

Selcuk University

Journal of

Science Faculty

Cilt / Volume 50

Sayı / Issue 2

Ekim / October 2024



SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

Fen Fakültesi

Fen Dergisi

E-ISSN 2458-9411



SELÇUK
ÜNİVERSİTESİ
YAYINLARI

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ FEN FAKÜLTESİ FEN DERGİSİ

SELÇUK UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE FACULTY

1981'den beri Sayısal bilimlerin tüm ana bilim dallarına hizmet vermektedir.
Since 1981, devoted to all branches of Basic Science.

e-ISSN: 2458-9411

DERGİ SAHİBİ / JOURNAL OWNER

Rektör / Rector

Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ

(Selçuk Üniversitesi Adına / On behalf of the Selçuk University)

DERGİ KURULU / JOURNAL BOARD

Baş Editör / Editor-in-Chief

Dr. İsmail Tarhan, Selçuk Üniversitesi, Türkiye, ORCID: 0000-0003-3353-8635, ismtarhan@gmail.com,
Alan: Biyokimya / Biochemistry

Alan Editörleri / Associate Editors

Dr. İsmail Kınacı, Selçuk Üniversitesi, Türkiye, ORCID: 0000-0002-0992-4133, ikinaci@selcuk.edu.tr,
Alan: Aktüerya / Actuary

Dr. Emre Aslan, Selçuk Üniversitesi, Türkiye, ORCID: 0000-0002-7672-2873, emreaslan89@gmail.com,
Alan: Biyokimya / Biochemistry

Dr. Gökhan Zengin, Selçuk Üniversitesi, Türkiye, ORCID: 0000-0001-6548-7823,
gokhanzengin@selcuk.edu.tr, Alan: Biyoloji / Biology

Dr. Deniz Ulukuş, Selçuk Üniversitesi, Türkiye, ORCID: 0000-0002-9627-5492, dulukus@selcuk.edu.tr
Alan: Biyoteknoloji / Biotechnology

Dr. Halit Çavuşoğlu, Selçuk Üniversitesi, Türkiye, ORCID: 0000-0002-7215-651X,
hcavusoglu@selcuk.edu.tr, Alan: Fizik / Physics

Dr. Yunus Akdoğan, Selçuk Üniversitesi, Türkiye, ORCID: 0000-0003-3520-7493, yakdogan@selcuk.edu.tr
Alan: İstatistik / Statistics

Dr. Ahmet N. Kurşunlu, Selçuk Üniversitesi, Türkiye, ORCID: 0000-0002-5490-668X,
ankursunlu@hotmail.com, Alan: Kimya / Chemistry

Dr. Özlem Acar, Selçuk Üniversitesi, Türkiye, ORCID: 0000-0001-6052-4357, ozlem.acar@selcuk.edu.tr
Alan: Matematik / Mathematics

Editör Kurul Üyeleri / Editorial Board Members

Dr. Adriano Mollica, Degli Studi G. d'Annunzio Üniversitesi, İtalya, ORCID: 0000-0003-3318-3117,
a.mollica@unich.it, Uzmanlık Konuları: Biyoloji, Biyokimya, Eczacılık

Dr. Altan Tunçel, Kırıkkale Üniversitesi, Türkiye, ORCID: 0000-0002-5339-1071, atuncel@kku.edu.tr,
Uzmanlık Konuları: İstatistik

Dr. Amro K. F. Dyab, Minia Üniversitesi, Mısır, ORCID: 0000-0001-5614-8619, khalil.amro@nu.edu.kz,
Uzmanlık Konuları: Nanoteknoloji, Kimya, Fiziksel Kimya

Dr. Aydın Karakoca, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Türkiye, ORCID: 0000-0001-6503-3872,
akarakoca@erbakan.edu.tr, Uzmanlık Konuları: İstatistik

Dr. Ekrem Tunca, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye, ORCID: 0000-0001-7556-8379,
ekrem.tunca@dpu.edu.tr, Uzmanlık Konuları: Biyokimya, Enzim Saflaştırma, Enzim Kinetiği, İlaç
Geliştirme

Dr. Emre Gür, Atatürk Üniversitesi, Türkiye, ORCID: 0000-0002-3606-2751, emre.gur@ogu.edu.tr,
Uzmanlık Konuları: Fizik

Dr. Mahpeyker Öztürk, Sakarya Üniversitesi, Türkiye, ORCID: 0000-0003-2946-6114,
mahpeykero@sakarya.edu.tr, Uzmanlık Konuları: Operatör Cebirleri ve Fonksiyonel Analiz, Topoloji,
Uygulamalı Matematik

Dr. Marcello Locatelli, D'Annunzio Üniversitesi, İtalya, ORCID: 0000-0002-0840-825X,
m.locatelli@unich.it, Uzmanlık Konuları: Analitik Kimya

- Dr. Mohamad Fawzi Mahomoodally, Mauritius Üniversitesi, Mauritius, ORCID: 0000-0003-3962-8666, f.mahomoodally@uom.ac.mu, Uzmanlık Konuları: Biyoloji, Biyokimya, Tıbbi Biyoloji
- Dr. Muhammad Nazam, Allama Iqbal Open Üniversitesi, Pakistan, ORCID: 0000-0002-1274-1936, nazim254.butt@gmail.com, Uzmanlık Konuları: Matematik
- Dr. Mustafa Özmen, Selçuk Üniversitesi, Türkiye, ORCID: 0000-0001-5117-9168, musozmen@gmail.com, Uzmanlık Konuları: Elektrokimya, Fiziksel Kimya, Katalizörler ve Katalitik Tepkimeler, Kimyasal Kinetik
- Dr. Nihat Tuğluoğlu, Giresun Üniversitesi, Türkiye, ORCID: 0000-0001-9428-4347, nihattugluoglu@giresun.edu.tr, Uzmanlık Konuları: Fizik
- Dr. Rawil F. Fakhrullin, Kazan Federal Üniversitesi, Rusya, ORCID: 0000-0003-2015-7649, inter@kpfu.ru, Uzmanlık Konuları: Biyokimya, Mikrobiyoloji, Nanoteknoloji
- Dr. Salih Z. Baş, Selçuk Üniversitesi, Türkiye, ORCID: 0000-0003-2822-8851, salihzekibas@gmail.com, Uzmanlık Konuları: Kimya, Fizikokimya
- Dr. Sebahattin Tüzemen, Atatürk Üniversitesi, Türkiye, ORCID: 0000-0003-1235-970X, stuzemen@atauni.edu.tr, Uzmanlık Konuları: Fizik
- Dr. Semahat Küçükkolbaşı, Selçuk Üniversitesi, Türkiye, ORCID: 0000-0002-5129-5385, ksemahat@gmail.com, Uzmanlık Konuları: Analitik Kimya
- Dr. Serdar Karakurt, Selçuk Üniversitesi, Türkiye, ORCID: 0000-0002-4449-6103, kserdar1@yahoo.com, Uzmanlık Konuları: Biyokimya, Tıbbi Biyokimya
- Dr. Serkan Akoğul, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye, ORCID: 0000-0002-0346-4308, sakogul@pau.edu.tr, Uzmanlık Konuları: İstatistik
- Dr. Simone Carradori, D'Annunzio Üniversitesi, İtalya, ORCID: 0000-0002-8698-9440, simone.carradori@unich.it, Uzmanlık Konuları: Eczacılık, Tıbbi Biyokimya
- Dr. Sinan Alkan, Selçuk Üniversitesi, Türkiye, ORCID: 0000-0001-7725-1957, sinanalkan42@gmail.com, Uzmanlık Konuları: Biyoloji, Mantar Sistematiği, Mikoloji, Tohumuz Bitkiler Sistematiği
- Dr. Syed Tufail Hussain Sherazi, Sindh Üniversitesi, Pakistan, ORCID: 0000-0003-0210-2759, ufail.sherazi@usindh.edu.pk, Uzmanlık Konuları: Çevresel Biyojeokimya, Analitik Kimya, Nanoteknoloji
- Dr. Teoman Öztürk, Selçuk Üniversitesi, Türkiye, ORCID: 0000-0002-5002-5412, teomanozturk@selcuk.edu.tr, Uzmanlık Konuları: Fizik, Yarı İletkenler, Yoğun Madde Fiziği

Danışma Kurulu / Advisory Board

- Dr. Adnan Kenar, Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Türkiye, ORCID: 0000-0002-2865-7966, kenar@science.ankara.edu.tr
- Dr. Buğra Saraçoğlu, Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, Türkiye, ORCID: 0000-0003-1713-2862, bugrasarac@selcuk.edu.tr
- Dr. Calogero Vetro, Degli Studi di Palermo Üniversitesi, Matematik Bölümü, İtalya, ORCID: 0000-0001-5836-6847, calogero.vetro@unipa.it
- Dr. Nihal Büyükçizmeci, Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Türkiye, ORCID: 0000-0002-6030-9574, nihal@selcuk.edu.tr
- Dr. Pınar Esra Erden, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Polatlı Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Türkiye, ORCID: 0000-0001-5153-8319, pinar.erden@hbv.edu.tr
- Dr. Sedat Ballıkaya, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Türkiye, ORCID: 0000-0002-0588-2212, ballikaya@istanbul.edu.tr
- Dr. Vasile Berinde, Universitatea de Nord din Baia Mare, Matematik ve Bilgisayar Bilimi Bölümü, Romanya, ORCID: 0000-0002-3677-795X, vasile.berinde@mi.utcluj.ro
- Dr. Yavuz Bağcı, Selçuk Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Eczacılık Meslek Bilimleri Bölümü, Türkiye, ORCID: 0000-0002-2343-3672, ybagci@selcuk.edu.tr

Türkçe Dil Editörü / Turkish Language Editor

Dr. Canan Başlak, Selçuk Üniversitesi, Türkiye

İngilizce Dil Editörü / English Language Editor

Dr. Aslihan Yılmaz Obalı, Selçuk Üniversitesi, Türkiye

Mizanpaj Editörü / Layout Editor

Dr. Mehmet Oğuz, Selçuk Üniversitesi, Türkiye

İletişim / Correspondence
Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Dekanlığı
Alaeddin Keykubat Kampusu, Selçuklu, 42130, Konya

Tel / Phone
+90 332 223 8853

Faks / Fax
+90 332 2412499

Web
<http://dergipark.gov.tr/sufefd>

E-posta / E-mail
index.sufefd@selcuk.edu.tr

Dizinler / Indexes

Asian Science Citation Index
Directory of Open Access Journals (DOAJ)
EBSCO - Central & Eastern European Academic Source (CEEAS)
EBSCO - Applied Science & Technology Source Ultimate

Yayıncı / Publisher

<https://yayinevi.selcuk.edu.tr>



SELÇUK
UNIVERSITY
PRESS

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ FEN FAKÜLTESİ FEN DERGİSİ YAYIN İLKELERİ

Makaleler, A4 (210 mmx297 mm) boyutunda 12 punto Times New Roman yazı tipinde ve çift satır aralıklı yazılmalıdır. Sayfanın sağında, solunda, altında ve üstünde 2.5'er cm boşluk bırakılmalı ve yazılar sağa-sola dayalı olmalıdır. Makalenin her sayfası ve satırları numaralandırılmalıdır. Yazar ad(lar)ı açık olarak yazılmalı ve akademik unvan belirtilmemelidir. Türkçe hazırlanan makaleler Türk Dil Kurumu'nun son yazım kılavuzu dikkate alınarak yazılmalıdır.

Makale: Türkçe Başlık, Türkçe Öz, Anahtar Kelimeler, İngilizce Başlık, İngilizce Abstract, İngilizce Keywords, Giriş, Materyal ve Metot, Araştırma Sonuçları, Tartışma, Teşekkür (varsa), 6. Kaynaklar bölümlerinden oluşmalıdır. Bölüm adları koyu yazılmalıdır. Varsa her bir şekil ve tablolar makale içerisinde bahsedildikleri yerden sonra sırayla yerleştirilmelidir. Makale sonunda; Araştırmacıların Katkı Oranı beyanı, varsa Destek ve Teşekkür Beyanı, Çatışma Beyanına yer verilmelidir.

Başlık: Kısa ve açıklayıcı olmalı, 14 punto ve koyu, kelimelerin ilk harfi büyük olmalı, ortalanarak yazılmalı ve 15 kelimeyi geçmemelidir. İngilizce başlık Türkçe başlığı tam olarak karşılmalı, 14 punto ve koyu yazılmalıdır.

Öz: Türkçe ve İngilizce özlerin her biri 300 kelimeyi geçmemelidir. Türkçe ve İngilizce özlere sırasıyla "Öz" ve "Abstract" kelimeleri kullanılmalıdır. Öz, çalışmanın amacını, nasıl yapıldığını, sonuçları ve sonuçlar üzerine yazar(lar)ın yaptığı değerlendirmeleri içermelidir. Öz ve Abstract kısımlarında kesinlikle referans kullanılmamalıdır.

Anahtar Kelimeler: Özlerin 1 satır altına, her anahtar kelimenin ilk harfi büyük diğerleri küçük harflerle, mümkünse başlıkta kullanılmayan, çalışmayı en iyi biçimde tanımlayacak en fazla 6 anahtar kelime yazılmalıdır.

Giriş: Bu bölümde; çalışma konusu, gerekçesi, konu ile doğrudan ilgili önceki çalışmalar ve çalışmanın amacı verilmelidir.

Materyal ve Metot: Bu bölümde; makalede kullanılan materyal ve metot açıkça belirtilmelidir.

Araştırma Sonuçları: Elde edilen sonuçlar verilmeli, gerekirse çizelge, şekil ve grafiklerle desteklenerek bulgular açıklanmalıdır. Elde edilen bulgular tekrardan kaçınılması amacıyla ya çizelge ya da grafik olarak verilmelidir. İstatistikî olarak önemli bulunan faktörler, uygulanan istatistik analiz tekniğine uygun karşılaştırma yöntemi ile yorumlanarak ilgili istatistikler üzerinde harflendirme yapılmalıdır. İstatistikî analiz yönteminin doğru seçilmediği ve/ya analiz gereği gibi yapılmadığı durumlarda editörler kurulu makaleyi değerlendirme dışında tutabilir.

Tartışma: Bulgular çalışma ile ilgili güncel makalelerle tartışılmalı, ancak gereksiz tekrarlardan kaçınılmalıdır. Bulguların başka araştırmalarla benzerlik ve farklılıkları verilmeli, nedenleri açıklanmalıdır.

Teşekkür: Mümkün olduğunca kısa olmalı ve yapılan katkı ifade edilerek verilmelidir.

Yazar Katkıları: Şeffaflık için yazarları, ilgili CRediT rollerini kullanarak makaleye bireysel katkılarını özetleyen bir yazar beyanı dosyası göndermeye teşvik ediyoruz: Kavramsallaştırma; Veri iyileştirme; Resmi analiz; Finansman alımı; Soruşturma; Metodoloji; Proje Yönetimi; Kaynaklar; Yazılım; Yönetim; Doğrulama; Görselleştirme; Roller/Yazma - orijinal taslak; Yazma - gözden geçirme ve düzenleme. Yazarlık katkıları, önce yazarların isimleri ve ardından CRediT rol(ler)i ile biçimlendirilmelidir.

Çıkar Çatışması Beyanı: Bir gönderinin tüm yazarları adına ilgili sorumlu yazar, çalışmalarını uygunsuz bir şekilde etkileyebilecek (önyargılı) olabilecek diğer kişi veya kuruluşlarla olan her türlü mali ve kişisel ilişkileri açıklamalıdır.

Kaynaklar: Atıflar ve kaynakçanın Endnote programı ile hazırlanması gerekmektedir. Dergimize ait APA formatında hazırlanmış endnote stil dosyaları, Türkçe ve İngilizce makaleler için ayrı olarak dosya yükleme aşamasında indirme linkleri ile paylaşılmıştır.

Kaynaklar listesi yazılırken, birinci yazar Soyadına göre alfabetik sıralanmalı, ilk satırdan sonraki satırlar 1.0 cm sağdan başlamalıdır. Aynı yazar/yazarların farklı eserleri eski tarihliden başlayarak, aynı tarihli eserler tek yazarlıdan başlayarak sıralanmalıdır. Kaynaklar, mümkün olduğunca orijinal dilinde sunulmalıdır. Orijinal dilinde verilemeyen kaynaklar, Türkçe veya İngilizce olarak verilebilir. Ancak bu durumda kaynağın orijinal dili parantez içerisinde belirtilmelidir.

• Kaynak bir makale ise: Yazarın soyadı, adının baş harfleri, yılı, makalenin başlığı, derginin adı (italik), cilt numarası (varsa no), sayfa aralığı.

Özgören, M., (2006), Flow Structure in the downstream of square and circular cylinders, *Flow Measurement and Instrumentation*, 17 (4), 225-235.

• Kaynak bir kitap ise: Yazarın soyadı, adının baş harfleri(leri), yılı, kitabın adı, cilt numarası, varsa editör(ler) / çeviri editörleri, yayınlayan yer (italik), yayınlandığı yer, sayfa aralığı.

Dasgupta, D., (1998), Artificial immune systems and their applications, Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg, 45-52.

Not: Çeviri kitaplarda orijinal kitabın değil çeviri kitabın yayın tarihi esas alınacaktır.

• Kaynak basılmış tez ise: Yazarın soyadı, adının baş harfleri(leri). (yılı), Tezin adı", Tezin Cinsi (Yüksek lisans/doktora), Tezin Sunulduğu Enstitü (italik), sunulduğu yer, sayfa aralığı.

• Kaynak kongreden alınmış ise: Yazarın soyadı, adının baş harfleri(ler), yılı, Tebliğ Adı, kongre, seminer veya konferansın adı (italik), yapıldığı yer, bildiri kitabında yer aldığı sayfa aralığı.

Güneş, S. ve Polat, K., (2009), Elektrokardiyogram (EKG) aritmi teşhisinde en az kareli destek vektör makinaları kullanımına dayalı medikal teşhis destek sistemi, 13. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı, BİYOMUT-2009, İstanbul, 170-173.

• Kaynak rapordan alınmış ise: Yazarın soyadı, adının baş harfleri(leri) (raporu hazırlayan tüzel kişi ise kuruluşun adı), yılı, raporun adı, raporu hazırlayan kuruluşun kısa adı ve rapor numarası (italik), yayınlandığı yer (italik), sayfa aralığı.

De Castro, L. N. and Von Zuben, F. J., (2000), Artificial immune systems: Part I- Basic theory and applications, DCA-RT 02/00, Brasil, 23-28.

• Kaynak aktüel dergi ve gazete haberinden alınmış ise:

Corliss, R., (1993), Pacific Overtures Times, 142 (11), 68-70.

• Kaynak yazarı bilinmeyen ulusal bir çalışmadan alınmış ise:

Anonim, (2006), Tarım istatistikleri özeti, DİE Yayınları, No:12, Ankara, 22-23.

• Kaynak yazarı bilinmeyen yabancı bir çalışmadan alınmış ise:

Anonymous, (1989), Farm accountancy data network, an A-Z of methodology, Commission Report of the EC, Brussels, 16-19.

• Eğer aynı yazarın aynı yılda basılmış birden fazla yayını kullanılmışsa basım yıllarının sonuna alfabetik bir karakter ilave edilir. Örneğin aynı yazarın (lar)ın 2003 yılındaki üç yayını için (2003a, 2003b, 2003c) şeklinde gösteriniz.

• Haritalar için gösterim

Yazarın soyadı, adının baş harf(ler)i, yılı, Başlık, Ölçek, Basım Yeri:Yayınevi.

Mason, J., (1832), Map of the countries lying between Spain and India, 1:8.000.000, London: Ordnance Survey.

• Web sayfaları için gösterim

Yazarın soyadı, adının baş harf(ler)i, yılı, Başlık [online], (Edition), Yayın Yeri, Web adresi:URL [Ziyaret Tarihi].

Holland, M., (2002), Guide to citing Internet sources [online], Poole, Bournemouth University,http://www.bournemouth.ac.uk/library/using/guide_to_citing_internet_sourc.html [Ziyaret Tarihi: 4 Kasım 2002].

Şekiller ve Tablolar: Şekil, grafik, fotoğraf ve benzerleri "Şekil", sayısal değerler ise "Tablo" olarak belirtilmelidir. Tüm şekil ve tablolar makalenin içine yerleştirilmelidir. Şekil ve tabloların boyu tek sayfa düzeninde en fazla 16x20 cm ve çift sütun düzeninde ise genişliği en fazla 8 cm olmalıdır. Şekil ve tabloların boyutu baskıda çıkabilecek çözünürlükte olmalıdır. Araştırma sonuçlarını

destekleyici nitelikteki resimler 600 dpi çözünürlüğünde "jpg" formatında olmalıdır. Her tablo ve şekle metin içerisinde atıf yapılmalıdır. Tüm tablo ve şekiller makale boyunca sırayla numaralandırılmalıdır (Tablo 1 ve Şekil 1). Tablo ve şekil başlıkları ve açıklamaları kısa ve öz olmalıdır. Şekil ve tablo başlık yazıları 10 punto, şekil ve tabloların içindeki yazılar 9 punto, tablo altı yazılar 8 punto Times New Roman yazı karakterinde olmalıdır. Tablo ve şekillerde kısaltmalar kullanılmış ise hemen altına bu kısaltmalar açıklanmalıdır.

Birimler: Tüm makalelerde SI (System International d'Units) ölçüm birimleri kullanılmalıdır. Ondalık kesir olarak nokta kullanılmalıdır (1,25 yerine 1.25 gibi). Birimlerde "/" kullanılmamalı ve birimler arasında bir boşluk verilmelidir (m/s yerine $m s^{-1}$, J/s yerine $J s^{-1}$, kg m/s² yerine $kg m s^{-2}$ gibi). Sayı ile sembol arasında bir boşluk bırakılmalıdır (4 kg N ha⁻¹, 3 kg m⁻¹ s⁻², 20 N m, 1000 s⁻¹, 100 kPa, 22 °C gibi). Bu kuralın istisnaları düzlemsel açılar için kullanılan derece, dakika ve saniye sembolleridir (°, ' ve "). Bunlar sayıdan hemen sonra konmalıdır (10°, 45', 60" gibi). Litrenin kısaltması "l" olarak belirtilmelidir. Cümle sonunda değilse sembollerin sonuna nokta konulmamalıdır (kg, değil kg).

Formüller: Formüller numaralandırılmalı ve formül numarası formülün yanına sağa dayalı olarak parantez içinde gösterilmelidir. Formüllerin yazılmasında Word matematik işlemcisi kullanılmalı, ana karakterler 12 punto, değişkenler italik, rakamlar ve matematiksel ifadeler düz olarak verilmelidir. Metin içerisinde atıf yapılacaksa "Eşitlik 1" biçiminde verilmelidir (...ilişkin model, Eşitlik 1' de verilmiştir).

SELÇUK UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE FACULTY INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Manuscripts should be written in A4 (210 mmx297 mm) size, 12-point Times New Roman font, and double-spaced. There should be 2.5 cm margins on the right, left, bottom, and top of the page, and the texts should be right-left aligned. Each page and line of the manuscript should be numbered. The name(s) of the author should be written clearly and the academic title should not be stated. Manuscripts prepared in Turkish should be written by taking into account the latest spelling guide of the Turkish Language Association.

Manuscript: It should consist of Turkish Title, Turkish Abstract, Keywords, English Title, English Abstract, English Keywords, Introduction, Material and Method, Research Results, Discussion, Acknowledgments (if any), 6. References. Section names should be written in bold. If any, each figure and table should be placed in order after the place they are mentioned in the manuscript. At the end of the manuscript; a Statement of Contribution of the Researchers, a Statement of Support and Acknowledgment, if any, Statement of Conflict should be included.

Title: It should be short and descriptive, in 14 points and bold, the first letter of the words should be capitalized, written centered, and not exceeding 15 words. The English title must fully correspond to the Turkish title, written in 14 points and bold.

Abstract: Turkish and English abstracts should not exceed 300 words each. In Turkish and English abstracts, the words "Öz" and "Abstract" should be used, respectively. The abstract should include the purpose of the study, how it was done, the results and the author(s) comments on the results. References should not be used in the Abstract section.

Keywords: 1 line below the abstracts, the first letter of each keyword should be written in capital letters, the rest should be written in lowercase, if possible, maximum 6 keywords that are not used in the title and that best describe the work should be written.

Introduction: In this section; the subject of the study, its justification, previous studies directly related to the subject and the purpose of the study should be given.

Material and Method: In this section; the material and method used in the manuscript should be clearly stated.

Research Results: Obtained results should be given, if necessary, the findings should be explained, supported by charts, figures and graphics. Obtained findings should be given either as charts or graphs in order to avoid repetition. The factors that are found to be statistically significant should be interpreted with the comparison method in accordance with the statistical analysis technique applied and lettering should be made on the relevant statistics. In cases where the statistical analysis method is not chosen correctly and/or the analysis is not done properly, the editorial board may exclude the manuscript from evaluation.

Discussion: Findings should be discussed with current manuscripts about the study, but unnecessary repetitions should be avoided. The similarities and differences of the findings with other studies should be given and the reasons should be explained.

Acknowledgment: You should list acknowledgments at the end of the text, in a separate section before references, and not include them on the title page, as a footnote in the headline, or otherwise. In this section, you can list the natural and legal persons who provide financial or moral assistance during the research.

Author Contributions: For transparency, we encourage authors to submit an author statement file outlining their individual contributions to the paper using the relevant CRediT roles: Conceptualization; Data curation; Formal analysis; Funding acquisition; Investigation; Methodology; Project administration; Resources; Software; Supervision; Validation; Visualization; Roles/Writing - original draft; Writing - review & editing. Authorship statements should be formatted with the names of authors first and CRediT role(s) following.

Declaration of Conflict of Interest: Corresponding authors, on behalf of all the authors of a submission, must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work.

References: Citations and bibliography should be prepared with the Endnote program. Endnote-style files of our journal prepared in APA format are shared separately for Turkish and English manuscripts, with download links at the file upload step.

While writing the references list, the first author should be listed alphabetically according to the surname, the lines after the first line should start 1.0 cm from the right. Different works of the same author/authors should be listed starting from the old date, and works with the same date starting from a single author. References should be presented in their original language whenever possible. References that are not given in their original language can be given in Turkish or English. However, in this case, the original language of the source should be specified in parentheses.

• If the source is an article: Author's surname, initials, year, title of the article, name of the journal (italic), volume number (if any), page range.

Özgören, M., (2006), Flow Structure in the downstream of square and circular cylinders, *Flow Measurement and Instrumentation*, 17 (4), 225-235.

• If the source is a book: Author's surname, initial(s), year, name of the book, volume number, editor(s) / translation editors, if any, place of publication (italics), place of publication, page range.

Dasgupta, D., (1998), Artificial immune systems and their applications, Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg, 45-52.

Note: In translated books, the publication date of the translated book, not the original book, will be taken as a basis.

• If the source is the printed thesis: Author's surname, initial(s). (year), Title of the Thesis", Type of Thesis (Master/PhD), Graduate School of the Thesis (italics), place of submission, page range.

• If the source is taken from the congress: Author's surname, initial(s), year, Name of the Paper, name of the congress, seminar or conference (italic), place, page range in the proceedings book.

Güneş, S. and Polat, K., (2009), Medical diagnostic support system based on the use of least square support vector machines in electrocardiogram (ECG) arrhythmia diagnosis, 13th Biomedical Engineering National Meeting, BİYOMUT-2009, İstanbul, 170-173.

• If the source is taken from the report: Author's surname, initial(s) (if the report is a legal entity, the name of the organization), year, name of the report, short name of the organization that prepared the report and report number (italic), place of publication (italic), page range .

De Castro, L. N. and Von Zuben, F. J., (2000), Artificial immune systems: Part I- Basic theory and applications, DCA-RT 02/00, Brasil, 23-28.

• If the source is taken from the current magazine and newspaper news:

Corliss, R., (1993), Pacific Overtures Times, 142 (11), 68-70.

• If the source is from a national study whose author is unknown:

Anonymous, (2006), Agricultural statistics summary, DİE Publications, Number; 12, Ankara, 22-23.

• If the source is taken from a foreign work whose author is unknown:

Anonymous, (1989), Farm accountancy data network, an A-Z of methodology, Commission Report of the EC, Brussels, 16-19.

- If more than one publication of the same author published in the same year is used, an alphabetic character is added to the end of the year of publication. For example, for three publications by the same author(s) in 2003 (2003a, 2003b, 2003c).

- Display for maps

Author's surname, initial(s), year, Title, Scale, Publication: Publisher.

Mason, J., (1832), Map of the countries lying between Spain and India, 1:8.000.000, London: Ordnance Survey.

- Display for web pages

Author's surname, initial(s), year, Title [online], (Edition), Place of Publication, Web address:URL [Date of Visit].

Holland, M., (2002), Guide to citing Internet sources [online], Poole, Bournemouth University, http://www.bournemouth.ac.uk/library/using/guide_to_citing_internet_sourc.html [Visit Date: November 4, 2002].

Figures and Tables: Figures, graphics, photographs and the like should be specified as "Figure" and numerical values as "Table". All figures and tables should be embedded in the manuscript. Figures and tables should be no more than 16x20 cm in length in single-page layout and 8 cm in width in double-column layout. The size of the figures and tables should be in a resolution that can be printed. Pictures supporting the research results should be in "jpg" format with 600 dpi resolution. Each table and figure should be cited in the text. All tables and figures should be numbered sequentially throughout the manuscript (Table 1 and Figure 1). Table and figure titles and descriptions should be short and concise. Headings for figures and tables should be in 10 points, texts in figures and tables should be in 9 points, texts under tables should be in 8 points Times New Roman font. If abbreviations are used in tables and figures, these abbreviations should be explained just below.

Units: SI (System International d'Units) measurement units should be used in all manuscripts. Use a dot as a decimal fraction (like 1.25 instead of 1,25). "/" should not be used in units and a space should be given between units (such as m s⁻¹ instead of m/s, J s⁻¹ instead of J/s, kg m s⁻² instead of kg m/s²). A space must be left between the number and the symbol (such as 4 kg N ha⁻¹, 3 kg m⁻¹ s⁻², 20 N m, 1000 s⁻¹, 100 kPa, 22 °C). Exceptions to this rule are the degrees, minutes, and seconds symbols (°, ', and ") used for planar angles. They should be placed immediately after the number (like 10°, 45', 60"). The abbreviation of liter should be indicated as "l". If they are not at the end of the sentence, do not put a period at the end of the symbols (kg, not kg.).

Formulas: Formulas should be numbered and the formula number should be shown in parentheses, aligned to the right next to the formula. Word math processor should be used in writing the formulas, main characters should be in 12 points, variables should be in italics, numbers and mathematical expressions should be given plain. If it is to be cited in the text, it should be given in the form of "Equation 1" (...the related model is given in Equation 1).

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ FEN FAKÜLTESİ
FEN DERGİSİ

SELÇUK UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE FACULTY

e-ISSN: 2458-9411

Cilt 50, Sayı 2, Ekim 2024

Volume 50, Issue 2, October 2024

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma Makaleleri / Research Articles

Lathyrus czeczottianus Bässler Farmakolojide Doğal Antimutajenik Ajanların Yeni Kaynağı Olabilir mi? Mutajenik/Antimutajenik ve Antimikrobiyal Açıdan Değerlendirme 35-42
Can Lathyrus czeczottianus Bässler Be a New Source of Natural Antimutagenic Agents in Pharmacology? Evaluation from Mutagenic/Antimutagenic and Antimicrobial Perspectives
Mustafa Kul, Ahmet Uysal

2-Amino-6-sübstitüepiridin Türevleri ile 5-Sülfosalisilik Asitin Zn(II) Komplekslerinin Sentezi ve Karakterizasyonu 43-48
Synthesis and Characterization of Zn(II) Complexes of 2-Amino-6-substituepyridine Derivatives and 5-Sulfosalicylic Acid
Halil İlkimen, Cengiz Yenikaya, Zeynep Alkan Alkaya

The Synthesis of Melamine Cored Schiff Bases and Investigation of Heteronuclear Metal Complexes 49-54
Melamin Merkezli Schiff Bazlarının Sentezi ve Heteronükleer Metal Komplekslerinin İncelenmesi
Ziya Erdem Koç

Impact of Drying Methods on The Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Pomegranate (Punica granatum L.) Peel 55-59
Kurutma Yönteminin Nar (Punica granatum L.) Kabuğunun Biyoaktif Bileşikleri ve Antioksidan Kapasitesi Üzerine Etkisi
Sengul Uysal, Dilek Efe Arslan

Selçuk Üniversitesi Kampüsünden Toplanan Suillus bovinus (L.) Roussel Mantarının Etanol ve Metanol Özütlelerinin Antimikrobiyal Aktivitesi 60-65
Antimicrobial Activity of Ethanol and Methanol Extracts of Suillus bovinus (L.) Roussel Mushroom Collected from Selçuk University Campus
Erdoğan Güneş

Fatty Acid Composition Analysis of Some Apiaceae Plants Using Gas Chromatography-Flame Ionization Detector (GC-FID) 66-72
Gaz Kromatografisi-Alev İyonizasyon Dedektörü (GC-FID) Kullanılarak Bazı Apiaceae Bitkilerinin Yağ Asidi Kompozisyon Analizi
Nuraniye Eruygur, Fatma Ayaz, Yavuz Bağcı, M. Raşit Bakır, Hüseyin Kara

Synthesis and Characterization of s-Triazine Cored Schiff Base Containing β -lactam and Its [M(Salen/Saloph)] (M= Cr³⁺ and Fe³⁺) Capped Complexes 73-79
 β -laktam İçeren s-Triazin Merkezli Schiff Bazı ve Onun [M(Salen/Saloph)] (M= Cr³⁺ ve Fe³⁺) Başlıklı Komplekslerinin Sentezi ve Karakterizasyonu
Ahmet Caymaz, Ahmed Hamdi Mirghani, Saban Uysal

Mevcut sayıya ait içindekiler listesine [DergiPark](#) üzerinden ulaşılabilir

Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi

Dergi web sayfası: dergipark.org.tr/tr/pub/sufefd

Araştırma Makalesi

Lathyrus czechottianus Bässler Farmakolojide Doğal Antimutajenik Ajanların Yeni Kaynağı Olabilir mi? Mutajenik/Antimutajenik ve Antimikrobiyal Açından Değerlendirme

Mustafa Kul^{a,1}, Ahmet Uysal^{a,2*}^a Selçuk Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, 42130, KONYA, TÜRKİYE

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi

Geliş 30 Nisan 2024

Revizyon 15 Mayıs 2024

Kabul 27 Mayıs 2024

Anahtar Kelimeler

Antimikrobiyal aktivite

Antimutajenite

Ames test

Lathyrus czechottianus

Mutajenite

ÖZ

Bu çalışmada, *Lathyrus czechottianus* bitkisinin toprak üstü kısımlarına ait metanol ve su özütlерinin mutajenite/antimutajenite ve antimikrobiyal özellikleri araştırılmıştır. Özütlерin toksik doz belirlemeleri yapıldıktan sonra, Ames testi (*Salmonella*/mikrozom) ile mutajenik özellikleri değerlendirilmiştir. *Salmonella typhimurium* TA98 ve TA100 suşları ile yapılan mutajenite çalışmaları metabolik aktivasyon varlığı ve yokluğunda gerçekleştirilmiştir. Metanol ve su özütleri 10000, 5000 ve 1000 µg/plak dozlarda herhangi mutajenik etki göstermemiştir. Bilinen mutajenik maddelere karşı antimutajenik inhibisyon oranları değerlendirilmiştir. Buna göre metanol ve su özütleri özellikle TA98 suşu için 2-aminofloren S9 karışımı varlığında etkisini sırasıyla %73 ve %85 oranlarda en yüksek dozlarda inhibe etmiştir. Ayrıca metanol özütlü TA100 suşu için S9 varlığında 2-aminoantrasenin etkisini %78'lere varan düzeyde iyileştirmiş ve güçlü antimutajenite göstermiştir. Antimikrobiyal aktivite çalışmaları ise sekiz standart mikroorganizma ve 14 metisilin dirençli *Staphylococcus aureus* izolata karşı sıvı mikro dilüsyon yöntemiyle test edilmiştir. Metanol ve su özütleri test edilen mikroorganizmalara karşı 12.5 ve 6.25 mg/ml dozlarda düşük antimikrobiyal aktivite ortaya koymuştur. *L. czechottianus* özütlерinin kimyasallara karşı kemopreventif doğal bir ajan olarak kullanılabilceği düşünülmüştür.

