

TİCARİ KARANFİL YAĞI KOMPOZİSYONUNA KALİTE VE GÜVENİRLİLİK AÇISINDAN BİR BAKIŞ

A PERSPECTIVE ON THE QUALITY AND RELIABILITY OF COMMERCIAL CLOVE OIL COMPOSITION

Nilüfer Vural^{1,2}, İsmihan Göze²

¹Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Halk Sağlığı Enstitüsü, Biyoterapötik Ürün Geliştirme AD, Etlik, Ankara, Türkiye

²Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Gıda İşleme Bölümü, Gıda Teknolojisi Programı, Ankara, Türkiye
Çubuk, Ankara, Türkiye

³İstanbul Kent Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, İstanbul, Türkiye

Yayın Gönderilme Tarihi: 23.02.2025, Kabul Tarihi: 22.04.2025, Basım Tarihi: 30.07.2025

ÖZET

Eugenia caryophyllata L. Merr. & Perry (Myrtaceae) -karanfil- tropikal/subtropikal iklim koşullarında yetiştirilen ve çiçek tomurcuklarından esansiyel yağı elde edilerek kullanılan bir türdür. Elde edilen bu esansiyel yağ kozmetik, gıda ve temizlik endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca geleneksel tıpta, diş ağrısını hafifletmek ve iyileşmeyi desteklemek için topikal olarak uygulandığı da bilinmektedir. Karanfil esansiyel yağı pek çok biyoaktif kimyasal bünyesinde barındırmaktadır ve ana bileşeni öjenoldür. Ticari olarak aktarlarda ve eczanelerde satılan karanfil yağları da diş ağrılarında geleneksel olarak kullanılmaktadır. Satışa sunulan bu ürünlerin oral kullanımlardaki içerik endişesi sebebiyle halk sağlığı açısından önemli olduğu düşünülerek aktardan satın alınan bir örnek karanfil yağı, Gaz Kromatografi-Kütle Spektroskopisi (GC-MS) yöntemi ile analiz edilerek kimyasal profili belirlenmiş; analiz sonuçları, *Eugenia caryophyllata* tomurcuklarının toplanıp, su buharı distilasyonu ile elde edilen orijinal uçucu yağın GC-MS aktivite sonuçlarının yayınlandığı araştırma makaleleriyle karşılaştırılmıştır. Sonuçta, esansiyel yağda aktif bileşen öjenolün ve öjenol asetatın miktarlarının olması gerekenden düşük olduğu, oleik asit katkısının bulunduğu belirlenmiş, ancak toksik maddeler tespit

edilmemiştir. Araştırmamız bir ön araştırma mahiyetinde olup diğer araştırmacılara fikir vermek ve dikkat çekmek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Eugenia caryophyllata*; Esansiyel yağ, Gaz Kromatografi-Kütle Spektroskopisi, Öjenol

ABSTRACT

Eugenia caryophyllata L. Merr. & Perry (Myrtaceae), commonly known as clove, is a species cultivated in tropical and subtropical climates from which essential oil is extracted from the flower buds. This essential oil is widely utilized in the cosmetics, food, and cleaning industries. Additionally, it is known to be applied topically in traditional medicine for the alleviation of toothache and to support healing. Clove essential oil contains numerous bioactive compounds, with eugenol being the primary component. Clove oils available commercially in herbal shops and pharmacies traditionally relieve tooth pain. Given the public health concerns regarding the contents of these products for oral use, a sample of clove oil purchased from a herbal shop was analyzed using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) to determine its chemical profile. The analytical results were compared with published research articles

reporting the GC-MS activity results of the original essential oil obtained from the steam distillation of *Eugenia caryophyllata* buds. The findings indicated that the concentrations of the active components eugenol and eugenol acetate were lower than expected, and oleic acid was identified as an additive; however, no toxic substances were detected. This study serves as a preliminary investigation to provide insights and draw attention for further research.

