Volume 1 Issue 2 I September 2025

IYYU JOURNAL OF PHYTOPHARMACY

e-ISSN 3108-3587

jpp.yeniyuzyil.edu.tr

İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi Adına Sahibi
Prof.Dr. İ. Yaşar HACISALİHOĞLU

Yönetim Yeri / Place of Management
Maltepe Mahallesi, Yılanlı Ayazma Caddesi,
No:26 P.K. 34010
Cevizlibağ / Zeytinburnu/ İstanbul

Editör/Editor

Doç. Dr. Hüseyin SERVİ
İYYÜ Eczacılık Fakültesi Farmakognozi Ana Bilim Dalı/Istanbul Yeni Yüzyıl University Faculty Of Pharmacy Department of Pharmacognosy

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Responsible Editor

Prof. Dr. Engin ÖZHATAY
İYYÜ Eczacılık Fakültesi Farmakognozi Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi / İstanbul Yeni Yüzyıl University Faculty of Pharmacy

Editör Yardımcıları / Co-Editor

Dr. Öğr. Üyesi Elif ŞAHİN
İYYÜ Eczacılık Fakültesi / İstanbul Yeni Yüzyıl University Faculty of Pharmacy

Dr. Öğr. Üyesi Simge KARAERTEKİN
İYYÜ Eczacılık Fakültesi / Istanbul Yeni Yüzyıl University Faculty of Pharmacy

Yayın Koordinatörleri / Editorial Coordinators

Dr. Öğr. Üyesi Bekir Ufuk HALLI
İYYÜ Eczacılık Fakültesi / Istanbul Yeni Yüzyıl University Faculty of Pharmacy

Dr. Öğr. Üyesi Fatma GENÇ
İYYÜ Eczacılık Fakültesi / Istanbul Yeni Yüzyıl University Faculty of Pharmacy

Dil Editörleri / Language Editors

Dr. Öğr. Üyesi Yaman GÖKÇEK
İYYÜ Eczacılık Fakültesi / Istanbul Yeni Yüzyıl University Faculty of Pharmacy

Dr. Öğr. Üyesi Hande ERENSOY
İYYÜ Eczacılık Fakültesi / Istanbul Yeni Yüzyıl University Faculty of Pharmacy

YAYIN KURULU/ EDITORIAL BOARD

Prof. Dr. Gül BAKTIR
İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmakoloji ABD

Prof. Dr. Emir TAN
İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmasötik Mikrobiyoloji ABD

Prof. Dr. Gülaçtı TOPÇU
Bezmialem Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmakognozi ABD

Prof. Dr. Nur TAN
İstanbul Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmakognozi ABD

Prof. Dr. Leyla BİTİŞ
Marmara Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmakognozi ABD

Prof. Dr. Cemil İŞLEK
Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoteknoloji ABD

Prof. Dr. Elif Sinem BİRELLER
Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Biyokimya ABD

Doç. Dr. Timur Hakan BARAK
Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmakognozi ABD

Doç. Dr. Ali ŞEN
Marmara Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmakognozi ABD

Doç. Dr. Selma YAZAR ÜREK
İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmasötik Toksikoloji ABD

Dr. Öğr. Üyesi Hilal KUDAY
İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmasötik Kimya ABD

Dr. Öğr. Üyesi Sinem KOÇER
İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmasötik Teknoloji ABD

YAYIN TÜRÜ
3 Aylık Ulusal Süreli Yayın
e-ISSN 3108 3587

GRAFİK TASARIM
Elis GÜLER
İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi,
İstanbul TÜRKİYE
elsglr21@outlook.com

İletişim / Contact Us
http://jpp.yeniyuzyil.edu.tr
jpp@yeniyuzyil.edu.tr

EDİTÖRDEN / EDITORIAL

V EDİTÖRDEN / EDITORIAL
Hüseyin SERVİ

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

41 Monoterpen ve Monoterpenoidlerin Antifungal Karakterlerinin Belirlenmesinde Biyoinformatik Destekli Trend Analizi

The Antifungal Potential of Monoterpen and Monoterpenoids: Bioinformatics-Supported Trend Analysis

Emre YÖRÜK

51 *Centaurium erythraea* Uçucu Yağının Kimyasal Bileşimi ve Antibakteriyel Aktivitesinin Belirlenmesi

Determination of Chemical Composition and Antibacterial Activity of *Centaurium erythraea* Essential Oil

Esra YILDIRIM SERVİ

IYYU Journal of PhytoPharmacy

İYYU Eczacılık Fakültesi Farmakognozi Ana Bilim Dalı

İstanbul Yeni Yüzyil University Faculty of Pharmacy Department of Pharmacognosy

Değerli Okurlarımız,
Bu sayımızda sizlere farklı disiplinlerde hazırlanmış 2 araştırma makalesi sunuyoruz. Yayınlarını paylaşan yazarlarımıza dergimize katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Ulusal ve uluslararası indekslerde yer almayı hedefleyen dergimize yayınlarınızı bekler, desteğiniz için şimdiden teşekkür ederiz.

Dear Readers,
In this issue, we present two research articles from different disciplines. We thank the authors who shared their publications for their contributions to our journal.

We look forward to your publications in our journal, which aims to be included in national and international indexes, and thank you in advance for your support.

Monoterpen ve Monoterpenoidlerin Antifungal Karakterlerinin Belirlenmesinde Biyoinformatik Destekli Trend Analizi

The Antifungal Potential of Monoterpen and Monoterpenoids: Bioinformatics-Supported Trend Analysis

Özet

Amaç: Geçmişten günümüze tek yıllık bitkilerden çok yıllık ağaçlara kadar çok geniş bir ölçekte bitkisel bileşikler doğrudan veya dolaylı olarak hastalık tedavisinde sıklıkla tercih edilmiştir. Bitki, hayvan ve insanlarda çeşitli fungal enfeksiyonların tedavisinde de bitkisel sekonder metabolitler bu amaç doğrultusunda kullanılmaktadır. Mevcut çalışma, üç temel bitkisel sekonder metabolit grubundan monoterpenlerin antifungal etkilerinin son 20 yıldaki araştırmalardaki sıklığının ortaya koyulmasını amaçlamaktadır.

Gereç ve Yöntem: Literatürde çok çeşitli bitki gruplarından elde edilebildiği bilinen 20 farklı monoterpenoid bileşiğinin antifungal etkilerine dair araştırmalara dair veriler R programlama dili aracılığıyla rentrez paketi kullanılarak pubmed veritabanından çekilmiştir. Çekilen veriler yine aynı programlama dili ile normal dağılım testleri ve korelasyon matrislerine tabi tutulmuştur.

Bulgular: Monoterpenoidler üst başlığı "antifungal" anahtar kelimesi ile birlikte verildiğinde en yüksek araştırma seviyesinde olduğu belirlendi. 2005-2025 yılları arasında yıllık ortalama en yüksek araştırma sayısı 111,90±50,76 ile timol olduğu belirlendi. En düşük yıllık makale sayısı ise fenkol (0,24±0,43) bileşiği için belirlendi. 20 bileşenden on bir tanesine ait makalelerin yıllık sayılarının normal dağılım gösterdiği, yüksek sayıda araştırmaya tabi olmuş bileşikler için korelasyon matrisleri ile pozitif korelasyon tespit edildi.

Sonuç: Timol, karvakrol, linalol, kafur ve mentol bileşiklerine ait antifungal alt başlığından değerlendirilen araştırmaların sayısının diğerlerine göre göreceli olarak daha fazla olduğu belirlendi. Tarihsel öneme de sahip bu bileşiklerin yoğun antifungal etki araştırmalarında yer bulmaları tahmin edilebilir bir durumu ifade ederken, monoterpenoidlerin benzer bir trend analizi ile antibakteriyel ve antimikrobiyal alt başlıklarında da değerlendirilmesi mevcut çalışmadan elde edilen verileri tamamlayıcı nitelikte olabilir.

Anahtar kelimeler: Antifungal aktivite, bitkisel sekonder metabolitler, monoterpenoidler, R programlama dili, rentrez

Emre YÖRÜK[1]
EY:: 0000-0003-2770-0157

[1]İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, İstanbul, Türkiye

Received/Geliş Tarihi:
25/08/2025
Accepted/Kabul Tarihi:
22/09/2025

Çıkar Çatışması
Çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author:
Emre YÖRÜK
E-posta: emre.yoruk@yeniyuzyil.edu.tr

Abstract

Aim: From the past to the present, plant compounds ranging from annual plants to perennial trees have been frequently preferred for disease treatment, either directly or indirectly. Plant secondary metabolites are also used for this purpose in the treatment of various fungal infections in plants, animals, and humans. The current study aims to reveal the frequency of antifungal effects of monoterpenes found in terpenes, one of the three main groups of plant secondary metabolites, in research conducted over the past 20 years.

Materials and Methods: Data on studies investigating the antifungal effects of 20 different monoterpenoid compounds known to be obtained from a wide variety of plant groups in the literature were obtained from the PubMed database using the rentrez package in the R programming language. The data were subjected to normality tests and correlation matrices using the same programming language.

Results: When the title "monoterpenoids" was provided together with the keyword "antifungal," it was determined to be at the highest level of research. The highest average annual number of studies between the years 2005-2025 was determined to be 111.90±50.76 for thymol. The lowest annual number of articles was determined for the compound fenchol (0.24±0.43). The annual numbers of articles for 11 of the 20 compounds showed a normal distribution, and positive correlations were detected using correlation matrices for compounds that had been subject to a high number of studies.

Conclusion: It was determined that the number of studies evaluated under the antifungal subheading of thymol, carvacrol, linalool, camphor, and menthol compounds was relatively higher than others. The fact that these compounds, which also have historical significance, are included in intensive antifungal effect studies is predictable, while the evaluation of monoterpenoids in the antibacterial and antimicrobial subheadings with a similar trend analysis may complement the data obtained from the current study.

Keywords: Antifungal activity, plant secondary metabolites, monoterpenoids, R programming language, rentrez

1.Giriş

Mikroorganizmalar ve bitkiler tarafından üretilen çeşitli sekonder metabolitler antimikrobiyal etkileri nedeniyle fen ve sağlık bilimlerinde oldukça önemli bir araştırma konusu halindedir. Özellikle bitki türevli sekonder metabolitler antifungal ve antibakteriyel etkileri ile bilinmektedirler [1-3]. Bitki türevli sekonder metabolitlerin antimikrobiyal etkileri sadece insan ve hayvan hastalıkları ile mücadelede değil aynı zamanda bitki hastalıkları ile mücadele de etkin şekilde araştırılmaktadır [1, 4, 5].

