

Biberiye Uçucu Yağ Örneklerinin Kalite Kontrol Analizleri*

Quality Control Analyses of Aetheroleum Rosmarini Samples

Fatma Yıldırımⁱ, Tuğçe Fafalⁱⁱ

ⁱEcz., Ege Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Farmakognozi AD., <https://orcid.org/0009-0001-6795-5149>

ⁱⁱProf.Dr., Ege Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmakognozi AD., <https://orcid.org/0000-0002-7445-5855>

Öz

Amaç: Bu çalışmada, piyasadan temin edilen dört farklı ticari biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) uçucu yağı ile laboratuvar koşullarında distilasyon yoluyla elde edilen uçucu yağ örneği Türk Farmakope'sinde Aetheroleum Rosmarini monografında yer alan kalite kontrol parametrelerine göre analiz edilmiştir.

Yöntem: Çalışma materyali olarak, ticari olarak temin edilen dört biberiye uçucu yağı ve distilasyonla elde ettiğimiz uçucu yağ örneği kullanılmıştır. Tüm örnekler, Türk Farmakope'sinde yer alan Aetheroleum Rosmarini monografında yer alan kalite kontrol analizlerine tabi tutulmuştur. Analitik ölçümler standart çalışma protokollerine uygun şekilde gerçekleştirilmiştir.

Bulgular: Makroskobik değerlendirme, bağıl yoğunluk, kırılma indisi ve alkolde çözünürlük analizleri, örnekler arasında genel olarak benzerlik göstermiştir ve bu parametrelerde ciddi bir sapma gözlenmemiştir. Gaz kromatografisi analizinde ise ticari örneklerden yalnızca ikisi, farmakope tarafından öngörülen aralıkta ökaliptol (1,8-sineol) içeriğine sahipken (%38-55), diğer iki örnekte bu majör bileşenin miktarı farmakope limitlerinin altında kalmıştır. Leke testinde ise ticari uçucu yağların üçünde sabit yağ varlığı saptanmıştır.

Sonuç: Gaz kromatografisi ve leke testi sonuçları, bazı uçucu yağ örneklerinin farmakope kriterlerine uygun olmadığını ortaya koymuştur. Toplanan drogtan distilasyon ile elde edilen uçucu yağ örneği Türk Farmakopesi standartlarıyla uyum göstermiştir. Bu bulgular, piyasada bulunan uçucu yağların kalite kontrolünün yapılmasının, farmakope kriterlerine uygunluklarının denetlenmesinin ve etiket ile bu bilgilerin ürün üzerinde yer almasının tüketici güvenliği ve terapötik etkinlik açısından önem taşıdığını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Uçucu yağ, Aetheroleum Rosmarini, *Rosmarinus officinalis*, Biberiye

ABSTRACT

Objective: In this study, four different commercial rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oil samples obtained from the market and the essential oil samples obtained by distillation in laboratory conditions were analyzed according to the quality control parameters included in the Aetheroleum Rosmarini monograph in the Turkish Pharmacopoeia.

Method: Four commercially available rosemary essential oils and essential oil samples obtained by distillation were used as study materials. All samples were subjected to quality control analyses in the Aetheroleum Rosmarini monograph in the Turkish Pharmacopoeia. Analytical measurements were performed in accordance with standard working protocols.

Results: Macroscopic evaluation, relative density, refractive index and alcohol solubility analyses showed general similarity among the samples and no serious deviations were observed in these parameters. In gas chromatography analysis, only two of the commercial samples had eucalyptol (1,8-cineole) content within the range prescribed by the pharmacopoeia (38-55%), while the amount of this major component in the other two samples remained below the pharmacopoeia limits. In the spot test, the presence of fixed oil was detected in three of the commercial essential oils.

Conclusion: Gas chromatography and spot test results revealed that some essential oil samples did not comply with the pharmacopoeia criteria. The essential oil sample obtained by distillation from the collected drug complied with the Turkish Pharmacopoeia standards. These findings show that quality control of essential oils available on the market, checking their compliance with pharmacopoeial criteria and including this information on the product label are important for consumer safety and therapeutic efficacy.

Key words: Essential oil, Aetheroleum Rosmarini, *Rosmarinus officinalis*, Rosemary

* Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi 2025;15(2):631-639

DOI: 10.31020/mutftd.1625732

e-ISSN: 1309-8004

Geliş Tarihi – Received: 20.01.2025; Kabul Tarihi- Accepted: 20.04.2025

İletişim- Correspondence Author: Tuğçe Fafal <tuğce.fafal@ege.edu.tr>



Bu derginin içeriği Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License kapsamında lisanslanmıştır.