Research Article

Can *Lathyrus czechottianus* Bässler Be a New Source of Natural Antimutagenic Agents in Pharmacology? Evaluation from Mutagenic/Antimutagenic and Antimicrobial Perspectives

ARTICLE INFO

Article History

Received 30 April 2024

Revised 15 May 2024

Accepted 27 May 2024

Keywords

Antimicrobial activity

Antimutagenicity

Ames test

Lathyrus czechottianus

Mutagenicity

ABSTRACT

In this study, the mutagenicity/antimutagenicity and antimicrobial properties of methanol and water extracts of the aerial parts of the *Lathyrus czechottianus* plant were investigated. After toxic dose determinations of the extracts were made, their mutagenic properties were evaluated by the Ames test (*Salmonella*/microsome). Mutagenicity studies with *Salmonella typhimurium* TA98 and TA100 strains were performed in the presence and absence of metabolic activation. Methanol and water extracts did not show any mutagenic effects at doses of 10000, 5000 and 1000 µg/plate. Antimutagenic inhibition rates against well-known mutagenic substances were evaluated. Accordingly, methanol and water extracts inhibited the effect of 2-aminofluorene at the highest doses in the presence of the S9 mixture by 73% and 85%, respectively, especially for the TA98 strain. In addition, methanol extract improved the effect of 2-aminoanthracene up to 78% in the presence of S9 for the TA100 strain and showed strong antimutagenicity. Antimicrobial activity studies were tested using the broth microdilution method against eight standard microorganisms and 14 methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* isolates. Methanol and water extracts revealed low antimicrobial activity against the tested microorganisms at doses of 12.5 and 6.25 mg/ml. It was thought that *L. czechottianus* extracts could be used as a natural chemo preventive agent against chemicals. This study is the first report on genotoxicity and antimicrobial properties on *L. czechottianus*.

* Sorumlu Yazar

E-posta adresleri: mkul@selcuk.edu.tr (M. Kul), ahuyosal@selcuk.edu.tr (A. Uysal)

¹ ORCID: 0000-0002-9170-5094² ORCID: 0000-0002-9297-4050

Doi: 10.35238/sufefd.1475894

E-ISSN: 2458-9411

Atıf / Cite as

Kul, M., Uysal, A., (2024), *Lathyrus czechottianus* Bässler Farmakolojide Doğal Antimutajenik Ajanların Yeni Kaynağı Olabilir mi? Mutajenik/Antimutajenik ve Antimikrobiyal Açından Değerlendirme, *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 50 (2), 35-42.

Makale Bilgisi Article Information

Makale Türü Article Type

Araştırma Makalesi Research Article

Geliş Tarihi Date Received

30 Nisan 2024 30 April 2024

Revizyon Tarihi Date Revised

15 Mayıs 2024 15 May 2024

Kabul Tarihi Date Accepted

27 Mayıs 2024 27 May 2024

Yayın Tarihi Date Published

1 Ekim 2024 1 October 2024

Değerlendirme Review Process

İki Dış Hakem, Çift Taraflı Körleme Two External Reviewers, Double-Blind Peer Review

Etik Beyan Ethical Statement

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur (A. Uysal). It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited (A. Uysal).

İntihal Kontrolü Plagiarism Check

Bu makale, iTenticate yazılımı ile taranmış ve intihal tespit edilmemiştir. This article has been scanned with iTenticate software and no plagiarism detected.

Çıkar Çatışması Conflict of Interest

Yazarlar, bu makalede bildirilen çalışmayı etkiliyor gibi görünebilecek bilinen hiçbir rakip mali çıkarları veya kişisel ilişkileri olmadığını beyan ederler. The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Finansman Funding

-

Telif Hakkı & Lisans Copyright and License

Yazarlar dergide yayınlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır. Authors own the copyright of their work published in the journal and their work is published under the CC BY-NC 4.0 license.

1. Giriş

Bitkiler yüzyıllardır insanlık tarafından kullanılmaktadır ve çeşitli uygulamalarla birlikte (örneğin gıda kaynağı, giyim üretimi için hammaddeler, barınak yapımı veya sadece dekorasyon), bitkisel ilaç olarak kullanımları insanoğlunun bildiği en eski sağlık hizmetlerinden biridir. (Veiga ve ark., 2020). Tıbbi bitki kavramı, belirli bir bozukluğu önlemek veya iyileştirmek için terapötik bir tedavide doğrudan veya dolaylı olarak kullanılmasına izin veren farmakolojik olarak aktif bileşenlere sahip olmasıyla karakterize edilir. Bitkiler ile ilgili yapılan çalışmaların odağında, antimikrobiyal, antiinflamatuvar, antitümöral, antidiyabetik, antiviral ve antioksidan etkilere neden olabilecek tıbbi özelliklerin karakterize edilmesi yer almaktadır (Roleira ve ark., 2015). Bu özellikler bu bitkilerin kimyasal bileşimi ile ilgilidir. Tıpta yaygın olarak kullanılan ilaçların birçoğu bitkisel kökenlidir ve faydalı etkilerinin sekonder metabolit olarak adlandırılan terpenoidler, alkaloidler, flavonoidler, fenolikler gibi çeşitli farklı bileşiklerin varlığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Dünya Sağlık Örgütü, dünya nüfusunun %80'inden fazlasının temel sağlık ihtiyaçlarını karşılamak için bitkileri kullanan geleneksel tıba güvendiğini tahmin etmektedir (WHO, 2013). Bu anlamda bitkisel kaynaklı ürünler sağlığı koruyucu faktör olarak önemli bir role sahiptir.

Dünya ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de bitkiler halk arasında tedavi, yem, gıda, boya, kozmetik, oyun vb. alanlarda kullanılmaktadır. Modern tıpta kullanılan ilaçlar ve Anadolu'da yaygın olarak kullanılan halk hekimliği ilaçları bitkilerden elde edilmektedir. Ülkemizin jeopolitik konumu, üç tarafının denizlerle çevrili olması ve Asya ile Avrupa arasında köprü vazifesi yapması bitki florası açısından zenginlik oluşturmaktadır (Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2011). Dolayısıyla ile yeni fitoterapötik ajanların keşfedilmesi için önemli bir alandır.

Mutasyonları tetikleyebilen maddelerin tanımlanması güvenlik değerlendirmesinde önemli bir prosedür haline gelmiştir. Mutasyonlara neden olabilen kimyasallar potansiyel olarak üreme hattına zarar vererek doğurganlık sorunlarına ve gelecek nesillerde mutasyonlara yol açabilir. Mutajenik kimyasallar aynı zamanda kanseri tetikleme kapasitesine sahiptir ve bu endişe, mutajenite test programlarının çoğunu yönlendirmiştir. Mutasyonlar; 1. Yalnızca tek bir bazın değiştirildiği, 2. Bir veya nispeten birkaç bazın eklendiği, silindiği gen (nokta) mutasyonları, 3. DNA'da büyük silinmeler veya yeniden düzenlemeler, 4. Kromozom kırılmaları, 5. Tüm kromozomların kazanımı veya kaybı olarak meydana gelebilir (Mortelmans ve Zeiger, 2000).

İn vivo ve in vitro çalışmalarda bitki bileşenleri veya özleri de dâhil olmak üzere bu tür doğal materyallerin, antimutajenik etkiler gösterdiği ve sorumlu çeşitli enzimatik aktiviteleri inhibe ettiği bilinmektedir. Bu nedenle bu bileşiklerin biyolojik aktivitelerinin araştırılması ve belirlenmesi birçok insan hastalığının tedavisinde önemli bir strateji haline gelmiştir. Deney hayvanlarının kullanıldığı çalışmaların pahalı olması ve uzun zaman alması nedeniyle başlangıç test sistemi olarak bakteriyel test sistemleri tercih edilmiştir (Gulluce ve ark., 2010).

Antibiyotikler bakteriyel enfeksiyonlarla mücadelede yaygın olarak kullanılmakta ve keşfedildikleri günden bu yana insan sağlığı ve yaşam kalitesi açısından son derece etkili olmaktadır. Ancak son yıllarda antibiyotiklere karşı direncin ortaya çıkması ve bunların tüketimi sonucu ortaya çıkan bazı toksik ürünler nedeniyle antibiyotikler bazı hastalıklara karşı daha az etkili hale gelmiştir.

Antimikrobiyallerin gereksiz yere reçete edilmesi ve bunların tarımda kullanılması gibi birçok faktör antimikrobiyal direncinin yayılmasına katkıda bulunurken, antimikrobiyal geliştirmedeki bilimsel ve ekonomik zorluklar, yeni ilaçların üretim hattının azalmasına neden olmuştur. Bu nedenle doğal kaynaklardan elde edilen antibakteriyel ajanlar enfeksiyon hastalıklarının önlenmesinde ve tedavisinde önemli rol oynamaya başlamıştır. Bitki özleri, çiğ ve işlenmiş gıdaların korunması, farmasötikler, alternatif tıp ve doğal tedaviler dahil olmak üzere birçok uygulamanın kaynağı olarak yerleşmiştir (Heydari ve ark., 2019; Chassagne ve ark., 2021)

Fabaceae familyası 19.000'den fazla tür ile çiçekli bitkilerin en büyük familyasıdır (Kenicer, 2005). *Lathyrus L.* (Fabaceae) cinsi, başta Akdeniz olmak üzere dünya çapında 200'den fazla tür içermektedir. Türkiye'de *Lathyrus* türleri 26'sı endemik olmak üzere 76 taksondan oluşmaktadır (Günes ve Meriç, 2017; Ceylan ve ark., 2021). *Lathyrus* cinsine ait bazı türlerin gıda, yem, süs bitkileri olarak ekonomik açıdan önemli olduğu bilinmektedir. Yüksek besin içeriği (amino asitler ve yağ asitleri vb.) nedeniyle gıda kaynağı olarak kullanılmaktadır (Lambein ve ark., 2019). Ayrıca *L. cicera*, *L. sativus*, *L. rotundifolius* subsp. *miniatus* gibi birçok *Lathyrus* türü Anadolu geleneksel tıbbında ödem, romatizma ve ağrı tedavisinde kullanılmaktadır (Altundag ve Ozturk, 2011).

Yaygın olarak çalı nohut olarak bilinen *Lathyrus czechottianus* Bassler, Türkiye'ye özgü, ekonomik açıdan önemli bir türdür (Ceylan ve ark., 2021). Bu çalışmada *L. czechottianus* bitkisinden elde edilen metanol ve su özütlerinin; Salmonella/mikroozom (Ames) test sistemi ile mutajenik ve antimutajenik potansiyelleri ve standart patojen mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal aktiviteleri değerlendirilmiştir. Mutajenik ve antimutajenik aktivitenin araştırılması adına bu çalışma ilk olma niteliğini taşımaktadır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Bitki örneğinin toplanması

L. czechottianus bitkisine ait örnekler 2018 yılının Haziran ayında, Ankara Çubuk ilçesi Karagöl mevkiinden çiçeklenme döneminde toplandı. Bitkinin sistematik teşhisi Prof. Dr. Murad Aydın ŞANDA (Muş Alpaslan Üniversitesi) tarafından yapıldı. Bitki örneğine ait numuneler RC-13-25 örnek numarası ile Selçuk Üniversitesi Biyoloji Bölümünde saklandı.

2.2. Bitki örneklerinden özütlerin elde edilmesi

Gölge bir yerde saklanan bitki numuneleri, iyice kurutulduktan sonra değirmen yardımı ile öğütülerek toz hale getirildi. 10 g örnek tartılarak 200 ml metanol içerisinde, oda ısısında 24 saat boyunca maserasyon yöntemi ile ekstrakte edildi. Daha sonra Whatman No:1 kağıdı ile süzülen özütün, evaporatör yardımı ile çözücüsü uçuruldu. Kurutulan özüt kullanıncaya kadar +4 C'de muhafaza edildi.

Su özütü hazırlamak için 10 g bitki örneği 200 ml kaynamış suda 15 dk boyunca infüze edildi. Daha sonra süzme işlemi yaparak içerisinde bulunan su tamamen uçuruldu (Llorent-Martínez ve ark., 2017).

2.3. Mutajenik ve antimutajenik kapasitenin değerlendirilmesi

L. czeczottianus bitkisine ait su ve metanol özütlelerinin herhangi bir mutasyona neden olup olmayacağı, kısa zamanlı bir bakteriyel test sistemi olan Ames testi ile araştırıldı. Çalışmada *Salmonella typhimurium* TA98 ve TA100 mutant suşları kullanıldı. TA98 suşu çerçeve kayması

Tablo 1. *S. typhimurium* suşlarının genetik özellikleri.

Suşlar	Belirlediği mutasyon	Mutasyon	DNA tamiri ve LPS kusuru	R faktör	Hedef DNA	Plazmit
TA98	Çerçeve kayması	hisD3052	uvrB-, rfa	+R	AT→CG Transisyon	pKM101
TA100	Baz çifti değişimi	hisG46	uvrB-, rfa	+R	CG yanından -1	pKM101

Testlerde kullanılmak üzere özütlelerin toksik olmayan dozları Dean ve ark. (1985) önerdiği metoda göre belirlendi. Bitki özütlelerinin öncelikli olarak mutajenik potansiyelleri değerlendirildi. Bunun için Maron ve Ames (1983) tarafından önerilen plak inkorporasyon testi küçük modifikasyonlar yapılarak uygulandı (Nibras Qader Qader ve ark., 2022).

Özetle; suşların taze gecelik kültürleri 63 µl ampisilin içeren Nutrient broth No: 2 besiyerinde hazırlandı. 150 rpm'de 37 °C'de 16 saat boyunca çalkalanarak hazırlanan kültürlerden yeni besiyerlerine 0.5 ml eklendi ve aynı ortam şartlarında 7-7.5 saat inkübasyona bırakıldı. Bu sürenin sonunda kültürün 1 ml'sinde yaklaşık 1-2x10⁹ canlı bakteri olduğu hesaplandı. Mutajenite deneyinde Histidin ve diğer gelişim faktörlerini içermeyen Minimal Glukoz Agar (MGA) besiyerleri kullanıldı. 2.5 ml olarak hazırlanan ve 45 °C'lik sıcak su banyosunda bekletilen ve iz miktarda Histidin ihtiva eden üst agar tüplerine 0.1 ml bakteri kültürü, 0.1 ml bitki özütü ve metabolik aktivasyon enzim sistemi (S9) içermeyen deneyler için 0.5 ml Sodyum-Fosfat tamponu ilave edildi. S9'lu deneyler için ise Sodyum-Fosfat tamponu yerine % 4 S9 enzimi içeren metabolik aktivasyon enzimleri kullanıldı (Maron ve Ames, 1983). Bu karışım vortekslenerek hızlı bir şekilde karıştırıldı ve MGA plakları üzerine dökülerek yüzeye homojen yayılması sağlandı. Katılaştıran plaklar 37 °C'de 48-72 saat süreyle inkübe edildi. Çalışmaya paralel olarak; bakteri kontrol plakları, metanol özütünün çözünmesini sağlayan Dimetil sülfoksit içeren negatif kontrol plakları ve mutant bakteriler üzerinde mutajenik olduğu bilinen pozitif mutajenleri içeren pozitif kontrol plakları hazırlandı. Her bitki özütüne ait dozlar üçer tekrarlı olarak test edildi. İnkübasyon süresi sonunda plaklarda gelişen geri dönen yani revertant koloniler sayıldı. Salmonella/mikrozom test sisteminde denenen bir maddenin mutajenik olup olmadığını belirlemek için bakteri kontrol plaklarında sayılan revertant koloni sayıları esas alınır. Buna göre test edilen maddelerin plaklarında tespit edilen koloni sayıları, bakteri kontrol plağındaki sayının iki katına eşit ya da iki katından fazla ise mutajenik olarak nitelendirilir (Zengin ve ark., 2014).

Tablo 2. Çalışmada kullanılan standart patojen mikroorganizma suşları.

Mikroorganizma	Referans No	Gram boyanma özelliği	Morfoloji
<i>Escherichia coli</i>	ATCC 25922	Gram negatif	Kokobasil
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	ATCC 700603	Gram negatif	Basil
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ATCC 27853	Gram negatif	Basil
<i>Salmonella enteritidis</i>	ATCC 13076	Gram negatif	Basil
Metisilin dirençli <i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC 43300(MRSA)	Gram pozitif	Stafilokok
<i>Sarcina lutea</i>	ATCC 9341	Gram pozitif	Sarsin
<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC 25923 (MSSA)	Gram pozitif	Stafilokok
<i>Candida albicans</i>	NRRL Y-417		Maya

Lathyrus czeczottianus özütleri 50 mg/ml olacak şekilde stok solüsyonları hazırlandı. Metanol özütleleri DMSO içinde çözünürken su özütleleri ise saf su içerisinde çözülerek hazırlandı. Çalışma öncesi Mueller-Hinton besiyeri steril bir

mutasyonlarını, TA100 suşu ise baz çifti değişim mutasyonlarını tespit etmek amacı ile tercih edildi. Bu mutant bakteri suşları Selçuk Üniversitesi Sağlık Hizmetleri MYO, Mikrobiyoloji Araştırma Laboratuvarından temin edildi. Suşların genetik kontrolleri ve bakımları literatürde belirtildiği şekilde gerçekleştirildi (Maron ve Ames, 1983). İki Salmonella suşunun genetik karakterleri Tablo 1'de verildi.

Antimutajenite deneyinde ise *L. czeczottianus* özütlelerinin; bilinen mutajenlerin neden olduğu koloni artışındaki mutasyonları geriye çekebilme yetenekleri değerlendirildi (Uysal ve ark., 2019). Bu deney serisi de yine hem S9 enzimleri içeren hem de içermeyen ortamlarda uygulandı. Bunun için üst agar içeren tüplere 0.5 ml tampon (S9 lu deney için S9 karışımı), 0.1 ml bakteri kültürü, 0.1 ml pozitif mutajen madde ve 0.1 ml farklı dozlarda bitki özütü ilave edildi. Karışım yukarıda belirtildiği şekilde hızlı bir şekilde vortekslendi ve MGA plakları yüzeyine dökülerek yayılmaları sağlandı. Üst agarın katılmasından sonra plakalar, 37°C'de 48 - 72 saat süreyle inkübe edildi ve plak başına geri dönen kolonilerin sayısı sayıldı. Her deney için dozlar üçlü tekrarlar halinde çalışıldı. Bitki ekstraktı olmadan sadece mutajen madde içeren plaklar (pozitif kontrol plağı) üzerinde büyütülen geri dönen kolonilerin sayısı, %0 inhibisyonla yani %100 mutajen olarak tanımlandı. Antimutajenik potansiyel (İnhibisyon), şu denklemle belirlendi: $[(A-B)/(A-C)] \times 100$. Burada A = Bakteri+mutajen plağındaki revertant koloni sayısı, B = Bakteri+mutajen+özüt plağındaki revertant koloni sayısı; C=Kendiliğinden geri dönen revertant koloni sayısını (sadece bakteri plağı) temsil etmektedir. Sonuçlar, inhibisyon %25'ten düşük olduğunda antimutajenik etki olmadığı, %25 ile %40 arasında bir değer için orta derecede etki ve %40'ın üzerindeki değerler için güçlü antimutajenite olarak yorumlandı (Uysal ve ark., 2016a).

2.4. Antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi

Lathyrus czeczottianus özütlelerinin antimikrobiyal kapasitelerinin değerlendirilmesi için sıvı mikro dilüsyon yöntemi kullanıldı (Tosun ve ark., 2024).

Bu metot için kullanılan mikroorganizmalar Tablo 2'de verildi. Ayrıca çeşitli klinik örneklerden izole edilen 14 adet Metisilin Dirençli *Staphylococcus aureus* izolatu da çalışmaya dahil edildi. Bu standart mikroorganizmalar ve izolatlar S.Ü. Sağlık Hizmetleri MYO Mikrobiyoloji Araştırma Laboratuvarından temin edildi.

şekilde hazırlandı. Hazırlanan bu medyum 100 µl olacak şekilde 96 kuyusu bulunan mikro titre plakalarının her bir kuyusuna konuldu. Hazırlanan *L. czeczottianus* özütleleri 100 µl olacak şekilde plakların yukarıdan aşağıya ilk kuyularına

ilave edildi. İlk kuyularda toplam hacim 200 µl olurken çok kanallı pipet yardımı ile iyice karışmaları sağlandı. Daha sonra bu karışımdan 100 µl çekilerek ikinci sırada bulunan kuyulara aktarıldı. Bu durum son kuyucuğa kadar tekrar edildi ve bitki özütlerinin sıralı kuyularda 12.5-0.0122 mg/ml dozlar arasında seyreltilmesi sağlandı. Gecelik taze bakteri kültürleri streil fizyolojik su içerisinde yaklaşık 0.5 Mc Farland bulanıklık derecesine (1×10^8 koloni oluşturan birim (kob)/ml) ayarlandı. Daha sonra yüzde bir oranda daha sulandırılarak bakteri konsantrasyonu 1×10^6 kob/ml'ye seyreltilti. Konsantrasyonu ayarlanan bu inokulum, plakaların yatay serilerinde her kuyucuğa 100 µl olacak şekilde dağıtıldı. İşlemler tamamlandıktan sonra her bir mikro titre plakası inkübatöre kaldırıldı ve 37 °C'de 18-24 saat süreyle inkübe edildi (Tosun ve ark., 2024).

Özütlerin mikroorganizmalar üzerindeki öldürücü olan minimum dozunu belirlemek amacı ile (minimum inhibisyon

konsantrasyonu/MİK) üremeyi takiben, önceden hazırlanmış % 0.5'lik 2,3,5 Trifenil tetrazolyum klorit çözeltisinden 20 µl her kuyucuğa dağıtıldı ve plakalar 30 dakika daha inkübasyona bırakıldı. Süre sonunda üremenin inhibe edildiği (renksiz alanlar) en düşük kuyu değeri MİK değeri olarak belirlendi.

3. Sonuçlar ve Tartışma

Çalışma öncesi yapılan denemelerde her iki özüt için de 10000, 5000 ve 1000 µg/plak dozlarının toksik olmadığı ve deneylerde kullanılabilmesi tespit edildi. Mevcut çalışmada *Lathyrus czeczottianus* bitkisinin metanol ve su özütlerinin mutajenik ve antimutajenik yetenekleri değerlendirildi. Çalışma hem S9'lu hem de S9'suz ortam şartlarında gerçekleştirildi. Revertant koloni sayılarına ait ortalama değerler ve standart sapmalar Tablo 3'de verildi.

Tablo 3. *Lathyrus czeczottianus* özütlerinin *S. typhimurium* TA98 ve TA100 suşları üzerinde metabolik aktivasyon varlığında ve yokluğunda mutajenik etkileri.

	Konsantrasyon(µg/plak)	His+ Revertant sayısı/plak			
		TA 98		TA 100	
		S9 (-)	S9 (+)	S9 (-)	S9 (+)
*Negatif kontrol	100 µl/plak	35±2	32±4	103±6	132±13
®Pozitif kontrol		2626±29	2866±57	1952±169	2915±56
	0	36±5	37±7	116±18	144±13
	10000	32±2	38±3	134±5	158±10
<i>Lathyrus</i> metanol özütü	5000	23±1	43±4	175±7	149±9
	1000	27±1	34±1	81±6	187±7
*Negatif kontrol	100 µl/plak	35±2	32±4	103±6	132±13
®Pozitif kontrol		2626±29	2866±57	1952±169	2915±56
	0	36±5	37±7	116±18	144±13
	10000	26±2	64±2	184±11	193±14
<i>Lathyrus</i> su özütü	5000	27±0	46±4	123±7	153±6
	1000	24±0	57±5	136±10	157±4

* Negatif kontrol: S9 varlığında ve yokluğunda *S. typhimurium* TA98 ve TA100 için negatif kontrol olarak DMSO (100 µl/plak) kullanıldı

® Pozitif kontroller:

2-Aminofloren (7.5 µg/plak), S9 karışımının varlığında pozitif dolaylı mutajen olarak kullanıldı; *S. typhimurium* TA98 suşu için S9 karışımı yokluğunda pozitif doğrudan mutajen olarak 4-nitro-O-fenilendiamin (5 µg/plak) kullanıldı.

2-Aminoantrasen (5 µg/plak), S9 karışımının varlığında pozitif dolaylı mutajen olarak kullanıldı; *S. typhimurium* TA100 için S9 karışımının yokluğunda pozitif doğrudan mutajen olarak sodyum azid (5 µg/plak) kullanıldı.

Ames testinden elde edilen sonuçlara göre *L. czeczottianus* metanol ve su özütleri test edilen her üç (10000, 5000, 1000 µg/plak) dozda kontrol plağında belirlenen sayının iki katı kadar ya da daha fazla bir artışa sebep olmamıştır (Tablo 3). Diğer bir tabirle su ve metanol özütleri en yüksek dozlarda dahi herhangi bir çerçeve kayması ve baz çifti değişimi mutasyonuna neden olmamıştır. Bu nedenlerle revertant sayılarında aşırı bir artışın olmayışı, *L. czeczottianus* özütlerinin Salmonella/mikrozom test sisteminde mutajenik özelliklerinin olmadığını göstermiştir.

Mevcut çalışmada *L. czeczottianus* özütlerinin mutajenik karakter sergilememesinden dolayı 10000 µg/plak, 5000 µg/plak ve 1000 µg/plak dozlarında, suşlar üzerinde mutasyona neden olan mutajenik maddelere karşı antimutajenik potansiyelleri araştırıldı. Sonuçlar % inhibisyon ve koloni sayıları şeklinde Tablo 4'de verildi. TA98 için metanol özütü, 10000 ve 5000 µg/plaka dozlarında 4-NPDA'ya sırasıyla %37, %30 inhibisyon oranları ile orta derecede antimutajenik etkili görüldü. Su özütü ise sadece en yüksek konsantrasyonda (10000 µg) orta derecede antimutajenite (%33) gösterdi (Tablo 4). S9

karışımının eklenmesinden sonra metanol özütü, 2-aminoflorenin çerçeve kayması mutasyonuna karşı tüm test dozlarında çok güçlü antimutajenite (%73, %63, %57) ortaya koydu. Benzer şekilde su özütü, TA98 için S9 karışımı ile 10000 µg/plaka dozunda en yüksek antimutajenik potansiyeli (%85) sergiledi ve bunu %41 inhibisyonla 5000 µg/plaka dozu takip etti. Sonuçlardan da görüleceği üzere metabolik aktivasyon enzimlerinin ilavesi özütü çok güçlü bir antimutajenik ajan haline getirdiği düşünüldü.

Metanol özütü TA100 suşu için S9 enzimlerinin yokluğunda sodyum azidin baz çifti değişim mutasyon etkisine 10000 ve 5000 µg/plak dozlarında %33 ve %28 inhibisyon oranları ile orta derecede antimutajenik aktivite gösterdi. Su özütü ise sadece en yüksek dozda %33 inhibisyon ile sodyum azidin etkisini iyileştirdi. Ortam şartlarına metabolik aktivasyon enzim karışımı eklendikten sonra metanol özütü, 10000 (%78) ve 5000 µg/plak (%54) konsantrasyonlarında 2-aminoantrasene karşı güçlü antimutajenite gösterdi ve 2-aminoantrasenin mutajenik etkisini hafifletti (Tablo 4). Su özütünde ise S9 karışımının ilavesi test edilen dozlarda herhangi gözle görülebilen bir inhibisyon artışına neden olmadı.

Tablo 4. *L. czeczottianus* özütlerinin metabolik aktivasyonlu (S9) ve metabolik aktivasyonsuz şartlarda *S. typhimurium* TA98 ve TA100 suşlarına karşı antimitojenitesi.

	Konsantrasyon(µg/plak)	His* Revertant sayısı/plak							
		TA 98				TA 100			
		S9 (-)	% inhibisyon	S9 (+)	% inhibisyon	S9 (-)	% inhibisyon	S9 (+)	% inhibisyon
*Negatif kontrol	100 µl/plak	31±4		32±4		128±9		138±11	
®Pozitif kontrol		1022±86	0	2783±136	0	2424±98	0	1715±164	0
	0	35±5		32±6		140±11		144±9	
<i>Lathyrus</i> metanol özütü	10000	658±32	37	788±815	73	1668±27	33	494±26	78
	5000	724±31	30	1092±165	63	1775±5	28	865±23	54
	1000	786±24	24	1223±116	57	2007±126	18	1542±60	11
*Negatif kontrol	100 µl/plak	31±4		32±4		128±9		138±11	
®Pozitif kontrol		1022±86	0	2783±136	0	2424±98	0	1715±164	0
	0	35±5		32±6		140±11		144±9	
<i>Lathyrus</i> su özütü	10000	701±63	33	456±28	85	1666±83	33	1275±86	28
	5000	942±62	8	1655±121	41	1997±50	19	1410±25	19
	1000	1610±15	0	1784±87	36	2105±8	14	1759±121	0

* Negatif kontrol: S9 varlığında ve yokluğunda *S. typhimurium* TA98 ve TA100 için negatif kontrol olarak DMSO (100 µl/plak) kullanıldı

® Pozitif kontroller:

2-Aminofloren (7.5 µg/plak), S9 karışımının varlığında pozitif dolaylı mutajen olarak kullanıldı; *S. typhimurium* TA98 suşu için S9 karışımı yokluğunda pozitif doğrudan mutajen olarak 4-nitro-O-fenilendiamin (5 µg/plak) kullanıldı.

2-Aminoantrasen (5 µg/plak), S9 karışımının varlığında pozitif dolaylı mutajen olarak kullanıldı; *S. typhimurium* TA100 için S9 karışımının yokluğunda pozitif doğrudan mutajen olarak sodyum azid (5 µg/plak) kullanıldı.

Lathyrus türleri ile yapılan antimitojenite çalışmaları oldukça sınırlıdır. Yapılan bir çalışmada Spanou ve ark. (2007) *L. laxiflorus* subsp. *laxiflorus* bitkisine ait su ve metanol özütlerinin DNA hasarına karşı iyi oranda iyileştirici etki gösterdiğini ortaya koymuşlardır. *L. czeczottianus* metanol ve su özütü ile yapılan önceki çalışmalarda detaylı olarak HPLC analizleri yapılmıştır. Metanol özütünün fenolik asitler bünyesinde dihidroksi benzoik asit, kafeik asit, epikateşin ve kafeolkunik asit içerdiği belirlenmiştir. Flavonoidlerden ise kampferol, izorhamnetin, apigenin, luteolin ve kuersetin içerdiği tespit edilmiştir (Llorent-Martínez ve ark., 2017). Daha önce yapılan çeşitli araştırmalarda dihidroksi benzoik asit, kafeik asit ve epikateşin bileşiklerinin çeşitli mutajenlere karşı antimitojenite sergiledikleri rapor edilmiştir (Yamada ve Tomita, 1996; Birosova ve ark., 2005; Manuja ve ark., 2013; Uysal ve ark., 2016b). Flavonoid grubu apigenin, luteolin, kuersetin gibi bileşiklerle ilgili de bilinen mutajenlere karşı antiutajenik potansiyel sergiledikleri belirlenmiştir (Choi ve ark., 1994; Geetha ve ark., 2005; Gulluce ve ark., 2013). Bu nedenlerden dolayı; *L. czeczottianus* özütlerinin ortaya koyduğu antimitojenik potansiyelin, içerdiği fenolik ve flavonoidlerden kaynaklandığı düşünülmüştür. Metabolik aktivasyon enzimlerinin özütlerin antimitojenitesini arttırdığı gözlemlenmiştir. *Lathyrus czeczottianus* özütlerinin iyi bilinen mutajenik maddelere karşı antimitojenik ajanların doğal kaynağı olabileceği öne sürülebilir. Yapılan literatür çalışmaları sonucunda *L. czeczottianus* ile ilgili yapılmış herhangi mutajenite/antimitojenite çalışması bulunmadığı görülmüştür. Bu durumda çalışmamız bu bitki ile yapılmış ilk özgün antimitojenite çalışması olma niteliğini taşımaktadır.

Özütlerin patojen mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etkinlikleri, sıvı mikro dilüsyon test sistemi ile araştırıldı. Elde edilen sonuçlar Tablo 5'de verilmiştir.

Çalışmada sekiz standart mikroorganizma ve 14 klinik MRSA izolatu kullanıldı. Elde edilen sonuçlara göre *L. czeczottianus* metanol özütü 3 numaralı MRSA suşu hariç diğer mikroorganizmaların tamamında 12.5 mg/ml dozda öldürücü etki gösterdi. 3 numaralı MRSA suşunda ise metanol özütü sadece 6.25 mg/ml dozda etkili olabildi. Su özütü değerlendirildiğinde; *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. enteritidis*

gibi Gram negatif bakterilere karşı 12.5 mg/ml dozda etkili olurken, *S. lutea* (Gram pozitif bakteri) ve *C. albicans* mayasına karşı yine aynı dozda (12.5 mg/ml) etki gösterdi. Diğer tüm standart suşlar ve klinik MRSA bakterileri bu özüte karşı dirençli bulundu. Metanol özütü ile su özütü arasındaki aktivite farkının metanol özütü içerisinde yer alan fenolik ve flavonoid bileşiklerden kaynaklandığı düşünüldü. Kontrol antibiyotikleri olan Gentamisin ve Okzasilin ile kıyaslandıklarında elde edilen bu minimum inhibisyon konsantrasyonu (MİK) değerlerinin zayıf etkili bir antimikrobiyal aktivite olduğu öne sürüldü.

