

Ferula (*Ferula gummosa* Boiss.) Meyvelerinde Uçucu ve Sabit Yağ Verimleri ile Bileşenlerinin Belirlenmesi

Murat MUTLUCAN¹, Sabri ERBAŞ², Ümit ERDOĞAN³, Arif ŞANLI⁴

^{1,2,4}Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 32260, Isparta, Türkiye
³Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Gül ve Aromatik Bitkiler Araştırma Merkezi, 32260, Isparta, Türkiye

(Alınış / Received: 11.09.2020, Kabul / Accepted: 05.10.2020, Online Yayınlanma / Published Online: 20.12.2020)

Anahtar Kelimeler

Ferula gummosa,
Damıtma,
Ekstraksiyon,
GC-MS

Özet: *Ferula gummosa* Boiss uçucu yağı dünyada kozmetik ve parfümeri sektöründe kullanılan Apiaceae familyasının ekonomik değeri yüksek üyelerinden biridir. Bu çalışmada İran'ın Kashan ilinin kuzeyinde yer alan Mashadardehal bölgesinde doğal floradan toplanan *Ferula* meyvelerinin uçucu ve sabit yağ verimlilik ve kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. *F. gummosa* meyvelerinin uçucu yağ analizleri Neo-Clavenger tipi su distilasyon cihazında ve sabit yağ analizleri ise üç tekerrürlü olarak NMR cihazında, bileşen analizleri ise sırasıyla GC-MS ve GC-FID cihazlarında yapılmıştır. *Ferula* meyvelerinin 5.62±0.24 uçucu yağ ve uçucu yağ alındıktan sonra posaların %14.15 ± 0.97 sabit yağ içerdiği belirlenmiştir. Uçucu yağın ana bileşenlerinin β-pinene (%64.87), Δ-3-carene (%7.29), α-pinene (%4.60) ve β-myrcene (%2.26) olduğu tespit edilmiştir. *Ferula* sabit yağının %13.0'ü doymuş, %55.6'sı tekli doymamış, %31.0'i çiftli doymamış ve %0.3'ünün çoklu doymamış yağ asitlerinden oluştuğu tespit edilmiştir. Sabit yağdaki ana bileşenlerin petroselinik (%34.959), linoleik (%30.788) ve oleik (%12.565) asit olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak; *Ferula* meyvelerinin yüksek uçucu yağ ve sabit yağ içermesi nedeniyle uçucu yağların β-pinene kaynağı olarak ve sabit yağların ise yüksek doymamışlık oranı ve petroselinik asit içeriğinden dolayı hem yenilenebilir hem de farmasötik ve oleo kimya endüstrisi için önemli potansiyeli mevcuttur.

The Determination of Essential and Fatty Oil Yields and Components of *Ferula (Ferula gummosa* Boiss.) Fruits

Keywords

Ferula gummosa,
Distillation,
Extraction,
GC-MS

Abstract: *Ferula gummosa* Boiss essential oil is used in the cosmetics and perfumery industry in the world and it is an economically important member of the Apiaceae family. The present study was conducted to determine the essential and fixed oil yield and quality of *Ferula* fruits collected from natural flora in Mashadardehal region located in the northern part of Kashan province of Iran. The essential oil content of *Ferula* fruits were analyzed in Neo-Clavenger apparatus and fixed oil content was analyzed in NMR with 3 replications. Oil's constituents were analyzed with GC-MS and GC-FID devices; respectively. The essential oil content of *Ferula* fruits was 5.62±0.24 and fixed oil content in fruit pulp after distillation was 14.146 ± 0.97%. The main components of the essential oil were found to be β-pinene (64.87%), Δ-3-carene (7.29%), α-pinene (4.60%) and β-myrcene (2.26%). The main components in fixed oil consisted of 13.0% saturated, 55.6% monounsaturated, 31.0% double unsaturated and 0.3% polyunsaturated fatty acids. The major components of fixed oil were petroselinic (34.959%), linoleic (30.788%) and oleic acids (12.565%). Based on the results of the study it could be recommended that *Ferula* fruits could be used as a source for β-pinene and as sources for petroselinic and linoleic acids due to their high fixed unsaturated oils. Therefore; *F. gummosa* fruits have the potential to be used for both edible oil and pharmaceutical-cosmetic oil source for the industry.