Keywords: *Eugenia caryophyllata*; Essential oil; Gas Chromatography-Mass Spectrometry; Eugenol

GİRİŞ

Antik çağlardan bu yana bitkiler, bitkisel ekstratlar ve uçucu yağlar, halk hekimliğinde tedavi amacıyla kullanılmaktadır. Günümüzde tıbbi bitkilerin ana aktif bileşenlerinin (başat maddelerinin) ya da uçucu yağlarının elde edilmesi ve analitik açıdan değerlendirilmesi hem bilimsel hem de ekonomik açıdan büyük önem arz etmektedir (Dar ve ark., 2017). Özellikle endemik, bol bulunan ve düşük maliyetle temin edilebilecek olan bitkilerin bileşenlerinin farmakolojik özelliklerinin incelenmesi, ülke ekonomisine olumlu katkısı ve ulusal kalkınma çerçevesinde çok değerlidir (Bülbül ve Yıldırım, 2024). Avrupa Farmakopesi'ne göre, uçucu yağ, genellikle karmaşık bileşime sahip, bitkisel olarak tanımlanmış ham bitkisel materyalden hidrodistilasyon, buhar damıtma veya uygun bir mekanik işlemle elde edilen kokulu bir ürün olarak tanımlanmaktadır (European Pharmacopoeia Commission, 2010). Bilinen 3000 uçucu yağdan sadece %10'unun ticari olarak kullanıldığı tahmin edilmektedir. Bu bağlamda hem uçucu yağların kullanım yelpazesini genişletmek, hem de mevcut analitik bilgiye yeni kazanımlar sunmak, farmakolojik açıdan oldukça önemli ve gereklidir (Sunar ve Altınbaşak, 2024). Myrtaceae familyası, dünya çapında tropikal/subtropikal bölgelerde dağılmış en az 132 cins ve 5671 türden oluşmakta ve Avustralya, Güneydoğu Asya ve Güney Amerika'da pek çok türü ve alttürü bulunmaktadır (Singh ve ark., 2012). *Eugenia caryophyllata*, yaygın olarak karanfil adıyla bilinen, Myrtaceae familyasından orta büyüklükte bir ağaçtır. Halk arasında karanfil yağı olarak bilinen, güçlü kokulu uçucu yağ, kurutulmuş çiçek tomurcuklarından elde edilmektedir (Singh ve ark., 2012). Sap ve

yapraktan çıkarılan yağ, yüksek kaliteli öjenol ve vanilin hazırlamakta kullanılmaktadır. Karanfil yağının başlıca bileşeni %70-90 öjenoldür ($C_{10}H_{14}O_2$), bunu β -karyofilen ve daha az miktarlarda α -humulen, karyofilen oksit ve öjenil asetat takip etmektedir (Mahboubi, 2015). Karanfil yağı tıbbi özellikleri iyi bilinen ve farklı terapötik amaçlarla kullanılan bir esansiyel yağ türüdür. Ancak çoğunlukla ağız sağlığı ve diş çürüklerine bağlı ağrı tedavisinde kullanılmaktadır. Diş çürüğü dişin mine, dentin veya sement kısımlarından biri veya birkaçının lokal olarak madde kaybı ile karakterize, maya ya da bakteri kaynaklı, çok faktörlü bir hastalıktır. Antibiyotiklerin diş çürüklerini önlemede çok etkili olduğu bilinse de aşırı antibiyotik kullanımının ağız (ve bağırsak) florasının bozulmasına neden olabildiği de bilinen bir başka gerçek ve risktir (Ravindra ve ark., 2023). Karanfil yağının diş çürüklerinde ve genel ağız sağlığındaki geleneksel kullanımı, antiseptik ve analjezik özelliklerinden ileri gelmektedir. Çoğunlukla seyreltik olarak yaygın diş ağrısını tedavi etmek amacıyla diş etlerine sürülerek kullanılmaktadır (Pulikottil ve Nath, 2015). Karanfil yağının oral sağlığı tehdit eden ve periodontal hastalıklara sebep olan *Streptococcus mutans*, *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia*, *Candida albicans* ve *Actinomyces* spp. türlerine karşı yüksek antimikrobiyal etki gösterdiği de farklı in vitro çalışmalar ile raporlanmıştır (Askari ve ark., 2023).