Giriş

Türkiye zengin ekolojik koşullara sahip olması nedeniyle bitki türlerinin çokluğu bakımından dünyanın en zengin ülkeleri arasında yer almaktadır. Ülkemizde 11.707 çiçekli bitki türü bulunmaktadır, bunlardan 3649 kadarı endemik olup, ülkemizdeki endemizm oranı %32 dir. Lamiaceae (Labiatae) familyası ülkemizde yetişen ve tıbbi kullanımı olan bitkilerin yer aldığı üçüncü büyük familyadır. Lamiaceae bitkilerinin %10 kadarı ülkemizde yetişmektedir. Çoğunlukla ot, çalı formundaki tek veya çok yıllık aromatik bitkilerden oluşmakta olup, dünyanın her tarafında bulunmaktadır. Lamiaceae familyası Kuzey-Batı Asya ve Akdeniz Bölgesine yayılmış olan 220 cinsi ve 3500 türü bünyesinde barındırmaktadır. Ülkemizde 48 cins ve 782 takson ile temsil edilmekte olup bunlardan 346 takson endemiktir.¹⁻³ *Rosmarinus officinalis* L. (syn. *Salvia rosmarinus* Spenn.) bu Labiatae bitkileri içerisinde önemli bir yer tutmakta olup, hem baharat olarak hem de uçucu yağ ve aromatik su eldesinde kullanılmakta Türkçe “biberiye, akpüren, hasalbal” isimleri ile bilinmektedir.³ Ülkemizde farklı *Rosmarinus* türleri yetiştirse de kullanımı olan tür *Rosmarinus officinalis*’ tir ve yayılış gösterdiği doğal alanlardan toplanarak kullanılır. Herdem yeşil, çok yıllık, güçlü kokulu olan biberiye Mersin-Tarsus başta olmak üzere Akdeniz Bölgesi’nde yoğunlaşmıştır.⁴ Lamiaceae bitkilerinden baharat olarak kullanılanlar arasında üzerinde en çok araştırma yapılan biberiyedir. Antimikrobiyal ve antioksidan etkileri nedeniyle gıda teknolojisinde et ve yağların bozunmadan saklanması için yaygın olarak kullanılmaktadır. Biberiyenin bu aktiviteleri içerdiği fenolik bileşenler ve uçucu yağından kaynaklanmaktadır.⁵ Biberiye yaprakları flavonoidler, fenolik diterpenler, rosmarinik asit, ursolik asit, triterpenler, uçucu yağ ve tanen içermektedir.⁶⁻¹² Halk arasında infüzyonu çay şeklinde dahilen ishale karşı, hazıma yardımcı, safra arttırıcı, idrar söktürücü, haricen ise lapa şeklinde cerahatlı yaralarda ve romatizmada kullanılmaktadır.^{3,13} *Rosmarinus officinalis* ile yapılan aktivite çalışmalarında bitkinin antioksidan, antimikrobiyal, antikanser, antienflamatuvar aktiviteleri ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır.¹¹⁻¹⁶

Rosmarinus officinalis bitkisinin taze topraküstü kısımlarından distilasyon ile elde edilen biberiye uçucu yağ aromaterapi uygulamalarında kullanılan önemli uçucu yağlardandır. Deride yaptığı irrite edici ve kan akımını hızlandırıcı etkisi nedeniyle selülit tedavisinde, romatizma tedavisinde analjezik olarak ve saç çıkarıcı ürünlerde bir sabit yağ içerisinde seyreltilerek tek başına ya da başka uçucu yağlar ile karışım şeklinde haricen kullanılmaktadır.^{17,18} Biberiye uçucu yağının antifungal, antioksidan, sitotoksik, analjezik, antienflamatuvar, nöroprotektif ve antitümöral aktiviteleri ilgili pek çok çalışma yapılmıştır.¹⁹⁻²² Daha önce yapılan çalışmalarda biberiye uçucu yağının gaz kromatografisi ile içerik analiz çalışmalarında 1,8-sineol (ökaliptol) (majör bileşen) (%8-43), α -pinen (%12-14), kafur (%8-18), bornil asetat (%2-8), borneol (%4-20), kamfen (%6-10) ve α -terpineol (%2-8) içerdiği saptanmıştır.²³⁻²⁷

Uçucu yağlar pek çok farmakolojik etkiye sahip olmaları nedeniyle aromaterapi uygulamalarında geniş kullanım alanına sahiptir. Ekonomik açıdan yüksek kar elde etmek amacıyla uçucu yağlar bazen bir sabit yağ ile karıştırmakta, bazen de sentetik etken madde ve maddeler karışımı farklı oranlarda karıştırılarak uçucu yağ hazırlanmaktadır.²⁸ Halk arasında sıkça kullanılan uçucu yağlara dair bazı firmaların yaptığı bu durum nedeniyle uçucu yağların kalite kontrolünün yapılması ve içeriğinde yer alan etkili bileşenlerinin analiz edilmesi önem kazandırmaktadır.

Farmakopeler tedavi amaçlı kullanılan etken madde ve drogların taşınması gereken standartların verildiği monografileri içeren, devlet otoritelerince onaylanıp kabul edilmiş, sürekli güncellenen kitaplardır.²⁹ Tıbbi ve aromatik bitkiler ile bu bitkilerden hazırlanan drog ve etken maddelerin kalite ve güvenilirliğinin kontrolü için o ülkenin kabul ettiği farmakope satandartlarına uygunluğu önemlidir. Bu amaçla ülkemizde kullanılacak uçucu yağın ilgili monografisini içeren Türk Farmakopesi kaynak kitap olarak önemlidir. Bu amaçla çalışmamızda kullandığımız biberiye uçucu yağının Türk Farmakopesine göre kalite kontrol analizini yapmayı hedefledik.

Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) uçucu yağı, farmakolojik etkileri ve halk arasında yaygın kullanımı nedeniyle geleneksel ve tamamlayıcı tıpta önemli bir yere sahiptir. Piyasada çok sayıda farklı markaya ait biberiye uçucu yağı tüketicilere sunulmaktadır. Ancak, bu ürünlerin içeriklerinin ve kalite düzeylerinin standartlara ne ölçüde uygun olduğu büyük ölçüde belirsizdir. Türk Farmakopesi gibi resmi kaynaklarda tanımlanan kalite kontrol parametrelerine uygunluk, bu ürünlerin güvenilirliği ve terapötik etkinliği açısından oldukça önemlidir. Literatürde biberiye uçucu yağına ilişkin birçok biyolojik aktivite çalışması bulunmasına rağmen, Türkiye’de piyasada satılan biberiye uçucu yağlarının kalite kontrolü, farmakope monografı ile karşılaştırılması ve standardizasyon düzeyinin değerlendirilmesine yönelik kapsamlı araştırmalar sınırlıdır. Özellikle, uçucu yağların sabit yağlar ile seyreltilip seyreltilmediği, ana bileşenlerin miktarlarının standart değerlerle uyuşup uyuşmadığı önemlidir. Bu çalışma, dört farklı firmadan temin edilen ticari biberiye uçucu yağı örnekleri ile topladığımız *Rosmarinus officinalis* bitkisinin topraküstü kısımlarından, Clevenger apereyi ile elde edilen uçucu yağ örneğinin kalite kontrol açısından Türk Farmakopesi’nde yer alan Aetheroleum Rosmarini monografına göre analizinin yapılmasını amaçlamaktadır. Bu amaçla uçucu yağ örneklerinde makroskobik analiz, alkolde çözünürlük, bağıl yoğunluk, kırılma indisi ve gaz kromatografisi ile kimyasal bileşen analizleri yapılmış ve veriler hem örnekler arası hem de farmakope limitleri ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu araştırma, piyasada bulunan uçucu yağların güvenilirliğini sorgulamakta ve kalite kontrol süreçlerinin iyileştirilmesi ile ürünlerin etiket bilgilerinin standardizasyonuna katkı sağlamayı hedeflemektedir.

Gereç ve yöntem

Numunelerin Temini

Aetheroleum Rosmarini örnekleri 15.10.2024 tarihinde İzmir ili Bornova ilçesinde eczaneden 4 farklı firmanın ürünü şeklinde temin edilmiş ve bu örnekler B, C, D ve L kodları verilmiştir. Uçucu yağ örneklerinin üzerlerinde distilasyon ile elde edildikleri belirtilmektedir. Ayrıca üretim ve son kullanma tarihleri incelendiğinde B kodlu örnek için 17.02.2022-17.02.2027, C için 01.01.2024-01.01.2026, D için 01.2023-01.2026, L için ise 27.05.2024-27.05.2027 şeklinde olduğu görülmüştür. Örneklerin hepsinin üzerinde distilasyon ile elde edildikleri bilgileri yer almaktadır. Ayrıca 18.10.2024 tarihinde Aydın-Kuşadası Davutlar’ dan 75 m rakımdan topladığımız *Rosmarinus officinalis* L. bitkisinin topraküstü kısımları çalışma materyalimizi oluşturmuştur. Bitkinin teşhisi Prof. Dr. Tuğçe Fafal tarafından yapılmış olup, herbaryum örneği Ege Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmakognozi Anabilim Dalı herbaryumunda 1668 numarası ile saklanmaktadır. Su distilasyonu için toplanan taze bitkinin topraküstü kısımlarından 200 g tartılıp kabaca küçültülmüş ve üç saat süre ile Clevenger apereyi ile distilasyon yapılmıştır. Elde edilen Aetherolum Rosmarini örneğine N kodu verilmiş ve volümetrik olarak ölçülerek %verim hesabı yapılmıştır.

Makroskobik analiz

Makroskobik analiz için uçucu yağlarda göz ile renk kontrolü için örnekler deney tübüne alınarak kontrolü yapılmıştır, ayrıca örneklerin koku kontrolü de yapılmıştır. Türk Farmakopesi’ ne göre biberiye uçucu yağı renksiz veya açık sarı renkli, 1-8-sineol kokulu olmalıdır.³⁰

Leke kontrolü

Leke kontrolü için her bir uçucu yağ örneğinden bir damla uçucu yağ örneği pipet ile süzgeç kağıdına damlatılmış ve 24 saat sonra lekeler gözlenmiştir. Türk Farmakopesi’ ne göre biberiye uçucu yağı süzgeç kağıdına damlatıldıktan 24 saat sonra geriye hiçbir yağlı veya yarı saydam leke bırakmadan buharlaşmalıdır.³⁰

Alkolde çözünürlük tayini

Deney tüplerine 2 ml %96 lık etanol koyup, üzerine her bir uçucu yağ örneğinden iki damla konulup çalkalandığında, farklı bir faz oluşturmadan karışması uçucu yağın çözünürlüğünün Türk Farmakopesi'nin standartlarını karşıladığı anlamına gelir.³⁰

Relatif yoğunluk tayini

Her bir uçucu yağ örneğinin relatif yoğunluğu, piknometre yardımıyla ve Türk Farmakopesi'nde tanımlanan yöntemle göre belirlenmiştir.³⁰ Temiz, kuru ve tartılmış piknometreye sırasıyla distile su ve uçucu yağ örnekleri doldurularak, $d = \frac{A_3 - A_1}{A_2 - A_1}$ formülü ile relatif yoğunluklar hesaplanmıştır. Her örnek için işlem üç kez tekrarlanmıştır.

