

آنالیز ترکیب شیمیایی اندام‌های مختلف *Ferula assa-foetida* L. با استفاده از GC-MS

هاجر امینی^۱، محمدرضا نقوی^{۱*}، مهرداد ایرانشاهی^۲، نجمه یزدانفر^۳، جابر نصیری^۱
 ۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
 ۲. مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران
 ۳. پژوهشکده توسعه صنایع شیمیایی جهاد دانشگاهی، تهران، ایران (ACECR)
 (تاریخ دریافت: ۹۷/۰۲/۳۱ - تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۰۱)

چکیده

گیاه آنغوزه با نام علمی *Ferula assa-foetida* گیاه دارویی از خانواده چتریان (Apiaceae) و بومی ایران است که به‌طور سنتی به‌خاطر ارزش درمانی آن مورد استفاده قرار گرفته است. ترکیبات ترپنوئیدی و سسکوئیدی به‌عنوان اجزای اصلی صمغ‌الثرزینی حاصل از ریشه، خاصیت ضد التهاب و سیتوتوکسیتی را نشان می‌دهند. در این تحقیق اسانس‌گیری توسط روش تطعیر با آب به‌وسیله دستگاه کلونجر صورت پذیرفت و ترکیبات شیمیایی از جمله پلی‌سولفید و سسکوئیدی در اسانس‌های حاصل از اندام‌های مختلف ریشه، ساقه، گل و برگ این گیاه توسط کروماتوگرافی گازی و طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که اندام‌های گل و برگ گیاه آنغوزه به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار اسانس (۰/۷ و ۰/۱ درصد v/w) را دارا بوده‌اند. ترکیباتی همانند بتا-پینن، آلفا-پینن، پروپیل n-بوتیل دی‌سولفید و ۱،۲-دی‌تیولان ترکیبات اصلی اسانس هر چهار اندام گیاهی مربوطه را تشکیل دادند. سایر ترکیبات مهم ریشه، ساقه و گل شامل زی-۱-پروپیل سک-بوتیل دی‌سولفید و بتا-یودسمول بوده درحالی‌که ۲-ایزوپروپیل-۵-متیل-۹-متیلن و بتا-مالین ترکیبات اصلی موجود در برگ بوده‌اند. ترکیبات گوگرددار فرار به‌همراه ترکیبات سسکوئیدی‌ترین‌ها ترکیبات غالب اسانس این چهار اندام بودند. این نتایج نشان داد که *F. assa-foetida* می‌تواند منبعی برای تولید صمغ‌الثرزینی باشد در نتیجه می‌تواند در صنایع غذایی و داروسازی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، صمغ‌الثرزینی، آنغوزه، GC-MS.

Chemical composition of different parts of *Ferula assa-foetida* L., using GC-MS

Hajar Amini¹, Mohammad Reza Naghavi^{1*}, Mehrdad Iranshahi², Najmeh Yazdanfar³, Jaber Nasiri¹

¹ Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agricultural and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran ² Biotechnology Research Center, School of Pharmacy, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran ³ Iranian Research and Development Center for Chemical Industries, Tehran, Iran (ACECR)

(Received: May 21, 2017 - Accepted: September 23, 2018)

ABSTRACT

Ferula assa-foetida L. is a medicinal plant of the Apiaceae family is native to Iran that has traditionally been used for its therapeutic value. Particularly, terpenoid and sesquiterpene metabolites, major components of the root-derived oleo-gum-resin, exhibit anti-inflammatory and cytotoxic activities. In the present investigation, the essential oils were obtained by hydrodistillation in a clevenger extractor and the chemical compounds from four different organs (i.e., roots, stems, flowers and leaves) of *F. assa-foetida* L. including terpenoids and sesquiterpene were evaluated by gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS). Our results indicated that the flower and leaf of the plant possess the highest and the lowest amounts (0.7 and 0.1 % v/w) of essential oils, respectively. The metabolites such as β -Pinene, α -Pinene, Propyl n-butyl disulfide and 1,2-dithiolane were the main constituents of the essential oil of all the four plant organs. The other major components in the root, stem and flower of the plant were (Z)-1-propenyl sec-butyl disulfide and β -Eudesmol, while considering leaf organ, 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene- and β -Maaliene were characterized as the major constituents. The essential oils of four parts were dominated by the volatile sulfur-containing compounds as well as sesquiterpene. Our results, overall, represented that *F. assa-foetida* could be a reliable and trustworthy repository for production of "oleo-gum-resin", and therefore can be frequently utilized in food and flavor industries.

Keywords: Essential oils; Oleo-gum resin; *Ferula assa-foetida*; GC-MS.