Ancak karanfil yağının oral uygulaması sırasındaki temel riskler, öjenolün yüksek dozlarda ortaya çıkan toksik etkisi ve seyreltik formlarda bulunan yağların seyreltme materyallerinin ve karanfil yağının elde edilmesinin kesinliği ve standardizasyonu konusundaki belirsizliklerden ileri gelmektedir. Ön rapor olarak hazırlanan bu çalışmada, ticari olarak satılan bir karanfil yağı örneğinin GC-MS analizi ile içeriğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar araştırma amacı ile su buharı distilasyonu ile elde edilen araştırma makalelerinde yayınlanmış orijinal karanfil yağlarının GC-MS sonuçları ile karşılaştırılmış ve bulgular tartışılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Karanfil Yağının Temini ve Saklanması

Ticari olarak Antalya'da yerel bir satıcıdan temin edilen karanfil yağı, koyu renkli amber bir şişede,

hava almayacak şekilde (olası oksidasyonların önlenmesi amacıyla), +4°C’ de analiz yapılana kadar bekletilmiştir.

Uçucu Bileşenlerin GC-MS Analizi

Örneğin uçucu biyoaktif kimyasal bileşenleri, bir kapiler kolon TC-5 (50 m × 0,32 mm iç çap, 0,32 mm) ve bir 70 eV EI Quadrapol detektörü ile donatılmış Shimadzu GC2010 GC-MS kullanılarak analiz edilmiştir. Taşıyıcı gaz helyum olmak üzere, 2,1 ml/dk akış hızıyla, enjektör ve MS transfer hattı sıcaklıkları sırasıyla 265 ve 280 °C’ye ayarlanmıştır. Kolon sıcaklığı başlangıçta 45 °C’de 3 dakika tutulmuş, ardından kademeli olarak 2 °C/dk hızında 150 °C’ye çıkarılmış, orada 4 dakika tutulmuş ve son olarak 4 °C/dk hızında 265 °C’ye çıkarılarak 4 dakika daha tutulmuştur. 0,5 µL seyreltilmiş örnek (1:150 v/v, hekzan içinde) manuel olarak ve bölünmeden cihaza enjekte edilmiştir. Bileşenler, doğrusal tutma indeksleri (LRI) ve MS (GC-MS sisteminin NBS75K kütüphane verileri) ile karşılaştırılarak tanımlanmıştır.

Toksisite Özelliklerinin Hesaplamalı Tahmin Analizleri

Karanfil yağının elde edilen uçucu bileşen profilinden %1’in üzerinde yer alan 7 ana bileşeni, bazı toksikolojik ve farmakokinetik özellikleri, akıllı algoritmalar aracılığıyla tahmin edilmiştir. Tahminler, pkCSM (Pires ve ark., 2015), LAZAR toksisite-tahmini web-aracı (Maunz ve ark., 2013) ve SwissADME (Daina ve ark., 2017) tahmin araçları aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

In silico farmakokinetik ve toksisite tahmininde sıklıkla kullanılan araçlardan pkCSM, LAZAR ve SwissADME, farklı algoritmik yaklaşımlar benimseyerek biyolojik aktivite öngörüsünü yapay zekâ temelli modelleme teknikleriyle entegre etmektedir. pkCSM (pharmacokinetics Chemistry Structure Modeling), moleküler yapıların farmakokinetik özelliklerini ve toksisite profillerini tahmin etmek amacıyla grafik temelli bir yaklaşım kullanmaktadır. Bu sistemde moleküller, graph-based signatures (graf tabanlı imzalar) olarak temsil edilmektedir. Her molekül, atomlar ve bu atomlar arasındaki kimyasal bağlardan oluşan bir grafik olarak modellenerek tahminler gerçekleştirilir. LAZAR (Lazy

Structure-Activity Relationships) ise, açık kaynaklı bir platform olup toksisite tahminini gerçekleştirmek için similarity-based local QSAR (nicel yapı-aktivite ilişkisi) modellerine dayanmaktadır. Son olarak SwissADME, moleküler tanımlayıcılar ve kural temelli algoritmalar ile çalışmaktadır. Sistem özellikle fragment-based ve rule-based yöntemlerle molekülün davranışlarını öngören deterministik bir modelleme yaklaşımı sunmaktadır. İncelenen bileşiklerin kimyasal yapıları SMILES formatında temsil edilerek analiz araçlarına giriş verisi olarak yüklenmiştir. Farmakokinetik özelliklerin değerlendirilmesi için pkCSM yazılımı kullanılarak her bir bileşik için Bioconcentration Factor (BCF) hesaplanmıştır. Toksikolojik özelliklerin tahmini amacıyla LAZAR toxicity prediction aracı kullanılmış ve Ames Mutagenicity (genotoksitesite), Carcinogenesis (kanserojenik potansiyel) ve “Skin Sensitization” (cilt hassasiyeti) değerlendirmeleri gerçekleştirilmiştir. LAZAR aracılığıyla yapılan analizlerde, bileşiklerin kimyasal yapıları mevcut veri tabanlarındaki Structure-Activity Relationship (SAR) modelleriyle karşılaştırılarak sonuçlar elde edilmiştir (Raies ve Bajic, 2016). ADMET özelliklerinin değerlendirilmesi için SwissADME yazılımı kullanılmış ve özellikle “Eye Irritation” (göz tahrişi) potansiyeli analiz edilmiştir. Farklı yazılım araçlarından elde edilen tüm veriler bir araya getirilmiş ve bileşiklerin toksikolojik ve farmakokinetik profilleri bir bütün olarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar, biyoaktif bileşiklerin çevresel ve biyolojik güvenliği ile potansiyel uygulamaları açısından tartışılmıştır.

