



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORGANO SÜLFONAT BİLEŞİKLERİNİN
SENTEZİ VE KAREKTERİZASYONU

Ali TOPAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Anabilim Dalı

Temmuz-2025
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORGANO SÜLFONAT BİLEŞİKLERİNİN
SENTEZİ VE KAREKTERİZASYONU

Ali TOPAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Adem KORKAMZ

Jüri Üyesi: Doç. Dr. Furgan ASLANOĞLU

Jüri Üyesi: Doç. Dr. Kenan BULDURUN

Jüri Üyesi: Doç. Dr. Adem KORKMAZ

Temmuz-2025
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORGANO SÜLFONAT BİLEŞİKLERİNİN SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU

Ali TOPAL

**Muş Alparslan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Adem Korkmaz

Sülfonat motifi içeren organik maddeler araştırmacılar tarafından sıklıkla çalışılan biyoaktif yapısal bir motiftir. Bu motifi içeren organik moleküllerin antifungal, antineoplastik, antimikrobiyal, antikanser, enzim inhibisyonu, fitoremedasyon, anti-su küfü ve böcek öldürücü gibi birçok biyolojik etkinliklerinin olduğu bilinmektedir. Daha önceki çalışmalarımızda, grubumuz tarafından sülfonat motifini içeren yeni organik yapılar başarılı bir şekilde sentezlenmiş ve bu yapıların enzim inhibisyonu ve fitoremedasyon gibi biyolojik aktivite çalışmaları yapılmıştır. Bu tez çalışması kapsamında, biyolojik etkinlik göstermesi beklenen yeni 10 adet sülfonat türevleri sentezlendi. Sentezlenen bileşiklerin ¹H NMR, ¹³C NMR ve HRMS analizleri yapılarak karakterize edildi. Öncelikle, 4-klorobenzaldehit ve 1-(2-hidroksifenil)etanon çıkış maddelerinden 3-(4-klorofenil)-1-(2-hidroksifenil)prop-2-en-1-on bileşiğinin sentezi yapıldı. Sonrasında bu bileşik ile çeşitli sülfonil klorür reaktifleri kullanılarak yeni dekore edilmiş organo sülfonat ester türevleri elde edildi.

2025, 58 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Organo sülfonat bileşikleri, Karakterizasyon, Sülfonat ester, organik sentez

ABSTRACT

MS THESIS

**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF ORGANO SULPHONATE
COMPOUNDS**

Ali TOPAL

**Muş Alparslan University
Natural and Applied Science
Department of Chemistry**

Advisor: Assoc. Prof. Adem KORKMAZ

Organic substances containing the sulfonate motif are bioactive structural motifs frequently studied by researchers. It is known that organic molecules containing this motif have many biological activities such as antifungal, antineoplastic, antimicrobial, anticancer, enzyme inhibition, phytoremediation, anti-Oomycete, and insecticide. In our previous studies, new organic structures containing the sulfonate motif were successfully synthesized by our group and biological studies of these structures such as enzyme inhibition and phytoremediation were carried out. Ten new sulfonate derivatives expected to show biological activity were synthesized. The sulfonate derivatives (1-10) were analyzed and characterized by ^1H NMR, ^{13}C NMR, and HRMS. Firstly, 3-(4-chlorophenyl)-1-(2-hydroxyphenyl)prop-2-en-1-one compound was obtained from 4-chlorobenzaldehyde and 1-(2-hydroxyphenyl)ethanone starting materials. Afterwards, new decorated organo sulfonate ester derivatives were obtained by using this compound with various sulfonyl chloride reagents.

2025, 58 Pages

Keywords: Organosulfonate compounds, Characterization, Sulfonate ester, Organic synthesis

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışma konumu planlayıp yöneten, bilgi birikimleri ve tecrübeleri ile çalışmalarıma destek olan, tezimin her aşamasında yanımda olan, karşılaştığım her sorunda rahatlıkla yanına gidebildiğim ve arayabildiğim, bu yolda ilerlememde bana ışık olan ve bana kattığı değerli bilgilerinden her daim faydalanacağım çok kıymetli danışman hocam **Doç. Dr. Adem KORKMAZ'a**, Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve birikimlerinden faydalandığım Muş Alparslan Üniversitesi Kimya hocalarıma, Bugünlere gelmemde büyük pay sahibi olan maddi ve manevi desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen anneme, babama, eşime ve ocuklarıma

Teşekkür ederim.

Ali TOPAL
MUŞ-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
TABLOLAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ	1
2.KAYNAK ARAŞTIRMASI	2
3. MATERYAL ve YÖNTEM	22
3.1. Materyal	22
3.2. Yöntem.....	22
3.2.1. 3-(4-klorofenil)-1-(2-hidroksifenil)prop-2-en-1-on hazırlanışı (ÇK1).....	22
3.2.2. Sülfonat ester türevlerinin genel sentezi	23
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....	25
4.1. Spektroskopik bulgular	25
5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA.....	31
KAYNAKLAR	36
EKLER	40
ÖZGEÇMİŞ	58

SİMGELER ve KISALTMALAR

MePh	: Toluen
FPh	: Floro fenil
Me	: Metil
Et	: Etil
Ph	: Fenil
Py	: Piridin
BuPh	: Butilfenil
DMF	: Dimetilformamid
TEA	: Trietilamin
μ M	: Mikro molar
Ar	: Aril grubu
R	: Alkil grubu
FRAP	: Ferrik indirgeyici antioksidan gücü
CUPRAC	: Bakır(II) indirgeyici antioksidan kapasite
ABTS	: (2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit)
MHz	: Megahertz
NMR	: Nükleer Manyetik Rezonans
GRÜMLAB	: Giresun Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi
Q-TOF LC/MS	: Kuadrupol Sıvı Kromatografi Uçuş Zamanlı Kütle Spektrometre
DAYTAM	: Doğu Anadolu yüksek teknoloji uygulama ve araştırma merkezi
MeO	: Metoksi
mL	: Mililitre
mmol	: Milimol
Rt	: Oda sıcaklığı
M_A	: Molekül ağırlığı
g	: Gram
İTK	: İnce Tabaka Kromatografisi
E.N.	: Erime noktası
DMSO	: Dimetil sülfoksit
δ	: Kimyasal Kayma
s	: Singlet
H	: Manyetik alan şiddeti
d	: Dublet
Hz	: Hertz
m	: multiple
HRMS	: Yüksek çözünürlüklü kütle spektrometrisi
ESI	: Elektrosprey İyonlaştırma
m/z	: kütle/yük
$[M+H]^+$: Kütle + 1 piki
$^{\circ}$ C	: Santigrat derece
Ar-C	: Aril karbon
Ar-H	: Aril proton
Ppm	: Milyonda bir kısım
H	: Proton
dk	: Dakika
%	: yüzde

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1. Sülfonat analoglarının antitümör etkinlikleri	2
Şekil 2. 2. Bazı Sülfonat esterlerinin antikanser ve antibakteriyel çalışılması.....	3
Şekil 2. 3. Trisiklik kumarin-sülfonat hibrit yapılarının kanser çalışması	3
Şekil 2. 4. Sülfonat veya sülfamat motiflerini içeren arilamid türevlerinin steroid sülfataz enzimine karşı inhibitör etkinliği	4
Şekil 2. 5. Piridin-pirazol-sülfonat türevlerinin hepatit B virüsüne karşı etkinliği	4
Şekil 2.6. Raloksifen sülfonat/sülfamat türevlerinin nükleotid pirofosfataz/fosfodiesteraz-1 ve -3 enzimlerine karşı etkinliği	4
Şekil 2. 7. Tiyofen sülfonat grubu içeren kalkon türevlerinin antibakteriyel etkinlikleri	5
Şekil 2. 8. Arilamid-sülfonat hibrit türevlerinin nükleotid pirofosfataz inhibitör etkinliği	5
Şekil 2. 9. Benzofuran ve benzotiyofen içeren sülfonat hibrit türevlerinin pirofosfatazlar / fosfodiesterazların inhibitör etkinliği	6
Şekil 2. 10. Heterosiklik motifi içeren sülfonat türevlerinin doğrusal olmayan optik özelliklerinin incelenmesi	6
Şekil 2. 11. 4-Tiyazolidinon motifinin hidrazolil bağlı sülfonat ester analoglarının α -glukozidaz inhibitör ve antioksidan aktiviteleri.....	7
Şekil 2. 12. Sülfonat türevlerinin tarımdaki zararlı mantarlara karşı etkinliği	7
Şekil 2. 13. Hinokitiolün sülfonat türevlerinin tarımsal zararlılarına karşı etkinliği.....	8
Şekil 2. 14. Sülfonat motifi içeren pirazol karbamid türevlerinin antifungal ve antiviral etkinlikleri	8
Şekil 2. 15. Sülfonat türevlerinin metabolik enzimlere karşı etkinliği	8
Şekil 2. 16. Benzotiyazol sülfonat türevlerinin tirozinaz ve pankreas lipaz enzim inhibisyon etkinlikleri	9
Şekil 2. 17. Bis(sülfonat) türevlerinin tirozinaz ve pankreas lipaz enzimleri üzerindeki etkinliği	10
Şekil 2. 18. Kumarin sülfonat türevlerinin in silico metotla tirozinaz ve pankreas lipaz inhibitör etkileri	11
Şekil 2. 19. Sülfonat türevlerinin tirozinaz ve pankreas lipaz inhibitör etkinlikleri.....	12
Şekil 2. 20. Auron-sülfonat hibrit türevlerinin asetilkolin esteraz inhibitör etkinliği	12
Şekil 2. 21. Resveratrol sülfonat türevlerinin anti-oomycete ve anti-fungal etkinlikleri	13
Şekil 2. 22. Sülfonat türevlerinin pestisit etkinliklerinin incelenmesi.....	13
Şekil 2. 23. Sülfonat-naftalin hibrit yapılarının pankreatik lipaz ve tirozinaz enzim inhibitör etkinlikleri	14
Şekil 2. 24. Kalkon-sülfonat hibrit türevlerinin in silico yöntemle enzim inhibisyon çalışmaları.....	14

Şekil 2. 25. Azometin motifi içeren benzotiyazol-sülfonat hibrit türevlerinin pankreatik lipaz inhibitör etkinlikleri	15
Şekil 2. 26. Benzotiazol-sülfonat hibrit türevlerinin tirozinaz, amilaz ve pankreatik lipaz enzim inhibitör etkinlikleri	16
Şekil 2. 27. Benzofuran veya benzotiyofen iskeleti taşıyan sülfonat ve sülfamat türevlerinin üreaz enzimi üzerindeki etkinliği	16
Şekil 2. 28. Sülfonat Türevlerinin fungusit potansiyellerine yönelik çalışması.....	17
Şekil 2. 29. Barbitürat-sülfonat hibrit türevlerinin asetilkolin esteraz ve bütirikolin esteraz inhibitör aktivitesi	17
Şekil 2. 30. Hidrazon-sülfonat hibrit bileşiklerinin kolon kanseri hücresi, prostat kanseri hücresi ve embriyonik böbrek hücreleri üzerindeki etkileri	18
Şekil 2. 31. Tiyofen motifi taşıyan kalkon-sülfonat türevlerinin pankreatik lipaz inhibitör etkinlikleri.....	19
Şekil 2. 32. Metoksi sübstitüenti içeren kalkon-sülfonat hibrit bileşiklerinin antiobezite etkinlikleri.....	19
Şekil 2. 33. Bromo sübstitüenti içeren kalkon türevlerinin asetilkolinesteraz, pankreatik lipaz ve Antioksidant özellikleri	20
Şekil 2. 34. Sülfonat grubu içeren aminoguanidin türevlerinin anti-oomycete ve anti-fungal aktiviteleri.....	20
Şekil 2. 35. Arilsülfonil Schiff bazı türevlerinin kolinesterazlara ve antioksidan etkinlikleri.....	21
Şekil 2. 36. Hidrazon-sülfonat türevlerinin α -amilaz, aldoz redüktaz ve α -glukozidaza karşı inhibitör aktiviteleri.....	21
Şekil 3. 1. ÇK1'in sentetik yolu	23
Şekil 3. 2. Organo sülfonat ester türevlerinin genel sentezi	24

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 5.1. Kloro ikame edicisi içeren kalkon-sülfonat türevlerinin (1-10) yapıları	31
Tablo 5.2. Bileşiklerin ¹ H NMR spektrum verileri	32
Tablo 5.3. Bileşiklerin ¹³ C NMR spektrum verileri.....	34

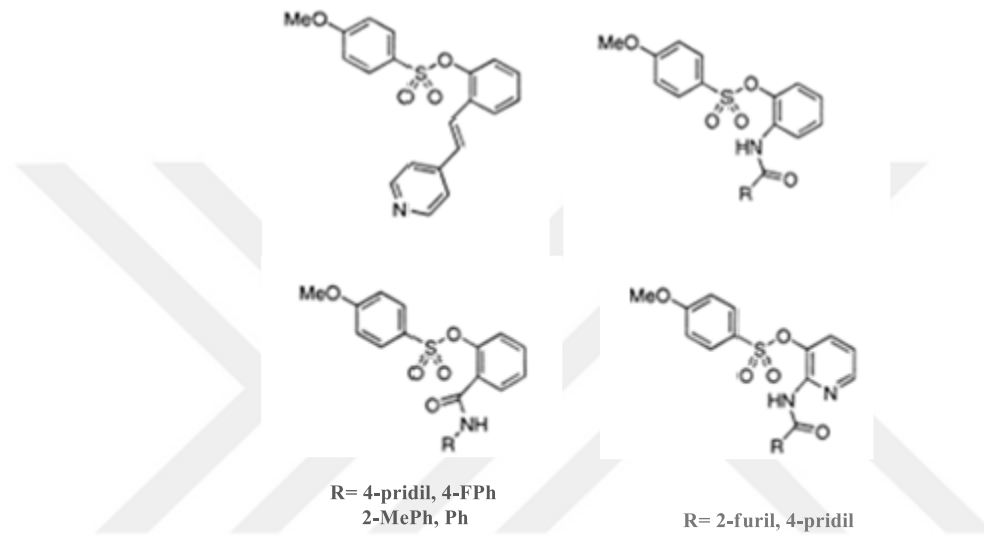


1. GİRİŞ

Organosülfonat esterleri, sülfonat grubu ($-\text{SO}_3^-$) bulunan bir organik ester yapısıdır. Bu fonksiyonel sülfonat grubu ($-\text{SO}_3^-$) birçok alanda kullanılan bileşiklere kimyasal, teknolojik ve fiziksel özellik kazandırır. Sülfonat motifi güçlü elektron çekici özellikleri, bağlı olduğu organik molekülün elektron etkinliklerini belirler (Xu ve ark., 2019). Sülfonat motifinin elektron çekme özelliğinden dolayı diğer bileşiklerde bulunan fonksiyonel gruplarla olan etkileşimlerini artırır. Örnek olarak, sülfonat motifinin olduğu aromatik halkalarda, elektrofilik aromatik süstitüsyon reaksiyonlarının seçimliliği değişmektedir. Sülfonatların kimyasal özellikleri, bağlı oldukları organik moleküller ve diğer fonksiyonel grupların varlığına bağlı olarak büyük ölçüde değişebilir. Sülfonat motifi, içerdikleri organik molekül yapısına bağlı olarak birçok yeni bileşik yapısına sahiptir. Bu çeşitlilik neticesinde organosülfonat ester bileşiklerin çok sayıda yeni yapıları mümkündür. Sülfonatların elektron çekici bileşenlerine göre bağlı oldukları organik moleküllerin reaktivitesini etkileyerek kimyasal işlemler de seçiciliği artırması, bu bileşiklerin çeşitli biyolojik etkiler göstermesini ve tedavi amaçlı birçok uygulamada kullanılmasına olanak sağlar. Özellikle organosülfonat türevlerinin biyolojik özellikler bakımından oldukça etkili olduğu tespit edilmiştir (Kaur ve ark., 2022). Ek olarak, sülfonat ester motifini içeren diğer yapılar, antibakteriyel (Guo ve ark., 2019), enzim inhibisyonu (El-Gmala ve ark., 2019), ve görüntüleme ve fototerapötik ajanlar olarak potansiyel kullanımları (Simoes ve ark., 2012) açısından literatürde kullanıldıkları gözlenmiştir. Bu etkilerin dağılımı ve sülfonat gruplarının rolü, sülfonat türevi içeren yeni bileşiklerin daha az yan etkili olan tedaviler sunma gibi yeni araştırmaların çalışılması ile mümkündür. Sülfonat ester motifi içeren yeni bileşiklerin biyolojik etkileri, genellikle sülfonat grupları ve bağlı olduğu organik moleküllere bağlıdır. Organosülfonatların biyolojik etkilerinin daha iyi anlaşılması ve yan etkilerinin değerlendirilmesi için daha fazla yeni bileşiklerin sentezine ve biyolojik özelliklerinin incelenmesine ihtiyaç vardır.

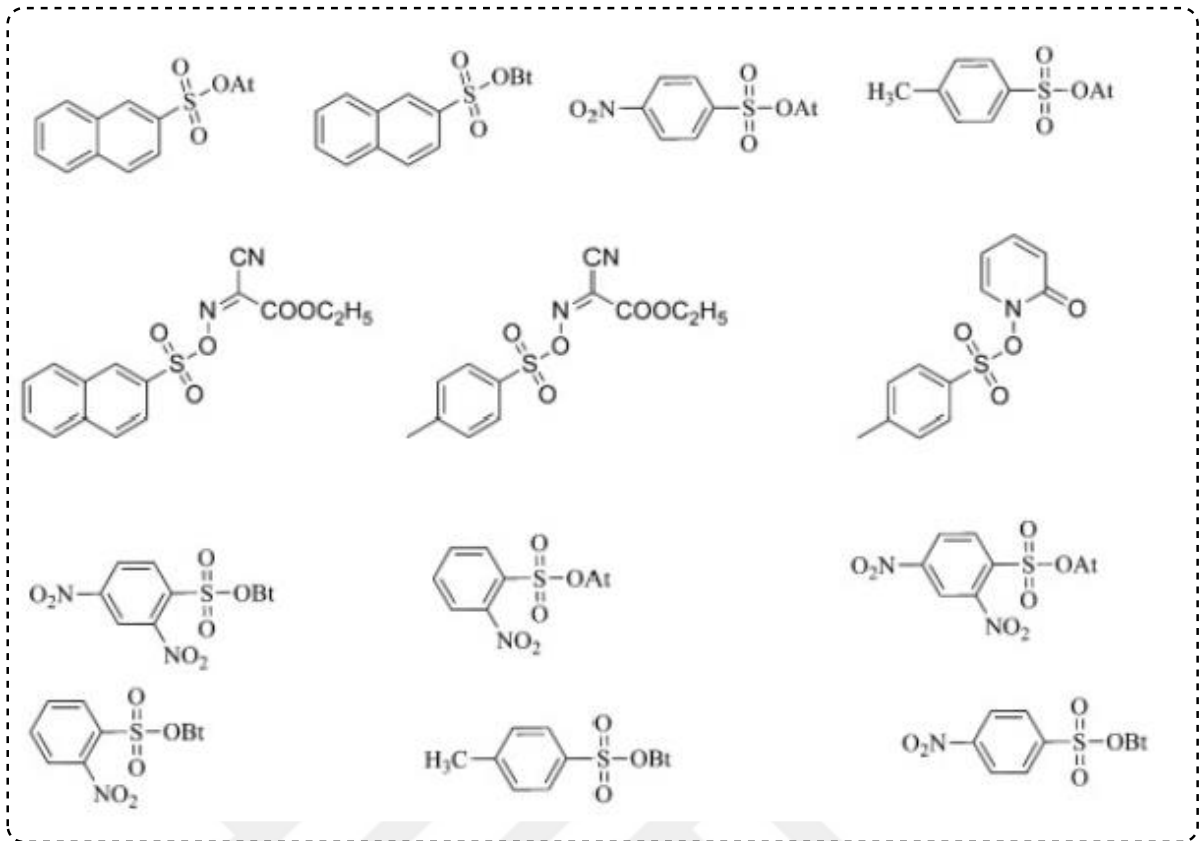
2.KAYNAK ARAŞTIRMASI

Gwaltney ve ark. tarafından yeni sülfonat analoglarının sentezi ve biyolojik değerlendirmesi rapor edilmiştir (Gwaltney ve ark., 2001), (Şekil 2.1.). Bileşiklerin birkaçı hücre çoğalmasının ve tübülün polimerizasyonunun güçlü inhibitörleri olarak iyi etkinlik gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca, bu bileşiklerin birçok diğer antitümör ajanlara dirençli olan P-glikoprotein pozitif (+) kanser hücrelerine karşı da aktif olduğu belirtilmiştir.



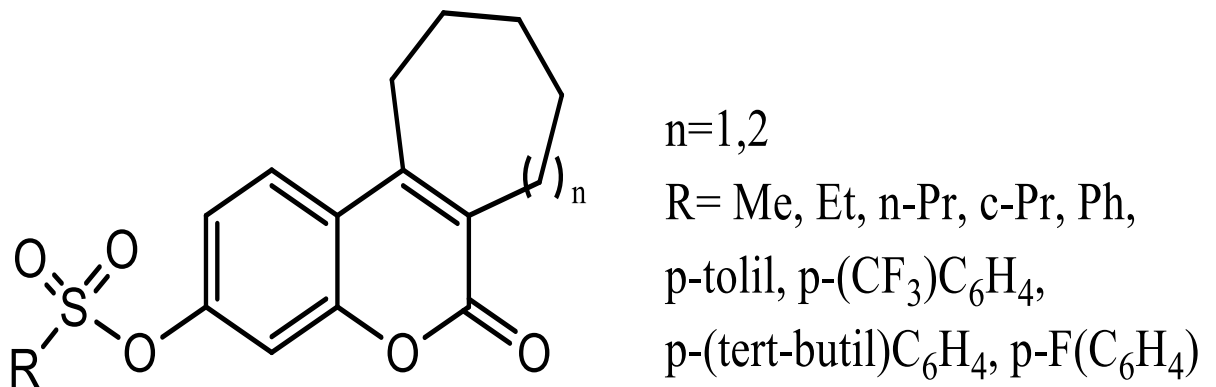
Şekil 2. 1. Sülfonat analoglarının antitümör etkinlikleri

Ghazzali ve ark. tarafından sülfonat esteri türevleri sentezlenerek bu bileşiklerin İnsanlardaki üç kanser hücre hattı ve sivrisinek larvaları üzerinde antibakteriyel aktivite açısından değerlendirildiği belirtilmiştir (Ghazzali ve ark., 2013), (Şekil 2.2.).



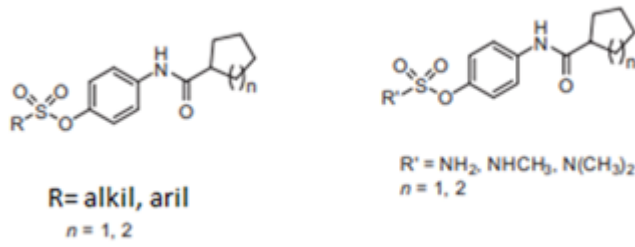
Şekil 2. 2. Bazı Sülfonat esterlerinin antikanser ve antibakteriyel çalışması

Trisiklik kumarin-sülfonat hibrit yapılarının dokuz farklı kanser türüne karşı etkinlikleri test edilmiş ve bazı türevlerin lösemi, kolon kanseri ve böbrek kanseri hücre hatlarında etkileri önemli oldukları rapor edilmiştir (El-Gamal, ve ark. 2014), (Şekil 2.3.).



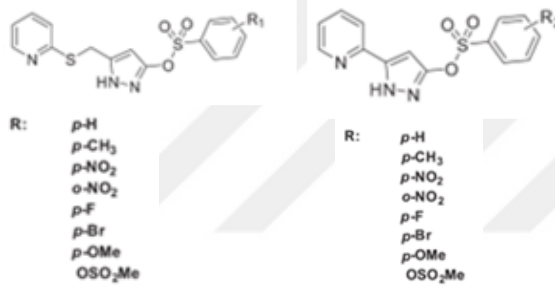
Şekil 2. 3. Trisiklik kumarin-sülfonat hibrit yapılarının kanser çalışması

El-Gamal ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada sülfonat veya sülfamat kısımlarına sahip bir dizi arilamid türevi sentezlenmiş ve bu bileşiklerin steroid sülfataz enzimine karşı inhibitör etkisi test edilmiştir (El-Gamal, ve ark. 2016), (Şekil 2.4.).



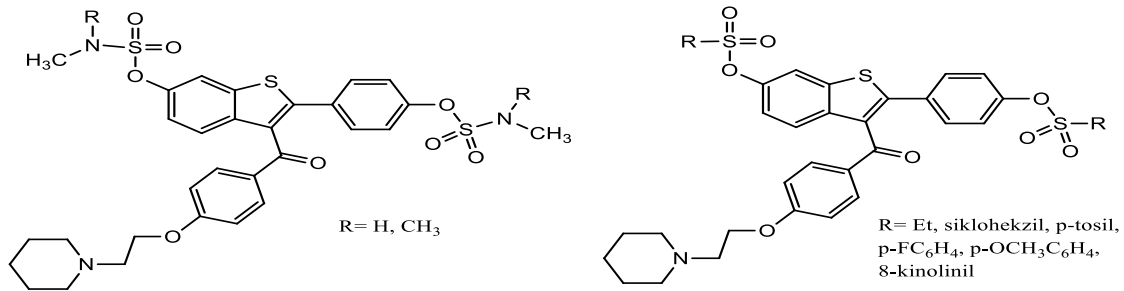
Şekil 2. 4. Sülfonat veya sülfamat motiflerini içeren arilamid türevlerinin steroid sülfataz enzimine karşı inhibitör etkinliği

Chuang ve arkadaşları tarafından piridin-pirazol-sülfonat türevleri sentezlenmiş, akut ve kronik enfeksiyonlara neden olan hepatit B virüsüne karşı ilaç olarak etkinliği araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre bileşiklerin anti-HBV ilaç geliştirme için öncülük edeceği vurgulanmıştır (Chuang, ve ark. 2016) , (Şekil 2.5.).



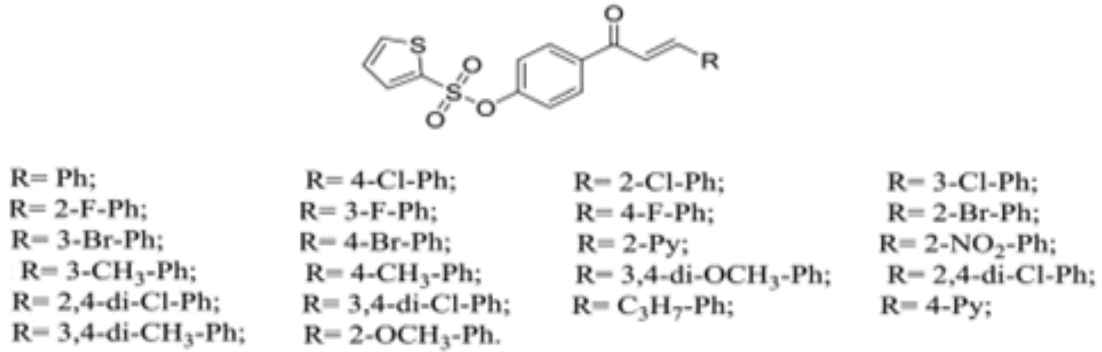
Şekil 2. 5. Piridin-pirazol-sülfonat türevlerinin hepatit B virüsüne karşı etkinliği

El-Gamal ve ark., tarafından raloksifen sülfonat/sülfamat türevleri sentezlenmiş ve nükleotid pirofosfataz/ fosfodiesteraz-1 ve -3 enzimlerine karşı etkinliği test edilmiştir. Hedef bileşikler çeşitli kanser hücre hatlarında sitotoksik çalışmalara tabi tutulmuş ve kolon kanseri hücre hattına karşı yüksek etkinlik gösterdiği belirtilmiştir (El-Gamal, ve ark. 2019), (Şekil 2.6.).



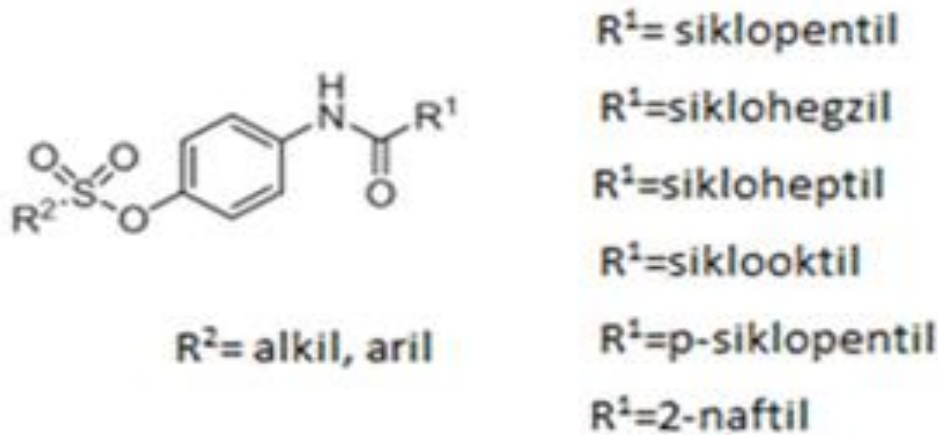
Şekil 2.6. Raloksifen sülfonat/sülfamat türevlerinin nükleotid pirofosfataz/ fosfodiesteraz-1 ve -3 enzimlerine karşı etkinliği

Guo ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada tiyofen sülfonat grubu içeren bir dizi yeni kalkon türevi sentezlenmiş ve antibakteriyel etkinlikleri araştırılmıştır. Elde ettikleri sonuçlara göre tiyofen sülfonat grubu içeren kalkon türevlerinin ileriki çalışmalarda antibakteriyel ve antiviral ajan tasarımında rol alabileceği belirtilmiştir (Guo ve ark. 2019), (Şekil 2.7.).