* Corresponding author E-mail: mnaghavi@ut.ac.ir

مقدمه

آنغوزه با نام علمی *Ferula assa-foetida* L. گیاهی علفی، کرک‌دار، چندساله متعلق به زیرشاخه نهاندانگان، رده دولپه‌ای‌ها، زیررده جداگلبرگان، راسته چتریان، خانواده چتریان، جنس *Ferula* و گونه *assa-foetida* است (Shah & Zare, 2004). آنغوزه گیاهی است مونوکارپیک؛ بدین معنی که در طول رویش فقط یک‌بار به گل می‌رود و سپس دوره رویشی آن خاتمه می‌یابد. ریشه این گیاه راست، گوشتدار و نسبتاً ضخیم که شیرهای به‌نام آنغوزه را در خود ساخته و ذخیره می‌کند. آنغوزه، صمغ‌الٹورزینی یا شیر حاصل از تیغ‌زدن ریشه و یا پایین ساقه گیاه آنغوزه است که در زبان محلی به آن *Asafoetida*، *Heng Anghuzeh* و *Buganeh* اطلاق شده و در مصارف تجاری متعدد به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد (Kavoosi & Rowshan, 2013).

لازم به ذکر است گیاه آنغوزه به‌عنوان گیاه مفید دارویی بومی آسیای مرکزی از شرق ایران تا افغانستان است و در حال حاضر در معرض خطر انقراض قرار گرفته است (Iranshahy & Iranshahi, 2011). گیاه آنغوزه برای درمان بیماری‌های مختلفی چون اختلالات گوارشی، اختلالات عصبی و مشکلات تنفسی و نیز درمان گزیدگی حشرات مورد استفاده قرار می‌گیرد (Bahrami et al., 2013). در ایران، سالیانه در حدود ۵۰۰ تا ۶۰۰ تن صمغ‌الٹورزینی تولید می‌شود. صمغ‌الٹورزینی حاوی ۴۰ تا ۶۴ درصد رزین، ۲۵ درصد صمغ، ۱۰ تا ۱۷ درصد اسانس، ۱/۲۸ اسید فرولیک آزاد و مقدار بسیار جزئی وانیلین است. البته میزان این ترکیبات در گونه‌های مختلف اندکی متفاوت است (Amalraj & Gopi, 2017; Takeoka, 2001). آنغوزه به‌دلیل داشتن ترکیبات شیمیایی مختلف از جمله کومارین‌ها و مشتقات کومارینی، سسکوئی‌ترین‌ها و سایر ترپنوئیدها، اسیدها و ترکیبات سولفوردار مورد توجه قرار گرفته است (Iranshahy & Iranshahi, 2011). بخش اصلی تشکیل‌دهنده صمغ‌الٹورزینی، اسانس است که شامل فرولیک اسید، سسکوئی‌ترین، ترکیبات گوگرددار،

مونوترپن‌ها و سایر ترپنوئیدهای فرار است (Nazari & Iranshahi, 2011). بوی معطر بسیار قوی گونه‌های *Ferula* به‌دلیل اسانس‌هایی به‌حالت مایع غلیظ آروماتیک فرار با چگالی بسیار کم هستند و معمولاً از اندام‌های مختلف گیاه شامل گل‌ها، بذرها، برگ‌ها، ساقه‌ها و ریشه‌ها به‌دست می‌آیند (Bakkali et al., 2008). استخراج اسانس‌ها از طریق یکی از روش‌های استخراج با بخار یا تقطیر با آب^۱ یا استخراج با حلال انجام می‌شود. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های اسانس‌های به‌دست آمده از این گونه گیاهی، وجود ترکیبات گوگرددار فرار با اثرات فارماکولوژیکی قابل توجهی نظیر آرام‌بخشی و تسکین درد، ضد تشنج، ضد میکروب، ضد روماتیسم و ضد دیابت است (Hadavand Mirzaei & Hasanloo, 2009; Asili et al., 2014). ترکیبات گوگرددار عامل بوی ناخوشایند گیاه آنغوزه هستند (Sharopov et al., 2018). ترکیبات ای-۱-پروپنیل سک-بوتیل دی‌سولفید^۲ و زی-۱-پروپنیل سک-بوتیل دی‌سولفید عمده‌ترین ترکیبات گوگرددار اسانس گونه‌های مختلف *Ferula* به ویژه *assa-foetida* است (Bahrami et al., 2013). بررسی ترکیبات شیمیایی اسانس *F. assa-foetida* نشان داد ترکیبات ای-۱-پروپنیل سک-بوتیل دی‌سولفید، زی-۱-پروپنیل سک-بوتیل دی‌سولفید، آلفا-پینن، بتا-پینن، گوآیول^۳ و کاراتول^۴ به‌عنوان ترکیبات اصلی تشکیل‌دهنده صمغ‌الٹورزینی *F. assa-foetida* شناخته می‌شوند (Nazari & Iranshahi, 2011).