Bitkisel sekonder metabolitlerin sınıflandırılmasında çeşitli ilave gruplar görülse de genel bağlamda bu metabolitler alkaloitler, terpenler ve fenolikler olarak üç temel grupta toplanmaktadır. Terpenler doğada en büyük doğal ürün gruplarından birisini temsil etmektedir ve bu grupta binlerce bileşik tanısı gerçekleştirilmiştir. Nane (*Mentha piperita L.*), lavanta (*Lavandula angustifolia*), ökaliptus (*Eucalyptus camaldulensis*), biberiye (*Salvia rosmarinus)* ve mango (*Mangifera indica*) gibi filogenetik olarak birbirinden görece uzak bitki türleri ile karakterize olmuş çok önemli monoterpen bileşikleri bilinmektedir. Bitkisel hormonlar, fotosentetik pigmentler ve yapısal bileşenler gibi önemli grup bileşikler terpen/terpenoit yapıdadır [6, 7]. Terpenlerin sınıflandırılmaları taşıdıkları izopren birimlerinin sayısı ile ilişkilidir ve sadece hidrokarbon zinciri taşıyabilecekleri gibi oksijen de içerebilirler [7, 8]. Beş karbonlu hemiterpenlerden 40 karbon taşıyan tetraterpenlere kadar geniş ölçekteki terpen gruplarından monoterpenler ve monoterpeneoitler ile ilgili çalışmalar son yıllarda giderek artmaktadır.

Beş karbonlu hemiterpenlerden 40 karbon taşıyan tetraterpenlere kadar geniş ölçekteki terpen gruplarından monoterpenler ve monoterpeneoitler ile ilgili çalışmalar son yıllarda giderek artmaktadır. Monoterpenler ve monoterpenoidler, özellikle uçucu yağlarda bulunmakta olup, farklı biyolojik aktivitelere sahiptirler. Antifungal nitelikleri açısından geraniol, sitronellal, timol karvakrol ve öjenol gibi terpen grubunudaki bileşiklerin antifungal etkileri görülmüştür. Öyle ki yapılan araştırmalar bitki patojenlerinden insan ve hayvanlarda infeksiyonlara neden olan geniş kapsamda fungusları (*Fusarium culmorum, Candida albicans, Trichophyton rubrum* vb.) içermektedir [9-12]. Hücre zarı ve hücre çeper yapısı bozmaları, enzim kinetiği üzerindeki olumsuz etkileri gibi bilindik etkilerin yanısıra bilinmeyen potansiyel etkileri monoterpen ve monoterpenoitlerle yapılacak çalışmaları daha da ilgi çekici hale getirmektedir [9, 13]. Bu bulgular, monoterpen ve monoterpenoidlerin potansiyel antifungal ajanlar olarak değerlendirilmesinin önemini vurgulamaktadır. Mevcut çalışmada kekik, nane, lavanta, gül, limon ve benzeri dünyanın pek çok agro-ekolojik bölgesinde göreceli olarak orta kolaylıktaki koşullarda başarılı şekilde yetiştirilebilen bitkilerden yüksek miktarlarda elde edilebilen monoterpen ve monoterpenoidlerin antifungal etkileri ile ilişkilendirilen bilimsel araştırmaların son 20 yıldaki dağılımları R programlama dili kullanılarak geçmiş ve güncel araştırma verilerini dökümante etme ve karşılaştırma olanağı sağlayan biyoinformatik araçlar yardımı ile değerlendirilmiştir. Bu şekilde özellikle bitkilerde ve insanlarda önemli infeksiyonlara neden olan, taşıdıkları genomik plastisite niteliği ve orta-yüksek düzeydeki filogenetik çeşitlilikleri nedeniyle antifungallere karşı direnç kazanabilen mantarlarla mücadelede monoterpen ve monoterpeoidlerin kullanım durumları hakkında ön bilgi sunulabilecektir.

2.Gereç ve Yöntemler

2.1.Verilerin Eldesi

Çalışmada ikili anahtar kelime eşleştirmesi ile pubmed üzerinden veriler çekilmesi amacıyla R programlama dilinde rentrez paketi kullanıldı. Tablo 1 çalışmada kullanılan 20 monoterpen/monoterpenoidi ve bunlara ait makale verilerini göstermektedir. Araştırmada 20 monoterpenoid alt başlığının yanı sıra "monoterpen/monoterpenoid" ifadesi de ayrıca pozitif kontrol olarak kullanılmıştır.

Tablo 1. "antifungal" ve "monoterpenoid/monoterpen" anahtar kelimeleri ile pubmed üzerinden çekilen makale verileri.

	Monoterpen/Monoterpenoid										
Yıl	**monoterpenoid**	**mentol**	**linalol**	**geraniol**	**nerol**	**sitranelol**	**timol**	**karvakrol**	**borneol**	**kafur**	**ökaliptol**
2005	52	9	7	1	1	0	40	9	4	5	4
2006	62	6	10	3	3	1	47	22	4	9	2
2007	71	7	4	4	4	1	62	27	0	1	4
2008	72	4	3	4	4	1	56	16	2	4	1
2009	82	8	6	2	2	2	47	18	4	5	3
2010	80	7	16	3	5	2	61	30	1	5	1
2011	99	11	17	10	10	3	75	30	4	7	5
2012	112	8	15	6	6	3	85	37	5	7	3
2013	124	10	14	3	5	2	86	26	3	7	7
2014	168	7	17	8	9	3	117	46	2	11	6
2015	156	5	15	5	5	5	117	49	2	9	8
2016	142	3	15	13	14	3	112	47	4	9	4
2017	182	9	36	6	8	1	130	55	6	12	7
2018	180	6	24	11	11	3	147	60	4	10	7
2019	194	12	20	6	7	3	157	63	4	15	8
2020	190	12	18	10	10	10	158	63	4	11	11
2021	189	14	27	16	16	6	164	79	5	10	9
2022	242	21	38	16	18	2	200	75	9	15	17
2023	201	18	31	15	16	7	186	71	12	16	20
2024	236	12	26	21	22	7	184	71	7	21	15
2025	139	10	15	9	9	3	119	53	9	10	11
Ortalama	141,57	9,48	17,81	8,19	8,81	3,24	111,90	45,10	4,52	9,48	7,29
SS	58,48	4,4	9,7	5,48	5,65	2,46	50,76	21,28	2,83	4,63	5,14
p>0.05	0,26	0,13	0,29	0,12	0,18	0,01	0,2	0,38	0,04	0,59	0,06

	Monoterpen/Monoterpenoid									
Yıl	**terpineol**	**isopulegol**	**perilil alkol**	**pulegon**	**karveol**	**karvon**	**fenkol**	**verbenol**	**verbenon**	**hinokit**
2005	1	0	0	0	0	2	0	0	0	2
2006	3	0	0	1	1	3	0	1	1	1
2007	5	0	0	1	0	0	0	0	0	3
2008	1	0	0	0	0	1	0	0	0	3
2009	2	0	0	0	1	3	0	0	0	2
2010	2	0	0	2	1	2	0	0	0	0
2011	3	0	1	3	0	2	0	1	0	1
2012	8	0	1	2	1	3	0	1	0	1
2013	7	1	2	3	1	3	1	0	0	1
2014	8	0	0	1	0	2	0	0	1	1
2015	8	2	0	0	0	2	0	0	0	0
2016	3	0	3	3	0	1	0	1	0	2
2017	11	0	1	5	0	4	1	0	2	2
2018	5	1	1	2	0	2	0	0	0	0
2019	8	2	0	2	1	7	1	1	0	1
2020	8	1	2	1	1	2	1	0	2	2
2021	5	0	1	5	1	7	0	1	2	3
2022	7	0	1	0	1	9	1	1	0	3
2023	11	0	2	2	1	9	0	2	0	5
2024	9	1	1	5	1	12	0	1	0	4
2025	9	0	2	3	2	4	0	0	0	4
Ortalama	5,90	0,38	0,86	1,95	0,62	3,81	0,24	0,48	0,38	1,95
SS	3,17	0,66	0,91	1,65	0,58	3,14	0,43	0,6	0,74	1,39
p>0.05	0,11	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,15

SS: standart sapma, p>0.05: Normal dağılım testi pozitif/negatif.

R programlama dili ile pubmed üzerinden makale verilerine ulaşmak için rentrez paketi kullanılmıştır. Bu amaçla sapply, function, PDAT ve plot fonksiyonları kullanılmıştır. Şekil 1 rentrez paketinin kütüphaneden çekilmesinden grafik üretimine kadar olan grafikleri terminal komutlarını göstermektedir. Araştırmada ilave bir ölçüt belirlenmediği için başlık ve özette anahtar kelimeler taratılmış, makale numaraları alınmış ve en son "count" fonksiyonu ile sayım yapılmıştır.

```
> library(rentrez)
> search_year <- function(year, term){
    query <- paste(term, "AND (", year, "[PDAT])")
    entrez_search(db="pubmed", term=query, retmax=0)$count
 }
> year <- 2005:2025
> papers <- sapply(year, search_year, term="monoterpenoid AND antifungal",
       USE.NAMES=FALSE)
> library(xlsx)
> write.xlsx(papers, "p1.xlsx")
> plot(year, papers, xaxt="n", type="b", xlab="Yıl", ylab="Makale_Sayısı",
       main="Monoterpenoid_Antifungal_Yıllara_Göre_Makale_Sayısı")
> axis(1, at=year, labels=year)
```

Şekil 1. "rentrez" paketi ile veritabanı olaran pubmed'den "antifungal" ve "monoterpenoid" anahtar kelimelerini içeren makalelerin saydırılma terminal komutları

2.2. Verilerin Analizi

Rentrez paketi ile elde edilen 2005-2025 yıllarına ait verilerin ortalama ve standart sapmaları R programlama dilinde "mean" ve "sd" fonksiyonlarına döngü yazdırılarak elde edildi. ".xlsx" formatındaki veriler R programlama dilinde okutulduktan sonra Şekil 2'de belirtilen döngülerle ortalama ve standart sapmalar elde edildi. Örneklem sayımız 50 altında olduğundan normal dağılım testimiz Shapiro-Wilk testi ile gerçekleştirildi. Bu kapsamda değişkenler ardışık olarak döngü ile tanıtıldı, okutuldu ve yazdırıldı.

```
library(readxl)
tek_test = read_excel(tek_test)
tektest=as.data.frame(tek_test)
View(tektest)

#mean#
for(i in names(tektest)){
  print(mean(tektest[[i]]))
}

#sd#
for(i in names(tektest)){
  print(sd(tektest[[i]]))
}

#shapiro-wilk#
for(i in names(tektest)){
  cat("Variable:", i, "\n")
  cat("Mean:", mean(tektest[[i]]), "\n")
  cat("SD:", sd(tektest[[i]]), "\n")
  print(shapiro.test(tektest[[i]]))
  cat("\n---------------------\n")
}
```

Şekil 2. Farklı yıllara ait makale sayılarının ortalama, standart sapma ve normal dağılım verilerinin çıkarılması için yazılan r dilindeki döngüler. "\n" içeren komutların hepsi opsiyoneldir.