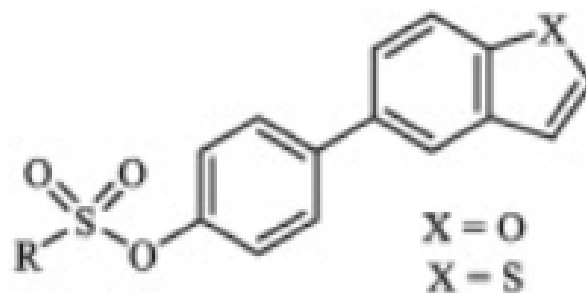
Şekil 2. 7. Tiyofen sülfonat grubu içeren kalkon türevlerinin antibakteriyel etkinlikleri

Semreen ve arkadaşları tarafından sülfonat türevi serisi sentezlenmiş ve nükleotid pirofosfataz inhibitörleri olarak değerlendirilmiş ve türevlerin çoğu bazı izoenzimlere karşı orta ve iyi düzeyde inhibisyon etkisi gösterdiği rapor edilmiştir (Semreen ve ark 2019), (Şekil 2.8.).



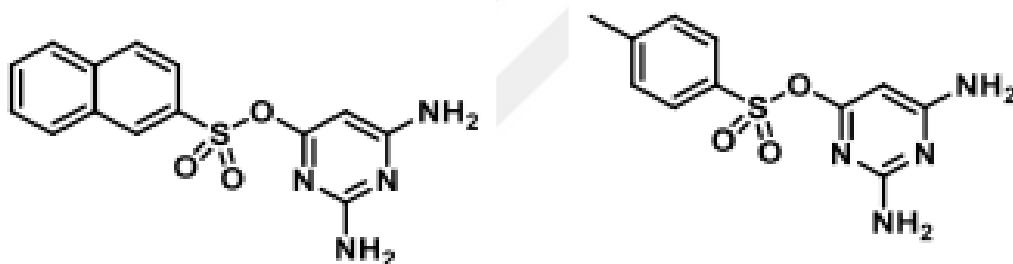
Şekil 2. 8. Arilamid-sülfonat hibrit türevlerinin nükleotid pirofosfataz inhibitör etkinliği

Benzofuran ve benzotiyofen içeren sülfonat türevlerinin pirofosfatazlar / fosfodiesterazların güçlü inhibitör etkinliğine sahip oldukları tespit edildiği rapor edilmiştir. Bu bileşiklerin özellikle normal hücrelerden farklı olarak kanser hücrelerinde güçlü ve seçici olduğu ortaya konmuştur (Anbar ve ark. 2020), (Şekil 2.9.).



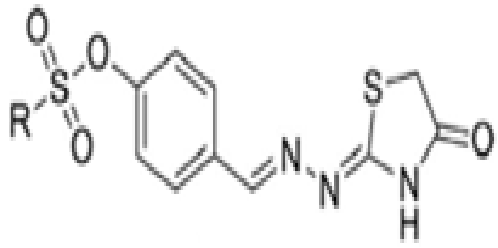
Şekil 2. 9. Benzofuran ve benzotiyofen içeren sülfonat hibrit türevlerinin pirofosfatazlar / fosfodiesterazların inhibitör etkinliği

Bir başka çalışmada heterosiklik motifi içeren sülfonat türevleri sentezlenmiş ve rapor edilmiştir. Bu bileşiklerin doğrusal olmayan optik ve doğal bağ orbital özellikleri hesaplandığı rapor edilmiştir (Ali ve ark. 2021), (Şekil 2.10.).



Şekil 2. 10. Heterosiklik motifi içeren sülfonat türevlerinin doğrusal olmayan optik özelliklerinin incelenmesi

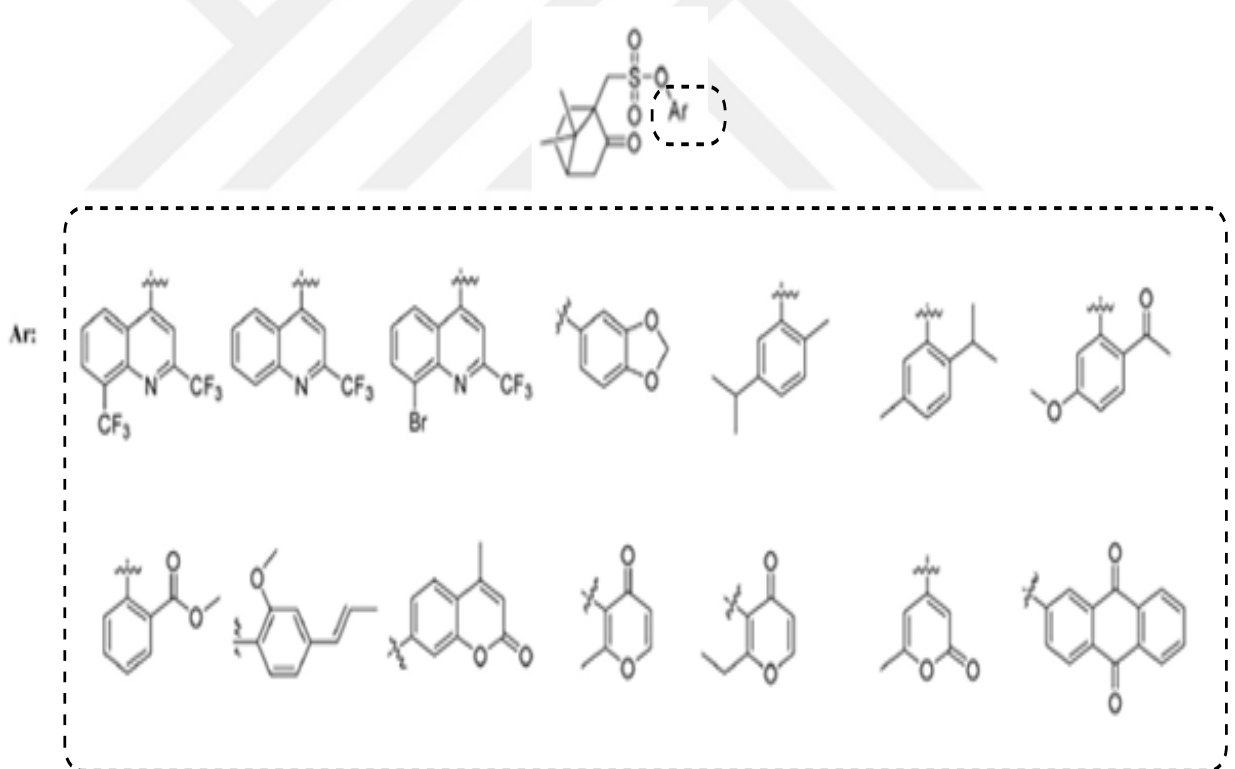
Kaur ve ark. tarafından, 4-tiyazolidinon çekirdeğinin hidrazolil bağlı sülfonat ester analoglarının yeni bir serisinin in vitro α -glukozidaz inhibitör aktiviteleri ve antioksidan yönünden değerlendirildiği rapor edilmiştir (Kaur ve ark., 2022), (Şekil 2.11.). Değerlendirilen bileşiklerin standart olan akar boza'ya göre önemli ölçüde α -glukozidaz inhibisyon etkinliği gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca, raporlara göre en güçlü α -glukozidaz inhibisyon etkinliği gösteren türev çeşitli güvenlik testlerinde değerlendirildiği belirtilmiştir.



R=p-tolil, p-ClC₆H₄, C₆H₅, 2-NO₂C₆H₄,
p-OCH₃C₆H₄, C₁₀H₇, mesitilen, Me,
p-BrC₆H₄, 4-NO₂C₆H₄, 4-tert(Butil)C₆H₄,
2-CF₃C₆H₄, tri(izopropil)C₆H₂

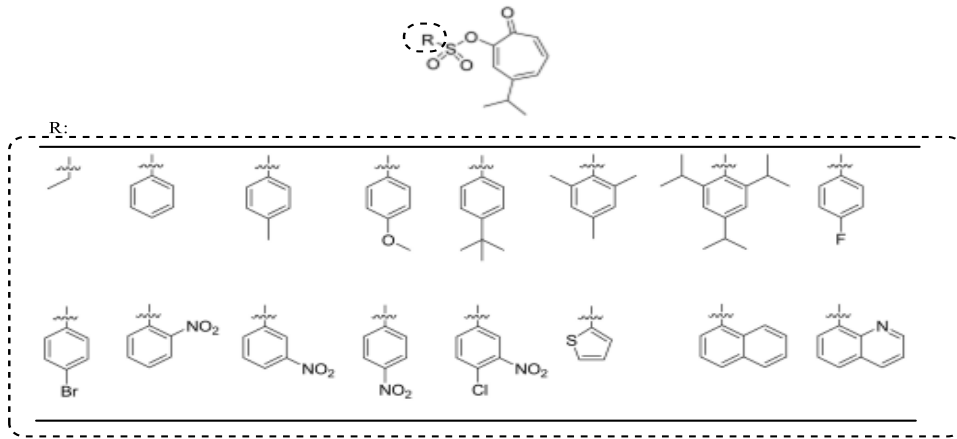
Şekil 2. 11. 4-Tiyazolidinon motifinin hidrazolil bağlı sülfonat ester analoglarının α -glukozidaz inhibitör ve antioksidan aktiviteleri

Yang ve ark., tarafından sentezlenen sülfonat türevlerinin tarımdaki zararlı mantarlara karşı etkinliği test edilmiştir. Sentezlenen sülfonat türevlerin bitkilerde üzerinde bulunan mantarların büyümesini engellediğini ortaya koymuşlardır (Yang ve ark., 2022), (Şekil 2.12.).



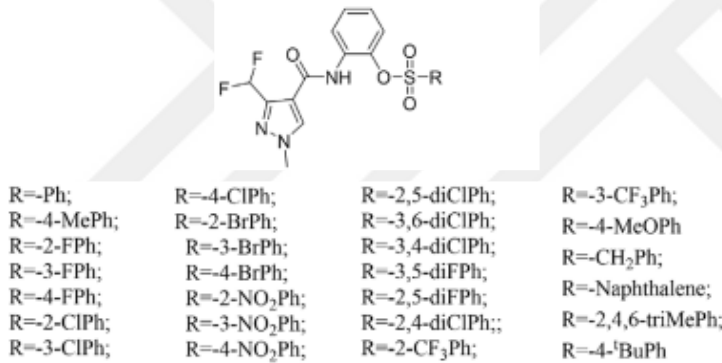
Şekil 2. 12. Sülfonat türevlerinin tarımdaki zararlı mantarlara karşı etkinliği

Che ve arkadaşları tarafından 2-sülfoniloksihinokitiol türevleri sentezlenmiş ve tarımsal zararlılarına karşı test edildiği belirtilmiştir (Che ve ark. 2022), (Şekil 2.13.).



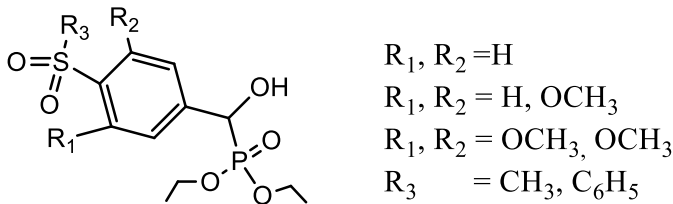
Şekil 2. 13. Hinokitiolün sülfonat türevlerinin tarımsal zararlılarına karşı etkinliği

Lei ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada sülfonat motifi içeren pirazol karbamid türevleri sentezlenmiş, mantar ve virüs karşıtı ajan etkinlikleri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yüksek düzeyde antifungal ve antiviral aktivite gösterdiği rapor edilmiştir (Lei ve ark. 2022), (Şekil 2.14.).



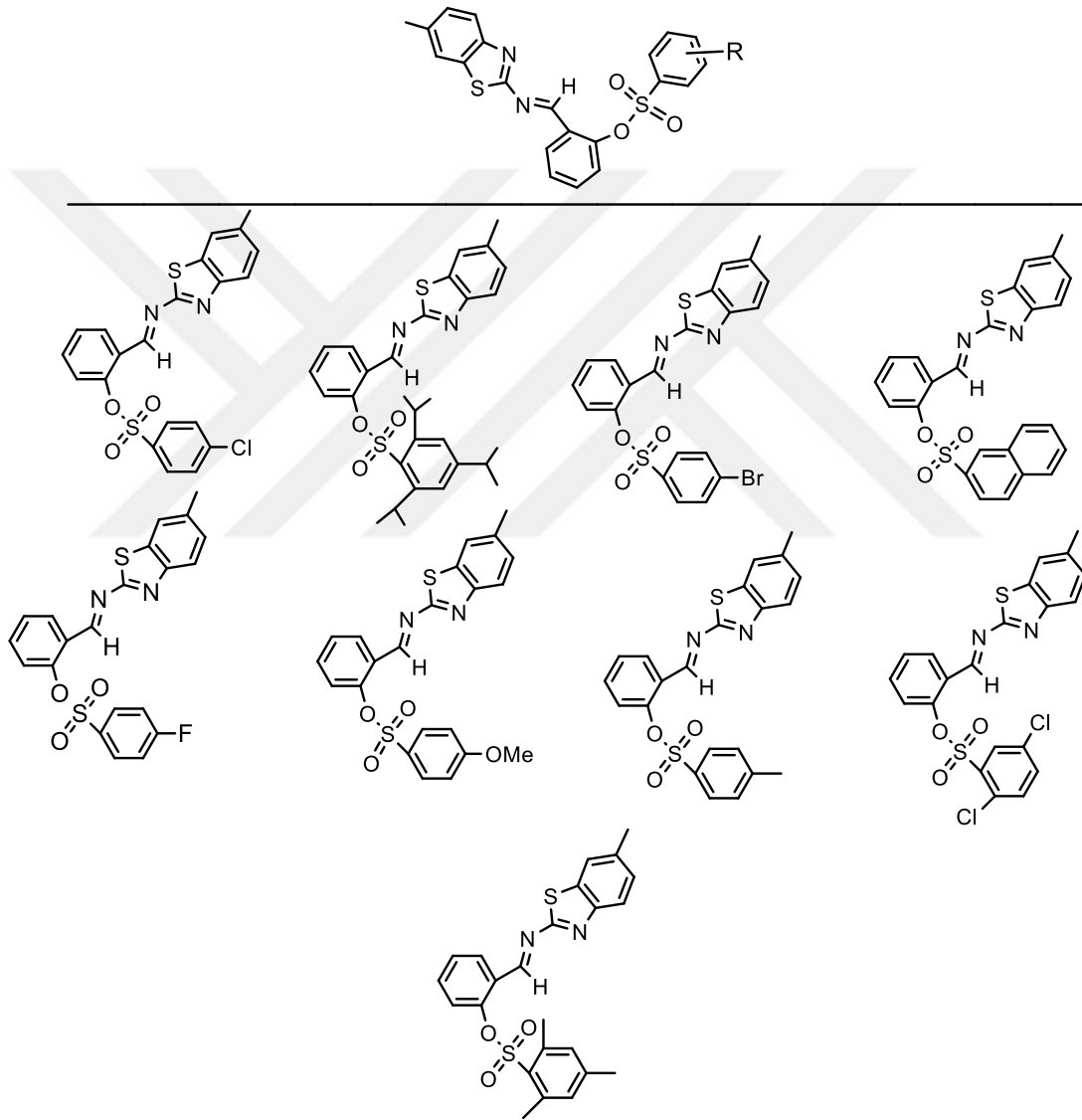
Şekil 2. 14. Sülfonat motifi içeren pirazol karbamid türevlerinin antifungal ve antiviral etkinlikleri

Şahin ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada sülfonat türevleri tasarlanmış ve bu moleküllerin metabolik enzimlere karşı test edildiği rapor edilmiştir. Elde edilen moleküllerden bazılarının izoenzimlere karşı yüksek düzeyde inhibisyon etkisi gösterdiği belirtilmiştir (Şahin ve ark., 2022), (Şekil 2.15.).



Şekil 2. 15. Sülfonat türevlerinin metabolik enzimlere karşı etkinliği

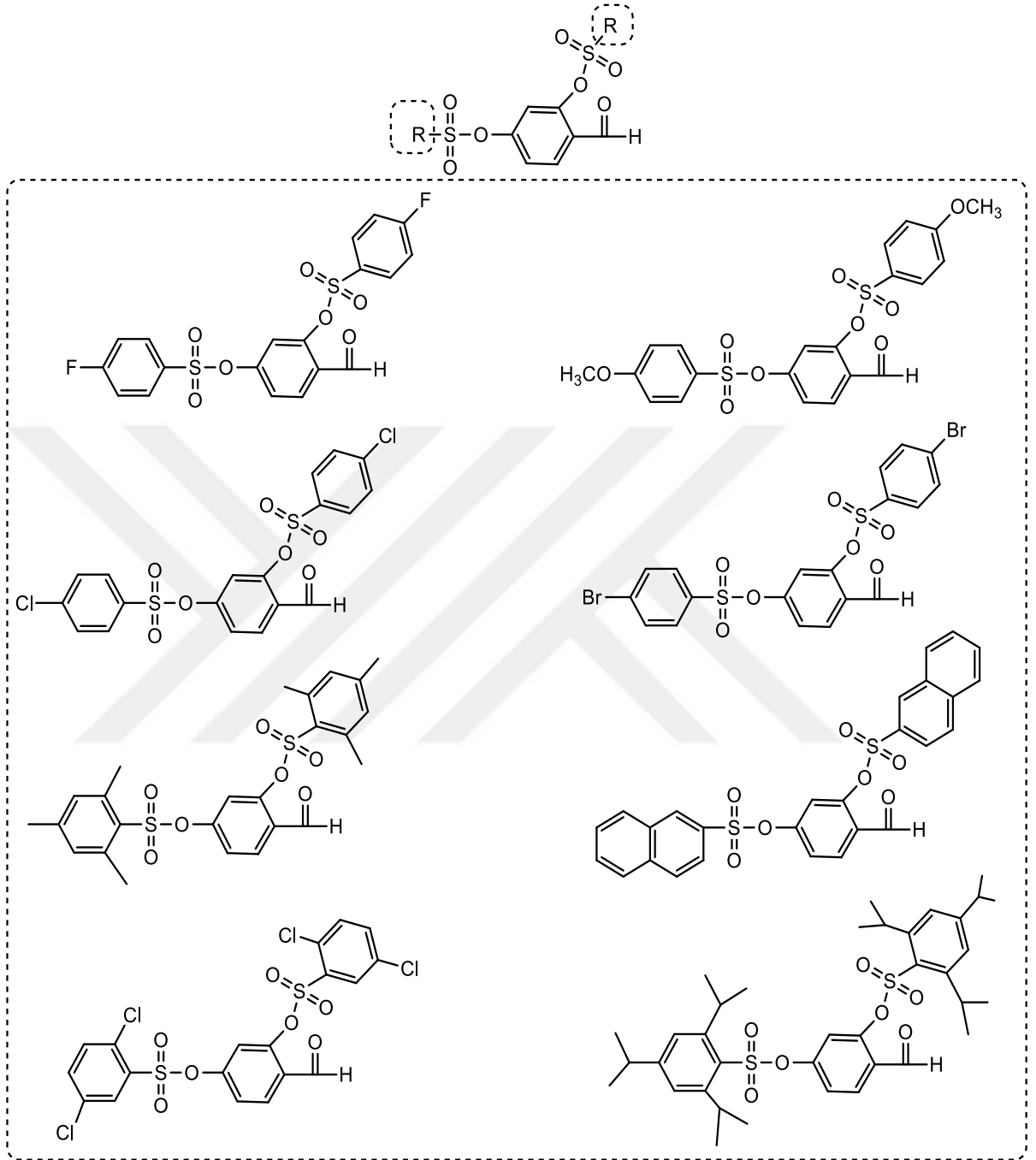
Sağlık sorunlarını önlemek ve tedavi aşamasında kullanmak için yaygın yöntemlerin başında enzim inhibisyonu gelmektedir. Tirozinaz ve pankreatik lipaz inhibisyonları özellikle deri hastalıkları ve obezite tedavisinde kullanılmaktadır. Korkmaz ve Bursal tarafından sülfonat analogu içeren türevlerin tirozinaz ve pankreas lipazı için enzim inhibisyonları üzerine çalışmalar rapor etmişlerdir (Korkmaz ve Bursal, 2022a), (Şekil 2.16.).



Şekil 2. 16. Benzotiyazol sülfonat türevlerinin tirozinaz ve pankreas lipaz enzim inhibisyon etkinlikleri

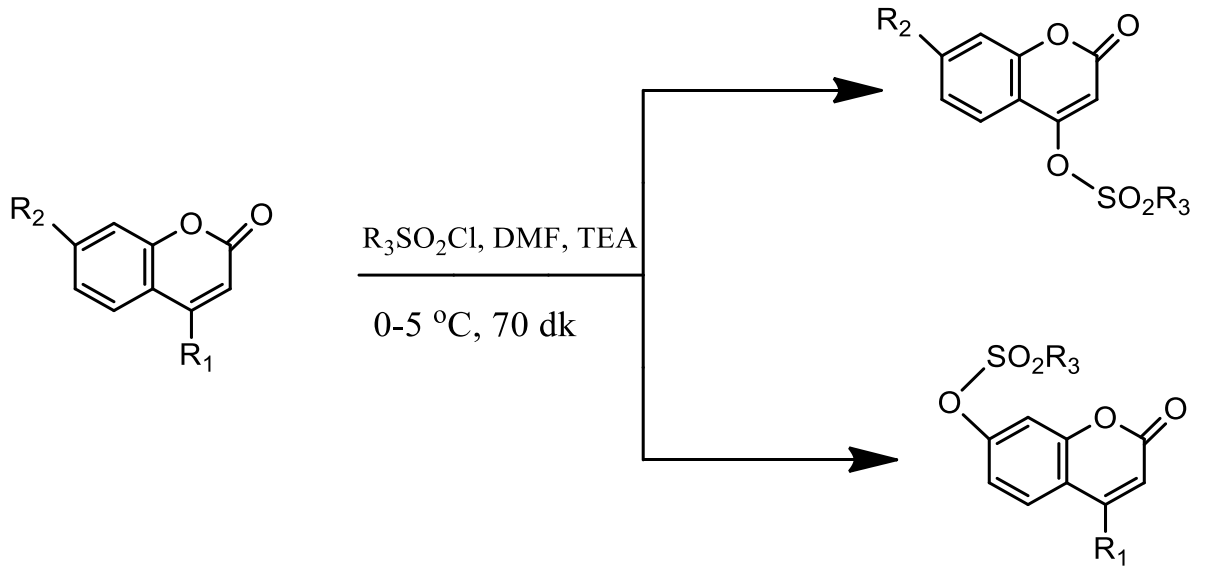
Grubumuz tarafından, trietilamin aracılığıyla uygulanan çalışmalar sonucunda salisilaldehit fonksiyonel grubu taşıyan bis(sülfonat) türevleri hazırlanmıştır (Şekil 2.17.).

Bu elde edilen bis(sülfonat) türevlerinin tirozinaz ve pankreas lipaz enzimleri üzerindeki etkinliği rapor edilmiştir (Korkmaz ve Bursal 2022b).



Şekil 2. 17. Bis(sülfonat) türevlerinin tirozinaz ve pankreas lipaz enzimleri üzerindeki etkinliği

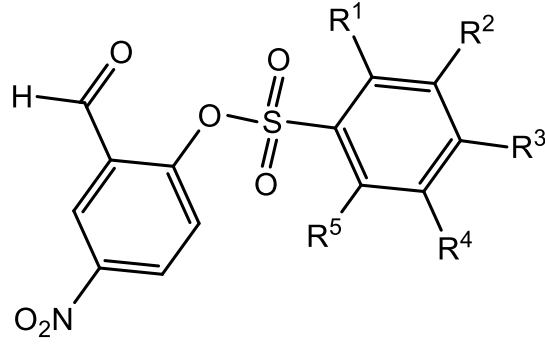
Grubumuz tarafından yapılan bir başka çalışmada kumarin sülfonat türevlerinin sentezlendiği ve *in silico* metotla tirozinaz ve pankreatik lipaz inhibitör etkileri incelenmiştir. Elde edilen bileşiklerin pankreatik lipaz inhibitörü olarak potansiyelleri olduğu vurgulanmıştır (Korkmaz 2022), (Şekil 2.18.).



R_1	R_2	R_3
OH	H	2-Thiophenyl
OH	H	2-Me-5- $NO_2C_6H_3$
OH	H	2,4,6- $(Me)_3C_6H_2$
Me	OH	2,4,6- $(Me)_3C_6H_2$
Me	OH	2-Thiophenyl
Me	OH	2-Naphthyl
Me	OH	2,5- $(Cl)_2C_6H_3$
Me	OH	2,5- $(MeO)_2C_6H_3$

Şekil 2. 18. Kumarin sülfonat türevlerinin in silico metotla tirozinaz ve pankreas lipaz inhibitör etkileri

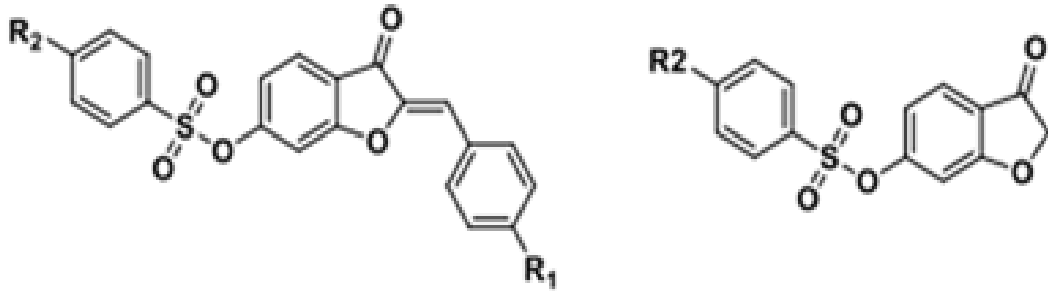
Grubumuz tarafında yapılan çalışmada sülfonat türevleri sentezlenmiş, tirozinaz ve pankreatik lipaz inhibitörleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda elde edilen veriler modifiye edilen grupların esnek yapısal alanlar oluşturarak iyi derecede yüksek sonuçlar gösterdiği gözlenmiştir. Ayrıca, hedeflenen sülfonat türevlerinin tıbbi özellikleri bakımından emilim, dağılım, metabolizma ve atılım çalışmaları iyi olduğu gözlenmiştir (Korkmaz ve Bursal 2022c), (Şekil 2.19.).



R ¹	H	H	H	izopropil	Me	Cl	H	H
R ²	H	H	H	H	H	H	H	H
R ³	Cl	Me	F	izopropil	Me	H	Br	MeO
R ⁴	H	H	H	H	H	Cl	H	H
R ⁵	H	H	H	izopropil	Me	H	H	H

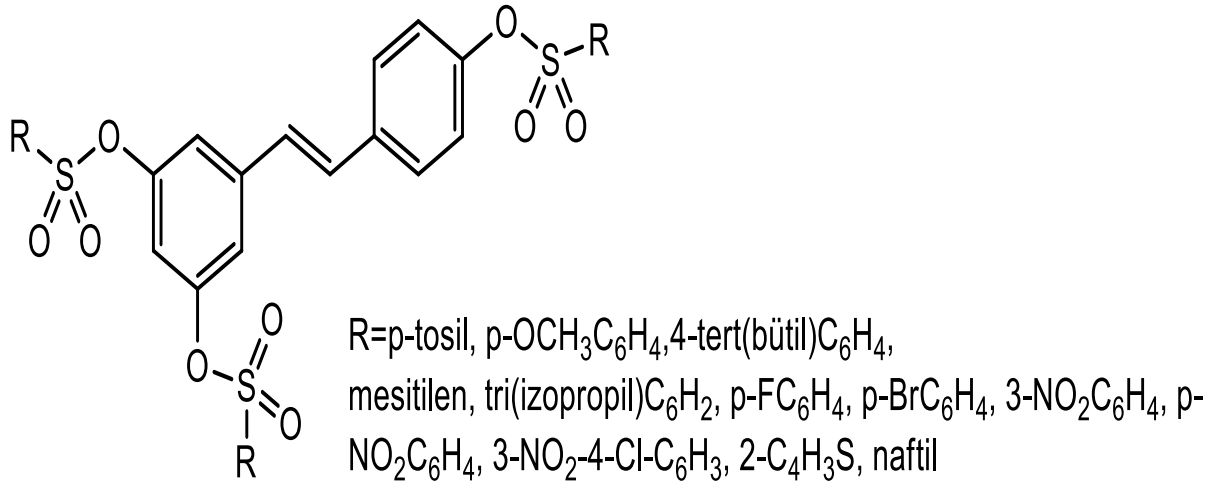
Şekil 2. 19. Sülfonat türevlerinin tirozinaz ve pankreas lipaz inhibitör etkinlikleri

Bir başka çalışmada auron-sülfonat hibrit türevlerinin asetilkolin esteraz inhibitör etkinliği çalışılmıştır (Pourparizi ark. 2023), (Şekil 2.20.).



