



Evaluation of the physical and chemical properties of the essential oil obtained from the oleo-gum-resin of two populations of *Ferula gummosa* from Isfahan and Fars provinces

Arefeh Vaez Shahrestani¹, Razieh Azimi^{2*} , Vahid Abdousi¹, Mehdi Mirza², Marzieh Ghanbari Jahromi¹

¹ Department of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

² Department of Medicinal Plants and Byproducts Research, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, Email: azimiorchem@gmail.com

Article type:

Research article

Abstract

Chicory is one of the most characteristic plants in traditional medicine, which has various therapeutic properties and chemical compounds. Due to the variety of climatic conditions of Iran, the chemical composition and biological stress of chicory grown in different regions of Iran may be different from chicory grown in other countries. Therefore, a research was conducted to investigate phytochemistry including identification and measurement of some phenolic compounds in the hydroalcoholic extracts of the *Cichorium intybus* L. (collected from 6 localities) in order to compare with chicory grown in other parts of the world. Based on the studied articles and existing standards, 9 compounds including chicoric acid, chlorogenic acid, rosmarinic acid, caffeic acid, salicylic acid, gallic acid, catechin, quercetin and rutin were selected and examined in the extract of the aerial part and roots of the plant by HPLC. Among the studied compounds, chicoric acid (0.55 to 6.04 mg per gram of dry plant), chlorogenic acid (0.50 to 5.37 mg per gram of dry plant), and rutin (0.56 to 2.25 mg per gram of dry plant) in extracts of aerial parts and chicoric acid (0.03% to 0.29 mg per gram of dry plant) and chlorogenic acid (0.84% to 2.88 mg per gram of dry plant) were found in the roots of all samples. Among the studied populations, the highest amount of major compounds (chicoric acid and chlorogenic acid) were observed in the aerial parts of the sample collected from the National Botanical Garden of Iran with 6.04 mg of chicoric acid and 5.37 mg chlorogenic acid. The results show that although the amount of main compounds of the cultivated sample is different with wild samples, but the nature of the main compounds and the pattern of the HPLC spectrum of all the samples are close to each other and similar to the chicory grown outside of Iran.

Article history

Received: 10-03-2024

Revised: 25-03-2024

Accepted: 12-06-2024

Keywords

Ferula gummosa

Oleo-gum-resin

Essential oil

Monoterpene

Optical rotation

Relative density

Refractive index

Cite this article as: Vaez Shahrestani, A., Azimi, R., Abdousi, V., Mirza, M., Marzieh Jahromi, Gh. (2024).

Evaluation of the physical and chemical properties of the essential oil obtained from the oleo-gum-resin of two populations of *Ferula gummosa* from Isfahan and Fars provinces. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants.*, 12(1): 103-118.



©The author(s)

Doi:

Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch

Dor:



انجمن گیاهان دارویی ایران
شیت ۱۸۹۶۳

اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی

شاپا چاپی: ۳۲۳۵-۲۳۲۲
شاپا الکترونیکی: ۴۶۹۷-۲۷۸۳



دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

ارزیابی خواص فیزیکی و شیمیایی اسانس حاصل از شیرابه دو جمعیت باریجه (*Ferula gummosa* Boiss.) از استان‌های اصفهان و فارس

عارفه واعظ شهرستانی^۱، راضیه عظیمی^{۲*}، وحید عبدوسی^۱، مهدی میرزا^۱، مرضیه قنبری جهرمی^۱

^۱ گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
^۲ بخش تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات فرعی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران،
رایانامه: azimiorgchem@gmail.com