Farklı monoterpenoitlerin özellikle yüksek ve düşük sayıda "antifungal" araştırmalarının gruplandırılması ve aralarındaki farkların anlamlandırılabilmesi için korelasyon analizi gerçekleştirildi. Bu amaçla olası korelasyonun ilk olarak yönü (pozitif/negatif/NA[?]), devamında ise bilimsel olarak anlamlılığı ($p<0.05$) test edildi. "Hmisc" ve "corrplot" paketleri p değerleri, r değerleri ve grafiklerin eldesi amacıyla kullanıldı (Şekil 3)

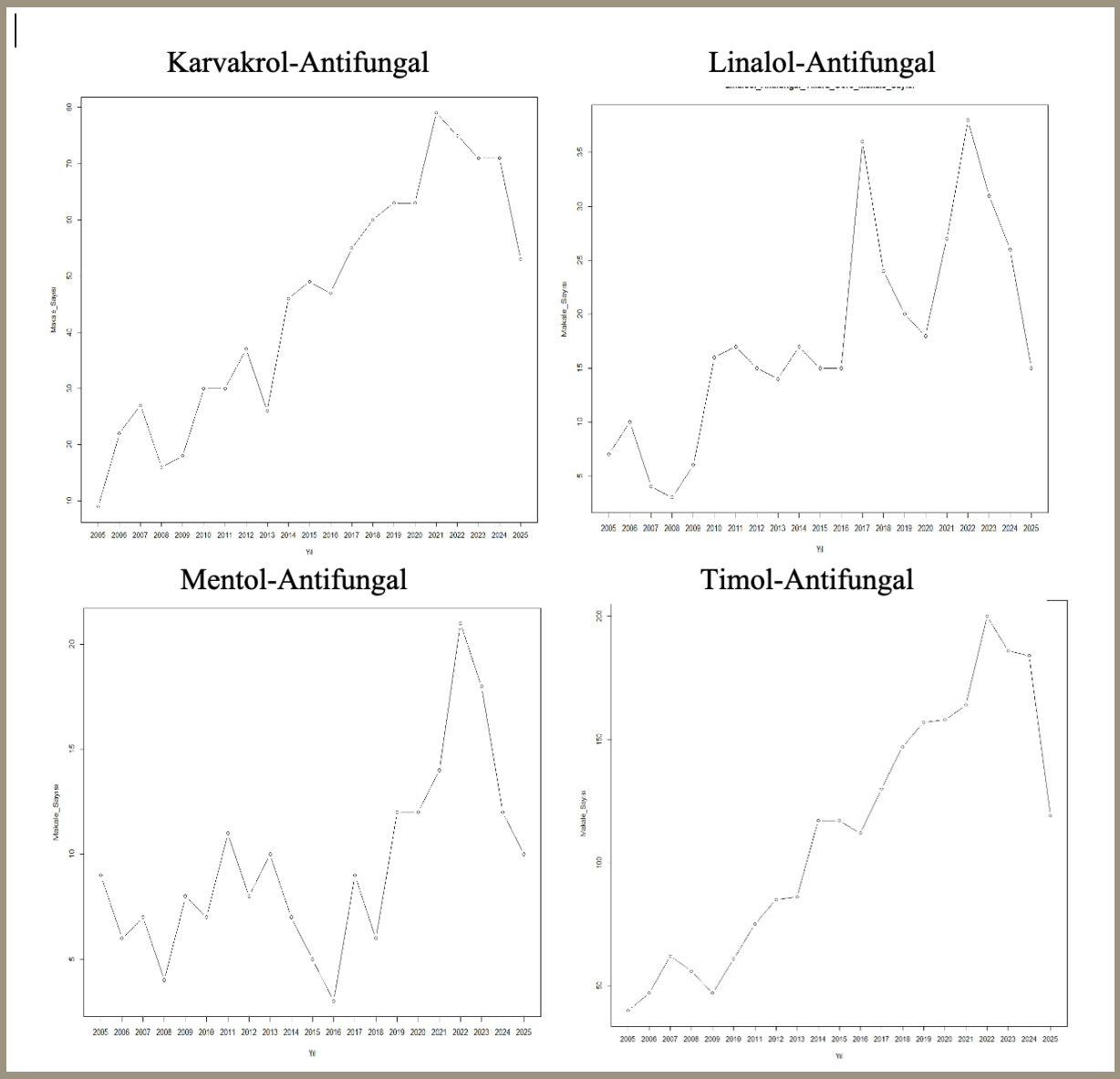
```
> df = data.frame(monoterpenoid=c(), menthol=c(), linalool=c(), geraniol=c(),
nerol=c(), citronellol=c(), thymol=c(), carvacrol=c(), borneol=c(), camphor=c(),
eucalyptol=c(), terpineol=c(), isopulegol=c(), perillyl_alcohol=c(), pulegone=c(),
carveol=c(), carvone=c(), fenchol=c(), verbenol=c(), verbenone=c(), hinokitiol=c())
> library(Hmisc)
> rcorr(as.matrix(df))
> library(corrplot)
> corrplot(cor(df))
> cor_data = cor(df)
> print(cor_data)
> corrplot(cor_data, method="number")
```

Şekil 3. Korelasyon matrisi eldesi için R dilinde verilen komutlar. c() kümeleri ilgili monoterpenoidlerin yıllara denk gelen verilerini tek tek içermektedir.

3.Bulgular ve Tartışma

Çalışmada 20 farklı "monoterpenoid bileşik", pozitif kontrol amaçlı olarak "monoterpinoid" ifadesi ve "antifungal" anahtar kelimelerini (bkz. Tablo 1) başlık ve özette içeren makalelerin rentrez paketi ile elde edilip, bunların dağılımlarının yorumlanması amaçlanmıştır. Tahmin edildiği üzere en yüksek makale verisine "monoterpenoid" anahtar kelimesi ile ulaşılmış ve 20 yıl için (2025 yılı güncel tarih itibarıyla sonlanmadığından 21 yıl yerine toplam 20 yıl olarak ifade edilmektedir) 141,57±58,48 yıllık ortalama makale sayısı kaydedilmiştir.

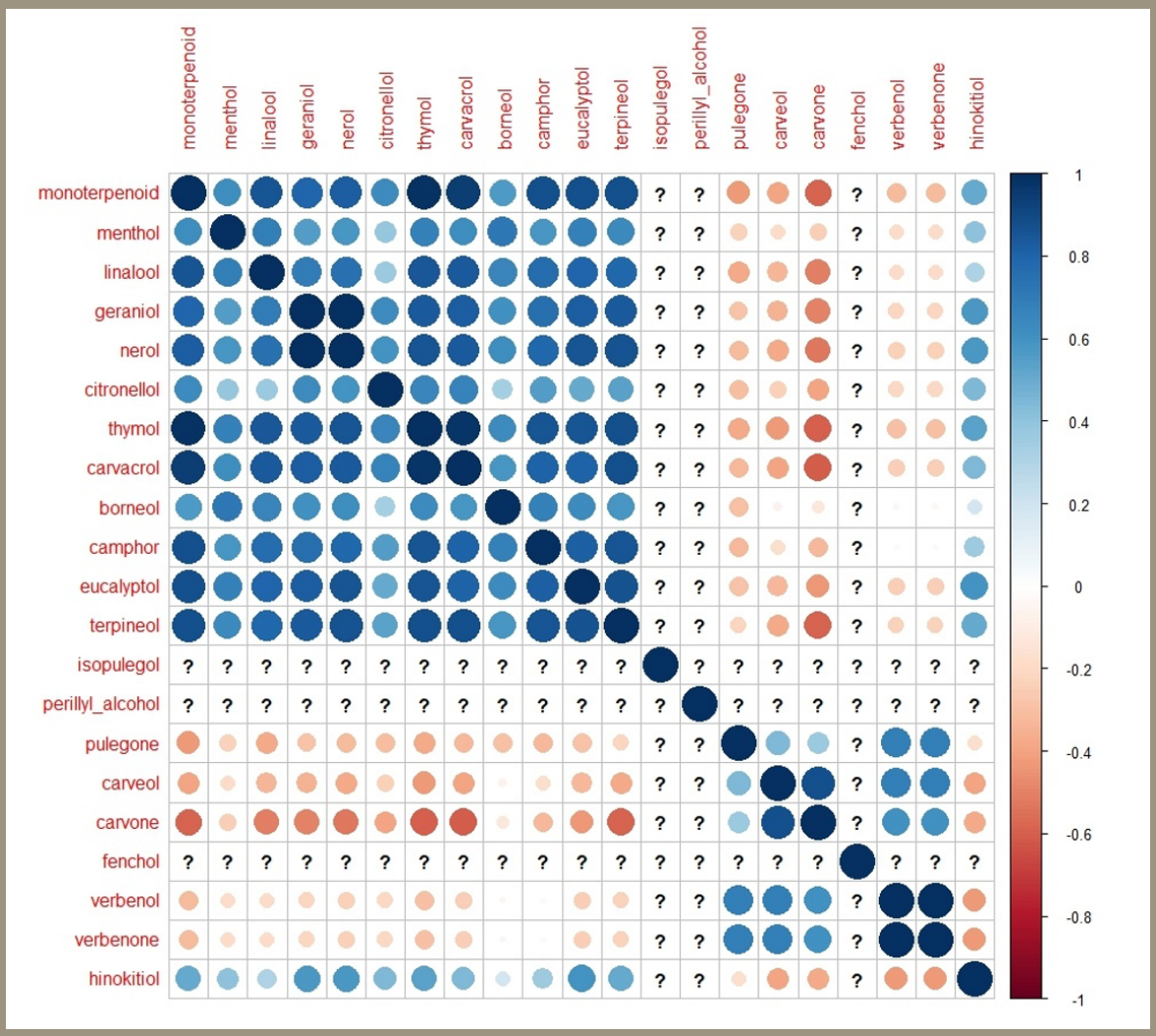
Monoterpenoid/monoterpen ve antifungal alt başlık taramasına en yakın veriler Timol bileşiği için kaydedilmiştir (Şekil 4). Timol için 111,90±50,76 olan yıllık ortalama makale sayısından sonra en yüksek makale sayısı ise 45,10±21,28 ile karvakrol ile spatanmıştır. Her iki monoterpenoid bileşiğe ait yıllık değerlerinin normal dağılım göstermesi ($p>0.05$) ise oldukça anlamlı ifade edilebilir. Öyle ki timol bahçe kekiği gibi (*Thymus vulgaris* L., Lamiaceae) pek çok agro-ekolojik bölgede rahatlıkla yetiştirilebilen bir bitkide esansiyel yağ içeriğinin %60'ını dahi geçebilen oranlara ulaşabilmektedir [14]. Farklı *Thymus, Ocimum, Origanum* ve *Monarda* türlerinden de elde edilebilen timol, aynı zamanda timol antibakteriyel ve antifungal etkinlikleri, ilaç ve kozmetik endüstrisindeki kullanım potansiyeli ile oldukça dikkat çekmektedir. Antikanser, antioksidant, immün sistem regülatörü ve benzeri özellikleri de geçmişten günümüze bilinmektedir [14-16]. Benzer bir durum esansiyel yağ karışımlarında göreceli olarak yüksek oranlarda, çeşitli bitkilerden farklı bölgelerden rahatlıkla elde edilebilen karvakrol (45,10±21,28 makale/yıl) ve linalol (17,81±9,70 makale/yıl) bileşikleri için de geçerli olabilir [17-20].