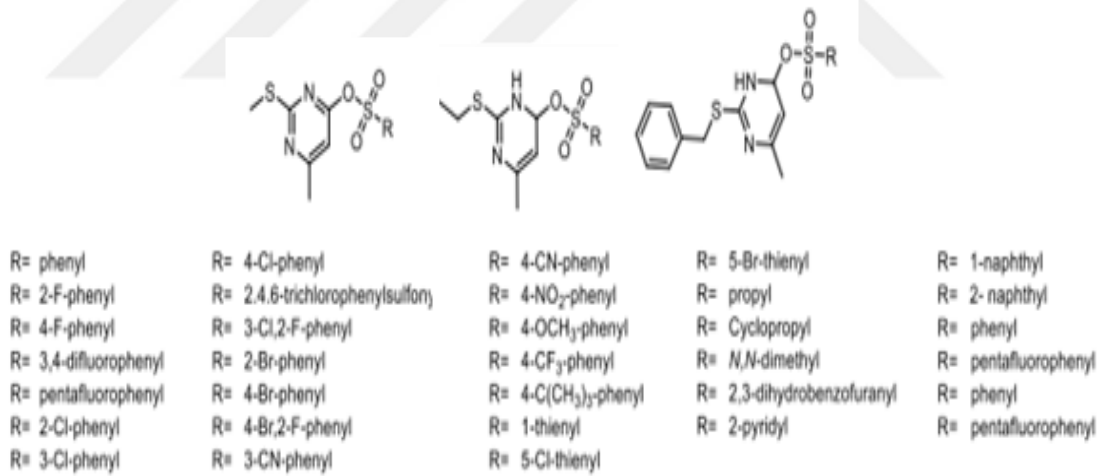
Şekil 2. 20. Auron-sülfonat hibrit türevlerinin asetilkolin esteraz inhibitör etkinliği

He ve arkadaşları tarafından anti-oomycete ve anti-fungal ajanları keşfetmek için resveratrol sülfonat türevleri tasarlanmış ve tarım ürünlerindeki zararlılara karşı önemli bir çalışma olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, potansiyel yeni fungusitlerin geliştirilmesini sağlamak için resveratrolerin daha fazla modifikasyonu ile sağlanması gerektiği belirtilmiştir (He ve ark., 2023), (Şekil 2.21.).



Şekil 2. 21. Resveratrol sülfonat türevlerinin anti-oomycete ve anti-fungal etkinlikleri

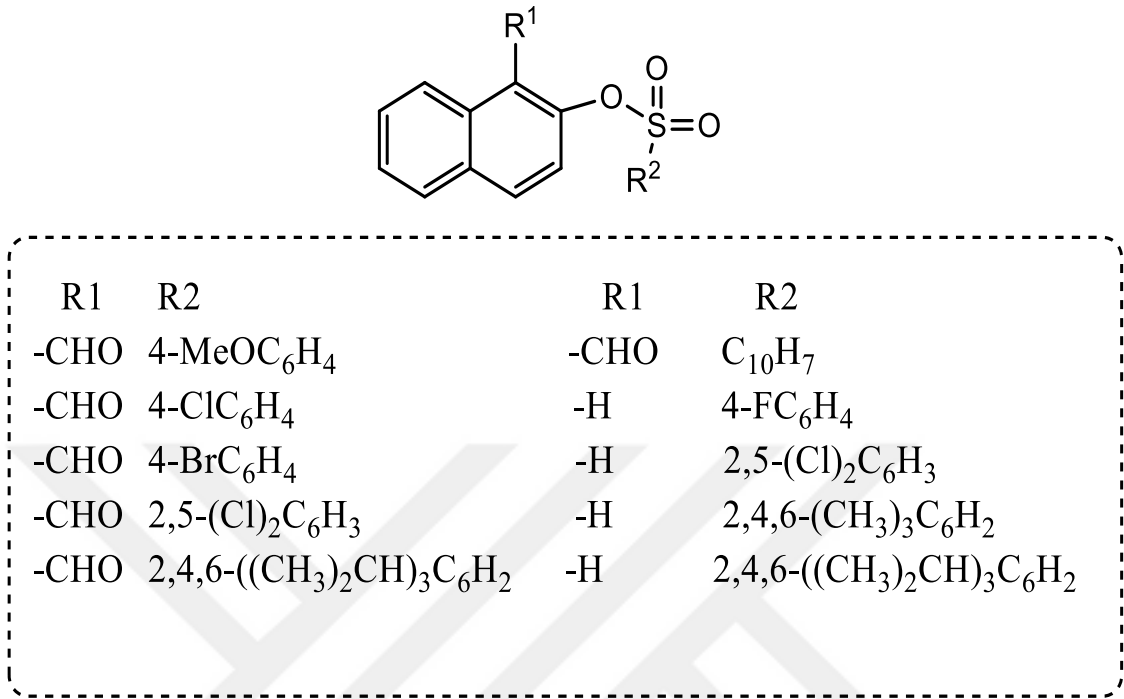
Li ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada bir dizi sülfonat türevi sentezlenmiş, bitkilerdeki patojenlere karşı savunma enzim aktivitesini önemli ölçüde iyileştirebildiği ve bitkilerin hastalık direncini arttırabildiği rapor edilmiştir. Bazı türevlerin ise iyi birer böcek öldürücü etkisinin olduğu belirtilmiştir (Li ve ark. 2023), (Şekil 2.22.).



Şekil 2. 22. Sülfonat türevlerinin pestisit etkinliklerinin incelenmesi

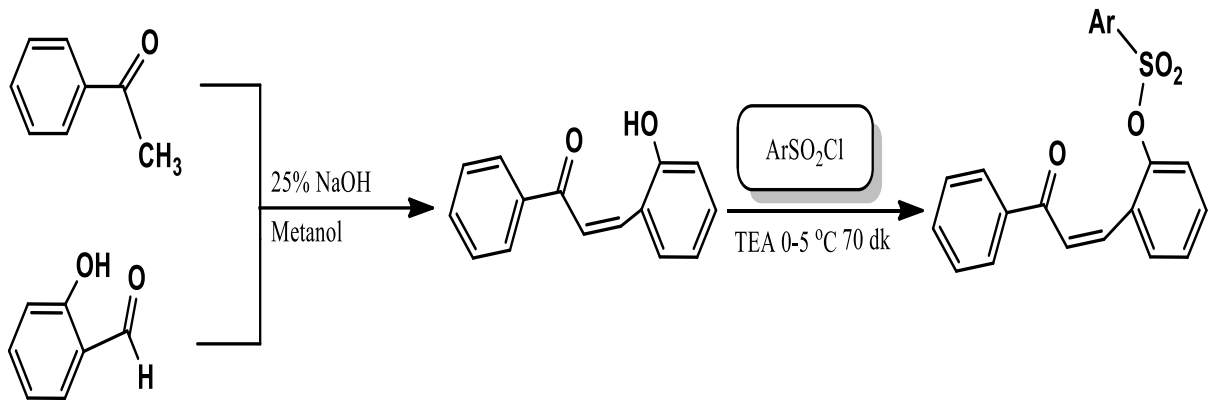
Grubumuz tarafından yapılan diğer bir çalışmada, aril sülfonat-naftalin hibrit yapıları sentezlenmiş ve in vitro ve in silico pankreatik lipaz ve tirozinaz enzim inhibitör özellikleri değerlendirilmiştir (Korkmaz ve ark., 2023a), (Şekil 2.23.). İn vitro enzim aktivitesi sonuçlarına göre, bileşiklerin pankreatik lipaz ve tirozinaz enzimlerini önemli ölçüde inhibe ettiğini ortaya koyulmuştur. Pankreas lipazına karşı oldukça düşük IC₅₀

değerleri ($95,3 \pm 4,0 \mu\text{M}$) gösterirken, tirozinaz enzimine karşı da etkili inhibisyon ($40,8 \pm 3,3 \mu\text{M}$) gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 2. 23. Sülfonat-naftalin hibrit yapılarının pankreatik lipaz ve tirozinaz enzim inhibitör etkinlikleri

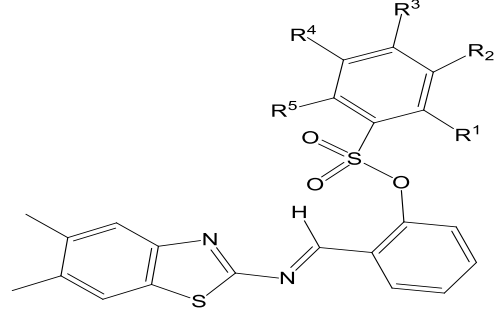
Kalkon-sülfonat hibrit türevlerinin toksisite tahmini ve biyoaktivite skorları açısından değerlendirilmesi grubumuz tarafından rapor edilmiştir. (Korkmaz 2023), (Şekil 2.24.).



Şekil 2. 24. Kalkon-sülfonat hibrit türevlerinin in silico yöntemle enzim inhibisyon çalışmaları

Grubumuz tarafından yapılan çalışmada azometin grubu içeren yeni benzotiyazol sülfonat hibrit türevleri sentezlenmiş ve sentezlenen bileşiklerin pankreas lipaz enzimi

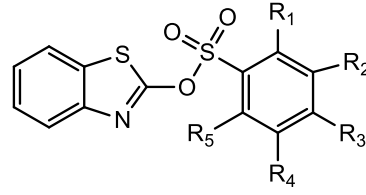
üzerindeki inhibitör potansiyeli *in vitro* ve *in silico* yöntemle değerlendirildiği rapor edilmiştir. Ayrıca, bileşiklerin emilim dağılımı, metabolizma ve atılım özellikleri, moleküler özellikleri, toksisite tahmini ve biyoaktivite puanları taranarak tespit edildiği belirtilmiştir (Yetişsin ve ark., 2023), (Şekil 2.25.).



R¹	H	H	Me	H	H	H	MeO	Me	Cl
R²	H	H	H	H	H	H	H	H	H
R³	Cl	Br	Me	Me	MeO	F	H	H	Cl
R⁴	H	H	H	H	H	H	MeO	NO ₂	Cl
R⁵	H	H	Me	H	H	H	H	H	H

Şekil 2. 25. Azometin motifi içeren benzotiyazol-sülfonat hibrit türevlerinin pankreatik lipaz inhibitör etkinlikleri

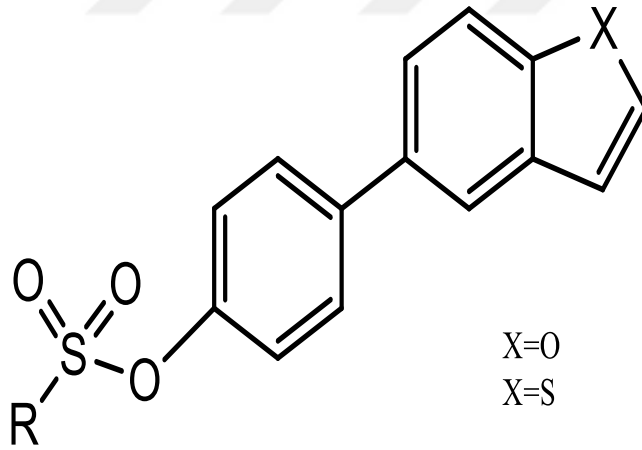
Grubumuz tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise, benzotiazol bazlı bileşiklerin aril sülfonat türevlerinin tirozinaz, amilaz ve pankreas lipaz enzim inhibitör etkinlikleri değerlendirilmiştir. Ayrıca, sülfonat türevlerinin farmakokinetik, ilaç benzerliği ve metabolik olaylardaki etkinliği değerlendirilmiştir (Korkmaz ve ark. 2023b), (Şekil 2.26.).



R₁	H	H	Me	Cl	H	H	H
R₂	H	H	H	H	H	H	H
R₃	Cl	Br	Me	H	MeO	F	Me
R₄	H	H	H	Cl	H	H	H
R₅	H	H	Me	H	H	H	H

Şekil 2. 26. Benzotiazol-sülfonat hibrit türevlerinin tirozinaz, amilaz ve pankreatik lipaz enzim inhibitör etkinlikleri

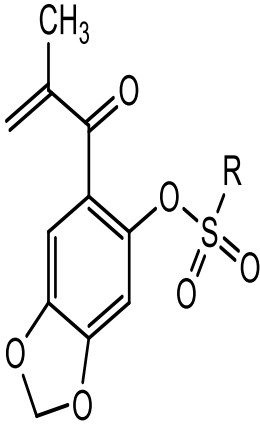
Bir başka çalışmada da benzofuran veya benzotiyofen iskeleti taşıyan sülfonat ve sülfamat türevlerinin üreaz enzimi üzerindeki etkisi incelenmiş ve türevlerin çoğu standart inhibitöre karşı daha yüksek etkinlik gösterdiği rapor edilmiştir (Hashem ve ark., 2024), (Şekil 2.27.).



R= CH₃, C₂H₅, n-propil,
Sikloheksil, Fenil, 4-toli
1, 4-FC₆H₄, NH₂, NHCH₃,
N(CH₃)₂

Şekil 2. 27. Benzofuran veya benzotiyofen iskeleti taşıyan sülfonat ve sülfamat türevlerinin üreaz enzimi üzerindeki etkinliği

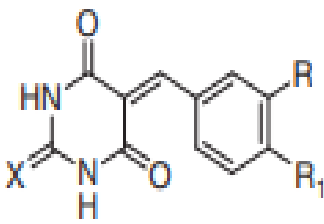
Sui ve arkadaşları tarafından sülfonat türevleri sentezlenmiş ve fungusit potansiyellerine yönelik çalışma rapor edilmiştir. Dört adet bitki patojenik mantarına karşı antifungal aktivite açısından değerlendirilmiştir ve incelenen mantar türlerinden birine karşılık antifungal aktivitede kayda değer bir artış olduğu belirtilmiştir (Sui ve ark 2024), (Şekil 2.28.).



R= Ph, 3-MeOPh, 3-FPh, 2-BrPh, siklopropil,
2-MePh, 3-MePh, 4-MePh, mesitil, 4-MeOPh,
3-FPh, 4-FPh, 3-BrPh, 2-NO₂Ph, 4-NO₂Ph,
2-tiyofen, 3-pridil, benzil, Et

Şekil 2. 28. Sülfonat Türevlerinin fungusit potansiyellerine yönelik çalışması

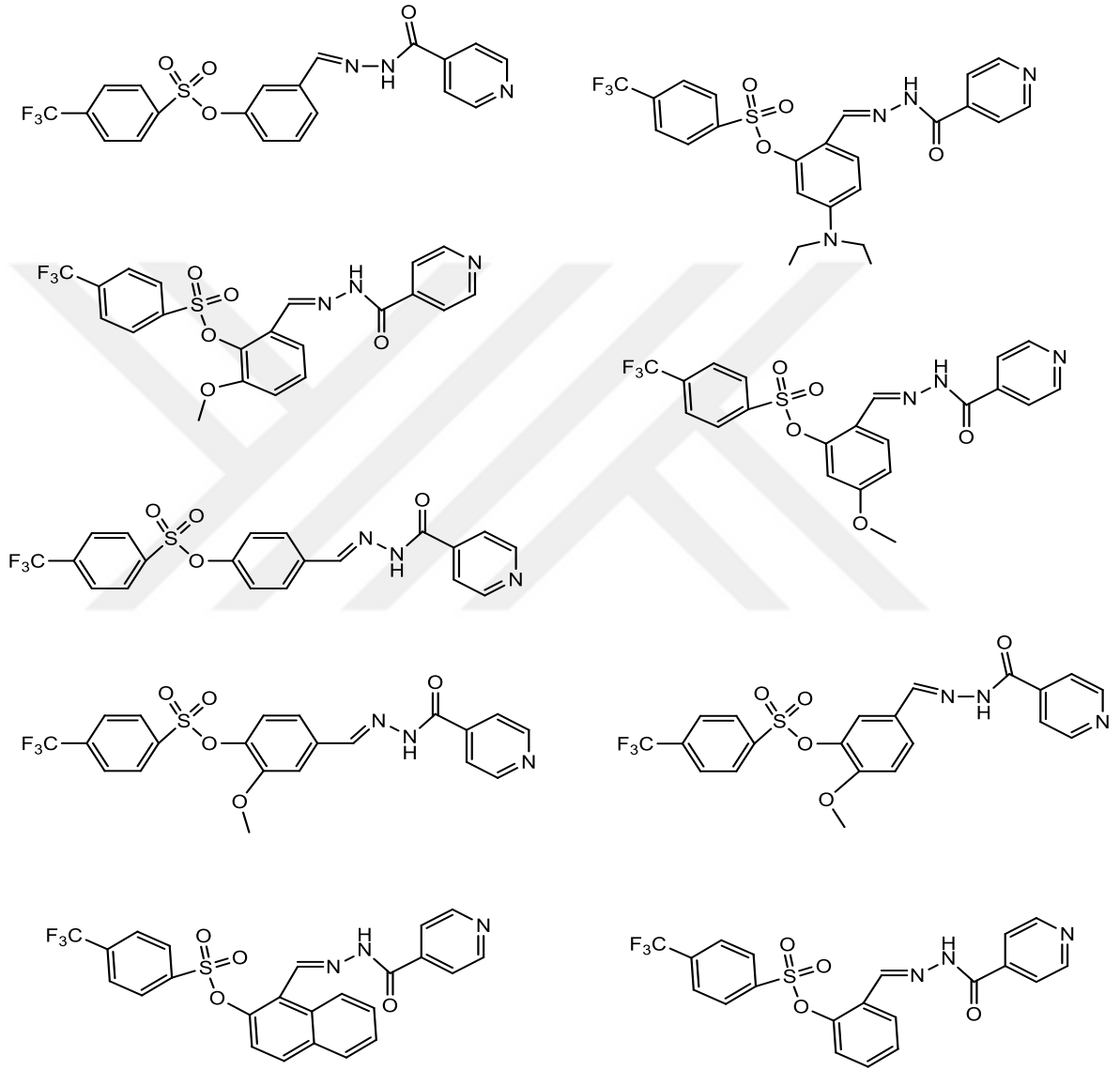
Bir başka çalışmada sülfonat motifi içeren 5-benziliden(tiyobarbitürat) türevleri sentezlenmiş, asetilkolin esteraz ve bütirikolin esteraz inhibitör aktivitesi değerlendirilmiştir. Toksikolojik testler sonucunda belirli dozlarda en güçlü bileşik için toksisitenin olmadığı doğrulanmış ve barbitürat-sülfonat yeni ilaçlar için umut verici bir potansiyelinin olduğunu ortaya konulduğu rapor edilmiştir (Kassem ve ark. 2024), (Şekil 2.29.).



- X = O, R = H, R₁ = OSO₂CH₃
- X = O, R = H, R₁ = OSO₂CH₂CH₃
- X = O, R = H, R₁ = OSO₂CH₂CH₂CH₃
- X = O, R = OCH₃, R₁ = OSO₂CH₃
- X = O, R = OCH₃, R₁ = OSO₂CH₂CH₃
- X = O, R = OCH₃, R₁ = OSO₂CH₂CH₂CH₃
- X = O, R = OSO₂CH₃, R₁ = OCH₃
- X = O, R = OSO₂CH₂CH₃, R₁ = OCH₃
- X = O, R = OSO₂CH₂CH₂CH₃, R₁ = OCH₃
- X = S, R = H, R₁ = OSO₂CH₃
- X = S, R = H, R₁ = OSO₂CH₂CH₃
- X = S, R = H, R₁ = OSO₂CH₂CH₂CH₃
- X = S, R = OCH₃, R₁ = OSO₂CH₃
- X = S, R = OCH₃, R₁ = OSO₂CH₂CH₃
- X = S, R = OCH₃, R₁ = OSO₂CH₂CH₂CH₃
- X = S, R = OSO₂CH₃, R₁ = OCH₃
- X = S, R = OSO₂CH₂CH₃, R₁ = OCH₃
- X = S, R = OSO₂CH₂CH₂CH₃, R₁ = OCH₃

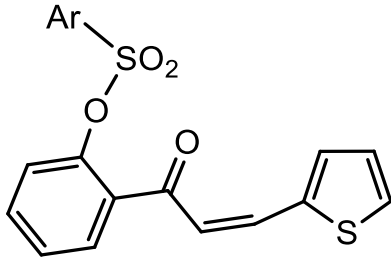
Şekil 2. 29. Barbitürat-sülfonat hibrit türevlerinin asetilkolin esteraz ve bütirikolin esteraz inhibitör aktivitesi

Başaran ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada kanser hastalıklarına karşı bir dizi hidrazon ve sülfonat kısımlarını içeren yapılar tasarlanıp sentezlendiği rapor edilmiştir. Bu sentezlenen ürünler kolon kanseri hücresi, prostat kanseri hücresi ve embriyonik böbrek hücreleri üzerindeki etkileri incelendiği belirtilmiştir. Elde edilen sentez ürünlerinden bazılarının mikromolar düzeyde antikanser aktivite etkisi gösterdiği vurgulanmıştır (Başaran ve ark., 2024), (Şekil 2.30.).



Şekil 2. 30. Hidrazon-sülfonat hibrit bileşiklerinin kolon kanseri hücresi, prostat kanseri hücresi ve embriyonik böbrek hücreleri üzerindeki etkileri

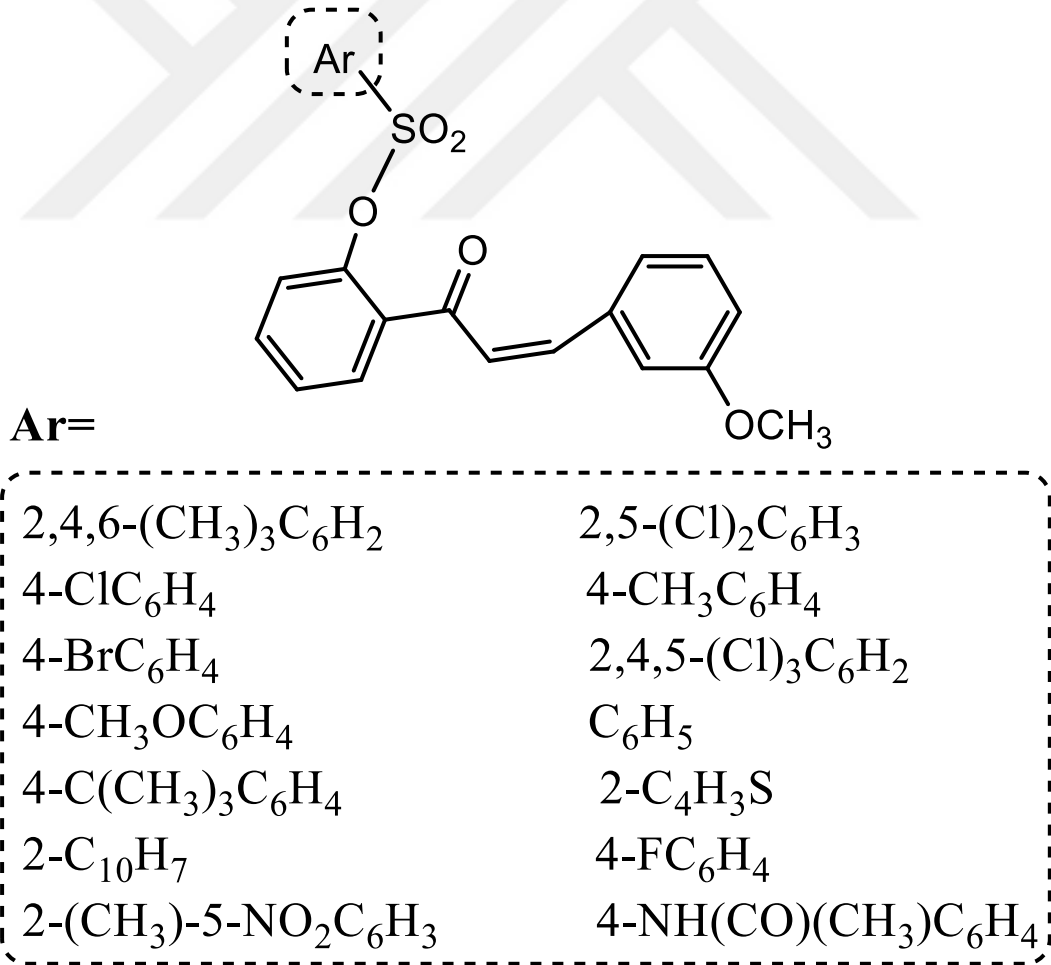
Grubumuzun bir diğer çalışmasında, tiyofen motifi içeren kalkon sülfonat türevi sentezlenmiş ve bu bileşiklerin pankreatik lipaz inhibisyon etkinliği değerlendirilmiştir. Elde edilen türevlerden bazılarının pankreatik lipaz bağlanma afinitesi için iyi bir potansiyel inhibitör olduğu belirtilmiştir (Aslan ve ark. 2024), (Şekil 2.31.).



Ar: 2,4,6-(CH₃)₃C₆H₂, 4-ClC₆H₄, 4-CH₃C₆H₄,
2,4,6-(CH₃)₃C₆H₂, 2,4,5-(Cl)₃C₆H₂,
4-(C(CH₃)₃)C₆H₄, 2-CH₃-5-NO₂C₆H₃,
4-NHCOCH₃C₆H₄, C₆H₅

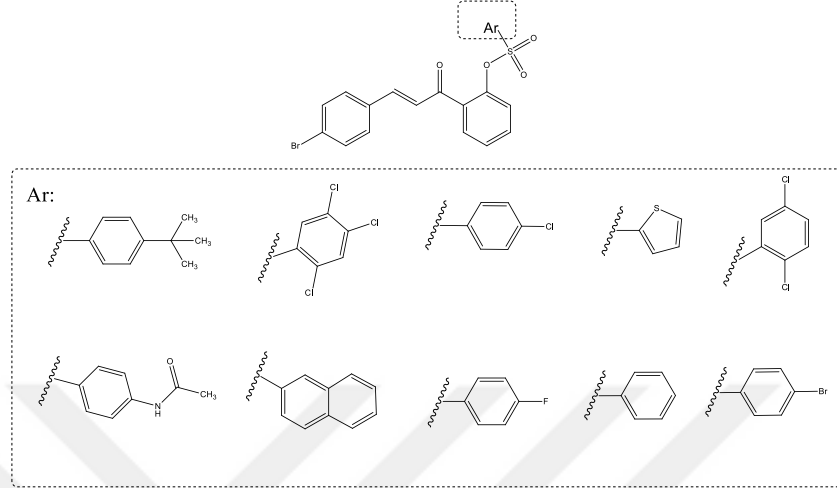
Şekil 2. 31. Tiyofen motifi taşıyan kalkon-sülfonat türevlerinin pankreatik lipaz inhibitör etkinlikleri

Grubumuz tarafından yapılan diğer bir çalışmada, metoksi ikameli kalkon-sülfonat hibrit bileşikler serisi sentezlenmiş ve olası antiobezite etkinlikleri in vitro ve in silico pankreatik lipaz inhibisyon aktiviteleri açısından incelenmiştir (Korkmaz ve Bursal 2025), (Şekil 2.32.). Ayrıca, FRAP, CUPRAC ve ABTS in vitro yöntemleri kullanılarak antioksidan aktivitelerini araştırılmıştır. Sonuç olarak, yeni kalkon-sülfonat hibrit bileşikler iyi antioksidan ve pankreatik lipaz inhibitör özellikleri gösterdiği gözlenmiştir.



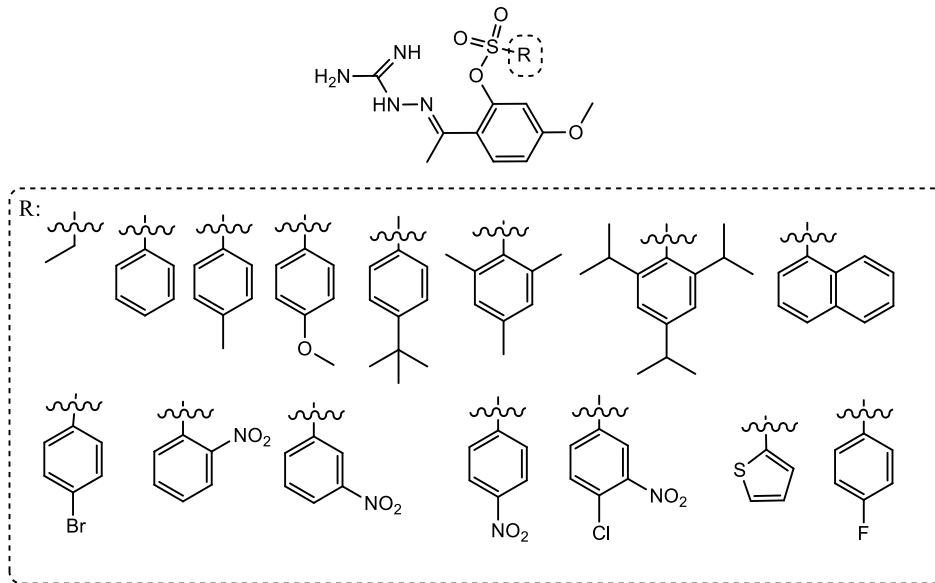
Şekil 2. 32. Metoksi sübstütüenti içeren kalkon-sülfonat hibrit bileşiklerinin antiobezite etkinlikleri

Grubumuz tarafından yapılan diğ er bir çalışmada, bromo ikameli kalkon-sülfonat hibrit bileşikleri serisi sentezlenmiş ve asetilkolinesteraz, pankreatik lipaz ve antioksidan aktiviteleri açısından incelenmiştir (Bursal ve ark., 2025). FRAP, CUPRAC ve ABTS in vitro yöntemleri kullanılarak antioksidan aktivitelerini incelenmiştir.