Türk Farmakopesi'ne göre biberiye uçucu yağının bağıl yoğunluğu 0.895-0.920 arasında olmalıdır.³⁰

Refraksiyon indisi tayini

Çalışmamızda laboratuvarımızda mevcut olan Atago marka refraktometre kullanılmıştır. Öncelikle refraktometrenin cam prizmaları alkollü pamuk ile temizlenip, sonra alt prizmaya bir damla uçucu yağ örneği damlatılarak, alet ölçme pozisyonuna getirilip, refraksiyon indisi ölçülüp, kaydedilmiştir.

Türk Farmakopesine göre biberiye uçucu yağının kırılma indisi 1.464-1.473 olmalıdır.³⁰

Gaz kromatografisi ile uçucu bileşenlerin analizi

Test çözeltileri için, elde ettiğimiz ve temin ettiğimiz uçucu yağ örneklerinden 200' er µl alıp, hegzan ile 10 ml ye tamamlanmıştır. Örnekler GC/FID (Gaz kromatografisi (Agilent 7890A) cihazı ile kapiler kolon (HP Innnowax Capillary; 60.0 m x 0.25 mm x 0.2 µm) kullanılarak gaz kromatografisi ile analiz edilmiştir. Taşıyıcı gaz olarak, 0.7 mL/dk akış hızında helyum kullanılmış, örnekler cihaza 1 µL olarak 40:1 split oranı ile enjekte edilmiştir. Enjektör sıcaklığı 250°C, kolon sıcaklık programı 60°C (10 dakika), 60°C'den 220°C'ye 4°C/dakika ve 220°C (10 dakika) olacak şekilde ayarlanmıştır. Ayrılan bileşiklerin rölatif yüzde miktarları alev iyonizasyon dedektör kromatogramlarından hesaplanmıştır. Numunelerin taranması, WILEY kütüphanesinde yapılmış,³¹ dedektör olarak alev iyonizasyon dedektörü kullanılmıştır. Bu çalışmada GC-FID kullanılmış olmakla birlikte, bileşiklerin kesin yapısal tanımlamasının yapılabilmesi açısından GC-MS kullanımının daha ileri düzeyde bilgi sağlayacağı bilinmektedir. Dolayısıyla, bu durum çalışmanın sınırlılıklarından biri olarak değerlendirilmiştir.

İstatistiksel analiz

Deneyler üç tekrarlı olarak yapılmış ve sonuçların aritmetik ortalamaları ile standart sapmaları hesaplanmıştır.

Bulgular

Distilasyon ile elde ettiğimiz Aetheroleum Rosmarini örneğinde verim %0.80 olarak bulunmuştur. İncelediğimiz uçucu yağ örneklerimizin relatif yoğunluk ve refraksiyon indisi sonuçları **Tablo 1'**de, uçucu yağ bileşenlerinin gaz kromatografisi ile analiz sonuçları ise **Tablo 2'**de yer almaktadır.

Tablo 1. Örneklerimizin relatif yoğunluk ve refraksiyon indisi sonuçları

Örnek kodu	Refraksiyon indisi	Relatif yoğunluk
B	1.477±0.13*	0.898±0.08
C	1.467±0.06	0.884±0.02
D	1.436±0.24	1.011±0.05
L	1.467±0.04	0.875±0.04
N	1.467±0.02	0.896±0.01

*: standart sapma

Tablo 1'de çalışma konumuz olan biberiye uçucu yağ örneklerinin farmakopede kayıtlı kalite standartlarından olan refraksiyon indisi ve yoğunluk analizi sonuçları yer almaktadır. Ölçümler üç paralel şeklinde yapılmış olup, ortalamaları alınmış ve standart sapmaları hesaplanarak tabloya yazılmıştır.

Tablo 2. Aetherolum Rosmarini örneklerinin uçucu yağ bileşenleri ve yüzde miktarları