نوع مقاله:	چکیده
مقاله پژوهشی	باریجه (<i>Ferula gummosa</i> Boiss) متعلق به خانواده چتریان، یکی از گیاهان مهم مرتعی، دارویی و صنعتی می‌باشد که شیرابه استحصال شده از آن جنبه تجارتي دارد. اسانس و الثورزین باریجه، کاربرد فراوان در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی و بهداشتی دارد. بنابراین، تعیین خواص فیزیکوشیمیایی اسانس باریجه به منظور آگاهی صنایع مصرف‌کننده در تشخیص کیفیت اسانس‌های تولیدی و عرضه شده توسط شرکت‌های مختلف، بسیار حائز اهمیت است. در این راستا هدف از مطالعه حاضر، بررسی و مقایسه خواص فیزیکوشیمیایی اسانس حاصل از شیرابه دو جمعیت باریجه از رویشگاه اصفهان و فارس می‌باشد. بدین منظور، شیرابه باریجه از دو منطقه مرق-کاشان و اقلید-فارس جمع‌آوری شد. سپس اسانس‌گیری از شیرابه تازه با روش تقطیر با آب و بخار آب انجام شد. اسانس با استفاده از دستگاه‌های GC/MS مورد آنالیز کمی و کیفی قرار گرفت. ویژگی‌های ظاهری، فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های اسانس باریجه شامل چگالی نسبی، ضریب شکست، چرخش نوری و فیتوشیمیایی اسانس مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند. بر طبق نتایج حاصل، اسانس باریجه به صورت مایع شفاف و بیرنگ بوده که بوی تربانتین با رایحه سبز چوب دارد. اسانس باریجه دو جمعیت کاشان و اقلید به ترتیب دارای چگالی نسبی ۰/۸۷۴ و ۰/۸۶۹، ضریب شکست ۱/۴۸۱۰ و ۱/۴۷۹۵ و چرخش نوری ۱۱/۳۵° و ۲۳/۵۲° می‌باشد. مقایسه میانگین ویژگی‌های فیزیکی اسانس دو جمعیت باریجه، نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در ویژگی‌های چگالی نسبی و ضریب شکست و بعکس مشاهده یک اختلاف معنی‌دار در میزان چرخش نوری می‌باشد که این به دلیل تفاوت در محتوی ترکیبات فعال نوری در پروفایل دو نمونه اسانس می‌باشد. بر اساس آنالیز اسانس، مونوترپن‌های هیدروکربنی شامل بتا-پینن (۷۱/۰ و ۶۸/۸ درصد)، دلتا-۳-کارن (۹/۴ و ۵/۲ درصد)، لیمونن (۲/۴ و ۱۵/۶ درصد)، میرسن (۳/۹ و ۲/۴ درصد) و آلفا-پینن (۳/۶ و ۳/۴ درصد) به عنوان ترکیب‌های عمده به ترتیب در دو جمعیت کاشان و اقلید شناسایی شدند. اختلاف در مقدار اجزای اسانس دو جمعیت باریجه به فاکتورهای نظیر ارتفاع، آب و هوا و میزان بارش دو رویشگاه ارتباط دارد. اگرچه خواص فیزیکوشیمیایی اسانس دو جمعیت باریجه مورد مطالعه، تطابق زیادی با استاندارد بین‌المللی (ISO) دارد، ولی مزیت باریجه فارس در محتوی لیمونن بالای آن است که این بیانگر توانایی رقابت شیرابه باریجه ایران در بازارهای خارجی می‌باشد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۰	
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۱/۰۶	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۳	
واژه‌های کلیدی:	
باریجه	
شیرابه	
اسانس	
مونوترپن	
چرخش نوری	
چگالی نسبی	
ضریب شکست	

استناد: واعظ شهرستانی، عارفه؛ عظیمی، راضیه؛ عبدوسی، وحید؛ میرزا، مهدی؛ قنبری جهرمی، مرضیه. (۱۴۰۳). ارزیابی خواص فیزیکی و شیمیایی اسانس حاصل از شیرابه دو جمعیت باریجه (*Ferula gummosa* Boiss) از استان‌های اصفهان و فارس. فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی، ۱۱(۱)، ۱۱۸-۱۰۳.

Doi:
Dor:

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان

© نویسنده‌گان.



مقدمه

و بدون آسیب رساندن به گیاه صورت گیرد، این فعالیت می‌تواند گیاه را حفظ کرده و تولید اولئورزین را به حداکثر برساند (Mortazaienezhad and Sadeghian, 2006).

شیرابه که از ساقه و قاعده ساقه باریجه در اثر شکاف دادن خارج می‌شود دارای ترکیبات شیمیایی و دارویی باارزش است (Dastan et al., 2022). صمغ خام باریجه جنبه تجارتي دارد و هر ساله مقدار زیادی از آن با قیمت ارزان، عمدتاً به کشورهای اروپایی مانند فرانسه، آلمان، ایتالیا و اتریش صادر می‌شود و پس از جداسازی ترکیبات و تولید فراورده‌های جدید با چندین برابر قیمت در غالب انواع داروها و حشره کش‌ها، عطرها و غیره وارد کشور می‌شود. صمغ *F. gummosa* تحت نام "باریجه" در ایران معروف است که دارای بوی قوی، معطر و طعم گس و تلخ می‌باشد و به دو شکل سخت و نرم به بازار عرضه می‌شود (Mortazaienezhad and Sadeghian, 2006).

بررسی فیتوشیمیایی باریجه: شیرابه باریجه از سه جزء اسانس، رزین و صمغ تشکیل شده است. اسانس باریجه بیرنگ تا زرد روشن و با بوی تند ترابنتین شناخته می‌شود که با استفاده از روش تقطیر با آب و بخار آب به‌دست می‌آید. ترکیبات عمده اسانس باریجه شامل مونوترپن‌های هیدروکربنی مانند بتا-پینن، آلفا-پینن، دلتا-۳-کارن و لیمونن است که خواص ضدقارچ و ضدباکتریایی قوی از خود نشان می‌دهند (Eftekhar et al., 2004; Ghasemi et al., 2010; Owlia et al., 2005). همچنین هیدروکربن‌های دیگر مانند میرسن، پارا-سیمن، سایینن، ترپینولن، مونوترپن‌های الکلی و استاتی، سسکوئی‌ترپن‌ها، آزولن‌ها، پیرازین‌ها، هیدروکربن‌های با اسکلت غیرترپنی نیز در اسانس باریجه یافت می‌شوند (Talebi Kouyakhi et al., 2008). بوی سبز تند باریجه به‌دلیل وجود ترکیباتی همچون sec-butyl3-