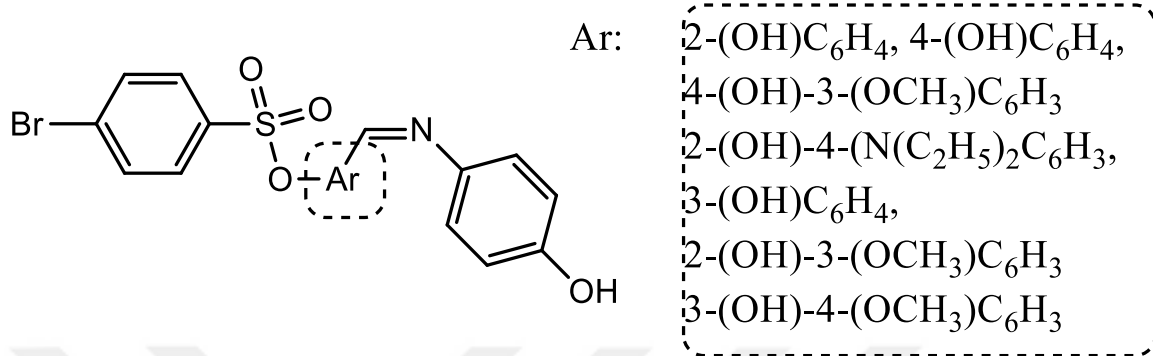
şekil 2. 33. Bromo sübtütenti içeren kalkon türevlerinin asetilkolinesteraz, pankreatik lipaz ve Antioksidant özellikleri

Yin ve ark., tarafından yeni doğal ürün bazlı anti-oomycete ve anti-fungal ajanları keşfretmek için, paeonol sülfonatin ç ok sayıda aminoguanidin türevi sentezlendiği ve hedef bileşiklerin tarımsal hastalık olan *Phytophthora capsici* ve *Fusarium graminearum*'a karşı anti-oomycete ve anti-fungal aktiviteleri rapor edilmiştir (Yin ve ark., 2025), (şekil 2.34.).



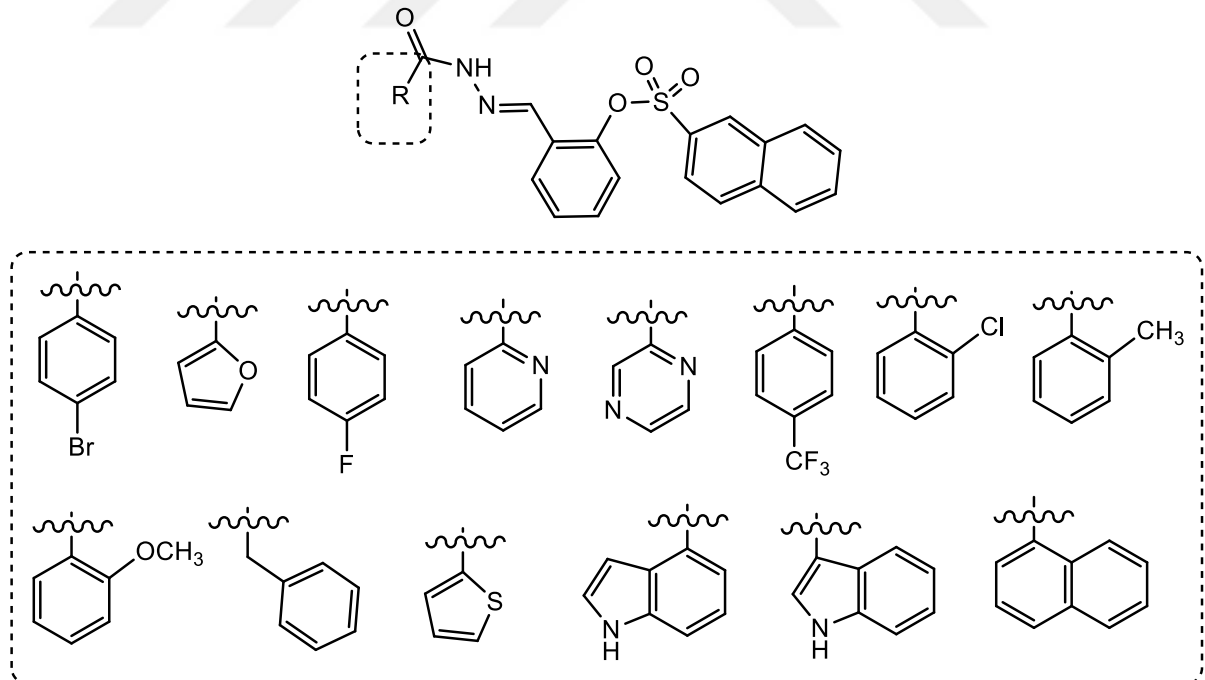
şekil 2. 34. Sülfonat grubu içeren aminoguanidin türevlerinin anti-oomycete ve anti-fungal aktiviteleri

Çınar tarafından arilsülfonil Schiff bazı türevleri sentezlendiği rapor edilmiştir. Ayrıca bu hedef moleküllerin antioksidan ve kolinesterazlara karşı inhibitör etkinlikleri araştırıldığı belirtilmiştir (Çınar 2025) (Şekil 2.35).



Şekil 2. 35. Arilsülfonil Schiff bazı türevlerinin kolinesterazlara ve antioksidan etkinlikleri

Yaqoob ve ark., tarafından çeşitli hidrazon-sülfonat türevleri sentezlenmiş ve α -amilaz, aldoz redüktaz ve α -glukozidaza karşı inhibitör aktiviteleri rapor edilmiştir (Yaqoob ve ark., 2025), (Şekil 2.36).



Şekil 2. 36. Hidrazon-sülfonat türevlerinin α -amilaz, aldoz redüktaz ve α -glukozidaza karşı inhibitör aktiviteleri

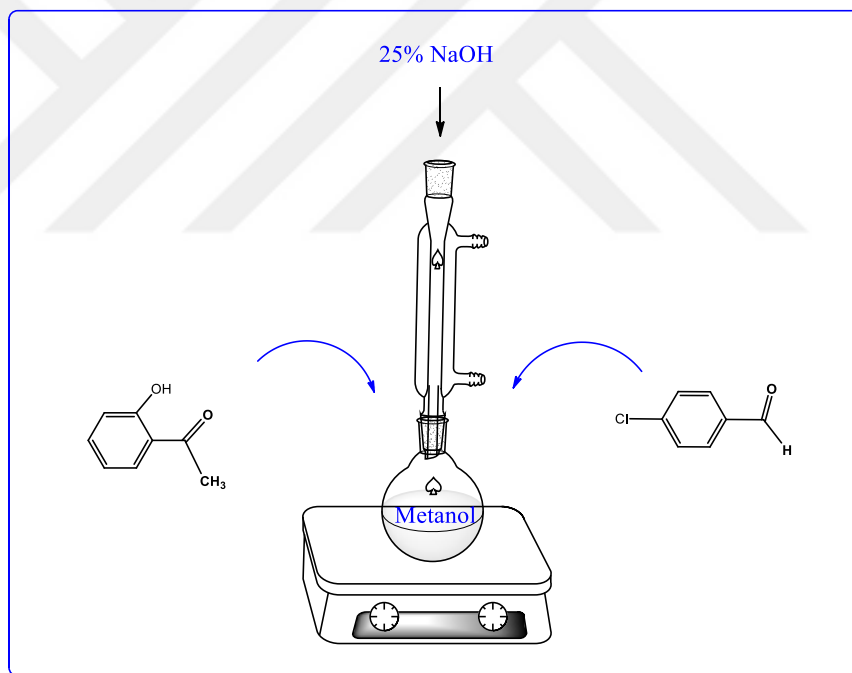
3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

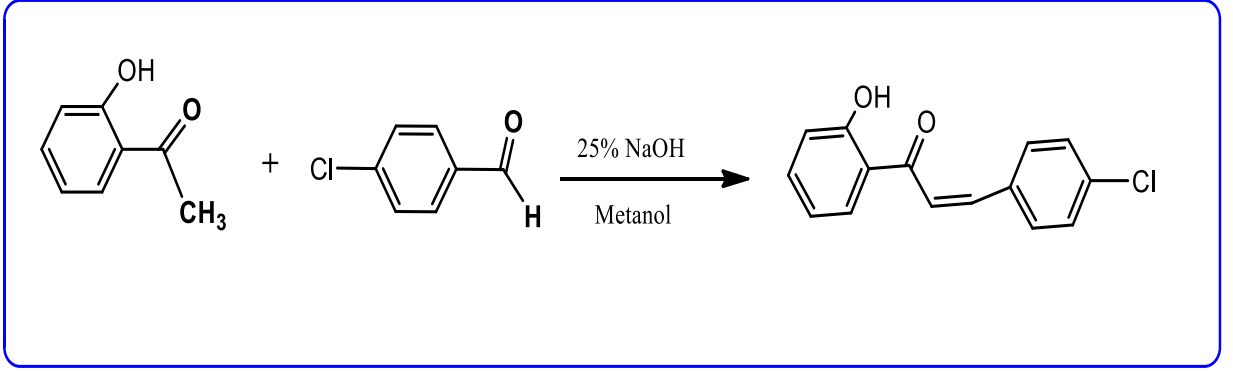
Sentezlenen bileşiklerin ^1H ve ^{13}C NMR analizleri Bruker AVANCE III 400 MHz NMR cihazı kullanılarak GRÜMLAB merkezinde yapılmıştır. Ayrıca, sentezlenen bileşiklerin kütle analizleri Agilent Technologies 6530 Accurate-Mass Q-TOF LC/MS, ile Atatürk üniversitesi bünyesinde bulunan DAYTAM tarafından yapılmıştır. Tartım işlemleri Muş Alparslan Üniversitesi merkezi laboratuvarında bulunan Radwag Analitik Hassas Terazi ile sağlanmıştır. Sentezlenen Bileşiklerin Erime noktası tayin işlemleri Thermo Scientific cihazı ile yapılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. 3-(4-klorofenil)-1-(2-hidroksifenil)prop-2-en-1-on hazırlanışı (ÇK1)

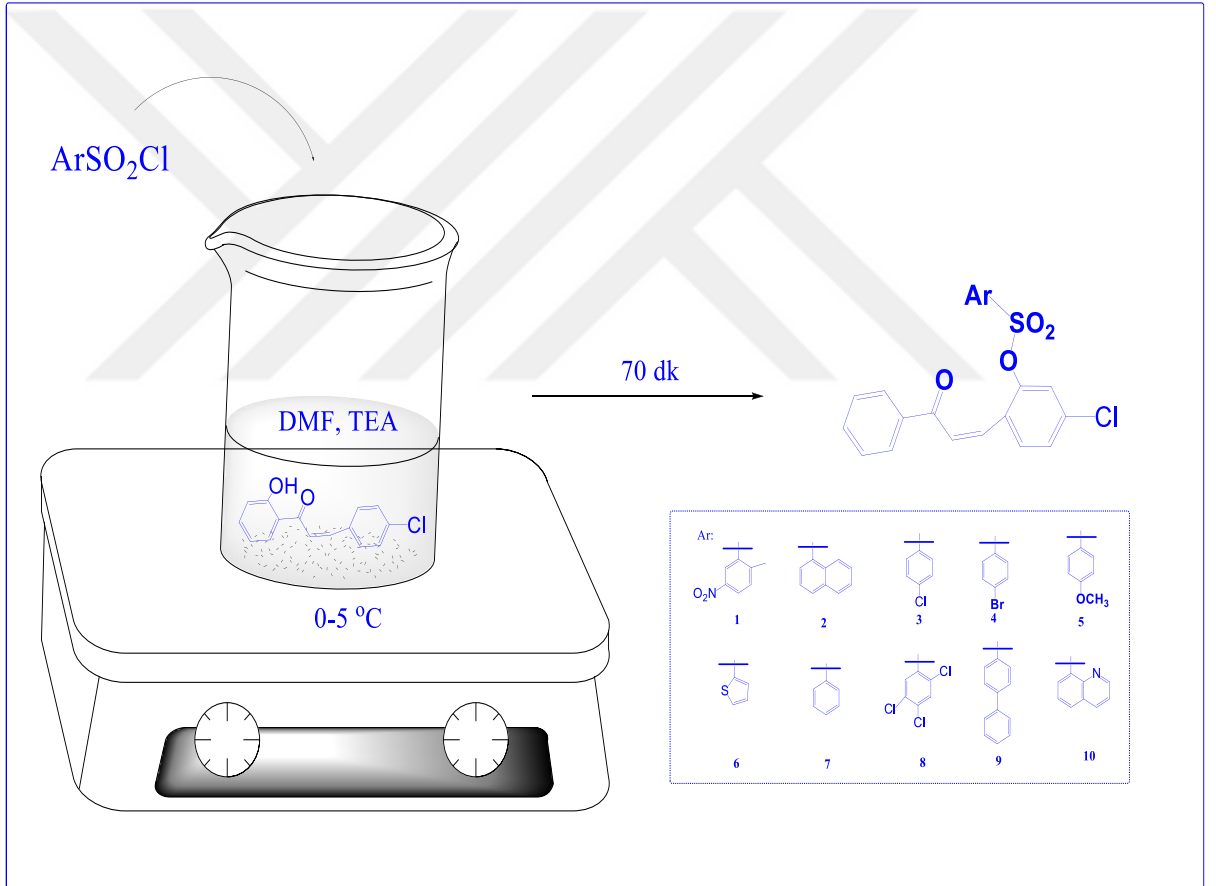


ÇK1, literatürde var olan yöntem (Borad ve ark., 2014; Korkmaz 2023) hafifçe değiştirilerek sentezlendi. 4-klorobenzaldehit (8,18 mmol) ve 1-(2-hidroksifenil)etanon (8,18 mmol) şişeye konuldu. 10 mL metanol çözeltisi eklendi. 40 mL NaOH çözeltisi (%25) reaksiyon kabına yavaşça eklendi. Reaksiyon, oda sıcaklığında bir gece karıştırıldı. Reaksiyon şişesi İnce Tabaka Kromatografisi (İTK) ile izlendi. 5 N HCl çözeltisi nötralizasyon için reaksiyon karışımına konuldu. Ham ürün elde edildi, kurutuldu ve metanolden yeniden kristallendirildi.

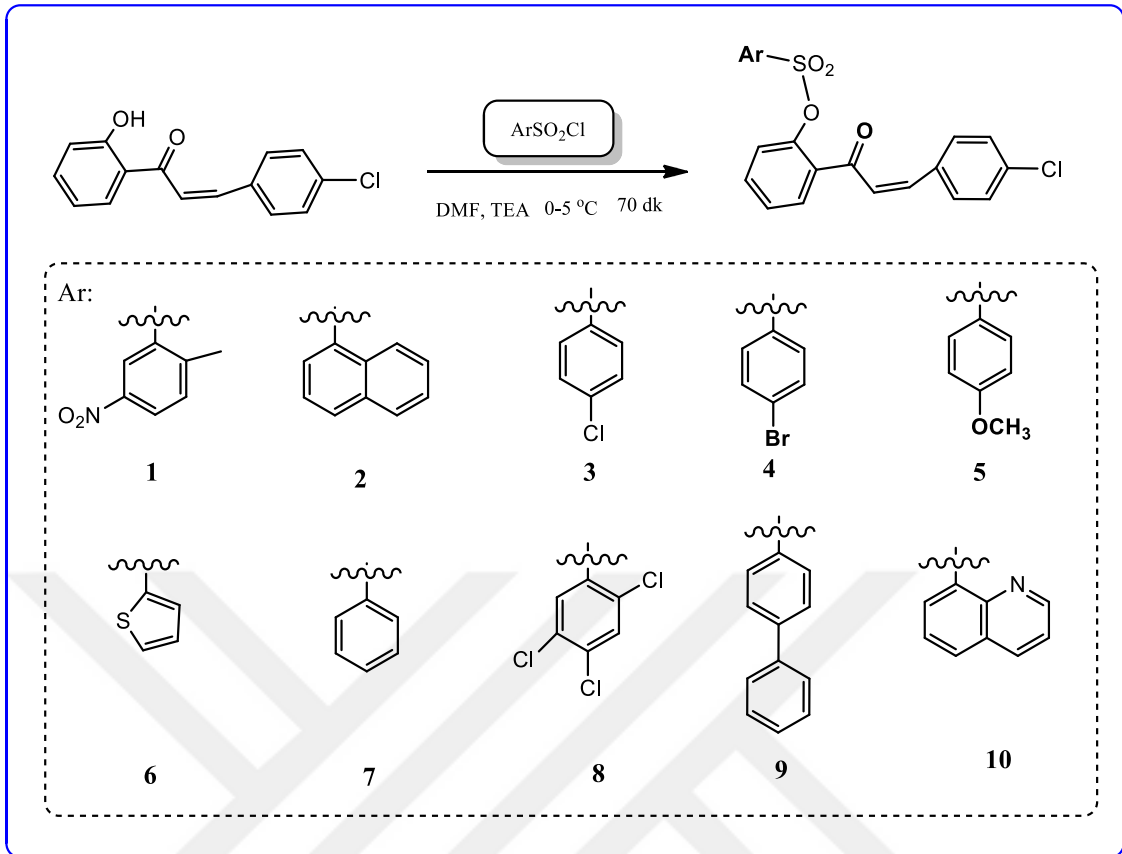


Şekil 3. 1. ÇK1'in sentetik yolu

3.2.2. Sülfonat ester türevlerinin genel sentezi



ÇK1 (1 mmol) ve trietilamin (1,2 mmol) 100 mL'lik bir şişeye konuldu. Reaksiyon kabına N,N-Dimetilformamid (DMF, 3 mL) eklendi. Aril sülfonil klorürler (1 mmol) eklendi. Ham ürün İnce Tabaka Kromatografisi (İTK) ile izlendi. 70 dakika sonra reaksiyon sona erdi. Seyreltme için 10 mL su reaksiyon kabına konuldu. Ham ürünler filtrelendi. Daha sonra ham ürünler bir desikatörde kurutuldu. Ham ürünler hekzan-benzen karışımı ile kristallendirildi.

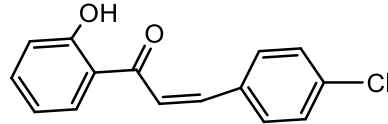


Şekil 3. 2. Organo sülfonat ester türevlerinin genel sentezi

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1. Spektroskopik bulgular

3-(4-klorofenil)-1-(2-hidroksifenil)prop-2-en-1-on (ÇK1)



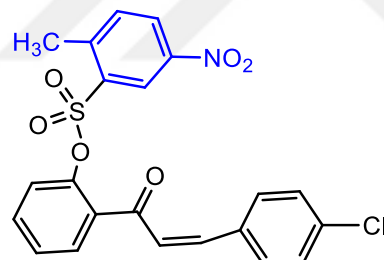
E.N. 151-154 °C; Mol kütlesi: 258.044; Koyu sarı; (Verim 62 %):

¹H NMR (400 MHz, DMSO), δ/ppm: 12.45 (s, 1H, Ar-OH), 8.26 (d, *J*=7.4 Hz, 1H, Ar H), 8.07 (d, *J*=15.5 Hz, 1H, vinyl-H), 7.96 (d, *J*=8.4 Hz, 2H, Ar H), 7.83 (d, *J*=15.5 Hz, 1H, vinyl-H), 7.66-7.52 (m, 3H, Ar H), 7.10-6.97 (m, 2H, Ar H)

¹³C NMR (100 MHz, DMSO), (ppm): 193.9 (-C=O), 162.1 (Ar-C-OH), 143.7 (Ar-C), 136.9 (Ar-C), 135.9 (Ar-C), 133.7 (vinilik-C), 131.28 (Ar-C), 131.24 (2 adet Ar-C), 129.5 (2 adet Ar-C), 123.0 (vinilik-C), 121.2 (Ar-C), 119.7 (Ar-C), 118.1 (Ar-C);

HRMS (ESI) m/z: C₁₅H₁₁ClO₂ [M+H]⁺ = 259.044 (hesaplanan), 259.051 (bulunan)

4-(3-(4-klorofenil)akriloil)fenil 2-metil-5-nitrobenzensülfonat (1)



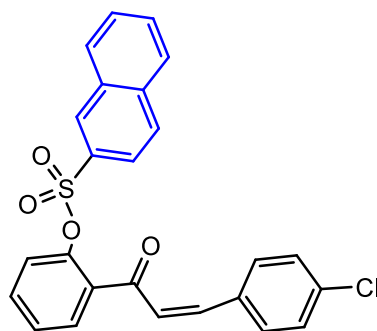
E.N. 155-157 °C; Mol kütlesi: 457.038; Krem rengi; (Verim 54%):

¹H NMR (400 MHz, DMSO), δ/ppm: 8.34-8.17 (m, 2H, Ar H), 7.77 (d, *J*=8.3 Hz, 1H, Ar H), 7.72-7.62 (m, 4H, Ar H), 7.56-7.44 (m, 3H, Ar H), 7.34 (d, *J*=8.8 Hz, 1H, Ar H), 7.25 (d, *J*=16.0 Hz, 1H, vinyl-H), 7.07 (d, *J*=16.0 Hz, 1H, vinyl-H), 2.68 (s, 3H, Ar-CH₃);

¹³C NMR (100 MHz, DMSO), (ppm): 190.3 (-C=O), 146.8 (Ar-C), 146.0 (Ar-C), 145.7 (Ar-C), 143.9 (Ar-C), 136.0 (Ar-C), 135.4 (Ar-C), 134.7 (Ar-C), 133.7 (vinilik-C), 133.5 (Ar-C), 133.2 (Ar-C), 130.8 (2 adet Ar-C), 130.7 (Ar-C), 129.5 (Ar-C), 129.4 (2 adet Ar-C), 128.6 (Ar-C), 126.1 (Ar-C), 124.8 (Ar-C), 124.5 (vinilik-C), 20.6 (Ar-CH₃);

HRMS (ESI) m/z: C₂₂H₁₆ClNO₆S [M+H]⁺ = 458.038 (hesaplanan), 458.045 (bulunan)

4-(3-(4-klorofenil)akriloil)fenil naftalin-2-sülfonat (2)



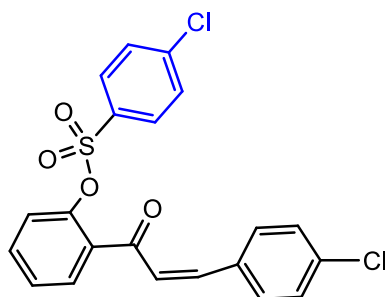
E.N. 130-133 °C; Mol kütlesi: 448.053; Krem rengi; (Verim 53%):

¹H NMR (400 MHz, DMSO), δ/ppm: 8.42 (s, 1H, Ar H), 8.14-8.02 (m, 2H, Ar H), 7.92 (d, *J*=7.8 Hz, 1H, Ar H), 7.73-7.47 (m, 8H, Ar H), 7.45-7.34 (m, 2H, Ar H), 7.32-7.14 (m, 2H, Ar H, vinil-H), 7.04 (d, *J*=16.0 Hz, 1H, vinil-H);

¹³C NMR (100 MHz, DMSO), (ppm): 189.9 (-C=O), 146.4 (Ar-C), 143.2 (Ar-C), 135.7 (Ar-C), 135.5 (Ar-C), 133.9 (vinilik-C), 133.5 (Ar-C), 133.3 (Ar-C), 131.8 (Ar-C), 131.3 (Ar-C), 130.8 (Ar-C), 130.74 (Ar-C), 130.71 (2 adet Ar-C), 130.49 (Ar-C), 130.45 (Ar-C), 130.3 (Ar-C), 129.9 (Ar-C), 129.2 (2 adet Ar-C), 128.4 (Ar-C), 128.2 (Ar-C), 126.1 (Ar-C), 124.1 (vinilik-C), 122.8 (Ar-C);

HRMS (ESI) m/z: C₂₅H₁₇ClO₄S [M+H]⁺= 449.053 (hesaplanan), 449.060 (bulunan)

4-(3-(4-klorofenil)akriloil)fenil 4-klorobenzensülfonat (3)



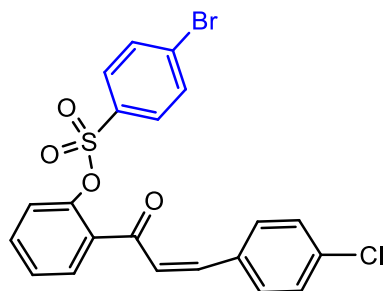
E.N. 145-147 °C; Mol kütlesi: 431.998; Açık sarı renk; (Verim 55%):

¹H NMR (400 MHz, DMSO), δ/ppm: 7.82-7.49 (m, 11H, Ar H), 7.34 (d, *J*=15.6 Hz, 1H, vinil-H), 7.27 (d, *J*=8.1 Hz, 1H, Ar H), 7.15 (d, *J*=16.0 Hz, 1H, vinil-H);

¹³C NMR (100 MHz, DMSO), (ppm): 189.9 (-C=O), 146.3 (Ar-C), 143.5 (Ar-C), 140.8 (Ar-C), 135.8 (Ar-C), 133.8 (vinilik-C), 133.6 (Ar-C), 133.5 (Ar-C), 133.1 (Ar-C), 130.9 (2 adet Ar-C), 130.8 (Ar-C), 130.5 (2 adet Ar-C), 130.4 (2 adet Ar-C), 129.4 (2 adet Ar-C), 128.4 (Ar-C), 126.2 (Ar-C), 124.0 (vinilik-C);

HRMS (ESI) m/z: C₂₁H₁₄Cl₂O₄S [M+H]⁺= 432.998 (hesaplanan), 433.006 (bulunan)

4-(3-(4-klorofenil)akriloil)fenil 4-bromobenzenesülfonat (4)



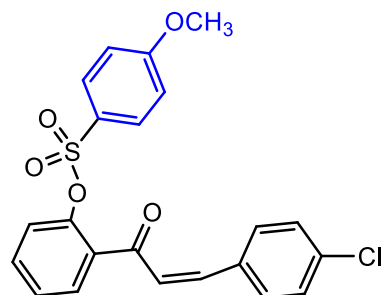
E.N. 148-151 °C; Mol kütlesi: 475.94847; Açık sarı renk; (Verim 56%):

¹H NMR (400 MHz, DMSO), δ/ppm: 7.79-7.61 (m, 8H, Ar H), 7.58-7.47 (m, 3H, Ar-H), 7.35 (d, *J*=16.0 Hz, 1H, vinil-H), 7.27 (d, *J*=8.2 Hz, 1H, Ar H), 7.15 (d, *J*=16.0 Hz, 1H, vinil-H);

¹³C NMR (100 MHz, DMSO), (ppm): 190.0 (-C=O), 146.2 (Ar-C), 143.6 (Ar-C), 135.9 (Ar-C), 133.7 (vinilik-C), 133.6 (Ar-C), 133.4 (Ar-C), 133.3 (2 adet Ar-C), 132.0 (Ar-C), 130.9 (2 adet Ar-C), 130.8 (Ar-C), 130.5 (2 adet Ar-C), 130.0 (Ar-C), 129.2 (2 adet Ar-C), 128.4 (Ar-C), 126.2 (Ar-C), 124.0 (vinilik-C);

HRMS (ESI) m/z: C₂₁H₁₄BrClO₄S [M+H]⁺= 476.948 (hesaplanan), 476.955 (bulunan)

4-(3-(4-klorofenil)akriloil)fenil 4-metoksibenzensülfonat (5)



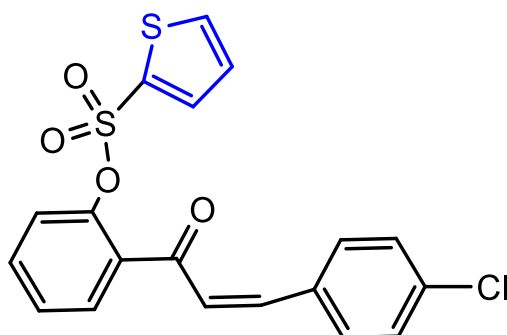
E.N. 106-109 °C; Mol kütlesi: 428.048; Açık sarı renk; (Verim 57%):

¹H NMR (400 MHz, DMSO), δ/ppm: 7.75-7.58 (m, 6H, Ar H), 7.54-7.46 (m, 3H, Ar H), 7.32 (d, *J*=16.0 Hz, 1H, vinil-H), 7.24 (d, *J*=8.1 Hz, 1H, Ar H), 7.13 (d, *J*=16.0 Hz, 1H, vinil-H), 7.00 (d, *J*=8.9 Hz, 2H, Ar-H), 3.67 (s, 3H, Ar-OCH₃);

¹³C NMR (100 MHz, DMSO), (ppm): 190.0 (-C=O), 164.5 (Ar-C), 146.5 (Ar-C), 143.2 (Ar-C), 136.7 (Ar-C), 134.0 (Ar-C), 133.6 (vinilik-C), 133.4 (Ar-C), 131.1 (2 adet Ar-C), 130.8 (2 adet Ar-C), 130.6 (Ar-C), 129.4 (2 adet Ar-C), 128.1 (Ar-C), 126.3 (Ar-C), 125.3 (Ar-C), 124.1 (vinilik-C), 115.3 (2 adet Ar-C), 56.1 (Ar-OCH₃);

HRMS (ESI) m/z: C₂₂H₁₇ClO₅S [M+H]⁺= 429.048 (hesaplanan), 429.055 (bulunan)

4-(3-(4-klorofenil)akriloil)fenil tiyofen-2-sülfonat (6)