در بسیاری از مطالعات بر روی ترکیبات اسانس شیرابه گیاه آنغوزه منطقه یزد، ترکیبات دی‌سولفیدی نظیر پروپیل-ان بوتیل دی‌سولفید و زی-۱-پروپنیل سک-بوتیل دی‌سولفید به‌عنوان ترکیبات عمده اسانس گیاه آنغوزه مطرح شدند (Hadavand Mirzaei & Hasanloo, 2014; Bahrami et al., 2013). نتایج آنالیز اسانس گل گیاه آنغوزه با استفاده از دستگاه

۱. hydro-distillation

۲. E-1-propenyl sec-butyl disulphide

۳. Guaiol

۴. Carotol

و گل در فصل گلدهی گیاه آنگوزه در اردیبهشت سال ۹۳ از نواحی کوهستانی "ملا احمد"، به ارتفاع ۲۲۵۰ متر از سطح دریا (۳۵° ۵۳' شرقی و ۱۵° ۳۲' شمالی)، واقع در استان اصفهان در ایران جمع‌آوری شد. شناسایی تاکسونومی گیاهان در مرکز ملی ذخایر ژنتیکی و زیستی ایران (IBRC) انجام شد. چهار اندام ریشه، ساقه، گل و برگ گیاهان برداشت‌شده پس از جمع‌آوری، در سایه خشک شده و در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند.

ارزیابی اسانس با GC-MS

برای بررسی ترکیبات ترپنوئیدی و ترکیبات گوگرددار گیاه آنگوزه از اسانس اندام‌های مختلف ریشه، ساقه، برگ و گل استفاده شد. استخراج اسانس با دستگاه کلونجر^۱ انجام گرفت. بدین منظور از ۲۰ گرم پودر خشک ریشه، ساقه، برگ و گل با روش تقطیر با بخار آب به مدت هفت ساعت اسانس‌گیری انجام شد. اسانس حاصل پس از استخراج، جمع‌آوری شده و تعیین مقدار گردید (Ghannadi & Amree, 2002). پس از آماده‌سازی اسانس‌ها، از دستگاه GC-MS برای جداسازی و تعیین درصد هر یک از اجزای اسانس استفاده شد. ارزیابی اسانس با دستگاه Agilent 5977A مجهز به دکتور MS کوادرویل (MD800) و سه تکرار بیولوژیک انجام گرفت. یک ستون سیلیکایی (Chrompak) به طول ۵۰ متر، قطر ۰/۲۵ میلی‌متر و اندازه ذرات ۰/۲۵ میکرومتر جهت مطالعه حاضر مورد استفاده قرار گرفت. ستون ذکر شده ستونی مویی از جنس فنیل (پنج درصد) و دی‌متیل پلی سیلوگزان (۹۵ درصد) و دمای اینجکتور^۲ ۲۸۰ درجه سلسیوس بود. دمای ستون با سرعت چهار درجه سلسیوس در دقیقه به ۱۲۰ درجه سلسیوس رسیده و سپس با سرعت ۲ درجه سلسیوس در دقیقه به ۲۰۰ درجه سلسیوس رسیده و نهایتاً با سرعت ۲۵ درجه سلسیوس در دقیقه به ۲۸۰ درجه سلسیوس می‌رسد. انرژی یونیزاسیون MS، ۷۰ الکترون ولت و دمای

GC-MS نشان داد که ۵۴ ترکیب قابل شناسایی که ۹۶/۹ درصد کل اسانس بود، در اسانس وجود دارد که عمده‌ترین آنها شامل کادینول، جرماکرن B و زی-۱-پروپنیل سک-بوتیل دی‌سولفید بودند (Bahrami et al., 2013). طی پژوهشی ۲۵ ترکیب در اسانس گیاه آنگوزه جمع‌آوری شده از ارتفاعات کرمان شناسایی شد که عمده‌ترین ترکیبات اسانس شامل زی-۱-پروپنیل سک-بوتیل دی‌سولفید و جرماکرن B بودند (Khajeh et al., 2005). در جنس *Ferula spp.* نوع و درصد نسبی ترکیبات شیمیایی اسانس‌ها نه تنها در بین گونه‌های مختلف یک جنس بلکه در بین افراد گونه‌های مشابه و اندام‌های مختلف یک گیاه شامل ریشه‌ها، برگ‌ها، ساقه‌ها و گل‌ها متفاوت است. علاوه بر این، شرایط اقلیمی زیست-محیطی، ارتفاع، زمان جمع‌آوری و مراحل مختلف رشد و نمو ممکن است به لحاظ کمی و کیفی بر ترکیب اسانس‌ها تاثیرگذار باشد (Bakkali et al., 2008). در رابطه با جداسازی و شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس‌ها و عصاره‌های گونه‌های گیاهی مختلف، چندین روش کروماتوگرافی توسعه یافته است که از میان آنها GC-MS به‌عنوان بهترین روش شناسایی ترکیبات اسانس جنس *Ferula* توصیه شده است (Kasaian et al., 2016). اگرچه تاکنون بر روی گیاه آنگوزه کارهای گوناگونی از جمله شناسایی سسکوئی‌ترپن‌ها و ترکیبات گوگردی صمغ‌الطورزینی صورت گرفته است (Hadavand Mirzaei & Hasanloo, 2014) ولی به‌طور خاص تحقیقی در رابطه با مقایسه ترکیبات شیمیایی اسانس اندام‌های مختلف گیاه آنگوزه شامل ریشه‌ها، ساقه‌ها، گل‌ها و برگ‌ها صورت نگرفته است؛ بنابراین در این مطالعه به بررسی ترکیبات شیمیایی اسانس اندام‌های مختلف گیاه آنگوزه شامل ریشه، ساقه، گل و برگ با استفاده از تکنیک GC-MS پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