Türkiye'de yetişen *L. armenus*, *L. aureus*, *L. cilicicus*, *L. laxiflorus* subsp. *Laxiflorus* ve *L. pratensis* türlerinin biyolojik aktivitelerinin değerlendirildiği bir çalışmada, farklı çözücüler ile hazırlanan özütlerden özellikle etil asetat özütlerinin test suşları üzerinde 1-0.5 mg/ml dozlarda eki gösterdiği ortaya koyulmuştur (Heydari ve ark., 2019). Bir başka çalışmada ise *L. tuberosus* bitkisinden elde edilen etanol özütünün, özellikle Gram pozitif bakteriler olan *Staphylococcus aureus* ve *Streptococcus pyogenes* türleri üzerinde sırasıyla 0.354 mg/ml ve 0.488 mg/ml dozlarda etkili olduğu saptanmıştır (Jakabfi-Csepregi ve ark., 2024). Sharifi-Rad ve ark. (2016) yaptıkları bir çalışmada, *L. aphaca* bitkisinin metanol özütünün 0.3-0,010 mg/ml dozlarında en fazla inhibisyon zonunu 0.3 mg/ml dozda MRSA izolatlarına karşı elde edildiğini bildirmişlerdir. *L. odoratus* türünden elde edilen antosiyaninler ve etanol özütü çeşitli mikroorganizma ve mayalar üzerinde denemiştir. Bitkinin etanol özütü anti-bakteriyel ve maya olarak en düşük etkiyi gösterirken, antifungal olarak en yüksek etkiyi göstermiştir (Mohamed, 2009). *L. aphaca* ve *L. ratans* türlerinin tohumlarında elde edilen bütanol özütlerinin antimikrobiyal etkinliklerinin test edildiği başka bir çalışmada; her iki türe ait özütler önemli düzeyde *S. aureus* bakterisine karşı en yüksek inhibisyon zonunu oluşturmuştur. Aynı zamanda bu türler *S. aureus*'a karşı önemli düzeyde (76 µg/ml ve 112 µg/ml) MİK değeri ortaya koymuştur (Khan ve ark., 2009). Araştırmacıların diğer *Lathyrus* türleri ile yaptıkları çalışmalarla kıyaslandığında mevcut MİK değerlerinin daha az etkili olduğu düşünülmüş; çalışmamızda test edilen özütlerin ham özütler olduğu göz önüne alındığında araştırmacıların sonuçları ile uyumlu olduğu düşünülmüştür.

Tablo 5. *L. czeczottianus* özütlerinin hastalık yapan mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etkinliği.

Mikroorganizmalar	Gentamisin MİK değerleri		Okzasilin MİK değerleri	
	Metanol	Su	(µg/ml)	(µg/ml)
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	12.5	12.5	2.44	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	12.5	12.5	9.76	
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923 (MSSA)	12.5	-	2.44	0.25
<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 700603	12.5	-	2.44	
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 43300 (MRSA)	12.5	-	78.12	64
<i>Salmonella enteritidis</i> ATCC 13076	12.5	12.5	4.88	
<i>Sarcina lutea</i> ATCC 9341	12.5	12.5	4.88	
<i>Candida albicans</i> NRRL Y-417	12.5	12.5	312.5	
MRSA suşu 1 (ES 16)	12.5	-	156.25	16
MRSA suşu 2 (ES 25)	12.5	-	312.5	≥128
MRSA suşu 3 (ES 29)	6.25	-	312.5	32
MRSA suşu 4 (ES 67)	12.5	-	156.25	32
MRSA suşu 5 (ES 68)	12.5	-	156.25	≥128
MRSA suşu 6 (ES 69)	12.5	-	312.5	≥128
MRSA suşu 7 (ES 75)	12.5	-	156.25	≥128
MRSA suşu 8 (ES 93)	12.5	-	78.12	≥128
MRSA suşu 9 (ES 100)	12.5	-	78.12	≥128
MRSA suşu 10 (ES 107)	12.5	-	156.25	8
MRSA suşu 11 (ES 110)	12.5	-	156.25	≥128
MRSA suşu 12 (ES 123)	12.5	-	78.12	16
MRSA suşu 13 (ES 124)	12.5	-	78.12	≥128
MRSA suşu 14 (ES 128)	12.5	-	78.12	≥128

4. Sonuç

Bu çalışmada *L. czeczottianus* bitkisinin toprak üstü bölümlerine ait metanol ve su özütleri elde edilmiş ve bu özütler mutajenik, antimutajenik ve antimikrobiyal açıdan değerlendirilmiştir. Sonuçlar özütlerin herhangi mutajenik karaktere sahip olmadığını; özellikle de bilinen mutajenlere karşı TA98 suşunda S9 enzimleri varlığında su özütünün %85, metanol özütünün ise %73 inhibisyon oranı ile güçlü bir antimutajenik etki gösterdiğini ortaya koymuştur. TA100 suşu için ise metabolik aktivasyon enzimleri ilavesi ile metanol özütünün 2-AA'ya karşı %78 inhibisyon oranı ile mücadele ettiği belirlenmiştir. *L. czeczottianus* özütlerinin iyi bilinen mutajenik maddelere karşı kemopreventif ajanların doğal kaynağı olabileceği öne sürülebilir. Antimikrobiyal aktivite sonuçlarına göre metanol özütü her test suşuna zayıf da olsa etki göstermiştir. Yapılan bu çalışma ile *L. czeczottianus* türüne ait mutajenite/antimutajenite ve antimikrobiyal aktiviteler ilk defa ortaya konmuştur ve özgün olma değeri taşımaktadır.

Teşekkür

Bitkinin toplanmasında ve özütlerin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Gökhan Zengin (Selçuk Üniversitesi) ve Dr. Ramazan Ceylan (Sabancı Üniversitesi)'a teşekkürlerimizi sunarız.

Yazar Katkı Beyannamesi

Mustafa Kul: Metodoloji; Proje Yönetimi; Yazma - orijinal taslak; Yazma - gözden geçirme ve düzenleme (% 40).
Ahmet UYSAL: Metodoloji; Finansal destek; Yazma - orijinal taslak; Yazma - gözden geçirme ve düzenleme (% 60).

Kaynaklar

Altundag, E. ve Ozturk, M., (2011), Ethnomedicinal studies on the plant resources of east Anatolia, Turkey, *2nd International Geography Symposium-Mediterranean Environment 2010*, 19, 756-777.

- Birosova, L., Mikulasova, M. ve Vaverkova, S., (2005), Antimutagenic effect of phenolic acids, *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*, 149 (2), 489-491.
- Ceylan, R., Zengin, G., Guler, G. O. ve Aktumsek, A., (2021), Bioactive constituents of and ethyl acetate and water extracts and their biological activities: An endemic plant to Turkey, *South African Journal of Botany*, 143, 306-311.
- Chassagne, F., Samarakoon, T., Porras, G., Lyles, J. T., Dettweiler, M., Marquez, L., Salam, A. M., Shabih, S., Farrokhi, D. R. ve Quave, C. L., (2021), A Systematic Review of Plants With Antibacterial Activities: A Taxonomic and Phylogenetic Perspective, *Frontiers in Pharmacology*, 11.
- Choi, J. S., Park, K. Y., Moon, S. H., Rhee, S. H. ve Young, H. S., (1994), Antimutagenic effect of plant flavonoids in the Salmonella assay system, *Archives of pharmacal research*, 17, 71-75.
- Dean, B., Brooks, T., Hodson-Walker, G. ve Hutson, D., (1985), Genetic toxicology testing of 41 industrial chemicals, *Mutation Research/Reviews in Genetic Toxicology*, 153 (1-2), 57-77.
- Faydaoğlu, E. ve Sürücüoğlu, M. S., (2011), Geçmişten günümüze tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanılması ve ekonomik önemi, *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 11 (1), 52-67.
- Geetha, T., Malhotra, V., Chopra, K. ve Kaur, I. P., (2005), Antimutagenic and antioxidant/prooxidant activity of quercetin, *Indian Journal of Experimental Biology*, 43 (1), 61-67.
- Gulluce, M., Agar, G., Baris, O., Karadayi, M., Orhan, F. ve Sahin, F., (2010), Mutagenic and antimutagenic effects of hexane extract of some Astragalus species grown in the eastern Anatolia region of Turkey, *Phytotherapy Research*, 24 (7), 1014-1018.
- Gulluce, M., Orhan, F., Adiguzel, A., Bal, T., Guvenalp, Z. ve Dermirezer, L. O., (2013), Determination of antimutagenic properties of apigenin-7-O-rutinoside, a flavonoid isolated from *Mentha longifolia* (L.) Huds. ssp. *longifolia* with yeast DEL assay, *Toxicology and Industrial Health*, 29 (6), 534-540.
- Günes, F. ve Meriç, Ç., (2017), Morphological, anatomical and karyological investigations of the Turkish endemic species *Bornm.* (Fabaceae), *Acta Botanica Croatica*, 76 (2), 132-137.

- Heydari, H., Iscan, G. S., Eryilmaz, M., Acikara, O. B., Sarialtin, S. Y., Tekin, M. ve Coban, T., (2019), Antimicrobial and Anti-Inflammatory Activity of Some Lathyrus L. (Fabaceae Species Growing in Turkey), *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*, 16 (2), 240-245.
- Jakabfi-Csepregi, R., Alberti, A., Felegyi-Tóth, C. A., Köszegi, T., Czige, S. ve Papp, N., (2024), A Comprehensive Study on L.: Insights into Phytochemical Composition, Antimicrobial Activity, Antioxidant Capacity, Cytotoxic, and Cell Migration Effects, *Plants-Basel*, 13 (2).
- Kenicer, G., (2005), Legumes of the World. Edited by G. Lewis, B. Schrire, B. MacKinder & M. Lock. Royal Botanic Gardens, Kew. 2005. , *Edinburgh journal of botany*, 62 (3), 195-196.
- Khan, N. A., Quereshi, S., Pandey, A. ve Srivastava, A., (2009), Antibacterial Activity of Seed Extracts of Commercial and Wild Species, *Turkish Journal of Biology*, 33 (2), 165-169.
- Lambein, F., Travella, S., Kuo, Y. H., Van Montagu, M. ve Heijde, M., (2019), Grass pea (Lathyrus sativus L.): orphan crop, nutraceutical or just plain food?, *Planta*, 250 (3), 821-838.
- Llorent-Martínez, E. J., Zengin, G., Córdova, M. L. F. D., Bender, O., Atalay, A., Ceylan, R., Mollica, A., Mocan, A., Uysal, S., Guler, G. O. ve Aktumsek, A., (2017), Traditionally Used Species: Phytochemical Composition, Antioxidant Activity, Enzyme Inhibitory Properties, Cytotoxic Effects, and Studies of *L. czeczottianus* and *L. nissolia*, *Frontiers in Pharmacology*, 8, 1-20.
- Manuja, R., Sachdeva, S., Jain, A. ve Chaudhary, J., (2013), A comprehensive review on biological activities of p-hydroxy benzoic acid and its derivatives, *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 22 (2), 109-115.
- Maron, D. M. ve Ames, B. N., (1983), Revised methods for the Salmonella mutagenicity test, *Mutation Research/Environmental Mutagenesis and Related Subjects*, 113 (3-4), 173-215.
- Mohamed, S. M., (2009), Anthocyanins and fatty acids from the flowers of *L.* and their antimicrobial activity, *Planta Medica*, 75 (9), 1073-1074.
- Mortelmans, K. ve Zeiger, E., (2000), The Ames Salmonella/microsome mutagenicity assay, *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 455 (1), 29-60.
- Nibras Qader Qader, I., Obali, I., Ismet Ucan, H., Uysal, A., Yilmaz Obali, A. ve Kul, M., (2022), Ortho-hydroxy bioactive schiff base compounds: Design, comprehensive characterization, photophysical properties and elucidation of antimicrobial and mutagenic potentials, *Bioorganic Chemistry*, 119, 105507.
- Roleira, F. M. F., Tavares-da-Silva, E. J., Varela, C. L., Costa, S. C., Silva, T., Garrido, J. ve Borges, F., (2015), Plant derived and dietary phenolic antioxidants: Anticancer properties, *Food Chemistry*, 183, 235-258.
- Sharifi-Rad, M., Iriti, M., Sharifi-Rad, M., Gibbons, S. ve Sharifi-Rad, J., (2016), Anti-methicillin-resistant (MRSA) activity of Rubiaceae, Fabaceae and Poaceae plants: A search for new sources of useful alternative antibacterials against MRSA infections, *Cellular and Molecular Biology*, 62 (9), 39-45.
- Spanou, C., Stagos, D., Tousias, L., Angelis, A., Aligiannis, N., Skaltsounis, A. L. ve Kouretas, D., (2007), Assessment of antioxidant activity of extracts from unique Greek varieties of plants using assays, *Anticancer Research*, 27 (5a), 3403-3410.
- Tosun, M., Uysal, A., Kursunlu, A. N. ve Guler, E., (2024), A new family of macrocyclic antibiotics based-on Pillar[5]arene concluding multi quinoline moieties, *Tetrahedron*, 151, 1-6.
- Uysal, A., Gunes, E., Sarikurkcu, C., Celik, H., Durak, Y. ve Uren, M. C., (2016a), New Prospective Materials for Chemoprevention: Three Phlomis, *British Journal of Pharmaceutical Research*, 10(3), 1-13.
- Uysal, A., Zengin, G., Mollica, A., Gunes, E., Locatelli, M., Yilmaz, T. ve Aktumsek, A., (2016b), Chemical and biological insights on *Cotoneaster integerrimus*: A new (-)-epicatechin source for food and medicinal applications, *Phytomedicine*, 23 (10), 979-988.
- Uysal, A., Ozer, O. Y., Zengin, G., Stefanucci, A., Mollica, A., Picot-Allain, C. M. N. ve Mahomoodally, M. F., (2019), Multifunctional approaches to provide potential pharmacophores for the pharmacy shelf: *Heracleum sphondylium* L. subsp. *ternatum* (Velen.) Brummitt, *Computational Biology and Chemistry*, 78, 64-73.
- Veiga, M., Costa, E. M., Silva, S. ve Pintado, M., (2020), Impact of plant extracts upon human health: A review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60 (5), 873-886.
- WHO, (2013), World Health Organization traditional medicine strategy: 2014-2023, World Health Organization, p.
- Yamada, J. ve Tomita, Y., (1996), Antimutagenic activity of caffeic acid and related compounds, *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 60 (2), 328-329.
- Zengin, G., Uysal, A., Gunes, E. ve Aktumsek, A., (2014), Survey of Phytochemical Composition and Biological Effects of Three Extracts from a Wild Plant (*Cotoneaster nummularia* Fisch et Mey.): A Potential Source for Functional Food Ingredients and Drug Formulations, *Plos One*, 9 (11), e113527.

Mevcut sayıya ait içindekiler listesine [DergiPark](#) üzerinden ulaşılabilir

Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi

Dergi web sayfası: dergipark.org.tr/tr/pub/sufefd

Araştırma Makalesi

2-Amino-6-süstitüepiridin Türevleri ile 5-Sülfosalisilik Asitin Zn(II) Komplekslerinin Sentezi ve Karakterizasyonu

Halil İlkimen^{a,1*}, Cengiz Yenikaya^{a,2}, Zeynep Alkan Alkaya^{b,3}^a Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, KÜTAHYA^b Uşak Üniversitesi, Banaz MYO, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, 64500, Banaz, UŞAK

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi

Geliş 18 Mart 2024

Revizyon 7 Mayıs 2024

Kabul 24 Haziran 2024

Anahtar Kelimeler

5-Sülfosalisilik asit

2-Aminopiridin

Zn(II) kompleksi

Oktahedral yapı

ÖZ

Bu çalışmada, dört yeni Zn(II) kompleksleri $\{(HX)_2[Zn(Hssal)_2(H_2O)_2]$, H_3ssal : 5-sülfosalisilik asit, $X = 5$ için 2-amino-6-metilpiridin (1), 6 için 2-amino-3-etil-6-metilpiridin (2) ve 7 için 2-amino-3-nitro-6-metilpiridin (3)) ve $\{[Zn(Hssal)(X)_2(H_2O)_2]$ $\{X = 8$ için 2-amino-3-nitro-6-kloropiridin (4) elde edildi. Zn(II) komplekslerinin yapıları element analizi, AAS, FT-IR, molar iletkenlik ve manyetik duyarlılık analizleri ile karakterize edildi. IR ve iletkenlik analizleri sonucunda 5-7 metal komplekslerinin iyonik olduğu ve 8 metal kompleksinin ise iyonik olmadığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçları AAS ve elementel analiz testleri de desteklemektedir. Manyetik duyarlılık çalışmalarında Zn(II) (d^{10}) metal komplekslerinin beklendiği gibi eşleşmemiş elektron taşımadıkları gözlemlenmiştir. Yapılan spektroskopik analiz sonuçlarında tüm komplekslerin (5-8) oktahedral yapıya sahip oldukları önerilmiştir.

Research Article

Synthesis and Characterization of Zn(II) Complexes of 2-Amino-6-substituepyridine Derivatives and 5-Sulfosalicylic Acid

ARTICLE INFO

Article History

Received 18 March 2024

Revised 7 May 2024

Accepted 24 June 2024

Keywords

5-Sulfosalicylic acid

2-Aminopyridine

Zn(II) complex

Octahedral structure

ABSTRACT

This study, four new Zn(II) complexes $\{(HX)_2[Zn(Hssal)_2(H_2O)_2]$, (H_3ssal : 5-sulfosalicylic acid, $X = 2$ -amino-6-methylpyridine (1) for 5, 2-amino-3-ethyl-6-methylpyridine (2) for 6, 2-amino-3-nitro-6-methylpyridine (3) for 7, and $[Zn(Hssal)(X)_2(H_2O)_2]$, $X = 2$ -amino-3-nitro-6-chloropyridine (4) for 8) were synthesized. The structures of Zn(II) complexes (5-8) were characterized by elemental analysis, AAS, FT-IR, molar conductivity and magnetic susceptibility analyses. The results of IR and conductivity analyses, it was observed that 5-7 metal complexes were ionic, while 8 metal complexes were non-ionic. AAS and elemental analysis tests also support these results. In magnetic susceptibility studies, it was observed that Zn(II) (d^{10}) metal complexes did not carry unpaired electrons as expected. The results of the spectroscopic analysis of complexes 5-8 have an octahedral structure.

* Sorumlu Yazar

E-posta adresleri: halil.ilkimen@dpu.edu.tr (H. İlkimen), cengiz.yenikaya@dpu.edu.tr (C. Yenikaya), zeynep.alkan@usak.edu.tr (Z. Alkan Alkaya)

¹ ORCID: 0000-0003-1747-159X² ORCID: 0000-0002-5867-9146³ ORCID: 0000-0003-0934-4195

Doi: 10.35238/sufefd.1454696

E-ISSN: 2458-9411

Atıf / Cite as

İlkimen, H., Yenikaya, C., Alkan Alkaya, Z., (2024), 2-Amino-6-sübstitüepiridin Türevleri ile 5-Sülfosalisilik Asitin Zn(II) Komplekslerinin Sentezi ve Karakterizasyonu, *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 50 (2), 43-48.

Makale Bilgisi Article Information

Makale Türü Article Type

Araştırma Makalesi Research Article

Geliş Tarihi Date Received

18 Mart 2024 18 March 2024

Revizyon Tarihi Date Revised

7 Mayıs 2024 7 May 2024

Kabul Tarihi Date Accepted

24 Haziran 2024 24 June 2024

Yayın Tarihi Date Published

1 Ekim 2024 1 October 2024

Değerlendirme Review Process

İki Dış Hakem, Çift Taraflı Körlleme Two External Reviewers, Double-Blind Peer Review

Etik Beyan Ethical Statement

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur (H. İlkimen). It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited (H. İlkimen).

İntihal Kontrolü Plagiarism Check

Bu makale, iTenticate yazılımı ile taranmış ve intihal tespit edilmemiştir. This article has been scanned with iTenticate software and no plagiarism detected.

Çıkar Çatışması Conflict of Interest

Yazarlar, bu makalede bildirilen çalışmayı etkiliyor gibi görünebilecek bilinen hiçbir rakip mali çıkarları veya kişisel ilişkileri olmadığını beyan ederler. The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Finansman Funding

Bu çalışma, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon'unca, 2020/24 ve 2023/23 numaralı projelerden alınan maddeler kullanarak hazırlanmıştır. Katkılarından dolayı Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'na teşekkür ederiz. This study was prepared using the materials taken from the projects numbered 2020/24 and 2023/23 of Kütahya Dumlupınar University Scientific Research Projects Commission. We would like to thank Kütahya Dumlupınar University Scientific Research Projects Commission for their contributions.

Telif Hakkı & Lisans Copyright and License

Yazarlar dergide yayınlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır. Authors own the copyright of their work published in the journal and their work is published under the CC BY-NC 4.0 license.

1. Giriş

5-Sülfosalisilik asit (H_3ssa) ve proton vermiş formları anyonlarının oluşturduğu metal komplekslerinin antifungal, antimikrobiyal, antimutagenik, antidiyabetik, antitümör ve antiinflamatuvar aktiviteleri vardır (Heleno ve ark. 2015; Randjelović ve ark. 2015). Bu formlar metal iyonuna bir, iki, üç ve çok dişli ligandlar olarak koordine olabilmektedir (İlkimen ve ark. 2022). 5-Sülfosalisilik asitin geçiş metal kompleksleri ile oluşturduğu bileşikler incelendiğinde en çok Cu(II) metali ile kompleks oluşturduğu gözlenmiştir (İlkimen ve ark. 2022). 5-Sülfosalisilik asitin Zn(II) kompleksleri (Khadikar ve ark. 1984; Rajagopalan ve ark. 1988; Ma ve ark. 2003; Hecht 2004; Duan ve ark. 2006; Lamshoef ve ark. 2011; Banowski ve Kropf 2015a,b; Ivanova ve Spiteller 2017; Song ve ark. 2019) ve 1,4-bis(1H-imidazol-1-il)benzen (Xu ve ark. 2019; 2020), benzohidrazit (Koksharova ve ark. 2023), 1,1'-(1,4-bütandiil)bis(imidazol) (Yang ve ark. 2011), metakrilik asit (Zotkin ve ark. 2013), 4,4'-dipiridil sülfid (Du ve ark. 2009), 2-fenil-1H-1,3,7,8-tetraazasiklopenta[1]fenantren (Han ve ark. 2009), 2,2'-bipiridin (Fan ve ark. 2005), 1,10-fenantrolin (Chen ve ark. 2003; Zhang ve ark. 2009), tris(2-aminoetil)amin (Ma ve ark. 2005) ve nitrilotriasetik asit (Sharma ve Tandon 1970) ile karışık ligandlı kompleksleri sentezlenmiştir.

2-Aminopiridin türevlerinin metal iyonlarına azot atomlarından bir veya iki dişli olarak bağlandığı (Buyukkidan ve ark. 2013; Zordok ve ark. 2017) ve antiinflamatuvar, antiviral, antikonvülsan, antihistaminik, antifungal, antibakteriyel, antiparazitik, kardiyotonik ve analjezik biyolojik aktiviteleri olduğunu gözlenmektedir (Marinescu 2017).

Dört yeni Zn(II) kompleksleri $\{(HX)_2[Zn(Hssa)_2(H_2O)_2]\}$, H_3ssa : 5-sülfosalisilik asit, X = 5 için 2-amino-6-metilpiridin

(1), 6 için 2-amino-3-etil-6-metilpiridin (2) ve 7 için 2-amino-3-nitro-6-metilpiridin (3)} $\{[Zn(Hssa)(X)_2(H_2O)_2]\}$ {X = 2-amino-3-nitro-6-kloropiridin (4)} elde edildi. Zn(II) komplekslerinin yapıları element analizi, AAS, FT-IR, molar iletkenlik ve manyetik duyarlılık analizleri ile karakterize edildi. IR ve iletkenlik analizleri sonucunda 5-7 metal komplekslerinin iyonik olduğu ve 8 metal kompleksinin ise iyonik olmadığı gözlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda komplekslerin hepsinin oktahedral bir yapıya sahip olduğu önerilmiştir.

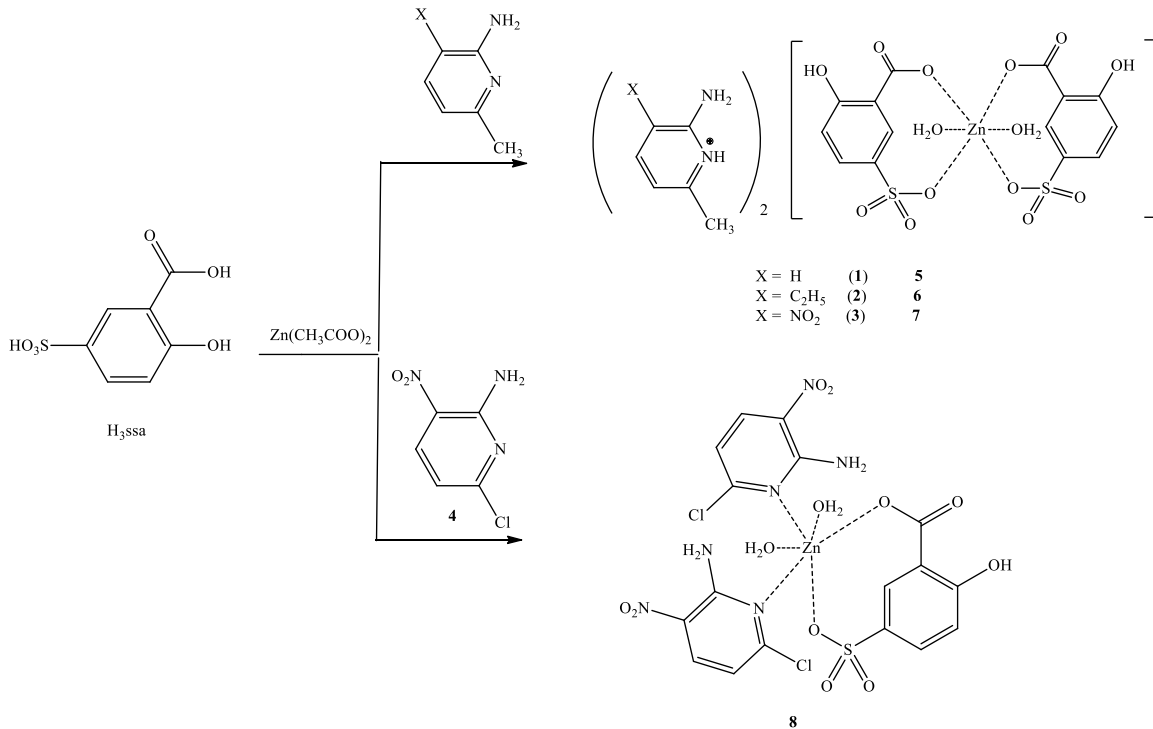
2. Deneysel Çalışma

2.1. Materyal

Kimyasal maddeler Merck firmasından alınmıştır. AAS analizi için Perkin Elmer PinAAcle 900T, Elementel analizi için Elementar Vario III EL, FT-IR analizi için BRUKER OPTICS VERTEX 70, manyetik duyarlılık için Sherwood Scientific Magway MSB MK1 ve molar iletkenlik için WTW Cond 315i/SET cihazları kullanılmıştır.

2.2. Komplekslerinin sentezi

2 mmol (0,4390 g) $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$, 2 mmol (0,508 g) $H_3ssa \cdot 2H_2O$ ve 2 mmol 2-aminopiridin (5 için 0,2162 g 1, 6 için 0,2724 g 2, 7 için 0,3063 g 3 ve 8 için 0,3471 g 4) 100 mL sıcak etanol (%50) içerisinde karıştırıldı. Bir hafta oda koşullarında karıştırıldıktan sonra reaksiyon ortamında çöken beyaz (5 ve 6) ve sarı (7 ve 8) katılar süzülür ve kurutuldu (5 için 0,4512 g, %60 verim, e.n.: $>350^\circ C$, 6 için 0,4031 g, %50 verim, e.n.: $>350^\circ C$, 7 için 0,6300 g, %75 verim, e.n.: $>350^\circ C$ ve 8 için 0,5318 g, %80 verim, e.n.: $>350^\circ C$) (Şekil 1).



Şekil 1. Zn(II) komplekslerinin (5-8) sentezi.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. AAS ve elemental analiz sonuçları

Komplekslerin (5-8) AAS ve elemental analiz sonuçları %deneysel(teorik); 5 için ($C_{26}H_{30}N_4O_{14}S_2Zn$) C, 41,60(41,52); H, 4,00(4,02); N, 7,50(7,45); S, 8,60(8,53); Zn, 8,70(8,69); 6 için ($C_{30}H_{38}N_4O_{14}S_2Zn$) C, 44,60(44,59); H, 4,70(4,74); N, 7,00(6,93); S, 7,90(7,94); Zn, 8,10(8,09); 7 için ($C_{26}H_{28}N_6O_{18}S_2Zn$) C, 37,10(37,09); H, 3,20(3,35); N, 10,10(9,98); S, 7,65(7,62); Zn, 7,80(7,76) ve 8 için ($C_{17}H_{16}Cl_2N_6O_{12}S_2Zn$) C, 30,80(30,72); H, 2,40(2,43); N, 12,70(12,64); S, 4,85(4,82); Zn, 9,90(9,84) olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre komplekslerdeki Zn:H₃ssal:aminopiridin oranı 5-7 için 1:2:2 ve 8 için 1:1:2 şeklinde bulunmuştur.

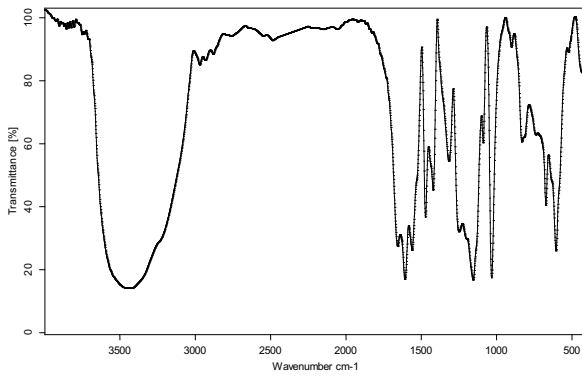
3.2. IR sonuçları

Bileşiklerin (5-8) IR spektrumları Şekil 2-5'te ve IR bant değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Spektrumlarda Şekil 1'de önerilen yapıları destekleyen bantlar mevcuttur. Başlangıç

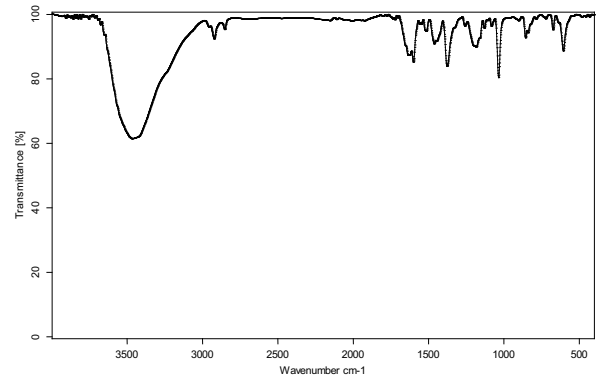
maddelerinde 3175-3443 cm^{-1} aralığında gelen $\nu(N-H)$ gerilmeleri (Tunca ve ark. 2020) komplekslerde 5 kompleksinde 3423 ve 3245 cm^{-1} , 6 kompleksinde 3425 ve 3239 cm^{-1} ve 7 kompleksinde 3424 ve 3286 cm^{-1} gözlenmiştir. 8 Kompleksinde ise yayvan OH piklerinin altında kaldığı için gözlenememiştir. Komplekslerdeki karboksilat asimetrik ve simetrik $\nu(C=O)$ gerilmeleri 5 kompleksinde 1649 ve 1463 cm^{-1} , 6 kompleksinde 1657 ve 1472 cm^{-1} , 7 kompleksinde 1642 ve 1427 cm^{-1} ve 8 kompleksinde 1672 ve 1472 cm^{-1} 'de gözlenmiştir. Bu değerler arasındaki farklar sırasıyla 186, 185, 220 ve 200 asit ligandlarının karboksilat grupları metal atomlarına tek dişli olarak bağlandığını göstermektedir (Nakamoto 1997). 5-8 Komplekslerinde 445-450 cm^{-1} $\nu(M-N)$ (5 ve 6 için), 537-606 cm^{-1} $\nu(M-O)$, 745-810 cm^{-1} piridin halkası, 1130-1326 cm^{-1} $\nu(S=O)$ gerilmeleri, 1073-1380 cm^{-1} $\nu(C-O)$, 1420-1634 cm^{-1} $\nu(C=N)$ ve $\nu(C=C)$ gerilmeleri, 1547-1579 cm^{-1} $\nu(C-O)_{fenol}$, 2473-2763 cm^{-1} $\nu(N^+-H)$ gerilmeleri (7 ve 8 için) (Cook 1961), 2746-2970 cm^{-1} alifatik $\nu(C-H)$ gerilmeleri, 3084-3100 cm^{-1} aromatik $\nu(C-H)$ gerilmeleri ve 3466-3563 cm^{-1} $\nu(O-H)$ gerilmeleri aralıklarında gözlenmiştir.

Tablo 1. Komplekslerin (5-8) IR bantları (cm^{-1}).

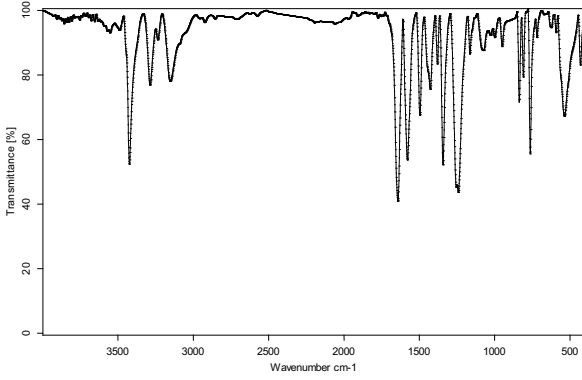
	5	6	7	8
$\nu(O-H)$	3466(y)	3563(y) 3489(y)	3553(y) 3490(y)	3486(y)
$\nu(N-H)$	3423(oş) 3245(oş)	3425(oş) 3239(oş)	3424(oş) 3286(oş)	-
$\nu(C-H)_{Ar}$	3100(z)	3100(z)	3153(z)	3084(z)
$\nu(C-H)_{Alf.}$	2953(z) 2922(z) 2853(z)	2970(z) 2934(z) 2881(z)	2924(z) 2856(z) 2787(z)	2924(z) 2854(z) 2746(z)
$\nu(N^+-H)$	2676(z) 2473(z)	2763(z) 2486(z)	2716(z) 2577(z)	-
$\nu(C=O)$	1649(ş) 1463(ş)	1657(ş) 1472(ş)	1642(ş) 1427(ş)	1672(ş) 1472(ş)
$\nu(C=C)_{fen.}$	1547(ş)	1561(ş)	1579(ş)	1559(ş)
$\nu(C=N)$	1634(ş)	1608(ş)	1496(ş)	1608(ş)
$\nu(C=C)$	1601(ş) 1516(ş)	1421(ş)	1445(ş)	1527(ş) 1420(ş)
$\nu(C-O)$	1378(ş) 1259(ş) 1083(ş)	1317(ş) 1208(ş) 1089(ş)	1380(ş) 1241(ş) 1073(ş)	1380(ş) 1256(ş) 1088(ş)
$\nu(S=O)$	1326(ş) 1184(ş) 1130(ş)	1250(ş) 1156(ş)	1255(ş) 1163(ş)	1316(ş) 1205(ş) 1155(ş)
$\nu(py)$	787(ş)	810(ş)	764(ş)	745(ş)
$\nu(M-O)$	606(z)	606(z)	537(z)	606(z)
$\nu(M-N)$	445(z)	450(z)	-	-



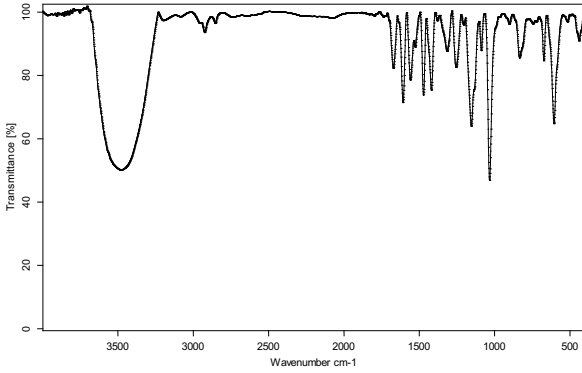
Şekil 2. Kompleks 5'in IR spektrumu.