جنس *Ferula* از تیره چتریان (Apiaceae)، شامل بیش از ۱۷۰ گونه پراکنده در نواحی مدیترانه تا آسیای مرکزی می‌باشد (Mozaffarian, 1996). در کتاب فلور ایرانیکا به ۳۰ گونه *Ferula* در ایران اشاره شده است، که ۱۵ گونه از آن نظیر *Ferula gummosa*، *F. persica*، *F. aucheri* و *F. tabasensis* بومی ایران می‌باشد (Mozaffarian, 1983, 1996). باریجه با نام علمی *Ferula gummosa* Boiss، به زبان انگلیسی و فرانسوی "گالبانوم" و به زبان آلمانی "گالبان" گفته می‌شود، گیاهی پایا، چندساله و مونوکاریپیک است که در سال آخر رویش (سال چهارم تا هشتم) به ساقه می‌رود و تشکیل گل و میوه می‌دهد (Panahi et al., 2020). رویشگاه‌های عمده این گیاه در ترکمنستان، افغانستان، پاکستان و مناطق کوهستانی و بیلاقی ایران در استان‌های زنجان، تهران، خراسان، فارس و چهارمحال و بختیاری است (Mozaffarian, 1996).

این گیاه شیرابه‌ای به طور طبیعی در مناطق کوهستانی شمال و غرب ایران با ارتفاع ۱۸۰۰ تا ۳۰۰۰ متری از سطح دریا در دمای کمتر از ۵ درجه سانتی‌گراد با میانگین بارش ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر در سال رویش دارد (Mozaffarian, 1996). ساقه *F. gummosa* معمولاً حاوی چندین مجرای بیضوی است که در یک آبکش پر از اولئو-گام-رزین (oleo-gum-resin) پراکنده شده‌اند که می‌تواند به طور طبیعی یا با ایجاد خراش در طول دوره رویشی گیاه تراوش کند. ریشه *F. gummosa* غده‌ای است و همچنین غنی از اولئو-گام-رزین است. این ترشحات معمولاً به عنوان گالبانوم شناخته می‌شوند (Nadjafi et al., 2006). گیاهان باریجه بالای چهار سال (غیر گیاهان گلدار) در طول ماه‌های خرداد تا شهریور، با میانگین تولید گالبانوم حدود ۱۰ گرم در هر بوته برداشت می‌شوند. اگر برداشت به اندازه کافی

با خواص بیولوژیکی مهم از قبیل ضد باکتریایی، ضد مالاریا، ضد التهاب، ضد سرطان و اثر محافظتی آن بر مخاط معده شناخته شده است (Petronilho et al., 2011). در شیرابه گیاه باریجه، ترکیبات آکالوئیدی و فنلی یافت نگردید اما ساپونین و تانن به مقدار کمی تعیین شده است (Jalali et al., 2013).

نتایج بررسی فیتوشیمیایی *F. gummosa* بیانگر این است که ترکیب‌های شیمیایی اسانس تحت تأثیر تنوع ژنتیکی و محیطی قرار می‌گیرد. در یک مطالعه، بذر ۱۶ جمعیت گونه *F. gummosa* از لحاظ محتوای شیمیایی اسانس مورد غربالگری قرار گرفت. بر اساس نتایج، آلفا-پینن (۶۹/۲-۲۶/۹ درصد) و بتا-پینن (۱/۴-۳۳/۹ درصد) به عنوان ترکیبات اصلی اسانس شناسایی شدند و پس از آنها دلتا-۳-کارن (۸/۶-۱۱/۰ درصد) و لیمونن (۰/۶-۹/۲ درصد) فراوانی بیشتری نسبت به سایر ترکیبات داشتند (Talebi Kouyakhi et al., 2008). در بررسی کمی و کیفی اسانس شیرابه باریجه از کاشان، نتایج حاکی از این بود که بتا-پینن، دلتا-۳-کارن، آلفا-پینن و میرسن ترکیبات غالب اسانس را تشکیل دادند (Ghannadi and Amree, 2002). در مطالعه فیتوشیمیایی اسانس حاصل از اندام‌های هوایی باریجه با منشأ خراسان و اصفهان، نتایج بیانگر این بود که بتا-پینن، بتا-فلاندرن (β -phellandrene) و دلتا-کادینن ترکیبات اصلی و عمده اسانس بودند (Kanani et al., 2011). در حالی که، در اسانس اندام‌های هوایی باریجه جمعیت جاجر، سسکویی‌ترین‌های هیدروکربنی شامل گاما-المن، جرماکرن B، ترانس-گاما-بیسابولن و ویریدی‌فلورن به عنوان اجزای غالب شناسایی شدند (Mohammadhosseini et al., 2015). اخیر نیز تحقیقاتی در رابطه با ارزیابی تنوع شیمیایی اسانس استحصال شده از شیرابه جمعیت‌های بومی باریجه در ایران انجام شده است و نتایج حاکی از

2-methoxy-3-isobutyl-methyl-2-butenethioate و pyrazine (3E,5Z)-undeca-1,3,5-triene در اسانس باریجه می‌باشد (Michael Zviely, 2012; Burrell, 1971).