سه گیاه کامل شامل تمام اندام‌های ریشه، ساقه، برگ

۱. Clevenger

۲. Injector

ترتیب دارای رنگ مایل به قهوه‌ای، مایل به زرد، مایل به سبز و مایل به زرد روشن با بویی بسیار تند گوگردی بود. بوی بسیار تند گوگردی ناشی از وجود ترکیبات گوگردی اسانس گیاه آنگوزه است (Kasaian et al., 2016). میزان اسانس حاصل از اندام‌های مختلف ریشه، ساقه، گل و برگ به ترتیب ۰/۵۵، ۰/۲۴، ۰/۷ و ۰/۱۱ درصد (v/w) است. بنابراین بیشترین مقدار اسانس را گل با ۰/۷ درصد و کمترین مقدار اسانس را برگ با ۰/۱ درصد تولید می‌کند. مطالعات مشابه دیگر حاکی از آن است که گل‌ها از نظر تولید اسانس فعال هستند (Irmisch et al., 2014). بیشتر بودن اسانس در گل-ها می‌تواند نشان‌دهنده نقش این ترکیبات در جذب حشرات برای گرده‌افشانی است.

ترکیبات به‌دست آمده از اسانس اندام‌های ریشه، ساقه، گل و برگ گیاه آنگوزه در جدول ۱ نشان داده شده است که در آن درصد و شاخص بازداری کواتز هر کدام از ترکیبات به نمایش گذاشته شده است. در این تحقیق تعداد ۲۴، ۲۶، ۲۷ و ۲۲ ترکیب در اسانس استخراج‌شده از ریشه، ساقه، گل و برگ آنگوزه که به-ترتیب ۸۲/۴۳، ۵۷/۳، ۵۳/۸ و ۶۲/۷۶ درصد کل اسانس هستند، شناسایی شد. (جدول ۱). با مطالعه بر روی اسانس برگ گیاه آنگوزه جمع‌آوری شده از خرم-آباد ۱۲ ترکیب شناسایی شد (Ahmadvand et al., 2014). همان‌طور که جدول ۱ نشان می‌دهد اجزای اصلی اسانس چهار اندام گیاهی بتا-پنین، آلفا-پنین، پروپیل-ان بوتیل دی‌سولفید و ۲-دی‌تیولان بودند. دیگر اجزای اصلی که در ریشه، ساقه و گل شناسایی شدند شامل زی-۱-پروپنیل سک-بوتیل دی‌سولفید و بتا-یودسمول بودند؛ در حالی که در برگ ترکیبات ۲-ایزوپروپیل-۵-متیل-۹-متیلین و بتا-مالین به‌عنوان اجزای اصلی شناسایی شدند. این نتایج با مطالعه ترکیبات اسانس شیرابه گیاه آنگوزه منطقه یزد توسط GC-MS مطابقت داشت (Hadavand Mirzaei & Hasanloo, 2014). محققین فوق با بررسی ترکیبات اسانس شیرابه گیاه آنگوزه منطقه یزد بیان داشتند که ترکیبات دی‌سولفیدی نظیر پروپیل-ان بوتیل دی-

یونیزاسیون ۲۸۰ درجه سلسیوس تنظیم گردید. گاز حامل هلیوم بوده و با دبی یک میلی‌لیتر در دقیقه جریان داشت. یک میکرولیتر از نمونه در هر بار اندازه-گیری تزریق می‌شود. برای اسانس، نمونه‌ها ابتدا به نسبت ۱ به ۱۰۰ با ان-هگزان رقیق شده و سپس به دستگاه تزریق شدند. آنالیز پیک‌ها با نرم‌افزار Mass lab با سرعت یک اسکن در ثانیه انجام گرفت. شناسایی ترکیب‌های اسانس با استفاده از محاسبه ضریب کواتز^۱ (که با تزریق هیدروکربن‌های نرمال ان-الکان^۲ (c11-c28) تحت شرایط یکسان با تزریق اسانس‌ها صورت گرفته بود) و بررسی طیف جرمی ترکیبات و مقایسه آنها با طیف‌های جرمی پیشنهادی توسط کتابخانه‌های دستگاه GC-MS و هم‌چنین با مقایسه طیف‌های جرمی ترکیب‌های استاندارد موجود در کتابخانه آدامز^۳ مقایسه شدند (Adams, 2012).

