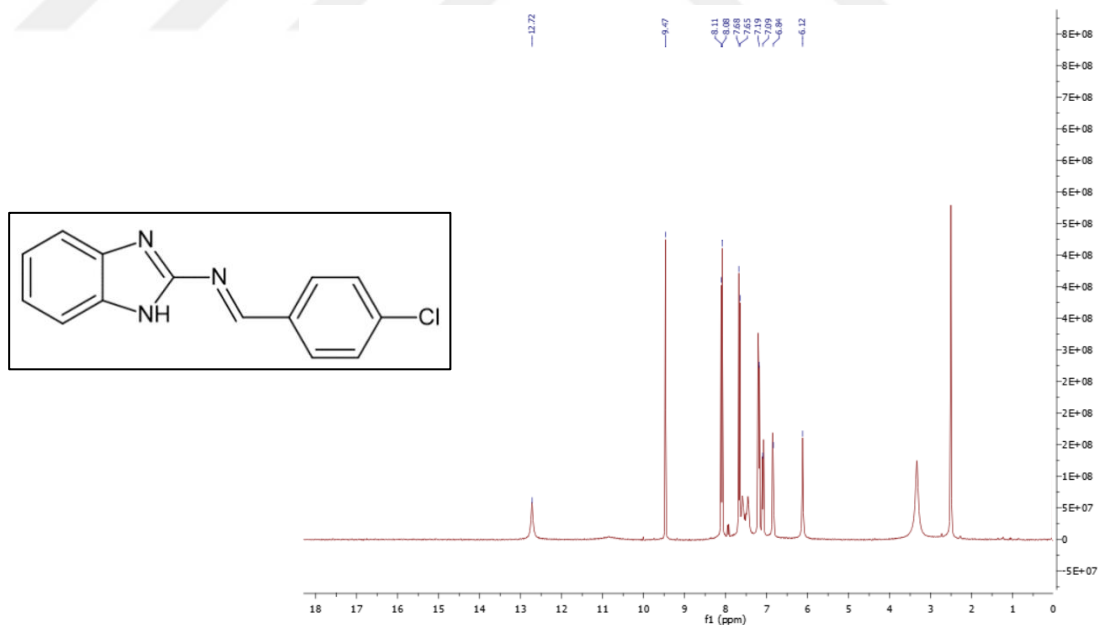


EK 2 ^1H -NMR Spektrumları

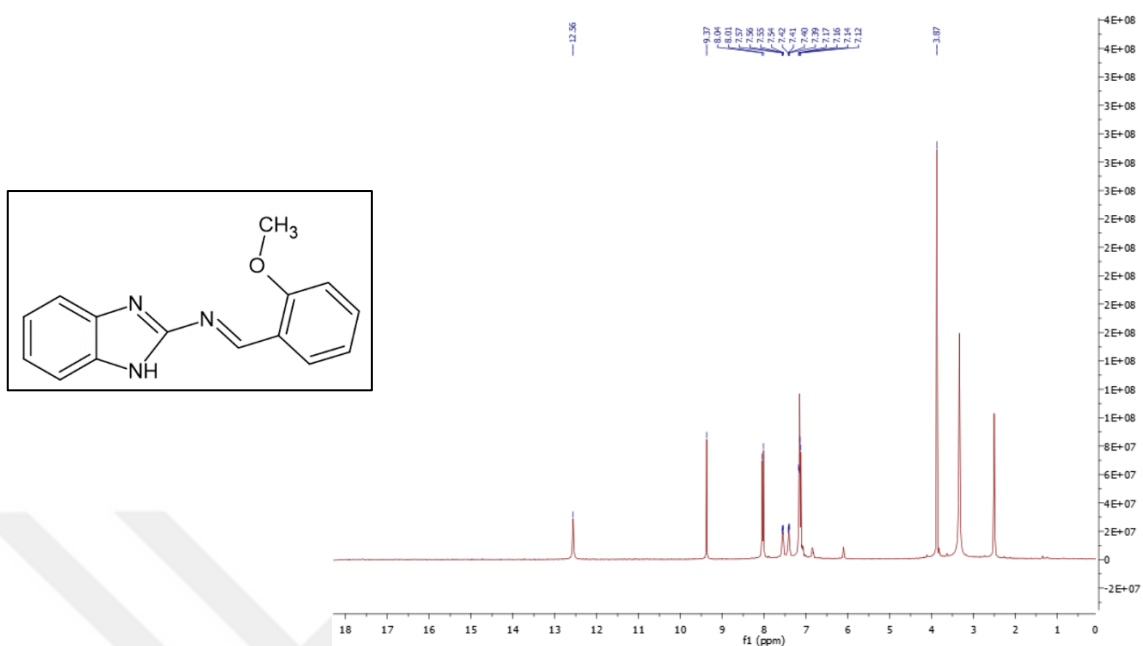
4-[[*(1H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol (10) ($\text{C}_{14}\text{H}_{11}\text{N}_3\text{O}$). H_2O