طبق گزارش Jalali و همکاران (۲۰۱۱)، الئو-گام-رزین باریجه شامل رطوبت (۶/۷٪)، مواد معدنی (۱٪/۱)، ترپن‌ها و ترپنوییدهای محلول در اتانول (۶٪/۶)، پروتیین‌ها (۰/۶٪) و پلی‌ساکاریدهای نامحلول در حلال آلی (۲۴/۶٪) می‌باشند. ترکیبات لیمونن (limonene)، نورینین (norinine)، ار مور فیلمن (eremorphilene) و بتا-آمیرین (β -amyrin)، ترپن‌ها و ترپنوییدهای عمده الئورزین باریجه را تشکیل می‌دهند (Jalali et al., 2011). برای مشتقات آمیرین کاربردهای دارویی متعددی از جمله ضدادم، ضد التهاب، محافظ کبد، ضد تشنج، آنتی‌اکسیدان (Duke and Beckstrom-Sternberg, 2001) و ضد افسردگی (Subarnas et al., 1993) گزارش شد. الئو-گام-رزین باریجه حاوی ۱۳۰ ترکیب مونوترپنی (Jalali et al., 2012) و ۱۰۶ ترکیب سسکویی‌ترینی (Jalali et al., 2013) است. بر اساس نتایج تحقیق Jalali و همکاران (۲۰۱۳)، سسکویی‌ترین‌های الکلی شامل بولنسول (۷/۲٪)، آلفا-اود سمول (۴/۴٪) و آلفا-بیسابولول (۳/۷٪) به عنوان ترکیب‌های عمده الئورزین شناسایی شدند. در این گزارش یک پروفایل متفاوت با نتایج محققین دیگر تعیین شده بود (Sayyah et al., 2001; Ghasemi et al., 2005; Mortazaienezhad and Sadeghian, 2006; Talebi Kouyakhi et al., 2008)، به طوری که سسکویی‌ترین‌های هیدروکربنی شامل جرماکرن D، جرماکرن B، بتا-کاریوفیلن، دلتا-کادینن، گاما-المن و دلتا-المن را به عنوان ترکیب‌های عمده اسانس گزارش کرده بودند. سسکویی‌ترین اکسیژنه α -bisabolol به عنوان یک ماده موثره ارزشمند باریجه

استفاده از آن در مواد غذایی پذیرفته شد (Hall and Oser, 1965).

از یک طرف، نیاز صنایع مختلف به اسانس باریجه و عدم وجود یک استاندارد ملی برای ارزیابی اسانس این گیاه سبب شده که اسانس‌هایی با کیفیت‌های مختلف و گاه نمونه‌های مصنوعی یا نیمه‌سنتزی در اختیار مصرف‌کنندگان قرار گیرد. از طرفی دیگر با توجه به اینکه عوامل مختلفی همچون آب و هوای رویشگاه، ارتفاع منطقه، میزان رطوبت، نوع خاک و روش استخراج اسانس بر روی کمیت و کیفیت اسانس باریجه اثرگذار است، بنابراین نبود شاخص‌های فیزیکیوشیمیایی اسانس باریجه باعث سردرگمی صنایع مصرف‌کننده در تشخیص کیفیت اسانس‌های تولیدی و عرضه شده توسط شرکت‌های مختلف می‌شود. با توجه به بررسی منابع صورت گرفته، در ارتباط با ارزیابی فیتوشیمیایی اسانس حاصل از شیرابه جمعیت‌های *F. gummosa* از مناطق مختلف کشور مطالعاتی صورت گرفته است ولی در رابطه با بررسی خصوصیات فیزیکی اسانس باریجه گزارشی ارائه نشد. از این رو، پژوهش کنونی با هدف ارزیابی و مقایسه کمی و کیفی اجزای اسانس و خصوصیات فیزیکی (چگالی نسبی، ضریب شکست، چرخش نوری) اسانس حاصل از دو جمعیت باریجه مرق-کاشان و اقلید-فارس انجام شد.