Şekil 4. Yıllar bazında karvakrol, linalol, mentol, ve timolantifungal ölçütlerine göre elde edilen makale sayılarının değişimi

Fenkol, verbenon ve isopulegol bileşikleri için 0.24 ila 0.38 makale/yıl arasında değişen bir veri bilgisine ulaşılmıştır (bkz. Tablo 1). Yüksek sayıda araştırmaya ulaşılan timol, linalol ve karvakrol verilerinni aksine bu bileşenler için normal dağılım görülmemiştir ($p<0.01$). Bu durum bu bileşikler ile mevcut araştırma sayısının az olmasının kanıtı olmakla birlikte bir diğer bakış açısıyla da yıllar bazındaki araştırma sayılarında da düzensiz dalgalanmaların mevcudiyeti için bir işaret niteliği taşıyabilir. Her ne kadar bu düşük araştırma sayısı izolasyon kaynaklarının ve koşullarının sınırlılığı ile göreceli olarak açıklanabilse de antimikrobiyal çalışmalar için yüksek antimikrobiyal ajan niteliği taşımamalarından da kaynaklı olabilir. Öyle ki bu bileşikleri için karvakrol ve timol'e göreceli olarak daha yüksek MIC/EC50 değerleri veya daha düşük üreme baskılama oranları geçmişte rapor edilmiştir [21-23].

Korelasyon analizlerine göre göreceli iki olası ve beklenen husus dikkat çekmektedir. Yüksek makale/yıl sayısındaki veya düşük makale/yıl sayısındaki anahtar kelimelerin kendi içlerinde pozitif korelasyon göstermeleridir ki makale sayısına ulaşılamayan değerlerin olduğu fenkol, verbenol vb. anahtar kelimelerde "N.A. / ?" çıktılarına da ayrıca ulaşılmıştır. Bir diğer husus ise yüksek ve düşük makale/yıl verilerine ait ölçütler arasında negatif korelasyon olmasıdır (Şekil 5). Ancak burada dikkat edilmesi gereken durum bu sınırların uç noktalarından $p<0.05$ bilimsel olarak anlamlılık olgusuna ulaşılabildiğidir. Bu bağlamda mentol/linalol, linalol/karvakrol ya da linalol/timol korelasyonlar 0.84 r değeri ve 0.001 p değerlerine ulaşırken, timol/karvon arasında -0.59 r ve 0.004 p değerleri ile negatif korelasyon görülmektedir.



Şekil 5. Yıl/makale ortalama değerlerine ait Pearson korelasyon matrisi. Beyazdan maviye ve beyazdan kırmızıya olan renk skalası sırasıyla pozitif ve megatif korelasyonu ifade etmektedir. X ve y eksenleri ise çerçeve şeklinde arama ölçütlerini göstermektedir.

Mevcut araştırma özellikle son yirmi yılda terpenlerin antifungal etkileri üzerindeki önemini sadece bir alt başlıkta ortaya koymayı hedeflemektedir. Öyle ki bitkisel sekonder metabolitler içinde azımsanmayacak kadar bileşik ve türevlerini içeren monoterpenoidler hakkında son yıllarda fen ve sağlık bilimlerindeki araştırmalar kozmetik, ilaç endüstrisi başta olmak üzere artış göstermektedir [7, 13, 24]. Bu çalışmadan elde edilen veriler son yıllarda timol, karvakrol ve linalol'ün antifungal özelliklerinin daha dikkat çektiğinin bilimsel ispatını dolaylı olarak da olsa sunmaktadır. Bununla birlikte mentol, geraniol, nerol, kafur ve ökaliptol ile gerçekleştirilecek çalışmaların ileriki yıllarda daha da artabileceğini ve literatürdeki eksikliğin giderilebileceğini göstermektedir. Elde edilen verilen monoterpen ve monoterpenoidlerin antifungal özelliklerinin değerlendirileceği çalışmalar için bilgilendirici veriler sunmaktadır.

Kaynaklar

[1] Reichling, J. (2010). Plant-microbe interactions and secondary metabolites with antibacterial, antifungal and antiviral properties. Annual plant reviews volume 39: Functions and biotechnology of plant secondary metabolites, 39, 214-347.

[2] Coleman, J. J., Ghosh, S., Okoli, I., & Mylonakis, E. (2011). Antifungal activity of microbial secondary metabolites. PloS one, 6(9), e25321.

[3] Ruparelia, J., Rabari, A., Mitra, D., Panneerselvam, P., Das-Mohapatra, P. K., & Jha, C. K. (2022). Efficient applications of bacterial secondary metabolites for management of biotic stress in plants. Plant Stress, 6, 100125.

[4] Ribera, A. E., & Zuñiga, G. (2012). Induced plant secondary metabolites for phytopatogenic fungi control: a review. Journal of soil science and plant nutrition, 12(4), 893-911.

[5] Pusztahelyi, T., Holb, I. J., & Pócsi, I. (2015). Secondary metabolites in fungus-plant interactions. Frontiers in plant science, 6, 573.

[6] Tiwari, R., & Rana, C. S. (2015). Plant secondary metabolites: a review. International Journal of Engineering Research and General Science, 3(5), 661-670.

[7] Tiring, G., Satar, S., & Özkaya, O. (2021). Sekonder metabolitler. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 35(1), 203-215.

[8] Alaca, F., & Arslan, N. (2012). Sekonder metabolitlerin bitkiler açısından önemi. Ziraat Mühendisliği, (358), 48-55.

[9] Pereira, F. D. O., Mendes, J. M., Lima, I. O., Mota, K. S., Oliveira, W. A., & Lima, E. D. O. (2015). Antifungal activity of geraniol and citronellol, two monoterpenes alcohols, against *Trichophyton rubrum* involves inhibition of ergosterol biosynthesis. Pharmaceutical Biology, 53(2), 228–234. https://doi.org/10.3109/13880209.2014.913299

[10] Gazdağlı, A., Sefer, Ö., Yörük, E., Varol, G. I., Teker, T., & Albayrak, G. (2018). Investigation of camphor effects on *Fusarium graminearum* and F. culmorum at different molecular levels. Pathogens, 7(4), 90.

[11] Singh, S., Fatima, Z., Ahmad, K., & Hameed, S. (2018). Fungicidal action of geraniol against *Candida albicans* is potentiated by abrogated CaCdr1p drug efflux and fluconazole synergism. PLOS ONE, 13(8), e0203079.

[12] Shaban, M., Al-Dhaheri, R. S., Al-Shaer, M., & Al-Marzouqi, A. H. (2020). Carvacrol modulates the expression and activity of antioxidant enzymes in *Candida auris*. Journal of Medical Microbiology, 69(5), 697–705.

[13] Scariot, F. J., Foresti, L., Delamare, A. P. L., & Echeverrigaray, A. S. (2020). Activity of monoterpenoids on the *in vitro* growth of two *Colletotrichum* species and the mode of action on *C. acutatum.* Pesticide Biochemistry and Physiology, 170, 104698.

[14] Salehi, B., Mishra, A. P., Shukla, I., Sharifi□Rad, M., Contreras, M. D. M., Segura□Carretero, A., & Sharifi□Rad, J. (2018). Thymol, thyme, and other plant sources: Health and potential uses. Phytotherapy research, 32(9), 1688-1706.

[15] Marchese, A., Orhan, I. E., Daglia, M., Barbieri, R., Di Lorenzo, A., Nabavi, S. F., & Nabavi, S. M. (2016). Antibacterial and antifungal activities of thymol: A brief review of the literature. Food chemistry, 210, 402-414.

[16] Jyoti, Dheer, D., Singh, D., Kumar, G., Karnatak, M., Chandra, S., & Shankar, R. (2019). Thymol chemistry: A medicinal toolbox. Current Bioactive Compounds, 15(5), 454-474.

[17] Can Baser, K. H. (2008). Biological and pharmacological activities of carvacrol and carvacrol bearing essential oils. Current pharmaceutical design, 14(29), 3106-3119.

[18] Herman, A., Tambor, K., & Herman, A. (2016). Linalool affects the antimicrobial efficacy of essential oils. Current microbiology, 72(2), 165-172.

[19] Memar, M. Y., Raei, P., Alizadeh, N., Aghdam, M. A., & Kafil, H. S. (2017). Carvacrol and thymol: strong antimicrobial agents against resistant isolates. Reviews and Research in Medical Microbiology, 28(2), 63-68.

[20] dos Santos, É. R., Maia, J. G. S., Fontes-Júnior, E. A., & do Socorro Ferraz Maia, C. (2022). Linalool as a therapeutic and medicinal tool in depression treatment: a review. Current Neuropharmacology, 20(6), 1073-1092.

[21] Matasyoh, J. C., Kiplimo, J. J., Karubiu, N. M., & Hailstorks, T. P. (2007). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of *Tarchonanthus camphoratus*. Food chemistry, 101(3), 1183-1187.

[22] İşcan, G. (2017). Antibacterial and Anticandidal Activities of Common Essential Oil Constituents. Records of Natural Products, 11(4).

[23] Alves, M. F., Blank, A. F., Gagliardi, P. R., Arrigoni-Blank, M. de F., Nizio, D. A. de C., Brito, F. de A. & Sampaio, T. S. (2018). Essential oils of *Myrcia lundiana* Kiaersk and their major compounds show differentiated activities against three phytopathogenic fungi. Bioscience Journal, 34(5), 1200–1209

[24] Mathur, A., Meena, A., & Luqman, S. (2024). Monoterpenoids: An upcoming class of therapeutic agents for modulating cancer metastasis. Phytotherapy research, 38(2), 939-969.

Centaurium erythraea Uçucu Yağının Kimyasal Bileşimi ve Antibakteriyel Aktivitesinin Belirlenmesi

Determination of Chemical Composition and Antibacterial Activity of *Centaurium erythraea* Essential Oil

Özet

Amaç: Bu çalışmanın amacı, *Centaurium erythraea* bitkisinden elde edilen uçucu yağın kimyasal bileşimini ve antibakteriyel aktivitesini belirlemektir.