BULGULAR

Karanfil Yağının GC-SM Analizi Sonucu

GC-MS analizleri sonucunda, ticari karanfil yağında toplam 21 bileşen tanımlanmıştır (Tablo1). İçeriğindeki baskın bileşenler sırasıyla %36.13 öjenol, %4.35 öjenol asetat ve %1.58 β-karyofilen olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, beklenmeyen bir şekilde %23.75 oranında oleik asit, %5.52 linolenelaidik asit ve %2.23 9-oktadekenoik asit tespit edilmiştir. Satın alınan yağ örneğinin kimyasal kompozisyonu, yağın düşük uçuculuğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 1. Karanfil (*E. caryophyllata*) yağında tanımlanan uçucu bileşenler

	Bileşenler	Alıkonma Zamanı (R _t)	LRI ^a	Miktar ^b (%)
1	Neo-mentol	21.52	1173	0,13
2	Pulegone	23.82	1237	0,75
3	Öjenol	29.43	1351	36,13
4	2,6-Heptadienal, 2,4-dimetil-	30.31	1365	0,43
5	β - karyofilen	32.31	1428	1,58
6	β-selinen	33.98	1485	0,18
7	Öjenol asetat	37.07	1524	4,35
8	Dietil ftalat	37.37	1547	0,72
9	Metil 5-klorovalerat	37.98	1556	0,32
10	(-)-cis-Mirtanol	38.54	1568	0.15
11	(-)-Karyofilen oksit	38.91	1573	0.25
12	Paçuli alkol	40.84	1653	0.53
13	Geranil n-bütirat	45.26	1883	0.27
14	n-Heksahekanoik asit	48.49	1946	1.73
15	Elaidolinolenil alkol	51.16	2058	0.14
16	Oleik asit	51.93	2102	23.75
17	Linolenelaidik asit	52.34	2125	5.52
18	9-oktadekenoik asit	52.95	2130	2.23

19	(+)-Junenol	53.34	2135	0.65
20	1,2-Dipalmitin	54.78	2138	0.49
21	Dasikarpidan-1-metanol, asetat	56.18	2214	0.14
	Tanımlanamamış bileşenler			9.17
	Toplam			89.61

a) LRI: Doğrusal alıkonma indisi (DB5 analit kolonda tanımlanmış), b) $< 0,1\%$ 'in altındaki değerler tabloya dahil edilmemiştir.

Hesaplamalı Tahmin Analizi Sonuçları

Yapılan hesaplamalı tahmin analizlerinden yola çıkılarak, karanfil yağının biyoaktif bileşenlerinin toksisite ve çevresel etkileri hakkında birtakım veriler elde edilmiş ve Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Karanfil (*E. caryophyllata*) yağı bileşenlerinin tahmin edilen bazı toksisite ve farmakolojik özellikleri

Bileşenler	Ames Mutajenite	Karsinogenez	Cilt Hassasiyeti	BCF	Göz Tahrişi
Öjenol	Hayır	Hayır	Evet	1.02	Evet
β -Karyofilen	Hayır	Hayır	Evet	2.25	Evet
Öjenol Asetat	Hayır	Hayır	Evet	1.21	Evet
n- Heksadekanoik asit	Hayır	Hayır	Evet	2.21	Evet
Oleik Asit	Hayır	Hayır	Evet	1.34	Evet
Linolenalidik asit	Hayır	Hayır	Evet	1.28	Evet
9-Oktadekanoik asit	Hayır	Hayır	Evet	1.19	Evet