Alıkonma zamanı	Bileşen	B (%)	C (%)	D (%)	L (%)	N (%)
9.319	α tuyen	0.13±0.08*	0.23±0.06	-	-	0.10±0.02
9.546	α pinen	20.42±1.14	15.58±1.12	2.17±0.82	1.45±0.46	10.32±0.26
10.062	kamfen	4.62±0.86	5.30±0.09	-	-	4.47±1.08
10.918	sabinen	0.89±0.08	1.27±0.26	-	-	-
11.036	β pinen	2.25±0.66	2.60±0.12	1.02±0.36	-	3.51±0.22
11.513	β mirsen	0.31±0.02	0.44±0.09	-	-	1.43±0.01
12.057	1-felladren	0.15±0.04	0.28±0.04	-	-	0.37±0.04
12.223	3-karen	0.43±0.02	0.57±0.08	-	-	0.44±0.04
12.452	α terpinen	0.65±0.02	0.98±0.06	-	-	0.94±0.02
12.641	p-simen	0.07±0.02	-	-	1.88±0.06	-
12.741	o-simen	5.21±0.94	-	-	-	-
12.908	limonen	9.47±1.01	-	10.22±2.04	2.12±1.24	-
13.005	1,8 sineol (ökaliptol)	18.34±1.21	29.28±1.73	55.38±1.37	12.97±0.86	49.62±1.19
13.185	benzil alkol	-	-	14.66±1.95	-	-
13.992	γ terpinen	1.96±0.68	2.41±0.08	-	1.46±0.04	1.40±0.02
15.010	α terpinolen	0.41±0.02	0.62±0.05	-	-	0.70±0.04
15.606	linalol	1.51±0.08	2.26±0.39	-	-	0.38±0.02
17.145	kafur	2.05±0.83	2.75±0.94	2.21±1.47	-	5.09±0.48
17.669	borneol	19.97±1.16	20.19±1.21	-	-	4.94±0.86
18.859	α -terpineol	0.47±0.02	6.49±0.86	-	-	6.12±0.23
18.844	β fensil alkol	5.20±1.69	-	-	-	0.16±0.02
19.590	verbenon	-	-	-	-	0.81±0.04
22.214	izobornil asetat	-	-	14.34±1.26	-	-
22.228	endobornil asetat	-	3.30±1.04	-	-	-
26.652	trans karyofilen	1.01±0.06	1.67±0.02	-	-	2.64±0.01
38.269	izopropil miristat	-	-	-	79.83±1.98	-
Toplam		95.45	96.22	100	99.71	93.44

*: standart sapma

Tablo 2 biberiye uçucu yağ örneklerimizin gaz kromatografisi ile analizi sonucunda kolonda alıkonma zamanlarının kütüphane verileri ile karşılaştırılması sonucunda elde edilen bileşenlerin isimleri ve yüzde miktarlarını göstermektedir. Analizler üç paralel şeklinde yapılmış olup, ortalamaları alınmış ve standart sapmaları hesaplanarak tabloya yazılmıştır.

Tartışma ve sonuç

İzmir-Bornova'da eczaneden dört farklı firmanın ürünü şeklinde temin ettiğimiz biberiye uçucu yağı örneklerine B, C, D ve L kodları verilmiştir. Aydın-Kuşadası'ndan topladığımız biberiye bitkisinden distilasyon ile elde ettiğimiz biberiye uçucu yağına ise N kodu verilmiştir. İncelediğimiz B, C, D, L ve N kodlu uçucu yağ örneklerinin hepsinin rengi açık sarı renkte bulunmuştur. İncelediğimiz bir diğer analiz parametresi ise kokudur ve analiz ettiğimiz tüm uçucu yağ örneklerinde 1,8-sineol kokusu tespit edilmiştir. Türk Farmakopesi'ne göre biberiye uçucu yağı renksiz veya açık sarı renkli ve 1,8-sineol kokulu olmalıdır.³⁰ Bizim sonuçlarımız bu veri ile uyumlu bulunmuştur.

Leke kontrolü çalışmamızda uçucu yağ örneklerimizi süzgeç kağıdına damlatıp 24 saat beklediğimizde, kendi elde ettiğimiz N kodlu uçucu yağ ve C kodlu örneğin leke bırakmadığı, temin ettiğimiz B, D ve L kodlu uçucu yağ örneklerinin ise yağlı leke bıraktığı gözlemlenmiştir. Türk Farmakopesi'ne göre damlatılan uçucu yağın geriye hiçbir yağlı veya yarı saydam leke bırakmadan 24 saat içinde buharlaşması uygunluğu gösterir.³⁰ Bu koşula sadece bizim elde ettiğimiz N kodlu örnek ve temin ettiğimiz C kodlu örnek uyum sağlamıştır. Diğer uçucu yağ örneklerinde uçucu yağın yanında bir sabit yağ varlığı düşünülmektedir.

İncelediğimiz örneklerin alkolde çözünürlük tayini deneyinin sonuçları ise temin ettiğimiz dört uçucu yağ örneği (B, C, D, L) ve kendi elde ettiğimiz örneğimiz (N) homojen bir şekilde faz oluşturmada çözümüştür. Türk Farmakopesi'ne göre faz oluşturmada karışması standartlara uyulduğunu gösterir.³⁰ Bu koşula tüm uçucu yağ örnekleri uyum sağlamıştır.

Bağıl yoğunluk tayini deneyinde Türk Farmakopesi'ne göre biberiye uçucu yağının bağıl yoğunluğu 0.895-0.920 arasında olmalıdır.³⁰ Tablo 1'de örneklerimizin yoğunlukları toplu olarak görülmektedir. Türk Farmakopesi'ne uyum sağlayan uçucu yağ örnekleri ise temin ettiğimiz B (0.898) ve kendi hazırladığımız N kodlu (0.896) örnekler olmuştur.

Kırılma indisi bitkisel sabit yağlar ve uçucu yağlar için önemli kalite kriterlerindendir. Daha önce yapılan çalışmalarda kırılma indisinin uçucu yağın içeriğinde yer alan bileşenlerle ilgili olduğu saptanmıştır.³² Tablo 1'de örneklerimizin kırılma indisi tayini sonuçları yer almaktadır. Refraksiyon indisi tayini deneyinde Türk Farmakopesi'ne göre biberiye uçucu yağının kırılma indisi 1.464-1.473 olmalıdır.³⁰ Bu koşula uyan uçucu yağ örneği B (1.477), C (1.467), L (1.467) ve hazırladığımız N (1.467) kodlu örnekler olmuştur.