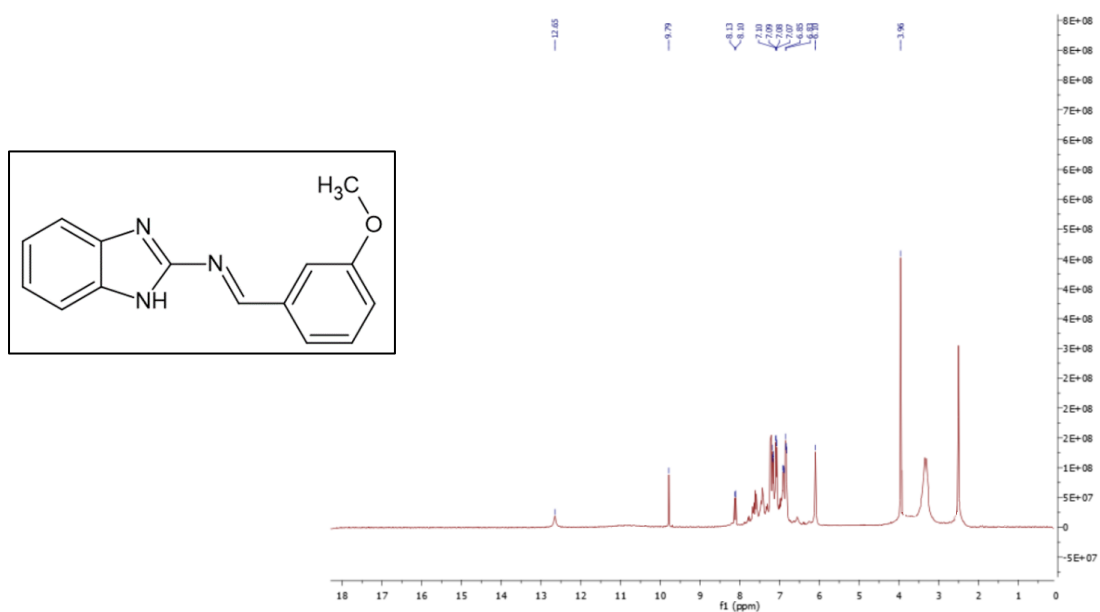
N-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-klorofenil)metanimin (11) ($\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{ClN}_3$)



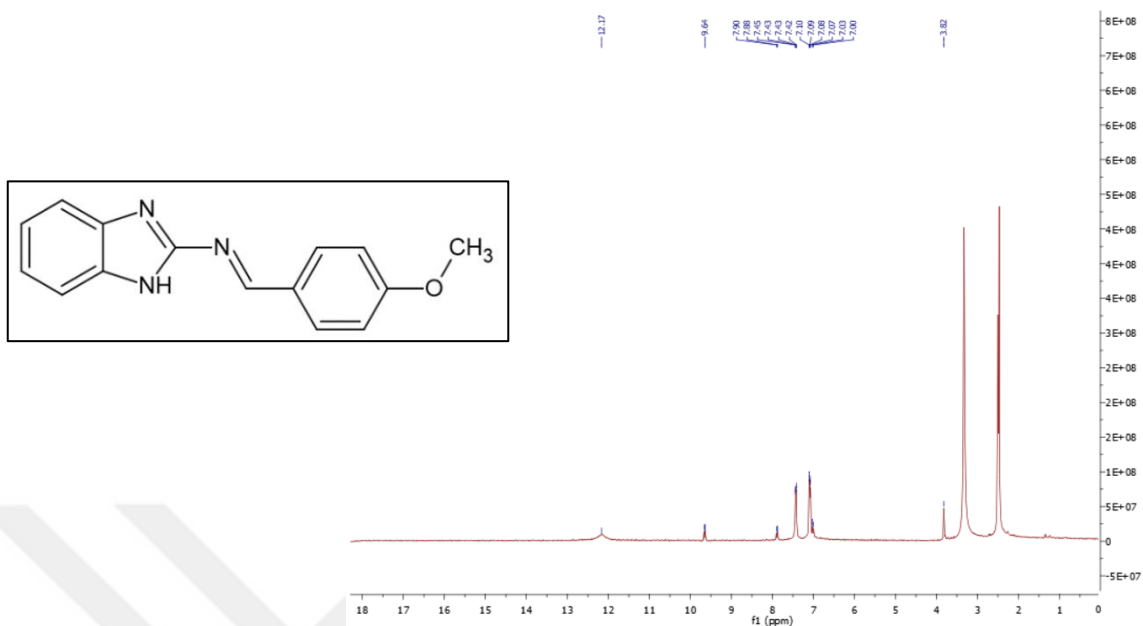
N-(1*H*-benzimidazol-2-yl)-1-(2-metoksifenil)metanimin (12) (C₁₅H₁₃N₃O)·H₂O