Gereç ve Yöntem: *Centaurium erythraea* bitkisinin uçucu yağı Clevenger aparatı ile (3 saat) hidrodistilasyon yöntemiyle elde edilmiştir. Uçucu yağın kimyasal bileşimi Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometrisi (GC-MS) cihazı ile analiz edilmiştir. Uçucu yağın antibakteriyel aktivitesi disk difüzyon yöntemi ile belirlenmiştir. Antibakteriyel aktivite testi 50 mg/disk konsantrasyonda başlatılmıştır. *Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis, B. cereus, Escherichia coli* ve *Pseudomonas aeruginosa* bakterileri antibakteriyel aktivite testinde kullanılmıştır.

Bulgular: *C. erythraea* uçucu yağında elli sekiz bileşen tanımlanmıştır. Tanımlanan bileşenler uçucu yağın %93,3'unu oluşturmaktadır. Uçucu yağın ana bileşenleri, 2-metil oktan (8,1%), 1-tetradekanol (7,8%), karyofilen oksit (6,5%) ve 1-dodekanol (5,6%) olarak belirlenmiştir. Uçucu yağ, *B. subtilis* (11 mm), *B. cereus* (10 mm) ve *P. aeruginosa* (8 mm) karşı antibakteriyel aktivite göstermiştir.

Sonuç: Türkiye orijinli *C. erythraea* uçucu yağının kimyasal bileşimi ve antibakteriyel aktivitesi ilk kez araştırılmıştır. Uçucu yağ düşük antibakteriyel aktivite gösterdiği tespit edilmiştir. Mevcut çalışmanın uçucu yağ bileşimi, nitelik ve nicelik açısından önceki çalışmalardan farklılıklar göstermiştir.

Anahtar kelimeler: *Centaurium erythraea*, uçucu yağ, antibakteriyel aktivite, disk difüzyon yöntemi

Esra YILDIRIM SERVİ[1]
EYS: 0000-0001-5094-5828

[1]Department of Molecular Biology and Genetics, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Istanbul Sabahattin Zaim University, Istanbul, Türkiye

Received/Geliş Tarihi:
20/08/2025
Accepted/Kabul Tarihi:
16/09/2025

Çıkar Çatışması
Çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author:
Esra YILDIRIM SERVİ
E-posta: esra.servi@izu.edu.tr

Abstract

Aim: The aim of this study was to determine the chemical composition and antibacterial activity of the essential oil obtained from the plant *Centaurium erythraea.*

Materials and methods: The essential oil of *Centaurium erythraea* was obtained by hydrodistillation using a Clevenger apparatus (3 hours). The chemical composition of the essential oil was analyzed by Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). The antibacterial activity of the essential oil was determined by disc diffusion method. The antibacterial activity test was initiated at a concentration of 50 mg/disc. *Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis, B. cereus, Escherichia coli,* and *Pseudomonas aeruginosa* bacteria were used in the antibacterial activity test.

Results: Fifty-eight compounds were identified in the essential oil of *C. erythraea.* The identified compounds constituted 93.3% of the essential oil. The main components of the essential oil were determined as 2-methyl octane (8.1%), 1-tetradecanol (7.8%), caryophyllene oxide (6.5%), and 1-dodecanol (5.6%). The essential oil showed antibacterial activity against *B. subtilis* (11 mm), *B. cereus* (10 mm), and *P. aeruginosa* (8 mm).

Conclusion: The chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *C. erythraea,* originating from Turkey, were investigated for the first time. The essential oil was found to exhibit low antibacterial activity. The composition of the essential oil in the present study differed qualitatively and quantitatively from previous studies.

Key words: *Centaurium erythraea*, essential oil, antibacterial activity, disc diffusion method

1. Giriş

Tıbbi bitkiler yeni biyoaktif moleküllerin incelenmesi için önemli bir kaynaktır. Birçok ilaç, tıbbi bitki ürünlerinden elde edilmektedir [1]. Tıbbi bitkilerden elde edilen doğal ürünler arasında, özellikle uçucu yağlar ilgi çekicidir. Uçucu yağlar, aromatik bitkiler tarafından mikroorganizmalara ve hücresel strese karşı savunma gibi belirli işlevleri yerine getirmek için ikincil metabolitler olarak sentezlenir [2]. Son yıllarda uçucu yağlar ve türevlerine özel bir ilgi duyulmaktadır. Literatürde yer alan çalışmalar, uçucu yağların antioksidan, antibakteriyel ve antidiyabetik aktivite gibi birçok biyolojik özelliğe sahip olduğunu göstermiştir [3]. Uçucu yağların sentezi; bitkinin türü, kullanılan kısmı, coğrafi konumu ve fenolojik evresi gibi çeşitli parametrelerden etkilenmektedir [4]. *Centaurium erythraea* Rafn., 20-60 cm boyunda, tek veya iki yıllık otsu bir bitkidir. Bu tür, Gentianaceae familyasına aittir ve *Centaurium* cinsi yaklaşık 28 tür içermektedir. *C. erythraea* türü, Fas, Cezayir, İtalya, İspanya, Portekiz ve Balkan Yarımadası gibi birçok ülkede yayılış göstermektedir [5]. *C. erythraea* bitkisi, ateş düşürücü, dispeptik şikayetler, iştahsızlık, diyabet, sindirim bozuklukları, atopik dermatit, kanser, zatürre, kardiyovasküler sorunlar, astım, mide ağrısı, böbrek hastalıkları ve cilt hastalıkları gibi çok sayıda hastalığın geleneksel tedavisinde kullanılmaktadır [6-19]. Etno-farmakolojik çalışmalar sonucunda, *C. erythraea'*nın rinit, mide rahatsızlıkları, idrar yolu enfeksiyonu, hemoroid ve idrar söktürücü olarak kullanılmaktadır [16, 20]. Fitokimyasal araştırmalar, *C. erythraea'*nın sekoiridoidler, ksantonoidler, terpenoidler, flavonoidler, fenolik asitler, yağ asitleri ve uçucu yağlar dahil olmak üzere çok sayıda biyoaktif madde içerdiğini göstermiştir [21-32]. Farmakolojik çalışmalar, *C. erythraea'*nın toprak üstü kısımlarından elde edilen ekstre ve uçucu yağların antibakteriyel, antioksidan, antifungal, antileishmanial, sitotoksik, antidiyabetik, antiinflamatuar, böcek öldürücü

ve larva gelişimini inhibe edici, spazmolitik etki, gastroprotektif, dermatoprotektif, hepatoprotektif, nöroprotektif, analjezik ve antipiretik aktiviteler dahil olmak üzere çeşitli biyolojik etkiler sergilediğini ortaya koymuştur [10, 11, 22, 29, 33-38]. Yapılan literatür çalışmasında *C. erythraea*'nın uçucu yağ bileşimi hakkında az sayıda çalışma bulunmaktadır. Fas, Hırvatistan, Cezayir ve Sırbistan orijinli *C. erythraea* bitkisinin toprak üstü kısmından elde edilen uçucu yağların ana bileşenleri β-kopaen-4α-ol, mentol, karvakrol, trikosan, neofitadien izomeri III, p-kamforen, timol, linalool, borneol, meton, β-tuyon, borneol, kafur, γ-terpinen, *p*-simen, neofitadien, karyofilen oksit, δ-kadinen, hekzadekanoik asit, linoleik asit ve tetradekanoik asit olarak tespit edilmiştir [22, 25, 39, 40]. Türkiye orijinli *C. erythraea* bitkisinin uçucu yağının kimyasal kompozisyonu hakkında literatürde herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu araştırmanın ilk amacı, hidrodistilasyon yöntemi kullanılarak *C. erythraea*'nın toprak üstü kısımlarından uçucu yağ elde etmek ve antibakteriyel aktivitesini belirlemektir. İkinci amaç ise, *C. erythraea*'nın uçucu yağ bileşimindeki çeşitliliği belirlemek ve kimyasal kompozisyon farklılıklarının coğrafi bölgelere göre değiştiğini göstermektir. Son olarak ise, uçucu yağ bileşimindeki çeşitliliğin antibakteriyel aktivite sonucuna etkisini ortaya koymaktır.

2. Gereç ve Yöntemler

2.1 Bitki materyali

Centaurium erythraea bitkisinin toprak üstü kısımları İstanbul-Bakırköy'de yer alan yerel aktardan satın alınmıştır. Aktardan alınan bilgiye göre bitki çiçeklenme döneminde Haziran ayında toplanılmıştır. Bitkinin teşhisi Dr. Ahmet Doğan tarafından yapılmıştır.

2.2 Uçucu yağ eldesi

C. erythraea bitkisinin kurutulmuş toprak üstü kısımlarından (200 g) uçucu yağ eldesi hidrodistilasyon yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Manuel parçalama işlemi yapılarak küçültülen kuru *C. erythraea* toprak üstü kısımların üzerine 1 L distile su ilave edilerek Clevenger aparatına bağlanmıştır. Kondenzasyon akımı çalıştırılmış ve ısıtıcı açıldıktan sonra 3 saat boyunca distilasyon işlemi yapılmıştır.

2.3 Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi (GC-MS) Analizi

GC-MS analizi Agilent 5975 GC-MSD sisteminde Innowax FSC kolonunda (60 m x 0,25 mm, 0,25 µm film kalınlığı) helyum mobil fazı (1,0 mL/dak) ile yapılmıştır. Uçucu yağ 1:10 oranında n-hekzan içerisinde 1 µL enjeksiyon hacminde split modda kolona enjekte edilmiştir. GC fırın sıcaklığı 60°C'de 10 dakika tutulmuş ve 220°C'ye 4°C/dakika hızla çıkarılmıştır, bu sıcaklıkta 10 dakika sabit tutulmuştur. Daha sonra 240°C'ye 1°C/dakika hızla çıkarılmıştır. Enjeksiyon ve MS transfer hattının sıcaklığı 250°C'ye ve kütle spektrometresi 70 eV iyonizasyon enerjisine ayarlanmıştır. Kütle spektrometresi tarama aralığı m/z 35-450 atomik kütle birimi aralığına ayarlanmıştır.

2.4 Uçucu Yağ Bileşenlerinin Belirlenmesi

Uçucu yağ bileşenlerinin tanımlanması relatif gecikme zamanlarının, orijinal örneklerin gecikme zamanları ile karşılaştırılması veya relatif gecikme zamanlarının bir n-alkan serisi ile karşılaştırılması ile yapılmıştır. Ayrıca bilgisayarda ticari Wiley GC/MS Library ve NIST17 kütle spektrum kütüphaneleri ve orijinal bileşikler ve bilinen uçucu yağ içerikleri kullanılarak bileşiklerin kütle spektrum profilleri karşılaştırılarak tanımlamalar yapılmıştır.