*İlgili yazar: muratmutlucan@gmail.com

1. Giriş

Ferula L. cinsi 180-185 türden oluşur Apiaceae familyasının [1] üçüncü büyük cinsidir [2]. *Ferula* cinsinin türleri esas olarak orta ve güneybatı Asya'da yayılım göstermektedir. Bununla birlikte, cinsin türleri aynı zamanda uzak doğu, kuzey Hindistan ve Akdeniz havzasında da bulunmaktadır [3]. Türlerin büyük çoğunluğu Pakistan, Türkmenistan, Afganistan ve İran'ın doğu ve orta kesimlerinde 2000 ve 4000 m rakımlarda ve ortalama yıllık 350-700 mm yağış gösteren bölgelerde doğal yayılış göstermektedir [4]. Yetiştirme alanları çoğunlukla yarı çöl iklime sahip dağ ve ovalardır. İran florasında 30 *Ferula* türü tespit edilmiştir. *F. gummosa*, *F. persica* ve *F. tabasensis* gibi türler endemik türlerdir [5]. *F. gummosa* İran'da doğal olarak yetişmekte olup, ortalama yedi yıl boyunca çiçek, meyve ve tohum vermektedir. Bitki boyu 0.8-3 m arasında değişmekte, 1800-3000 m yükseklikte, kuzey ve batı İran dağlık bölgelerinde 5°C'nin altındaki sıcakta ve yıllık ortalama 250-500 mm yağış alan yerlerde yayılış göstermektedir. *F. gummosa* yoğun kokulu oleoresine sahiptir ve oleoresin bitkinin farklı organlarından doğal olarak elde edilebilmektedir [6, 7]. Reçine miktarı bakımından bitkinin kökleri oldukça zengin olmasının yanında, vejetatif dönemde bitki saplarındaki reçine kanallarında da reçine bulunmaktadır. Üç yaşını tamamlamış bitkiler hasat olgunluğuna gelir ve bitki başına 10 g galbanum elde edilebilir [8]. İran'da lokal olarak Barije olarak bilinse de genel olarak 'galbanum' olarak adlandırılır. Galbanum genel olarak yiyecek ve içeceklerde tatlandırıcı ya da yoğunlaştırıcı olarak kullanılır [9]. Bunun yanında deterjan, parfümleri [10] ve çeşitli tutkal malzemelerinde de kullanılır [8]. *Ferula* türlerinin reçine ekstraktları ve damıtmadan elde edilen uçucu yağlar bir takım kükürtlü bileşikler içerir ve bunlar sınırlı miktarda parfüm fiksatifleri için kullanılırlar [11]. *F. gummosa* özellikle kolonya ve parfüm endüstrisinde parfüm kokusunu dengeleyici olarak tercih edilmektedir [12].

Apiaceae familyası üyelerinin tohum ve/veya meyveleri doğrudan kurutulup baharat olarak kullanılabilir ve damıtılarak uçucu yağları da elde edilebilmektedir. Türler arasında farklılık göstermekle birlikte uçucu yağ oranları iz düzeyde-%12.0 arasında değişmektedir [13]. Kültürü yapılan rezene ve anason bitkileri bu familya içerisinde yer alıp uçucu yağları *trans*-anetol (%75-95), kimyon uçucu yağı kumin aldehit (%15-30), kişniş uçucu yağı linalool (%80-85) ve dereotu uçucu yağı S-(+)-karvon (%35-70) içeriği bakımından oldukça zengindir [14]. Bunun yanında dünyada ticari değere sahip *F. gummosa* türü ile aynı cinsten olan ve ülkemizde doğal florada yayılış gösteren *Ferula* türlerinin meyvelerinde %0.4-3.8 (*F. hermonis*, *F. drudeana*) arasında uçucu yağ bulunurken, uçucu yağın büyük çoğunluğu α -pinen (*F. brevipedicellata*, *F. mervynii*, *F. lycia*, *F. communis*, *F. elaeochytris*, *F. rigidula*, *F.*

hermonis, *F. coskunii*, *F. parva*, *F. tingitana*, *F. haussknechtii*) ve β -phellandrene (*F. halophila*, *F. orientalis*) gibi monoterpen bileşenler ve germacrene-D, β ve α -eudesmol (*F. szowitsiana*) ile shyobunone + epishyobunone + diepishyobunone (*F. drudeana*) gibi seskiterpen bileşenler oluşturmaktadır [15-20].

Apiaceae familyası türlerinin meyvelerinden uçucu yağ dışında yan ürün olarak sabit yağlar, tokoferoller ve fenolik maddeler elde edilme potansiyeli yüksektir [21]. Özellikle meyvelerin uçucu yağları damıtıldıktan sonra geriye kalan posalar sabit yağ bakımından zengin olup solvent ekstraksiyonu ile %8-30 arasında sabit yağ elde edilebilir. Bu bitkilerin sabit yağları, kültürü yapılan yağ bitkilerinin yağlarında bulunmayan yağ asitlerinden petroselinik (C18:1, 6c) asit içeriği bakımından zengin (%55-90) olup, yemeklik ve/veya sanayi yağı olarak değerlendirilebilmektedir [22-25]. Petroselinik asit dereotu, anason, rezene, kişniş, kimyon, kereviz ve maydanoz vb. gibi Apiaceae familyası türlerinin meyvelerinde % 80'e varan bir oran ile başlıca yağ asitlerinden biridir [26]. Bu yağ asidinin dışında düşük oranda bulunan *cis*-vasenik asit (C18:1, 11c) yine Apiaceae familyasına özgü yağ asitlerinden birisidir.

Ülkemizde Apiaceae familyasına ait 485 adet tür bulunmakta, bunlardan 23 tanesi *Ferula* cinsine aittir. Ülkemiz doğal florasında bulunan *Ferula* türlerinin reçine ve/veya meyve uçucu yağları henüz değerlendirilmemesinin yanında, aromatik yağ ve parfüm sektöründe istenilen standartları karşılamamaktadır. Zira hem uçucu yağ içeriği yüksek, hem de α -pinen bakımından daha zengin türler (çam, sedir, ardıç vb) bulunmasının yanında, henüz kültüre alma ile ilgili verilerin yetersiz olması bu türlerin değerlendirilmesini engellemektedir. Diğer taraftan aromatik yağ sektöründe kabul görmüş reçinesi kullanılan ve meyvelerinin değerlendirme potansiyeli yüksek olan *F. gummosa* gibi türlerin ülkemiz koşullarında değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Yürütülen bu çalışmada İran'ın Kashan ilinin kuzey tarafında yer alan Mashadardehal bölgesinde doğal floradan toplanan *F. gummosa* meyvelerinin uçucu ve sabit yağ verimliliği ve kalitesinin belirlenmesi ve potansiyelinin ortaya konması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metod