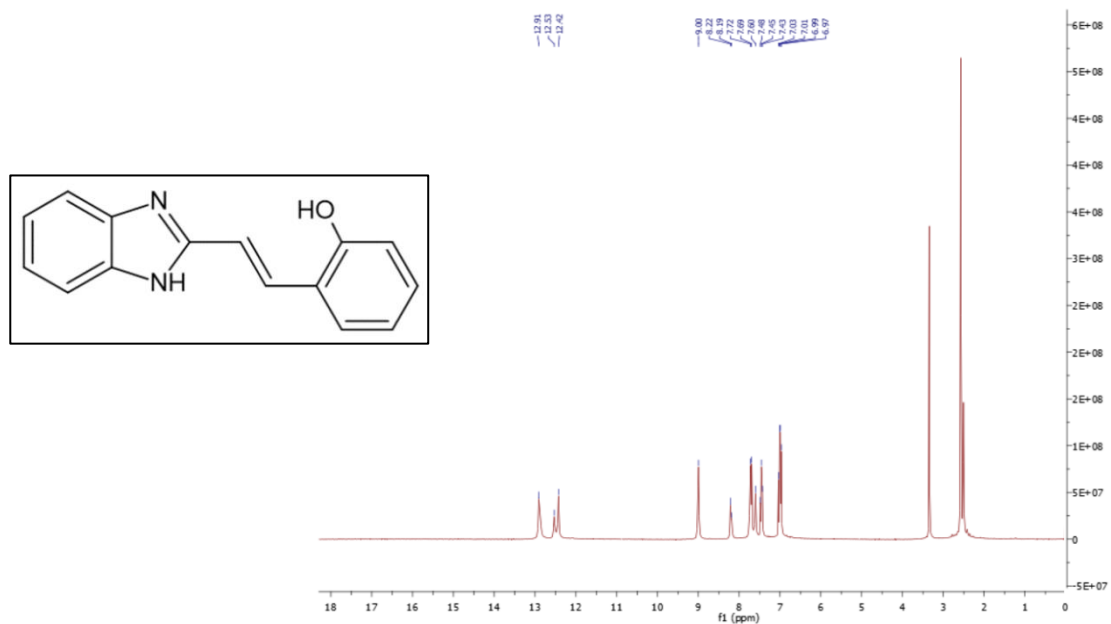
N-(1*H*-benzimidazol-2-yl)-1-(3-metoksifenil)metanimin (13) (C₁₅H₁₃N₃O)·H₂O



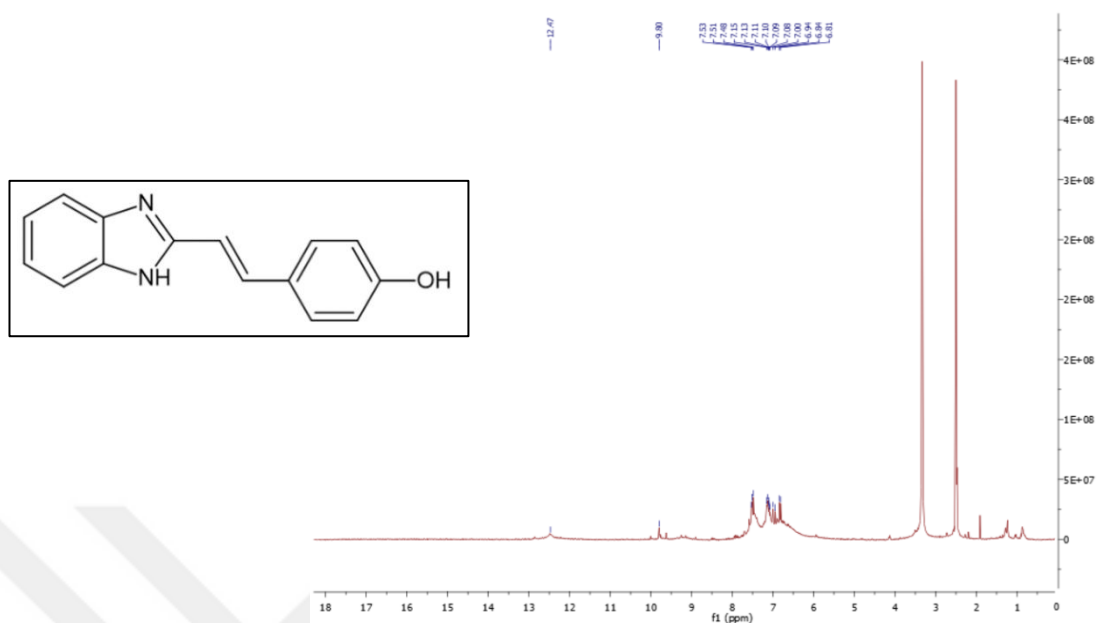
N-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(4-metoksifenil)metanimin (14) (C₁₄H₁₃N₃O)