تایید صحت ترکیبات با محاسبه ضریب کواتز و با استفاده از ان-الکان (c11-c28)، براساس فرمول زیر انجام شد (Davies, 1990):

$$RI(x) = 100 \times \left[z + \frac{RT(x) - RT(z)}{RT(z+1) - RT(z)} \right]$$

که در آن

RI (x) ضریب کواتز ماده x

z = تعداد اتم کربن ان-الکان خارج‌شده قبل از ترکیب x

z+1 = تعداد اتم کربن ان-الکان خارج‌شده بعد از

ترکیب x

RT(x) = زمان بازداری ترکیب x

RT (z) = زمان بازداری ان الکان z

RT (z+1) = زمان بازداری ان-الکان z+1

تمام ضرایب با سه تکرار محاسبه شد. پردازش آماری اطلاعات با سه تکرار و با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. نتایج به‌صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شد.

نتایج و بحث

اسانس به‌دست آمده از ریشه، ساقه، برگ و گل به-

۱. Kovats index

۲. N-Alkane

۳. Adams, US National Institute of Standard and Technology, NIST

پژوهش نشان داد که مونوترپن‌های هیدروکربنی شامل آلفا-پینن، کامفن، سابینن، بتا-پینن، میرسن، لیمونن و والنسن در مجموع ۲۶/۹، ۱۰/۵۶، ۱۶/۳۹ و ۱۵/۰۳ درصد از اسانس ریشه، ساقه، گل و برگ را تشکیل می‌دهند که دارای ویژگی‌های ضدالتهابی، ضدعفونی‌کنندگی، ضدباکتریایی و ضدویروسی نیز هستند (Peana et al., 2002). مونوترپن‌های هیدروکربنی تقریباً در تمام اسانس‌ها وجود دارند (Peana et al., 2002). برخلاف مونوترپن‌های هیدروکربن، هیچگونه مونوترپن اکسیژن‌دار در این مطالعه شناسایی نشد. سسکوئی‌ترین‌ها به دو دسته اکسیژن‌دار و هیدروکربنی تقسیم‌بندی می‌شوند (Rocha et al., 2011). سسکوئی‌ترین‌های هیدروکربنی به‌دست آمده در این پژوهش، شامل بتا-کوبین، بتا‌المن، بتا-گورجونن، کاروفیلین، آلفا-کاروفیلین، گاما-کادینن، جرماکرن D، گاما-المن، آلفا-فارنسن، آلفا-کوپانن، بتا-المن، بتا-مالین، ۲ ایزوپروپیل-۱-۵-متیل-۹-متیلن، آریستولن و گاما-سلین هستند. این ترکیبات به‌ترتیب در مجموع ۸/۹۴، ۱۱/۲، ۱۱/۵۵ و ۱۵/۸ درصد از اسانس ریشه، ساقه، گل و برگ را تشکیل می‌دهند (جدول ۲). سسکوئی‌ترین‌های اکسیژن‌دار شامل گواپول، آلفا-اودسمول، کاروتول، هینسول، آگاروسپیرول، بتا-اودسمول و بتا-بیسابولول به‌ترتیب در مجموع ۱۷/۳۴، ۱۴/۶۸، ۶/۸۶ و ۵/۷۶ درصد از اسانس ریشه، ساقه، گل و برگ را تشکیل می‌دهند. هر چند که در پژوهش‌های پیشین، میزان اسانس‌های مشتق شده از گل *F. assa-foetida* ۱۰ ترکیب مونوترپن هیدروکربن (۶/۱۴ درصد)، ۲۶ ترکیب سسکوئی‌ترین هیدروکربن (۴۳/۴۸ درصد)، ۹ ترکیب سسکوئی‌ترین اکسیژن‌دار (۳۷/۷۷ درصد)، یک ترکیب هیدروکربن اکسیژن‌دار (۰/۳۵ درصد)، ۹ ترکیب سولفیدی فرار (۱۱/۱۸ درصد) گزارش شده و هیچ‌گونه مونوترپن اکسیژن‌دار گزارش نشده است (Bahrani et al., 2013). در تحقیقی دیگری زی-۱-پروپنیل سک-بوتیل دی‌سولفید، بتا-اوسیمین و بتا-پینن عمده‌ترین ترکیب آنغوزه نواحی کوهستانی کرمان گزارش کردند