2.1. Materyal

Bu çalışma 2019 yılında Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi'ne bağlı Gül ve Aromatik Bitkiler Uygulama ve Araştırma Merkezinde yürütülmüş olup materyal olarak İran'ın Kashan ilinin Kuzey kısmında yer alan Mashadardehal bölgesinde doğal floradan toplanan hasat olgunluğuna gelmiş (meyve nem içerikleri %8.9 \pm 0.7) yaşları 4-6 arasında olan *F.*

gummosa meyveleri kullanılmıştır (Şekil 1). 23 Temmuz 2019 tarihinde toplam 20 bitkiden alınan tohumlar harman edilerek analizler yapıncaya kadar +4 °C'de depolanmıştır.



Şekil 1. Çalışmada materyal olarak kullanılan Ferula meyveleri

2.2. Metot

2.2.1. Uçucu yağ oranı (%) ve bileşenleri

F. gummosa meyveleri (100 g) üzerine 1 l saf su ilave edilerek Neo-Clavenger tipi su distilasyon cihazında üç saat süreyle üç tekerrürlü olarak damıtılmıştır [27]. Elde edilen uçucu yağ miktarı % (v/w) olarak ölçülmüştür. Damıtma sonrasında alınan uçucu yağdan 100 µl çekilerek 1 ml n-hekzan içinde seyreltilmiştir ve üzerinden 1 µl çekilerek GC-MS (Gaz Kromatografisi/Kütle Spektrofotometresi) cihazına (QP5050 quadrapole detektörlü Shimadzu 2010 Plus) uçucu yağ bileşenlerinin belirlenmesi için enjekte edilmiştir. GC-MS'in çalışma koşulları aşağıda verilmiştir: Kapiler kolon olarak Restek Rxi®-5Sil MS (50 m × 0.32 mm, 0.25 µm) kullanılmıştır, fırın sıcaklık programı dakikada 10 °C artarak 60 °C'den 220 °C'ye ulaşmış ve 220 °C'de 10 dakika kadar bekleme şeklinde yapılmıştır. Toplam koşuturma süresinin 60 dakika enjektör sıcaklığının 240 °C ve detektör sıcaklığının 250 °C olarak ayarlandığı bu çalışmada taşıyıcı gaz olarak helyum (20 mL/dakika, split 1:20) gazı kullanılmıştır.

2.2.2. Sabit yağ oranı (%) ve bileşenleri

Damıtma sonrası açığa çıkan meyve posaları oda koşullarında sabit ağırlığa gelene kadar kurutulduktan sonra sabit yağ analizleri Nükleer Manyetik Rezonans (NMR, Brüker mqone) cihazında üç okuma yapılarak % yağ oranı ortalaması hesaplanmıştır. Kurutulmuş meyve posaları öğütülerek beş g tartılmış ve üzerine 10 ml n-hekzan eklenerek ham yağ elde edilmesi için bir gece ekstraksiyon yapılmıştır. Daha sonra filtre edilerek süzütüden solventin uzaklaştırılması için 45 °C'de kurutulmuştur [25]. Solvent uçurduktan sonra elde edilen ham yağ AOAC [28] tarafından önerilen yöntemle %0.5'lik Sodyum Metilat (NaOMe) ile metil esterlerine (FAME) dönüştürmüştür. Esterleşmiş yağ asitlerinin (FAME) toplandığı üst fazdan 1 µL

çekilerek gaz kromatografisi (GC-FID) cihazına enjekte edilmiştir. Yağ asitlerine ilişkin kromatogramlar elde edilerek yağ asitlerinin oranları belirlenmiştir. GC cihazının çalışma koşulları şu şekildedir; Kolon Teknokroma TR-CN100 (100 m × 0.25 mm, 0.20 µm), enjektör sıcaklığı 250 °C, detektör sıcaklığı 250 °C, akış hızı (psi) 10, taşıyıcı gaz N (40 ml/dk), enjektör kapasitesi 1.0 µl'dir. Fırın sıcaklığı 140 °C'de 10 dakika bekledikten sonra 240 °C'ye dakikada 3 °C'lik artışla ulaşıyor ve bu sıcaklıkta 10 dakika bekliyor. Elde edilen kromatogramlardaki pikler ticari standart yağ asidi metil ester karışımına (Sigma, Supelco® 37 Component FAME Mix) göre isimlendirilmiştir.

2.3. Verilerin değerlendirilmesi

Elde edilen verilerin standart hataları SAS 9.0 istatistik programında belirlenmiş ve ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