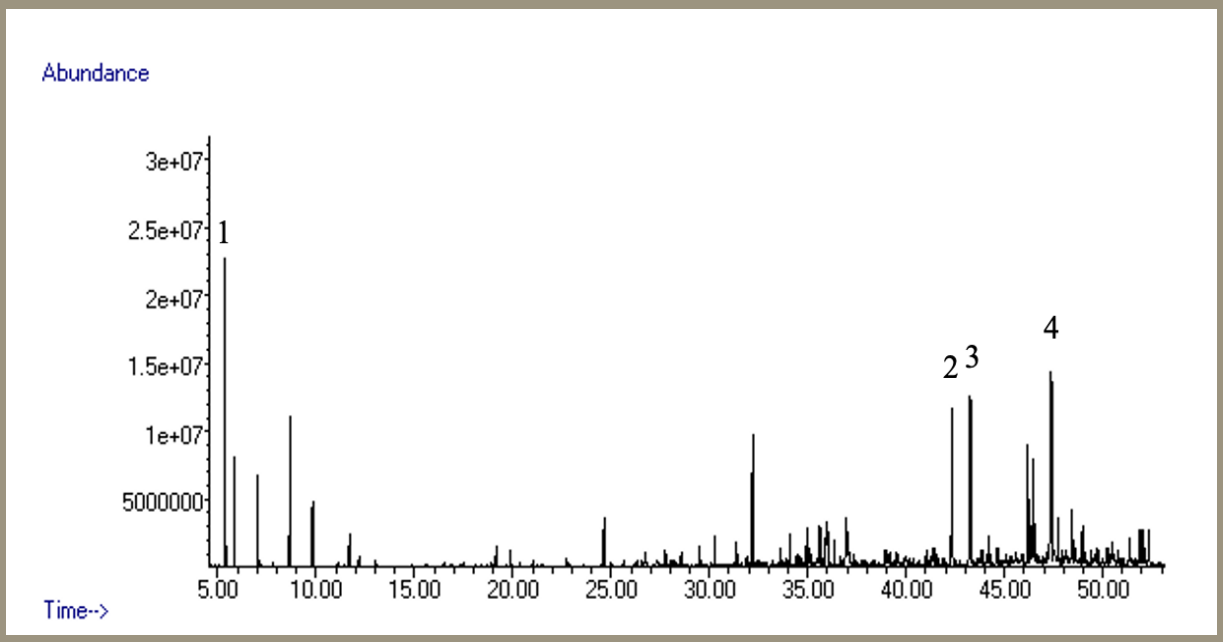
2.5 Antibakteriyel aktivite

Uçucu yağın antibakteriyel aktivitesi, Gram pozitif (+) *Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis* ve *Bacillus cereus* ile Gram negatif (-) *Escherichia coli* ve *Pseudomonas aeruginosa* suşlarına karşı disk difüzyon yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bakteriler Mueller Hinton agara ekilip 37ºC'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. Üreyen taze kültürlerden Mueller Hinton Broth (MHB, Merck) içerisinde 0,5 McFarland bulanıklığında süspansiyonlar hazırlanmıştır. Uçucu yağ 50 mg/mL konsantrasyonda olacak şekilde stok halinde hazırlanmıştır. Çözücü olarak %10'luk dimetil sülfoksit (DMSO) ilave edilmiş sıvı besi ortamı kullanılmıştır. Hazırlanan stoklar 0,45 µm por çaplı filtreden geçirilip steril edilmiştir. Bakteriler 100 µL olarak yayma ekim tekniği ile Mueller Hinton agar besiyerine ekilmiştir. Her bir besiyerinde 3 adet olacak şekilde antibiyotik diskleri (Whatman kağıtları) sırası ile steril pens aracılığı ile yüzeylere yerleştirilmiştir. Ardından her bir besiyeri üzerinde bulunan 3 adet Whatman kağıdından birine

20 µL olarak uçucu yağ, diğerine 20 µL %10 Dimetilsülfoksit (DMSO) (negatif kontrol), diğer diske ise 20 µL kloramfenikol antibiyotiği emdirilmiştir (pozitif kontrol). Tüm deneyler üçer kez tekrarlanmıştır.

3. Bulgular

C. erythraea uçucu yağında elli sekiz bileşen tanımlanmıştır. Tanımlanan bileşenler uçucu yağın 93,3%'unu oluşturmaktadır. Uçucu yağın ana bileşenleri, 2-metil oktan (8,1%), 1-tetradekanol (7.8%), karyofilen oksit (6,5%) ve 1-dodekanol (5,6%) olarak belirlenmiştir. *n*-alkan türevi (38,9%), seskiterpenoid (19,1%) ve seskiterpen (14,8%) uçucu yağın başlıca ana gruplarını oluşturmaktadır (Tablo 1 ve Şekil 1).



Şekil 1. *Centaurium erythraea* uçucu yağının GC-MS kromatogramı (1:2-metil oktan, 2:1-dodekanol, 3:Karyofilen oksit, 4:1-tetradekanol)

Tablo 1. *Centaurium erythraea*'nın uçucu yağ bileşimi

[1]AZ	[2]BAZ	[3]BAZ Lit.	Bileşik	(%)
5.368	847	858	2-Metil oktan	8,1
5.838	895	900	Nonan	1,9
7.036	958	965	3-Metil nonan	2,0
8.681	1040	1032	α-Pinen	4,8
9.816	1097	1065	2-Metil dekan	2,3
11.697	1191	1200	Dodekan	1,0
19.157	1257	1241	2-Metil dodekan	0,6
19.875	1273	1280	*p*-simen	0,5
24.640	1388	1391	(*Z*)-3-Hekzenol	1,4
26.724	1444	1450	*Trans*-linalol oksit	0,6
26.788	1446	1463	Heptanol	0.1
27.752	1473	1482	α-Longipinen	0,6
28.566	1496	1497	α-Kopaen	0,6
29.498	1524	1532	Kafur	1,1
30.276	1547	1553	Linalol	1,0
31.348	1580	1577	α-Sedren	0,8
32.199	1606	1612	β-Karyofilen	4,2
33.626	1653	1658	α-Patçolene	0,6
33.693	1656	1651	Safranal	0,1
34.096	1669	1668	(*Z*)-β-Farnesen	1,2
34.952	1697	1704	γ-Muurolen	1,1
35.067	1701	1706	α-Terpineol	0,4
35.612	1720	1726	Germakren D	1,4
35.994	1733	1738	*p*-Mentha-1,5-dien-8-ol	1,3
36.000	1734	1740	β-Himaşalene	1,3
36.361	1746	1751	Karvon	0,9
36.951	1767	1773	δ-Kadinen	1,9
37.051	1770	1776	γ-Kadinen	1,1

41.063	1918	1915	Nonadesen	0,6
42.348	1969	1973	1-Dodekanol	5,6
43.264	2004	2008	Karyofilen oksit	6,5
43.861	2029	2037	Salvial-4(14)-en-1-on	0,7
44.181	2042	2050	*Trans*-nerolidol	0,8
44.578	2058	2056	13-Tetradekanolid	Tr
44.645	2061	2084	Oktanoik asit	0,8
46.194	2125	2135	Hekzadekanal	3,6
46.344	2132	2131	Hekzahidrofarnesil aseton	1,2
46.485	2138	2144	Spatulenol	3,3
47.21	2169	2192	Nonanoik asit	0,5
47.379	2176	2179	1-Tetradekanol	7,8
47.498	2181	2187	Öjenol	0,5
47.74	2191	2205	Timol	1,5
47.94	2200	2209	Tau-muurolol	0,5
48.101	2207	2219	δ-Kadinol	0,7
48.447	2223	2239	Karvakrol	2,0
49.000	2247	2256	Kadalen	0,9
49.732	2280	2289	Okso-α-ylangen	0,6
50.235	2302	2300	Trikosan	0,6
50.508	2313	2316	Karyofila-2(12),6(13)-dien-5β-ol (= karyofiladienol-I)	0,9
51.361	2349	2324	Karyofila-2(12),6(13)-dien-5α-ol (=karyofiladienol-II)	1,0
52.076	2379	2384	Farnesil aseton	1,3
52.347	2391	2392	Karyofila-2(12),6-dien-5β-ol (=karyofilenol-II)	1,0
54,971	2485	2503	Dodekanoik asit	0,1
59,410	2614	2622	Fitol	1,1
66,478	2775	2783	1-Dokosanol	3,3
73,267	2910	2931	Hekzadekanoik asit	1,6
			Monoterpen	5,3

			Monoterpenoid	5,4
			Seskiterpen	14,8
			Seskiterpenoid	19,1
			Diterpenoid	1,1
			***n*-alkan türevi**	38,9
			Yağ asidi türevi	3,0
			Aromatik	5,7
			TOTAL	93,3

[1]AZ:Alıkonma zamanı; [2]BAZ:Bağıl Alıkonma Zamanı; [3]BAZ Lit.:Literatürde bağıl alıkonma zamanı

Uçucu yağ, *B. subtilis* (11 mm), *B. cereus* (10 mm) ve *P. aeruginosa* (8 mm) karşı antibakteriyel aktivite göstermiştir. Uçucu yağ *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* bakterilerine karşı inhibisyon zonu gözlenmemiştir (Tablo 2). Uçucu yağın düşük antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2. *C. erythraea* uçucu yağının disk difüzyon yöntemi ve inhibisyon zon çapları (mm)

	Gram Negatif (-)		Gram Pozitif (+)		
Bakteri / Bitki materyali	***Escherichia coli***	***Pseudomonas aeruginosa***	***Staphylococcus aureus***	***Bacillus subtilis***	***Bacillus cereus***
Uçucu yağ	-	8	-	11	10
Kloramfenikol (pozitif kontrol)	25	26	30	32	28
DMSO (10%) (negatif kontrol)	-	-	-	-	-