Şekil 3. Kompleks 6'nın IR spektrumu



Şekil 4. Kompleks 7'nin IR spektrumu



Şekil 5. Kompleks 8'in IR spektrumu

3.3. Manyetik duyarlılık sonuçları

Komplekslerin manyetik duyarlılık sonuçları 0 BM bulunmuştur. Bu sonuçlar metal iyonun eşleşmemiş elektron içermediğini (Zn^{2+} , $3d^{10}$) göstermektedir.

3.4. Molar iletkenlik sonuçları

DMSO çözeltisinde (10^{-3} M) alınan iletkenlik ölçümleri 5 kompleksi için $60,50 \mu S/cm$, 6 kompleksi için $64,30 \mu S/cm$, 7 kompleksi için $65,00 \mu S/cm$ ve 8 kompleksi için $5,2 \mu S/cm$ olarak gözlenmiş ve bu sonuçlar 5-7 komplekslerinin 2:1 iyonik olduğunu ve 8 kompleksinin ise iyonik olmadığını göstermektedir (Geary 1971).

4. Sonuçlar

Bu çalışmada 5-sülfosalisilik asit (H_3ssal) ile 2-amino-6-metilpiridin (1), 2-amino-3-etil-6-metilpiridin (2), 2-amino-3-nitro-6-metilpiridin (3) ve 2-amino-3-nitro-6-kloropiridin'in (4) $Zn(II)$ kompleksleri (5-8) sentezlenmiştir. Bileşiklerin yapıları, elementel analiz, AAS, IR, manyetik duyarlılık ve molar iletkenlik metotları ile önerilmiştir. Sentezlenen tüm maddeler DMSO, DMF, su/etanol (1:1), su/metanol (1:1) gibi polar çözücülerde çözünmektedir. Deneysel olarak elde edilen AAS sonuçları spektroskopik çalışmalar sonucunda önerilen yapılardan hesaplanan element miktarları ile uyum içerisindedir. Bileşiklerin IR spektrumu incelendiğinde 5-7 komplekslerinde NH_2 'den kaynaklanan pikleri gözlenmiştir. 5-7 komplekslerinde piridin azot atomunun protonlanması ile $\nu(N^+-H)$ pikleri gözlenirken 8 kompleksinde bu pikler gözlenmemiştir. Bu durumda 2-aminopiridin türevlerinin 5-7 komplekslerinde tamamlayıcı iyon şeklinde bulunduğu, 8 kompleksinde ise metal iyonuna bağlandığını göstermektedir. Bu sonuçları molar iletkenlik testleri de desteklemektedir. İletkenlik testleri sonucunda 5-7 kompleksleri iyonik olup 8 kompleksi

ise iyonik olmayandır. Metal komplekslerinin manyetik duyarlılık çalışmaları sonucunda $Zn(II)$ (d^{10}) metal komplekslerinin beklendiği gibi eşleşmemiş elektron taşımadıkları gözlenmiştir. Spektroskopik analiz sonucunda komplekslerin oktahedral yapıya sahip oldukları önerilmiştir.

Yazar Katkı Beyannamesi

Halil İlkimen: Kavramsallaştırma, Metodoloji, Yazılım, Veri iyileştirme, Yazma-Özgün taslak hazırlama. Cengiz Yenikaya: Yazma-Özgün taslak hazırlama, Görselleştirme, Denetleme, Kaynaklar, Yazma-İnceleme, Düzenleme. Zeynep Alkan Alkaya: Yazma-Özgün taslak hazırlama, Görselleştirme, Denetleme, Kaynaklar, Yazma-İnceleme, Düzenleme.

Kaynaklar

- Banowski, B., Kropf, C., (2015), Cosmetic antiperspirants with aromatic sulphonic acids, Germany, DE102013220789 A1 2015-04-16a.
- Banowski, B., Kropf, C., (2015), Cosmetic antiperspirants with aromatic sulphonic acids. World Intellectual Property Organization, WO2015055198 A1 2015-04-23b.
- Buyukkidan, N., Yenikaya, C., İlkimen, H., Karahan, C., Darcan, C., Şahin, E., (2013), Synthesis, characterization and antimicrobial activity of a novel proton salt and its $Cu(II)$ complex. *Russian Journal of Coordination Chemistry*, 39(1), 96-103.
- Chen, Z. F., Shi, S. M., Hu, R. X., Zhang, M., Liang, H., Zhou, Z. Y., (2003), Synthesis, crystal structure, fluorescence property and antibacterial activity of two unprecedented one-dimensional chain metalorganic coordination polymers: $Zn(H-SSA)(Phen)(H_2O)_2$ and $Cu(H-SSA)(Phen)(H_2O)_2$. *Chinese Journal of Chemistry*, 21(8), 1059-1065.
- Cook, D., (1961), Vibrational spectra of pyridinium salts. *Canadian Journal of Chemistry*, 39(10), 2009-2024.
- Du, Z. X., Li, J. X., Wang, L. Y., (2009), Syntheses, crystal structures and fluorescent properties of two 4,4'-dipyridylsulfide based zinc(II) and cadmium(II) helical complexes. *Journal of Coordination Chemistry*, 62(15), 2411-2420.
- Duan, X., Li, D., Lin, Y., Zhang, L., Tuo, Z., (2006), Method for preparing layered double hydroxides-sulfosalicylic acid having supramol Inter calating structure and its application. China, CN1861702 A 2006-11-15.
- Fan, S. R., Zhu, L. G., Xiao, H. P., (2005), catena-Poly[[cis-diaqua(2,2'-bipyridine)zinc(II)]- μ -5-sulfonatosalicylate]. *Acta Crystallographica*, E61(5), m804-m806.
- Geary, W. J., (1971), The use of conductivity measurements in organic solvents for the characterisation of coordination compounds. *Coordination Chemistry Reviews*, 7, 81-122.
- Han, Q., Wang, X. C., Li, X. Y., Yao, G. X., Yan, Y. S., (2009), Aqua(2-hydroxy-5-sulfonatobenzoato- κO^1)bis(2-phenyl-1H-1,3,7,8-tetraazacyclopenta[1]phenanthrene- $\kappa^2 N^7, N^8$)zinc(II). *Acta Crystallographica*, E65(11), m1282-m1283.
- Hecht, E., (2004), catena-Poly[[tetraaquazinc(II)]- μ -5-sulfosalicylate- $\kappa^2 O:O'$] *Acta Crystallographica*, E60(9), m1286-m1288.
- Heleno, S. A., Martins, A., Queiroz, M. J. R. P., Ferreira, I. C. F. R., (2015), Bioactivity of phenolic acids: metabolites versus

- parent compounds: a review. *Food Chemistry*, 173, 501-513.
- Ilkimen, H., İlkimen, B., Yenikaya, C., (2022), Metal complexes of 5-sulfosalicylic acid. New developments in science and mathematics, Bölüm 2.3, ss 221-234, Hiperyayın Evi.
- Ivanova, B., Spitteller, M., (2017), On the nature of the coordination bonding of metal-organics for ions with the d^{10} electronic configuration - Experimental and theoretical analyses. *Polyhedron*, 137, 256-264.
- Khadikar, P. V., Joshi, S., Kashkhedikar, S. G., Heda, B. D., (1984), Metal-complexes of 5-sulfosalicylic acid and their antimicrobial activity. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 46(6), 209-211.
- Koksharova, T., Slyvka, Y., Savchenko, O., Mandzii, T., Smola, S., (2023), 5-Sulfosalicylato Cu(II), Zn(II) and Ni(II) coordination compounds with benzohydrazide: Synthesis, structure and luminescent properties. *Journal of Molecular Structure*, 1271, 133980.
- Lamshoef, M., Storp, J., Ivanova, B., Spitteller, M., (2011), Gas-phase CT-stabilized Ag(I) and Zn(II) metal-organic complexes - Experimental versus theoretical study. *Polyhedron*, 30(15), 2564-2573.
- Ma, J. F., Yang, J., Liu, J. F., (2003), Hexaaquazinc(II) 3-carboxy-4-hydroxybenzenesulfonate tetrahydrate. *Acta Crystallographica*, E59(7), m487-m488.
- Ma, W. X., Qian, B. H., Gao, J., Xu, X. Y., Lu, L. D., Yang, X. J., Wang, X., Song, H. B., (2005), Synthesis, crystal structure and spectral characterization of the complex $[Zn(tren)(SSA)]$. *Wuji Huaxue Xuebao*, 21(4), 612-616.
- Marinescu, M., (2017), 2-Aminopyridine - a classic and trendy pharmacophore. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 8(2), 338-335.
- Nakamoto, K., Infrared and raman spectra of inorganic and coordination compounds, 5th ed Wiley-Interscience, New York, 1997.
- Rajagopalan, K. V., Kalyanaraman, R., Sundaresan, M., (1988), Thermal decompositions of sulfosalicylates of magnesium(II), calcium(II) and zinc(II). *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 34(1), 329-334.
- Randjelović, P., Veljković, S., Stojiljković, N., Sokolović, D., Ilić, I., Laketić, D., Randjelović, D., Randjelović, N., (2015), The beneficial biological properties of salicylic acid. *Acta Facultatis Medicae Naissensis*, 32, 259-265.
- Sharma, G., Tandon, J. P., (1970), Potentiometric studies on stepwise mixed ligand complex formation copper(II), nickel(II), or zinc(II)-nitrilotriacetic acid-hydroxy acid. *Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry*, 32(4), 1273-1278.
- Song, J. H., Kim, D. W., Kang, D. W., Lee, W. R., Hong, C.S., (2019), Humidity-triggered single-crystal-to-single-crystal structural transformations in a Zn(II) coordination polymer displaying unusual activation energy change in proton conductivity. *Chemical Communications*, 55(65), 9713-9716.
- Tunca, E., Bülbül, M., İlkimen, H., Canlıdınç, R.S., Yenikaya, C., (2020), Investigation of the effects of the proton transfer salts of 2-aminopyridine derivatives with 5-sulfosalicylic acid and their Cu(II) complexes on cancer-related carbonic anhydrases: CA IX and CA XII. *Chemical Papers*, 74, 2365-2374.
- Xu, T. Y., Wang, H., Li, J. M., Zhao, Y. L., Han, Y. H., Wang, X. L., He, K. H., Wang, A. R., Shi, Z. F., (2019), A water-stable luminescent Zn(II) coordination polymer based on 5-sulfosalicylic acid and 1,4-bis(1Himidazol-1-yl)benzene for highly sensitive and selective sensing of Fe ion. *Inorganica Chimica Acta*, 493, 72-80.
- Xu, T. Y., Nie, H. J., Li, J. M., Shi, Z. F., (2020), Highly selective sensing of Fe^{3+}/Hg^{2+} and proton conduction using two fluorescent Zn(II) coordination polymers. *Dalton Transactions*, 49(32), 11129-11141.
- Yang, Y., Du, P., Ma, J. F., Kan, W. Q., Liu, B., Yang, J., (2011), Series of metal-organic frameworks based on different salicylic derivatives and 1,1'-(1,4-butanediyl)bis(imidazole) ligand: syntheses, structures, and luminescent properties. *Crystal Growth Design*, 11(12), 5540-5553.
- Zhang, K. L., Yang, B., Ng, S. W., (2009), Diaquabis(1,10-phenanthroline- κ^2N,N')zinc(II) 2-hydroxy-5-sulfonatobenzoate tetrahydrate. *Acta Crystallographica*, E65(2), m239-m240.
- Zordok, W. A., Sadeek, S. A., El-Faragy, A. F., (2017), Synthesis, characterization, DFT modeling and biological studies of new Co(II), Ni(II) and Cu(II) 4,6-bis(4-chlorophenyl)-2-amino-1,2-dihydropyridine-3-carbonitrile complexes. *Journal of the Iranian Chemical Society*, 14(12), 2529-2547.
- Zotkin, I. I., Kuznetsova, N. V., Kabanova, L., (2013), Zinc or copper(2+) salts used as biocides in polymer materials. Russian Federation, RU2497857 C1 2013-11-10.

Mevcut sayıya ait içindekiler listesine [DergiPark](#) üzerinden ulaşılabilir

Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi

Dergi web sayfası: dergipark.org.tr/tr/pub/sufefd

Research Article

The Synthesis of Melamine Cored Schiff Bases and Investigation of Heteronuclear Metal Complexes

Ziya Erdem Koç^{a,1*}^a Department of Chemistry, Faculty of Science, Selçuk University, 42130 Turkey

ARTICLE INFO

Article History

Received 17 July 2024

Revised 31 July 2024

Accepted 2 August 2024

Keywords

s-Triazine

Heteronuclear complexes

Schiff base

Melamine

Salophen

ABSTRACT

In this study, 2,4,6-triamino-s-triazine (melamine) is the starting material. The condensation reaction of melamine and 4-hydroxybenzaldehyde resulted in the formation of the monopodal Schiff base. An oxygen-bridged monopodal complex of [(Fe(III)Salophen)Cl] ligand complex with monopodal Schiff base ligand was then obtained. Tripodal Schiff base ligand was obtained by condensing 2-hydroxybenzaldehyde with a monopodal complex and this ligand in some transition metal complexes were synthesized. As a result, the ligand and complexes of this ligand were isolated, as well as elemental analyses, FT-IR, ¹H-NMR, TGA and magnetic susceptibility measurements of the obtained compounds were taken to elucidate their structures.

Araştırma Makalesi

Melamin Merkezli Schiff Bazlarının Sentezi ve Heteronükleer Metal Komplekslerinin İncelenmesi

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi

Geliş 17 Temmuz 2024

Revizyon 31 Temmuz 2024

Kabul 2 Ağustos 2024

Anahtar Kelimeler

s-Triazin

Heteronükleer kompleksler

Schiff baz

Melamin

Salophen

ÖZ

Bu çalışmada başlangıç materyali olarak 2,4,6-triamino-s-triazin (melamin) kullanıldı. Melamin ve 4-hidroksibenzenaldehitin kondenzasyon reaksiyonu monopodal Schiff bazının oluşmasıyla sonuçlandı. Daha sonra monopodal Schiff bazı ligandı ile [(Fe(III)Salophen)Cl] ligand kompleksi bir oksijen köprülü monopodal kompleks elde edildi. Monopodal kompleks ile 2-hidroksibenzenaldehitin kondenzasyonu ile tripodal Schiff baz ligandı elde edilerek bu ligandın bazı geçiş metal kompleksleri sentezlendi. Sonuç olarak, ligandı ve bu ligandın kompleksleri izole edildi, ayrıca elde edilen bileşiklerin elementel analizleri, FT-IR, ¹H-NMR, TGA ve manyetik süsebtibilite ölçümleri alınarak yapıları aydınlatıldı.

* Sorumlu Yazar

E-posta adresleri: zerdemkoc@gmail.com (Z.E. Koç)¹ ORCID: 0000-0002-5875-9779Doi: [10.35238/sufefd.1516985](https://doi.org/10.35238/sufefd.1516985)

E-ISSN: 2458-9411

Atıf / Cite as

Koç, Z. E., (2024), The Synthesis of Melamine Cored Schiff Bases and Investigation of Heteronuclear Metal Complexes, *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 50 (2), 49-54.

Makale Bilgisi Article Information

Makale Türü Article Type

Araştırma Makalesi Research Article

Geliş Tarihi Date Received

17 Temmuz 2024 17 July 2024

Revizyon Tarihi Date Revised

31 Temmuz 2024 31 July 2024

Kabul Tarihi Date Accepted

2 Ağustos 2024 2 August 2024

Yayın Tarihi Date Published

1 Ekim 2024 1 October 2024

Değerlendirme Review Process

İki Dış Hakem, Çift Taraflı Körleme Two External Reviewers, Double-Blind Peer Review

Etik Beyan Ethical Statement

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur (Z.E. Koç). It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited (Z.E. Koç).

İntihal Kontrolü Plagiarism Check

Bu makale, iTenticate yazılımı ile taranmış ve intihal tespit edilmemiştir. This article has been scanned with iTenticate software and no plagiarism detected.

Çıkar Çatışması Conflict of Interest

Yazar, bu makalede bildirilen çalışmayı etkiliyor gibi görünebilecek bilinen hiçbir rakip mali çıkarları veya kişisel ilişkileri olmadığını beyan eder. The author declares that he has no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Finansman Funding

Bu çalışmayı (BAP) 14201003 numaralı proje ile destekleyen Selçuk Üniversitesi'ne teşekkür ederiz. Thanks to Selçuk University for supporting this study through a grant: (BAP) 14201003.

Telif Hakkı & Lisans Copyright and License

Yazarlar dergide yayınlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır. Authors own the copyright of their work published in the journal and their work is published under the CC BY-NC 4.0 license.

1. Introduction

Melamine is an organic compound that functions as a base and comprises three cyanamide molecules. (Hazra et al., 2014). Melamine, with its 1,3,5-triazine structure, is a significant industrial substance widely utilized as a flame retardant in polymer engineering and as a fertilizer in agriculture. It is also employed in the manufacturing of plastic materials (Horacek and Pieh, 2000). Thermosetting plastic (Panyakapo and Panyakapo, 2008), Formica (Fodey et al., 2011), laminate flooring and dry erase boards (Uysal and Koç, 2010). In addition, melamine foams, polymers derived from melamine, serve as effective insulation and soundproofing materials. They are also used in the production of polymeric cleaning products like Magic Eraser. (Wang and Zhang, 2004; Uysal, 2013; Uysal and Koç, 2016). Heterocyclic compounds are increasing in use in polymer, coordination chemistry, environmental, biochemistry, dyestuff and pharmaceutical (Wimmer et al., 1992; Uysal et al., 2012). Furthermore, s-triazine Schiff base compounds are used in medicine, especially as molecular magnetic materials, and such heterocyclic compounds are used as active ingredients of antitumor and anticancer drugs (Koc and Uysal, 2016; Arslaner et al., 2017; Ozer et al., 2023).

s-Triazine compounds have gained importance in environmental chemistry, metal-organic lattice structures and gas storage (Yu et al., 2008). 2,4,6-Triamino-s-triazine was used as the core s-triazine group in the synthesis of Schiff base ligands (Uysal and Koc, 2016). Since melamine has symmetrical three-way amine groups, Schiff base-containing 2,4,6-triamino-s-triazine ligands were obtained by condensation reaction with different aldehyde groups (Koc and Uysal, 2016). Multipodal melamine-cored ligands heteronuclear complexes were obtained by coordinating the melamine with the salophen ligand complexes with a single oxygen (Celikbilek and Koc, 2014). s-Triazine [(Fe(III)/Salophen)] and transition metal complexes were obtained by these complexes with aldehydes (Karipcin and Karatas, 2001; Uysal, 2013).

2. Experimental

2.1. Materials

Elemental analyses were performed using a Leco, CHNS-932 model analyzer. ^1H NMR spectra were recorded by the Varian, 400 M spectrometer. FT-IR spectra were recorded using a Perkin-Elmer Spectrum 100 with Universal ATR Polarization Accessory. Magnetic susceptibilities of the metal samples were measured at 296 K using a Sherwood Scientific MX Gouy magnetic susceptibility apparatus with $\text{Hg}[\text{Co}(\text{SCN})_4]$ as a calibration by the constant magnetic field.

2.2. 4-((4,6-diamino-1,3,5-triazine-2-imino) methyl) phenol [MHBA]

Synthesis of [MHBA] was synthesized according to the cited literature (N. Yildirim, 2023), (Figure 1).

2.3. Synthesis of salophen ligand and complexes

Synthesis of salophen ligands and salophen complexes were synthesized according to the cited literature. (Kopel et al., 1998; Gembicky et al., 2000), (Figure 2).

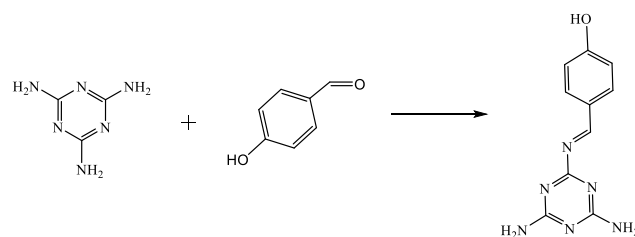


Figure 1. Monopodal Schiff base ligand [MHBA].

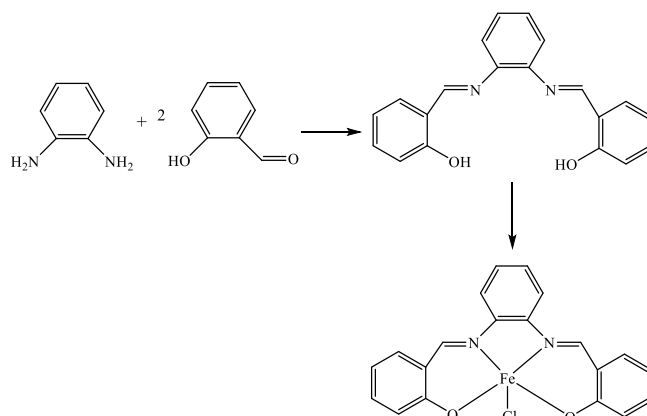


Figure 2. Salophen ligand and [Fe(salophen)Cl] complex.

2.4. Synthesis of 4-((4,6-diamino-1,3,5-triazine-2-imino)methyl)phenol [MHBAFe(III)(salophen)] complex

Synthesis of [MHBAFe(III)(salophen)] was synthesized according to the cited literature (N. Yildirim, 2023), (Figure 3).

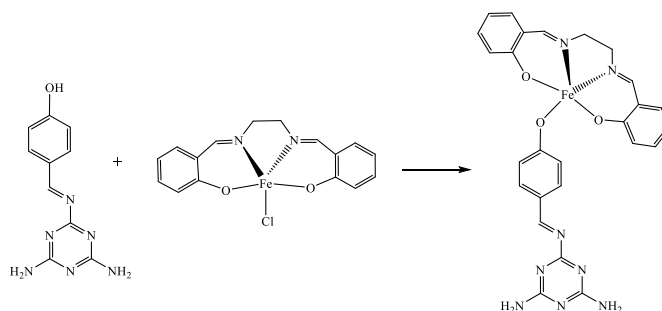


Figure 3. Monopodal Schiff base ligand [MHBAFe(III)(salophen)] complex.

2.5. Synthesis of 2,2'-(6-(((4-hydroxybenzylidene)amino)-1,3,5-triazine-2,4 diyl) bis (azanylylidene)) bis (methanylylidene)diphenol [SALMHBAFe(III)(salophen)]

[MHBAFe(III)(salophen)] (1 mmol, 0.57 g,) was dissolved in 30 mL of methanol and stirred under reflux for one hour. 2-Hydroxybenzaldehyde (2 mmol, 0.25 mL) 20 mL methanol was added to the resulting mixture. The mixture was reflux for 4 h and 5 drops of acetic acid catalyst was added. It was mixed for a while until the powder formed and a color change was observed. The precipitate was filtered. [SALMHBAFe(III)(salophen)]: FT-IR (cm^{-1}) 3340, 3123 (OH), 1653, 1631 (C=N), 1547 (C=N_{triazine}), (Figure 4).

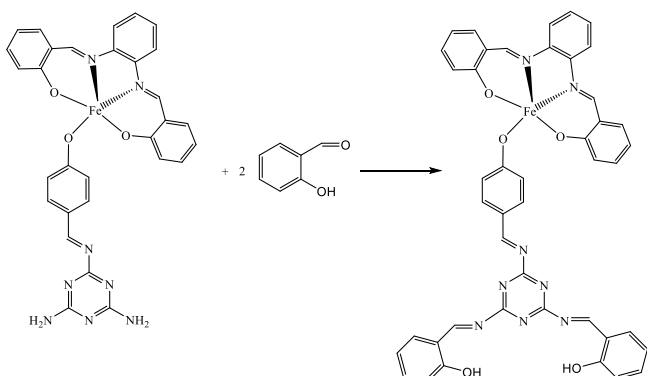


Figure 4. Tripodal Schiff base ligand [SALMHBAFe(III)(salophen)] complex.

2.6. Synthesis of 2,2'-(6-(((4-hydroxybenzylidene)amino)-1,3,5-triazine-2,4-diyl) bis (azanylylidene)) bis (methanylylidene)) diphenol [MSALMHBAFe(III)(salophen)] heteronuclear complexes (M=Co(II), Ni(II), Cu(II))

Suspension of [MSALMHBAFe(III)(salophen)] heteronuclear complexes (1 mmol 0.85 g.) in 20 mL of ethanol was prepared in a 100 mL flask on 1 mmol ($\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (0.25 g.), $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (0.20 g.), $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (0.25 g.)) were added in 20 mL ethanol. Boiled under a back cooler for 3 h. at around 80 °C. The solvent was evaporated by half and allowed to cool (under room conditions). Then, half of the water was added, left for a day, filtered in a vacuum, washed with water and dried in an oven at 105 °C. [Co(II)SALMHBAFe(III)(salophen)]: FT-IR (cm^{-1}) 1676,1624, (C=N), 1535 (C=N_{triazine}). [Ni(II)SALMHBAFe(III)(salophen)]: FT-IR (cm^{-1}) 1675,1629 (C=N), 1534 (C=N_{triazine}). [Cu(II)SALMHBAFe(III)(salophen)]: FT-IR (cm^{-1}) 1683, 1624 (C=N), 1539 (C=N_{triazine}), (Figure 5).

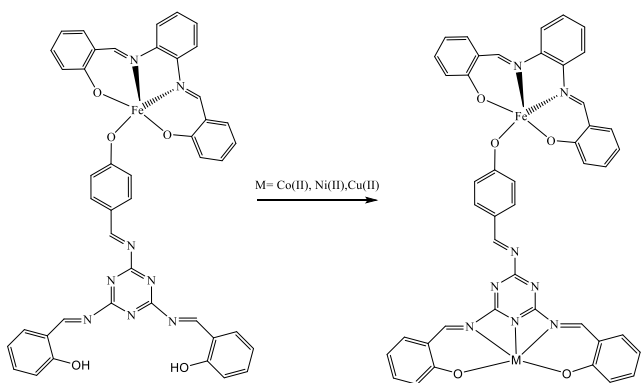


Figure 5. Tripodal Schiff base ligand [MSALMHBAFe(III)(salophen)] heteronuclear complex.

3. Results and Discussion

In this study, Melamine and 2-hydroxybenzaldehyde were used as starting material and s-triazine Schiff base monomer [MHBA] was synthesized. Single oxygen coordinated bridged monomer complex structures obtained [MHBAFe(III)(salophen)] with synthesized [MHBA] and [Fe(III)(salophen)Cl] complexes are 2-hydroxybenzaldehyde (Salicylaldehyde) Schiff base complexes [SALMHBAFe(III)(salophen)] were obtained. Two oxygen and tri nitrogen coordinated bridged complex structures obtained [MSALMHBAFe(III)(salophen)] with [Fe(III)salophenMHBASAL] and ($\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) heteronuclear complexes were obtained.

When OH protons were examined in the ^1H NMR spectrum of the [MHBA] ligand, a singlet chemical shift corresponding to OH protons occurred at 9.76 ppm. In addition, two doublet chemical shift values of the aromatic ring were observed at 7.74-7.72 ppm, 6.89-6.91 ppm and CH=N singlet chemical shift values at 8.39 ppm. (Figure 6) (Tahmassebi and Sasaki, 1998).

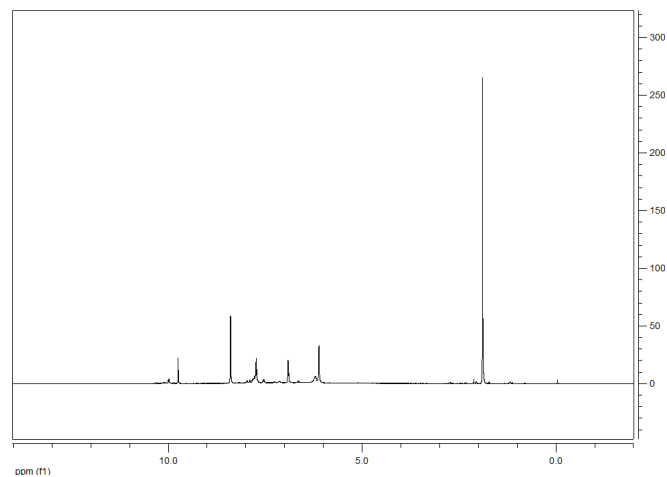


Figure 6. ^1H NMR Spectrum of [MHBA].

The OH peaks of the [MHBA] ligand were observed as 3324 cm^{-1} and the CH=N Schiff base group was observed as a stretching vibration of 1649 cm^{-1} . In addition, it has been observed that OH peaks disappear in the monopodal complex of the [MHBA] ligand as a result of coordination with the [Fe(III)(salophen)Cl] synthesized from the literature with a single oxygen (Figure 7-8). (Figure 9-10) (Koc and Ucan, 2007; N. Yıldırım, 2023).

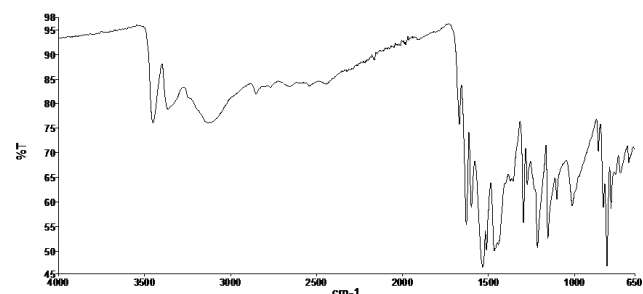


Figure 7. FT-IR spectrum of [MHBA].

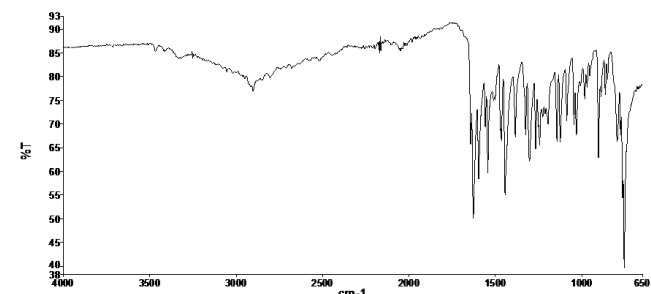


Figure 8. FT-IR spectrum of [MHBAFe(III)(salophen)].

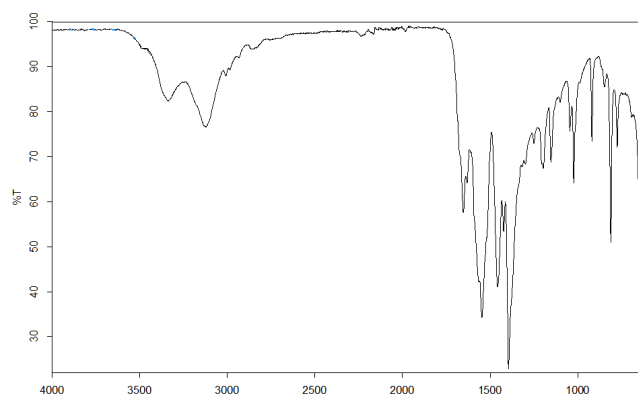


Figure 9. FT-IR spectrum of [SALMHBAFe(III)(salophen)].

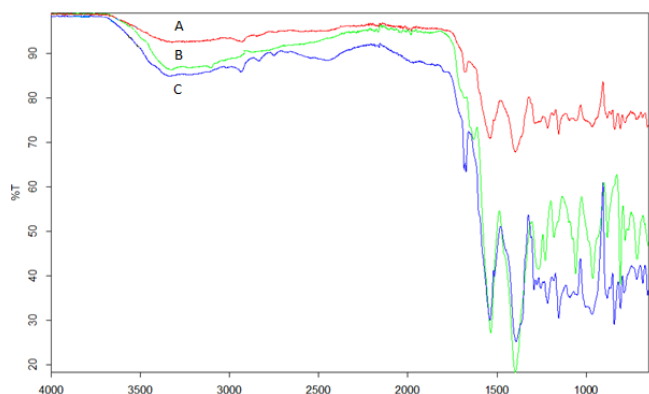


Figure 10. FT-IR spectrum of [MSALMHBAFe(III)(salophen)] (A: Co(II), B: Ni(II), C: Cu(II)).

Synthesized [MHBA] and [(Fe(III)salophen)Cl], complexes [MHBAFe(III)(salophen)] were obtained with weak field effect for the BM values of 5.27, and $t_{2g}^3e_g^2$ were observed, respectively. As a result, it was estimated to have a triangular pyramidal (dsp^3) geometric structure, since it showed a weak field complex feature. As a result, since the complex structures have the d^5 electron configurations calculated theoretically, (Table 1) (Koc and Ucan, 2008; N.

Yıldırım, 2023). Then, heteronuclear complex structures were obtained with the ligand complex [Co(II)/Ni(II)/Cu(II)] of the ligand [MSALMHBAFe(III)(salophen)]. The theoretical BM values expected in heteronuclear structures of the [MHBAFe(III)(salophen)] ligand complex yield lower BM values than expected values with Co(II) d^7 ($t_{2g}^5e_g^2$), Ni(II) d^8 ($t_{2g}^6e_g^2$), Cu(II) d^9 ($t_{2g}^6e_g^3$), metal ion arrangement of 1.73 BM corresponding to a single electron and Co(II) 1.65, Cu(II) 1.67 and Ni(II) diamagnetic BM values, respectively. It has been associated with antiferromagnetic action. Looking at these structures, we think that geometry is a square pyramid and hybridization is dsp^3 .

TGA measurement of [MHBAFe(III)(salophen)] was made. According to the TGA diagram of gaseous H_2O , CO_2 , C_6H_6 , N_2 and H_2 are first removed from the environment and at 155, 325 and 455 °C 64.32% (Theoretical: 65.46%) three-step. It is observed that the decomposition reaction that takes place is a total mass loss. However, at 800-880 °C, the mass loss of matter continues. It is estimated that this is due to the presence of the triazine ring and metal oxides in the environment (Figure 11) (Karipcin and Karatas, 2001).

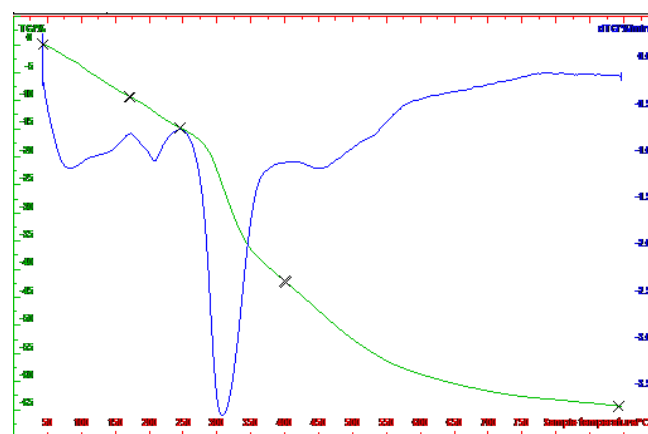


Figure 11. TGA spectrum of [MHBAFe(III)(salophen)]

Table 1. Physical properties of ligands and complexes.