F. gummosa meyvelerinden damıtma sonucunda %5.62 ± 0.24 oranında uçucu yağ elde edilmiş ve GC-MS analiz sonucuna göre yağda toplam % 99.82 oranında 57 adet uçucu bileşen tespit edilmiştir (Tablo 1). Uçucu yağın %84.30'u monoterpen hidrokarbon, %4.95'i oksijen içeren monoterpen, %4.87'si seskiterpen hidrokarbon, %3.70'i oksijen içeren seskiterpen, %0.07'si diterpen ve %1.98'i hidrokarbon grubu bileşenlerdir. Meyve uçucu yağının ana bileşenlerini β-pinene (%64.87), Δ-3-carene (%7.29), α-pinene (%4.60) ve β-myrcene (%2.26) oluştururken, bu bileşenler oransal olarak limonene (%1.89), myrtenol (% 1.89), *trans*-pinocarveol (%1.64), germacrene-B (%1.59), pinocarvone (%1.09), α-elemol (%1.10) ve guaiol (%1.07) bileşenleri izlemiştir. Geri kalan 46 bileşenin oranları %1'in altında tespit edilmiştir (Tablo 1). Dünyada *F. gummosa* reçinelerinden elde edilen uçucu yağlar parfümeri sektöründe koku sabitleyici (fiksator) olarak tercih edilmektedir. *F. gummosa* reçinelerinden elde edilen uçucu yağ bileşenleri üzerine en kapsamlı araştırma Hossein vd. [29], tarafından yürütülmüş olup 68 yeni bileşiğin tespit edildiği araştırmada, reçine uçucu yağın %75.80'i seskiterpen yapısında 100'ün üzerinde bileşikten meydana geldiği, bu bileşenlerin 61'i hidrokarbon, 29'u alkol, 2'si aldehit, 10'u oksit, 2'si keton, 1'i furan ve 1'i ise epoksit yapısında olduğu ve en önemli bileşenlerin ise bulnesol (%7.11), α-eudesmol (%4.30) ve α-bisabolol (%3.55) olduğu bildirilmiştir. Diğer taraftan reçine uçucu yağlarında %15.04 oranında monoterpen yapısında bileşikler bulunduğu bildirilmektedir [29]. Ancak *F. gummosa* türünün alt varyeteleri olduğu bilinmekte ve varyeteler arasında da farklılıklar olabileceği rapor edilmektedir [6]. Zira farklı araştırmalarda Ghannadi ve Amree [30] *F. gummosa* reçinelerden elde edilen yağ veriminin %10,6 olduğu ve bu yağın temel bileşenlerinin

Tablo1. *Ferula gummosa* meyvelerinin uçucu yağ oranı ve bileşenleri

No	RI ^a	Bileşen adı	Kimyasal grubu	Miktar (%)	No	RI	Bileşen adı	Kimyasal grubu	Miktar (%)
1	927.8	α -Thujene	MH	0.42	35	1376	α -Copaene	SH	0.19
2	936.1	α -Pinene	MH	4.60	36	1386.6	β -Cubebene	SH	0.02
3	950.3	Camphene	MH	0.14	37	1390.4	(-)- β -Elemene	SH	0.17
4	972.6	3,7,7-trimethyl-1,3,5-cycloheptatriene	CH	0.82	38	1420.1	(E)- β -Caryophyllene	SH	0.17
5	977.7	β -Pinene	MH	64.87	39	1422.4	β -Cedrene	SH	0.03
6	989.2	β -Myrcene	MH	2.26	40	1439.6	α -Guaiene	SH	0.12
7	1004.1	α -Phellandrene	MH	0.70	41	1453.1	α -Humulene	SH	0.23
8	1011.3	Δ -3-Carene	MH	7.29	42	1455	β -Farnesene, (E)	SH	0.05
9	1017.1	α -Terpinene	MH	0.04	43	1459.9	Alloaromadendrene	SH	0.16
10	1024.3	<i>p</i> -Cymene	MH	0.25	44	1480	Germacrene D	SH	0.38
11	1029.5	Limonene	MH	1.89	45	1482.4	α -Amorphene	SH	0.28
12	1031.8	Eucalyptol (1,8-cineole)	OM	0.00	46	1493	α -Selinene	SH	0.13
13	1037.8	β -Ocimene, (Z)	MH	0.39	47	1504	δ -Guaijene	SH	0.41
14	1059.7	γ -Terpinene	MH	0.07	48	1508.4	β -Bisabolene	SH	0.08
15	1062.0	Artemisia ketone	OM	0.3	49	1515	β -Vatirenene	SH	0.12
16	1086.9	Terpinolene	MH	0.13	50	1532	δ -Cadinene	SH	0.37
17	1098.1	<i>trans</i> -Sabinene hydrate	OH	0.16	51	1547	α -Elemol	OS	1.10
18	1099	Perillene	MH	0.02	52	1550.9	Germacrene B	SH	1.59
19	1129.9	<i>allo</i> -Ocimene	MH	0.09	53	1597	Guaiol	OS	1.07
20	1131.4	<i>cis</i> - <i>p</i> -Mentha-2,8-dien-1-ol	OM	0.05	54	1618	<i>trans</i> -Longipinocarveol	OS	0.65
21	1135.5	(1R)-(+)-Nopinone	AH	0.23	55	1618.7	γ -Eudesmol	OS	0.63
22	1140	<i>trans</i> -Pinocarveol	OH	1.64	56	1645	Dehydroxy-isocalamendiol	OS	0.25
23	1160.6	Pinocarpone	MH	1.09	57	1939	Cembrene	DT	0.07
24	1183	(3E,5Z)-1,3,5-Undecatriene	H	0.93	Uçucu yağ oranı			5.62 ± 0.24	
25	1183.9	<i>p</i> -Cymen-8-ol	OH	0.19	Kimyasal gruplar (%)				
26	1192	Myrtenal	OH	0.03	Toplam			99.82	
27	1194	Myrtenol	OH	1.89	Monoterpen hidrokarbon (MH)			84.30	
28	1219.7	<i>endo</i> -Fenchyl acetate	OH	0.33	Oksijen içeren monoterpen (OM)			4.95	
29	1233	Eucarpone	OH	0.11	Seskiterpen hidrokarbon (SH)			4.87	
30	1234.3	Thymol, methyl ether	OH	0.02	Oksijen içeren seskiterpen (OS)			3.70	
31	1261	Linalool acetate	OH	0.05	Diterpen (DT)			0.07	
32	1283	Bornyl acetate	OH	0.13	Cyclic hydrocarbons (CH)			0.82	
33	1328.6	(-)-Myrtenyl acetate	OH	0.05	Acyclic Hydrocarbons (AH)			0.23	
34	1369.9	α -Ylangene	SH	0.37	Hydrocarbon (H)			0.93	