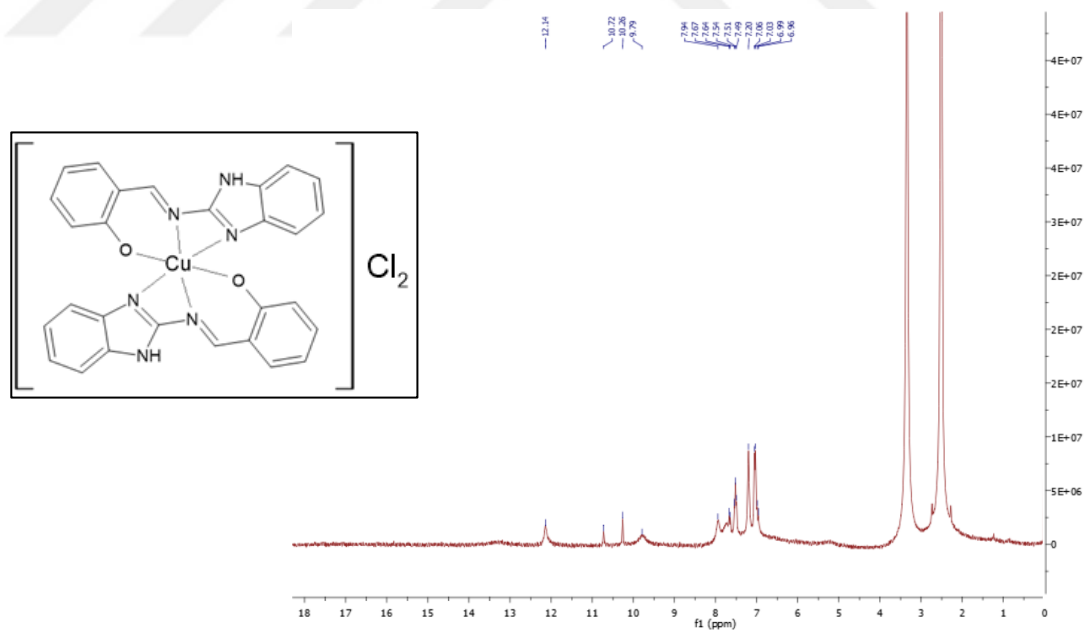
2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (15) (C₁₅H₁₂N₂O)·H₂O



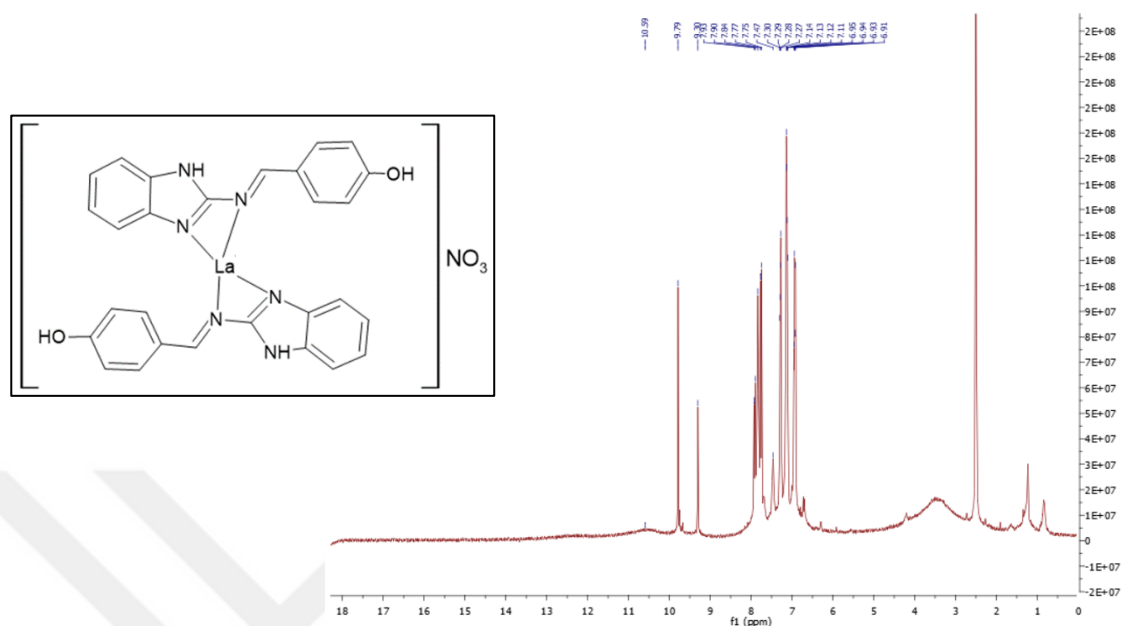
4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol (16) (C₁₅H₁₂N₂O)·H₂O