4. Tartışma

Uçucu yağ bileşikleri, bitki orijinine ve kullanılan bitki kısmına göre değişkenlik göstermektedir. *C. erythraea* uçucu yağının antibakteriyel aktivitesi ve kimyasal bileşimi hakkında sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Sırbistan orijinli *C. erythraea* uçucu yağının fitokimyasal analizinde neofitadien izomeri III (10,1%), karvakrol (7,9%), *p*-kamforen (5,6%), hekzadekanoik asit (4,9%) ve timol (4,2%) ana bileşikler olarak tespit edilmiştir [25]. Hırvatistan orijinli başka bir çalışmada, mentol (7,0%), linalool (3,0%), borneol (1,4%) ve menton (2,5%) *C. erythraea* uçucu yağının ana bileşenleri olarak belirlenmiştir [39]. Hırvatistan orijinli uçucu yağın Sırbistan orijinli uçucu yağdan daha düşük oranda monoterpenoid grubunu içerdiği tespit edilmiştir. Hırvatistan orijinli uçucu yağda borneol (1,4%) ve kafur (1,5%) oranında belirlenirken, Sırbistan orijinli uçucu yağda bu bileşikler çok düşük oranda tespit edilmiştir. Fas orijinli *C. erythraea* bitkisinin farklı büyüme evrelerinde (vejetatif, çiçeklenme ve çiçeklenme sonrası) uçucu yağı incelendiğinde karvakrol, mentol ve trikosan ana bileşikler olduğu tanımlanmıştır. Uçucu yağların vejetatif, çiçeklenme ve çiçeklenme sonrası dönemde sırasıyla 51,6%, 44,1% ve 53,7% oranında oksijenli monoterpenlere sahip olduğu belirlenmiştir [22]. Cezayir kökenli *C. erythraea* uçucu yağının ana bileşenleri β-kopaen-4α-ol (38,4%), manool (8,2%) ve karvakrol (6,4%) olarak tespit edilmiştir [40]. Mevcut çalışmanın uçucu yağ bileşimi, nitelik ve nicelik açısından önceki çalışmalardan farklılıklar göstermiştir. Mevcut çalışmada *n*-alkan türevleri, seskiterpen ve seskiterpenoidler uçucu yağın 72,8%'ini oluştururken, monoterpenler ve monoterpenoidler 10,7%'sini oluşturmaktadır. Fas orijinli uçucu yağın, mevcut çalışmadan 10 kat daha fazla oksijenli monoterpenlere sahip olduğu görülmüştür. Mevcut çalışmada mentol bileşiği belirlenmemiş, karvakrol ve trikosan bileşikleri düşük oranda tespit edilmiştir. Sırbistan orijinli uçucu yağda 14,4% monoterpenoid, 18,7% seskiterpenoid, 22,4% diterpenoid ve yağ asidi ve yağ asit türevleri 30,9% oranında belirlenmiştir. Sırbistan orijinli uçucu yağın ana grupları mevcut çalışmadan nicelik olarak farklılık göstermektedir. Ayrıca her iki çalışmada tespit edilen ana bileşikler birbirinden farklıdır. Benzer şekilde Hırvatistan orijinli uçucu yağın ana bileşenleri ile mevcut çalışmanın ana bileşenleri arasında farklılıklar bulunmaktadır. Cezayir kökenli uçucu yağın kimyasal içeriği mevcut ve literatürde yer alan diğer çalışmalardan tamamen farklılık göstermiştir. Çalışmalar arasında tespit edilen bu farklılıkların, ekstraksiyon metodolojileri, bitkinin vejatatif dönemi, kullanılan bitki kısımları, yetiştirme koşulları ve coğrafi kökenden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çok sayıda çalışma, *C. erythraea*'nın farklı kısımlarından elde edilen uçucu yağların veya ekstrelerin antibakteriyel etkinliği olduğunu göstermiştir. Yapılan literatür taramasında araştırmacıların, *C. erythraea*'nın Gram pozitif ve Gram negatif bakterilere karşı antibakteriyel potansiyelini araştırdığı görülmüştür. *C. erythraea*'nın uçucu yağlarının üç gelişim aşamasında antibakteriyel aktivitesi, disk difüzyon, minimum inhibisyon konsantrasyon (MİK) ve minimum bakterisidal konsantrasyon (MBC yöntemleri) ile belirlenmiştir. Uçucu yağların *Staphylococcus aureus* (28–34 mm) ve *Listeria monocytogenes* (26–31 mm) bakterilerine karşı önemli antibakteriyel inhibitör aktivite göstermiştir. Çalışmadaki diğer bakterilere karşı inhibisyon zon çapları sırasıyla; *B. subtilis* (23-27 mm), *Proteus mirabilis* (19-24 mm), *E. coli* (14-25 mm) ve *P. aeruginosa* (11-15 mm) şeklindedir [22]. Mevcut çalışmada uçucu yağın S. aureus ve *E. coli* bakterilerine karşı etkili olmadığı görülmüştür. Diğer bir çalışmada, *C. erythraea* uçucu yağının antibakteriyel aktivitesi *Escherichia coli, Pseudomonas fluorescens, Salmonella enteritidis, Bacillus cereus, Listeria monocytogenes* ve S*taphylococcus aureus* bakterilerine karşı disk difüzyon yöntemi ile araştırılmıştır. Uçucu yağın *Pseudomonas fluorescens* ve *Listeria monocytogenes* bakterilerine karşı etkili olmadığı belirlenmiş ve *E. coli* (13 mm), *S. enteritidis* (13 mm), *B. cereus* (7 mm) ve *S. aureus* (8 mm) bakterilerine karşı inhibisyon zon çaplarına sahip olduğu tespit edilmiştir [39]. Mevcut çalışmada uçucu yağın *E. coli* ve *S. aureus* bakterilerine karşı etkili olmadığı ve B. cereus bakterisine karşı ise daha yüksek inhibisyon zon çapına sahip olduğu belirlenmiştir. Başka bir çalışmada, *C. erythraea* uçucu yağının antimikrobiyal aktivitesi *Staphylococcus aureus, Enterococcus faecalis, Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa* ve *Candida albicans*'a karşı agar disk difüzyon ve

mikrodilüsyon yöntemleri ile araştırılmıştır. Uçucu yağın *S. aureus* (13,0 mm), *E. coli* (10,0 mm) ve *C. albicans* (18,5 mm) mikroorganizmalara karşı etkili olduğu belirlenmiştir [40]. Ticari olarak satın alınan *C. erythraea* uçucu yağının antimikrobiyal aktivite çalışması *S. aureus, E. coli, Proteus mirabilis* ve *C. albicans* mikroorganizmalarına karşı çalışılmıştır. *C. erythraea*'nın uçucu yağı test edilen mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal aktivite göstermemiştir [41]. Çalışmalardaki antibakteriyel aktivite sonuçlarının farklılığı biyoaktif bileşiklerin çeşitliliği ve miktarı, kullanılan bitki kısımları ve türlerin orijinleri gibi faktörler önemli ölçüde etkilemektedir. Örneğin *C. erythraea* uçucu yağlarının karvakrol ve mentol gibi ana bileşikleri antimikrobiyal aktiviteleriyle bilinmektedir [42, 43]. Trombetta ve diğerleri (2005), (+) mentolün antimikrobiyal aktivitesinin, en azından kısmen, mikroorganizma plazma zarının lipid fraksiyonunun bozulmasından kaynaklanabileceğini ve bunun sonucunda zar geçirgenliğinin değişebileceğini ve hücre içi maddelerin sızabileceğini öne sürmüşlerdir [44]. Karvakrolün *E. coli*'ye karşı antibakteriyel etkisi, sitoplazmik zarı geçirgenleştirme ve depolarize etme yeteneğine atfedilmiştir [45]. Ayrıca, karvakrolün bakteri hücre zarını, geçirgenliğini artırarak, zar bütünlüğünü azaltarak, hücre içi algılama sistemini inhibe ederek ve sinyal yollarına müdahale ederek bozduğu görülmüştür [22]. Diğer bir çalışmada, β-karyofilenin *B. cereus*'un zar geçirgenliğini ve bütünlüğünü değiştirebildiğini, zar hasarına ve hücre içi içerik sızmasına yol açtığını ve bunun da sonunda hücre ölümüne neden olduğunu ortaya koymuştur [46]. Alkol fonksiyonel grubuna sahip n-alkan türevi bileşiklerin antibakteriyel aktivitesi bakteri türlerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Karbon zincir uzunluğu antibakteriyel aktiviteye katkıda bulunacak faktörlerin başında gelmektedir. Ayrıca alkollü moleküller içindeki çift veya üçlü bağların oluşumu ve stereokimyası da antibakteriyel aktivite sonucunu etkileyen faktörler arasında yer almaktadır [47]. Mevcut çalışmada uçucu yağ bileşiminde mentol bileşiğinin bulunmaması ve karvakrol bileşiğinin düşük miktarda bulunması nedeniyle düşük antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu öngörülmektedir. Ayrıca mevcut uçucu yağın *B. cereus* ve *B. subtilis* üzerine etkisinin β-karyofilen ve karyofilen oksit bileşiklerinden kaynaklanacağı düşünülmektedir. Türkiye orijinli uçucu yağın ileriye dönük farklı bakterilere karşı MİK/MBK testleriyle antibakteriyel aktivite çalışmasının yapılması faydalı olacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

[1] Lahlou, M. (2013) The Success of Natural Products in Drug Discovery. Pharmacology & Pharmacy, 4, 17-31.

[2] Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils–a review. Food and chemical toxicology, 46(2), 446-475.

[3] Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. International journal of food microbiology, 94(3), 223-253.

[4] Bouyahya, A., Dakka, N., Talbaoui, A., Et-Touys, A., El-Boury, H., Abrini, J., & Bakri, Y. (2017). Correlation between phenological changes, chemical composition and biological activities of the essential oil from Moroccan endemic Oregano (*Origanum compactum* Benth). Industrial crops and products, 108, 729-737.

[5] Barešová, H. (1988). *Centaurium erythraea* Rafn: micropropagation and the production of secoiridoid glucosides. In Medicinal and Aromatic Plants I (pp. 350-366). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

[6] Agelet, A., & Valles, J. (2003). Studies on pharmaceutical ethnobotany in the region of Pallars (Pyrenees, Catalonia, Iberian Peninsula). Part II. New or very rare uses of previously known medicinal plants. Journal of Ethnopharmacology, 84(2-3), 211-227.

[7] Benali, T., Khabbach, A., Ennabili, A., & Hammani, K. (2017). Ethnopharmacological prospecting of medicinal plants from the Province of Guercif (NE of Morocco). Moroccan Journal of Biology, 14(14), 1-14.

[8] Benítez, G., González-Tejero, M. R., & Molero-Mesa, J. (2010). Pharmaceutical ethnobotany in the western part of Granada province (southern Spain): Ethnopharmacological synthesis. Journal of Ethnopharmacology, 129(1), 87-105.

[9] Bouyahya, A., Abrini, J., Et-Touys, A., Bakri, Y., & Dakka, N. (2017). Indigenous knowledge of the use of medicinal plants in the North-West of Morocco and their biological activities. European Journal of Integrative Medicine, 13, 9-25.

[10] Bouyahya, A., Bakri, Y., Et-Touys, A., Assemian, I. C. C., Abrini, J., & Dakka, N. (2018). *In vitro* antiproliferative activity of selected medicinal plants from the North-West of Morocco on several cancer cell lines. European Journal of Integrative Medicine, 18, 23-29.

[11] Chda, A., El Kabbaoui, M., Fresco, P., Silva, D., Gonçalves, J., Oliveira, A. P., & Bencheikh, R. (2020). *Centaurium erythraea* extracts exert vascular effects through endothelium- and fibroblast-dependent pathways. Planta Medica, 86(02), 121-131.