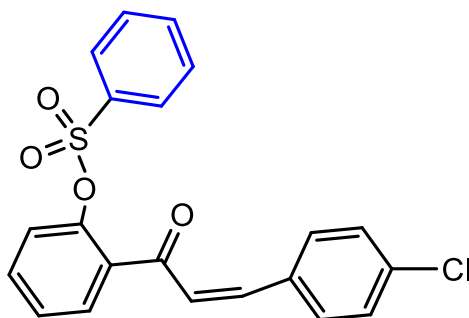
E.N. 109-112 °C; Mol kütlesi: 403.994; Açık sarı renk; (Verim 49%):

¹H NMR (400 MHz, DMSO), δ/ppm: 8.13 (d, *J*=4.9 Hz, 1H, Ar H), 7.81-7.63 (m, 5H, Ar H), 7.56-7.46 (m, 3H, Ar H), 7.44 (d, *J*=15.9 Hz, 1H, vinil-H), 7.26 (d, *J*=15.9 Hz, 1H, vinil-H), 7.22-7.14 (m, 2H, Ar H);

¹³C NMR (100 MHz, DMSO), (ppm): 189.9 (-C=O), 146.5 (Ar-C), 143.4 (Ar-C), 138.1 (Ar-C), 137.1 (Ar-C), 136.8 (Ar-C), 134.0 (Ar-C), 133.6 (vinilik-C), 133.5 (Ar-C), 132.8 (Ar-C), 130.9 (2 adet Ar-C), 130.8 (Ar-C), 129.5 (2 adet Ar-C), 129.0 (Ar-C), 128.5 (Ar-C), 126.4 (Ar-C), 123.7 (vinilik-C);

HRMS (ESI) m/z: C₁₉H₁₃ClO₄S₂ [M+H]⁺ = 404.994 (hesaplanan), 405.001 (bulunan)

4-(3-(4-klorofenil)akriloil)fenil benzensülfonat (7)



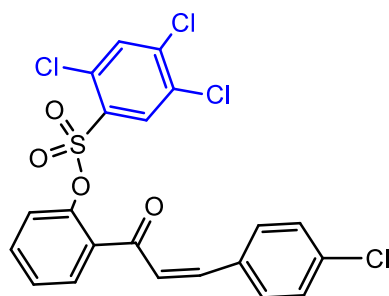
E.N. 98-101 °C; Mol kütlesi: 398.037; Açık sarı renk; (Verim 59%):

¹H NMR (400 MHz, DMSO), δ/ppm: 7.78-7.60 (m, 7H, Ar H), 7.59-7.47 (m, 5H, Ar H), 7.39 (d, *J*=16.0 Hz, 1H, vinil-H), 7.24-7.13 (m, 2H, Ar-H, vinil-H);

¹³C NMR (100 MHz, DMSO), (ppm): 190.0 (-C=O), 146.4 (Ar-C), 143.3 (Ar-C), 135.8 (Ar-C), 135.6 (Ar-C), 134.3 (Ar-C), 134.0 (Ar-C), 133.6 (vinilik-C), 133.5 (Ar-C), 130.9 (2 adet Ar-C), 130.8 (Ar-C), 130.2 (2 adet Ar-C), 129.5 (2 adet Ar-C), 128.6 (2 adet Ar-C), 128.2 (Ar-C), 126.4 (Ar-C), 123.9 (vinilik-C);

HRMS (ESI) m/z: C₂₁H₁₅ClO₄S [M+H]⁺ = 399.037 (hesaplanan), 399.045 (bulunan)

4-(3-(4-klorofenil)akriloil)fenil 2,4,5-triklorobenzenesülfonat (8)



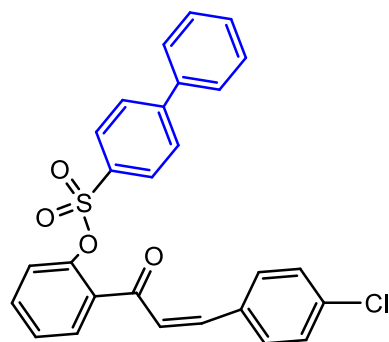
E.N. 157-160 °C; Mol kütlesi: 499.921; Beyaz renk; (Verim 60%):

¹H NMR (400 MHz, DMSO), δ/ppm: 8.19 (m, 1H, Ar-H), 7.93 (m, 1H, Ar-H), 7.75-7.65 (m, 4H, Ar H), 7.58-7.48 (m, 3H, Ar H), 7.38 (d, *J*=15.9 Hz, 1H, vinil-H), 7.31 (d, *J*=7.9 Hz, 1H, Ar H), 7.22 (d, *J*=15.9 Hz, 1H, vinil-H);

¹³C NMR (100 MHz, DMSO), (ppm): 190.1 (-C=O), 146.1 (Ar-C), 143.7 (Ar-C), 139.5 (Ar-C), 135.9 (Ar-C), 134.4 (Ar-C), 133.7 (vinilik-C), 133.3 (Ar-C), 132.9 (Ar-C), 132.6 (Ar-C), 132.0 (Ar-C), 131.6 (Ar-C), 130.93 (Ar-C), 130.90 (2 adet Ar-C), 129.4 (2 adet Ar-C), 128.7 (Ar-C), 126.2 (Ar-C), 123.97 (vinilik-C), 123.94 (Ar-H);

HRMS (ESI) m/z: C₂₁H₁₂Cl₄O₄S [M+H]⁺= 500.921 (hesaplanan), 500.928 (bulunan)

2-(3-(4-klorofenil)akriloil)fenil [1,1'-bifenil]-4-sülfonat (9)



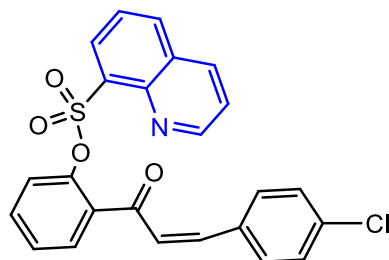
E.N. 110-113 °C; Mol kütlesi: 474.069; Krem rengi; (Verim 47 %):

¹H NMR (400 MHz, DMSO), δ/ppm: 7.77 (q, *J*=8.5 Hz, 4H, Ar H), 7.71-7.62 (m, 4H, Ar H), 7.56-7.49 (m, 3H, Ar H), 7.46-7.40 (m, 3H, Ar H), 7.39-7.28 (m, 4H, Ar H, vinil-H), 7.10 (d, *J*=16.0 Hz, 1H, vinil-H);

¹³C NMR (100 MHz, DMSO), (ppm): 190.0 (-C=O), 146.7 (Ar-C), 146.4 (Ar-H), 143.5 (Ar-C), 137.9 (Ar-C), 135.7 (Ar-C), 133.9 (vinilik-C), 133.5 (Ar-C), 133.4 (Ar-C), 132.8 (Ar-C), 130.8 (2 adet Ar-C), 130.7 (Ar-H), 129.4 (2 adet Ar-C), 129.38 (2 adet Ar-C), 129.35 (3 adet Ar-C), 128.2 (Ar-C), 128.1 (2 adet Ar-C), 127.4 (2 adet Ar-C), 126.2 (Ar-C), 124.3 (vinilik-C);

HRMS (ESI) m/z: C₂₇H₁₉ClO₄S [M+H]⁺= 475.069 (hesaplanan), 475.076 (bulunan)

2-(3-(4-klorofenil)akriloil)fenil kinolin-8-sülfonat (10)



E.N. 169-172 °C; Mol kütlesi: 449.048; Açık sarı renk; (Verim 45 %):

¹H NMR (400 MHz, DMSO), δ/ppm: 9.03 (m, 1H, Ar H), 8.50 (d, *J*=7.8 Hz, 1H, Ar H), 8.39-8.23 (m, 2H, Ar H), 7.72-7.57 (m, 5H, Ar H), 7.55-7.50 (m, 1H, Ar H), 7.48-7.37 (m, 3H, Ar H, vinil-H), 7.23-7.03 (m, 3H, Ar H, vinil-H);

¹³C NMR (100 MHz, DMSO), (ppm): 190.1 (-C=O), 152.7 (Ar-H), 147.1 (Ar-C), 143.4 (Ar-H), 142.5 (Ar-C), 137.4 (Ar-C), 136.82 (Ar-C), 136.81 (Ar-C), 136.6 (Ar-C), 134.05 (Ar-C), 134.03 (Ar-C), 133.9 (vinilik-C), 133.5 (Ar-C), 133.3 (Ar-C), 130.7 (2 adet Ar-C), 129.4 (2 adet Ar-C), 129.2 (Ar-C), 127.8 (Ar-C), 126.6 (Ar-C), 125.9 (Ar-C), 123.4 (vinilik-C), 123.3 (Ar-C);

HRMS (ESI) m/z: C₂₄H₁₆ClNO₄S [M+H]⁺= 450.048 (hesaplanan), 450.056 (bulunan)

5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Sülfonat grubuna bağlı fenil halkasında kloro ikamesi içeren yeni kalkon-sülfonat türevlerinin (**1-10**) karakterizasyonu ^1H NMR, ^{13}C NMR ve HRMS spektroskopik yöntemleri ile gerçekleştirildi. Kloro ikamesi içeren kalkon-sülfonat türevlerinin (**1-10**) ^1H NMR spektrumlarında, başlangıç **ÇK1** bileşiğinin -OH pikinin varlığı kaybolduğu gözlemlendi. -OH pikinin varlığı kaybolması, sülfonil klorürler ile başlangıç **ÇK1** bileşiği arasındaki yapıların bağ oluşumunun olduğunu gösterdi. Kloro ikamesi içeren yeni kalkon-sülfonat türevlerinin (**1-10**) proton spektroskopik analizlerinin verileri Tablo 1'de sergilendi.

Tablo 5.1. Kloro ikame edicisi içeren kalkon-sülfonat türevlerinin (1-10) yapıları

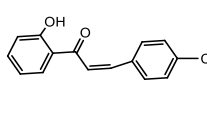
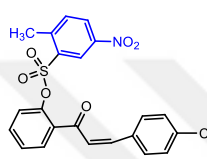
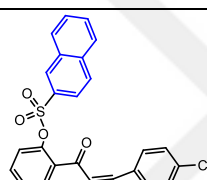
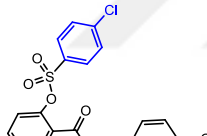
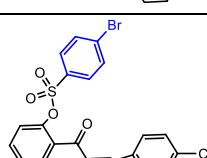
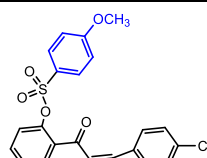
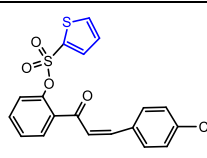
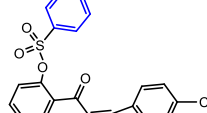
1-10

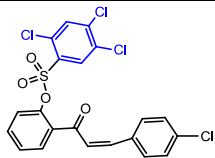
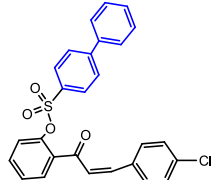
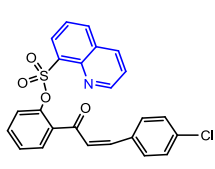
Bileşik Kodları	Ar	Erime Noktası (°C)	Verim(%)
1	2-CH ₃ -5-NO ₂ C ₆ H ₃	155-157 ⁰ C	54
2	2-C ₁₀ H ₇	130-133 ⁰ C	53
3	4-ClC ₆ H ₄	145-147 ⁰ C	55
4	4-BrC ₆ H ₄	148-151 ⁰ C	56
5	4-CH ₃ C ₆ H ₄	106-109 ⁰ C	57
6	2-C ₄ H ₃ S	109-112 ⁰ C	49
7	C ₆ H ₅	98-101 ⁰ C	59
8	2,4,5-(Cl) ₃ C ₆ H ₂	157-160 ⁰ C	60
9	4-C ₁₂ H ₉	110-113 ⁰ C	47
10	8-C ₉ H ₆ N	169-172 ⁰ C	45

Para kloro ikameli kalkon-sülfonat bileşiklerinin (**1-10**) vinilik protonlarının kuplaj sabiti 15,6 ile 16,0 Hz arasında gözlemlendi. Bu nedenle, tüm bileşiklerin bir E konfigürasyonuna sahip olduğu söylenebilir. Para kloro ikameli kalkon-sülfonat bileşikleri **1, 2, 3, 4, 5, 6, 8** ve **9**'un vinilik protonlarından biri (Ha) 7,04-7,26 ppm arasında bir dublet olduğu, bileşiklerin geri kalanının (**7** ve **9**) ise aromatik protonlarla örtüştüğü gözlemlendi. Para kloro-ikameli kalkon-sülfonat bileşikleri **1, 3, 4, 5, 6, 7** ve **8**'in vinilik protonlarından (Hb) 7,44 ile 7,25 ppm arasında bir dublet olduğu, bileşiklerin geri

kalanının (**2**, **9** ve **10**) ise 7,48 ile 7,14 ppm arasında aromatik protonlarla örtüştüğü bulundu (Tablo 2). Tüm para kloro-ikameli kalkon-sülfonat bileşikleri (**1-10**), vinilik grup karbon spektrumlarında 123,4 (C1) ppm ile 133,9 (C2) ppm arasında rezonanslar gösterdi (Tablo 3).

Tablo 5.2. Bileşiklerin ¹H NMR spektrum verileri

Bileşikler	Kimyasal Kayma δ (ppm)	Pik Türleri	J (Hertz)	Hidrojen Sayıları	Proton Türü
	12.45	Singlet	-	1H	Ar-OH
	8.26	Doublet	7.4 Hz	1H	Ar-H
	8.07	Doublet	15.5 Hz	1H	Vinil-H
	7.96	Doublet	8.4 Hz	2H	Ar-H
	7.83	Doublet	15.5 Hz	1H	Vinil-H
	7.66-7.52	Multiplet	-	3H	Ar-H
	7.10-6.97	Multiplet	-	2H	Ar-H
	8.34-8.17	Multiplet	-	2H	Ar-H
	7.77	Doublet	8.3 Hz	1H	Ar-H
	7.72-7.62	Multiplet	-	4H	Ar-H
	7.56-7.44	Multiplet	-	3H	Ar-H
	7.34	Doublet	8.8 Hz	1H	Ar-H
	7.25	Doublet	16.0 Hz	1H	Vinil-H
	7.07	Doublet	16.0 Hz	1H	Vinil-H
2.68	Singlet	-	3H	Ar-CH ₃	
	8.42	Singlet	-	1H	Ar-H
	8.14-8.02	Multiplet	-	2H	Ar-H
	7.92	Doublet	7.8 Hz	1H	Ar-H
	7.73-7.47	Multiplet	-	8H	Ar-H
	7.45-7.34	Multiplet	-	2H	Ar-H
	7.32-7.14	Multiplet	-	2H	Ar-H ve Vinil-H
	7.04	Doublet	16.0 Hz	1H	Vinil-H
	7.82-7.49	Multiplet	-	11H	Ar-H
	7.34	Doublet	15.6 Hz	1H	Vinil-H
	7.27	Doublet	8.1 Hz	1H	Ar-H
	7.15	Doublet	16.0 Hz	1H	Vinil-H
	7.79-7.61	Multiplet	-	8H	Ar-H
	7.58-7.47	Multiplet	-	3H	Ar-H
	7.35	Doublet	16.0 Hz	1H	Vinil-H
	7.27	Doublet	8.2 Hz	1H	Ar-H
	7.15	Doublet	16.0 Hz	1H	Vinil-H
	7.75-7.58	Multiplet	-	6H	Ar-H
	7.54-7.46	Multiplet	-	3H	Ar-H
	7.32	Doublet	16.0 Hz	1H	Vinil-H
	7.24	Doublet	8.1 Hz	1H	Ar-H
	7.13	Doublet	16.0 Hz	1H	Vinil-H
	7.00	Doublet	8.9 Hz	1H	Ar-H
3.67	Singlet	-	3H	Ar-OCH ₃	
	8.13	Doublet	4.9 Hz	1H	Ar-H
	7.81-7.63	Multiplet	-	5H	Ar-H
	7.56-7.46	Multiplet	-	3H	Ar-H
	7.44	Doublet	15.9 Hz	1H	Vinil-H
	7.26	Doublet	15.9 Hz	1H	Vinil-H
7.22-7.14	Multiplet	-	2H	Ar-H	
	7.78-7.60	Multiplet	-	7H	Ar-H
	7.59-7.47	Multiplet	-	5H	Ar-H
	7.39	Doublet	16.0 Hz	1H	Vinil-H
	7.24-7.13	Multiplet	-	2H	Ar-H ve Vinil-H
	8.19	Multiplet	-	1H	Ar-H
	7.93	Multiplet	-	1H	Ar-H
	7.75-7.65	Multiplet	-	4H	Ar-H
	7.58-7.48	Multiplet	-	3H	Ar-H

	7.38	Doublet	15.9 Hz	1H	Vinil-H
	7.31	Doublet	7.9 Hz	1H	Ar-H
	7.22	Doublet	15.9 Hz	1H	Vinil-H
	7.77	quartet	8.5 Hz	4H	Ar-H
	7.71-7.62	Multiplet	-	4H	Ar-H
	7.56-7.49	Multiplet	-	3H	Ar-H
	7.46-7.40	Multiplet	-	3H	Ar-H
	7.39-7.28	Multiplet	-	4H	Ar-H ve Vinil-H
	7.10	Doublet	16.0 Hz	1H	Vinil-H
	9.03	Multiplet	-	1H	Ar-H
	8.50	Doublet	7.8 Hz	1H	Ar-H
	8.39-8.23	Multiplet	-	2H	Ar-H
	7.72-7.57	Multiplet	-	5H	Ar-H
	7.55-7.50	Multiplet	-	1H	Ar-H
	7.48-7.37	Multiplet	-	3H	Ar-H ve Vinil-H
	7.23-7.03	Multiplet	-	3H	Ar-H ve Vinil-H

J=coupling constant in hertz.

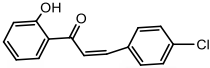
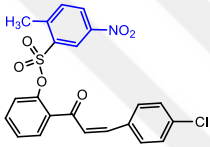
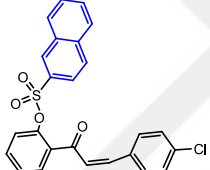
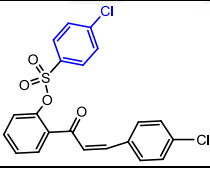
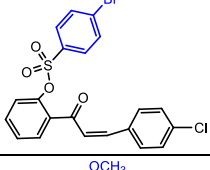
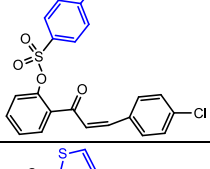
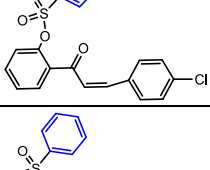
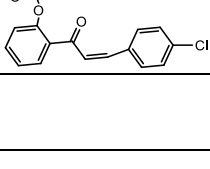
ÇK1 bileşiğinin singlet -OH proton piki 12,45 ppm'de sergilendi (Tablo 2). Ayrıca, **ÇK1** bileşiğinin beklenen aromatik (8H) ve vinilik (2H) proton pikleri 6,97 ile 8,26 ppm arasında kaydedildi. **ÇK1** bileşiğinin beklenen 12 aromatik karbon piki 143,7, 136,9, 135,9, 131,28, 131,24 (iki birim Ar-C), 129,5 (iki birim Ar-C), 121,2, 119,7 ve 118,1 ppm'de sergilendi (Tablo 3). **ÇK1** bileşiğinin beklenen iki vinil karbon piki 133,7 ve 123,0 ppm'de gözlemlendi. Ek olarak, **ÇK1** bileşiğinin beklenen karbonil karbon piki 193,9 ppm'de gözlemlendi.

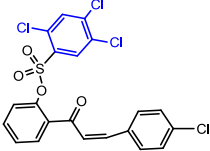
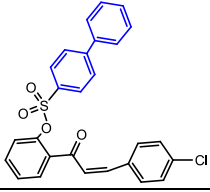
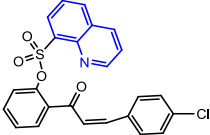
Türevlerin (**1-10**) ^{13}C NMR spektrumlarının moleküllerin yapılarıyla tutarlı olduğu bulundu (spektral verilere bakın). Tüm bileşiklerde (**1-10**) beklenen karbonil pikleri (-C=O) tutarlı bir şekilde sırasıyla 190,3, 189,9, 189,9, 190,0, 190,0, 189,9, 190,0, 190,1, 190,0 ve 190,1 ppm olarak ölçüldü (Tablo 3). Ek olarak, tüm bileşiklerde (**1-10**), beklenen vinil karbon pikleri (-C=C-) sırasıyla bileşik **1**'de (133,7 ve 124,5 ppm), bileşik **2**'de (133,9 ve 124,1 ppm), bileşik **3**'te (133,8 ve 124,0 ppm), bileşik **4**'te (133,7 ve 124,0 ppm), bileşik **5**'te (133,6 ve 124,1 ppm), bileşik **6**'da (133,6 ve 123,7 ppm), bileşik **7**'de (133,6 ve 123,9 ppm), bileşik **8**'de (133,7 ve 123,97 ppm), bileşik **9**'da (133,9 ve 124,3 ppm) ve bileşik **10**'da (133,9 ve 123,4 ppm) ölçüldü.

Bileşikler **3**, **4**, **5** ve **7**, spektrumlarında dört çift örtüşen karbonla 14 aromatik karbon tepesi gösterdi (Tablo 3). Benzer şekilde, bileşikler **1** ve **8**, spektrumlarında iki çift örtüşen karbonla 16 aromatik karbon tepesi gösterdi (Tablo 3). Bileşikler **2**, **6** ve **10**, sırasıyla iki çift örtüşen karbonla 14, 20 ve 19 karbon tepesi gösterdi. Bileşik **9**, beş çift örtüşen karbon ve bir üçlü örtüşen karbonla 17 karbon tepesi gösterdi.

Bileşik 1'in beklenen metil metiline ait üç proton singlet tepesi 2,68 ppm'de ölçüldü. Ayrıca, bileşik 1'in amin metil karbon tepesi (Ar-CH₃) 20,6 ppm'de ölçüldü. Bileşik 5'in metoksi ikamesine (-OCH₃) ait proton tepesi 3,67 ppm'de gözlemlendi. Ayrıca, bileşik 5'in metoksi karbon piki 56,1 ppm'de gözlemlendi. Ayrıca, para kloro ikameli kalkon-sülfonat bileşiklerinin (1-10) HRMS kütle [M+H] değerleri, HRMS spektrum verilerine göre tüm bileşiklerin saf formlara sahip olduğunu gösterdi.

Tablo 5.3. Bileşiklerin ¹³C NMR spektrum verileri

Bileşikler	Kimyasal Kayma (ppm)	Gözlenen Karbon Sayıları	Karbon Türü
	193.9 162.1 143.7, 136.9, 135.9, 131.28, 131.24 (x2), 129.5 (x2), 121.2, 119.7, 118.1 133.7, 123.0	1C 1C 9C 2C	-C=O Ar-C-OH Ar-C vinilik-C
	190.3 146.8 146.0, 145.7, 143.9, 136.0, 135.4, 134.7, 133.5, 133.2, 130.8 (x2), 130.7, 129.5, 129.4 (x2), 128.6, 126.1, 124.8 133.7, 124.5	1C 16C 2C	-C=O Ar-C vinilik-C
	189.9 146.4, 143.2, 135.7, 135.5, 133.5, 133.3, 131.8, 131.3, 130.8, 130.74, 130.71 (x2), 130.49, 130.45, 130.3, 129.9, 129.2 (x2), 128.4, 128.2, 126.1, 122.8 133.9, 124.1	1C 20C 2C	-C=O Ar-C vinilik-C
	189.9 146.3, 143.5, 140.8, 135.8, 133.6, 133.5, 133.1, 130.9 (x2), 130.8, 130.5 (x2), 130.4 (x2), 129.4 (x2), 128.4, 126.2 133.8, 124.0	1C 14C 2C	-C=O Ar-C vinilik-C
	190.0 146.2, 143.6, 135.9, 133.6, 133.4, 133.3 (x2), 132.0, 130.9 (x2), 130.8, 130.5 (x2), 130.0, 129.2 (x2), 128.4, 126.2 133.7, 124.0	1C 14C 2C	-C=O Ar-C vinilik-C
	190.0 164.5, 146.5, 143.2, 136.7, 134.0, 133.4, 131.1 (x2), 130.8 (x2), 130.6, 129.4 (x2), 128.1, 126.3, 125.3, 115.3 (x2) 133.6, 124.1	1C 14C 2C	-C=O Ar-C vinilik-C
	189.9 146.5, 143.4, 138.1, 137.1, 136.8, 134.0, 133.5, 132.8, 130.9, (x2), 130.8, 129.5 (x2), 129.0, 128.5, 126.4 133.6, 123.7	1C 14C 2C	-C=O Ar-C vinilik-C
	190.0 146.4, 143.3, 135.8, 135.6, 134.3, 134.0, 133.5, 130.9 (x2), 130.8, 130.2 (x2), 129.5 (x2), 128.6 (x2), 128.2, 126.4 133.6 123.9	1C 14C 2C	-C=O Ar-C vinilik-C
	190.1 146.1, 143.7, 139.5, 135.9, 134.4, 133.3, 132.9, 132.6, 132.0, 131.6, 130.93, 130.90 (x2), 129.4 (x2), 128.7, 126.2, 123.94	1C 16C	-C=O Ar-C

	133.7, 123.97	2C	vinilik-C
	190.0	1C	-C=O
	146.7, 146.4, 143.5, 137.9, 135.7, 133.5, 133.4, 132.8, 130.8 (x2), 130.7, 129.4 (x2), 129.38 (x2), 129.35 (x3), 128.2, 128.1 (x2), 127.4 (x2), 126.2	17C	Ar-C
	133.9, 124.3	2C	vinilik-C
	190.1	1C	-C=O
	152.7, 147.1, 143.4, 142.5, 137.4, 136.82, 136.81, 136.6, 134.05, 134.03, 133.5, 133.3, 130.7 (x2), 129.4 (x2), 129.2, 127.8, 126.6, 125.9, 123.3	19C	Ar-C
	133.9, 123.4	2C	vinilik-C

Sonuç olarak, yeni kloro substitüent içeren yeni kalkon-sülfonat türevleri sentezlendi ve karakterize edildi. Özellikler sülfonat esteri motifi yapısındaki organik grupları değiştirilerek farklı türevler elde edilmiştir. Bu organik türevleri 4-klorofenil, 4-bromofenil, triklorofenil gibi elektron-çekici yapılarla birlikte 4-metoksifenil gibi elektron-salıcı gruplarda kullanıldı. Sülfonat ester yapısında, heterohalkalı tiyofen ve kinolin gibi motiflerle de bu yapılar desteklendi. Ayrıca, bifenil ve naftil grupları gibi hacimli gruplarda kullanılarak kloro substitüent içeren yeni kalkon-sülfonat türevlerinin çeşitliliği artırıldı. Farklı motifler barındıran yeni sentezlenen kalkon-sülfonat bileşiklerinin ileri çalışmalarında biyolojik değerlendirmeleri yapılarak literatüre katkı sunacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