^a RI: Alıkonma indeksi (Restek Rxi®-5Sil MS kolonunda C7-C30 doymuş n-alkan standardı serisi kullanılarak belirlenmiştir.

β -pinene (%58.80), Δ -3-carene (%12.10), α -pinene (%5.70), β -myrcene (%4.60), limonene (%4.00) ve γ -elemene (%2.40) olduğunu; Rustaiyan vd. [31] *F. gummosa* köklerinin damıtılmasından %3.0 uçucu yağ oranı elde edildiğini ve ana bileşenlerin β -pinene (%58.80), myrcene (%3.70), α -pinene (%2.60), guaiol (%2.10), α -cadinol (%2.00) ve Δ -3-carene (%1.50) olduğunu bildirmişlerdir [30, 31]. *F. gummosa*'nın kısımlarına ait (kök, çiçek, sap ve yaprak) reçinelerinde yapılan başka bir çalışmada en fazla uçucu yağ 13.99 mg/g kök ve 6.01 mg/g çiçeklerinden elde edilmiştir.

Kökte en çok triterpen yapılardan β -amyrin tespit edilirken, çiçekte monoterpen yapılardan α -pinene β -pinene ve sesquiterpene yapılardan α -eudesmol ve

germacrene-D ortaya çıkmıştır [7]. *Ferula* türlerinin meyve uçucu yağları hem ülkemizde hem de dünyada aromatik yağ ve parfüm sektöründe değerlendirmeyi bekleyen büyük bir potansiyeldir. Bu türlerin içinde *F. gummosa*'nın çalışmamızda ve daha önce yapılan araştırmalarda reçine uçucu yağ profiline benzerliği nedeniyle koku sektöründe kullanım potansiyeli yüksektir. Ancak hali hazırda doğadan toplanan bu türün tür içi varyasyonlarından dolayı seleksiyon ile yüksek yağ oranına sahip tiplerin tespit edilmesi gereklidir. Çalışmamızda kullanılan tipin uçucu yağ içeriği diğer araştırmalarda kullanılan tiplere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir [32, 33]. Ancak uçucu yağ kompozisyonu bakımından özellikle β -pinene içeriğinin baskın koku bileşeni olması diğer araştırmalar ile benzerlik göstermektedir. Nitekim

Tablo 2. *Ferula gummosa* meyvelerinin sabit yağ oranı ve bileşenleri

No	Yağ asidi	Formülü	Miktar (%)	No	Yağ asidi	Formülü	Miktar (%)
1	Kaproik	C _{6:0}	0.370	17	Petroselinik	C _{18:1 n6c}	34.959
2	Kaprilik	C _{8:0}	0.579	18	Oleik	C _{18:1 n9c}	12.565
3	Kaprik	C _{10:0}	0.192	19	<i>cis</i> -Vassinik	C _{18:1 n11c}	0.940
4	Undekanoik	C _{11:0}	1.126	20	Linoleaidik	C _{18:2 n6t}	0.219
5	Laurik	C _{12:0}	0.344	21	Linoleik	C _{18:2 n6c}	30.788
6	Tridekanoik	C _{13:0}	0.383	22	Linolenik	C _{18:3}	0.168
7	Miristik	C _{14:0}	0.672	23	Araşidik	C _{20:0}	0.303
8	Miristoleik	C _{14:1}	0.151	24	<i>cis</i> -11-Eicosenoik	C _{20:1}	0.441
9	Pentadekanoik	C _{15:0}	0.300	25	Heneikozanoik	C _{21:0}	0.243
10	<i>cis</i> -10-Pentadekanoik	C _{15:1}	2.096	26	Erusik	C _{22:1n9}	0.317
11	Palmitik	C _{16:0}	5.675	27	Araşidonik	C _{20:4n6}	0.150
12	Palmitoleik	C _{16:1}	0.683	Sabit yağ oranı			14.1 ± 0.9
13	Heptadekanoik	C _{17:0}	0.542	Doymuş yağ asitleri			13.0
14	<i>cis</i> -10 Heptadekanoik	C _{17:1}	1.952	Tekli doymamış yağ asitleri			55.6
15	Stearik	C _{18:0}	2.313	Çiftli doymamış yağ asitleri			31.0
16	Elaidik	C _{18:1 n9t}	1.529	Çoklu doymamış yağ asitleri			0.3