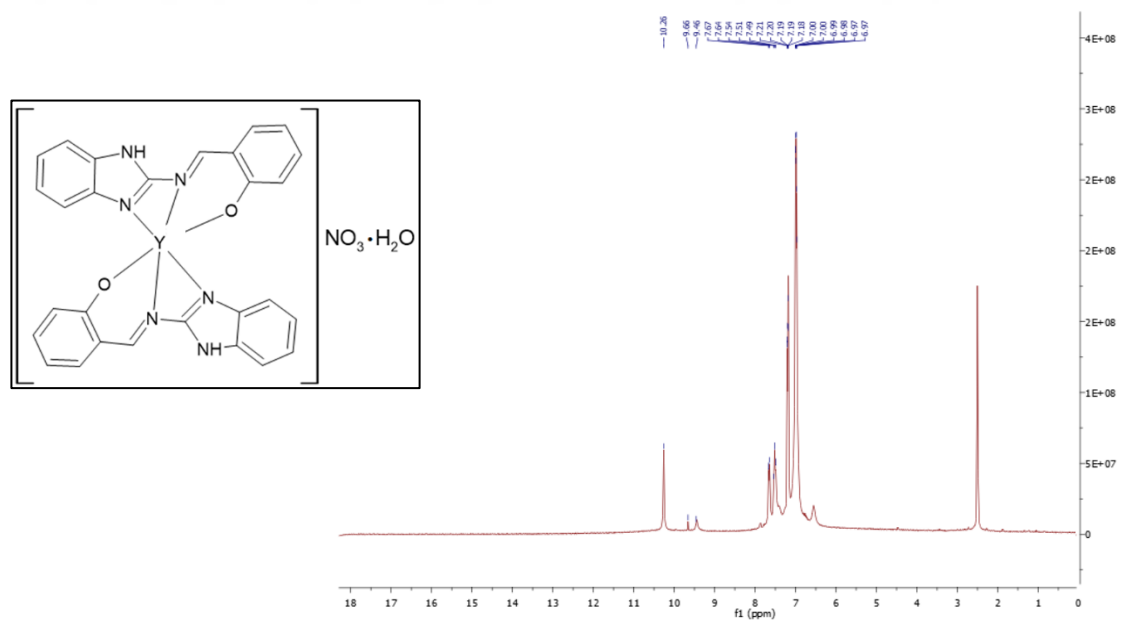
2-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol bileşiğinin Cu kompleksi (17)
[Cu(C₁₄H₁₀N₃O)₂Cl₂]



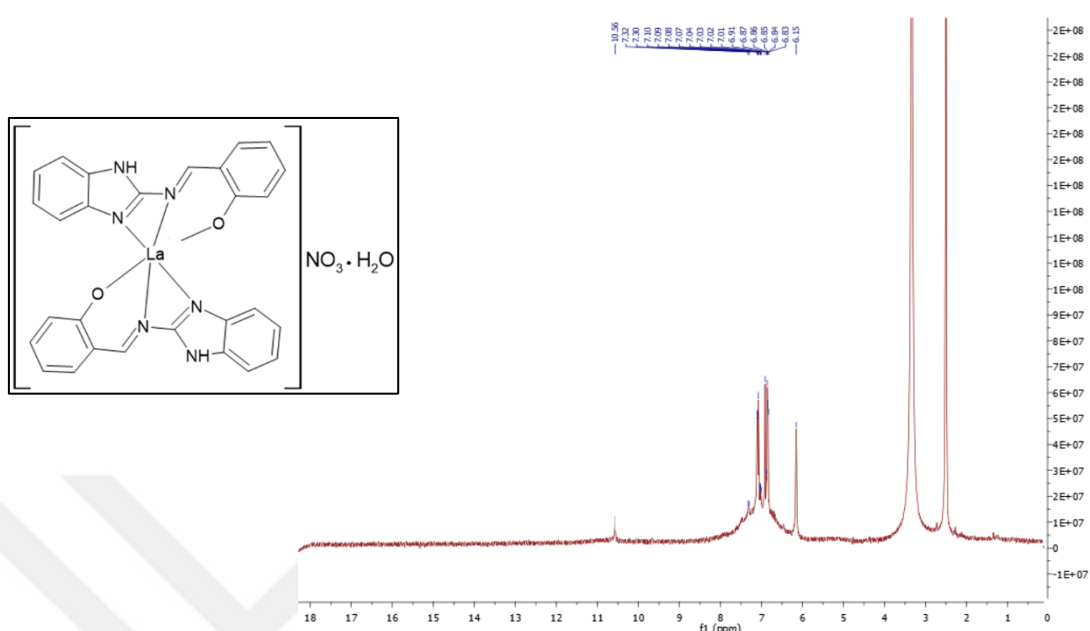
4-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol bileşiğinin La kompleksi (18)
 $[\text{La}(\text{C}_{14}\text{H}_{11}\text{N}_3\text{O})_2(\text{NO}_3)]$