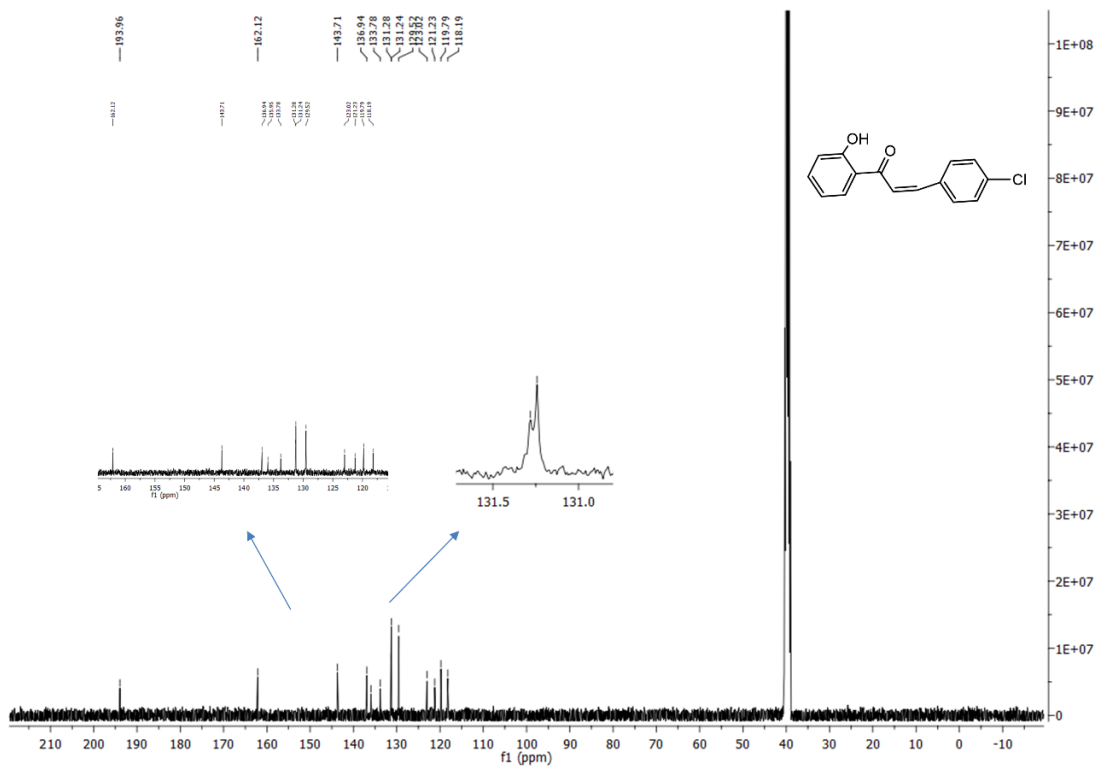
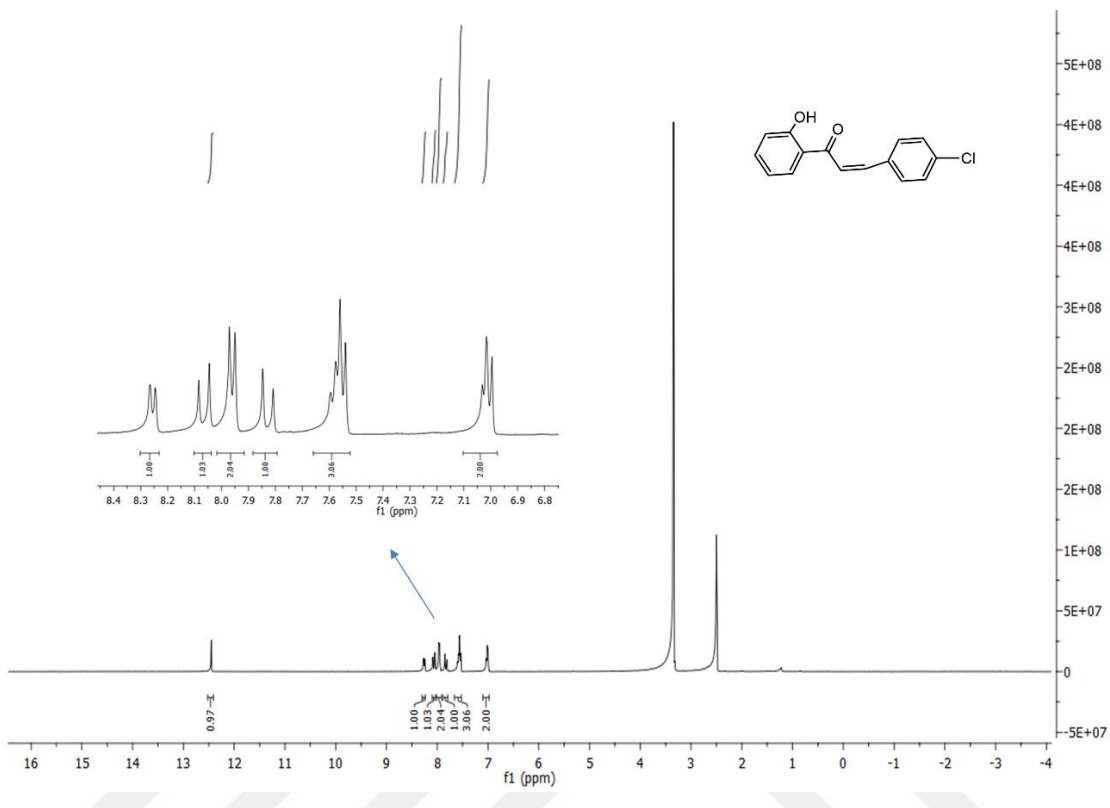
- Ali, A., Khalid, M., Tahir, M. N., Imran, M., Ashfaq, M., Hussain, R., ... ve Khan, I. 2021. Synthesis of diaminopyrimidine sulfonate derivatives and exploration of their structural and quantum chemical insights via SC-XRD and the DFT approach. *ACS omega*, 6(10), 7047-7057.
- Anbar, H. S., El-Gamal, R., Ullah, S., Zaraei, S. O., Al-Rashida, M., Zaib, S., ... ve El-Gamal, M. I. 2020. Evaluation of sulfonate and sulfamate derivatives possessing benzofuran or benzothiophene nucleus as inhibitors of nucleotide pyrophosphatases/phosphodiesterases and anticancer agents. *Bioorganic chemistry*, 104, 104305.
- Aslan, H., Yetişsin, F., Korkmaz, A., ve Bursal, E. 2024. Design, synthesis, characterization, enzyme inhibition, molecular docking, and pharmacological evaluation of new chalcone-sulfonate derivatives bearing thiophene. *ChemistrySelect*, 9(14), e202400053.
- Başaran, E., Tür, G., Akkoc, S., ve Taskin-Tok, T. 2024. Design, synthesis, and in silico and in vitro cytotoxic activities of novel isoniazid–hydrazone analogues linked to fluorinated sulfonate esters. *ACS omega*, 9(15), 17551-17562.
- Borad, M. A., Bhoi, M. N., Rajani, D. P., Rajani, S. D., ve Patel, H. D. 2014. synthesis and antimicrobial activities of 2-(4-substituted phenyl)-1, 10b dihydrospiro [benzo [e] pyrazolo [1, 5-c][1, 3] oxaz ine-5, 3'-indolin]-2'-one derivative from isatin. *WJPPS*, 3, 805-821.
- Bursal, E., Korkmaz, A., ve Yetişsin, F. 2025. Synthesis and Biological Evaluation of a Novel Series of Chalcone Derivatives as Enzyme Inhibitors and Antioxidant Agents. *Chemistryselect*, 10.1002/slct.202500128
- Che, Z., Liu, Y., Chen, L., Xing, P., Li, X., Huang, X., ... ve Tian, Y. 2022. Synthesis of Hinokitiol Sulfonate Derivatives and Their Anti-Oomycete and Nematicidal Activities. *Chemistry ve Biodiversity*, 19(9), e202200580.
- Chuang, H., Huang, L. C. S., Kapoor, M., Liao, Y. J., Yang, C. L., Chang, C. C., ... ve Hsu, M. H. (2016). Design and synthesis of pyridine-pyrazole-sulfonate derivatives as potential anti-HBV agents. *MedChemComm*, 7(5), 832-836.
- Çınar, E. (2025). Investigation of Docking, Antioxidant, and anti-Alzheimer Activities of Newly Schiff Bases Containing Aryl Sulfonate Group. *Journal of Molecular Structure*, 141632.

- El-Gamal, M. I., ve Oh, C. H. (2014). Synthesis, in vitro antiproliferative activity, and in silico studies of fused tricyclic coumarin sulfonate derivatives. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 84, 68-76.
- El-Gamal, M. I., Semreen, M. H., Foster, P. A., ve Potter, B. V. 2016. Design, synthesis, and biological evaluation of new arylamide derivatives possessing sulfonate or sulfamate moieties as steroid sulfatase enzyme inhibitors. *Bioorganic ve Medicinal Chemistry*, 24(12), 2762-2767.
- El-Gamal, M. I., Ullah, S., Zaraei, S. O., Jalil, S., Zaib, S., Zaher, D. M., ... ve Iqbal, J. (2019). Synthesis, biological evaluation, and docking studies of new raloxifene sulfonate or sulfamate derivatives as inhibitors of nucleotide pyrophosphatase/phosphodiesterase. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 181, 111560.
- Ghazzali, M., Khattab, S. A., Elnakady, Y. A., Al-Mekhlafi, F. A., Al-Farhan, K., ve El-Faham, A. (2013). Synthesis, structure, theoretical calculations and biological activity of sulfonate active ester new derivatives. *Journal of Molecular Structure*, 1046, 147-152.
- Guo, T., Xia, R., Chen, M., He, J., Su, S., Liu, L., ... ve Xue, W. 2019. Biological activity evaluation and action mechanism of chalcone derivatives containing thiophene sulfonate. *RSC advances*, 9(43), 24942-24950.
- Gwaltney II, S. L., Imade, H. M., Li, Q., Gehrke, L., Credo, R. B., Warner, R. B., ... ve Sham, H. L. 2001. Novel sulfonate derivatives: potent antimetabolic agents. *Bioorganic ve medicinal chemistry letters*, 11(13), 1671-1673.
- Hashem, O., Zaib, S., Zaraei, S. O., Javed, H., Kedia, R. A., Anbar, H. S., ... ve Khoder, G. 2024. Design and discovery of urease and Helicobacter pylori inhibitors based on benzofuran/benzothiophene-sulfonate and sulfamate scaffolds for the treatment of ureolytic bacterial infections. *International Journal of Biological Macromolecules*, 271, 132502.
- He, J., Tian, Y., Huang, X., Wang, T., Zhou, L., Liu, S., ... ve Che, Z. 2023. Synthesis, anti-oomycete and fungal activities of resveratrol sulfonate derivatives containing three esters moieties. *Journal of Natural Pesticide Research*, 3, 100023.
- Kassem, A. F., Omar, M. A., Temirak, A., El-Shiekh, R. A., ve Srour, A. M. 2024. Barbiturate-sulfonate hybrids as potent cholinesterase inhibitors: design, synthesis and molecular modeling studies. *Future Medicinal Chemistry*, 16(16), 1615-1631.

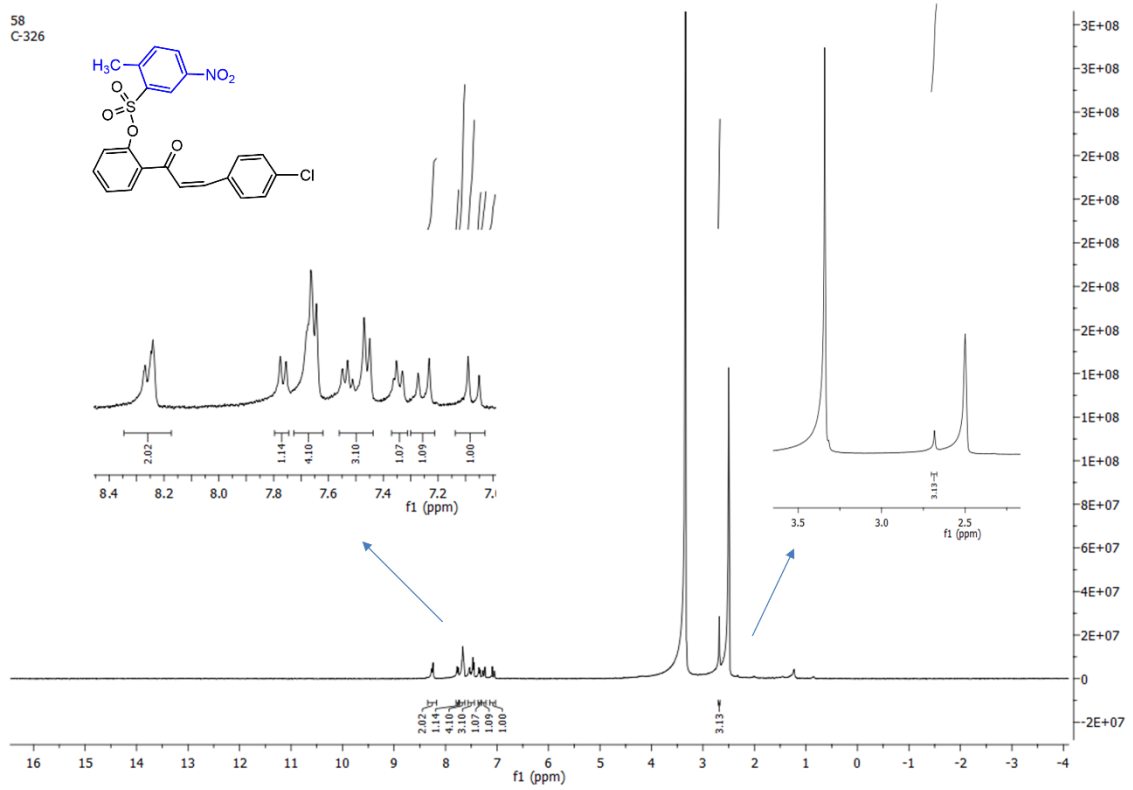
- Kaur, R., Kumar, R., Dogra, N., ve Yadav, A. K. 2022. Design, synthesis, biological evaluations and in silico studies of sulfonate ester derivatives of 2-(2-benzylidenehydrazono) thiazolidin-4-one as potential α -glucosidase inhibitors. *Journal of Molecular Structure*, 1247, 131266.
- Korkmaz, A. 2022. Synthesis, characterization, ADMET prediction, and molecular docking studies of novel coumarin sulfonate derivatives. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 12(2), 918-932.
- Korkmaz, A. 2023. Design, synthesis, characterization, molecular docking studies, molecular properties, toxicity, and bioactivity score prediction evaluation of novel chalcone-sulfonate hybrid derivatives. *Journal of Molecular Structure*, 1286, 135597.
- Korkmaz, A., ve Bursal, E. 2022a. Benzothiazole sulfonate derivatives bearing azomethine: Synthesis, characterization, enzyme inhibition, and molecular docking study. *Journal of Molecular Structure*, 1257, 132641.
- Korkmaz, A., ve Bursal, E. 2022b. An in vitro and in silico study on the synthesis and characterization of novel bis (sulfonate) derivatives as tyrosinase and pancreatic lipase inhibitors. *Journal of Molecular Structure*, 1259, 132734.
- Korkmaz, A., ve Bursal, E. 2022c. Synthesis, biological activity and molecular docking studies of novel sulfonate derivatives bearing salicylaldehyde. *Chemistry ve Biodiversity*, 19(6), e202200140.
- Korkmaz, A., ve Bursal, E. 2025. Synthesis, characterization, biological evaluation, ADMET, and molecular docking studies of novel chalcone-sulfonate hybrid compounds as potential antioxidant and antiobesity activities. *Journal of Molecular Structure*, 141638.
- Korkmaz, A., Bursal, E., ve Kurtay, G. 2023b. In Vitro and In Silico Evaluation of Amylase, Tyrosinase, and Pancreatic Lipase Inhibitions of Novel Benzothiazole-Sulfonate Derivatives. *ChemistrySelect*, 8(42), e202302936.
- Korkmaz, A., Kurtay, G., Kaya, E., ve Bursal, E. 2023a. Design, synthesis, spectroscopic characterizations, in vitro pancreatic lipase as well as tyrosinase inhibition evaluations and in silico analysis of novel aryl sulfonate-naphthalene hybrids. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 41(15), 7128-7143.
- Lei, Z. W., Yao, J., Liu, H., Ma, C., ve Yang, W. 2022. Synthesis and bioactivity of novel sulfonate scaffold-containing pyrazolecarbamide derivatives as antifungal and antiviral agents. *Frontiers in Chemistry*, 10, 928842.

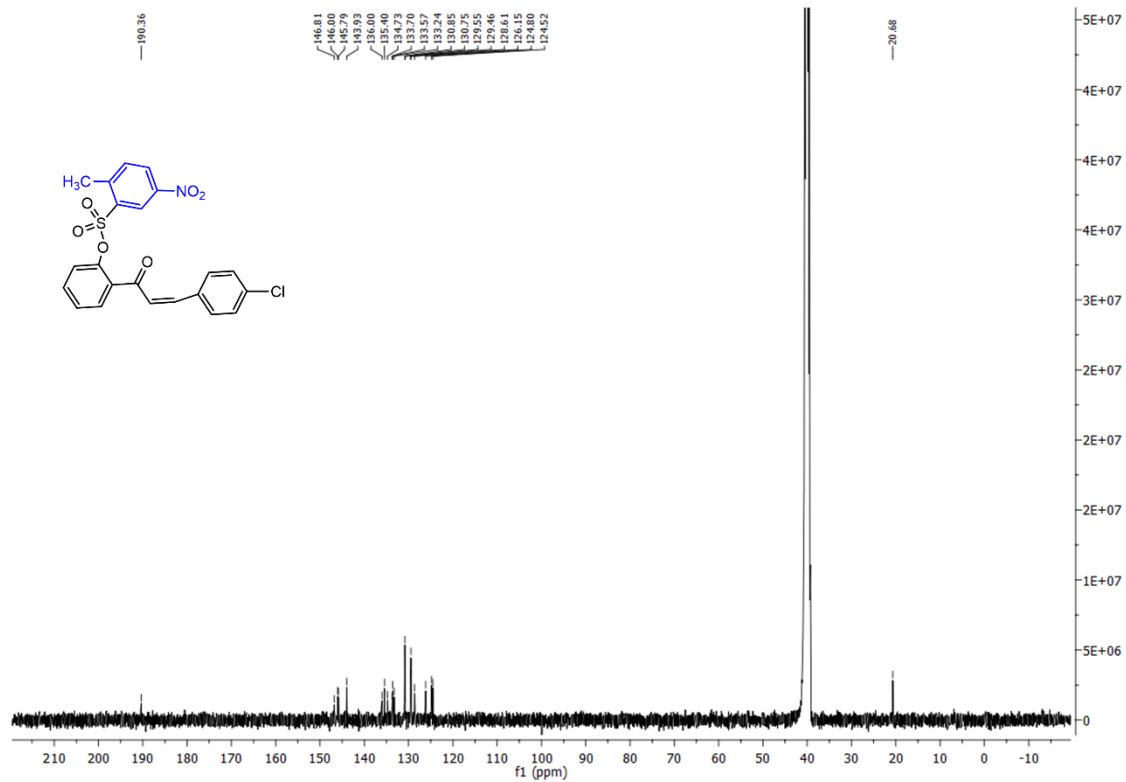
- Li, C., Liu, Y., Ren, X., Tan, Y., Jin, L., ve Zhou, X. 2023. Design, synthesis and bioactivity of novel pyrimidine sulfonate esters containing thioether moiety. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(5), 4691.
- Pourparizi, A., Nadri, H., Naghsh, N., Eider, A. R., ve Pourrajab, F. 2023. Synthesis of aurone sulfonate derivatives: Evaluation of their cholinesterase inhibition, neuroprotective effects, and expression of oxidative stress-related genes. *Journal of Molecular Structure*, 1294, 136334.
- Semreen, M. H., El-Gamal, M. I., Ullah, S., Jalil, S., Zaib, S., Anbar, H. S., ... ve Iqbal, J. 2019. Synthesis, biological evaluation, and molecular docking study of sulfonate derivatives as nucleotide pyrophosphatase/phosphodiesterase (NPP) inhibitors. *Bioorganic ve Medicinal Chemistry*, 27(13), 2741-2752.
- Sui, G., Shu, L., Zhang, A., Li, D., ve Cao, S. 2024. Sulfonate derivatives containing a kakuol moiety as potential fungicidal candidates: design, synthesis and antifungal activity evaluation. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 72(2), 186-189.
- Şahin, İ., Bingöl, Z., Onur, S., Güngör, S. A., Köse, M., Gülçin, İ., ve Tümer, F. 2022. Enzyme Inhibition Properties and Molecular Docking Studies of 4-Sulfonate Containing Aryl α -Hydroxyphosphonates Based Hybrid Molecules. *Chemistry ve biodiversity*, 19(5), e202100787.
- Yang, Z., Sun, X., Jin, D., Qiu, Y., Wang, S., ve Gu, W. 2022. Synthesis and antifungal/anti-oomycete activity of novel camphor-based sulfonate derivatives as potential SDH inhibitors. *Journal of Molecular Structure*, 1270, 133959.
- Yaqoob, F., Aftab, H., Sadeghian, N., Taslimi, P., Siddique, F., Nadeem, S., ... ve Shafiq, Z. 2025. Design, synthesis, antidiabetic evaluation and computational modeling of phenyl-naphthalene-2-sulfonate derived hydrazones. *Journal of Molecular Structure*, 1335, 141883.
- Yetişsin, F., Korkmaz, A., ve Kaya, E. 2023. In silico and in vitro biological evaluation of novel serial sulfonate derivatives on pancreatic lipase activity. *Chemistry ve Biodiversity*, 20(11), e202301210.
- Yin, W., Tian, Y., Ma, S., Guo, X., Wang, R., Liu, Y., ... ve Che, Z. 2025. Synthesis, anti-oomycete and anti-fungal activities of aminoguanidine derivatives of paeonol sulfonate. *Journal of Molecular Structure*, 1321, 140085.

EKLER

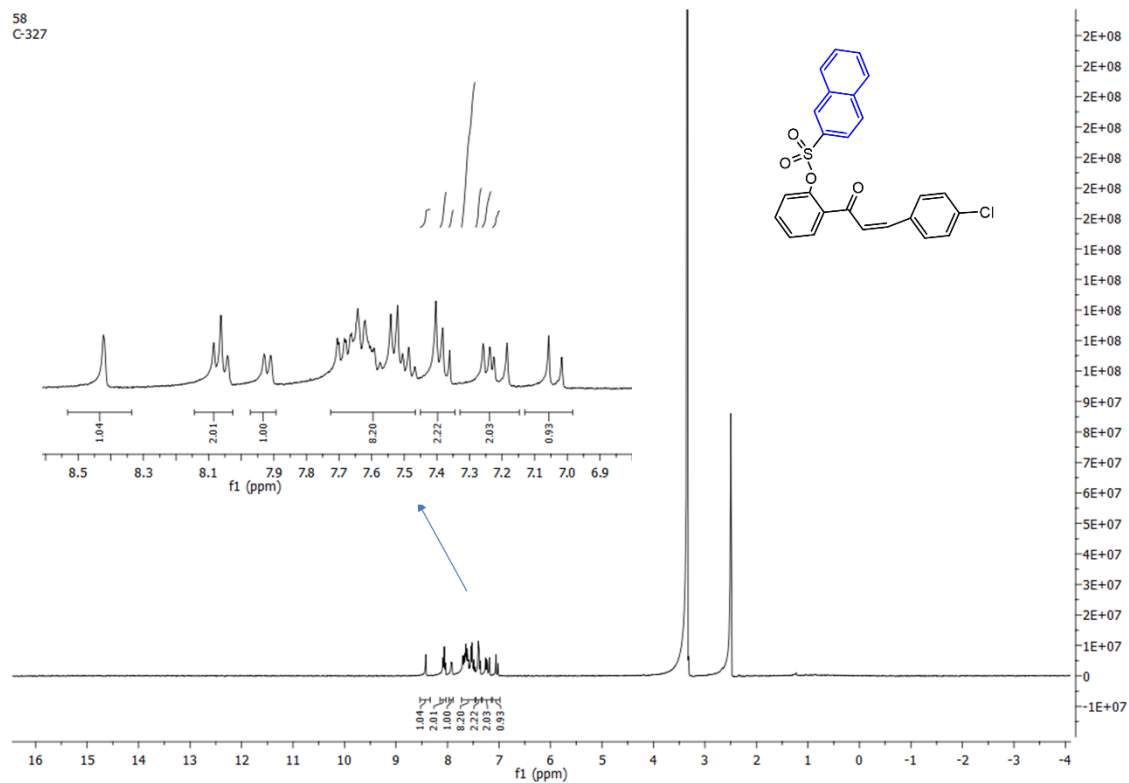
EK 1. ^1H NMR ve ^{13}C NMR spektrumları

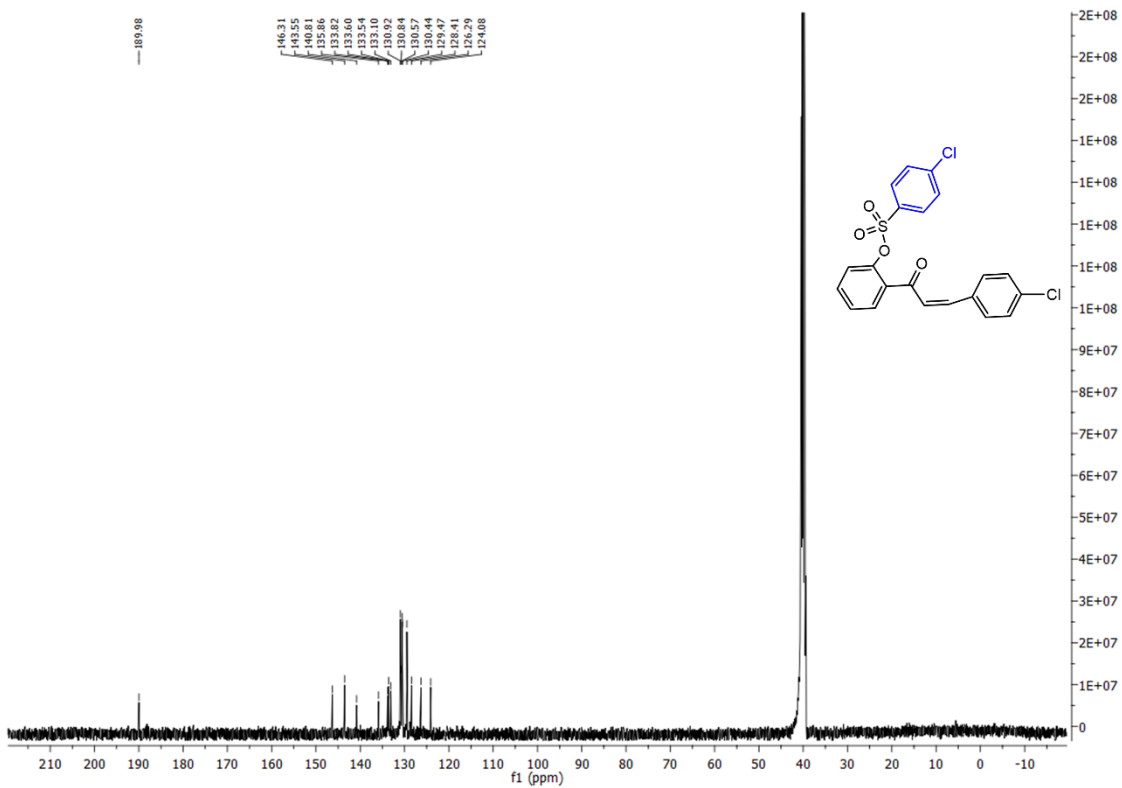
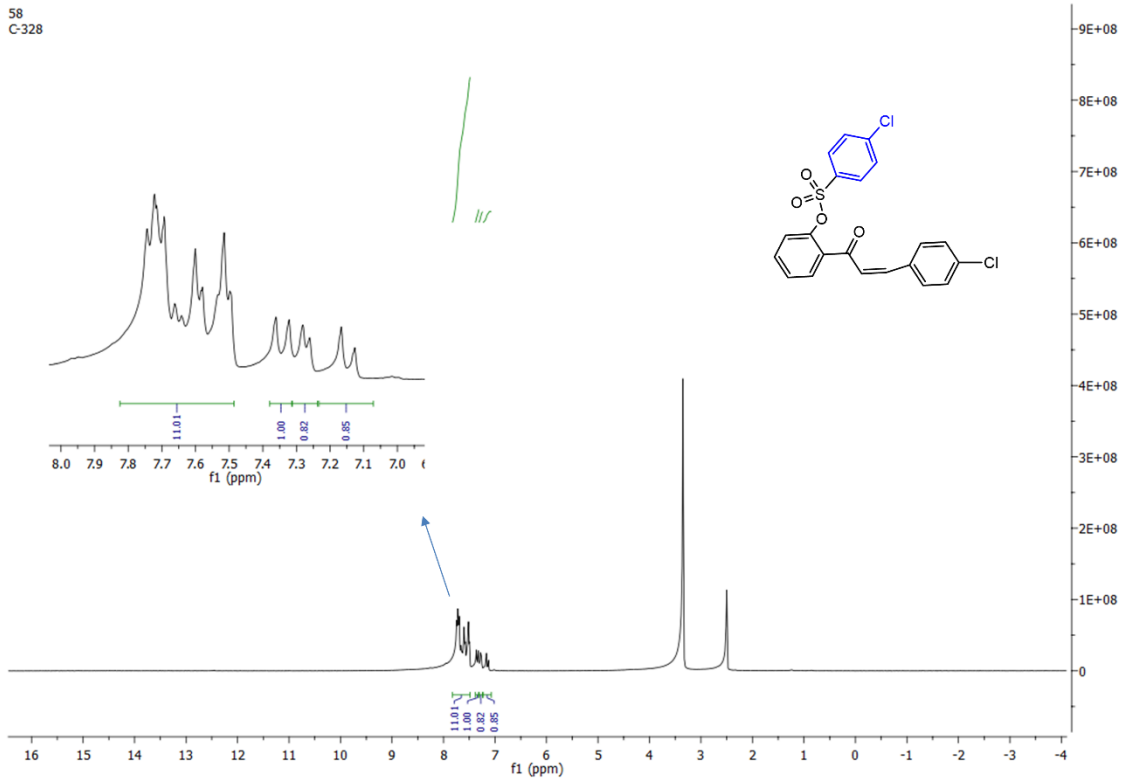
EK 1.1. (3-(4-klorofenil)-1-(2-hidroksifenil)prop-2-en-1-on'un 400 MHz ^1H NMR ve 100 MHz ^{13}C NMR spektrumları)