مواد و روش‌ها

تهیه شیرابه باریجه: شیرابه خام باریجه از گیاهان باریجه بالای ۴ ساله در مرحله خشکیدگی برگها از روستای مرق کاشان و شهرستان اقلید فارس در مرداد ماه ۱۴۰۱ تهیه شد (شکل ۱). روستای مرق از توابع شهرستان کاشان، دارای طول جغرافیایی $51^{\circ}10'$ و عرض جغرافیایی $33^{\circ}90'$ ، ارتفاع ۱۷۶۰ متر از سطح دریا، متوسط کمینه و بیشینه دما $12/2$ و 26 درجه

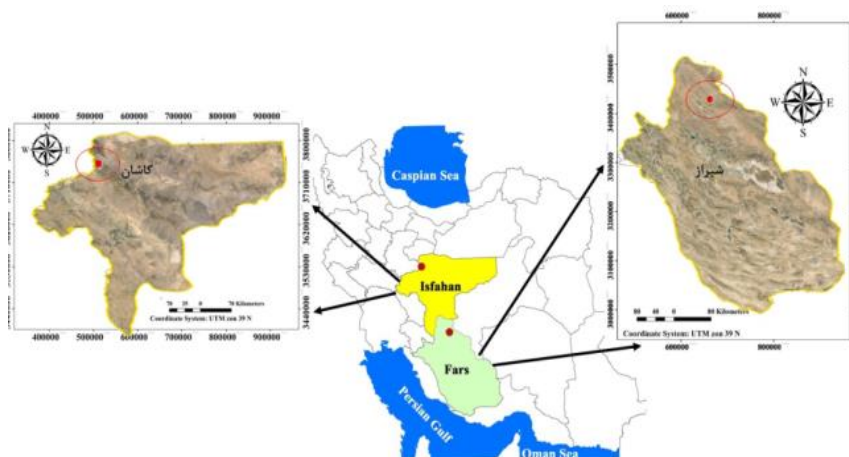
شناسایی آلفا-پینن، بتا-پینن، دلتا-۳-کارن و لیمونن به عنوان اجزای غالب تشکیل دهنده اسانس بود (Malekzadeh et al., 2018; Valinezhad et al., 2023).

مصارف باریجه: در طب سنتی ایران، از الثورزین باریجه به عنوان عامل هاضمه، نیرودهنده و رفع گرفتگی عضلات برای درمان ناراحتی معده و قولنج استفاده می‌شود. الثورزین باریجه در نقش خلط‌آور برای درمان سرفه و برونشیت مزمن و تقویت کننده رحم کاربرد دارد و دارای اثرات نرم‌کننده، ضدنفخ و ضدالتهاب می‌باشد (Zargari, 1989). همچنین، از آن برای درمان آسم، تشنج، سردرد، گوش درد و ناتوانی معده و کبد استفاده می‌شود. عصاره باریجه برای درمان جوش‌های عفونی به کار می‌رود. صمغ این گیاه ترمیم کننده زخم‌های سطحی بوده و در استعمال خارجی برای درمان کوفتگی و زخم و به عنوان ضماد برای تورم، سوختگی، جراحت و ناراحتی‌های پوستی استفاده می‌شود (Mahboubi, 2016).

از صمغ باریجه، چسب صاف و زلال تهیه می‌شود که در صنعت جواهرسازی برای چسباندن قطعات جواهرات به دلیل بی‌رنگی و ایجاد نکردن خراش بسیار مطلوب است. الثورزین باریجه در فرمولاسیون رنگ و جلا، صابون و محصولات بهداشتی، حشره‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها نیز کاربرد دارد. اسانس باریجه به عنوان طعم‌دهنده در محصولات غذایی مانند نوشابه‌های غیرالکلی و فراورده‌های گوشتی، به عنوان ماده معطر در اسپری‌های خوشبوکننده، عطر و ادکلن و فراورده‌های آرایشی و بهداشتی مورد مصرف قرار می‌گیرد. استفاده از رزین و اسانس گالبانوم در محصولات غذایی توسط سازمان دارو و غذا آمریکا تایید شده است و به عنوان جزء طعم‌دهنده سالم قابل استفاده می‌باشد. اروپا نیز صمغ و اسانس گالبانوم را در لیست گیاهان و بخشی از آنها قرار داده است و

در سال می‌باشد. بافت خاک این منطقه جمع‌آوری از نوع لوم سیلتی بود. به منظور استخراج شیرابه، خراشی روی سطح ساقه نزدیک به ریشه گیاه ایجاد و در مرحله بعد شیرابه تراوش شده در ظرف فلزی ضدزنگ جمع‌آوری شد. شیرابه در طی مدت ده روز از گیاهان باریجه جمع‌آوری و شیرابه‌ها در یخچال (دمای ۴-۶ درجه سانتی‌گراد) تا زمان استفاده ذخیره شدند.