سولفید و زی-۱-پروپنیل سک-بوتیل دی‌سولفید ترکیبات عمده اسانس آنغوزه را شامل می‌شوند. تشابهاتی بین اجزای اصلی اسانس گیاه آنغوزه در این مطالعه و مطالعات قبلی وجود دارد. برای مثال با بررسی ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه آنغوزه جمع-آوری شده از ناحیه کرمان (Khajeh et al., 2005) و خرم آباد (Ahmadvand et al., 2014) به‌ترتیب ترکیبات ای-۱-پروپنیل سک-بوتیل دی‌سولفید و گاما-کادینن ترکیبات غالب اسانس برگ را شامل شدند. در مقابل ترکیبات کادینول، جرماکرن B و زی-۱-پروپنیل سک-بوتیل دی‌سولفید عمده ترکیبات اسانس گل گیاه آنغوزه جمع‌آوری شده از مناطق غرب ایران، را تشکیل دادند (Bahrani et al., 2013). این تفاوت در ترکیبات شیمیایی گیاه آنغوزه جمع‌آوری شده از مناطق مختلف می‌تواند ناشی از تفاوت اقلیمی مناطق مختلف باشد (Ahmadvand et al., 2014). همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، ترکیبات گوگرددار فرار و سسکوئی‌ترین‌ها قسمت اعظم ترکیبات اسانس را شامل شدند که با نتایج حاصل از پژوهش (Bahrani et al., 2013) مبنی بر اینکه سسکوئی‌ترین‌ها (۸۱/۲۵٪)، ترپنوئیدهای غالب در اسانس هستند سازگار است. به دلیل حضور همین ترکیبات گوگرددار فرار و سسکوئی‌ترین‌ها اسانس آنغوزه از نظر صنعت داروسازی بسیار ارزشمند است (Iranshahi, 2012; Iranshahi & Iranshahi, 2011). ترکیبات گوگرددار ۲۸/۷۹، ۲۰/۵۱، ۱۹ و ۲۶/۴۶ درصد به ترتیب اسانس ریشه، ساقه، گل و برگ شامل شدند (جدول ۲). ترکیبات ترپنی اصلی اسانس گیاه آنغوزه مونوترپن‌ها و سسکوئی‌ترین‌ها هستند (Kasaian et al., 2016). مونوترپن‌ها، بارزترین مولکول‌هایی هستند که به لحاظ ساختاری از اتصال دو واحد ایزوپرن به‌وجود آمده‌اند، بدین ترتیب امکان وجود بسیاری از ساختارهای مختلف با نقطه جوش‌های نرمال از ۱۵۰ تا ۱۸۵ درجه سلسیوس فراهم می‌آید و به دو گروه اصلی مونوترپن‌های هیدروکربن و مونوترپن‌های اکسیژن‌دار تقسیم‌بندی می‌شوند. (O'Connor & Maresh, 2006). نتایج این

شیمیایی اسانس‌ها می‌تواند بر اساس تنوع ژنتیکی، فاکتورهای اپی‌ژنتیک، اندام‌های مختلف گیاهی و تعداد زیادی از عوامل محیطی مثل خصوصیات اقلیم شناختی، درجه حرارت، رطوبت، نوع خاک و ارتفاع تغییر یابد (Moghaddam & Farhadi, 2015; Andrade et al., 2011).

(Sefidkon et al., 1998).

آنالیزهای پیشین انجام‌شده بر روی اسانس گیاه آنغوزه توسط دستگاه GC-MS در مقایسه با نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ترکیب کیفی اجزای شیمیایی اسانس، مشابه به نظر می‌رسد اگرچه در برخی از موارد تفاوت اندکی مشاهده می‌شود. ترکیبات

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی اسانس استخراج‌شده از اندام‌های مختلف گیاه آنغوزه

Table 1. Chemical composition of the essential oils extracted from different organs of *F. assa-foetida*

Compound	RI ^a	Content (%)			
		ریشه	ساقه	گل	برگ
<i>α</i> -Pinene	939	4.14 ± 0.0044	4.19 ± 0.0026	4.21 ± 0.02	4.44 ± 0.0004
Camphene	952	0.15 ± 0.03	0.13 ± 0.05	0.17 ± 0.06	0.12 ± 0.03
Sabinene	975	-	-	1.14±0.12	1.32±0.03
<i>β</i> -Pinene	983	21.44 ± 28.72	5.77 ± 0.98	10.51 ± 8.28	5.81 ± 0.0002
Myrcene	990	1.17±0.22	-	0.36±0.07	-
Limonene	1031	-	-	-	2.18 ± 0.01
Butanethioic acid,3-methyle-,s-(1-methylpropyl) ester)	1136	-	-	-	0.33 ± 0.08
Propyl <i>n</i> -butyl disulfide	1159	8.17±0.00026	5.32 ± 0.0004	5.19 ± 0.10	5.33 ± 0.0004
1,2-dithiolane	1168	10.45±0.20	8.32±1.46	6.83±1.46	20.24±206.04
(Z)-1-propenyl <i>sec</i> -butyl	1177	8.95 ± 0.20	6.41 ± 5.91	6.29 ± 1.46	-
bis (1-methyl propyl) disulfide	1220	-	0.46±0.0162	0.33±0.096	0.89±0.0032
Disulfide, bis[1-(methylthio)ethyl]	1362	0.93±0.1	-	-	-
<i>α</i> - longipinene	1373	0.46±0.0002	-	-	-
<i>β</i> -Cubebene	1390	0.1 ± 0.01	-	-	2.1 ± 0.2
<i>β</i> -Elemene	1392	-	-	0.37 ± 0.24	-
<i>β</i> -Gurjunene	1406	0.62 ± 0.16	-	-	-
Caryophyllene	1419	0.54 ± 0.03	0.18 ± 0.0002	0.23 ± 0.005	0.17 ± 0.0002
bis [(1-methylthio) propyl] disulfide	1429	0.29 ± 0.23	-	0.36 ± 0.11	-
<i>α</i> -Caryophyllene	1462	0.10 ± 0.43	0.27 ± 0.11	0.65 ± 0.59	0.11 ± 1.49
<i>γ</i> -Cadinene	1472	-	0.31 ± 0.086	-	-
Germacrene D	1478	2.19 ± 0.21	-	1.30 ± 0.24	-
Valencene	1494	-	0.47±0.21	-	1.16±2.14
<i>δ</i> -Cadinene	1516	-	-	0.31 ± 0.086	-
<i>γ</i> -Elemene	1518	1.81±0.11	4.27±0.21	2.25 ± 6.70	1.82±0.32
<i>α</i> -Farnesene	1520	0.9 ± 0.0008	0.62 ± 0.44	1.30 ± 4.97	-
<i>α</i> -Copaene	1535	1.15 ± 0.09	0.41 ± 0.06	0.58 ± 0.11	0.81 ± 0.16
Elemol	1542	-	0.06±0.0002	-	-
Ethanone, 1-(1,4-dimethyl-3-cyclohexen-1-yl)-	1573	-	0.35 ± 0.25	-	0.29 ± 0.41
Guaiol	1588	0.59 ± 1.03	-	0.12 ± 0.05	4.13 ± 0.82
<i>α</i> -Eudesmol	1597	2.25±3.57	0.11 ± 0.002	0.20±0.099	1.42 ± 0.002