Gaz kromatografisi ile yapılan uçucu yağ analiz sonuçları Tablo 2'de yer almaktadır. Buna göre majör bileşenlerimiz 1,8 sineol (D-%55.38>N-%49.62>C-%29.28>B-%18.34>L-%12.97), α pinen (B-%20.42>C-%15.58>N-%10.32>D-%2.17>L-%1.45), borneol (C-%20.19>B-%19.97>N-%4.94), ve kafur (N-%5.09>C-%2.75>D-%2.21>B-%2.05) olarak bulunmuştur. L kodlu örnekte ise borneol ve kafur tespit edilmemiştir. Türk Farmakopesine göre biberiye uçucu yağı için 1,8 sineol miktarı %38-55, α pinen miktarı %9-14, kafur miktarı %5-15 ve borneol miktarı ise %1.5-5 olmalıdır.²⁹ Bizim örneklerimizden L kodlu örnekte kafur ve borneol saptanamamıştır, 1,8 sineol miktarı ise sadece D ve N kodlu örnekte farmakope standartlarındadır. Tüm örneklerimizin uçucu yağ bileşenleri incelendiğinde Türk Farmakopesi'ne uygun olan sadece hazırladığımız N kodlu örnek bulunmuştur. Daha önce yapılan çalışmada İspanya'dan toplanan *Rosmarinus officinalis*' in topraküstü kısmından elde edilen uçucu yağ analizlerinde α pinen (%14.10), kamfen (%11.47), β pinen (%12.02), mirsen (%3.31), α phellandren (%7.87), okaliptol (1,8-sineol) (%8.58), 2-bornanonon (%3.42), kafur (%8.75), izoborneol (%3.48), borneol (%4.85) ve borneol asetat (%6.49) saptanmıştır.²³ Hussain ve arkadaşları Pakistan'dan topladıkları *R. officinalis* uçucu yağının başlıca bileşenleri olarak 1,8-sineol (%38.5), kafur (%17.1), α pinen (%12.3), limonen (%6.23), kamfen (%6.00) ve linalol (%5.70) bulmuşlardır.²⁴ Başka bir çalışmada Rašković ve arkadaşları Tunus'ta gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi ile biberiye uçucu yağının kimyasal bileşiminde ana bileşenlerin 1,8-sineol (%43.77), kafur (%12.53) ve α pinen (%11.51) olduğu bulmuştur.²⁵ Ülkemizde yapılan bir çalışmada ise Adana'dan farklı zamanlarda toplanan *R. officinalis* örneklerinin uçucu yağ analizinde 1,8 sineol (%11.50-14.36), borneol (%12.69-20.90) ve kafur (%18.41-18.50) olarak bulunmuştur.²⁶ Çeliktaş ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada İzmir, Mersin ve Çanakkale'd en toplanan üç farklı *Rosmarinus officinalis* örneğinden distilasyon ile elde edilen uçucu yağın kompozisyonu ve aktiviteleri incelenmiştir. Çalışmada 1,8 sineol miktarı İzmir uçucu yağında %14.9-34.3, Çanakkale uçucu yağında %12.1-22.7, Mersin uçucu yağında %50.7-61.4; α pinen miktarı ise İzmir uçucu yağında %0.4-14.2; Çanakkale uçucu yağında %0.5-14.2, Mersin uçucu yağında ise %7.8-10.2; kafur miktarı ise İzmir uçucu yağında %9.9-14.9, Çanakkale uçucu yağında %16-24.1, Mersin uçucu yağında

%5.8-12.6 olarak bulunmuştur.²⁷ Uçucu yağ bileşenleri bizim örneklerimiz ile benzerdir, miktar farklılıkları ise bitkinin yetiştiği yerin yükseklik ve rakım gibi coğrafi ve sıcaklık gibi iklim farklılıklarından, hasat zamanı farklılığından, uçucu yağ elde yönteminden, elde edilen uçucu yağın bekletilme koşullarından, saf etken maddeler ile taşıyıcı yapılabiliğinden dolayı olabilir.

Çalışmamız kapsamında incelediğimiz Aetheroleum Rosmarini örneklerinin Türk Farmakopesinde tanımlanan kalite kontrol özelliklerinden koku, makroskopi ve alkolde çözünürlük kriterlerinin hepsine uyduğu gözlemlenmiştir. Ancak leke kontrolü açısından yalnızca kendimizin toplayıp distilasyon ile elde ettiğimiz N kodlu ve satın aldığımız C kodlu örneklerin leke bırakmadığı, diğer örneklerin (B, D ve L) yağlı bir leke bıraktığı için sabit yağ içerdiği belirlenmiştir. Uçucu yağlar subuharı ile sürüklendikleri için oda ısısında süzgeç kağıdında 5 dakika sonra buharlaşırken, sabit yağlar subuharı ile sürüklenmezler ve yağlı bir leke bırakırlar.³³ Leke kontrolü deneyinde süzgeç kağıdına örnek damlatıldıktan sonra 5 dakika beklemeyele lekenin kalması sabit yağ varlığını göstermektedir. Yoğunluklar ve kırılma indisleri incelendiğinde, B ve N kodlu örneklerin relatif yoğunlukları ile B, C, L ve N kodlu örneklerin kırılma indisi değerlerinin farmakope standartlarına uygun olduğu görülmüştür.