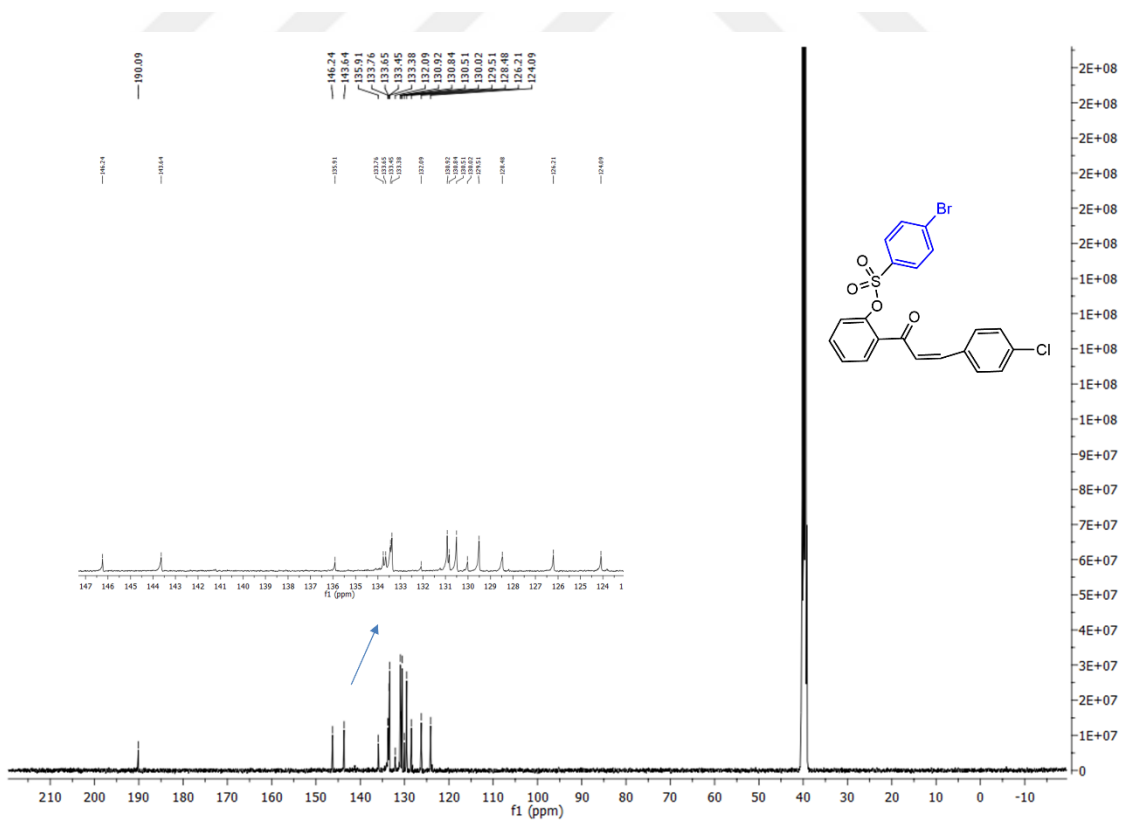
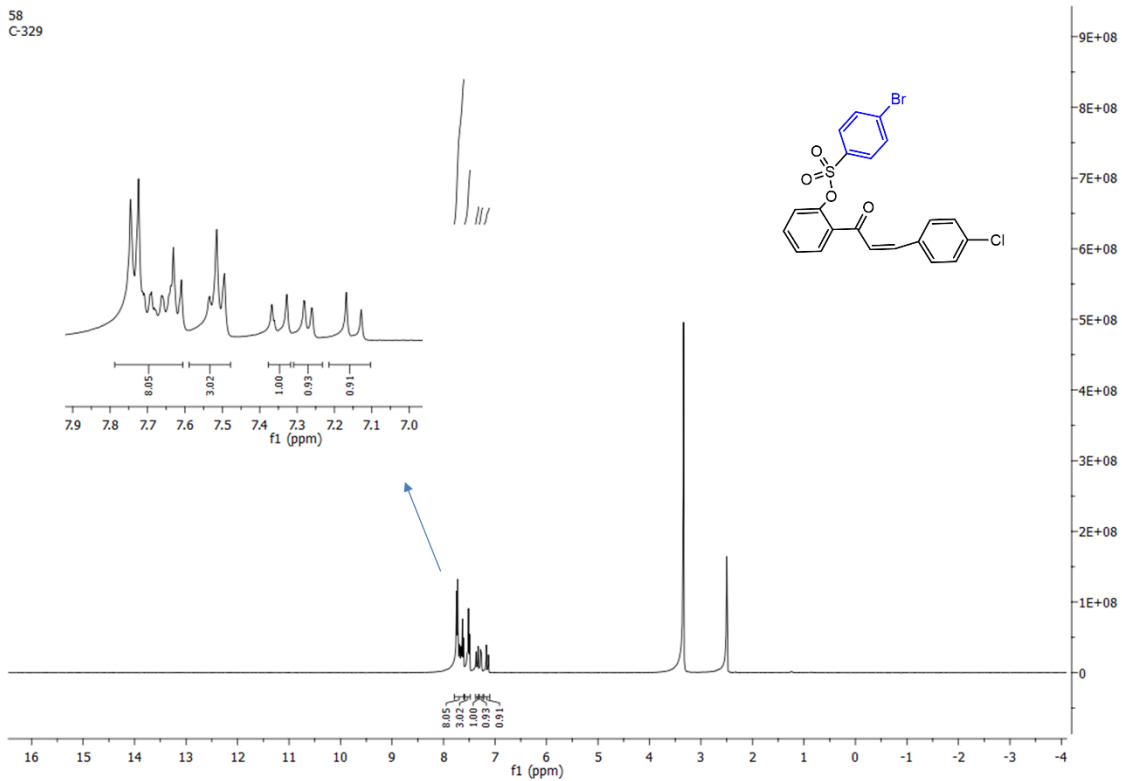


EK 1.2. (1 nolu bileşğin 400 MHz $^1\text{H-NMR}$ ve 100 MHz $^{13}\text{C-NMR}$ spektrumları)

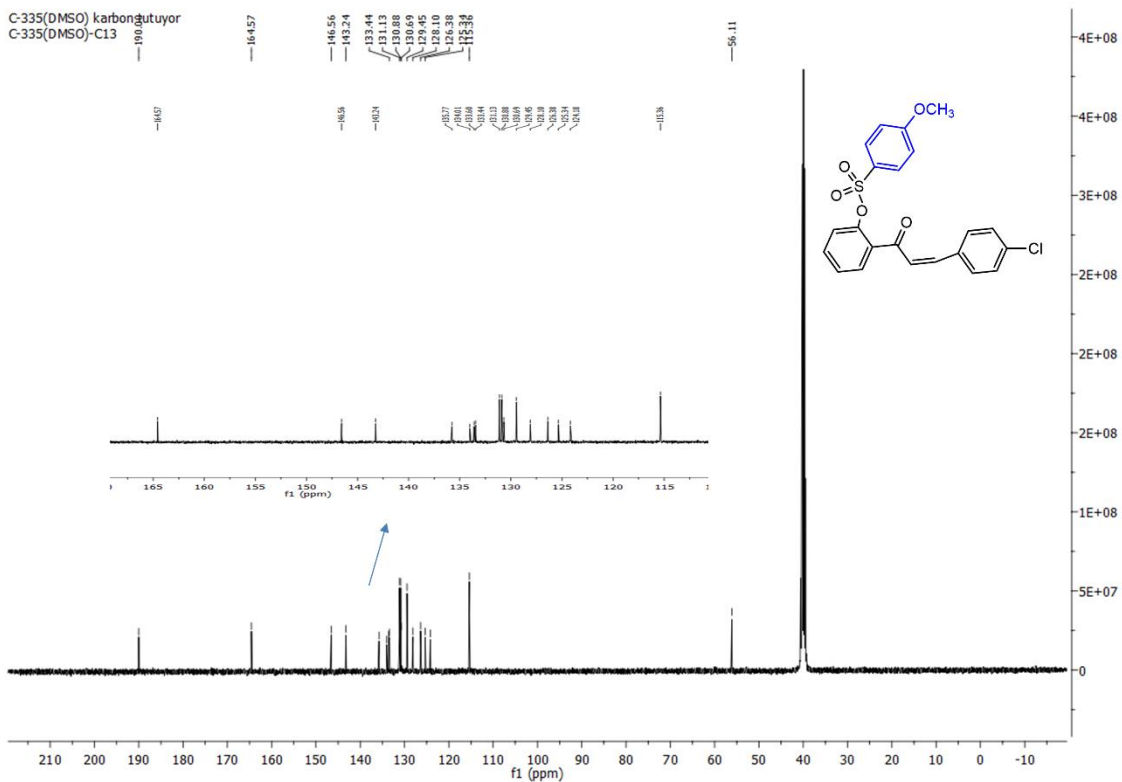
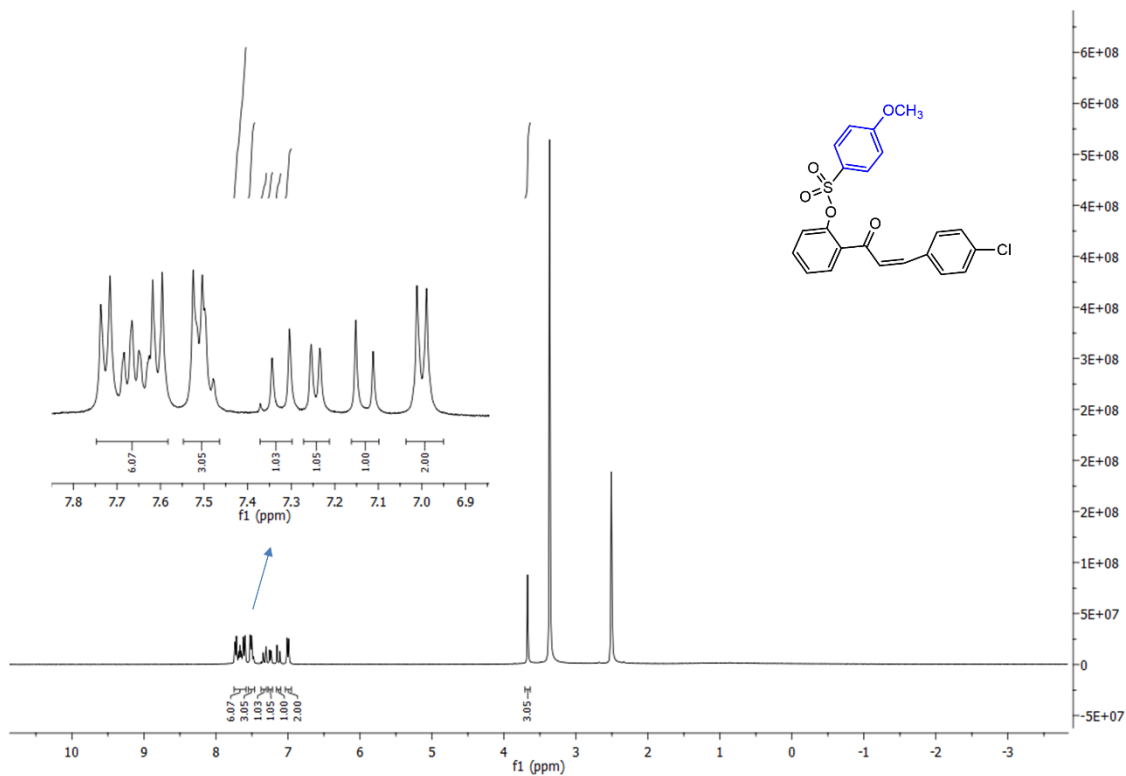




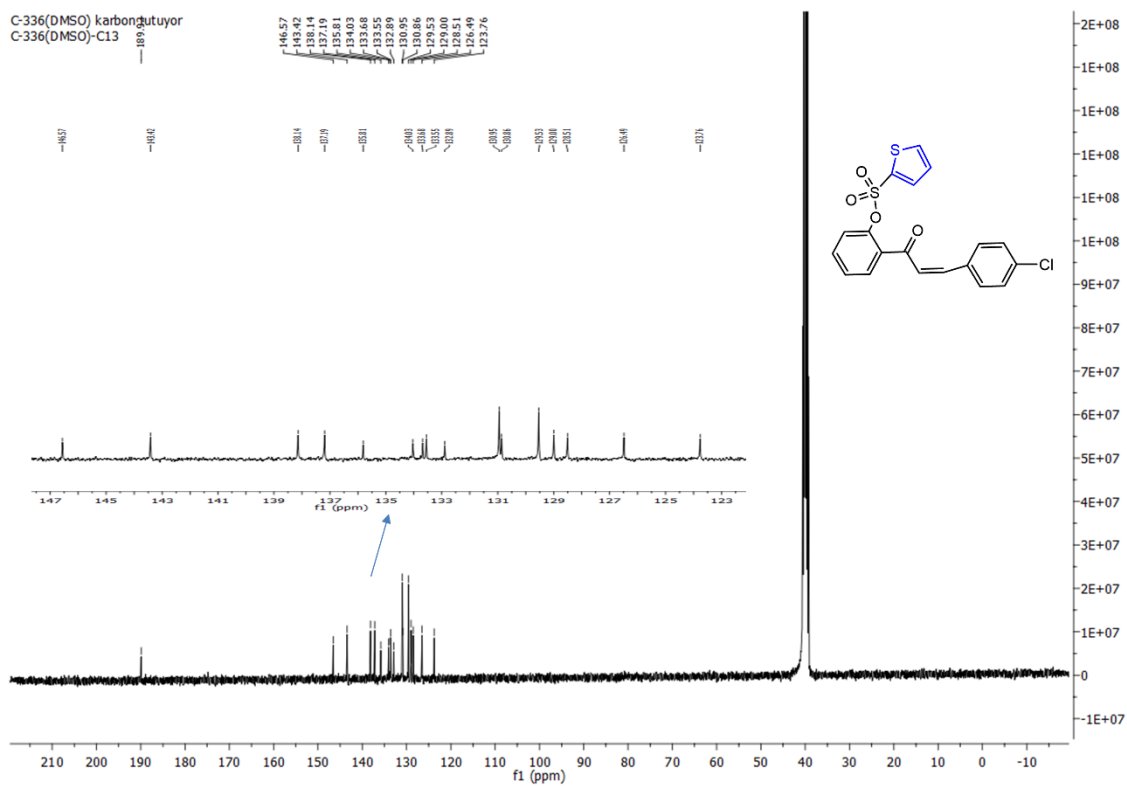
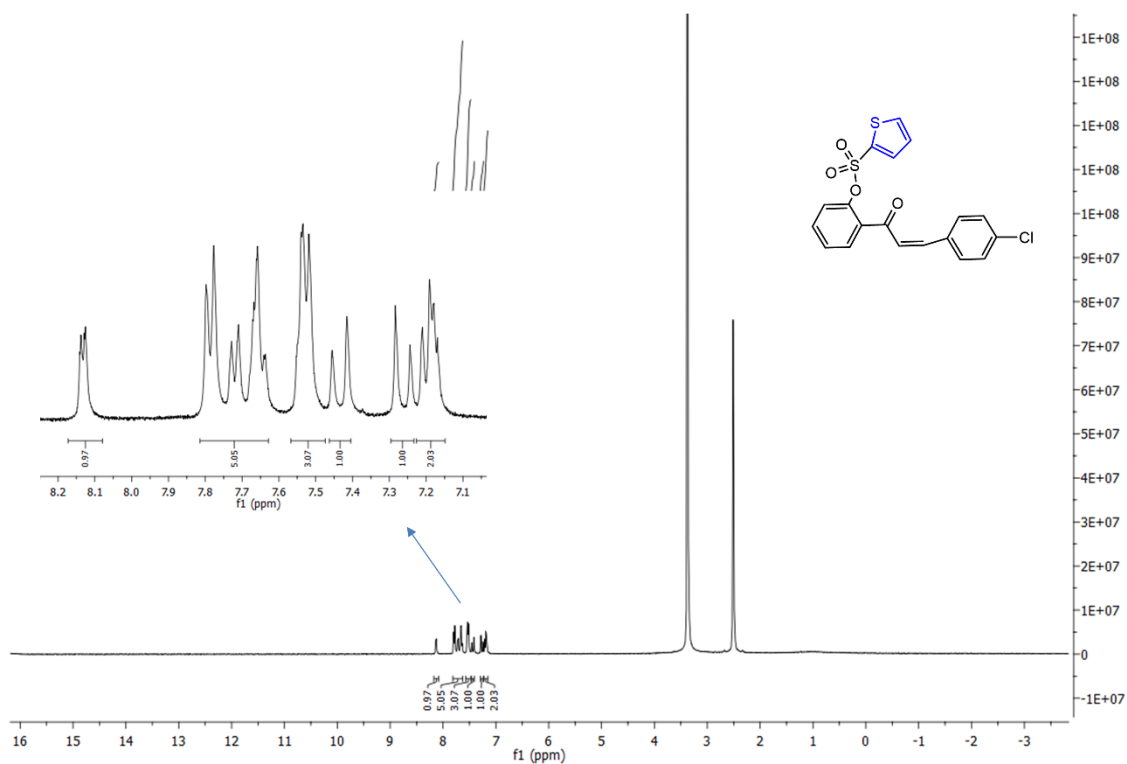
EK 1.4. (3 nolu bileşğin 400 MHz ^1H -NMR ve 100 MHz ^{13}C -NMR spektrumları)



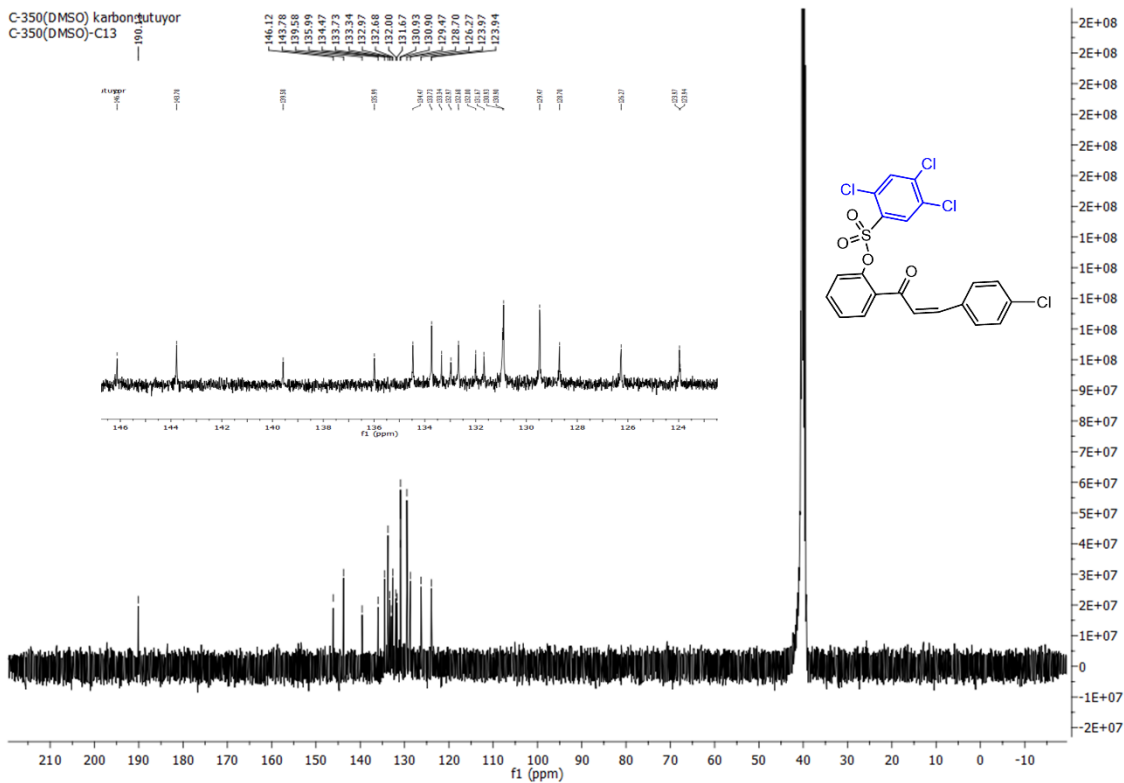
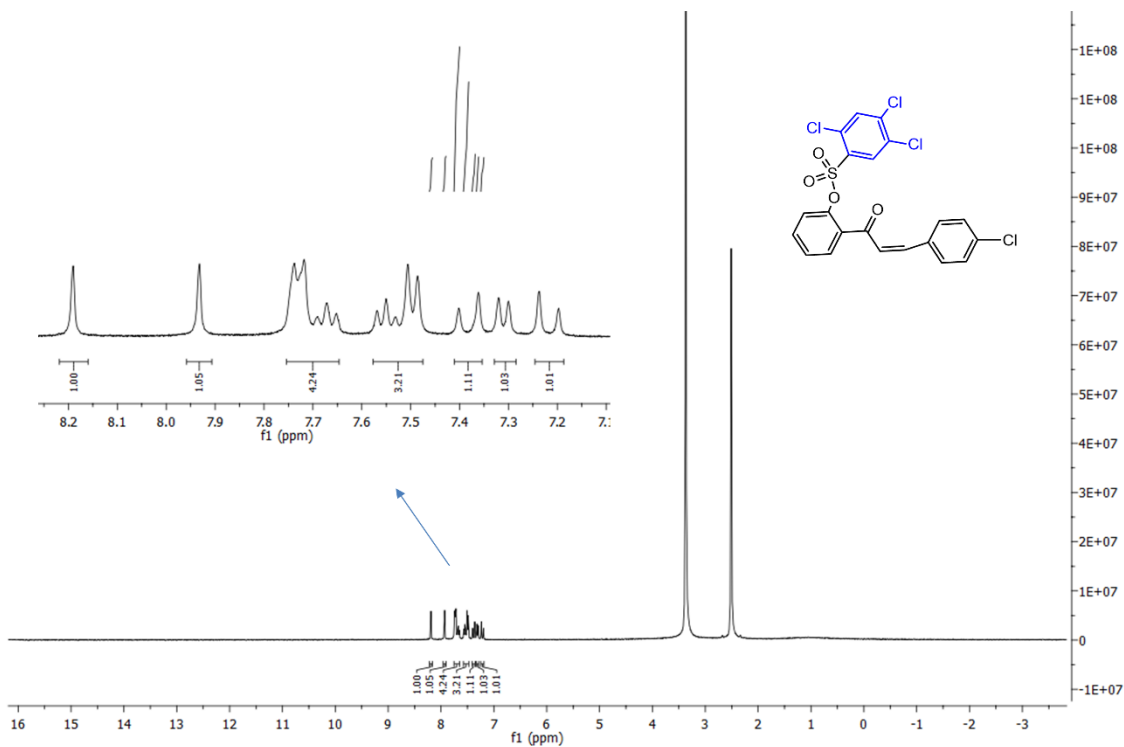
EK 1.5. (4 nolu bileşğin 400 MHz ^1H -NMR ve 100 MHz ^{13}C -NMR spektrumları)



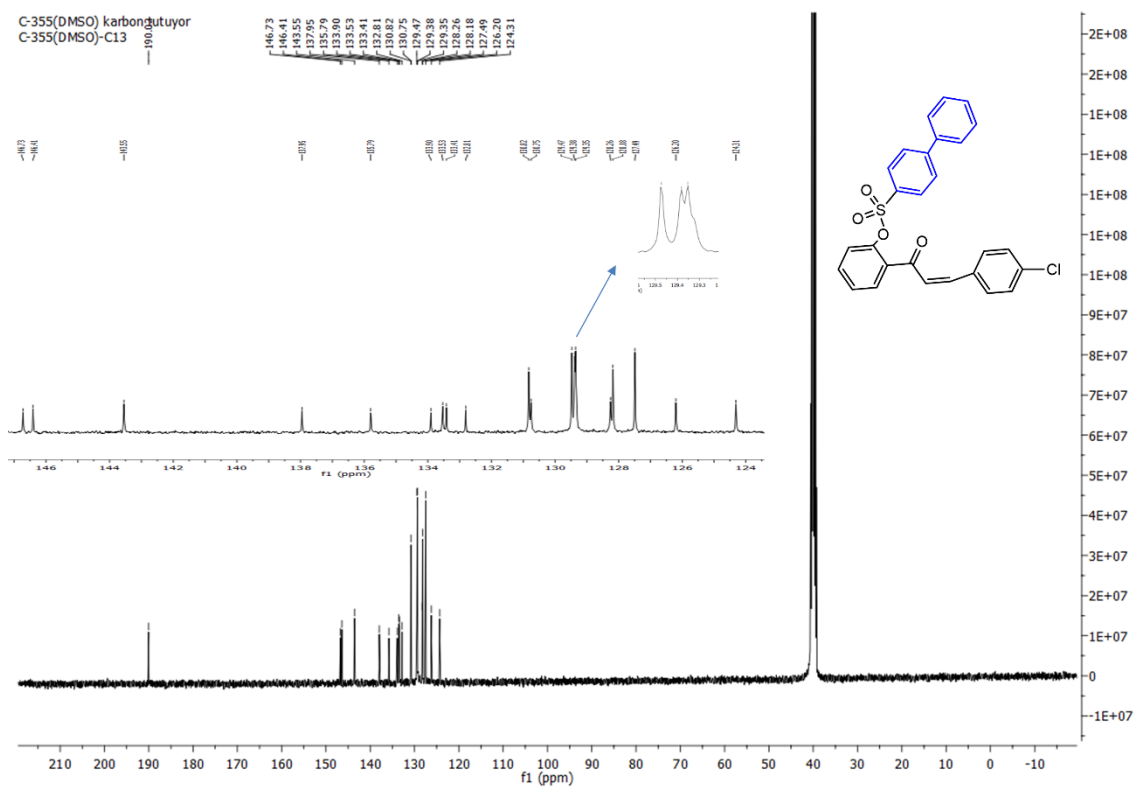
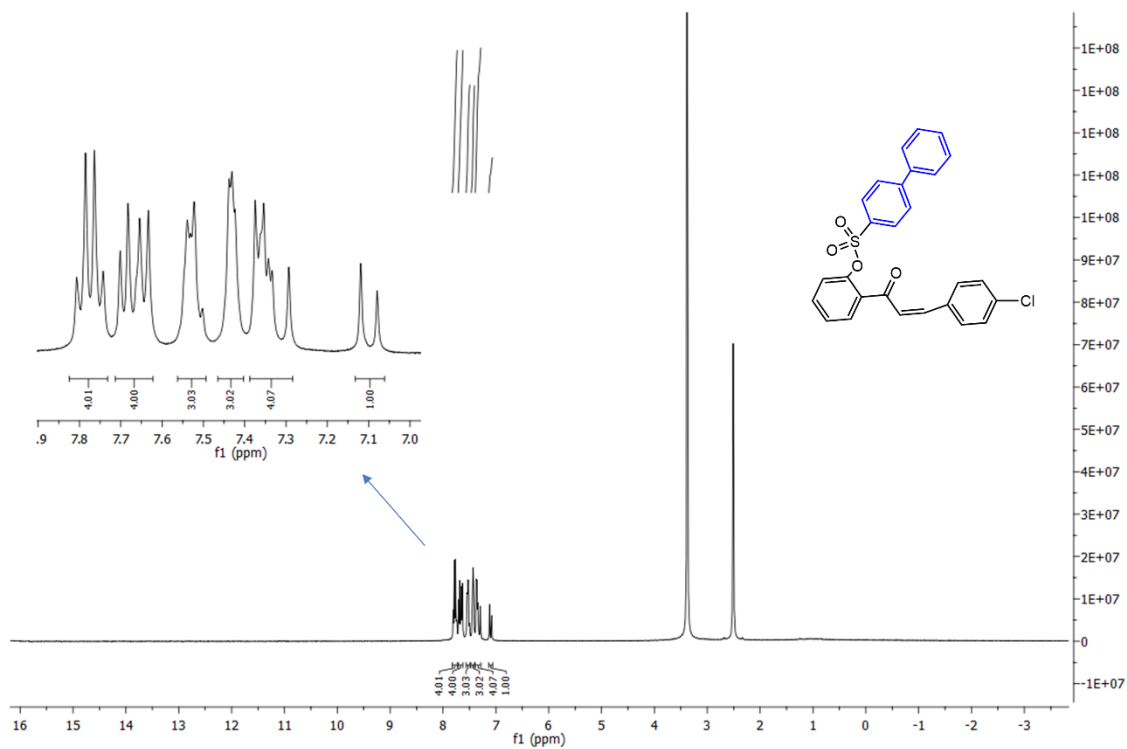
EK 1.6. (5 nolu bileşğin 400 MHz $^1\text{H-NMR}$ ve 100 MHz $^{13}\text{C-NMR}$ spektrumları)