Compounds	Color	Yield (%)	M.P. (°C)	μ_{eff}	Found (Calculated) (%)		
					C	H	N
$C_{10}H_{10}N_6O$ [MHBA]	White	80	183	-	53.17 (52.17)	4.75 (4.38)	36.48 (36.50)
$C_{27}H_{26}FeN_8O_3$ [MHBAFe(III)(salophen)]	Black	75	160	5.27	57.09 (57.26)	4.98 (4.63)	19.83 (19.72)
$C_{45}H_{34}FeN_8O_5$ [SALMHBAFe(III)(salophen)]	Orange	80	290	5.36	65.75 (65.70)	4.12 (4.17)	13.65 (13.62)
$C_{45}H_{32}CoFeN_8O_5$ [Co(II)SALMHBAAsalophenFe(III)]	Yellow	70	300*	3.44	61.47 (61.45)	3.66 (3.67)	12.78 (12.74)
$C_{45}H_{32}NiFeN_8O_5$ [Ni(II)SALMHBAAsalophenFe(III)]	Green	65	300*	4.83	61.40 (61.47)	3.59 (3.67)	12.76 (12.74)
$C_{45}H_{32}CuFeN_8O_5$ [Cu(II)SALMHBAAsalophenFe(III)]	Brown	60	300*	3.57	61.15 (61.13)	4.60 (3.65)	12.64 (12.67)

*Decomposition

Acknowledgments

Thanks to Selçuk University for supporting this study through a grant: (BAP) 14201003.

References

Arslaner, C., Karakurt, S. and Koc, Z. E., (2017), Synthesis of benzimidazole Schiff base derivatives and cytotoxic effects on colon and cervix cancer cell lines, *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 7 (4), 2103-2107.

Celikbilek, S. and Koc, Z. E., (2014), Investigation of Dipodal oxy-Schiff base and its salen and salophen Fe(III)/Cr(III)/Mn(III) Schiff bases (N2O2) capped complexes and their magnetic and thermal behaviors, *Journal of Molecular Structure*, 1065, 205-209.

Fodey, T. L., Thompson, C. S., Traynor, I. M., Haughey, S. A., Kennedy, D. G. and Crooks, S. R. H., (2011), Development of an Optical Biosensor Based Immunoassay to Screen Infant Formula Milk Samples for Adulteration with Melamine, *Analytical Chemistry*, 83 (12), 5012-5016.

- Gembicky, M., Boca, R. and Renz, F., (2000), A heptanuclear Fe(II)-Fe(III)(6) system with twelve unpaired electrons, *Inorganic Chemistry Communications*, 3 (11), 662-665.
- Hazra, C., Adusumalli, V. N. K. B. and Mahalingam, V., (2014), 3,5-Dinitrobenzoic Acid-Capped Upconverting Nanocrystals for the Selective Detection of Melamine, *Acs Applied Materials & Interfaces*, 6 (10), 7833-7839.
- Horacek, H. and Pieh, S., (2000), The importance of intumescent systems for fire protection of plastic materials, *Polymer International*, 49 (10), 1106-1114.
- Karipcin, F. and Karatas, I., (2001), The synthesis of substituted bis(aminophenylglyoxime)methanes and their polymeric metal complexes with Cu(II), Ni(II), and Co(II) salts, *Synthesis and Reactivity in Inorganic and Metal-Organic Chemistry*, 31 (10), 1817-1829.
- Koc, Z. E. and Ucan, H. I., (2007), Complexes of iron(III) salen and saloph Schiff bases with bridging 2,4,6-tris(2,5dicarboxyphenylimino-4-formylphenoxy)-1,3,5-triazine and 2,4,6-tris(4-carboxyphenylimino-4'-formylphenoxy)-1,3,5-triazine, *Transition Metal Chemistry*, 32 (5), 597-602.
- Koc, Z. E. and Ucan, H. I., (2008), Complexes of Iron(III) and Chrom(III) Salen and Saloph Schiff Bases with Bridging 2,4,6-tris(4-nitrophenylimino-4'-formylphenoxy)-1,3,5-triazine, *Journal of Macromolecular Science Part a-Pure and Applied Chemistry*, 45 (12), 1074-1079.
- Koc, Z. E. and Uysal, A., (2016), Investigation of novel monopodal and dipodal oxy-Schiff base triazine from cyanuric chloride: Structural and antimicrobial studies, *Journal of Macromolecular Science Part a-Pure and Applied Chemistry*, 53 (2), 111-115.
- Kopel, P., Sindelar, Z. and Klicka, R., (1998), Complexes of iron(III) salen and saloph Schiff bases with bridging dicarboxylic and tricarboxylic acids, *Transition Metal Chemistry*, 23 (2), 139-142.
- N. Yildirim, Z. E. K., (2023), s-Triazin merkezli polimerik Schiff bazlarının sentezi ve [(Fe(III)/Mn(III)(salen)Cl] komplekslerinin incelenmesi, *Selçuk University Journal of Science Faculty*, 49 (2), 29-36.
- Ozer, A., Yasa, D. E., Sahin, D. H., Turbayindir, H., Pehlivan, E. and Koc, Z. E., (2023), Investigation of microwave assisted synthesis of Schiff Base derived Metal-Chelates by liquid invert sugar containing D-Glucose, *Inorganic and Nano-Metal Chemistry*.
- Panyakapo, P. and Panyakapo, M., (2008), Reuse of thermosetting plastic waste for lightweight concrete, *Waste Management*, 28 (9), 1581-1588.
- Tahmassebi, D. C. and Sasaki, T., (1998), Synthesis of a three-helix bundle protein by reductive amination, *Journal of Organic Chemistry*, 63 (3), 728-731.
- Uysal, S. and Koç, Z. E., (2010), Synthesis and characterization of dendrimeric melamine cored [salen/salophFe(III)] and [salen/salophCr(III)] capped complexes and their magnetic behaviors, *Journal of Hazardous Materials*, 175 (1-3), 532-539.
- Uysal, S., Koc, Z. E., Celikbilek, S. and Ucan, H. I., (2012), Synthesis of Star-Shaped Macromolecular Schiff Base Complexes Having Melamine Cores and Their Magnetic and Thermal Behaviors, *Synthetic Communications*, 42 (7), 1033-1044.
- Uysal, S., (2013), Synthesis of melamine based polymer complexes and their thermal degradations and magnetic properties, *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry*, 76 (1-2), 223-230.
- Uysal, S. and Koc, Z. E., (2016), Synthesis and characterization of dopamine substitute tripodal trinuclear [(salen/salophen/salpropen)M] (M=Cr(III), Mn(III), Fe(III) ions) capped s-triazine complexes: Investigation of their thermal and magnetic properties, *Journal of Molecular Structure*, 1109, 119-126.
- Uysal, S. and Koç, Z. E., (2016), Synthesis and characterization of dopamine substitute tripodal trinuclear [(salen/salophen/salpropen)M] (M=Cr(III), Mn(III), Fe(III) ions) capped s-triazine complexes: Investigation of their thermal and magnetic properties, *Journal of Molecular Structure*, 1109, 119-126.
- Wang, X. D. and Zhang, Q., (2004), Synthesis, characterization, and cure properties of phosphorus-containing epoxy resins for flame retardance, *European Polymer Journal*, 40 (2), 385-395.
- Wimmer, T., Kreuzer, F. H., Staudinger, G. and Nussstein, P., (1992), Synthesis of Novel Insoluble Cyclodextrin Polymers, *Minutes of the Sixth International Symposium on Cyclodextrins*, 106-109.
- Yu, Q., Schwidom, D., Exner, A. and Carlsen, P., (2008), Synthesis of Novel Homo-N-Nucleoside Analogs Composed of a Homo-1,4-Dioxane Sugar Analog and Substituted 1,3,5-Triazine Base Equivalents, *Molecules*, 13 (12), 3092-3106.



Mevcut sayıya ait içindekiler listesine [DergiPark](#) üzerinden ulaşılabilir

Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi

Dergi web sayfası: dergipark.org.tr/tr/pub/sufefd



Research Article

Impact of Drying Methods on The Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Pomegranate (*Punica granatum* L.) Peel

Sengul Uysal^{a,b,1*}, Dilek Efe Arslan^{a,2}

^a Erciyes University Halil Bayraktar Health Services Vocational College, Kayseri, Turkey

^b Drug Application and Research Center, Erciyes University, Kayseri, Turkey

ARTICLE INFO

Article History

Received 29 March 2024

Revised 30 July 2024

Accepted 21 August 2024

Keywords

Pomegranate peel

Bioactive compounds

Antioxidant

ABSTRACT

Pomegranate peel, a fruit by-product, is a rich source bioactive compound. This study evaluated the effects of shade (SD) and oven drying (OD) on the bioactive content and antioxidant properties of pomegranate peel. The antioxidant capacity was evaluated by reducing power activity, radical scavenging, and metal chelating assays. Results showed that total bioactive compounds and antioxidant capacity were influenced by drying methods. The study indicated that pomegranate peel could be utilized in food and pharmaceutical industries.

Araştırma Makalesi

Kurutma Yönteminin Nar (*Punica granatum* L.) Kabuğunun Biyoaktif Bileşikleri ve Antioksidan Kapasitesi Üzerine Etkisi

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi

Geliş 29 Mart 2024

Revizyon 30 Temmuz 2024

Kabul 21 Ağustos 2024

Anahtar Kelimeler

Nar kabuğu

Biyoaktif bileşikler

Antioksidan

ÖZ

Bir meyve yan ürünü olan nar kabuğu zengin bir biyoaktif bileşik kaynağıdır. Bu çalışma nar kabuğunun biyoaktif içeriğine ve antioksidan özellikleri üzerine gölgede ve fırında kurutmanın etkileri değerlendirilmiştir. Antioksidan kapasite indirgeme gücü aktivitesi, radikal süpürme ve metal şelatlama testleri tarafından değerlendirilmiştir. Sonuçlar toplam biyoaktif bileşiklerin ve antioksidan kapasitenin kurutma metotları tarafından etkilendiğini gösterdi. Araştırma nar kabuğunun gıda ve ilaç endüstrilerinde kullanılabileceğini gösterdi.

* Sorumlu Yazar

E-posta adresleri: senguluysal@erciyes.edu.tr (S. Uysal), dilekea@erciyes.edu.tr (D. Efe Arslan)

¹ ORCID: 0000-0003-4562-1719

² ORCID: 0000-0003-1115-303X

Doi: [10.35238/sufefd.1460047](https://doi.org/10.35238/sufefd.1460047)

E-ISSN: 2458-9411

Atıf / Cite as

Uysal, S., Efe Arslan, D., (2024), Impact of Drying Methods on The Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Pomegranate (*Punica granatum* L.) Peel, *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 50 (2), 55-59.

Makale Bilgisi Article Information

Makale Türü Article Type

Araştırma Makalesi Research Article

Geliş Tarihi Date Received

29 Mart 2024 29 March 2024

Revizyon Tarihi Date Revised

30 Temmuz 2024 30 July 2024

Kabul Tarihi Date Accepted

21 Ağustos 2024 21 August 2024

Yayın Tarihi Date Published

1 Ekim 2024 1 October 2024

Değerlendirme Review Process

İki Dış Hakem, Çift Taraflı Körleme Two External Reviewers, Double-Blind Peer Review

Etik Beyan Ethical Statement

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur (S. Uysal). It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited (S. Uysal).

İntihal Kontrolü Plagiarism Check

Bu makale, iTenticate yazılımı ile taranmış ve intihal tespit edilmemiştir. This article has been scanned with iTenticate software and no plagiarism detected.

Çıkar Çatışması Conflict of Interest

Yazarlar, bu makalede bildirilen çalışmayı etkiliyor gibi görünebilecek bilinen hiçbir rakip mali çıkarları veya kişisel ilişkileri olmadığını beyan ederler. The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Finansman Funding

-

Telif Hakkı & Lisans Copyright and License

Yazarlar dergide yayınlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmalarını CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır. Authors own the copyright of their work published in the journal and their work is published under the CC BY-NC 4.0 license.

1. Introduction

In recent years, there has been increasing global interest in food by-products (such as peel, seed, and leaves). These non-edible parts contain higher content of bioactive compounds when compared to the edible parts (Osorio et al., 2021). Food by-products had significant biological activity including anti-inflammatory, antioxidant, antidiabetic, antimicrobial, and anticancer (Mateus et al., 2023).

Punica granatum L. (Pomegranate), which belongs to the Punicaceae family, is a significant fruit with medicinal properties (Elfalleh et al., 2012; Jurenka, 2008). Pomegranate, mainly the peel, contain various phenolic compounds like gallic acid, punicalagin, ellagic acid, caffeic acid (Kazemi et al., 2016). The previous phytochemical studies of pomegranate peel established the presence of phenolic compounds. Yenil et al. (2023) were the determined phenolic compounds from different varieties of pomegranate peels, identifying ellagic acid, as the most abundant polyphenolic compounds. Phenolic compounds such as gallic acid, chlorogenic acid, caffeic acid, and quercetin have been identified in peel of *P. granatum* by Kafeel et al. (2023).

Many studies have demonstrated that pomegranate peel extracts have been used to treat Alzheimer's, diabetes, arthritis, and cardiovascular diseases due to its antioxidant potential (Gullon et al., 2016; Wasila et al., 2013). In addition, pomegranate peel can be used as source for food, cosmetic and pharmaceutical applications.

Drying methods is an important factor affecting biological activity and bioactive compounds (Belwal et al., 2022; Wojdylo et al., 2020). Akther et al. (2023) evaluated the antioxidant properties and phytochemical profile of mango powder by different drying methods. The results demonstrated that the drying methods affected bioactive compounds and antioxidant activity. Another study has reported the effects of different drying methods on the quality of brocade orange peels (Wang et al., 2023). Conventional extraction methods, such as soxhlet, infusion, and decoction extraction, are widely used extraction of bioactive compounds. However, these methods have some deficiencies including low extraction rates and long extraction time (Meng et al., 2024). Modern extraction techniques such as ultrasound-assisted and supercritical fluid extraction address drawbacks these shortcomings (Fang et al., 2018; Ray et al., 2023). Ultrasound-assisted extraction has nowadays gained prominence as green technology, cost-effectiveness, fast, and low-energy (Kumar et al., 2021).

The present research aimed to evaluate the possible effects of two drying methods (shade and oven drying) on the phytochemical content and antioxidant capacity of pomegranate peel.

2. Material and Methods

2.1. Plant materials

The pomegranate samples were purchased a company. The peels were dried by oven drying and shade drying methods. Oven drying (OD): the peels dried in oven at 75 °C for 20 h. Shade drying (SD): the peels were dried in the dark at the temperature of 25 °C. The peels were powdered by a laboratory mill.

2.2. Preparation of the extraction

The plant materials were extracted by Ultrasonication assisted extraction (UAE). 5 g plant samples were sonicated with 100 ml water for 1 h at 30 °C. The extracts were filtered and then were lyophilized. The extracts were kept at +4 °C until future analysis.

2.3. Total bioactive contents

The total phenolics and flavonoid content were evaluated using the Folin-Ciocalteu and AlCl₃ methods (Uysal et al., 2017).

2.4. Antioxidant assays

The antioxidant properties were performed by different assays including ABTS, DPPH, FRAP, metal chelating assays and CUPRAC. The details about the antioxidant methods can be found in our previous research (Uysal et al., 2017).

3. Results and Discussion

3.1. Total bioactive compounds

The total phenolic and flavonoid content obtained by two drying methods are shown in Figure 1 and 2. Shade drying contained higher levels of total phenolics content compared to oven drying. Oven drying procuded had the highest flavonoid content than shade drying. Higher drying temperatures resulted in a higher bioactive content of pomegranate extracts (Tontul & Topuz, 2017). Ozay-Arancioglu et al. (2022) reported the effect of drying methods on the bioactivity and bioaccessibility in pomegranate arils. Total phenolic content of arils extracts ranged from 6.13 to 7.88 mgGAE/g extract. In the same study, the total flavonoid content varied from 0.33 to 0.49 mgCE/g and extracts displayed very low flavonoid content. Compared with our results, pomegranate peel contained higher levels of total phenolic content compared to pomegranate arils. Hamid et al. (2020) found that the total phenolics of different parts obtained from wild pomegranate fruits were determined. Calín-Sánchez et al. (2013) demonstrated that total polyphenols in pomegranate rind at different drying methods ranged between 57.3 mgGAE/g - 118 mgGAE/g.

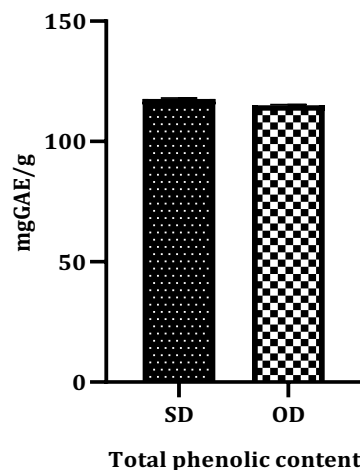


Figure 1. Total phenolics of Pomegranate peel extracts, SD: Shade drying, OD: Oven drying.

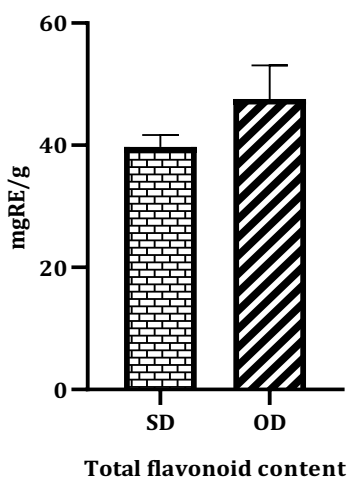


Figure 2. Total flavonoids of Pomegranate peel extracts, SD: Shade drying, OD: Oven drying.

3.2. Antioxidant capacity

The antioxidant properties of extracts derived from pomegranate peel was determined using the ABTS, DPPH, FRAP, CUPRAC, and metal chelating activity. The extracts displayed significant scavenging activity on DPPH and ABTS. Oven drying exhibited higher scavenging activity than shade drying. Fig 3 presents the antioxidant results of pomegranate extracts. The reducing power activity was determined by CUPRAC and FRAP assays. The shade drying showed higher CUPRAC activity with value of 795.97 mgTE/g as compared to oven drying (733.67 mgTE/g). In the FRAP assay, oven drying exhibited the highest activity. Similarly, oven drying (30.29 ± 8.97 mgEDTAE/g) presented the highest metal chelating activity as compared to the shade drying (21.38 ± 3.12 mgEDTAE/g). Several studies indicated that oven drying technique for pomegranate peel considered potential technique for quality of dried pomegranate peel (El-Said et al., 2014; Mphahlele et al., 2016).

Our findings are supported by the previous studies (John et al., 2017; Mphahlele et al., 2016; Sarkar et al., 2024). They reported the drying method impacted the bioactive compounds and biological activity of pomegranate peel.

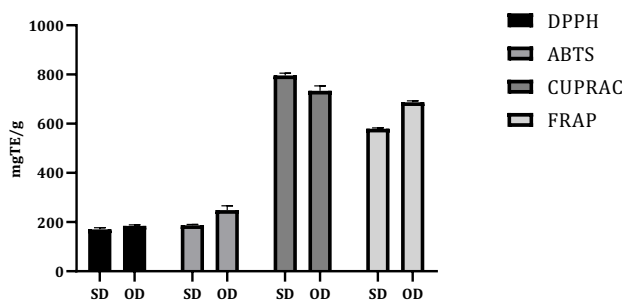


Figure 3. Antioxidant capacity of Pomegranate peel extracts, SD: Shade drying, OD: Oven drying.

According to Hamid et al. (2020) the antioxidant activity of different part of wild pomegranate fruits affected by their drying methods. Ozay-Arancioglu et al. (2022) also found the antioxidant properties could significantly affected the drying methods. In investigation by Muhammad et al. (2023), the radical scavenging activity of pomegranate peel dried by different methods against the DPPH radical was determined. The obtained results showed solar drying method showed the highest activity than oven drying and sun drying method.

Also, Sethodi et al. (2024), indicated extraction of pomegranate peel at 78 °C displayed the most potent antioxidant capacity. Sarkar et al. (2024) reported the effect of four drying techniques on the bioactive compounds and antioxidant activity of pomegranate peels. According to the results, the freeze-drying method exhibited the highest total phenolic content and DPPH activity.

4. Conclusion

This study concluded that pomegranate peel, which is a by-product, is major source of bioactive compounds. Pomegranate peel extract displayed good antioxidant capacity. The drying methods affected total bioactive compounds and antioxidant capacity. Pomegranate peel can be a potential candidate for food and pharmaceutical fields.

CRediT author statement

SU: Methodology, Original Draft, Investigation, Writing - review & editing

DEA: Investigation, Original Draft, Writing - review & editing

References

- Akther, S., Jothi, J. S., Badsha, M. R., Rahman, M. M., Das, G. B., & Alim, M. A. (2023), Drying methods effect on bioactive compounds, phenolic profile, and antioxidant capacity of mango powder. *Journal of King Saud University Science*, 35(1), Article 102370.
- Belwal, T., Cravotto, C., Prieto, M. A., Venskutonis, P. R., Daglia, M., Devkota, H. P., Baldi, A., Ezzat, S. M., Gómez-Gómez, L., Salama, M. M., Campone, L., Rastrelli, L., Echave, J., Jafari, S. M., & Cravotto, G. (2022), Effects of different drying techniques on the quality and bioactive compounds of plant-based products: a critical review on current trends. *Drying Technology*, 40(8), 1539-1561.
- Calín-Sánchez, A., Figiel, A., Hernández, F., Melgarejo, P., Lech, K., & Carbonell-Barrachina, A. A. (2013), Chemical Composition, Antioxidant Capacity, and Sensory Quality of Pomegranate (*Punica granatum* L.) Arils and Rind as Affected by Drying Method. *Food and Bioprocess Technology*, 6(7), 1644-1654.
- El-Said, M. M., Haggag, H. F., El-Din, H. M. F., Gad, A. S., & Farahat, A. M. (2014), Antioxidant activities and physical properties of stirred yoghurt fortified with pomegranate peel extracts. *Annals of Agricultural Sciences*, 59, 207-212.
- Elfalleh, W., Hannachi, H., Tlili, N., Yahia, Y., Nasri, N., & Ferchichi, A. (2012), Total phenolic contents and antioxidant activities of pomegranate peel, seed, leaf and flower. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(32), 4724-4730.
- Fang, X. S., Gu, S. B., Jin, Z. Y., Hao, M. Q., Yin, Z. Z., & Wang, J. H. (2018), Optimization of Ultrasonic-Assisted Simultaneous Extraction of Three Active Compounds from the Fruits of *Forsythia suspensa* and Comparison with Conventional Extraction Methods. *Molecules*, 23(9), Article 2115.
- Gullon, B., Pintado, M. E., Pérez-Alvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2016), Assessment of polyphenolic profile and antibacterial activity of pomegranate peel (*Punica granatum*) flour obtained from co-product of juice extraction. *Food Control*, 59, 94-98.
- Hamid, Thakur, N. S., Thakur, A., & Kumar, P. (2020), Effect of different drying modes on phenolics and antioxidant

- potential of different parts of wild pomegranate fruits. *Scientia Horticulturae*, 274, Article 109656.
- John, K. M. M., Bhagwat, A. A., & Luthria, D. L. (2017), Swarm motility inhibitory and antioxidant activities of pomegranate peel processed under three drying conditions. *Food chemistry*, 235, 145-153.
- Jurenka, J. (2008), Therapeutic applications of pomegranate (*Punica granatum* L.): A review. *Alternative Medicine Review*, 13(2), 128-144.
- Kafeel, S., Inam-ur-Raheem, M., Khan, M. R., & Faisal, M. N. (2023), Phytochemical characterisation and antioxidant capacities of pomegranate peel. *International Journal of Food Science and Technology*, 58(9), 4543-4550.
- Kazemi, M., Karim, R., Mirhosseini, H., & Hamid, A. A. (2016), Optimization of pulsed ultrasound-assisted technique for extraction of phenolics from pomegranate peel of Malas variety: Punicalagin and hydroxybenzoic acids. *Food chemistry*, 206, 156-166.
- Kumar, K., Srivastav, S., & Sharanagat, V. S. (2021), Ultrasound assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from fruit and vegetable processing by-products: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 70, Article 105325.
- Mateus, A. R. S., Pena, A., Sendón, R., Almeida, C., Nieto, G. A., Khwaldia, K., & Silva, A. S. (2023), By-products of dates, cherries, plums and artichokes: A source of valuable bioactive compounds. *Trends in Food Science & Technology*, 131, 220-243.
- Meng, L., Chen, Y., Zheng, Z. J., Wang, L., Xu, Y. H., Li, X. J., Xiao, Z. J., Tang, Z., & Wang, Z. S. (2024), Ultrasound-Assisted Extraction of Paeonol from Moutan Cortex: Purification and Component Identification of Extract. *Molecules*, 29(3), Article 622.
- Mphahlele, R. R., Fawole, O. A., Makunga, N. P., & Opara, U. L. (2016), Effect of drying on the bioactive compounds, antioxidant, antibacterial and antityrosinase activities of pomegranate peel. *Bmc Complementary and Alternative Medicine*, 16, Article 143.
- Muhammad, A., Dayisoylu, K. S., Pei, J. J., Khan, M. R., Salman, M., Ahmad, R., Ullah, H., & Noor, G. R. (2023), Compositional analysis of natural pomegranate peel powder dried by different methods and nutritional and sensory evaluation of cookies fortified with pomegranate peel powder. *Food Chemistry Advances*, 4, Article 100622.
- Osorio, L. L. D., Flórez-López, E., & Grande-Tovar, C. D. (2021), The Potential of Selected Agri-Food Loss and Waste to Contribute to a Circular Economy: Applications in the Food, Cosmetic and Pharmaceutical Industries. *Molecules*, 26(2), Article 515.
- Ozay-Arancioglu, I., Bekiroglu, H., Karadag, A., Saroglu, O., Tekin-Çakmak, Z. H., & Karasu, S. (2022), Effect of different drying methods on the bioactive, microstructural, and in-vitro bioaccessibility of bioactive compounds of the pomegranate arils. *Food Science and Technology*, 42, Article e06221.
- Ray, A., Dubey, K. K., Marathe, S. J., & Singhal, R. (2023), Supercritical fluid extraction of bioactives from fruit waste and its therapeutic potential. *Food Bioscience*, 52, Article 102418.
- Sarkar, A., Haque, M. A., & Alam, M. (2024), Unlocking the potential of pomegranate peels as a valuable source of bioactive compounds through effective drying strategies. *Food Chemistry Advances*, 4, Article 100622.
- Setlhodi, R., Mashile, B., Izu, G. O., Gbashi, S., Mashele, S. S., Bonnet, S. L., Makhafola, T. J., & Chukwuma, C. I. (2024), Modeling the Influence of Extraction Temperature on the Ellagitannin and Antioxidant Profiles of "Wonderful" Pomegranate Peel Using Advanced Chemometrics Analysis. *Food and Bioprocess Technology*, 17(1), 83-99.
- Tontul, I., & Topuz, A. (2017), Effects of different drying methods on the physicochemical properties of pomegranate leather (pestil). *Lwt-Food Science and Technology*, 80, 294-303.
- Uysal, S., Zengin, G., Locatelli, M., Bahadori, M. B., Mocan, A., Bellagamba, G., De Luca, E., Mollica, A., & Aktumsek, A. (2017), Cytotoxic and Enzyme Inhibitory Potential of Two *Potentilla* species (*P. speciosa* L. and *P. reptans* Willd.) and Their Chemical Composition. *Frontiers in Pharmacology*, 8, Article 290.
- Wang, Z. R., Zhong, T., Mei, X. F., Chen, X. H., Chen, G. J., Rao, S. Q., Zheng, X. F., & Yang, Z. Q. (2023), Comparison of different drying technologies for brocade orange (*Citrus sinensis*) peels: Changes in color, phytochemical profile, volatile, and biological availability and activity of bioactive compounds. *Food chemistry*, 425, Article 136539.
- Wasila, H., Li, X., Liu, L. W., Ahmad, I., & Ahmad, S. (2013), Peel Effects on Phenolic Composition, Antioxidant Activity, and Making of Pomegranate Juice and Wine. *Journal of Food Science*, 78(8), C1166-C1172.
- Wojdylo, A., Lech, K., & Nowicka, P. (2020), Effects of Different Drying Methods on the Retention of Bioactive Compounds, On-Line Antioxidant Capacity and Color of the Novel Snack from Red-Fleshed Apples. *Molecules*, 25(23), Article 5521.
- Yenil, N., Yemies, F., Sabikoglu, I., Memon, N., & Güler, A. (2023), Comparative Analyses of Few West Turkish Varieties of Pomegranate (*Punica granatum* L.) Peels for Phenolic Content Using Liquid Chromatography. *Polycyclic Aromatic Compounds*, 43(5), 3941-3957.

Mevcut sayıya ait içindekiler listesine [DergiPark](#) üzerinden ulaşılabilir

Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi

Dergi web sayfası: dergipark.org.tr/tr/pub/sufefd

Araştırma Makalesi

Selçuk Üniversitesi Kampüsünden Toplanan *Suillus bovinus* (L.) Roussel Mantarının Etanol ve Metanol Özütlelerinin Antimikrobiyal AktivitesiErdoğan Güneş^{a,1*}^a Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Konya

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi

Geliş 26 Temmuz 2024

Revizyon 22 Ağustos 2024

Kabul 26 Ağustos 2024

Anahtar Kelimeler

Antimikrobiyal aktivite

Mantar özütleleri

Sıvı mikrodilüsyon

Suillus bovinus

ÖZ

Bu çalışmanın amacı *Suillus bovinus* mantarının etanol ve metanol özütlelerinin bazı standart patojen mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal aktivitesini belirlemektir. Antimikrobiyal aktiviteyi saptamak için sıvı mikrodilüsyon metodu kullanılmıştır. *S. bovinus*'un metanol ve etanol özütünün, gram pozitif *Staphylococcus aureus* ve *Sarcina lutea*, gram negatif *Salmonella enteritidis* bakterilerine karşı 6.25 mg/ml dozda antibakteriyel aktivite gösterdiği tespit edilmiştir. Her iki özütün gram negatif *Pseudomonas aeruginosa*'ya ise 3.12 mg/ml dozunda antibakteriyel etki gösterdiği saptanmıştır. *Escherichia coli* ve *Klebsiella pneumoniae* bakterilerine karşı her iki özütün de etkisiz olduğu belirlenmiştir. Metanol ve etanol özütü sırasıyla 0.19 mg/ml ve 0.78 mg/ml MİK (Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu) değeriyle en yüksek aktivite gösterdikleri suş ise gram pozitif *Bacillus cereus* suşu olmuştur. Ayrıca yapılan çalışmada *Candida albicans* maya suşuna karşı her iki özütün antifungal bir etki göstermediği görülmüştür. Sonuç olarak çalışmada, *S. bovinus* mantarının antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu ve ileriki çalışmalarla bu türden elde edilen antimikrobiyal bileşiklerin, yeni ilaçların ve terapötik ajanların geliştirilmesi için potansiyel bir kaynak olacağı düşünülmektedir.

Research Article

Antimicrobial Activity of Ethanol and Methanol Extracts of *Suillus bovinus* (L.) Roussel Mushroom Collected from Selçuk University Campus

ARTICLE INFO

Article History

Received 26 July 2024

Revised 22 August 2024

Accepted 26 August 2024

Keywords

Antimicrobial activity

Broth microdilution

Mushroom extracts

Suillus bovinus

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the antimicrobial activity of ethanol and methanol extracts of *Suillus bovinus* mushroom against some standard pathogenic microorganisms. Broth microdilution method was used to detect antimicrobial activity. It was determined that methanol and ethanol extract of *S. bovinus* showed activity against gram-positive *Staphylococcus aureus* and *Sarcina lutea* and gram-negative *Salmonella enteritidis* bacteria at a dose of 6.25 mg/ml. It was detected that both extracts had an antibacterial effect against gram-negative *Pseudomonas aeruginosa* at a dose of 3.12 mg/ml. It was determined that both extracts were ineffective against *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* bacteria. The strain in which methanol and ethanol extracts showed the highest activity was the gram-positive *Bacillus cereus* strain, with MIC (Minimum Inhibition Concentration) values of 0.19 mg/ml and 0.78 mg/ml, respectively. Additionally, the study showed that neither extract had an antifungal effect against the *Candida albicans* yeast strain. As a result, it is thought that the *S. bovinus* fungus has antibacterial activity and that the antimicrobial compounds obtained from this species with further studies will be a potential source for the development of new drugs and therapeutic agents.

* Sorumlu Yazar

E-posta adresleri: erdogangunes@selcuk.edu.tr (E. Güneş)¹ ORCID: 0000-0003-2833-5710Doi: [10.35238/sufefd.1522776](https://doi.org/10.35238/sufefd.1522776)

E-ISSN: 2458-9411

Atıf / Cite as

Güneş, E., (2024), Selçuk Üniversitesi Kampüsünden Toplanan *Suillus bovinus* (L.) Roussel Mantarının Etanol ve Metanol Özütlelerinin Antimikrobiyal Aktivitesi, *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 50 (2), 60-65.

Makale Bilgisi Article Information

Makale Türü Article Type

Araştırma Makalesi Research Article

Geliş Tarihi Date Received

26 Temmuz 2024 26 July 2024

Revizyon Tarihi Date Revised

22 Ağustos 2024 22 August 2024

Kabul Tarihi Date Accepted

26 Ağustos 2024 26 August 2024

Yayın Tarihi Date Published

1 Ekim 2024 1 October 2024

Değerlendirme Review Process

İki Dış Hakem, Çift Taraflı Körleme Two External Reviewers, Double-Blind Peer Review

Etik Beyan Ethical Statement

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur (E. Güneş). It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited (E. Güneş).

İntihal Kontrolü Plagiarism Check

Bu makale, iTenticate yazılımı ile taranmış ve intihal tespit edilmemiştir. This article has been scanned with iTenticate software and no plagiarism detected.

Çıkar Çatışması Conflict of Interest

Yazar, bu makalede bildirilen çalışmayı etkiliyor gibi görünebilecek bilinen hiçbir rakip mali çıkarları veya kişisel ilişkileri olmadığını beyan eder. The author declares that he has no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Finansman Funding

-

Telif Hakkı & Lisans Copyright and License

Yazarlar dergide yayınlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmalarını CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır. Authors own the copyright of their work published in the journal and their work is published under the CC BY-NC 4.0 license.

1. Giriş

Yeryüzündeki farklı mantar türlerinin sayısı 140.000 olarak tahmin edilmekte olup bunların sadece %10'unun tanımlandığı ve tanımlanan mantarların yaklaşık 700 türünün önemli farmakolojik özelliklere sahip olduğu bilinmektedir (Chang, 1996; Lull et al., 2005). Basidiomycetes mantarları, yüksek terapötik ve profilaktik özelliklere sahip olmaları ve çeşitli türlerin immünomodülatör ve antitümoral aktivite göstermesi sebebiyle dünya çapında eski çağlardan beri halk hekimliğinde kullanılmaktadır (Wasser and Weis, 1999; Statements, 2000; Shamtsyan et al., 2004). Mantarlar çok sayıda alkaloid, terpen, steroid ve fenolik bileşikler gibi terapötik amaçlar için kullanılabilir çok çeşitli sekonder metabolitler de üretirler. Mantarların sahip olduğu bu bileşikler antimikrobiyal aktivite başta olmak üzere, antijenotoksik, antioksidan, antiproliferatif, antikanser, antihiperlipidemik, anti-hipertansif, hipokolesterolemik, anti-alerjik ve antidepresan etki göstermektedirler (Opletal et al., 1997; Han et al., 2011; Ren et al., 2012; Živković et al., 2019; Aytar and Özmen, 2020; Song et al., 2020).