Elde edilen sonuçlar, karanfil yağının ana bileşenlerinin hiçbirinin Ames mutajenite testinde mutajenik ve kanserojen olmadığını göstermektedir. Bu durum, karanfil yağının genetik materyal üzerinde olumsuz etkiler göstermediğini ve kansere yol açma riski taşımadığını ortaya koymaktadır. Ancak cilt hassasiyeti açısından, tüm bileşenlerin potansiyel hassasiyet yaratabileceği belirtilmiştir. Bu durum, özellikle hassas ciltlerde alerjik reaksiyon riskine işaret etmektedir. Ayrıca, biyoaktif bileşenlerin biyoakümülyasyon potansiyelini değerlendiren BCF değerleri 1.02 ile 2.25 arasında değişmektedir. Bu değerler, bileşenlerin düşük ila orta derecede çevresel birikme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, göz tahrişi açısından tüm bileşenlerin tahriş edici özellikler taşıdığı görülmektedir. Bu bulgular, karanfil yağı içeren ürünlerin formülasyonunda dikkatli kullanım gerekliliğini vurgulamaktadır.

TARTIŞMA

Esansiyel yağlar, bitkilerden elde edilen uçucu bileşikler olup, tıbbi, kozmetik ve gıda endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yağlar, antimikrobiyal, antioksidan, antienflamatuvar ve analjezik özellikleri ile dikkat çekmektedir (Manion ve Widder, 2017). Karanfil yağı da bu grupta öne çıkan bir yağ olup, özellikle dental uygulamalarda ve yara iyileşmesi destekleyici ürünlerde yaygın olarak tercih edilmektedir (Askari ve ark., 2023). Karanfil yağının biyolojik aktiviteleri, gıda katkı maddesi olarak raf ömrünü uzatmada ve ilaç formülasyonlarında etkili bir bileşen olarak kullanılmasını mümkün kılmaktadır ve karanfil grubu bitkilerini bir pazar grubu haline getirmektedir (Yanti ve Bakri, 2023). Bununla

birlikte, ticari olarak satılan esansiyel yağlarda kalite ve güvenlik açısından bazı endişeler bulunmaktadır. Uçucu yağların saflığı, içerisindeki aktif bileşenlerin konsantrasyonu ve toksik kontaminantların varlığı gibi faktörler, ürün güvenliği üzerinde doğrudan etkili olabilir. Özellikle cilt hassasiyeti, göz tahrişi ve alerjik reaksiyonlar gibi yan etkiler, yetersiz seyreltilmiş veya saf olmayan ürünlerde daha sık görülebilmektedir. Ayrıca, piyasada satılan bazı ürünlerin içerik etiketlerinde belirtilenden farklı konsantrasyonlara sahip olduğu rapor edilmiştir (Es ve ark., 2017). Dolayısıyla, esansiyel yağların güvenli kullanımı için standart analitik kimya metotlarının uygulanması ve içeriklerin kalite kontrollerinin standardizasyon kapsamlarının genişletilmesi büyük bir önem taşımaktadır. Karanfil yağına yönelik literatürdeki GC-MS sonuçlarında, izole edilen uçucu yağların çok sayıda bileşenden oluşan karmaşık bir yapı olduğunu; *E. caryophyllata* uçucu yağının ana bileşenlerinin, %85-95 oranında öjenol, %4-15 oranında öjenil asetat, %5-14 β -karyofilen olduğu raporlanmıştır (Chaieb ve ark., 2007). Diğer uçucu bileşenler ise eser miktarda bildirilmiştir. Ek olarak araştırmacı Prof. Dr. Başer’in referans aldığı European Medicines Agency bildirisi de raporlanan bu içerikleri desteklemektedir (Başer, 2014). Chaieb ve ark., 2007, yılında gerçekleştirdikleri bir araştırma çalışmasında *E. caryophyllata* uçucu yağından GC-MS analizi ile 36 bileşen raporlamışlar ve baskın olan bileşikler öjenol (%88.6), öjenil asetat (%5.6), β -karyofilen (%1.9) olarak belirlemişlerdir (Chaieb ve ark., 2007). Başka bir *E. caryophyllata* uçucu yağı analizi çalışmasında ise %44.2 öjenole ek olarak %44.7 β -karyofilen bildirilmiştir (Öztürk ve Özbek, 2005). Yine aynı yıllarda Çin’de karanfil yağının analizi üzerine çalışan başka bir ekip, %91.19 ile öjenol açısından çok daha zengin bir profil raporlamışken (Kong ve ark., 2004), Halder ve ark., ise %87.34 öjenol, %5.18 öjenol asetat ve %2.01 oranında β -karyofilen bildirmişlerdir (Halder ve ark., 2011). Sing ve ark., 2012’de yayınladıkları derleme çalışmasında, karanfil yağının tanımlanan bileşenleri arasında %90.91 öjenol oranının yanında %17’den fazla öjenol asetat ve %9 civarında β -karyofilen bildirmişlerdir (Sing ve ark., 2012). 2020 yılında karanfil yağı üzerine gerçekleştirilen araştırma çalışmalarından Selles ve ark., %78.72 öjenol, %8.82 β -karyofilen ve %8.74 öjenol asetat bildirmişlerdir (Selles ve ark., 2020). Yedden ve ark. ise, 2022 yılındaki araştırmalarında karanfil