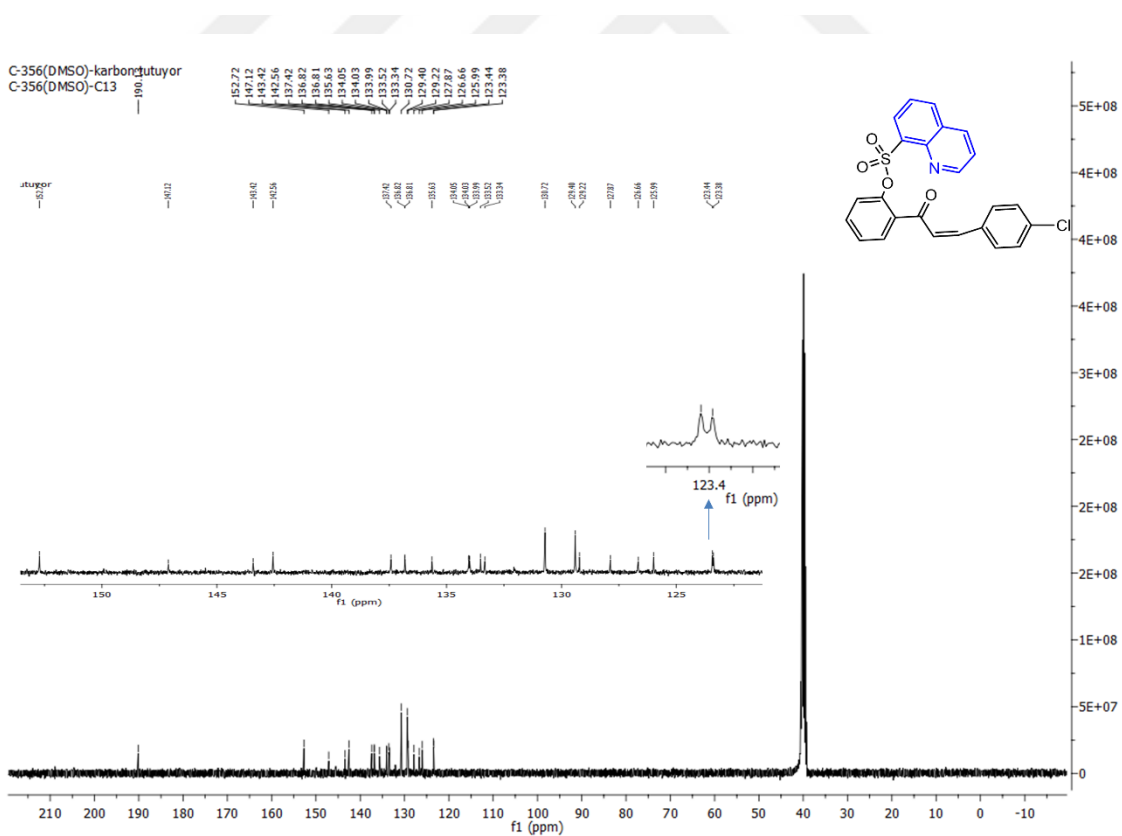
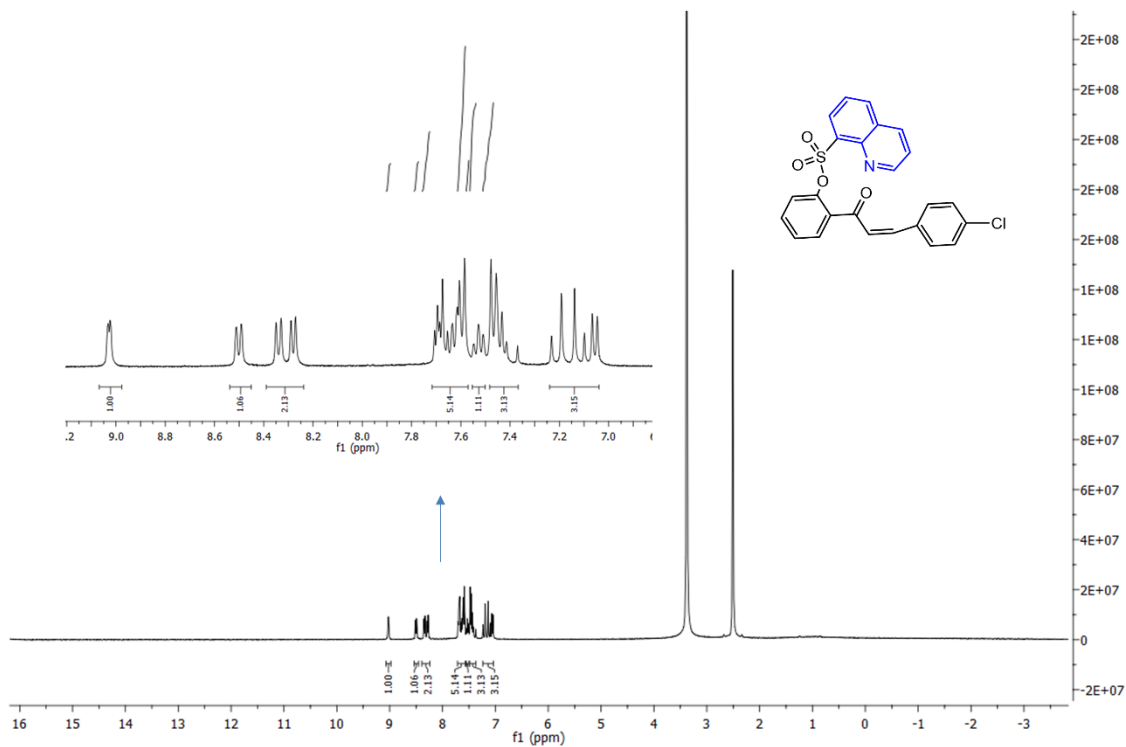
EK 1.7. (6 nolu bileşğin 400 MHz ¹H-NMR ve 100 MHz ¹³C-NMR spektrumları)



EK 1.9. (8 nolu bileşiğin 400 MHz ¹H-NMR ve 100 MHz ¹³C-NMR spektrumları)



EK 1.10. (9 nolu bileşğin 400 MHz $^1\text{H-NMR}$ ve 100 MHz $^{13}\text{C-NMR}$ spektrumları)

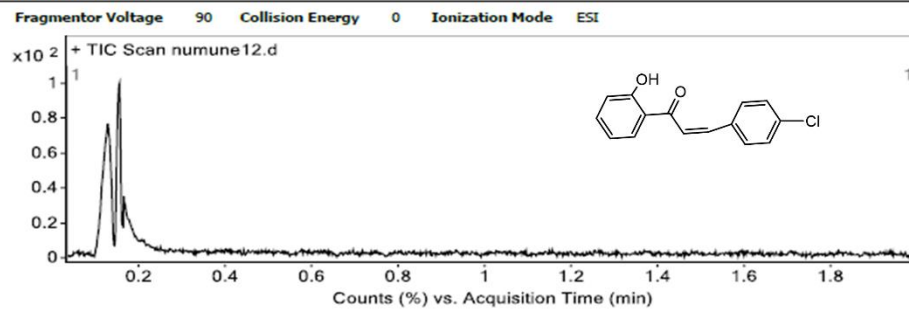


EK 1.11. (10 nolu bileşğin 400 MHz $^1\text{H-NMR}$ ve 100 MHz $^{13}\text{C-NMR}$ spektrumları)

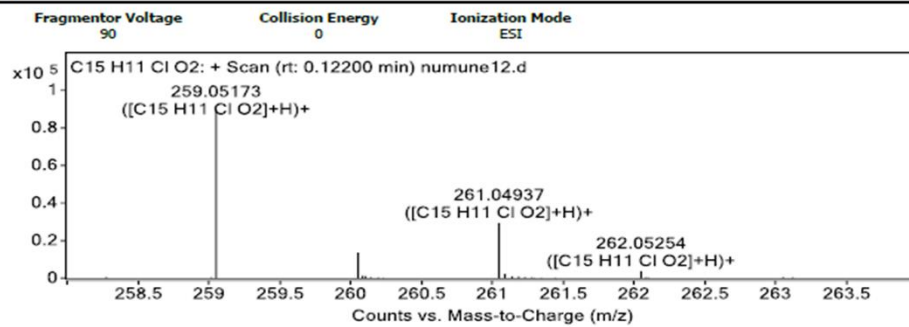
EK 2. HR-MS Spektrumları

EK 2.1. 3-(4-klorofenil)-1-(2-hidroksifenil)prop-2-en-1-on'un HR-ESI-MS spektrumu

Chromatograms

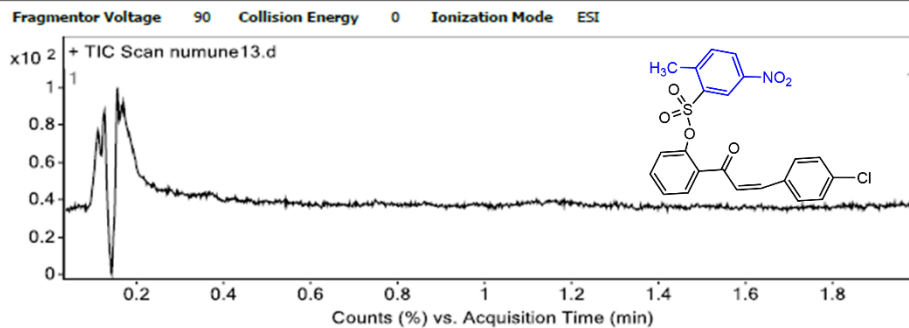


Spectra

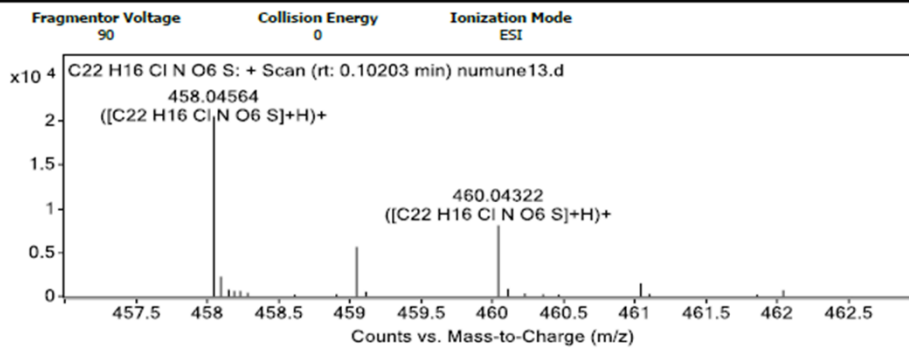


EK 2.2. (1 nolu bileşigin HR-ESI-MS spektrumu)

Chromatograms

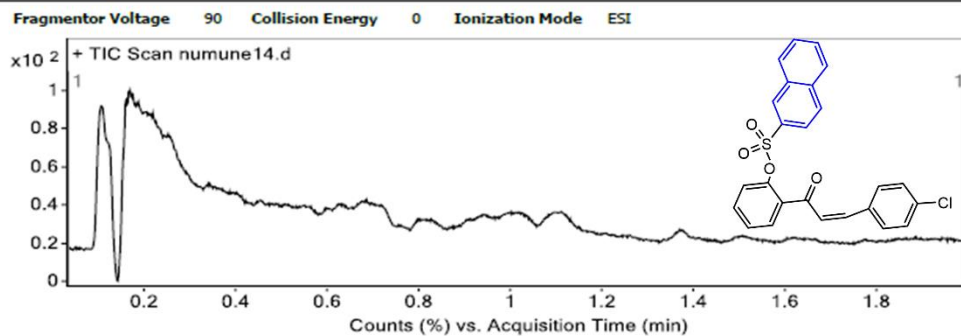


Spectra

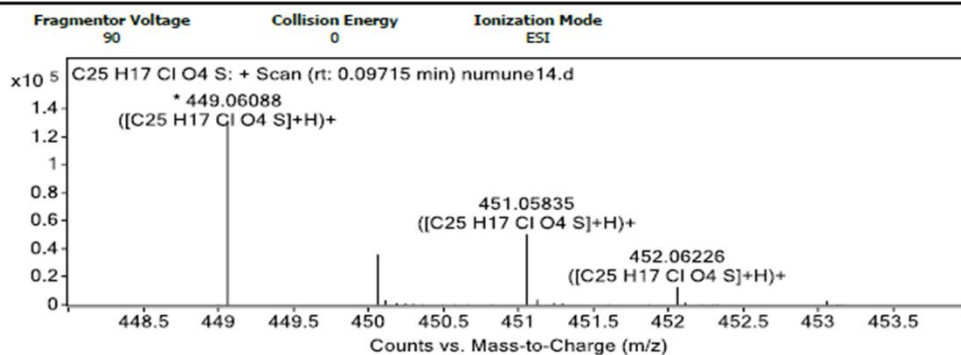


EK 2.3. (2 nolu bileşiğin HR-ESI-MS spektrumu)

Chromatograms

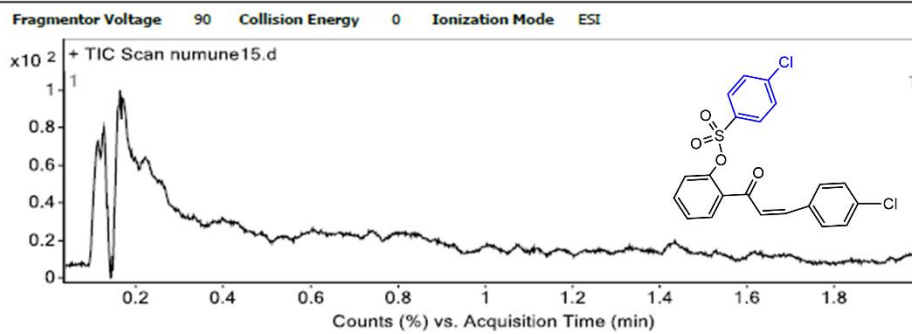


Spectra

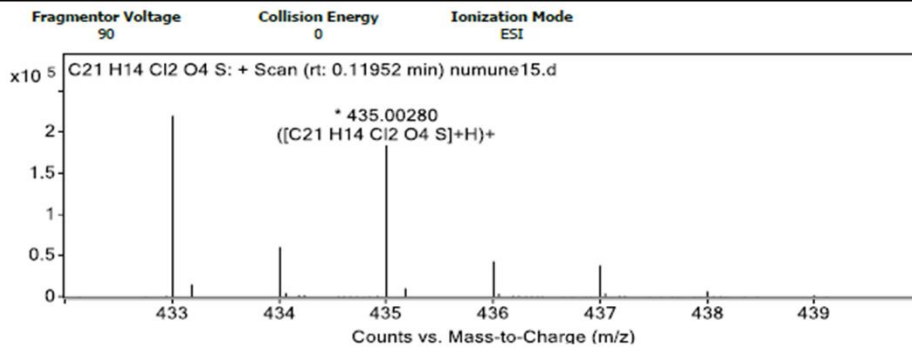


EK 2.4. (3 nolu bileşiğin HR-ESI-MS spektrumu)

Chromatograms

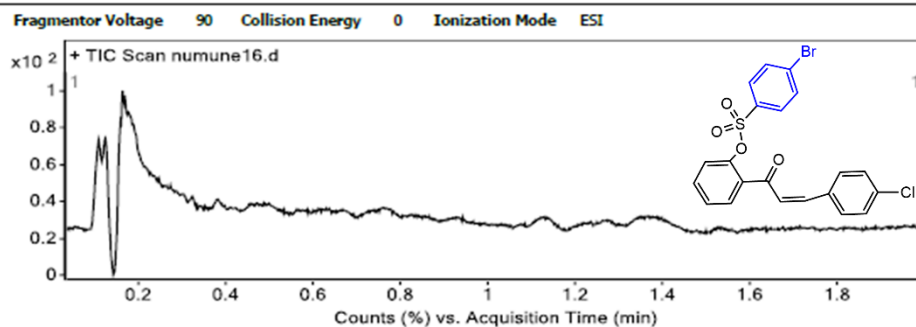


Spectra

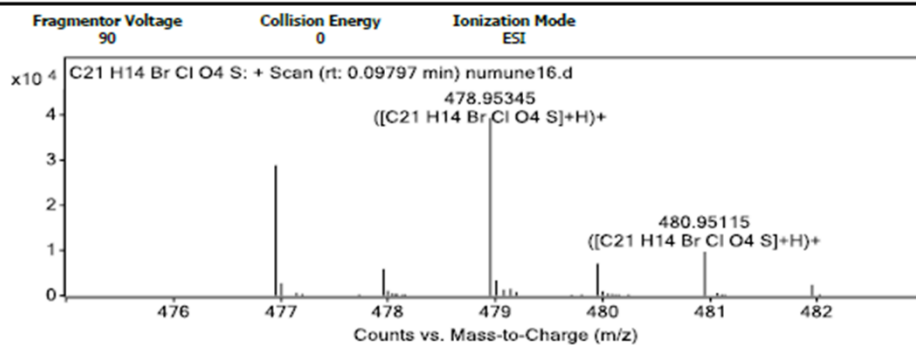


EK 2.5. (4 nolu bileşiğin HR-ESI-MS spektrumu)

Chromatograms

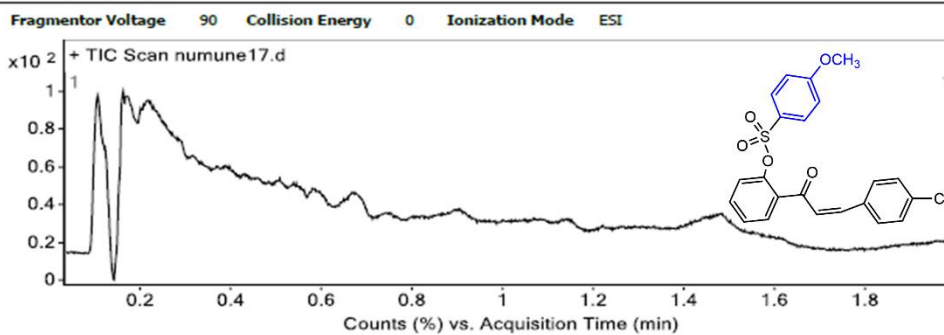


Spectra

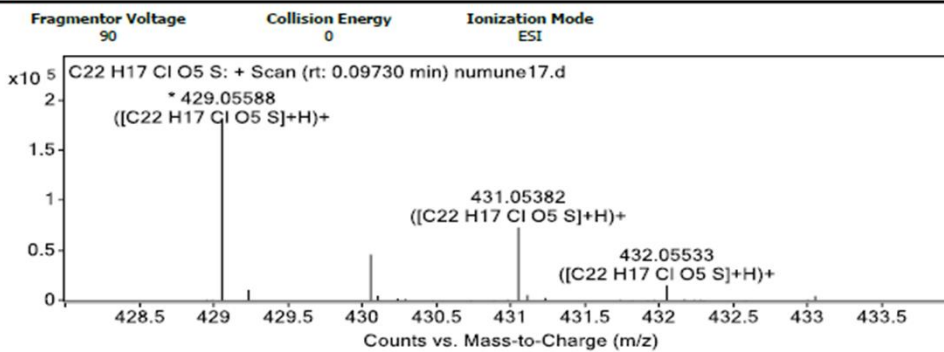


EK 2.6. (5 nolu bileşiğin HR-ESI-MS spektrumu)

Chromatograms

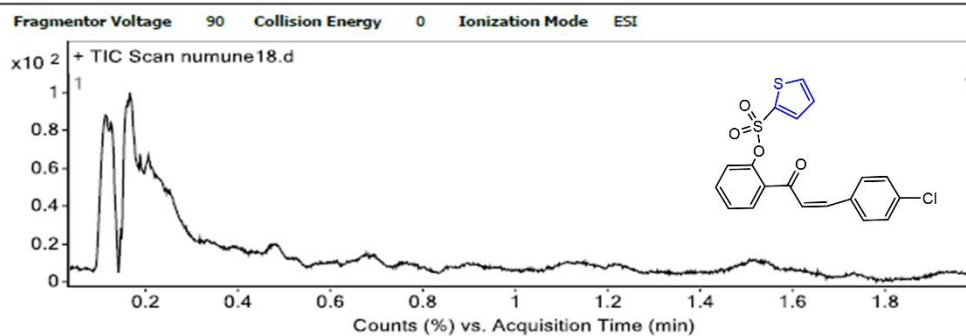


Spectra

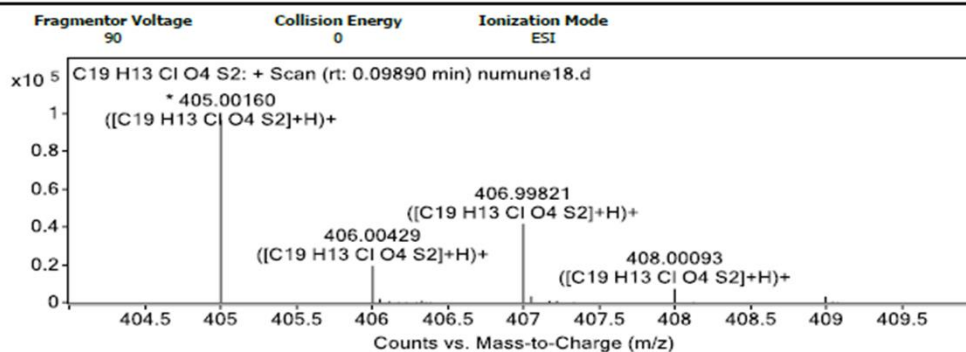


EK 2.7. (6 nolu bileşiğin HR-ESI-MS spektrumu)

Chromatograms

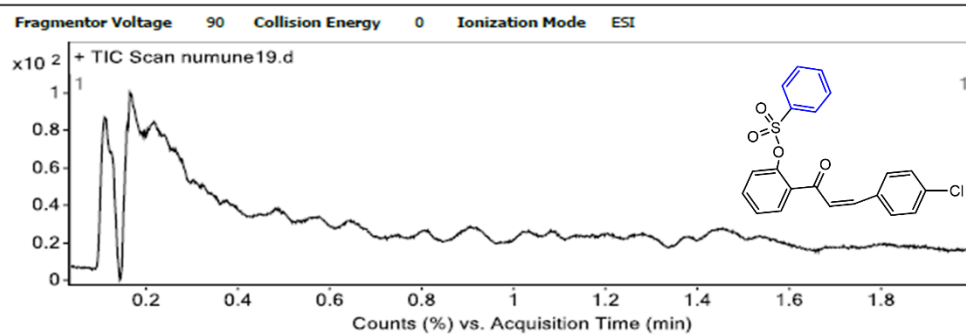


Spectra

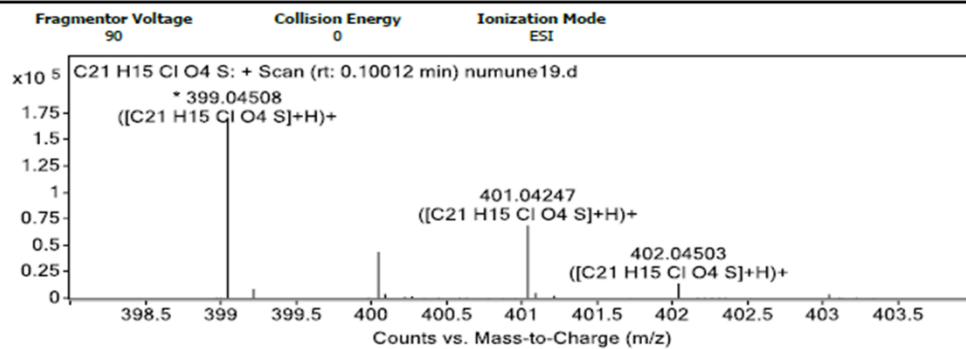


EK 2.8. (7 nolu bileşiğin HR-ESI-MS spektrumu)

Chromatograms

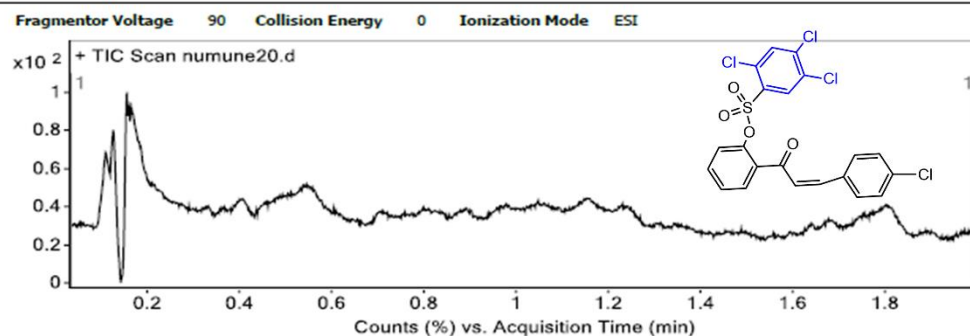


Spectra

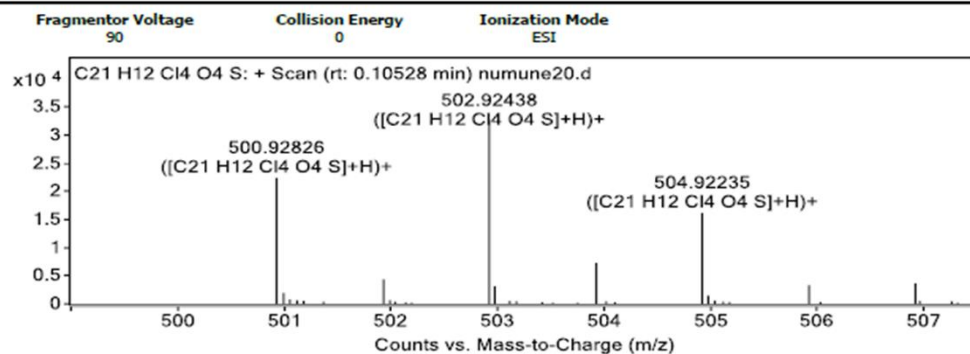


EK 2.9. (8 nolu bileşiğin HR-ESI-MS spektrumu)

Chromatograms

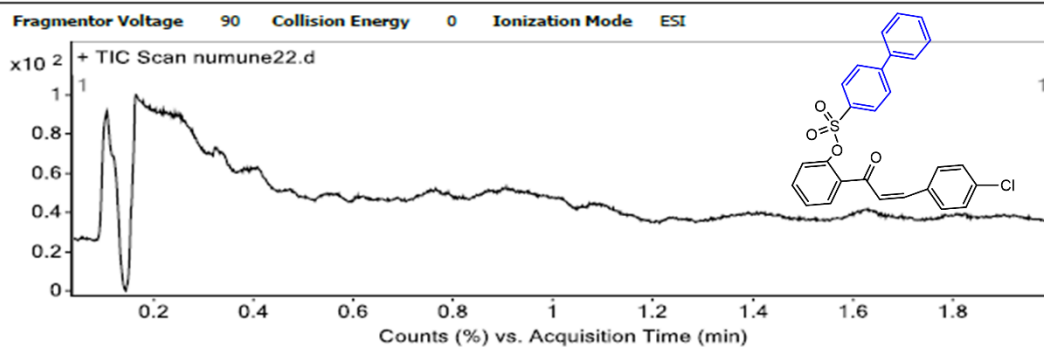


Spectra

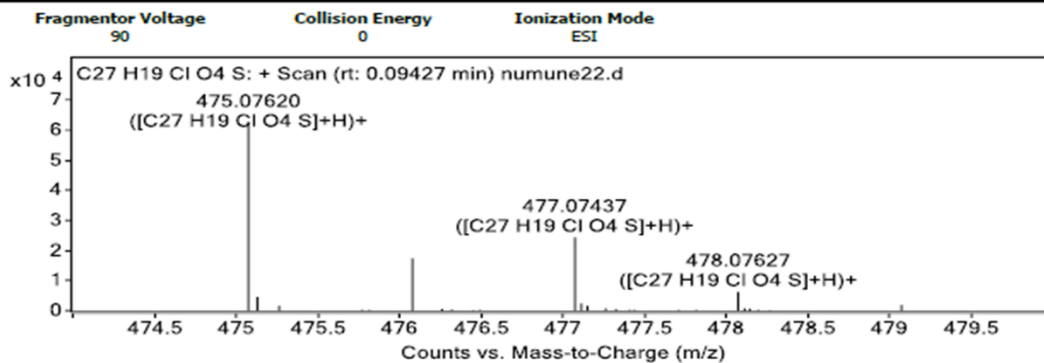


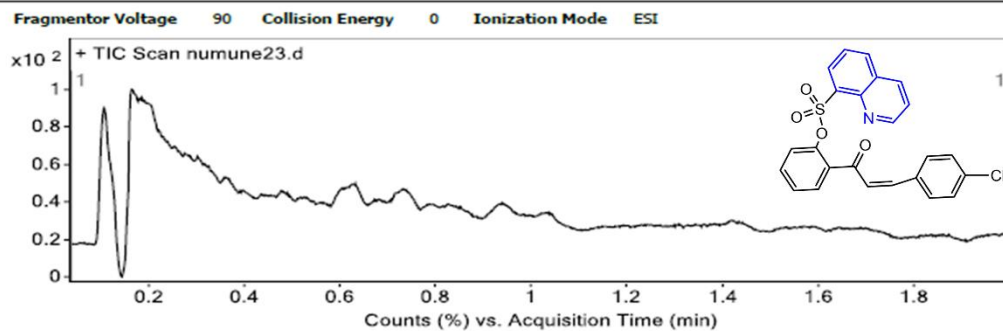
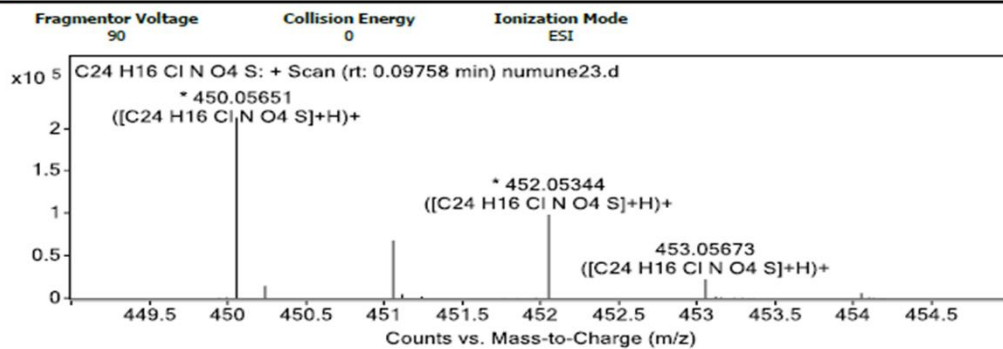
EK 2.10. (9 nolu bileşiğin HR-ESI-MS spektrumu)

Chromatograms



Spectra



EK 2.11. (10 nolu bileşiğin HR-ESI-MS spektrumu)**Chromatograms****Spectra**

ÖZGEÇMİŞ**KİŞİSEL BİLGİLER**

Adı Soyadı : Ali TOPAL

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Mesleki ve Teknik Anadolu lisesi, Kınık, İzmir	2004
Üniversite	: Marmara üniversitesi, Kadıköy, İstanbul	2011
Yüksek Lisans	: Muş Alparslan Üniversitesi, Merkez, Muş	2025(Devam ediyor)
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2021-	Milli Eğitim Bakanlığı	Öğretmen