سانتی‌گراد و میزان متوسط بارندگی ۱۳۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. نمونه‌ها از مناطق با بافت خاک لوم سیلتی و شیب تقریباً ۲۰٪ جمع‌آوری گردید. اقلید یکی از شهرستان‌های استان فارس، دارای طول جغرافیایی ۲۲°۵۲' و عرض جغرافیایی ۹۰°۳۰'، ارتفاع ۲۳۰۰ متر از سطح دریا، میانگین کمینه و بیشینه دما ۶/۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد و میزان متوسط بارندگی ۳۱۵ میلی‌متر



شکل ۱: رویشگاه‌های جمع‌آوری شیرابه باریجه

میلی‌لیتری (ISOLAB آلمان) در دمای ۲۰ °C تعیین شد (ISIRI 2274-9).

تعیین ضریب شکست اسانس در دمای ۲۰ °C: ضریب شکست اسانس باریجه با استفاده از دستگاه رفاکتومتر (Atago, DR-A1, Abbe ژاپن) در دمای ۲۰ °C اندازه‌گیری شد (ISIRI 2274-6).

تعیین چرخش نوری اسانس در دمای ۲۰ °C: چرخش نوری اسانس باریجه با استفاده از دستگاه پلاریمتر (Atago, Polax-2L ژاپن) در دمای ۲۰ °C تعیین شد (ISIRI 2274-5).

مشخصات دستگاه‌های آنالیز اسانس: برای اندازه‌گیری ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس باریجه از دستگاه گازکروماتوگراف (GC) و برای شناسایی

استخراج اسانس از شیرابه باریجه: مقدار ۱۰۰ گرم از صمغ باریجه به‌وسیله دستگاه طرح کلونجر تغییر شکل یافته و با روش تقطیر با آب و بخار آب به مدت ۵ ساعت اسانس‌گیری شد. بازده اسانس بر اساس مقدار شیرابه تر تعیین شد. اسانس‌گیری در سه مرتبه تکرار شد. اسانس به‌دست آمده با استفاده از سولفات سدیم آب‌گیری و در شیشه تیره در یخچال (دمای ۴-۶ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شد.

بررسی ویژگی‌های ظاهری، رنگ و بو: نمونه اسانس از لحاظ وضعیت ظاهری، رنگ و بو به صورت حسی مورد بررسی قرار گرفت.

تعیین چگالی نسبی اسانس در ۲۰ °C: چگالی نسبی اسانس باریجه با استفاده از پیکنومتر شیشه‌ای ۵

۴۰ تا ۳۴۰ بود (Hadi et al., 2023; Solouki et al., 2023a,b).

شناسایی ترکیب‌های اسانس: به منظور بررسی کیفی اسانس باریجه، نمونه اسانس با دی‌کلرومتان با نسبت ۱:۱۰ رقیق شده و به دستگاه GC/MS تزریق و کروماتوگرام و طیف‌های جرمی اجزای اسانس بدست آمد. سپس با استفاده از شاخص بازداری، بررسی طیف‌های جرمی ترکیبات و مقایسه با ترکیب‌های استاندارد و استفاده از اطلاعات موجود در کتابخانه دستگاه طیف‌سنج جرمی (Adams, 2017)، ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس شناسایی شدند و با استفاده از نتایج دستگاه GC، مورد آنالیز کمی قرار گرفتند. برای محاسبه شاخص بازداری از تزریق هیدروکربن‌های نرمال ۸ تا ۲۵ کربنه در شرایط برنامه‌ریزی حرارتی مشابه با تزریق نمونه استفاده گردید. تعیین درصد اجزای اسانس به کمک نرم افزار دستگاه GC و به روش نرمال کردن سطح و نادیده گرفتن ضرایب پاسخ (Response factor) مربوط به ترکیبات انجام شد (Hadi et al., 2023; Solouki et al., 2023a,b).

آنالیز آماری

برای مقایسه خصوصیات فیزیکی اسانس‌ها در دو جمعیت از آزمون t غیرجفتی استفاده شد. $p < 0.05$ به عنوان سطح معنی‌داری در نظر گرفته شد. آنالیز داده‌ها و ترسیم نمودارها در نرم‌افزار Graphpad Prism V.8 انجام شد.

نتایج

ویژگی‌های حسی (وضعیت ظاهری، رنگ و بو) و فیزیکی (چگالی نسبی، ضریب شکست و چرخش نوری) نمونه‌های اسانس باریجه در جدول ۱ نشان داده شد. اسانس هر دو جمعیت باریجه به صورت مایع روان، شفاف و بیرنگ و با بوی ترابنتین و رایحه

اجزای اسانس از دستگاه گازکروماتوگراف متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد. مشخصات دستگاه GC: دستگاه کروماتوگراف گازی با مدل Agilent 7890A (ساخت آمریکا)، مجهز به آشکارساز FID و داده پرداز با نرم افزار Chem 32 مورد استفاده قرار گرفت. ستون غیرقطبی DB-5 (به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلیمتر و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵ میکرون) به کار گرفته شد. دمای محفظه تزریق 280°C و همچنین دمای آشکارساز 280°C تنظیم شد. برنامه‌ریزی حرارتی ستون شامل افزایش دما از 60°C تا 220°C با سرعت افزایش 3°C در هر دقیقه، سانتهی‌گراد در دقیقه بوده و سپس افزایش به 260°C در هر دقیقه، سانتهی‌گراد با سرعت افزایش 20°C در هر دقیقه، سانتهی‌گراد در دقیقه بود و نهایتاً 10°C در این دما نگه داشته شد. گاز حامل به کار رفته نیتروژن با سرعت جریان 0.7 میلی‌لیتر بر دقیقه بود (Solouki et al., 2023a,b).