Günümüzde, insan sağlığına yönelik en büyük tehditlerden biri enfeksiyon hastalıklarıdır ve bu hastalıklar hastane ve toplumda büyük bir sorun teşkil etmektedir. Patojenik mikroorganizmaları etkili bir şekilde öldürmek için bir takım doğal ya da sentetik antimikrobiyal ajanlar izole edilmiş ve geliştirilmiş olmasına rağmen, küresel antimikrobiyal direnç giderek artan bir halk sağlığı sorunu haline gelmeye başlamıştır. Bu nedenle araştırmacılar farklı biyolojik kaynaklardan yeni antimikrobiyal ajanları sürekli olarak araştırmaktadırlar (Yamaç and Bilgili, 2006). Bu konuda özellikle mantarlar üzerine olan çalışmalar yoğunlaşmıştır. Mantarlardan elde edilen çeşitli özütlerin, mantarların yanı sıra bakterilere karşı antimikrobiyal etkilerinin değerlendirildiği çok sayıda çalışma mevcuttur (Hirasawa et al., 1999; Hatvani, 2001; Gao et al., 2005; Aslim and Ozturk, 2011; Matijašević et al., 2016) (Cör Andrejč et al., 2022). Doğal ürünlerden elde edilen antimikrobiyal maddelerin, çoğu zaman kimyasal olarak üretilen antibiyotiklerin neden olduğu yan etkilere sebep olmaksızın birçok bulaşıcı hastalığın tedavisinde oldukça etkili olduğu belirtilmiştir (Parekh and Chanda, 2007).

Dünya üzerinde mevcut mantarların sistematik dizilimi tam olarak netleşmemiştir. Yeni cins ve türlerin keşif edilmesi, sinonimlik, vb. durumların sonucunda sistematik

değişimler, kategori değişimi mantarlarda kaçınılmaz bir durumdur. Dünya genelinde *Suillus* cinsine ait çok fazla tür bulunurken Türkiye'de ise 11 adet tür tanımlanmıştır (Sesli et al., 2020). *Suillus* cinsine ait mantarlar genelde çam ağaçlarıyla ektomikorizal ilişki kurarak çam ormanlarında yoğun topluluklar halinde bulunurlar. Sonbahar aylarında doğada bolca toplamak mümkündür. Genellikle yenir özellikteki bu cins ait mantarlar Türkiye'de yerel halk tarafından "Ayı mantarı" olarak tanındığı için gastronomik açıdan pek rağbet görmemektedir. Ancak cinsine ait çoğu tür yenir ve besin değerleri yüksektir (Engel et al., 1996; Knudsen and Vesterholt, 2008; Šutara et al., 2009). Yapılan bu çalışmada Selçuk Üniversitesi Kampüsü'nden toplanan *Suillus bovinus* mantarının etanol ve metanol özütlerinin bazı patojen standart mikroorganizmalar üzerine antimikrobiyal aktivitesinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Mantar örneği ve ekstraksiyon

Çalışmada kullanılan *Suillus bovinus* türü 2023 yılında Selçuk Üniversitesi kampüs alanından toplanmıştır. Mantarlar araziden uygun şekilde toplanırken teşhis için faydalı bilgi ve belgeleri not edildikten sonra fungaryum laboratuvarına getirilerek kurutma cihazlarına konulmuştur. Kuruyan örneklerin uygun dokularından hazırlanan preparatlardaki mikroskopik karakterleri (Spor, Basidium, Sistit, vb.) ve makroskopik bilgileri ışığında teşhisleri Dr. Öğretim Üyesi Sinan ALKAN tarafından yapılmıştır. Mantarların sistematik dizilimi, öterleri, lokaliteleri, habitatları, koordinatları, yükseklik ve toplama tarihleri verilmiştir. Ayrıca Türkiye'de mantarların isim olarak birbirine karışmasını önlemek adına Sesli ve ark. (2020) tarafından hazırlanmış kitaptan kullandığımız mantarın Türkçe Geçerli İsmi (T.G.İ.) tespit edilip latince isminin yanında verilmiştir. Tablo 1'de ise mantarın karakteristik özellikleri verilmiştir.

Fungi

Basidiomycota

Agaricomycetes

Boletales

Boletaceae

Suillus bovinus (L.) Roussel (T.G.İ.: Öküzmantarı)

Selçuk Üniversitesi Kampüs alanı, Çam ağaçları altında, 38° 01' 34" K - 032° 30' 30" D Yükseklik 1328m, 27.09.2023.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan *Suillus bovinus* mantarının genel özellikleri.

Tür	Habitat	Spor	Basidium	Makroskopisi
<i>Suillus bovinus</i>	Genellikle Çam (Pinus) ağaçlarının altında, asitli topraklarda ve döküntüler arasında	Eliptik, sarımsı, pürüzsüz, 7.4-9.3*3-3.8µm	Klavat, 4 sterigmalı, 20-25*4.5-6µm, Kelio- Pleurosistidleri nadir, Kaulosistid yok	Portakal kahverengi, lameller porlu ve yeşilimsi sarı, sap silindirik taban kısmında kahverengi- pembe misel rengine sahip

Mantar örneğinin teşhis işlemleri tamamlandıktan sonra dokularında nem kalmaması için 45-50°C'ye ayarlanmış özel kurutma dolaplarında bir gün daha kurutulmuştur. Tamamen kuruyan mantarlar mekanik öğütücüde toz haline gelinceye kadar öğütülmüştür. Mantar örneğinden 2'şer adet 10'ar gr'lık numuneler tartılarak soxhlet ekstraksiyon kartuşları içerisine dikkatlice doldurulmuştur. Kartuşlar uygun şekilde soxhlet cihazına yerleştirildikten sonra mantar örneğine 110 ml etanol (C₂H₆O) ve 110 ml metanol (CH₃OH) ayrı balon jöjelere ilave edilerek aynı anda iki ekstraksiyon işlemi başlatılmıştır. 50°C'ye ayarlanmış ısıtıcılarla yaklaşık olarak 6 saat boyunca örnekler ekstre edilmiştir. Bu süre sonunda kartuşların bulunduğu

haznelerdeki çözücünün şeffaflaştığı görülmüş ve damıtma işlemi sonlandırılmıştır. Elde edilen çözücüler içindeki özütler sırayla Rotary Evaporatöre alınarak 60°C de 90 rpm hızda döndürülerek basınç altında çözücülerinden uzaklaştırılmıştır. Son olarak özütlerin içinde çözücülerin kalma ihtimalini ortadan kaldırmak için steril petri kapları içerisinde 45°C sıcaklıktaki etüvde 24 saat daha bekletilerek çözücü kimyasallar ortamdan uzaklaştırılmıştır. Elde edilen özütler deneyler başlatılana kadar +4°C de buzdolabında kapalı bir şekilde muhafaza edilmiştir.

2.2. Kullanılan mikroorganizma suşları

Çalışma kapsamındaki mantar örneği özütlerinin antimikrobiyal aktivitesinin tespiti için; *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC, 27853, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 70603, Metisilin dirençli *Staphylococcus aureus* (MRSA) ATCC 43300, *Salmonella enteritidis* ATCC 13076, *Sarcina lutea* ATCC 9341, *Bacillus cereus* ATCC 11778, standart bakteri suşları ve *Candida albicans* NRLL Y-417 maya suşu kullanılmıştır. Bu suşlar Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Mikrobiyoloji Araştırma Laboratuvarından temin edilmiştir.

2.3. Antimikrobiyal aktivite

Mantar özütlerinin antimikrobiyal etkisini belirlemek için bazı modifikasyonlarla Broth mikrodilüsyon metodu kullanılmıştır (Zengin et al., 2014). Çalışmada özütlerin Gram pozitif ve Gram negatif bakteri suşları ve bir maya suşuna karşı Minimum İnhibisyon Konsantrasyonları (MİK) belirlenmiştir. Stok halde bulunan tüm mikroorganizma suşları Brain Heart İnfüzyon besiyerine ekilerek taze kültürleri hazırlandı. Mikroorganizma kültürlerinin süspansiyonları çalışma esnasında 0.5 McFarland standart bulanıklığına (10^8 Kob/ml) eşit olacak şekilde hazırlandı ve

daha sonra her kuyucuktaki inokulumun son konsantrasyonu 5×10^5 Kob/ml olacak şekilde ayarlandı. Steril 96 kuyucuklu plakaların her bir kuyucuğuna 100 µl Müller Hinton Broth besiyeri dağıtıldı. Başlangıçta 50 mg/ml konsantrasyonda hazırlanan mantar özütü solüsyonları, mikropalakların ilk kuyucuklarına 100 µl olarak eklendi ve kalan kuyucuklara özütlerin iki kat dilüsyonu (12.5-0.006 mg/mL) yapıldı. Daha sonra her kuyucuğa 100 µl kültür süspansiyonu inoküle edildi. Negatif kontrol olarak DMSO ve pozitif kontrol olarak Gentamisin kullanıldı. Son olarak plakalar 37°C'de 18-24 saat süreyle inkübe edildi. İnkübasyon süresinin sonunda kuyucuklara 20 µl 2,3,5-trifeniltetrazolyum klorit eklendi ve 30 dakika daha inkübe edildi. İnkübasyon sonunda plakalarda gözle görülür bir üremenin olmadığı yani pembe veya kırmızı renkte olmayan son kuyucuk ise MİK olarak belirlendi.

3. Araştırma Sonuçları

Yaptığımız çalışmada *S. bovinus*'un metanol ve etanol özütlerinin insan patojeni olan standart patojen mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etkisi araştırılmış ve bu mikroorganizmalara karşı elde edilen MİK (Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu) değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. *S. bovinus*'un metanol ve etanol özütlerinin sıvı mikrodilüsyon yöntemiyle elde edilen MİK değerleri.

Test Mikroorganizmaları	<i>Suillus bovinus</i> özütlerinin MİK değerleri (mg/ml)		Gentamisin (µg/ml)
	Metanol	Etanol	
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	-	-	2.44
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	3.12	3.12	9.76
<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 70603	-	-	2.44
Metisilin dirençli <i>Staphylococcus aureus</i> (MRSA) ATCC 43300	6.25	6.25	78.12
<i>Salmonella enteritidis</i> ATCC 13076	6.25	6.25	4.88
<i>Sarcina lutea</i> ATCC 9341	6.25	6.25	4.88
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 11778	0.19	0.78	2.44
<i>Candida albicans</i> NRLL Y-417	-	-	312.5

S. bovinus'un metanol özütü sonuçlarını incelediğimizde, gram negatif *P. aeruginosa*'ya 3.12 mg/ml, *S. enteritidis*'e karşı ise 6.25 mg/ml dozunda antibakteriyel aktivite gösterdiği tespit edilirken yine gram negatif bakterilerden *E. coli* ve *K. Pneumoniae*'ya karşı herhangi bir aktivite saptanmamıştır. Özütün gram pozitif bakterilerden *S. aureus* ve *S. lutea* suşlarına karşı 6.25 mg/ml dozda antibakteriyel aktivite gösterdiği tespit edilmiştir. En yüksek aktivitenin ise 0.19 mg/ml MİK değeriyle gram pozitif *B. cereus* suşuna karşı olduğu bulunmuştur (Tablo 2).

Etanol özütü sonuçlarına baktığımızda ise metanol özütünden elde edilen bulgulara benzer şekilde gram negatif *P. aeruginosa*'ya 3.12 mg/ml, *S. enteritidis*'e karşı ise 6.25 mg/ml dozunda antibakteriyel aktivite gösterdiği görülürken yine gram negatif bakterilerden *E. coli* ve *K. Pneumoniae*'ya karşı herhangi bir aktivitenin olmadığı belirlenmiştir. Gram pozitif bakterilerden *S. aureus* ve *S. lutea* suşlarına karşı 6.25 mg/ml MİK değeri hesaplanmıştır. En yüksek aktivitenin ise 0.78 mg/ml dozunda gram pozitif *B. cereus* suşuna karşı olduğu bulunmuştur (Tablo 2). Elde edilen veriler doğrultusunda her iki özütün çalışılan suşlara olan antibakteriyel etkisinin benzer olduğu görülmüştür.

Ayrıca yapılan çalışmada *S. bovinus* türünün hem etanol hem de metanol özütlerinin çalışmada kullanılan *C. albicans* maya suşuna karşı herhangi bir antifungal aktiviteye sahip olmadığı da görülmüştür (Tablo 2).

4. Tartışma

Mantarlar ve diğer doğal materyaller çeşitli antimikrobiyal bileşikler içermektedirler ve bu bileşiklerin her geçen gün keşfi, antibiyotik direnciyle mücadelede ve yeni tedavi yöntemlerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Gyawali and Ibrahim, 2014). Bu doğal kaynaklardan elde edilen antimikrobiyal bileşiklerin, yeni ilaçların ve terapötik ajanların geliştirilmesi için potansiyel bir kaynak olduğu düşünülmektedir (Arif et al., 2009; Uysal et al., 2023). Bu nedenle mantarların antimikrobiyal potansiyelinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Yaptığımız çalışmada *S. bovinus* mantarının metanol ve etanol özütlerinin patojen mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etkisi araştırılmıştır.

Suillus cinsi mantar türleri ile yapılan çalışmalara bakıldığında; Gürgen ve ark. (2024) *S. bellinus* türünün metanol ve etanol özütlerinin antimikrobiyal aktivitesini inceledikleri çalışmalarında, etanol özütünün *P. aeruginosa*'ya 0.4 mg/ml ve metisiline dirençli *S. aureus* suşuna karşı ise 0.1 mg/ml dozlarında, metanol özütünün ise her iki suşa karşı 0.2 mg/ml dozunda aktivite gösterdiğini tespit etmişlerdir. Çalıştığımız türün metanol ve etanol özütlerinin de aynı suşlara karşı aktivite gösterdiği fakat bulunan MİK değerlerinin araştırmacıların bulduğu değerlere göre daha yüksek yani etkinin daha az olduğu görülmüştür (Tablo 2). Ayrıca çalışmamızdan farklı olarak araştırmacılar *E. coli* bakterisi ve *C. albicans* maya suşuna karşı da aktivite tespit etmişlerdir. *S. granulatus*'un etanol özütlerinin

denendiği bir başka çalışmada ise *E. coli* ve *S. aureus* bakterilerine karşı 0.064 mg/ml dozda oldukça yüksek aktivite tespit edilmiştir. Tespit edilen bu değer çalışmamıza kıyasla oldukça yüksektir. MİK değerlerinde görülen bu farklılıkların çalışılan *Suillus* türü örneklerinin farklı olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. *S. granulatus*'un etanol özütünün *P. aeruginosa* üzerine denendiği farklı bir çalışmada MİK değeri 5 mg/ml olarak rapor edilmiştir (Volcáo et al., 2021). Rapor edilen bu değer farklı *Suillus* türü olsa da çalışmamızda bulunan 3.12 mg/ml değeriyle oldukça uyumludur. *S. luteus* türüyle yapılan bir başka çalışmada ise (Aytar et al., 2020) etanol özütünün çalışmamızla uyumlu olarak *S. aureus* ve *P. aeruginosa*'ya etkili olduğu, metanol özütünün ise *B. subtilis* ve *K. Pneumoniaea*'ya etki gösterdiği saptanmıştır. Yaptığımız çalışmada ise *K. Pneumoniaea* bakterisine karşı etki gözlenmemiştir. Chaudhary ve ark. (2023) *S. punctatipes* türünün çalışmamızla uyumlu olarak *S. aureus* ve *B. cereus* bakterilerine karşı antibakteriyel aktivite gösterdiğini belirtmişlerdir. Reis ve ark. (2014) farklı ülkeler olan Portekiz ve Sırbistan'dan *S. granulatus* türünü toplayıp metanol özütünün patojen suşlar üzerindeki antimikrobiyal etkisini kıyaslamışlardır. Araştırmacılar *S. aureus* suşu üzerine Portekiz örneğinin 0.15 mg/ml dozunda, Sırbistan örneğinin ise 0.05 mg/ml dozunda etkiye sahip olduğunu, *B. cereus* suşuna karşı ise 0.1 mg/ml (Portekiz) ve 0.04 mg/ml (Sırbistan) dozunda antibakteriyel etki bulmuşlar ve Sırbistan örneğinin daha güçlü etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda *S. aureus* ve *B. cereus* suşları üzerine *S. bovinus* türünün metanol özütü sırasıyla 6.25 mg/ml, 0.19 mg/ml dozunda aktivite göstermiştir. Yapılan bu çalışmalarla aynı suşlar üzerine; farklı iklim şartlarında yetişen aynı tür mantarların, ayrıca aynı cinse ait farklı mantar türlerinin antimikrobiyal aktivitesinin farklı olabileceği ortaya konulmuştur.

Suillus collinitus türünün diklorometan özütünün çeşitli patojen mikroorganizmalar üzerine denendiği bir çalışmada *S. aureus* ve *B. subtilis* bakterilerine karşı sırasıyla 0.031 mg/ml ve 0,625 mg/ml dozlarında aktivite tespit edilirken *P. aeruginosa* bakterisine karşı herhangi bir aktivite belirlenmemiştir (Yamaç and Bilgili, 2006). Yaptığımız çalışmada metanol ve etanol özütleri *S. aureus* suşuna karşı 3.25 mg/ml *B. cereus*'a karşı ise 0.19 ve 0.78 mg/ml dozunda aktivite sergilemiştir. Yine araştırmacılar farklı olarak *P. aeruginosa* bakterisine karşı 3.12 mg/ml aktivite görülmüş olup *E. coli* bakterisine ve *C. albicans* mayasına karşı aktivite belirlenmemiştir. Antimikrobiyal aktivite sonuçlarında görülen farklılıklar, mantarın yetiştirildiği çevresel ve iklim koşullarına, mantar özütlerinin seçimine, ekstraksiyon tekniklerinin farklılığına, kullanılan antimikrobiyal test yöntemine ve çalışmalarda seçilen test mikroorganizmaları gibi çok çeşitli değişkenlere atfedilebilir (Chaudhary et al., 2023).

Sonuç olarak yaptığımız çalışmada *S. bovinus* mantarının etanol ve metanol özütlerinin bazı patojen bakterilere karşı antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu görülmüştür. İleriki çalışmalarla bu doğal kaynaktan elde edilen antimikrobiyal bileşiklerin, yeni ilaçların ve terapötik ajanların geliştirilmesi için potansiyel bir kaynak olacağı düşünülmektedir. Ayrıca yaptığımız literatür incelemesinde *S. bovinus* mantarının antimikrobiyal özellikleri üzerine bir çalışma olmadığı dikkati çekmiştir. Bu sebeple yaptığımız çalışma bu türün antimikrobiyal aktivitesiyle ilgili önemli bir kaynak niteliği taşıyacağı ve ileriki çalışmalara ışık tutacağı düşüncesindeyiz.

Teşekkür

Çalışmada kullanılan mantarın tür teşhisini yapan ve her türlü desteklerini sunan Dr. Öğr. Ü. Sinan ALKAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Kaynaklar

- Arif, T., Bhosale, J., Kumar, N., Mandal, T., Bendre, R., Lavekar, G. and Dabur, R., (2009), Natural products-antifungal agents derived from plants, *Journal of Asian natural products research*, 11 (7), 621-638.
- Aslim, B. and Ozturk, S., (2011), Phenolic composition and antimicrobial and antioxidant activities of *Leucoagaricus leucothites* (Vittad.) Wasser, *Journal of Medicinal Food*, 14 (11), 1419-1424.
- Aytar, E. C., Akata, İ. and Açık, L., (2020), Antioxidant, antimicrobial and anti-proliferative activity of *Suillus luteus* (L.) Roussel extracts, *Journal Of Faculty Of Pharmacy Of Ankara University*, 44 (3), 373-387.
- Aytar, E. C. and Özmen, A., (2020), Cytotoxic and apoptotic activities of *Rhizopogon roseolus* (Corda) Th. Fr. extracts, *International Journal of Secondary Metabolite*, 7 (1), 54-62.
- Chang, R., (1996), Functional properties of edible mushrooms, *Nutrition Reviews*, 54 (11), S91.
- Chaudhary, P., Panth, N., Raut, B. K., Pokhrel, N., Shrestha, N., Shakya, S., Thapa, B., Mishra, A. D. and Parajuli, N., (2023), Biochemical, Antimicrobial, and Antioxidant activities of some wild Mushrooms from Nepal, *Bibechena*, 20 (2), 161-174.
- Cör Andrejč, D., Knez, Ž. and Knez Marevci, M., (2022), Antioxidant, antibacterial, antitumor, antifungal, antiviral, anti-inflammatory, and neuro-protective activity of *Ganoderma lucidum*: An overview, *Frontiers in pharmacology*, 13, 934982.
- Engel, H., Dermek, A., Klofac, W., Ludwig, E. and Brückner, T., (1996), *Schmier-und Filzröhrlinge sl in Europa*, Engel, p.
- Gao, Y., Tang, W., Gao, H., Chan, E., Lan, J., Li, X. and Zhou, S., (2005), Antimicrobial activity of the medicinal mushroom *Ganoderma*, *Food Reviews International*, 21 (2), 211-229.
- Gürgen, A., Bal, C., Krupodorova, T. and Sevindik, M., (2024), Anticholinesterase, Antimicrobial and Antioxidant Activities of Wild Mushroom *Suillus bellinii* (Inzenga) Kuntze, *ISERDAR*, 2 (1), 16-23.
- Gyawali, R. and Ibrahim, S. A., (2014), Natural products as antimicrobial agents, *Food control*, 46, 412-429.
- Han, E. H., Hwang, Y. P., Kim, H. G., Choi, J. H., Im, J. H., Yang, J. H., Lee, H.-U., Chun, S.-S., Chung, Y. C. and Jeong, H. G., (2011), Inhibitory effect of *Pleurotus eryngii* extracts on the activities of allergic mediators in antigen-stimulated mast cells, *Food and chemical toxicology*, 49 (6), 1416-1425.
- Hatvani, N., (2001), Antibacterial effect of the culture fluid of *Lentinus edodes* mycelium grown in submerged liquid culture, *International Journal of Antimicrobial Agents*, 17 (1), 71-74.
- Hirasawa, M., Shouji, N., Neta, T., Fukushima, K. and Takada, K., (1999), Three kinds of antibacterial substances from *Lentinus edodes* (Berk.) Sing.(Shiitake, an edible mushroom), *International Journal of Antimicrobial Agents*, 11 (2), 151-157.
- Knudsen, H. and Vesterholt, J., (2008), *Funga Nordica: agaricoid, boletoid and cyphelloid genera*, (No Title).
- Lull, C., Wichers, H. J. and Savelkoul, H. F., (2005), Antiinflammatory and immunomodulating properties of

- fungal metabolites, *Mediators of inflammation*, 2005 (2), 63-80.
- Matijašević, D., Pantić, M., Rašković, B., Pavlović, V., Duvnjak, D., Sknepnek, A. and Nikšić, M., (2016), The antibacterial activity of *Coriolus versicolor* methanol extract and its effect on ultrastructural changes of *Staphylococcus aureus* and *Salmonella Enteritidis*, *Frontiers in Microbiology*, 7, 1226.
- Opletal, L., Jahodar, L., Chobot, V., Zdanský, P., Lukes, J., Bratova, M., Solichova, D., Blunden, G., Dacke, C. and Patel, A., (1997), Evidence for the anti-hyperlipidaemic activity of the edible fungus *Pleurotus ostreatus*, *British journal of biomedical science*, 54 (4), 240-243.
- Parekh, J. and Chanda, S., (2007), In vitro screening of antibacterial activity of aqueous and alcoholic extracts of various Indian plant species against selected pathogens from Enterobacteriaceae, *Afr J Microbiol Res*, 1 (6), 92-99.
- Reis, F. S., Stojković, D., Barros, L., Glamočlija, J., Ćirić, A., Soković, M., Martins, A., Vasconcelos, M. H., Morales, P. and Ferreira, I. C., (2014), Can *Suillus granulatus* (L.) Roussel be classified as a functional food?, *Food & Function*, 5 (11), 2861-2869.
- Ren, L., Perera, C. and Hemar, Y., (2012), Antitumor activity of mushroom polysaccharides: a review, *Food & Function*, 3 (11), 1118-1130.
- Sesli, E., Asan, A., Selçuk, F., Abacı Günyar, Ö., Akata, I., Akgül, H., Aktaş, S., Alkan, S., Allı, H. and Aydoğdu, H., (2020), Türkiye mantarları listesi, *İstanbul: Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayını*.
- Shamtsyan, M., Konusova, V., Maksimova, Y., Goloshchev, A., Panchenko, A., Simbirtsev, A., Petrishchev, N. and Denisova, N., (2004), Immunomodulating and anti-tumor action of extracts of several mushrooms, *Journal of Biotechnology*, 113 (1-3), 77-83.
- Song, X., Ren, Z., Wang, X., Jia, L. and Zhang, C., (2020), Antioxidant, anti-inflammatory and renoprotective effects of acidic-hydrolytic polysaccharides by spent mushroom compost (*Lentinula edodes*) on LPS-induced kidney injury, *International journal of biological macromolecules*, 151, 1267-1276.
- Statements, P., (2000), Mushrooms, civilization and history, *Growing Gourmet and Medical Mushrooms*, 1-4.
- Šutara, J., Janda, V. and Mikšik, M., (2009), Hřibovitě houby: Čeled' Boletaceae'a rody 'Gyrodon', 'Gyroporus', 'Boletinus'a 'Suillus', *Academia Praha*, p.
- Uysal, I., Koçer, O., Mohammed, F. S., Lekesiz, Ö., Doğan, M., Şabik, A. E., Sevindik, E., Gerçeker, F. Ö. and Sevindik, M., (2023), Pharmacological and nutritional properties: Genus *Salvia*, *Advances in Pharmacology and Pharmacy*, 11 (2), 140-155.
- Volcão, L. M., Fernandes, C. L. F., Ribeiro, A. C., de Lima Brum, R., Eslobão, C. F., Badiale-Furlong, E., Ramos, D. F., Bernardi, E. and da Silva Júnior, F. M. R., (2021), Bioactive extracts of *Russula xerampelina* and *Suillus granulatus* in the in vitro control of *Pseudomonas aeruginosa* phytopathogenic, *South African Journal of Botany*, 140, 218-225.
- Wasser, S. P. and Weis, A. L., (1999), Therapeutic effects of substances occurring in higher Basidiomycetes mushrooms: a modern perspective, *Critical Reviews™ in Immunology*, 19 (1).
- Yamaç, M. and Bilgili, F., (2006), Antimicrobial activities of fruit bodies and/or mycelial cultures of some mushroom isolates, *Pharmaceutical biology*, 44 (9), 660-667.
- Zengin, G., Uysal, A., Gunes, E. and Aktumsek, A., (2014), Survey of phytochemical composition and biological effects of three extracts from a wild plant (*Cotoneaster nummularia* Fisch. et Mey.): A potential source for functional food ingredients and drug formulations, *PLoS One*, 9 (11), e113527.
- Živković, L., Bajić, V., Bruić, M., Borozan, S., Popić, K., Topalović, D., Santibanez, J. and Spremo-Potparević, B., (2019), Antigenotoxic and antioxidant potential of medicinal mushrooms (Immune Assist) against DNA damage induced by free radicals-an in vitro study, *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 845, 403078.

Mevcut sayıya ait içindekiler listesine [DergiPark](#) üzerinden ulaşılabilir

Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi

Dergi web sayfası: dergipark.org.tr/tr/pub/sufefd

Research Article

Fatty Acid Composition Analysis of Some Apiaceae Plants Using Gas Chromatography-Flame Ionization Detector (GC-FID)

Nuraniye Eruygur^{a,1*}, Fatma Ayaz^{a,2}, Yavuz Bağcı^{b,3}, M. Raşit Bakır^{c,4}, Hüseyin Kara^{d,5}^a Department of Pharmacognosy, Faculty of Pharmacy, Selçuk University, Konya, Türkiye^b Department of Pharmaceutical Botany, Faculty of Pharmacy, Selçuk University, Konya, Türkiye^c Department of Analytical Chemistry, Faculty of Pharmacy, Selçuk University, Konya, Türkiye^d Department of Analytical Chemistry, Faculty of Science, Selçuk University, Konya, Türkiye

ARTICLE INFO

Article History

Received 11 June 2024

Revised 9 August 2024

Accepted 1 September 2024

Keywords

Apiaceae

GC-FID

Lipid composition

Fatty acids

Ferulago

ABSTRACT

Background/aim: The Apiaceae family, also referred to as the parsley or carrot family, comprises a diverse group of plants with significant ecological and economic importance. The fundamental building blocks of plant lipids, fatty acids are involved in a number of critical biological functions. Flame ionization detection in gas chromatography (GC-FID) is a potent analytical method widely used for the qualitative and quantitative analysis of fatty acid composition in plant samples.

Materials and methods: In this study, we investigated the fatty acid profiles of several Apiaceae plants using GC-FID to elucidate their lipid composition and potential applications.

Results: A wide spectrum of fatty acids was confirmed, ranging from C6:0 to C22:6. *Astrodaucus orientalis* leaf and fruit were found rich in palmitic acid (C16:0; 35.96% and 37.65%, respectively). *Ferulago asparagifolia* was determined as the richest sample in terms of poly-unsaturated fatty acids such as linoleic acid (C18:2 cis, 25.65%), alpha linoleic acid (C18:3n3, 7.42%) and eicosadienoic acid (C20:2, 32.66%). *Ferulago syriaca* ethanol and hexane extracts contained considerable amount of oleic acid (C 18:1 n9, 40. 37% and 49.19%, respectively).

Conclusion: Our review of the literature revealed that no prior reports have been made about the fatty acid compositions of *Astrodaucus orientalis*, *Ferulago asparagifolia* and *Ferulago syriaca*. As a result, the information provided here may be the first to describe the fatty acid contents of these species. Exploring the lipid profiles of these plants can enhance their potential applications in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries.

Araştırma Makalesi

Gaz Kromatografisi-Alev İyonizasyon Dedektörü (GC-FID) Kullanılarak Bazı Apiaceae Bitkilerinin Yağ Asidi Kompozisyon Analizi

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi

Geliş 11 Haziran 2024

Revizyon 9 Ağustos 2024

Kabul 1 Eylül 2024

Anahtar Kelimeler

Apiaceae

GC-FID

Lipit kompozisyonu

Yağ asitleri

Ferulago

ÖZ

Giriş/amaç: Genellikle havuç veya maydanoz ailesi olarak bilinen Apiaceae ailesi, önemli ekolojik ve ekonomik öneme sahip çeşitli bir bitki grubunu içerir. Yağ asitleri bitki lipidlerinin temel bileşenleridir ve çeşitli biyolojik süreçlerde önemli roller oynarlar. Gaz kromatografisi-alev iyonizasyon tespiti (GC-FID), bitki örneklerindeki yağ asidi bileşiminin kalitatif ve kantitatif analizi için yaygın olarak kullanılan güçlü bir analitik tekniktir.

Gereçler ve yöntemler: Bu çalışmada, lipid kompozisyonlarını ve potansiyel uygulamalarını aydınlatmak için GC-FID kullanarak çeşitli Apiaceae bitkilerinin yağ asidi profillerini araştırdık.

Sonuçlar: C6:0'dan C22:6'ya kadar değişen geniş bir yağ asidi spektrumu doğrulandı. *Astrodaucus orientalis* yaprak ve meyvesi palmitik asit (C16:0; sırasıyla %35.96 ve %37.65) bakımından zengin bulunmuştur. *Ferulago asparagifolia* linoleik asit (C18:2 cis, %25.65), alfa linoleik asit (C18:3n3, %7.42) ve eikosadienoik asit (C20:2, %32.66) gibi çoklu doymamış yağ asitleri açısından en zengin örnek olarak belirlenmiştir. *Ferulago syriaca* etanol ve hekzan ekstraktları önemli miktarda oleik asit (C 18:1 ω9, sırasıyla %40.37 ve %49.19) içermektedir.

Sonuç: Yaptığımız literatür araştırmasına göre, *Astrodaucus orientalis*, *Ferulago asparagifolia* ve *Ferulago syriaca*'nın yağ asidi bileşimleri daha önce rapor edilmemiştir. Bu nedenle, burada sunulan veriler yağ asidi bileşimlerine ilişkin ilk rapor olarak kabul edilebilir.

* Sorumlu Yazar

E-posta adresleri: nuraniye.eruygur@selcuk.edu.tr (N. Eruygur), fatma.ayaz@selcuk.edu.tr (F. Ayaz), ybagci66@gmail.com (Y. Bağcı), rasit.bakir@selcuk.edu.tr (M.R. Bakır), huskara@gmail.com (H. Kara)¹ ORCID: 0000-0002-4674-7009² ORCID: 0000-0003-3994-6576³ ORCID: 0000-0002-2343-3672⁴ ORCID: 0000-0002-3359-2327⁵ ORCID: 0000-0002-0135-3460Doi: [10.35238/sufefd.1490187](https://doi.org/10.35238/sufefd.1490187)

E-ISSN: 2458-9411

Atıf / Cite as

Eruygur, N., Ayaz, F., Bağcı, Y., Bakır, M. R., Kara, H., (2024), Fatty Acid Composition Analysis of Some Apiaceae Plants Using Gas Chromatography-Flame Ionization Detector (GC-FID), *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 50 (2), 66-72.

Makale Bilgisi Article Information

Makale Türü Article Type

Araştırma Makalesi Research Article

Geliş Tarihi Date Received

11 Haziran 2024 11 June 2024

Revizyon Tarihi Date Revised

9 Ağustos 2024 9 August 2024

Kabul Tarihi Date Accepted

1 Eylül 2024 1 September 2024

Yayın Tarihi Date Published

1 Ekim 2024 1 October 2024

Değerlendirme Review Process

İki Dış Hakem, Çift Taraflı Körleme Two External Reviewers, Double-Blind Peer Review

Etik Beyan Ethical Statement

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur (N. Eruygur). It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited (N. Eruygur).

İntihal Kontrolü Plagiarism Check

Bu makale, iTenticate yazılımı ile taranmış ve intihal tespit edilmemiştir. This article has been scanned with iTenticate software and no plagiarism detected.

Çıkar Çatışması Conflict of Interest

Yazarlar, bu makalede bildirilen çalışmayı etkiliyor gibi görünebilecek bilinen hiçbir rakip mali çıkarları veya kişisel ilişkileri olmadığını beyan ederler. The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Finansman Funding

-

Telif Hakkı & Lisans Copyright and License

Yazarlar dergide yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır. Authors own the copyright of their work published in the journal and their work is published under the CC BY-NC 4.0 license.

1. Introduction

The Apiaceae family includes a large number of plant species distributed worldwide, many of which are utilized for their medicinal, culinary, and aromatic properties. Fatty acids are key constituents of plant lipids, such as triglycerides, phospholipids, and glycolipids, and they contribute to the nutritional value and sensory characteristics of plant-based products (Burdge and Calder, 2015). Moreover, fatty acids are also important in plant physiology, as they participate in membrane structure, energy storage, and signaling pathways. Specifically, the Apiaceae family is known for containing unique fatty acids such as petroselinic acid, which has notable biological activities and applications in food, pharmaceuticals, and cosmetics (Wang et al., 2022). This diversity and functionality of fatty acids in the Apiaceae family underscore their importance in both human nutrition and plant physiology (Hajib et al., 2023).