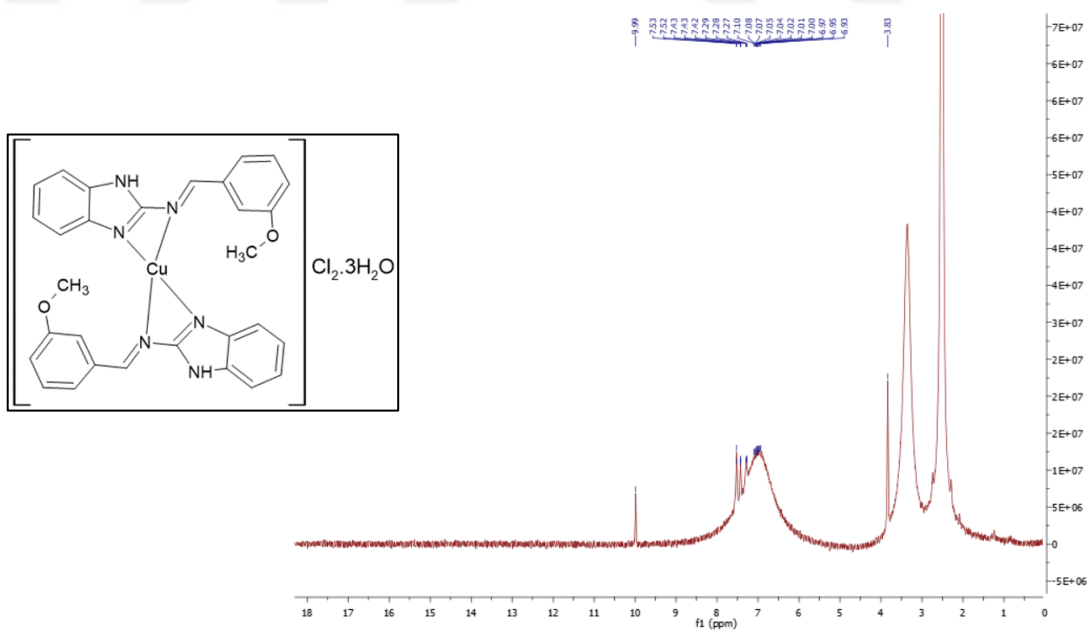
2-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol bileşiğinin Y kompleksi (19)
 $[\text{Y}(\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{N}_3\text{O})_2(\text{NO}_3)] \cdot \text{H}_2\text{O}$



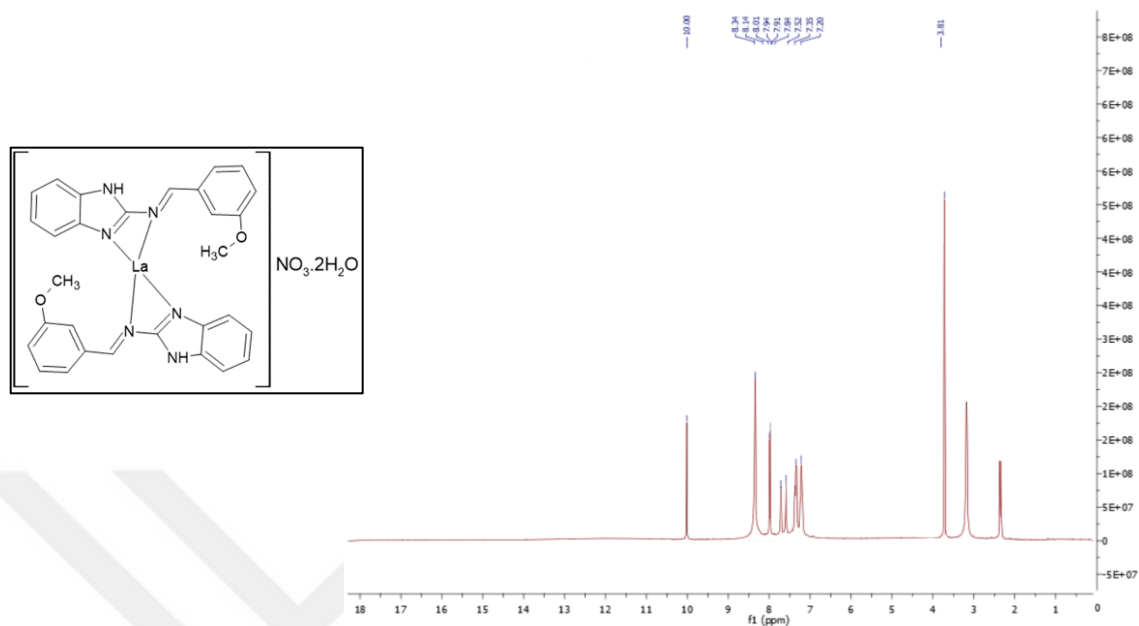
2-{[(1*H*-benzimidazol-2-il)imino]metil}fenol bileşiğinin La kompleksi (20)
 $[\text{La}(\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{N}_3\text{O})_2(\text{NO}_3)] \cdot \text{H}_2\text{O}$