[12] El-Hilaly, J., Hmammouchi, M., & Lyoussi, B. (2003). Ethnobotanical studies and economic evaluation of medicinal plants in Taounate province (Northern Morocco). Journal of ethnopharmacology, 86(2-3), 149-158.

[13] Erarslan, Z. B., Ecevit-genç, G., & Kültür, Ş. (2020). Medicinal plants traditionally used to treat skin diseases in Turkey–eczema, psoriasis, vitiligo. Journal of Faculty of Pharmacy of Ankara University, 44(1), 137-166.

[14] Idm'hand, E., Msanda, F., & Cherifi, K. (2020). Ethnopharmacological review of medicinal plants used to manage diabetes in Morocco. Clinical Phytoscience, 6(1), 18.

[15] Merzouki, A., Ed-Derfoufi, F., & Mesa, J. M. (2000). Contribution to the knowledge of Rifian traditional medicine. II: Folk medicine in Ksar Lakbir district (NW Morocco). Fitoterapia, 71(3), 278-307.

[16] Mustafa, B., Hajdari, A., Krasniqi, F., Hoxha, E., Ademi, H., Quave, C. L., & Pieroni, A. (2012). Medical ethnobotany of the Albanian Alps in Kosovo. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine, 8(1), 6.

[17] Orch, H., Zidane, L., & Douira, A. (2020). Ethnobotanical study of plants used in the treatment of respiratory diseases in a population bordering the forest of Izarène. Journal of Pharmacy Pharmacognosy Research, 8(5), 392-409.

[18] Pieroni, A., & Quave, C. L. (2005). Traditional pharmacopoeias and medicines among Albanians and Italians in southern Italy: a comparison. Journal of Ethnopharmacology, 101(1-3), 258-270.

[19] Vinagre, C., Vinagre, S., & Carrilho, E. (2019). The use of medicinal plants by the population from the Protected Landscape of "Serra de Montejunto", Portugal. Journal of ethnobiology and ethnomedicine, 15(1), 30.

[20] Vokou, D., Katradi, K., & Kokkini, S. (1993). Ethnobotanical survey of Zagori (Epirus, Greece), a renowned centre of folk medicine in the past. Journal of Ethnopharmacology, 39(3), 187-196.

[21] Aberham, A., Pieri, V., Croom Jr, E. M., Ellmerer, E., & Stuppner, H. (2011). Analysis of iridoids, secoiridoids and xanthones in *Centaurium erythraea, Frasera caroliniensis* and *Gentiana lutea* using LC–MS and RP-HPLC. Journal of pharmaceutical and biomedical analysis, 54(3), 517-525.

[22] Bouyahya, A., Belmehdi, O., El Jemli, M., Marmouzi, I., Bourais, I., Abrini, J., & Bakri, Y. (2019). Chemical variability of *Centaurium erythrae*a essential oils at three developmental stages and investigation of their *in vitro* antioxidant, antidiabetic, dermatoprotective and antibacterial activities. Industrial Crops and Products, 132, 111-117.

[23] Guedes, L., Reis, P. B., Machuqueiro, M., Ressaissi, A., Pacheco, R., & Serralheiro, M. L. (2019). Bioactivities of *Centaurium erythraea* (Gentianaceae) decoctions: Antioxidant activity, enzyme inhibition and docking studies. Molecules, 24(20), 3795.

[24] Hatjimanoli, M., Favre-Bonvin, J., Kaouadji, M., & Mariotte, A. M. (1988). Monohydroxy-and 2, 5-dihydroxy terephthalic acids, two unusual phenolics isolated from *Centaurium erythraea* and identified in other Gentianaceae members. Journal of natural products, 51(5), 977-980.

[25] Jovanović, O., Radulović, N., Stojanović, G., Palić, R., Zlatković, B., & Gudžić, B. (2009). Chemical composition of the essential oil of *Centaurium erythraea* Rafn (Gentianaceae) from Serbia. Journal of Essential Oil Research, 21(4), 317-322.

[26] Kaouadji, M., Vaillant, I., & Mariotte, A. M. (1986). Polyoxygenated xanthones from *Centaurium erythraea* roots. Journal of Natural Products, 49(2), 359-359.

[27] Mebavý, L. (1987). Phenolic substances in tissue cultures of *Centaurium erythraea.* Biologia plantarum, 29(2), 81-87.

[28] Mihaylova, D., Vrancheva, R., & Popova, A. (2019). Phytochemical profile and *in vitro* antioxidant activity of *Centaurium erythraea* Rafn. Bulgarian Chemical Communications, 51(6), 95-100.

[29] Šiler, B., Živković, S., Banjanac, T., Cvetković, J., Živković, J. N., Ćirić, A., & Mišić, D. (2014). Centauries as underestimated food additives: Antioxidant and antimicrobial potential. Food chemistry, 147, 367-376.

[30] Stefkov, G., Miova, B., Dinevska-Kjovkarovska, S., Stanoeva, J. P., Stefova, M., Petrusevska, G., & Kulevanova, S. (2014). Chemical characterization of *Centaurium erythrea* L. and its effects on carbohydrate and lipid metabolism in experimental diabetes. Journal of ethnopharmacology, 152(1), 71-77.

[31] Subotić, A., Jevremović, S., Grubišić, D., & Janković, T. (2009). Spontaneous plant regeneration and production of secondary metabolites from hairy root cultures of *Centaurium erythraea* Rafn. In Protocols for *in vitro* cultures and secondary metabolite analysis of aromatic and medicinal plants (pp. 205-215). Totowa, NJ: Humana Press.

[32] Trifunović-Momčilov, M., Krstić-Milošević, D., Trifunović, S., Podolski-Renić, A., Pešić, M., & Subotić, A. (2017). Secondary metabolite profile of transgenic centaury (*Centaurium erythraea* Rafn.) plants, potential producers of anticancer compounds. In Transgenesis and secondary metabolism (pp. 205-230). Springer, Cham.

[33] Bouyahya, A., Bakri, Y., Belmehdi, O., Et-Touys, A., Abrini, J., & Dakka, N. (2017). Phenolic extracts of *Centaurium erythraea* with novel antiradical, antibacterial and antileishmanial activities. Asian Pac J Trop Dis, 7(7), 433-9.

[34] Kachmar, M. R., Oliveira, A. P., Valentao, P., Gil-Izquierdo, A., Dominguez-Perles, R., Ouahbi, A., & Ferreres, F. (2019). HPLC-DAD-ESI/MSn phenolic profile and *in vitro* biological potential of *Centaurium erythraea* Rafn aqueous extract. Food chemistry, 278, 424-433.

[35] Jbilou, R., Amri, H., Bouayad, N., Ghailani, N., Ennabili, A., & Sayah, F. (2008). Insecticidal effects of extracts of seven plant species on larval development, α-amylase activity and offspring production of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae). Bioresource technology, 99(5), 959-964.

[36] Tuluce, Y., Ozkol, H., Koyuncu, I., & Ine, H. (2011). Gastroprotective effect of small centaury (*Centaurium erythraea* L) on aspirin-induced gastric damage in rats. Toxicology and Industrial Health, 27(8), 760-768.

[37] Mroueh, M., Saab, Y., & Rizkallah, R. (2004). Hepatoprotective activity of *Centaurium erythraea* on acetaminophen□induced hepatotoxicity in rats. Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives, 18(5), 431-433.

[38] Berkan, T., Üstünes, L., Lermioglu, F., & Özer, A. (1991). Antiinflammatory, analgesic, and antipyretic effects of an aqueous extract of *Erythraea centaurium*. Planta medica, 57(01), 34-37.

[39] Jerković, I., Gašo-Sokač, D., Pavlović, H., Marijanović, Z., Gugić, M., Petrović, I., & Kovač, S. (2012). Volatile organic compounds from *Centaurium erythraea* Rafn (Croatia) and the antimicrobial potential of its essential oil. Molecules, 17(2), 2058-2072.

[40] Soltani, F. Z., Meddah, B., Chelli, N., Tir Touil, A., & Sonnet, P. (2023). *Atriplex halimus* L. and *Centaurium erythraea* Rafn. Essential oils: the phytochemical profile, antimicrobial and antioxidant properties. Agriculturae Conspectus Scientificus, 88(3), 215-223.

[41] İskender, N. A. (2025). *In vitro* assessment of antimicrobial activity in various commercial essential oils. Turkish Journal of Biodiversity, 8(1), 46-51.

[42] Bassanetti, I., Carcelli, M., Buschini, A., Montalbano, S., Leonardi, G., Pelagatti, P., ... & Rogolino, D. (2017). Investigation of antibacterial activity of new classes of essential oils derivatives. Food Control, 73, 606-612.

[43] Kamatou, G. P., Vermaak, I., Viljoen, A. M., & Lawrence, B. M. (2013). Menthol: A simple monoterpene with remarkable biological properties. Phytochemistry, 96, 15-25.

[44] Trombetta, D., Castelli, F., Sarpietro, M. G., Venuti, V., Cristani, M., Daniele, C., & Bisignano, G. (2005). Mechanisms of antibacterial action of three monoterpenes. Antimicrobial agents and chemotherapy, 49(6), 2474-2478.

[45] Xu, J., Zhou, F., Ji, B. P., Pei, R. S., & Xu, N. (2008). The antibacterial mechanism of carvacrol and thymol against *Escherichia coli*. Letters in applied microbiology, 47(3), 174-179.

[46] Moo, C. L., Yang, S. K., Osman, M. A., Yuswan, M. H., Loh, J. Y., Lim, W. M., Lai, K. S. (2020). Antibacterial activity and mode of action of β-caryophyllene on *Bacillus cereus*. Polish journal of microbiology, 69(1), 49.

[47] Chatterjee, S., Karmakar, A., Azmi, S. A., & Barik, A. (2018, December). Antibacterial activity of long-chain primary alcohols from *Solena amplexicaulis* leaves. In Proceedings of the Zoological Society (Vol. 71, No. 4, pp. 313-319). New Delhi: Springer India.

EDİTÖRDEN / EDITORIAL

Monoterpen ve Monoterpenoidlerin Antifungal Karakterlerinin Belirlenmesinde Biyoinformatik Destekli Trend Analizi

The Antifungal Potential of Monoterpen and Monoterpenoids: Bioinformatics-Supported Trend Analysis

Emre YÖRÜK

Centaurium erythraea Uçucu Yağının Kimyasal Bileşimi ve Antibakteriyel Aktivitesinin Belirlenmesi

Determination of Chemical Composition and Antibacterial Activity of *Centaurium erythraea* Essential Oil

Esra YILDIRIM SERVİ

Volume 1 Issue 2 I September 2025

e-ISSN 3108-3587