ادامه جدول ۱

Table 1. (continue)

Compound	RI ^a	Content (%)			
		ریشه	ساقه	گل	برگ
Carotol	1601	3.98 ± 0.03	4.17 ± 1.51	-	-
β-Maaliene	1622	1.53 ± 8.33	2.57 ± 4.38	1.53 ± 12.85	4.47 ± 13.88
Hinesol	1636	-	0.69±0.01	2.26±0.002	-
Agarospinol	1641	-	1.06 ± 0.06	0.84±0.04	0.21 ± 0.08
Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-	1648	-	1.88±1.68	2.88 ± 1.28	4.88 ± 0.14
Aristolene	1651	-	0.57 ± 0.20	-	1.44 ± 1.88
β-Eudesmol	1654	9.87 ± 1.30	8.38 ± 2.28	2.73 ± 0.16	-
γ-Selinene	1655	-	0.12 ± 0.0008	0.15±0.002	-
α-Bisabolol	1656	0.65±0.01	0.21 ± 0.01	0.71±0.02	-
Total (%)		82.43	57.3	53.8	62.67

RI^a = شاخص بازداری کواتز با استفاده از ان-آلکان C11-C28 روی ستونی سیلیکات ۵٪ فنیل-پلی-دیمتیل-سیلوکسان داده‌ها به صورت میانگین ± خطای استاندارد (تکرار=۳) نشان داده شده است

RI^a = Kovats Retention Indices relative to C₁₁-C₂₈ n-alkanes on silica column 5% phenyl-polydimethyl-siloxane Data are Means ± Standard Deviation (n=3)

جدول ۲- ترکیبات نسبی کلاس‌های مختلف اندام ریشه، ساقه، برگ و گل گیاه آنغوزه

Table 2. Relative compositions of different classes in root, stem, leaf and flower of *F. assa-foetida*

Compound Class	Content (%)			
	ریشه	ساقه	گل	برگ
Hydrocarbon Monoterpenes	26.90	10.56	16.39	15.03
Hydrocarbon Sesquiterpenes	8.94	11.20	11.55	15.80
Oxygenated Sesquiterpenes	17.34	14.68	6.86	5.76
Volatile sulfur-containing	28.79	20.51	19.00	26.46

نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که ترکیبات گوگرددار و سسکوئی‌ترین‌ها درصد بیشتری از اجزای اسانس اندام‌های مختلف را به خود اختصاص می‌دهند. تفاوت بین اجزای شیمیایی اسانس گیاه آنغوزه در پژوهش حاضر با دیگر مطالعات می‌تواند ناشی از شرایط محیطی محل رویش، مرحله رشدی و سن گیاه باشد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور خلاصه، با استفاده از تکنیک GC-MS، ترکیبات شیمیایی چهار اندام مختلف گیاه مهم دارویی *F. assa-foetida* بررسی شد. نتایج این پژوهش دلالت بر وجود ترکیبات گوگرددار و ترکیبات ترپنی در اسانس اندام‌های مختلف بود. همچنین گل‌های این گیاه بیشترین اسانس (۷/۰ درصد v/w) و برگ‌ها، حداقل میزان اسانس را دارا بودند (۱/۰ درصد v/w).