Uçucu yağların gaz kromatografisi ile yapılan analizlerde, ökaliptol (1,8 sineol) miktarının L kodlu örnek hariç diğer örneklerde Türk Farmakopesi standartlarına uygun olduğu tespit edilmiştir (%38-55). Ayrıca, farmakopedede biberiye uçucu yağında %5-15 oranında bulunması gereken kafur ve %1.5-5 oranında olması gereken borneol, L kodlu örnekte tespit edilememiştir. İklim koşulları, biberiye bitkisinin uçucu yağ bileşenlerini etkileyen önemli bir faktördür. Olası iklim değişiklikleri ve çevresel faktörler, uçucu yağların kalitesinde farklılıklara neden olabilir. Örneğin, yüksek sıcaklıklar ve nem, bitkinin büyüme şartlarını etkileyerek içindeki bileşenlerin oranlarını değiştirebilir. Ayrıca, bitkinin yetiştirildiği toprak yapısı ve besin kaynakları, uçucu yağ kalitesini belirleyen önemli unsurlardandır.⁴

Distilasyon yöntemi ve distilasyon süresi de elde edilen uçucu yağın kalitesini ve içerik maddelerini doğrudan etkilemektedir. Ayrıca, uçucu yağ eldesinde kullanılan kaynak bitki türünün varyete farklılıkları da, uçucu yağlar arasındaki kalite farklılıklarının bir başka nedenidir. Kendi hazırladığımız uçucu yağ örneğinize uyguladığımız kalite kontrol testleri ile Türk Farmakopesi'nin belirlediği standartlarla uyumlu olduğu ve yüksek kaliteli bir ürün olduğu sonucuna varılmıştır.

Piyasada satılan biberiye uçucu yağlarının kalite farklılıkları, kullanıcıların güvenli ve etkin ürünler seçmelerini zorlaştırmaktadır. Çalışmamız ile halkın ulaşabileceği biberiye uçucu yağlarının Türk Farmakopesi kalite standartlarına uygunluğu ve kalite analizi yapılmıştır. Sonuç olarak, farklı kaynaklardan edinilen ve topladığımız bitkiden kendi hazırladığımız uçucu yağ arasındaki kalite farkları ve güvenilirliği hakkında önemli sonuçlar elde edilmiştir. Kullanılacak olan uçucu yağın güvenilir kaynaklardan temin edilmesi, kalite kontrol standartlarına uygunluğu açısından büyük önem taşımaktadır. Uçucu yağlar, halk arasında aromaterapi amacıyla yaygın bir kullanım görmekte olup, kullanılacak olan ürünlerin farmakope standartlarına uygunluğunun testler (yoğunluk, kırılma indisi, alkolde çözünürlük, gaz kromatografi analizi ile içerik maddelerinin isim ve miktarları, sabit yağ içerip içermediği, üretim ve son kullanma tarihleri) ile kanıtlanmış olması ve verilerin etiket bilgisi ile ürün üzerinde yer alması gerekmektedir. Bu sonuçlar ışığında, kullanılacak olan uçucu yağın üzerinde etiket bilgisi yer almalı ve uçucu yağlar mutlaka farmakopelerde yer alan kalite standartlarına sahip olmalıdır.

Bilgi

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacı Katkı Oranı Beyanı

Fatma Yıldırım: Fikir, tasarım, veri toplama ve işleme, analiz ve yorum, kaynak taraması, makale yazımı

Tuğçe Fafal: Fikir, tasarım, danışmanlık, veri toplama ve işleme, analiz ve yorum, makale yazımı, eleştirel inceleme, kaynaklar ve fon sağlama, malzemeler.