Members of the *Ferulago* W. Koch genus, belonging to the Apiaceae family, are perennial species. The genus comprises 34 taxa, 19 of which are endemic to Turkey, where they are commonly known by various names such as "çakşır, çağşır, kargı, kişnişi, günlükotu, kıkuyruk, kuzukemirdi, şeytanteresi, kaya kişnişi, kır kişnişi" (Saya, 2012). These plants have traditional medicinal uses, including as carminatives, peptics, aphrodisiacs, vermifuges, and for treating ulcers, headaches, snake bites, hemorrhoids, and spleen diseases. They are also used in salads or as spices and are eaten by goats and deer (Erdurak, 2003). Certain *Ferulago* species' roots are used in Turkish traditional medicine for its aphrodisiac qualities as well as for the treatment of cancer and dermatological conditions, while the aerial parts are used as sedatives, immunostimulants, flavors, digestives, tonics, vermifuges, and anti-bronchitis agents (Bulut et al., 2014; Demirci et al., 2014; Karakaya et al., 2018). *Ferulago asparagifolia* Boiss. is a perennial herb which grows in the Western, Southern and Central Anatolia (Alkhatib et al., 2009). The glaucous, perennial, and glabrous species *F. syriaca* Boiss. is found in Hatay, Antalya, and South Anatolia (Peşmen, 1972). One of the other Apiaceae plant, known by most as "mountain carrot" *Astrodaucus orientalis* (L.) Drude is an herbaceous, erect, glabrous perennial plant with a nice scent. It is widely distributed across various regions particularly in fields, slopes, and along roadsides at altitudes ranging from 350 to 2700 meters. This aromatic plant is traditionally used in some parts of Iran and Turkey as a salad, vegetable, and food additives (Nazemiyeh et al., 2009).

Plant seeds are an excellent source of unsaturated fatty acids among other fatty acids. These seeds play a crucial role in providing essential nutrients and healthy fats that are beneficial for overall health (Kapoor et al., 2021). Fatty acids are carboxylic acids with carbon chains ranging from 2 to 36

carbon atoms. They can be classified as either saturated or unsaturated. Monounsaturated and polyunsaturated fatty acids are two types of unsaturated fatty acids. They are important for health because they protect against cardiovascular diseases neurological disease, autoimmune disorders, diabetes, arthritis and arrhythmia (Czumaj and Śledziński, 2020). Polyunsaturated fatty acids are a type of unsaturated fatty acid characterized by having multiple double bonds in a pentadiene configuration along their carbon chain (Tvrzicka et al., 2011). Plant seeds are excellent sources of alpha-linolenic acid (ALA), which is an omega-3 fatty acid. ALA is converted in the body to other beneficial omega-3s like eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid. Omega-3 fatty acids are known for their anti-inflammatory properties and benefits for heart and brain health. Omega-6 fatty acids including linoleic acid (LA), are essential for the body and play a role in skin health, hormone production, and immune function (Damude and Kinney, 2008).

Gas chromatography-Flame Ionization Detector (GC-FID) is a well-established analytical technique for fatty acid analysis due to its high sensitivity, resolution, and ability to identify and quantify a wide range of compounds (Ruiz-Rodriguez et al., 2010). To the best of our knowledge, the fatty acid composition of *A. orientalis*, *F. asparagifolia* and *F. syriaca* have not been subject of previous study until now. By analyzing the fatty acid composition of some Apiaceae plants using GC-FID, we can gain insights into their lipid profiles, identify unique fatty acid constituents, and explore their potential applications in various industries.

2. Materials and Methods

2.1. Plant material

Plant materials from *A. orientalis*, *F. asparagifolia*, and *F. syriaca* were gathered and authenticated by Prof. Dr. Yavuz Bağcı. Voucher specimens are stored in the herbarium of the Faculty of Science at Selçuk University (KNYA), Turkey. Details regarding collection and extract yield are provided in Table 1.

2.2. Extraction

The powdered plant materials were packed in Soxhlet extraction apparatus. Distillation was conducted with n-hexane and then with ethanol separately for each sample for about 4 h. The solvent was removed under reduced pressure using a rotary evaporator (Buchi R-100, Swiss). Recovered fixed oils were transferred in an amber glass bottle and stored at -20°C. The extracted fixed oils were then derivatized with their methyl esters and analyzed using GC-FID equipped with a capillary column for separation and mass spectrometric detection.

Table 1. The collecting information and extract yield of plant materials.

Plant Name	Herbarium /Voucher no.	Locality	Solvent	Yield (g g ⁻¹)
<i>Astrodaucus orientalis</i> (L.) Drude	Bağcı 4209	C4: Karaman-Çakırdağı: Yalnızdağ Hill, rocky slopes, around 1200 m, 14.07.2021	Hexane	Leaf: 2.38% Fruit: 11.20%
			Ethanol	Leaf: 17.82% Fruit: 2.92%
<i>Ferulago asparagifolia</i> Boiss	Bağcı 4206	C4: Antalya; between Gazipaşa-Alanya 10 km, ca. 50 m, 20.07.2021	Hexane	Leaf: 3.02% Fruit: 6.89%
			Ethanol	Leaf: 16.02% Fruit: 2.92%
<i>Ferulago syriaca</i> Boiss.	Bağcı 4205	C6: Hatay, Yayladağ road, rocky places, 450-480 m, 28.07.2021	Hexane	9.78%
			Ethanol	9.37%

2.3. Synthesis of fatty acid methyl esters

Fatty acid methyl esters (FAMES) in plant extracts must be derivatized and converted into volatile form to be analyzed by gas chromatography. For this purpose, sample preparations were completed by considering the EU regulation (Burdge & Calder, 2015). An average of 0.1000 g of the plant extract was weighed and taken into the sample bottle. 10 mL of hexane was added to each extract and vortexed for 10 seconds. The samples were vortexed after the addition of 100 µL of 2 N potassium hydroxide solution in methanol. The solutions were shaken on a vortex for 1 minute. Samples were centrifuged at 2500 × g for 5 min to separate the phases. The supernatant was taken from the samples, whose phases were completely separated, into vials and injected into GC-FID.

2.4. FAME analysis by GC-FID

The analysis of FAME was conducted using the Agilent 6890N gas chromatography system equipped with an FID detector (Agilent Technologies Inc., Wilmington, DE, USA). Separation was performed with a high polarity HP-88 column designed for the separation of FAMES. Helium gas was used as the mobile phase. The injection and detector temperatures were maintained at 250 °C. A gradient temperature program was employed as follows: starting at 45 °C for 0–4 minutes, increasing by 13 °C from 4 to 27 minutes to reach 175 °C, holding at 175 °C for 27 minutes, then increasing by 4 °C from 27 to 35 minutes to 215 °C, and maintaining at 215 °C for 35 minutes. Samples were injected using split injection mode (1 µL). The hydrogen flow rate was 30 mL/min and the dry air flow rate was 300 mL/min. Chromatograms were acquired using the Agilent 1200 Series-B.03.02 software.

3. Results and Discussion

Analysis using GC-FID identified a variety of fatty acids present in the Apiaceae plants under investigation. Among the detected fatty acids were move to after the each palmitic acid (C16:0), stearic acid (C18:0), oleic acid (C18:1), linoleic acid (C18:2), and linolenic acid (C18:3), each showing diverse proportions across different species. Additionally, minor fatty acids and branched-chain fatty acids were also identified, indicating the complexity of the lipid composition in Apiaceae plants. The fatty acid composition of some Apiaceae species expressed as percentage based on dry weight is presented in Table 2-3. The fixed oil content was highest in *A. orientalis* leaf ethanol extract (17.82%) while the lowest in *A. orientalis* leaf hexane extract (2.38%).

A wide spectrum of 27 fatty acids was confirmed, ranging from C6:0 to C22:6 in *A. orientalis* leaf and fruit fixed oils. Palmitic, oleic, linoleic and α-linolenic acid were the major fatty acids present in the *A. orientalis* fixed oils (Figure 1). However, in the fixed oil obtained from leaf of *A. orientalis* eicosadienoic acid was found to be the major fatty acid (51.048%).

The fatty acid composition of *F. asparagifolia* leaf and fruit part extracts are given in Table 3 and Figure 2. When the results were evaluated, the palmitic acid percentage of *F. asparagifolia* leaf ethanol and hexane extracts was found to be higher than other fatty acids (36.87% and 36.40%, respectively). Linoleic acid and oleic acid percentages were determined as 25.8% and 21.8% for hexane extract, respectively. For ethanol extract, it was determined as 24.52% and 21.65%, respectively. The linoleic acid

percentage of *F. asparagifolia* fruit ethanol extract was found to be higher than other fatty acids (38.93%). The percentages of oleic acid and palmitic acid were determined as 21.80% and 36.40% for the leaf hexane extract, respectively. For ethanol extract, it was determined as 21.65% and 36.87%, respectively.

Palmitic acid (16:0) is a saturated fatty acid found in the diet and synthesized endogenously. It is an important component of cell membranes, secretion and transport lipids in our body (Agostoni et al., 2016). It has protective effects on obesity, Type 2 diabetes, cancer and cardiovascular diseases (Mancini et al., 2015). In our study, palmitic acid was found to be the major component in *F. asparagifolia* leaf and linoleic acid was identified as the predominant component in the fruit of the plant. Despite being in the same genus, as can be seen from the results, the amount of linoleic, palmitic and oleic acids was dominant in the ethanol and hexane extracts of *F. syriaca* species (Figure 3), and the amount of oleic acid (40.372% and 49.197%, respectively) was found to be significantly higher than that of *F. asparagifolia* species.

The composition of fatty acids in plants is determined by a combination of genetic factors, environmental conditions, and the stage of development. The presence of specific fatty acids in Apiaceae plants may contribute to their nutritional value, flavor profiles, and potential pharmacological properties. For example, omega-3 fatty acids such as linolenic acid has been linked to numerous health benefits, such as cardiovascular protection and anti-inflammatory effects.

The GC-FID analysis provided detailed information about the fatty acid profiles of Apiaceae plants, which can be valuable for quality control, nutritional assessment, and potential biotechnological applications (Hajib et al., 2023). Further studies could focus on exploring the biosynthesis pathways of unique fatty acids in these plants and investigating their functional roles in plant metabolism and adaptation.

4. Conclusion

In this study, fatty acid constituents of some Apiaceae species were determined by GC-FID. In conclusion, this study demonstrated the application of GC-FID for analyzing the fatty acid composition of Apiaceae plants, revealing a diverse array of fatty acids with potential implications for nutrition, flavor, and health. Exploring the lipid profiles of these plants can enhance their application in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries, highlighting the importance of lipid analysis in plant science research. This was the first report on the study of fatty acid compounds from some Apiaceae family plants including *A. orientalis*, *F. asparagifolia* and *F. syriaca*.

CRedit author statement

NE & FA: Investigation, benchwork, study design, collection, analysis, and interpretation of data, and manuscript writing. YB: Investigation, benchwork, study design, collection, analysis, and interpretation of data, manuscript writing and supervision of the work. MRB & HK: Conceptualization, Benchwork, experimental design, data collection, and reviewing, editing of manuscript.

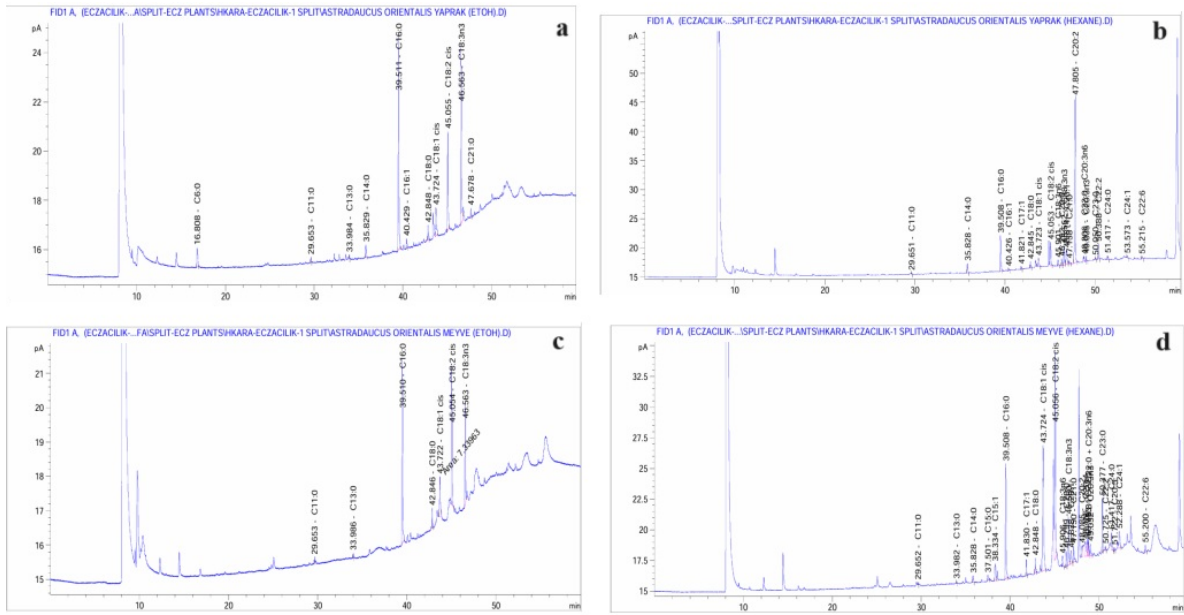


Figure 1. GC-FID chromatograms of ethanol and n-hexane extract of *Astrodaucus orientalis* leaves (a & b) and fruit (c & d).

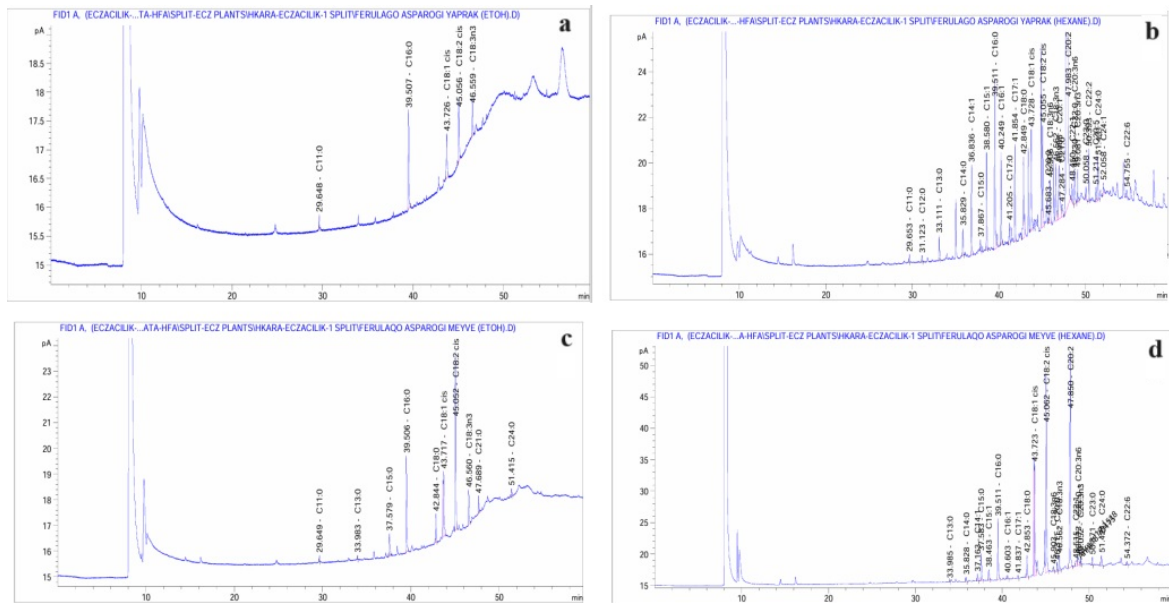


Figure 2. GC-FID chromatograms of ethanol and n-hexane extract of *Ferulago asparagifolia* leaf (a & b) and fruit (c & d).

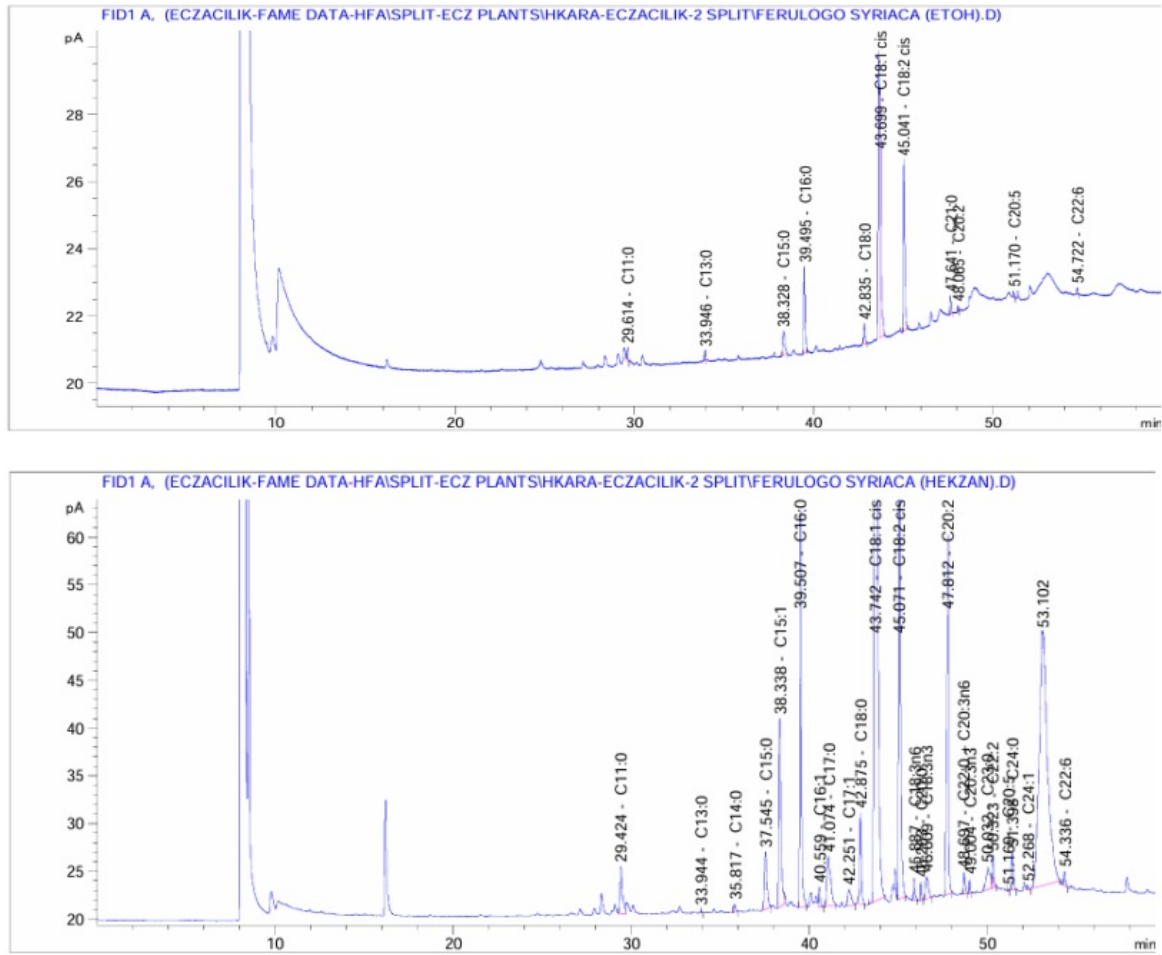


Figure 3. GC-FID chromatogram of *Ferulago syriaca* fruit ethanol and n-hexane extract.

Table 2. Fatty acid composition of hexane and ethanol extract of *Astrodaucus orientalis* leaf and fruit (%).

Fatty acids	<i>Astrodaucus orientalis</i> Leaf		<i>Astrodaucus orientalis</i> Fruit	
	Ethanol	Hexane	Ethanol	Hexane
Caproic acid (C6:0)	4.13	NDT	NDT	NDT
Undecanoic acid (C11:0)	0.48	0.179	0.561	0.133
Lauric acid (C12:0)	NDT	NDT	NDT	NDT
Tridecanoic acid (C13:0)	0.286	NDT	0.487	0.103
Myristic acid (C14:0)	2.141	2.598	NDT	0.736
Gingolic acid (C15:1)	NDT	NDT	NDT	2.661
Palmitic acid (C16:0)	35.969	9.814	37.649	12.760
Palmetoleic acid (C16:1)	1.495	NDT	NDT	NDT
Margaric acid (C17:1)	NDT	NDT	NDT	1.272
Stearic acid (C18:0)	2.397	1.568	3.846	1.581
Oleic acid (C18:1 cis)	6.189	3.201	9.524	22.549
Linoleic acid (C18:2 cis)	16.551	6.548	28.725	24.231
γ -linoleic acid (C18:3n6)	NDT	1.409	NDT	1.055
Arachidic acid (C20:0)	NDT	NDT	NDT	1.223
α -linoleic acid (C18:3n3)	29.289	5.149	19.206	5.276
Eicosenoic acid (C20:1)	NDT	6.920	NDT	2.231
Heneicosanoic acid (C21:0)	1.071	1.000	NDT	1.810
Eicosadienoic Acid (C20:2)	NDT	51.048	NDT	1.535
Eicosatetraenoic acid (C20:4)	NDT	NDT	NDT	3.293
Erucic acid (C22:1)	NDT	NDT	NDT	1.544
Behenic acid + γ -linoleic acid (C22:0 + C20:3n6)	NDT	1.231	NDT	3.193
Eicosatrienoic acid (C20:3n3)	NDT	1.043	NDT	1.284
Tricosanoic acid (C23:0)	NDT	0.436	NDT	4.333
Docosadienoic Acid (C22:2)	NDT	3.346	NDT	0.348
Lignoceric acid (C24:0)	NDT	NDT	NDT	2.253
Nervonic acid (C24:1)	NDT	0.542	NDT	2.756
Docosahexaenoic acid (C22:6)	NDT	0.769	NDT	0.958

NDT: not detected.

Table 3. Fatty acid composition of *Ferulago asparagifolia* and *Ferulago syriaca* extracts (%).

Fatty Acids	<i>Ferulago asparagifolia</i> Leaf		<i>Ferulago asparagifolia</i> Fruit		<i>Ferulago syriaca</i> Fruit	
	Ethanol	Hexane	Ethanol	Hexane	Ethanol	Hexane
Undecanoic acid (C11:0)	2.98	0.11	0.84	NDT	1.161	0.942
Lauric acid (C12:0)	NDT	0.13	NDT	NDT	NDT	NDT
Tridecanoic acid (C13:0)	NDT	0.50	0.44	0.049	0.891	0.016
Myristic acid (C14:0)	NDT	0.63	NDT	0.511	NDT	0.091
Pentadecanoic acid (C15:0)	NDT	NDT	NDT	3.724	5.840	1.199
Ginkgolic acid (C15:1)	NDT	NDT	NDT	1.337	NDT	3.441
Palmitic acid (C16:0)	36.87	36.40	21.095	NDT	14.834	4.903
Stearic acid (C18:0)	NDT	2.27	5.97	2.853	3.386	1.191
Oleic acid (C18:1 cis)	21.65	21.80	15.568	13.907	40.372	49.197
Linoleic acid (C18:2 trans)	NDT	NDT	NDT	NDT	NDT	NDT
Linoleic acid (C18:2 cis)	24.52	25.80	38.930	25.651	29.736	10.834
γ -linoleic acid (C18:3n6)	NDT	1.22	NDT	0.604	NDT	0.244
Alpha linoleic acid (C18:3n3)	13.98	1.69	7.415	2.004	NDT	0.488
Heneicosanoic acid (C21:0)	NDT	0.56	2.571	NDT	2.174	NDT
Eicosadienoic acid (C20:2)	NDT	NDT	NDT	32.658	0.413	5.414
Behenic acid + γ -linoleic acid (C22:0 + C20:3n6)	NDT	0.97	NDT	2.398	NDT	0.285
Eicosatrienoic acid (C20:3n3)	NDT	NDT	NDT	0.499	NDT	0.107
Erucic acid (C22:1)	NDT	0.44	NDT	1.217	NDT	NDT
Eicosapentaenoic acid (C20:5)	NDT	NDT	NDT	NDT	0.491	0.005
Tricosanoic acid (C23:0)	NDT	NDT	NDT	NDT	NDT	0.776
Lignoceric acid (C24:0)	NDT	1.01	1.716	1.16	NDT	0.461
Nervonic acid (C24:1)	NDT	0.34	NDT	NDT	NDT	0.05
Docosahexaenoic acid (C22:6)	NDT	NDT	NDT	NDT	0.702	0.191

NDT: not detected.

References

- Agostoni, C., Moreno, L. and Shamir, R., (2016), Palmitic acid and health: Introduction, *Critical reviews in food science and nutrition*, 56 (12), 1941-1942.
- Alkhatib, R., Hennebelle, T., Roumy, V., Sahpaz, S., Süzgeç, S., Akalın, E., Meriçli, A. and Bailleul, F., (2009), Coumarins, caffeoyl derivatives and a monoterpene glycoside from *Ferulago asparagifolia*, *Biochemical Systematics and Ecology*, 37 (3), 230-233.
- Bulut, G., Tuzlacı, E., Doğan, A., Şenkardes, İ., Doğan, A. and Şenkardes, İ., (2014), An ethnopharmacological review on the Turkish Apiaceae species, *Journal of Faculty of Pharmacy of Istanbul University*, 44 (2), 163-179.
- Burdge, G. C. and Calder, P. C., (2015), Introduction to fatty acids and lipids, *Intravenous Lipid Emulsions*, 112, 1-16.
- Czumaj, A. and Śledziński, T., (2020), Biological role of unsaturated fatty acid desaturases in health and disease, *Nutrients*, 12 (2), 356.
- Damude, H. G. and Kinney, A. J., (2008), Enhancing plant seed oils for human nutrition, *Plant physiology*, 147 (3), 962-968.
- Demirci, S., Özkan, E. E. and Demirci, S., (2014), Ethnobotanical studies of some Apiaceae plants in Kahramanmaraş and a review of their phytochemical studies, *Journal of Faculty of Pharmacy of Istanbul University*, 44 (2), 241-250.
- Erdurak, C. S., (2003), *Ferulago isaurica* Peşmen ve *F. syriaca* Boiss. (Umbelliferae) Türleri Üzerinde Araştırmalar, *Ankara University*, Ankara, 269.
- Hajib, A., El Harkaoui, S., Choukri, H., Khouchlaa, A., Aourabi, S., El Meniy, N., Bouyahya, A. and Matthaeus, B., (2023), Apiaceae Family an Important Source of Petroselinic Fatty Acid: Abundance, Biosynthesis, Chemistry, and Biological Properties, *Biomolecules*, 13 (11), 1675.
- Kapoor, B., Kapoor, D., Gautam, S., Singh, R. and Bhardwaj, S., (2021), Dietary polyunsaturated fatty acids (PUFAs): Uses and potential health benefits, *Current nutrition reports*, 10, 232-242.
- Karakaya, S., Koca, M., Kılıç, C. S. and Coskun, M., (2018), Antioxidant and anticholinesterase activities of *Ferulago syriaca* Boiss. and *F. isaurica* Peşmen growing in Turkey, *Medicinal Chemistry Research*, 27, 1843-1850.
- Mancini, A., Imperlini, E., Nigro, E., Montagnese, C., Daniele, A., Orrù, S. and Buono, P., (2015), Biological and nutritional properties of palm oil and palmitic acid: effects on health, *Molecules*, 20 (9), 17339-17361.
- Nazemiyeh, H., Razavi, S. M., Delazar, A., Asnaashari, S., Khoi, N. S., Daniali, S., Nahar, L. and Sarker, S. D., (2009), Distribution profile of volatile constituents in different parts of *Astrodaucus orientalis* (L.) Drude, *Records of Natural Products*, 3 (3).
- Peşmen, H., (1972), *Ferulago* W.Koch., *Edinburgh*, Edinburgh University Press, p.
- Ruiz-Rodriguez, A., Reglero, G. and Ibañez, E., (2010), Recent trends in the advanced analysis of bioactive fatty acids, *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 51 (2), 305-326.
- Saya, O., (2012), *Ferulago* W. Koch, *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)*, *Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını*, (Eds): Güner, A., S. Aslan, T. Ekim, M. Vural and M. Babaç, *Istanbul*, 62-64.
- Tvrzicka, E., Kremmyda, L.-S., Stankova, B. and Zak, A., (2011), Fatty acids as biocompounds: their role in human metabolism, health and disease-a review. part 1: classification, dietary sources and biological functions, *Biomedical Papers of the Medical Faculty of Palacky University in Olomouc*, 155 (2).
- Wang, X.-J., Luo, Q., Li, T., Meng, P.-H., Pu, Y.-T., Liu, J.-X., Zhang, J., Liu, H., Tan, G.-F. and Xiong, A.-S., (2022), Origin, evolution, breeding, and omics of Apiaceae: a family of vegetables and medicinal plants, *Horticulture Research*, 9, uhac076.

Mevcut sayıya ait içindekiler listesine [DergiPark](#) üzerinden ulaşılabilir

Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi

Dergi web sayfası: dergipark.org.tr/tr/pub/sufefd

Research Article

Synthesis and Characterization of s-Triazine Cored Schiff Base Containing β -lactam and Its [M(Salen/Saloph)] (M= Cr³⁺ and Fe³⁺) Capped ComplexesAhmet Caymaz^{a,1}, Ahmed Hamdi Mirghani^{a,2}, Saban Uysal^{a,3*}^a Karabük University, Science Faculty, Department of Chemistry Karabük, Türkiye

ARTICLE INFO

Article History

Received 29 May 2024

Revised 27 August 2024

Accepted 1 September 2024

Keywords

6-APA
s-triazine
Salen
Saloph
Metal complexes

ABSTRACT

This study consists of a tripodal 6-iminopenicylanic acid ligand synthesized based on the s-triazine group and its four trinuclear complexes. For this purpose, 2,4,6-tri(p-formylphenoxy)-1,3,5-triazine (III) (TRIPOD) was obtained from the reaction of 2,4,6-trichloro-1,3,5-triazine and 4-hydroxybenzaldehyde. Then, tripodal target ligand (V) was obtained from the reaction of TRIPOD and 6-aminopenicylanic acid. Finally, tripodal trinuclear (ML) capped target complexes were obtained from the reactions of the initial complexes [(ML)₂O] (M= Cr³⁺ or Fe³⁺, L= Salen or Saloph) with the target ligand in methanol media. The structures of all obtained ligands were elucidated using ¹H NMR, FT-IR, and elemental analysis methods. The structures of the complexes were characterized using FT-IR, magnetic susceptibility, ICP-OES, and TGA methods.

Araştırma Makalesi

 β -laktam İçeren s-Triazin Merkezli Schiff Bazı ve Onun [M(Salen/Saloph)] (M= Cr³⁺ ve Fe³⁺) Başlıklı Komplekslerinin Sentezi ve Karakterizasyonu

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi

Geliş 29 Mayıs 2024

Revizyon 27 Ağustos 2024

Kabul 1 Eylül 2024

Anahtar Kelimeler

6-APA
s-triazine
Salen
Saloph
Metal kompleksleri

ÖZ

Bu çalışma, s-triazin grubu ve onun dört trinükleer kompleksine dayalı olarak sentezlenen tripodal 6-iminopenisilanik asit ligandından oluşmaktadır. Bu amaçla 2,4,6-trikloro-1,3,5-triazin (III) (TRIPOD) ve 4-hidroksibenzaldehitin reaksiyonundan 2,4,6-tri(p-formilfenoksi)-1,3,5-triazin elde edildi. Daha sonra TRIPOD ve 6-aminopenisilanik asitin reaksiyonundan tripodal hedef ligandı (V) elde edildi. Son olarak, başlangıç komplekslerinin [(ML)₂O] (M= Cr³⁺ veya Fe³⁺, L= Salen veya Saloph) metanol ortamında hedef ligand ile reaksiyonlarından tripodal trinükleer (ML) başlıklı hedef kompleksleri elde edildi. Elde edilen tüm ligandların yapıları ¹H NMR, FT-IR ve elementel analiz yöntemleri kullanılarak aydınlatıldı. Komplekslerin yapıları FT-IR, manyetik duyarlılık, ICP-OES ve TGA yöntemleri kullanılarak karakterize edildi.

* Sorumlu Yazar

E-posta adresleri: ahmetcaymaz92@hotmail.com (A. Caymaz), dr.ahmedabuharaz@gmail.com (A.H. Mirghani), sabanuysal@karabuk.edu.tr (S. Uysal)

¹ ORCID: 0009-0005-3771-5856² ORCID: 0009-0005-8730-9573³ ORCID: 0000-0003-1061-6143

Doi: 10.35238/sufefd.1490910

E-ISSN: 2458-9411

Atıf / Cite as

Caymaz, A., Mirghani, A. H., Uysal, S., (2024), Synthesis and Characterization of s-Triazine Cored Schiff Base Containing β -lactam and Its $[M(\text{Salen}/\text{Saloph})]$ ($M= \text{Cr}^{3+}$ and Fe^{3+}) Capped Complexes, *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 50 (2), 73-79.

Makale Bilgisi Article Information

Makale Türü Article Type

Araştırma Makalesi Research Article

Geliş Tarihi Date Received

29 Mayıs 2024 29 May 2024

Revizyon Tarihi Date Revised

27 Ağustos 2024 27 August 2024

Kabul Tarihi Date Accepted

1 Eylül 2024 1 September 2024

Yayın Tarihi Date Published

1 Ekim 2024 1 October 2024

Değerlendirme Review Process

İki Dış Hakem, Çift Taraflı Körleme Two External Reviewers, Double-Blind Peer Review

Etik Beyan Ethical Statement

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur (S. Uysal). It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited (S. Uysal).

İntihal Kontrolü Plagiarism Check

Bu makale, iTenticate yazılımı ile taranmış ve intihal tespit edilmemiştir. This article has been scanned with iTenticate software and no plagiarism detected.

Çıkar Çatışması Conflict of Interest

Yazarlar, bu makalede bildirilen çalışmayı etkiliyor gibi görünebilecek bilinen hiçbir rakip mali çıkarları veya kişisel ilişkileri olmadığını beyan ederler. The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Finansman Funding

Bu çalışmanın Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından maddi olarak desteklendiğini bildiririz (Proje No: KBUBAP-21-YL-082). We acknowledge that this study was financially supported by the Karabuk University Scientific Research Projects Coordinatorship (Project No: KBUBAP-21-YL-082).

Telif Hakkı & Lisans Copyright and License

Yazarlar dergide yayınlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır. Authors own the copyright of their work published in the journal and their work is published under the CC BY-NC 4.0 license.

1. Introduction

In the structures of heterocyclic compounds, s-triazine compounds are formed by the substitution of 3 nitrogen

atoms in a symmetrical manner with carbon atoms. The simplest form of this substance in aromatic ring structure is 1,3,5-triazine. Due to their symmetric structure, 1,3,5-triazines were initially named sym-triazines, but nowadays they are simply referred to as s-triazines. The most used s-triazine is cyanuric chloride (2,4,6-trichloro-s-triazine), with a melting point in the range of 145-147 °C. This product, synthesized from cyanuric chloride and/or cyanuric acid, has a specific gravity of 1.32 g/cm³ and a molecular weight of 184.41 g/mol. Ligands containing s-triazine remain stable even at temperatures above 150 °C. The discovery of the biological activity of triazine derivatives and their potential use in cancer treatments has given importance to these substances (De Hoog et al., 2002; Srinivas et al., 2005). They have many other applications such as bioinorganic chemistry, materials chemistry, coordination chemistry, and the plastic industry. In coordination chemistry, the ability of s-triazine derivatives to form complexes with transition metals is significant (Uysal and İsmet Uçan, 2009; Koç, 2011; Shiju et al., 2015). In the textile field, they are important due to their use as reactive dyeing agents in the production of wrinkle-resistant materials (Agathian et al., 2018; Wu et al., 2018). They undergo hydrolysis only when exposed to concentrated mineral acids thermally (Yuste et al., 2009).