yağında %87.3 öjenol ve %10.3 öjenol asetat rapor etmişlerdir (Yeddes ve ark., 2022). Bu alandaki ilk araştırmalardan birinde ise Son ve ark, karanfil yağında %86.25 oranında öjenol belirlemiş ve bitkinin elde edildiği kaynak ülkelere dikkat çekmişlerdir (Son ve ark., 1998). Çalışmalarında *E. caryophyllata* bitkisinin elde edildiği kaynak coğrafyadan bahsedilmiş ve Java kökenli olan bitkide %55.5, Hindistan kökenli olanda %70, Makado kökenlide %74.7 ve Madagaskar kaynaklı bitkide ise %82.6 oranlarında, doğrudan kökene bağlı olarak oldukça değişken miktarlarda öjenol bulunabileceğini ortaya koymuşlardır.

Sonuçları bildirilen çalışmaların hepsinde öjenol baskın bulunmuştur. Ticari karanfil yağı ile yapılan bu ön çalışmada, GC-MS analiz sonuçlarına göre ticari yağ olması gereken ama düşük oranlarda belirlenen, %36.13 öjenol, %4.35 öjenol asetat, %1.58 β -karyofilen bileşenlerini içerirken, karanfil yağında olması beklenmeyen %23.75 oleik asit ve %5.52 linolenelaidik asit içerdiği de belirlenmiştir. Ticari karanfil yağı örneğinin GC-MS analizleri, kimyasal içeriğinde dikkate değer varyasyonlar gösterdiğini ve örneğin farmakope standartlarını karşılamadığını ortaya koymuştur. Özellikle öjenol, β -karyofilen ve öjenol asetat gibi ana bileşiklerin düzensiz dağılımı, ürünlerin terapötik etkinliği ve toksikolojik güvenliği açısından endişe yaratmaktadır. Aynı zamanda düşük miktarda belirlenen 1,2-dipalmitin (1,2-dipalmitoil-sn-gliserol), özellikle palm yağı (*Elaeis guineensis*) gibi yüksek palmitik asit içeriğine sahip bitkisel yağlarda doğal olarak bulunur (Goon ve ark., 2019). Bu bulgular ticari yağda farklı bir bitkisel yağ karışımının bulunabileceği şeklinde yorumlanabilir. Ayrıca ticari yağın eldesinde kullanılan karanfilin temin edildiği ülke ve coğrafyanın yanı sıra, kuru tohumun saklanma şartları, distilasyon ve izolasyon şartları da öjenol miktarını etkilemiş olabilir. Ancak bileşenler arasında toksik madde olmayışı da çok önemli bir bulgudur. Hesaplamalı tahminler, karanfil yağının toksikolojik profili hakkında genel bir öngörü sunarak bu tür doğal ürünlerin güvenliğini değerlendirmede önemli bir ön araç olmuştur. Analiz sonuçları, bileşenlerin mutajenik veya kanserojen olmadığını göstermiş olsa da, özellikle cilt hassasiyeti ve göz tahrişi gibi topikal kullanımlarda potansiyel riskler taşıdığı anlaşılmaktadır. Bu durum, karanfil yağının farklı konsantrasyonlarda kullanılması gerektiğini ve

formülasyon süreçlerinde dikkatli bir şekilde optimize edilmesinin önemini ortaya koymaktadır. Özellikle öjenol gibi ana bileşenlerin, antimikrobiyal ve antioksidan etkilerinin yanı sıra iritan özelliklere de sahip olması, bu yağın hem faydalarını, hem de sınırlarını göz önünde bulundurarak değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Çalışmada kullanılan örnek sayısı, örneklem büyüklüğünü her ne kadar doğrudan sınırlasa da, ticari karanfil yağlarının kendi içerisinde güvenilirlik değerlendirilmesinde öncü bir çalışma olmaktadır.