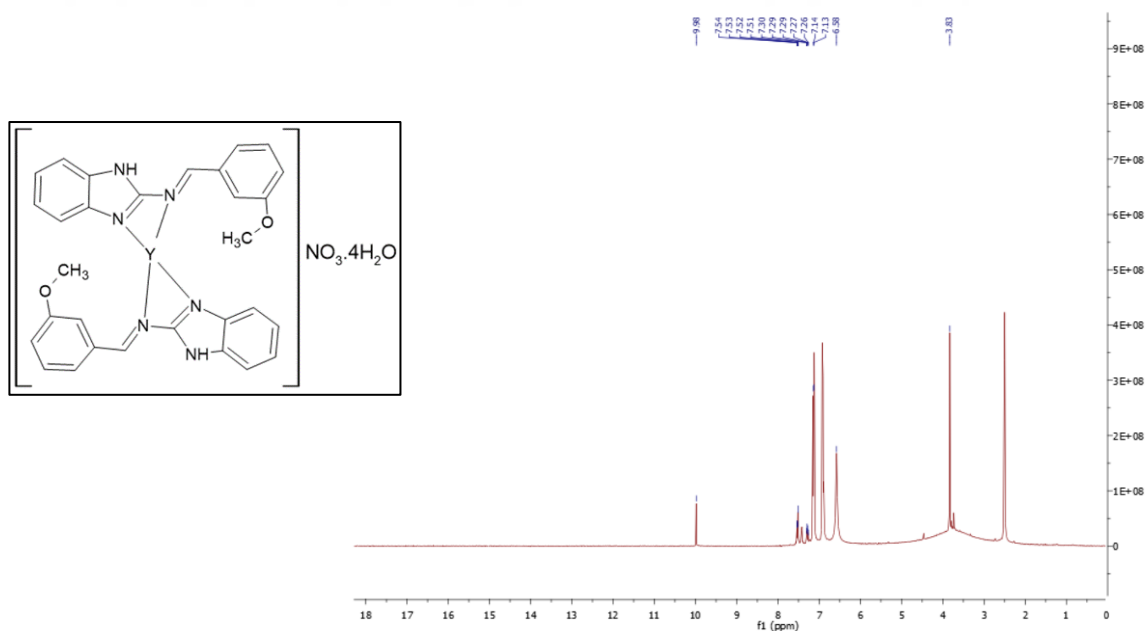
N-(1*H*-benzimidazol-2-il)-1-(3-metoksifenil)metanimin bileşiğinin Cu kompleksi (21)
 $[\text{Cu}(\text{C}_{15}\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O})_2\text{Cl}_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$



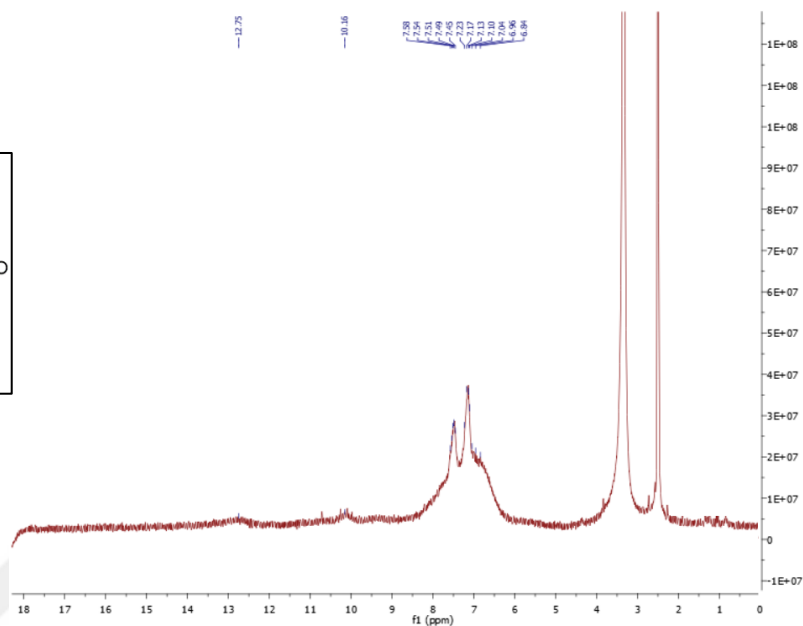
N-(1*H*-benzimidazol-2-yl)-1-(3-metoksifenil)metanimin bileşiğinin La kompleksi (22)
 $[\text{La}(\text{C}_{15}\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O})_2(\text{NO}_3)] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