The identification of 6-aminopenicillanic acid (6-APA) in 1957 and its subsequent adoption as the foundational constituent for the synthesis of all semi-synthetic penicillin represents a seminal advancement within the pharmaceutical domain. Characterized by its white hue and crystalline configuration, 6-APA assumes a pivotal role as the precursor in the manufacture of prevalent synthetic penicillin such as amoxicillin and ampicillin. This compound is derived through the enzymatic hydrolysis of Penicillin G, underscoring its foundational significance in the pharmaceutical production chain (Yabalak et al., 2017). The basic structure of penicillin contains a 6-APA. In other words, they are all derivatives of 6-APA. The chemical structure of 6-APA includes a thiazolidine ring, this ring is connected to a beta-lactam ring. It is attached to a (NH₂) group on the beta-lactam ring and to a carboxylic acid group on the thiazolidine ring. The synthesis of 6-APA started in the 1970s at the Gist-Brocades Company using harmful chemicals and solvents in a traditional synthesis method. The use of this method lasted for about 20 years and was replaced by the PA hydrolysis reaction. With this method, a high amount of 6-APA can be obtained from penicillin G (Hacıoğlu, 2014).

In the literature, there are many β-lactam substituted Schiff bases and some of their biological activity studies. However, there are no s-triazine cored β-lactam derivatives in the literature. As we mentioned above, 6-APA derivatives are known to have some biological activities. We hope that the ligands we obtained in this study will also show anticancer, antioxidant and antifungal activities.

In this study, we aim to synthesize and characterize s-triazine derivatives containing 6-APA and some of their [M(Salen/Saloph)] capped transition metal complexes. Therefore, the main purpose of this study is to produce thermally resistant original materials with paramagnetic properties.

2. Experimental Section

2.1. Materials and methods

All chemicals and solutions employed in this study were procured from Merck (Sigma-Aldrich) Company. ¹H-NMR analyses were performed on a Bruker Avance Core NMR spectrometer (400 MHz) device. Fourier-transform infrared (FTIR) spectrometry analyses were conducted with Thermo Scientific ID5 with ID7 ATR apparatus. Magnetic susceptibility measurements of the complexes were taken using the Gouy method with Hg[Co(SCN)₄] as the calibrant, on the Sheerwood Scientific MX Gouy device. The effective magnetic moments, μ_{eff}, per metal atom were calculated from the expression: μ_{eff} = 2.84√X_MT B.M., where X_M is the molar susceptibility. The metal contents of each complex were determined on a Perkin Elmer Optima 7000 DV Model Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrophotometer (ICP-OES). The mass spectra of the ligands were determined by ESI(+) method and a Thermo TSQ Quantum Access device was used. The melting points of the compounds were determined using a Thermo Scientific IA9000 device. Elemental analyses were performed using a LECO 932 CHNS instrument and the results were within ±0.4% of the theoretical values.

The following chemicals and solvents were purchased from the specified companies: cyanuric chloride (Merck), 4-hydroxybenzaldehyde (Sigma), o-phenylenediamine (Sigma), ethylenediamine (Sigma), salicylaldehyde (Sigma), 6-aminopenicillanic acid (Sigma), Chromium(III) chloride hexahydrate (Sigma), Iron(III) chloride (Sigma), N,N-diisopropylethylamine (DIPEA) (Sigma), solvents including ethanol (Merck), methanol (Sigma), and diethyl ether (Sigma). 2,4,6-tri(p-formylphenoxy)-1,3,5-triazine (TRIPOD), which are used in the formation reactions of cyanuric chloride and 4-hydroxybenzaldehyde, have been synthesized and utilized according to the literature (Tahmassebi and Sasaki, 1994). The starting complexes, which are used in the formation reactions of complexes and referred to as ligand complexes [(ML)₂O] (M = Cr³⁺ or Fe³⁺, L = Salen or Saloph), have been synthesized and utilized according to the literature (Kopel et al., 1998).

2.2. Synthesis of compound (V)

6-Aminopenicillanic acid (IV) (0.3244 g, 1.5 mmol) was dissolved in 50 mL of ethanol, and then 2,4,6-tri(p-formylphenoxy)-1,3,5-triazine (III) (0.22 g, 0.5 mmol) and 0.3 mL of DIPEA were added to the solution. The temperature was set to 85°C and stirred under a reflux for 90 minutes. After that, the solvent of the resulting mixture was evaporated under vacuum. The solid residue was washed with diethyl ether to remove DIPEA. The product was recrystallized from ethanol. The structure of the product was elucidated using FT-IR, ¹H NMR, and mass spectrometry.

Compound (V): MA = 1036.12 g, m/z: 1035.30 (100%), 716.17 (44%), and 413.07 (28%); Color: Yellow solid; Yield: 0.3367 g (65%); Melting Point: 145-148°C; FT-IR (ATR, cm⁻¹) δ (ppm): 2929 (C-H), 1603 (C=Nimine), 1557 (C=Ntriazine), 1297 (C-Ophen), 1684 (C=O), 1761 (C=Oacid), 1357 (COO-bending); ¹H NMR (400 MHz, DMSO-d₆): 1.20 (m, 18H), 2.97 (d, 3H), 3.49 (s, 3H), 3.88 (d, 3H), 6.96 (d, 6H), 7.75 (d, 6H), 8.52 (s, 3H), 10.98 (s, 3H); ¹³C NMR (100 MHz, DMSO-d₆): 182.38 (3C), 171.85 (3C), 170.58 (3C), 161.49 (3C), 155.53 (3C), 132.14 (3C), 130.83 (6C), 121.05 (6C), 79.50 (3C), 73.90 (3C), 68.50 (3C), 64.10 (3C), 29.80 (6C) Analyzed/Found: C: 55.64/55.61, H: 4.38/4.35, N: 12.17/12.14, O: 18.53/18.50, S: 9.28/9.25.

2.3. Synthesis of complexes (VI-IX)

Ligand (V) (1.0361 g, 1.00 mmol) is dissolved in 150 mL methanol, and $\{[M(\text{Salen}/\text{Saloph})_2\text{O}]\}$ ligand complexes (1.50 mmol) in 20 mL methanol are added to this solution. It is mixed under reflux at 80°C for 3 hours. At the end of the reaction, excess methanol is evaporated. The remaining solid is washed with diethylether, air dried.

Complex (VI): $M_A = 1987.97$ g, Dark green solid; μ_{eff} : 3.84 B.M.; Yield: 1.4313 g (72%); Melting Point: ≥ 200 °C (dec.); FTIR (ATR, cm^{-1}): 2970 (C-H), 1613 (C=N_{im}), 1595 (C=N_{trz}), 1305 (C-O_{phen}), 1684 (C=O), 1362 (COO_{bend}); Analyzed/Found: C: 57.96, H: 4.22, Cr: 7.81, N: 10.53, O: 14.45, S: 4.80.

Complex (VII): $M_A = 1999.51$ g, Dark brown solid; μ_{eff} : 1.83 B.M.; Yield: 1.4796 g (74%); Melting Point: ≥ 200 °C (dec.); FTIR (ATR, cm^{-1}): 2898, 2979 (C-H), 1621 (C=N_{im}), 1596 (C=N_{trz}), 1297 (C-O_{phen}), 1679 (C=O), 1382 (COO_{bend}); Analyzed/Found: C: 57.63, H: 4.19, Fe: 8.34, N: 10.47, O: 14.36, S: 4.77.

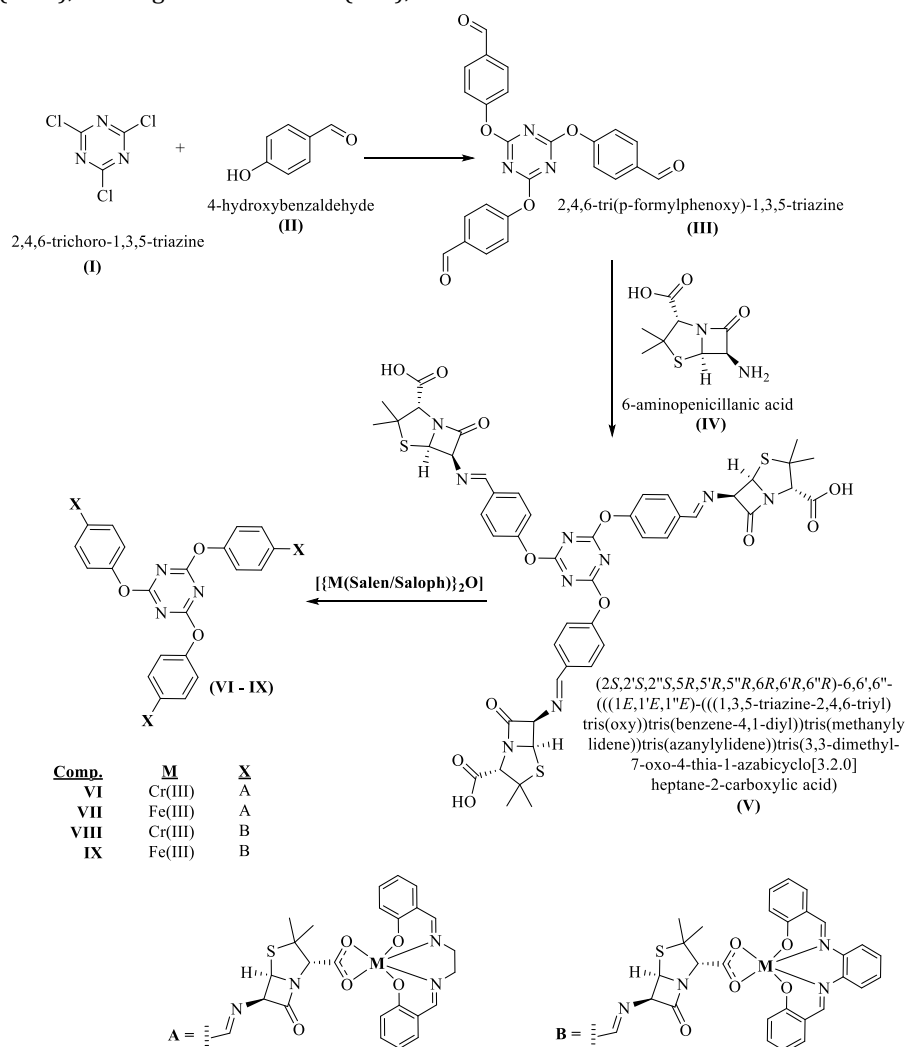
Complex (VIII): $M_A = 2132.10$ g, Yellow solid; μ_{eff} : 3.87 B.M.; Yield: 1.4725 g (70%); Melting Point: ≥ 200 °C (dec.); FTIR (ATR, cm^{-1}): 2696 (C-H), 1603 (C=N_{im}), 1578 (C=N_{trz}), 1314 (C-O_{phen}), 1680 (C=O), 1364 (COO_{bend}); Analyzed/Found: C: 60.81, H: 3.94, Cr: 7.28, N: 9.82, O: 13.47, S: 4.48.

Complex (IX): $M_A = 2143.64$ g, Dark red solid; μ_{eff} : 1.84 B.M.; Yield: 1.6292 g (76%); Melting Point: ≥ 200 °C (dec.);

FTIR (ATR, cm^{-1}): 2924, 3010, 3043 (C-H), 1603 (C=N_{im}), 1578 (C=N_{trz}), 1314 (C-O_{phen}), 1696 (C=O), 1376 (COO_{bend}); Analyzed/Found: C: 60.48, H: 3.92, Fe: 7.79, N: 9.80, O: 13.40, S: 4.46.

3. Results and Discussion

In this study, 2,4,6-trichloro-1,3,5-triazine (Cyanuric chloride) was used as the starting material. According to the literature, to obtain 2,4,6-tri(p-formylphenoxy)-1,3,5-triazine (TRIPPOD), cyanuric chloride (CC) was reacted with 4-hydroxybenzaldehyde in a benzene environment (Tahmassebi and Sasaki, 1994). After this stage, TRIPPOD was used as the central compound. TRIPPOD was reacted with 6-aminopenicillanic acid in the presence of diisopropylethylamine (DIPEA) in an ethyl alcohol media under reflux to obtain compound (V). Tripodal complexes (VI-IX) were obtained from the reaction of the tripodal ligand and $\{[M(\text{Salen}/\text{Saloph})_2\text{O}]\}$ initial complexes in an ethanol media (Scheme 1). The structures of the obtained ligands were elucidated by ¹H-NMR, FT-IR, elemental analysis, and mass spectroscopy methods. The structures of all obtained complexes were characterized by FTIR, magnetic susceptibility, elemental analysis, and ICP-OES methods.



Scheme 1. (6-APA)3TRP synthesis reaction.

3.1. Evaluation of ¹H and ¹³C NMR spectra

When we examined the ¹H-NMR spectrum of the ligand (V) synthesized in our study, the ¹H NMR signal observed as

a multiplet at 1.20 ppm corresponds to 18 protons, which are the methyl groups attached to the three thiazolidine rings (H_i). The observation of the protons H_e and H_a on the beta-lactam ring separately as doublets at 2.97 and 3.88 ppm, respectively, and the observation of three H_h protons in the acid group attached to the thiazolidine ring as a singlet at 10.98 ppm, the observation of three H_g protons as a singlet at 3.49 ppm, and most importantly, the observation of a singlet signal corresponding to three H_c protons at 8.52 ppm, and the absence of the singlet signal for TRIPOD at 10.00 ppm, as well as the observation of aromatic signals H_a and H_b as doublets at 6.96 ppm and 7.75 ppm, respectively, have shown that the targeted ligand has been successfully synthesized (Figure 1) (Yuste et al., 2009; Koç, 2011; Hacıoğlu, 2014; Yabalak et al., 2017; Agathian et al., 2018; İşçi and Uysal, 2018; Wu et al., 2018; Kiyamaz and Uysal, 2023).

The ^{13}C NMR signals observed at 182.38 ppm (3C), 171.85 ppm (3C), 170.58 ppm (3C), 161.49 ppm (3C), 155.53 ppm (3C), 132.14 ppm (3C), 130.83 ppm (6C), 121.05 ppm (6C), 79.50 ppm (3C), 73.90 ppm (3C), 68.50 ppm (3C), 64.10 ppm (3C), and 29.80 ppm (6C) are also strong evidence that ligand V was successfully synthesized (Figure 2).

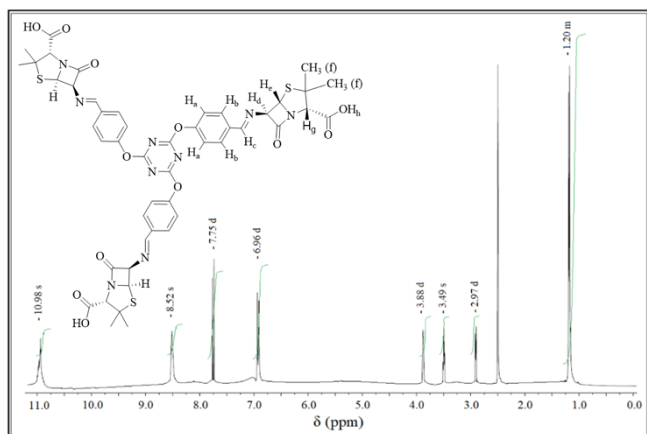


Figure 1. ^1H -NMR spectrum of compound (V).

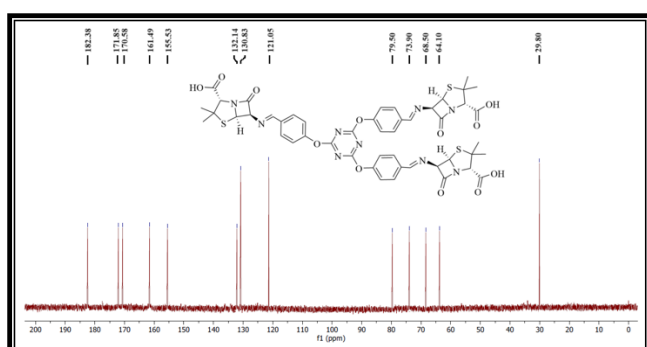


Figure 2. ^{13}C -NMR spectrum of compound (V).

3.2. Evaluation of FT-IR spectra

In our study, when we examined the FT-IR spectrum of the ligand (V), the observation of the azomethine ($-\text{C}=\text{N}-$) band at 1604 cm^{-1} instead of the $\text{C}=\text{O}$ band at 1695 cm^{-1} for TRIPOD (III), and the NH_2 bending band at 1620 cm^{-1} for 6-aminopenicillanic acid (III), along with the specific bands at 1684 cm^{-1} for the beta-lactam group and at 1761 cm^{-1} for the acid carbonyl of compound (V) demonstrate the successful synthesis of the target tripodal ligand (Figure 3) (Yuste et al., 2009; Koç, 2011; Hacıoğlu, 2014; Yabalak et al., 2017; Agathian et al., 2018; İşçi and Uysal, 2018; Wu et al., 2018; Kiyamaz and Uysal, 2023).

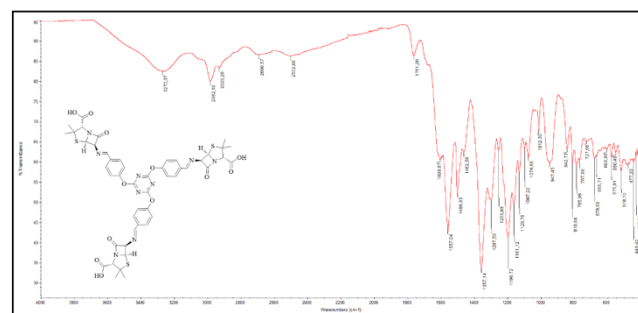


Figure 3. FT-IR spectrum of compound V.

$[\text{M}(\text{Salen}/\text{Saloph})]$ ($\text{M}=\text{Cr}^{3+}$ and Fe^{3+}) capped tripodal trinuclear complexes were obtained from the reaction of the ligand and 1.5 equimolar amounts of $[(\text{MSalen}/\text{Saloph})_2\text{O}]$ in methanol medium. When we examined the FT-IR spectra of these tripodal homonuclear $[\text{M}(\text{Salen}/\text{Saloph})]$ capped complexes, the observed band at 1761 cm^{-1} for the carboxylic acid carbonyl group ($\text{C}=\text{O}$) shifted to the range of $1737\text{--}1741\text{ cm}^{-1}$, demonstrating complexation between the caps and the ligand. FTIR spectra of all complexes were given in Figure 4 (Kopel et al., 1998; Uysal and İsmet Uçan, 2009; İşçi and Uysal, 2018; Kiyamaz and Uysal, 2023).

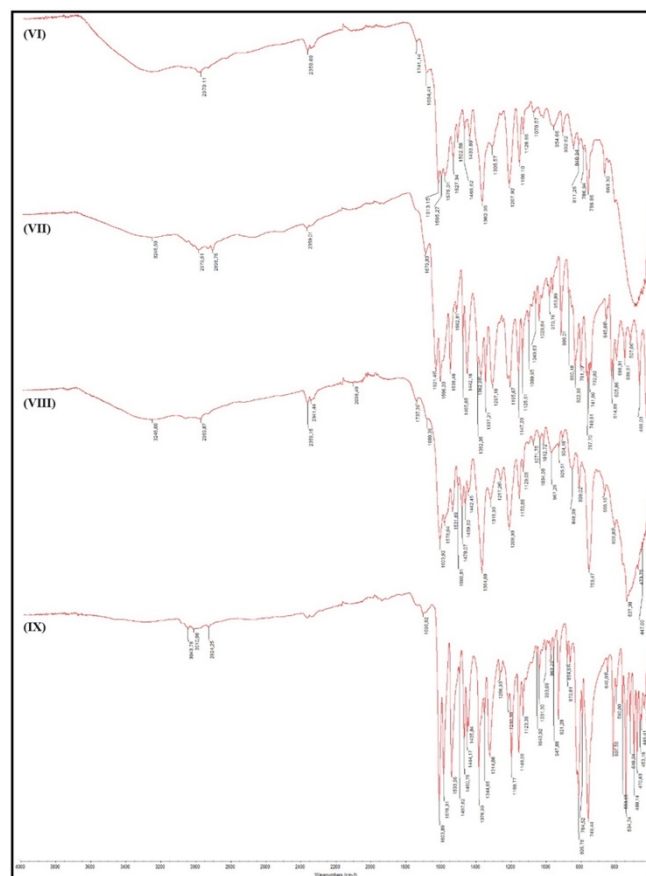


Figure 4. FTIR spectra of all complexes.

3.3. Evaluation of ESI-MS spectrum for ligand V

When the ESI-MS spectrum of ligand V is examined, the signal at $m/z = 1035.30$ (100%) is associated to the molecular ion peak. Since the device works with the electron spray ionization principle, the fragments formed as a result of the molecule decomposition are also associated to the signals at 716.17 (% 44), and 413.07 (% 28) in the spectrum. The predicted formulas of the corresponding molecules due to aforementioned signals are shown in Figure 5.

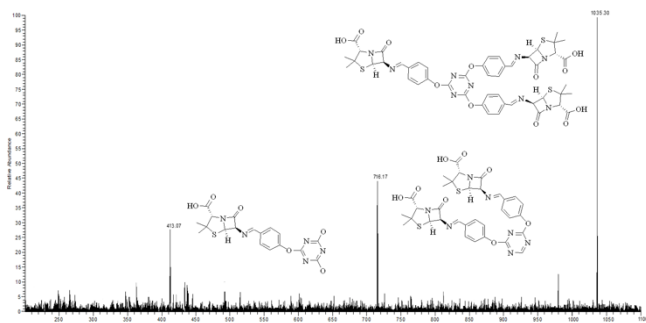


Figure 5. ESI-MS spectrum of compound V.

3.4. Evaluation of magnetic susceptibility results

In our study, magnetic susceptibility values of all synthesized tripodal trinuclear complexes were measured at room temperature using a Gouy balance to determine their molecular geometries. The effective magnetic moments, μ_{eff} , per metal atom were calculated from the expression: $\mu_{\text{eff}} = 2.84\sqrt{X_M}T$ B.M., where X_M is the molar susceptibility. The molar magnetic susceptibility (μ_{eff}) values of all complexes in terms of Bohr magneton (B.M.) are given below.

Complexes VI and VIII were measured paramagnetically, each having values of 3.84 and 3.87 B.M., respectively, with a $t_{2g}^3e_g^0$ electron configuration for each Cr(III) ion. Similarly, complexes VII and IX with d^5 electron configuration, were measured paramagnetically, each having values of 1.83 and 1.84 B.M., respectively, with a $t_{2g}^5e_g^0$ electron configuration for each Fe(III) ion. According to our literature research, $[M(\text{Salen}/\text{Saloph})_2\text{O}]$ complexes are high spin complexes with a $t_{2g}^3e_g^2$ electron configuration, and it is known that another ligand can coordinate with them. Therefore, they are referred to as ligand complexes. When another monodentate ligand coordinates with these ligand complexes, their electronic configurations remain the same, but when a bidentate ligand coordinates with both teeth, it transitions to a low-spin electronic configuration. In other words, when other ligands coordinated to the centers of these ligand complexes force the metal ion into an octahedral geometry, low spin-capped complexes are formed. According to the results, $[M(\text{Salen}/\text{Saloph})]$ ($M=\text{Cr}^{3+}$ and Fe^{3+}) capped tripodal homonuclear complexes were evaluated as having octahedral geometry since they are low-spin complexes (Uysal and İsmet Uçan, 2009; Uysal and Koc, 2010; İşçi and Uysal, 2018; Uysal and Koç, 2018; Mahamoud Aouled and Uysal, 2021; Aouled and Uysal, 2023; Kiymaz and Uysal, 2023)

3.5. Assessment of TGA results of some complexes

In our study, one of the complexes we obtained (Compound VII), thermogravimetric analysis (TGA) was performed under an N_2 atmosphere with a heating rate of $10^\circ\text{C}/\text{min}$ in the range of $50\text{--}800^\circ\text{C}$ to determine the thermal behaviours (Figure 6). From the thermogravimetric analysis graph of the compound (VII), it is observed that the decomposition occurs in three steps. In the first step, with a 5.00% weight loss, the CO_2 group is detached from the molecule and the FeSalen caps are separated from the main body (Uysal and İsmet Uçan, 2009; Uysal and Koc, 2010; İşçi and Uysal, 2018; Uysal and Koç, 2018; Mahamoud Aouled and Uysal, 2021; Aouled and Uysal, 2023; Kiymaz and Uysal, 2023). The theoretical weight loss at this step is 6.60%. In the second step, with a 42.00% weight loss, the organic structure attached to the center is separated from the medium. The

theoretical weight loss at this step is 41.16%. In the final step, a 34.00% weight loss indicates the decomposition of the salen group bound to iron. The theoretical weight loss at this step is 35.15%. Since the heating process was terminated at 800°C , further weight losses could not be observed. Upon FTIR and ICP-OES analysis of the remaining substances from the TGA analysis, it was determined that the remaining substances after decomposition were cyanide chloride center and Fe_2O_3 . This experimental data are in good harmony with the theoretical data.

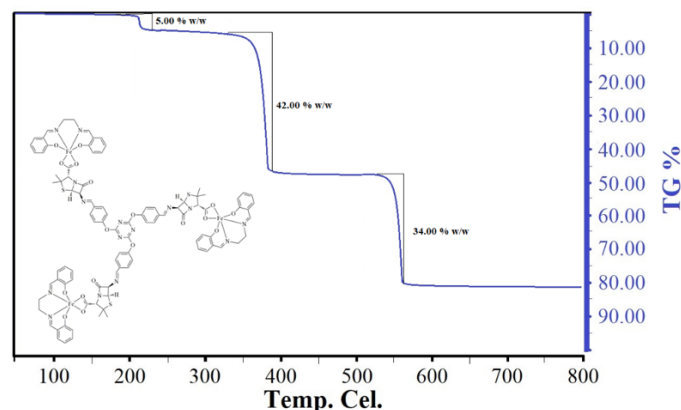


Figure 6. TGA curve of the complex (VII).

4. Conclusion

In this work, a novel s-triazine based tripodal 6-iminopenicyclanic acid ligand (V) was adeptly synthesized and meticulously characterized through the application of elemental analysis, ^1H NMR, FTIR spectroscopy, and thermogravimetric analysis. $[M(\text{Salen}/\text{Saloph})]$ capped trinuclear complexes (VI-IX) of this ligand were synthesized in ethanol media. Their structures were characterized using FTIR spectroscopy, metal concentration determination by ICP-OES spectroscopy, magneto chemical analysis, and thermogravimetric analysis. From the TGA result, it was understood that the resulting complexes showed high thermal stability. All Cr^{3+} complexes were found to be paramagnetic with three unpaired electron, and each Cr^{3+} ion was characterized as an inner orbital complex with a $t_{2g}^3e_g^0$ electron configuration. Similarly, the Fe^{3+} complexes were also paramagnetic with a low-spin 1 unpaired electron, and each Fe^{3+} ion formed an inner orbital complex with a $t_{2g}^5e_g^0$ electron configuration.

CRedit author statement

AC: Experimental study and structural characterization.
 AHM: Experimental study and structural characterization.
 Writing-reviewing,
 SU: Reviewing & editing, resources, supervision, project administration.

References

- Agathian, K., Kannammal, L., Meenarathi, B., Kailash, S. and Anbarasan, R., (2018), Synthesis, characterization and adsorption behavior of cotton fiber based Schiff base, *Int. J. Biol. Macromol.*, 107, 1102-1112.
- Aouled, I. M. and Uysal, S., (2023), Investigation of thermal and magnetic properties of $[M\text{Salen}/\text{Saloph}]$ ($M= \text{Cr}^{3+}$, Fe^{3+} or Co^{3+}) capped dinuclear complexes of two novel tetraoxocalix [2] arene [2] triazine ligands, *J. Mol. Struct.*, 1280, 135084.

- De Hoog, P., Gamez, P., Driessen, W. L. and Reedijk, J., (2002), New polydentate and polynucleating N-donor ligands from amines and 2,4,6-trichloro-1,3,5-triazine, *Tetrahedron Lett.*, 43 (38), 6783-6786.
- Hacıoğlu, C., (2014), Antibiyotik üretiminde kilit unsur olan 6-APA sentezi için katalitik kriyojel kolonlar, Anadolu University (Turkey).
- Isci, B. and Uysal, S., (2018), The synthesis and characterization of [M (salen/salophen/saldeta)] [M= Cr (III), Mn (III) or Fe (III)] capped s-triazine cored tripodal trinuclear Schiff bases complexes, *J. Incl. Phenom. Macrocycl. Chem.*, 92, 281-299.
- Kıymaz, K. and Uysal, S., (2023), The synthesis and characterization of pyridine cored dendrimeric s-Triazine Schiff bases: Investigation of their [MSalen/Salophen] (M= Cr³⁺, Fe³⁺, Co³⁺ and Zr⁴⁺) capped complexes, *J. Mol. Struct.*, 1271, 134029.
- Koc, Z. E., (2011), Complexes of iron (III) and chromium (III) salen and salophen Schiff bases with bridging 1,3,5-triazine derived multidirectional ligands, *J. Heterocycl. Chem.*, 48 (4), 769-775.
- Kopel, P., Sindelar, Z. and Klicka, R., (1998), Complexes of iron (III) salen and saloph Schiff bases with bridging dicarboxylic and tricarboxylic acids, *Transition Met. Chem.*, 23, 139-142.
- Mahamoud Aouled, I. and Uysal, S., (2021), Investigation of [MSalen/salophen] (M= Cr³⁺, Fe³⁺ or Co³⁺) capped dinuclear complexes of two novel tetraoxocalix[2](m-hydroxymethyl) arene [2] triazine compounds, *Synth. Commun.*, 51 (23), 3642-3655.
- Shiju, C., Arish, D., Bhuvanesh, N. and Kumaresan, S., (2015), Synthesis, characterization, and biological evaluation of Schiff base-platinum (II) complexes, *Spectrochim. Acta, Part A*, 145, 213-222.
- Srinivas, K., Srinivas, U., Rao, V. J., Bhanuprakash, K., Kishore, K. H. and Murty, U., (2005), Synthesis and antibacterial activity of 2,4,6-tri substituted s-triazines, *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 15 (4), 1121-1123.
- Tahmassebi, D. C. and Sasaki, T., (1994), Synthesis of a new trialdehyde template for molecular imprinting, *J. Org. Chem.*, 59 (3), 679-681.
- Uysal, S. and Ucan, H. I., (2009), The synthesis and characterization of melamine based Schiff bases and its trinuclear [salen/salophenFe(III)] and [salen/salophenCr(III)] capped complexes, *J. Incl. Phenom. Macrocycl. Chem.*, 65, 299-304.
- Uysal, S. and Koc, Z. E., (2010), Synthesis and characterization of dendrimeric melamine cored [salen/salophFe (III)] and [salen/salophCr (III)] capped complexes and their magnetic behaviors, *J. Hazard. Mat.*, 175 (1-3), 532-539.
- Uysal, S. and Koc, Z. E., (2018), The synthesis and characterization of (MSalen/salophen/saldeta/salpy) [M= Fe (III) or Cr (III)] capped heteromultinuclear schiff bases-dioxime Ni (II) complexes: their thermal and magnetic behaviours, *J. Mol. Struct.*, 1165, 14-22.
- Wu, J.-N., Chen, L., Fu, T., Zhao, H.-B., Guo, D.-M., Wang, X.-L. and Wang, Y.-Z., (2018), New application for aromatic Schiff base: High efficient flame-retardant and anti-dripping action for polyesters, *Chem. Eng. J.*, 336, 622-632.
- Yabalak, E., Dondas, H. A. and Gizir, A. M., (2017), Subcritical water oxidation of 6-aminopenicillanic acid and cloxacillin using H₂O₂, K₂S₂O₈, and O₂, *J. Environ. Sci. Health, Part A*, 52 (3), 210-220.
- Yuste, C., Canadillas-Delgado, L., Labrador, A., Delgado, F. S., Ruiz-Perez, C., Lloret, F. and Julve, M., (2009), Low-dimensional Copper (II) Complexes with the trinucleating ligand 2,4,6-tris(di-2-pyridylamine)-1,3,5-triazine: Synthesis, crystal structures, and magnetic properties, *Inorg. Chem.*, 48 (14), 6630-6640.

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma Makaleleri / Research Articles

- Lathyrus czechottianus Bässler Farmakolojide Doğal Antimutajenik Ajanların Yeni Kaynağı Olabilir mi? Mutajenik/Antimutajenik ve Antimikrobiyal Açıdan Değerlendirme** 35-42
Can Lathyrus czechottianus Bässler Be a New Source of Natural Antimutagenic Agents in Pharmacology? Evaluation from Mutagenic/Antimutagenic and Antimicrobial Perspectives
Mustafa Kul, Ahmet Uysal
- 2-Amino-6-sübstitüepiridin Türevleri ile 5-Sülfosalisilik Asitin Zn(II) Komplekslerinin Sentezi ve Karakterizasyonu** 43-48
Synthesis and Characterization of Zn(II) Complexes of 2-Amino-6-substutuepyridine Derivatives and 5-Sulfosalicylic Acid
Halil İlkimen, Cengiz Yenikaya, Zeynep Alkan Alkaya
- The Synthesis of Melamine Cored Schiff Bases and Investigation of Heteronuclear Metal Complexes** 49-54
Melamin Merkezli Schiff Bazlarının Sentezi ve Heteronükleer Metal Komplekslerinin İncelenmesi
Ziya Erdem Koç
- Impact of Drying Methods on The Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Pomegranate (Punica granatum L.) Peel** 55-59
Kurutma Yönteminin Nar (Punica granatum L.) Kabuğunun Biyoaktif Bileşikleri ve Antioksidan Kapasitesi Üzerine Etkisi
Sengul Uysal, Dilek Efe Arslan
- Selçuk Üniversitesi Kampüsünden Toplanan Suillus bovinus (L.) Roussel Mantarının Etanol ve Metanol Özütlelerinin Antimikrobiyal Aktivitesi** 60-65
Antimicrobial Activity of Ethanol and Methanol Extracts of Suillus bovinus (L.) Roussel Mushroom Collected from Selçuk University Campus
Erdoğan Güneş
- Fatty Acid Composition Analysis of Some Apiaceae Plants Using Gas Chromatography-Flame Ionization Detector (GC-FID)** 66-72
Gaz Kromatografisi-Alev İyonizasyon Dedektörü (GC-FID) Kullanılarak Bazı Apiaceae Bitkilerinin Yağ Asidi Kompozisyon Analizi
Nuraniye Eryugur, Fatma Ayaz, Yavuz Bağcı, M. Raşit Bakır, Hüseyin Kara
- Synthesis and Characterization of s-Triazine Cored Schiff Base Containing β -lactam and Its [M(Salen/Saloph)] (M= Cr³⁺ and Fe³⁺) Capped Complexes** 73-79
 β -laktam İçeren s-Triazin Merkezli Schiff Bazı ve Onun [M(Salen/Saloph)] (M= Cr³⁺ ve Fe³⁺) Başlıklı Komplekslerinin Sentezi ve Karakterizasyonu
Ahmet Caymaz, Ahmed Hamdi Mirghani, Saban Uysal

İletişim / Correspondence



SELÇUK
ÜNİVERSİTESİ
YAYINLARI

Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Dekanlığı
Alaeddin Keykubat Kampusu, Selçuklu, 42130, Konya
<http://dergipark.gov.tr/sufefd>
index.sufefd@selcuk.edu.tr



SELÇUK
UNIVERSITY
PRESS

E-ISSN 2458-9411