Sayyah vd. [32] *F. gummosa* meyve yağlarında β -pinene içeriğini %50.10, Ghasemi vd. [33] % 43.78 oranında tespit etmiştir. Diğer taraftan çalışmamızda α -pinene içeriği yukarıdaki araştırmalara göre (sırasıyla %18.30 ve %27.27) daha düşük olduğu tespit edilmiştir [32, 33]. Bazı araştırmalarda Δ -3-carene bileşeninin yanında α -thujene ve sabinene bileşikleri de ana bileşen olarak belirlenirken [32], çalışmamızda bu bileşenler sırasıyla %0.42 ve %0.16 oranında tespit edilmiştir. *Ferula* meyve uçucu yağ içeriği ve bileşenlerinden gözlenen bu farklılığın genotip ve çevre farklılığından ileri geldiği düşünülmektedir. Ülkemizde *Ferula* türlerinin meyvelerinin yağ verimleri eser miktar ile %3.80 arasında değişim gösterdiği, en yüksek yağ verimlerinin *F. drudeana* (%3.7-3.8), *F. duranii* (%2.6), *F. elaeochytris* (%0.3-3.5), *F. coskunii* (%2.0), *F. parva* (%2.0), *F. mervynii* (%2.0), *F. hermonis* (%0.4-1.75) ve *F. brevipedicellata* (%1.87) türlerinde olduğu rapor edilmiştir [13]. Yine ülkemiz florasındaki türlerin meyvelerinin uçucu yağ bileşenleri incelendiğinde monoterpen bileşenlerince daha zengin olduğu; örneğin α -pinene içeriğinin *F. mervynii* türünde %80, *F. elaeochytris*'de %13-73, *F. hermonis*'de %72, *F. lycia*'de %15-69, *F. brevipedicellata*'da %65, *F. communis*'de %60, *F. rigidula*'da %13-60, *F. coskunii*'de %37, *F. tingitana*'da %5-36, *F. parva*'da %34 ve *F. haussknechtii*'de %32 oranlarında; β -phellandrene içeriğinin *F. halophila*'da %14-72, *F. orientalis*'te %24 oranlarında değiştiği bildirilmektedir [16, 19, 20, 34-36]. Diğer taraftan türlerin meyvelerinde seskiterpen bileşenlerinden germacrene D içeriğinin *F. anatolica*'da %30, *F. duranii*'de %25 oranında, β ve α -eudesmol içeriğinin *F. szowitsiana* yaprak ve saplarında %32-47 oranında değiştiği rapor edilmiştir [16, 19, 20, 34-36].

Çalıştığımız türün ülkemiz florasında bulunmamasına rağmen, özellikle β -pinene içeriğinin zengin olması 30'a yakın aromatik yağ fabrikasının bulunduğu Göller Bölgesinde değerlendirme potansiyelini arttırmaktadır.

Araştırmamızda uçucu yağı alınmış *F. gummosa* meyve posalarında sabit yağ oranı %14.14 ± 0.97 olarak tespit edilmiş ve bu yağın %13.0'ü doymuş, %55.6'sı tekli doymamış, %31.0'ü çiftli doymamış ve %0.3'ü çoklu doymamış yağ asitleri oluşturmuştur (Tablo 2). Yağ asitleri profili incelendiğinde; *F. gummosa* meyve yağının 27 adet yağ asidinden oluştuğu ve ana bileşenlerin petroselinik (%34.959), linoleik (%30.788) ve oleik (%12.565) asit olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan palmitik (%5.675), stearik (%2.313), *cis*-10-pentadekanoik (%2.096), *cis*-10-heptadekanoik (%1.952), elaidik (%1.529) ve undekanoik (%1.126) asit içerikleri ana bileşenlerden sonra en çok orana sahip yağ asitleri olarak sıralanmıştır (Tablo 2). Geriye kalan 18 adet yağ asidi oransal olarak %1'in altında kalmıştır. Apiaceae familyasına özgü yağ asitlerinden birisi olan *cis*-vassinik asit oranı ise %0.940 olarak belirlenmiştir (Tablo 2).

Bettaieb vd. [37] Hindistan ve Tunus kaynaklı kimyon meyvelerinde sabit yağ içeriklerini sırasıyla %15.40 ve %17.77 ile petroselinik asit içeriklerini sırasıyla %41.42 ve %55.90 oranında; Reiter vd. [23] dört kişniş çeşidinin meyvelerinde sabit yağ içeriklerini %9.2-16.0 ve petroselinik asit içeriklerini %67.1-73.0 oranlarında; Bayrak ve Korkut [22] rezene meyvelerinde petroselinik asit sırasıyla %63.55-83.5 oranlarında tespit etmişlerdir [37, 38]. Alfekaiki [39] Irakta tarımı yapılan anason, kimyon, rezene ve frenk kimyonu tohumlarında sabit yağ içeriğinin sırasıyla

%17.6, 15.6, 13.4 ve 12.5 oranlarında olduğunu, linoleik ve petroselinik asit içeriğinin anasonda %25.1 ve %65.2, kimyonda %31.7 ve %61.1, rezenede %13.2 ve %79.3 ve frenk kimyonunda %34.4 ve %55.4 oranında olduğunu tespit etmiştir [39].