مشخصات دستگاه GC/MS: شناسایی ترکیبات با دستگاه کروماتوگراف گازی Agilent 7890A متصل به طیف‌سنج جرمی Agilent 5975C از نوع چهار قطبی (ساخت آمریکا)، مجهز به ستون DB-5 (طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵ میکرون) انجام شد. برنامه‌ریزی حرارتی ستون عبارتند از افزایش درجه حرارت از 60°C تا 220°C با سرعت افزایش 3°C در هر دقیقه و سپس افزایش به 260°C با سرعت افزایش 20°C در هر دقیقه، سانتهی‌گراد در دقیقه و نهایتاً 3°C در این دما نگه داشته شد. درجه حرارت محفظه تزریق 260°C و دمای ترانسفرلاین 280°C تنظیم شد. گاز حامل هلیوم بوده که با سرعت $30/6$ سانتی‌متر بر ثانیه در طول ستون حرکت می‌کند. زمان اسکن برابر یک ثانیه، انرژی یونیزاسیون 70 الکترون ولت و اسکن ناحیه جرمی از

دو جمعیت باریجه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در ویژگی های چگالی نسبی و ضریب شکست و در مقابل وجود یک اختلاف معنی دار در میزان چرخش نوری می باشد (جدول ۱).

سبز چوب تشخیص داده شد. چگالی نسبی اسانس باریجه دو جمعیت کا شان و اقلید به ترتیب، ۰/۸۷۴ و ۰/۸۶۹، ضریب شکست ۱/۴۸۱۰ و ۱/۴۷۹۵ و چرخش نوری ۱۱/۳۵° و ۲۳/۵۲° تعیین شدند. مقایسه میانگین ویژگی های فیزیکی اسانس حاصل از شیرابه

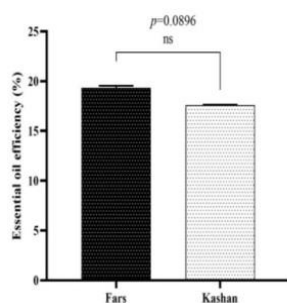
جدول ۱: ویژگی های حسی و فیزیکی اسانس باریجه (*Ferula gummosa*)

ردیف	ویژگی	مشخصات اسانس باریجه (مرق-کاشان)	مشخصات اسانس باریجه (اقلید فارس)	روش آزمون
۱	وضعیت ظاهری	به صورت مایع شفاف	به صورت مایع شفاف	-
۲	رنگ	بیرنگ	بیرنگ	-
۳	بو	بوی ترباتین و رایحه سبز	بوی ترباتین و رایحه سبز	-
۴	چگالی نسبی در ۲۰ °C	۰/۸۷۴ ± ۰/۰۲۰ ^a	۰/۸۶۹ ± ۰/۰۱ ^a	ISIRI 2274-9
۵	ضریب شکست در ۲۰ °C	۱/۴۸۱۰ ± ۰/۰۱ ^a	۱/۴۷۹۵ ± ۰/۰۳ ^a	ISIRI 2274-6
۶	چرخش نوری در ۲۰ °C	۱۱/۳۵° ± ۰/۰۶ ^b	۲۳/۵۲° ± ۰/۱۵ ^a	ISIRI 2274-5

حروف مشابه در هر ردیف نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در بین میانگین هاست.

جمعیت کاشان به دست آمد (شکل ۲)، ولی نتیجه آنالیز میانگین ها با استفاده از آزمون t غیر جفتی بیانگر عدم وجود تفاوت معنی دار در میزان اسانس این دو جمعیت است ($p = 0.0896$).