Kaynaklar

1. Davis P H. Flora of Turkey and the East Aegean Islands; Edinburgh University Press, vol.7; 1982. pp:75-6.
2. Celep F, Dirmenci T. Systematic and biogeographic overview of Lamiaceae in Turkey. Nat Volatiles Essent Oils 2017;4(4):14-27.
3. Baytop T. Türkiye’de Bitkilerle Tedavi (geçmişte ve bugün), İstanbul Üniversitesi Yayınları; 1984. pp:184
4. Çınar O, Tokgöz H, Gölükcü M, Uysal Bayar F. Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) uçucu yağ kalite parametrelerinin hasat zamanı ve lokasyona göre değişimi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2022;11(2):1114-23. <https://doi.org/10.21597/jist.1048411>
5. Yanishlieva NV, Marinova E, Pokorny J. Natural antioxidants from herbs and spices. Eur J Lipid Sci Technol 2006;108:776-93.
6. Cuvelier ME, Richard H, Berset C. Antioxidative activity and phenolic composition of pilot-plant and commercial extracts of sage and rosemary. J Am Oil Chem Soc 1996;73(5):645-52.
7. Abe F, et al. Ursolic acid as a trypanocidal constituent in rosemary. Bio Pharm Bull 2022;25(11):1485-7. <https://doi.org/10.1248/bpb.25.1485>
8. Pérez-Fons L, Garzón MT, Micol V. Relationship between the antioxidant capacity and effect of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) polyphenols on membrane phospholipid order. J Agric Food Chem. 2010;58:161-71. <https://doi.org/10.1021/jf9026487>
9. Borges RS et al. *Rosmarinus officinalis* essential oil: A review of its phytochemistry, anti-inflammatory activity, and mechanisms of action involved. J Ethnopharmacol 2019;229:29-45. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.09.038>
10. Pérez-Fons L, et al. Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) diterpenes affect lipid polymorphism and fluidity in phospholipid membranes. Arch Biochem Biophys 2006;453(2):224-36. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2006.07.004>
11. del Baño, MJ, et al. Phenolic diterpenes, flavones, and rosmarinic acid distribution during the development of leaves, flowers, stems, and roots of *Rosmarinus officinalis*. Antioxidant activity. J Agric Food Chem 2003;51(15):4247-53. <https://doi.org/10.1021/jf0300745>
12. Mahmoud AA, Al-Shihry SS, Son, BW. Diterpenoid quinones from Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). Phytochem 2005;66(14):1685-90. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2005.04.041>
13. Akbulut B, Akbulut S, Bayramoğlu M. The Trade and use of some medical and aromatic herbs in Turkey. Studies on Ethno-Medicine 2013;7(2):67-77. <http://dx.doi.org/10.1080/09735070.2013.11886446>
14. Özbay Z. *Rosmarinus officinalis* in biyolojik aktivitesinin araştırılması, Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi; 2017.
15. Allegra A, et al. Anticancer activity of *Rosmarinus officinalis* L.: Mechanisms of action and therapeutic potentials. Nutrients 2020;10;12(6):1739. <https://doi.org/10.3390/nu12061739>
16. Amaral GP, et al. Protective action of ethanolic extract of *Rosmarinus officinalis* L. in gastric ulcer prevention induced by ethanol in rats. Food Chem Toxicol 2013;55:48-55. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.12.038>
17. Raskovic A, et al. Analgesic effects of rosemary essential oil and its interactions with codeine and paracetamol in mice. Eur Rev Med Pharmacol Sci 2015;19:165-72.
18. Yehia RM, Lamie C, Attia DA. Microsponges-mediated targeted topical delivery of rosemary oil for hair growth promotion: optimization and *in-vivo* studies. Pharm Dev Technol 2024;29(6):604-17. <https://doi.org/10.1080/10837450.2024.2372572>
19. Raskovic A, et al. Antioxidant activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oil and its hepatoprotective potential. BMC Complemet Altern Med 2014;14:225. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-14-225>
20. Satos P, et al. Assessment of cytotoxic activity of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.), turmeric (*Curcuma longa* L.), and ginger (*Zingiber officinale* R.) essential oils in cervical cancer cells (HeLa), Sci World J 2016;9278073. <https://doi.org/10.1155/2016/9273078>
21. Nieto G, Ros G, Castillo C. Antioxidant and antimicrobial properties of Rosemary (*Rosmarinus officinalis*, L.): A Review. Medicines (Basel) 2018;7:98. <https://doi.org/10.3390/medicines5030098>
22. Ayaz M, et al. Neuroprotective and anti-aging potentials of essential oils from aromatic and medicinal plants. Front Aging Neurosci 2017;9:168. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2017.00168>
23. Martínez AL, et al. Antinociceptive effect and GC/MS analysis of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil from its aerial parts. Planta Med 2009;75(5):508-11. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1185319>
24. Hussain AI, et al. *Rosmarinus officinalis* essential oil: antiproliferative, antioxidant and antibacterial activities. Braz J Microbiol 2010;41:1070-8. <https://doi.org/10.1590/s1517-838220100004000027>

25. Rašković A, et al. Antioxidant activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oil and its hepatoprotective potential. BMC Complement Altern Med 2014;14(1):19. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-14-225>
26. Başkaya Ş, Ayanoğlu B, Bahadırılı NP. Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) bitkisinin uçucu yağ oranı, uçucu yağ bileşenleri ve antioksidan içeriğinde morfojenetik ve ontogenetik varyabilite. MKU J Agric Sci 2016;21(1):12-20.
27. Celiktaş OY, et al. Antimicrobial activities of methanol extracts and essential oils of *Rosmarinus officinalis*, depending on location and seasonal variations. Food Chem 2007;100(2):553-9. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.011>
28. Do TKT, Hadji-Minaglou F, Antoniotti S, Fernandez X. Authenticity of essential oils. TrAC Trends Anal Chem 2015;66:146-57. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2014.10.007>
29. Onbaşlı D, Dal A. Türk Farmakopesindeki tıbbi bitkilerinin incelenmesi. ERÜ Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi 2020;7(1):22-36.
30. Türk Farmakopesi II, Avrupa Farmakopesi Adaptasyonu; 2016. pp:369-70.
31. McLafferty FW, Stauffer DB. The Wiley/NBS registry of mass spectral data. New York: J Wiley and Sons; 1989.
32. Ospina JD, et al. Relationship between refractive index and thymol concentration in essential oils of *Lippia origanoides* Kunth. Chil J Agric Anim Sci 2016;32(2):127-33. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902016000200006>
33. Tanker M, Tanker N. Farmakognozi. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, cilt 2; 2003. pp:281.