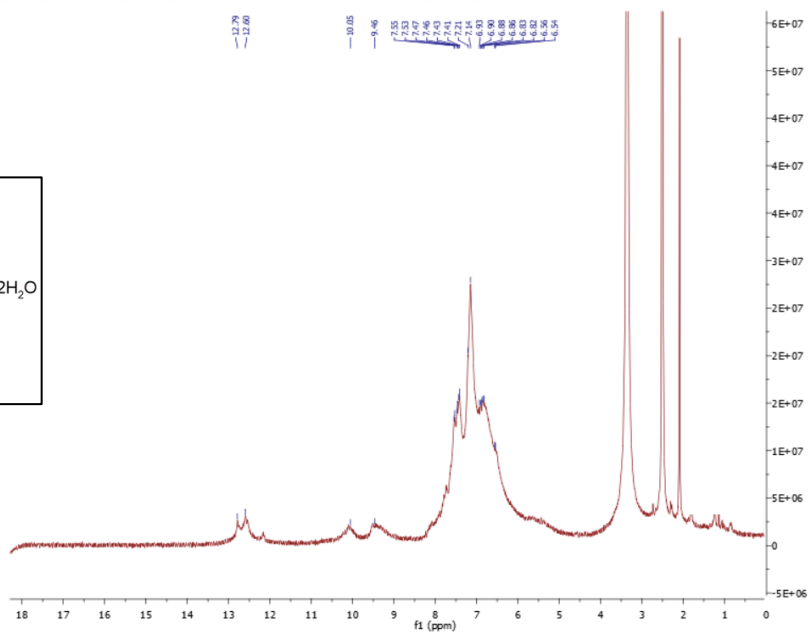
N-(1*H*-benzimidazol-2-yl)-1-(3-metoksifenil)metanimin bileşiğinin Y kompleksi (23)
 $[\text{Y}(\text{C}_{15}\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O})_2(\text{NO}_3)] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$



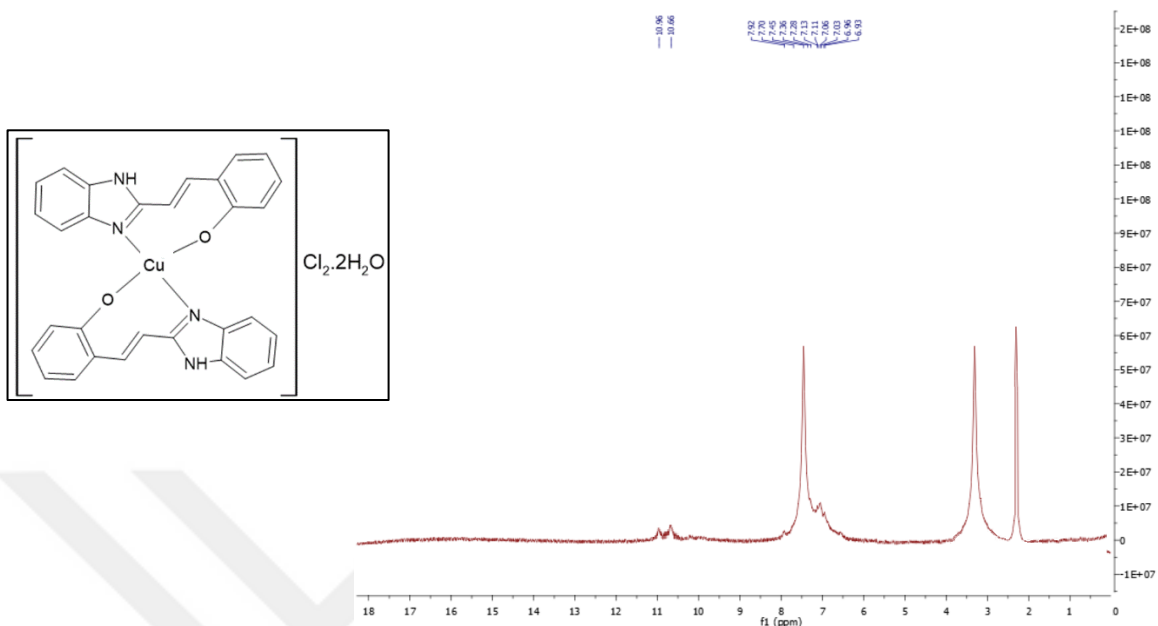
Chemical structure of the [2+2] photocycloaddition product of indole and furan, showing a central Y atom bridging two indole-furan adducts. The structure is enclosed in brackets with a counterion $\text{NO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.



(NO₃)₂·2H₂O



2-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol bileşiğinin Cu kompleksi (26)
 $[\text{Cu}(\text{C}_{15}\text{H}_{11}\text{N}_2\text{O})_2\text{Cl}_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



4-[-2-(1*H*-benzimidazol-2-il)etenil]fenol bileşiğinin La kompleksi (27)
 $[\text{La}(\text{C}_{15}\text{H}_{11}\text{N}_2\text{O})_2(\text{NO}_3)_2]$