4. Sonuç

Parfüm ve kozmetik endüstrisi için önemli aromatik yağlardan olan *F. gummosa* İran'ın doğal florasında yayılış göstermekte ve çalışmamız sonucunda özellikle uçucu yağ bileşenlerinin reçinelerinden elde edilen bileşenler ile benzerlik gösterdiği ve bu amaçla meyvelerinde uçucu yağ elde edilmesinde kullanılabileceği görülmektedir. Ülkemiz doğal florasında bulunan *Ferula* türlerinin meyve uçucu yağ içeriğinin *F. gummosa* türünden daha düşük yağ içeriğine ve farklı yağ profillerine sahip olması, ayrıca *F. gummosa*'nın β -pinene kaynağı olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir. Diğer taraftan türün sabit yağ ve doymamış yağ asitleri içeriğinin yüksek olduğu hem yemeklik yağ hem de farmasötik ve oleo kimya endüstrisi için kullanım potansiyeli bulunmaktadır. *F. gummosa* meyvelerinin çimlendirilmesi ve çimlenen fidelerin tarla adaptasyon çalışmalarının yapılarak aromatik yağ endüstrisinin yoğun bulunduğu Göller Bölgesi'ne kazandırılması hedeflenmektedir.

Kaynakça

- [1] Yaqoob, U., Nawchoo, I. A. 2015. Conservation and Cultivation of *Ferula jaeschkeana* Vatke: A Species with Deep Complex Morphophysiological Dormancy. Proceedings of the National Academy of Sciences, India, Section B: Biological Sciences, 87(2), 315-327.
- [2] Pimenov, M. G., Leonov, M. V. 2004. Asya Umbelliferae Biyoçeşitlilik Veritabanı (ASIUM), Güney-Batı Asya Taksalarına Özel Referans ile. Turkish Journal of Botany, 28, 139-145.
- [3] Ajani, Y., Ajani, M. 2008. A New Species of *Ferula* (Umbelliferae) From Southern Iran. Edinburgh Journal of Botany. 65, 425-431.
- [4] Safaian, N., Shokri, M. 1993. Botanical and Ecological Study of Species of The Genus *Ferula* (Medicinal Plants) in Mazandaran Province. Acta Horticulturae, 333, 159-167.
- [5] Asili, J., Sahebkar, A., Fazly Bazzaz, B. S., Sharifi, S., Iranshahi, M. 2009. Identification of Essential Oil Components of *Ferula badrakema* Fruits by GC-MS and ¹³C-NMR Methods and Evaluation of its Antimicrobial Activity. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 12, 7-15.
- [6] Kouyakh, E. T. Naghavi, M. R. Alayhs, M. 2008. Study of The Essential Oil Variation of *Ferula gummosa* Samples From Iran. Chemistry of Natural Compounds. 44, 124-126.
- [7] Najafabadi, A. S., Naghavi, M. R., Farahmand, H., Abbasi, A., Yazdanfar, N. 2017. Chemical Composition of The Essential Oil from Oleo-Gumresin and Different Organs of *Ferula gummosa*. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 20, 282-288.
- [8] Mortazaienezhad, F., Sadeghian, M. M. 2006. Investigation of Compounds from Galbanum (*Ferula gummosa*) Boiss. Asian Journal of Plant Sciences, 5, 905-906.
- [9] Mohammadzadeh Milani, J., Rezaii, K., Safari, M., Ghanbarzadeh, B., Phillips G. O. 2015. Extraction and Physicochemical Properties of Barijeh (*Ferula galbaniflua*) gum. Journal of Food and Bioprocess Eng. 1, 9-20.
- [10] Panda, H. 2003 Herbal soaps & detergents hand book. Niir Project Consultancy Services, India, 536s.
- [11] Coppen, J. J. W. 1995. Gums, Resins and Latexes of Plant Origin. Non Wood Forest Products. Food and Agriculture Organisation of The United Nations, Romepp, 1-141.
- [12] Asl, Z. N. 2018. The Industrial-Therapeutic Impact of *Ferula* in Sustainable Development: A Case Study in Lezoor Village (Firuzkuh, IRAN). International Journal of Ayurvedic Medicine, 9(2), 92-98.
- [13] Baser, K. H. C., Kırimer, N. 2014. Essential Oils of Anatolian Apiaceae - A Profile. Natural Volatiles and Essential Oils, 1(1), 1-50.
- [14] Baydar, H. 2016. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilimi ve Teknolojisi (Genişletilmiş 5. Baskı). SDÜ Yayınları, Yayın No: 51, Isparta, 424s.
- [15] Baser, K. H. C., Demirci, B. Duman, H. 2001. Composition of The Essential Oil of *Ferulago asparagifolia* Boiss. from Turkey. Journal of Essential Oil Research, 13(2), 134-135.
- [16] Baser, K. H. C., Demirci, B., Sağiroğlu, M. Duman, H. 2007. Essential Oils of *Ferula* Species of Turkey. Paper Presented at the 38th International Symposium on Essential Oils, September 9-12, Graz, Austria, 21-23.
- [17] Ozek, G., Ozek, T., Iscan, G., Baser, K. H. C., Duran, A., Hammoglu, E. 2008. Composition and Antimicrobial Activity of The Oils of *Ferula szowitsiana* DC. from Turkey. Journal of Essential Oil Research, 20(2), 186-190.
- [18] Kose, E. O., Aktas, O., Deniz, I. G. Sarikurkc, C. 2010. Chemical Composition, Antimicrobial and Antioxidant Activity of Essential Oil of Endemic *Ferula lycia* Boiss., Journal of Medicinal Plants Research, 4(17), 1698-1703.
- [19] Miski, M., Kurkcuoğlu, M., Iscan, G., Tosun, F. 2012. *Ferula drudeana* Korovin Meyvalarından Elde Edilen Uçucu Yağın GC/GC-MS Analizi ve