Piyasada satışa sunulan ve standardizasyonu yeterli olmayan bu tip preparatlar, ağız yoluyla mukozadan doğrudan emilmektedir ve dolayısıyla etkilerinin anlaşılabilmesi için, daha geniş kapsamlı in vitro ve in vivo araştırmalar gereklidir.

SONUÇ

Bu çalışma, ticari karanfil yağının kimyasal bileşenlerini belirleyerek, bu ürünlerin kalite ve güvenilirliği konusunda ön bilgi sağlamaktadır. İçeriğindeki temel bileşenlerin düşük seviyelerde bulunması ve farklı yağ katkılarının varlığı, standart kalite kontrollerinin önemini ortaya koymaktadır. In silico toksisite analizleri, farmakopeye uygun olmayan uçucu yağ örneklerinin hepatotoksisite, genotoksisite ve potansiyel mutajenite açısından risk taşıyabileceğini ortaya koymaktadır. Özellikle öjenol'ün yüksek oranda değişkenlik göstermesi ve in silico analizlerde, uçucu yağ bileşenlerinin ve katkıların olası tahriş edici etkilerinin belirlenmesi, ürün güvenliği açısından dikkat çekicidir.

Gelecekte yapılacak araştırmaların, hem daha geniş ürün yelpazesi üzerinde kapsamlı GC-MS analizlerini, hemde in vitro ve in vivo toksikolojik doğrulama testlerini, biyoyararlanım ve farmakokinetik modellemeleri (örneğin pkCSM ve SwissADME gibi araçlarla) ve farklı üretim tekniklerinin karşılaştırmalı değerlendirmesini de içermesi gerekmektedir. Ayrıca, bitkisel drogların yetiştirildiği coğrafi bölge, hasat zamanı ve distilasyon koşulları gibi faktörlerin, içerik üzerindeki etkileri de ileri çalışmaların odak noktalarından biri olmalıdır. Bu bütünsel yaklaşım, uçucu yağların güvenli, etkili ve standardize bir biçimde tıbbi ya da aromatik kullanımına katkı sağlayacaktır. Ayrıca, üretim

süreçlerinin izlenebilirliği ve etiketleme doğruluğu da halk sağlığını korumak açısından önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

Askari, V. R., Najafi, Z., & Rahimi, V. B. (2023). *Syzygium aromaticum* – Role in oral health and dental care. In *Pharmacological Studies in Natural Oral Care* (pp. 499–518).

Başer, K. H. C. (2014). Karanfil (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. et Perry). *BagBahce*, 26–27.

Bülbül, H. E., & Yıldırım, Y. (2024). Seçilen tıbbi ve aromatik bitkiler için Türkiye ve G-8 ülkelerinin ticaret paterninin değişimi. *Parion Akademik Bakış Dergisi*, 3(1), 71–93.

Chaieb, K., Hajlaoui, H., Zmantar, T., Kahla-Nakbi, A. B., Rouabhia, M., Mahdouani, K., & Bakhrouf, A. (2007). The chemical composition and biological activity of clove essential oil, *Eugenia caryophyllata* (*Syzygium aromaticum* L. Myrtaceae): A short review. *Phytotherapy Research*, 21(6), 501–506.

Chaieb, K., Zmantar, T., Ksouri, R., Hajlaoui, H., Mahdouani, K., Abdelly, C., & Bakhrouf, A. (2007). Antioxidant properties of the essential oil of *Eugenia caryophyllata* and its antifungal activity against a large number of clinical *Candida* species. *Mycoses*, 50(5), 403–406.

Daina, A., Michielin, O., & Zoete, V. (2017). SwissADME: A free web tool to evaluate pharmacokinetics, drug-likeness and medicinal chemistry friendliness of small molecules. *Scientific Reports*, 7(1), 42717.