REFERENCES

- Adams, R. P. (2012). *Identification of essential oils by ion trap mass spectroscopy*. Academic Press.
- Ahmadvand, H., Amiri, H., Dehghani Elmi, Z. & Bagheri, S. (2014). Chemical composition and antioxidant properties of *Ferula-assa-foetida* leaves essential oil. *Iranian Journal of Pharmacology and Therapeutics*, 12(2), 52-0.
- Amalraj, A. & Gopi, S. (2017). Biological activities and medicinal properties of Asafoetida: A review. *Journal of traditional and complementary medicine*, 7(3), 347-359.
- Andrade, E. H. A., Alves, C. N., Guimarães, E. F., Carreira, L. M. M. & Maia, J. G. S. (2011). Variability in essential oil composition of *Piper dilatatum* L.C. Rich. *Biochemical Systematics and Ecology*, 39(4-6), 669-675.

5. Asili, J., Sahebkar, A., Bazzaz, B. S. F., 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(1), 7-15.
6. Bahrami, G., Soltani, R., Sajjadi, S. E., Kanani, M. R., Naderi, R., Ghiasvand, N., & Shokoohinia, Y. (2013). Essential oil composition of *Ferula assa-foetida* L. fruits from Western Iran. *Journal of Reports in Pharmaceutical Sciences*, 2(2), 90-97.
7. Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D. & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—A review. *Food and chemical toxicology*, 46(2), 446-475.
8. Davies, N. W. (1990). Gas chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicon and Carbowax 20M phases. *Journal of Chromatography. A*, 503, 1-24.
9. Ghannadi, A. & Amree, S. (2002). Volatile oil constituents of *Ferula gummosa* Boiss. from Kashan, Iran. *Journal of Essential Oil Research*, 14(6), 420-421.
10. Hadavand Mirzaei, H. & Hasanloo, T. (2014). Assessment of chemical composition of essential oil of *Ferula assa-foetida* oleo-gum-resin from two different sites of Yazd province in center of Iran. *Research Journal of Pharmacognosy*, 1(2), 51-54.
11. Iranshahi, M. (2012). A review of volatile sulfur-containing compounds from terrestrial plants: Biosynthesis, distribution and analytical methods. *Journal of Essential Oil Research*, 24(4), 393-434.
12. Iranshahi, M. & Iranshahi, M. (2011). Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of asafoetida (*Ferula assa-foetida* oleo-gum-resin)—A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 134(1), 1-10.
13. Irmisch, S., Jiang, Y., Chen, F., Gershenzon, J. & Köllner, T. G. (2014). Terpene synthases and their contribution to herbivore-induced volatile emission in western balsam poplar (*Populus trichocarpa*). *BMC Plant Biology*, 14(1), 270.
14. Kasaian, J., Asili, J. & Iranshahi, M. (2016). Sulphur-containing compounds in the essential oil of *Ferula alliacea* roots and their mass spectral fragmentation patterns. *Pharmaceutical Biology*, 54(10), 2264-2268.
15. Kavooosi, G. & Rowshan, V. (2013). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of essential oil obtained from *Ferula assa-foetida* oleo-gum-resin: Effect of collection time. *Food chemistry*, 138(4), 2180-2187.
16. Khajeh M., Yamini Y., Bahramifar N., Sefidkon F., Abdollahi M., Pirmoradei M. R. (2005). Comparison of essential oils compositions of *Ferula assa-foetida* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and hydrodistillation methods. *Food Chem.*; 91:639-44.
17. Moghaddam, M. & Farhadi, N. (2015). Influence of environmental and genetic factors on resin yield, essential oil content and chemical composition of *Ferula assa-foetida* L. populations. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2(3), 69-76.
18. Nazari, Z. E. & Iranshahi, M. (2011). Biologically active sesquiterpene coumarins from *Ferula species*. *Phytotherapy Research*, 25(3), 315-323
19. O'Connor, S. E. & Maresh, J. J. (2006). Chemistry and biology of monoterpene indole alkaloid biosynthesis. *Natural Product Reports*, 23(4), 532-547.
20. Peana, A. T., D'Aquila, P. S., Panin, F., Serra, G., Pippia, P. & Moretti, M. D. L. (2002). Anti-inflammatory activity of linalool and linalyl acetate constituents of essential oils. *Phytomedicine*, 9(8), 721-726.
21. Raut, J. S. & Karuppayil, S. M. (2014). A status review on the medicinal properties of essential oils. *Industrial Crops and Products*, 62, 250-264.
22. Sefidkon, F., Askari, F. & Mirza, M. (1998). Essential oil composition of *Ferula assa-foetida* L. from Iran. *Journal of essential oil research*, 10(6), 687-689.
23. Shah, N. C. & Zare, A. (2014). Asafoetida (Heeng): The Well Known Medicinal-Condiment of India & Iran. *The Scitech Journal* 10(4) 30-36.
24. Sharopov, F. S., Khalifaev, P. D., Satyal, P., Sun, Y., Safomuddin, A., Musozoda, S. & Setzer, W. N. (2018). The chemical composition and biological activity of the essential oil from the underground parts of *Ferula tadshikorum* (Apiaceae). *Records of Natural Products* 13(1) 18-23
25. Takeoka, G. (2001). Instrumental analysis of food flavors-4 volatile constituents of Asafoetida. In *ACS Symposium Series* (Vol. 794, pp. 33-44). Washington, DC: American Chemical Society, [1974]-.