- Antimikrobiyal Aktivitesi. 20. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı (20. BİHAT), 10-13 Ekim, Antalya, Turkey, 49.
- [20] Miski, M., Kurkcuoglu, M., Iscan, G., Tosun, F. 2013. Biological Activity and Composition of the Essential Oil of *Ferula rigidula* DC. 10th International Symposium on the Chemistry of Natural Compounds (10th SCNC), 21-23 Kasım, Taşkent/Buhara, Uzbekistan, 178.
- [21] Kooti, W., Moradi, M., Ali-Akbari, S., Sharafi-Ahvazi, N., Asadi-Samani, M., Ashtary-Larky, D. 2015. Therapeutic and Pharmacological Potential of *Foeniculum vulgare* Mill: a review. Journal of Herbmed Pharmacology, 4(1), 1-9.
- [22] Bayrak, A., Korkut, M. H. 1995. Bazı Tohum Yağlarının (Umbelliferae) Yağ Asidi Kompozisyonu ve Özellikle Petroselinik Asit Miktarları Üzerinde Araştırma-II. Standard, 400, 120-126.
- [23] Reiter, B., Lechner, M., Lorbeer, E. 1998. The Fatty Acid Profiles – Including Petroselinic and *cis*-vaccenic Acid – of Different Umbelliferae Seed Oils. Lipid/Fett, 100, 498-502.
- [24] Bayrak, A. 2006. Çeşitli Baharat Tohumu (Rezene, Çemenotu) Yağlarının Sterol ve Yağ Asidi Bileşimi. T.C. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu, Proje No: 20050745001HPD, Ankara.
- [25] Baydar, H., Erbaş, S. 2014. Yağ Bitkileri Bilimi ve Teknolojisi. SDÜ Yayınları, Yayın No: 97, Isparta, 313s.
- [26] Charvet, A. S., Commeau, L. C., Gaydon, E. M. 1991. New Preparation of Pure Petroselinic Acid From Fennel Oil. JAKS Journal of the American Oil Chemists Society, 68(6), 604–607.
- [27] Anonim, 1975. European Pharmacopoeia, Maissonneuve Sinteruffine, Sainte Ruffine, France, 3, 68.
- [28] AOAC, 1997. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC. 684.
- [29] Hossein, T., Jalali, S. P., Juan J., Villaverde, M. A., Coimbra, M., Rosário, M., Domingues, Z. J., Ebrahimian, A. J. D. S., Sílvia M. R. 2013. Assessment of The Sesquiterpenic Profile of *Ferula Gummosa* Oleo-Gum-Resin (Galbanum) from Iran. Contributes to Its Valuation as a Potential Source of Sesquiterpenic Compounds. Industrial Crops and Products, 44, 185-191.
- [30] Ghannadi, A., Amree, S. 2002. Volatile Oil Constituents of *Ferula gummosa* Boiss. from Kashan, Iran. Journal of Essential Oil Research, 14(6), 420-421.
- [31] Rustaiyan, A., Monfared, A., Masoudi, S., Ameri, N. 2002. Essential Oils of The Stem and Root of *Ferula galbaniflua* Boiss. Et Buhse from Iran. Journal of Essential Oil Research.14, 286-287.
- [32] Sayyah, M., Kamalinejad, M., Bahrami Hidage, R., Rustaiyan, A. 2001. Antiepileptic Potential and Composition of the Fruit Essential Oil of *Ferula gummosa* Boiss. Iranian Biomedical Journal, 5, 69-72.
- [33] Ghasemi, Y., Faridi, P., Mehregan, I., Mohagheghzadeh, A. 2005. *Ferula gummosa* Fruits: an Aromatic Antimicrobial Agent. Chemistry of Natural Compounds, 41, 311–314.
- [34] Baser, K. H. C., Ozek, T., Demirci, B., Kurkcuoglu, M., Aytac, Z., Duman, H. 2000. Composition of the Essential Oils of *Zosima absinthifolia* (Vent.) Link and *Ferula elaeochoytris* Korovin from Turkey. Flavour and Fragrance Journal, 15(6), 371-372.
- [35] Ozek, G., Ozek, T., Iscan, G., Baser, K. H. C., Duran, A. Hammoglu, E. 2008. Composition and Antimicrobial Activity of The Oils of *Ferula szowitsiana* DC. from Turkey. Journal of Essential Oil Research, 20(2), 186-190.
- [36] Kose, E. O., Aktas, O., Deniz, I. G. Sarikurkcu, C. 2010. Chemical Composition, Antimicrobial and Antioxidant Activity of Essential Oil of Endemic *Ferula lycia* Boiss. Journal of Medicinal Plants Research, 4(17), 1698-1703.
- [37] Bettaieb, I., Bourgou, S., Sriti, J., Msaada, K., Limam, F., Marzouk, B. 2011. Essential Oils and Fatty Acids Composition of Tunisian and Indian Cumin (*Cuminum cyminum* L.) Seeds: A Comparative Study. Journal of Science Food Agriculture, 91(11), 2100-2107.
- [38] Reiter, B., Lechner, M., Lorbeer, E. 1998. The Fatty Acid Profiles – Including Petroselinic and *Cis*-Vaccenic Acid – of Different Umbelliferae Seed Oils. Lipid/Fett, 100, 498-502.
- [39] Alfekaiki, D. F. 2018. Chemical and Physical Characteristics and Fatty Acid Profile of Some Oil Seeds of Apiaceae Family in Iraq. Chemical and Process Engineering Research, 58, 17-27.