Dar, R. A., Shahnawaz, M., & Qazi, P. H. (2017). General overview of medicinal plants: A review. *The Journal of Phytopharmacology*, 6(6), 349–351.

Es, I., Khaneghah, A. M., & Akbariirad, H. (2017). Global regulation of essential oils. In *Essential oils in food processing: Chemistry, safety and applications* (pp. 327–338).

European Pharmacopoeia Commission. (2010). *European pharmacopoeia* (Vol. 1). European Directorate for the Quality of Medicines & HealthCare, Council of Europe.

Vural ve Göze, Ticari Karanfil Yağı Kompozisyonuna Kalite ve Güvenirlik Açısından Bir Bakış

Goon, D. E., Sheikh Abdul Kadir, S. H., Latip, N. A., Rahim, S. A., & Mazlan, M. (2019). Palm oil in lipid-based formulations and drug delivery systems. *Biomolecules*, 9(2), 64. <https://doi.org/10.3390/biom9020064>

Halder, S., Mehta, A. K., Kar, R., Mustafa, M., Mediratta, P. K., & Sharma, K. K. (2011). Clove oil reverses learning and memory deficits in scopolamine-treated mice. *Planta Medica*, 77(8), 830–834.

Kong, Q. L., Song, Y. Z., Zhang, L. L., Chen, L. Y., & Li, Q. F. (2004). Natural antifungal compounds from *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. et Perry.

Maunz, A., Gütlein, M., Rautenberg, M., Vorgrimmler, D., Gebele, D., & Helma, C. (2013). Lazar: A modular predictive toxicology framework. *Frontiers in Pharmacology*, 4, 38.

Mahboubi, M. (2015). Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Eugenia caryophyllata* essential oil. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 18(4), 967–975.

Manion, C. R., & Widder, R. M. (2017). Essentials of essential oils. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 74(9), e153–e162.

Öztürk, A., & Özbek, H. (2005). The anti-inflammatory activity of *Eugenia caryophyllata* essential oil: An animal model of anti-inflammatory activity. *European Journal of General Medicine*, 2(4), 159–163.

Pires, D. E., Blundell, T. L., & Ascher, D. B. (2015). pkCSM: Predicting small-molecule pharmacokinetic and toxicity properties using graph-based signatures. *Journal of Medicinal Chemistry*, 58(9), 4066–4072.

Pulikottil, S., & Nath, S. (2015). Potential of clove of *Syzygium aromaticum* in development of a therapeutic agent for periodontal disease: A review. *South African Dental Journal*, 70(3), 108–115.

Raies, A. B., & Bajic, V. B. (2016). In silico toxicology: Computational methods for the prediction of chemical toxicity. *Wiley*

Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science, 6(2), 147–172.

Ravindra, D., Huang, G., Hallett, K., Burgner, D. P., Gwee, A., & Silva, M. J. (2023). Antibiotic exposure and dental health: A systematic review. *Pediatrics*, 152(1), e2023061350.

Selles, S. M. A., Kouidri, M., Belhamiti, B. T., & Ait Amrane, A. (2020). Chemical composition, in-vitro antibacterial and antioxidant activities of *Syzygium aromaticum* essential oil. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(4), 2352–2358.

Singh, J., Baghotia, A., & Goel, S. (2012). *Eugenia caryophyllata* Thunberg (family Myrtaceae): A review. *International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences*, 3(4), 1469–1475.

Son, K. H., Kwon, S. Y., Kim, H. P., Chang, H. W., & Kang, S. S. (1998). Constituents from *Syzygium aromaticum* Merr. et Perry.

Sunar, A., & Altınbaşak, B. B. (2024). Halitosis ve uçucu yağlar. *Journal of Kocaeli Health and Technology University*, 2(3), 9–23.

Yanti, A. I., & Bakri, A. N. (2023). Examining the economic viability of clove farming and its impact on the welfare of farmers in Larompong Sub-District. *Al-Kharaj: Journal of Islamic Economic and Business*, 5(2).

Yeddes, W., Mejri, I., Grati Affes, T., Khammassi, S., Hammami, M., Aidi-Wannes, W., & Brahim, N. B. (2022). Combined effect of essential oils from clove (*Syzygium aromaticum*), thyme (*Thymus vulgaris*), and lemon peel (*Citrus limon*) on antibacterial, cytotoxic and anti-inflammatory activities. *Trends in Phytochemical Research*, 6(1), 11–18.