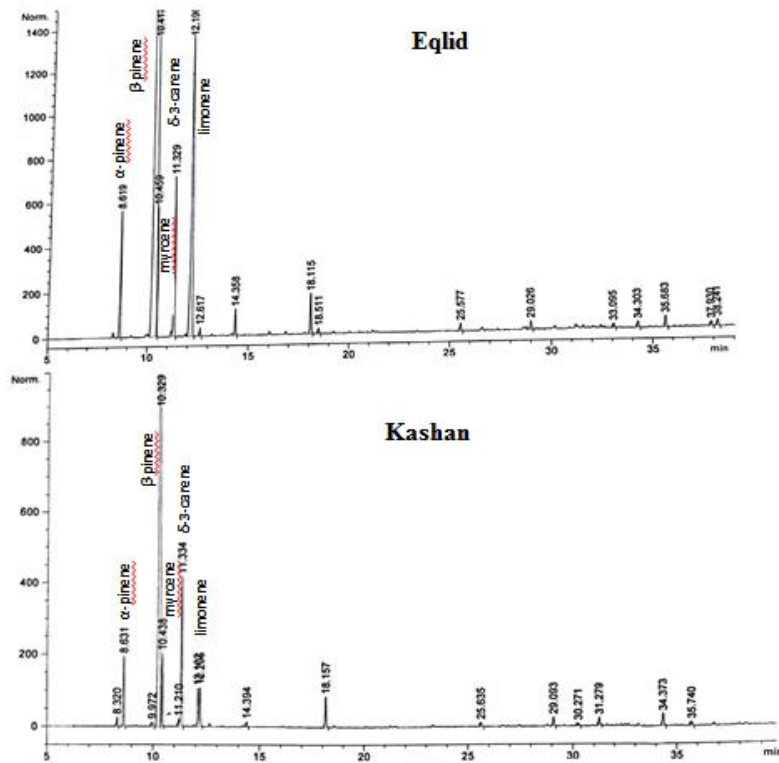
مقایسه بازده اسانس: بازده اسانس از شیرابه باریجه کاشان به مقدار ۱۷/۶۲ درصد و از جمعیت اقلید معادل ۱۹/۱۶ درصد بوده است. اگرچه از شیرابه باریجه اقلید، مقدار اسانس بیشتری در مقایسه با



شکل ۲: مقایسه بازده اسانس استخراج شده از شیرابه باریجه دو جمعیت کاشان و فارس

GC-MS مورد آنالیز قرار گرفت. کروماتوگرام GC از شیرابه باریجه با استفاده از دستگاه های GC و

بررسی فیتوشیمیایی اسانس: اسانس استحصال شده از شیرابه باریجه با استفاده از دستگاه های GC و



شکل ۳: کروماتوگرام‌های GC اسانس دو جمعیت باریجه اقلید-فارس و مرق-کاشان

پینن (۷۱/۰ درصد)، دلتا-۳-کارن (۹/۴ درصد)، میرسن (۳/۹ درصد) و آلفا-پینن (۳/۶ درصد) به عنوان ترکیب‌های عمده اسانس شناسایی شدند. در جمعیت اقلید فارس نیز اجزای غالب تشکیل دهنده اسانس شامل بتا-پینن (۶۸/۸ درصد)، لیمونن (۱۵/۶)، دلتا-۳-کارن (۵/۲ درصد) و آلفا-پینن (۳/۴ درصد) می‌باشد. مقدار سسکویی ترپن‌های هیدروکربنی در جمعیت کاشان (۲/۷ درصد) بیشتر از جمعیت اقلید (۰/۷ درصد) ثبت شده است. مخلوط ایزومرهای آندکاتریان در دو جمعیت کاشان و اقلید به ترتیب ۲/۳ و ۱/۷ درصد تعیین شدند. مقایسه میزان ترکیب‌های عمده و همچنین دسته ترکیبات تشکیل دهنده اسانس دو جمعیت باریجه در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شد.

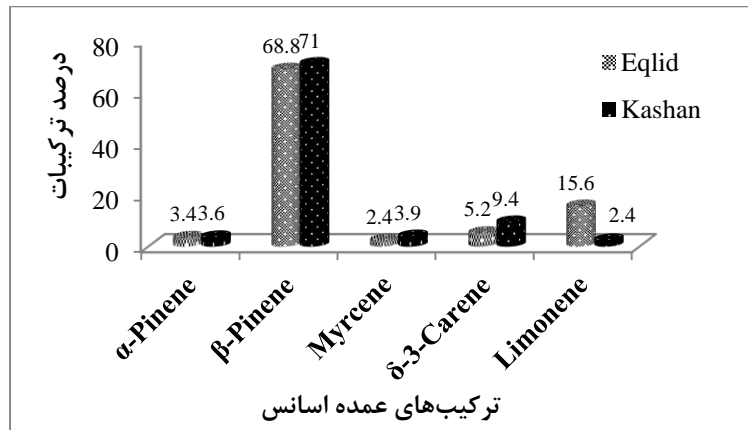
در نمونه‌های اسانس دو جمعیت باریجه اقلید و کاشان تعداد ۲۱ ترکیب شناسایی شدند که ۱۰۰٪ از کل اجزای اسانس را شامل می‌شوند. ترکیب‌های تشکیل دهنده نمونه‌های اسانس به ترتیب افزایش شاخص بازداری آنها در ستون DB-5 دستگاه GC، در جدول ۲ مرتب شدند.

اجزای اسانس در پنج دسته ترکیبات مونوترپن هیدروکربنی، مونوترپن اکسیژنه، سسکویی ترپن هیدروکربنی، سسکویی ترپن اکسیژنه و آلکن جای دارند. مونوترپن‌های هیدروکربنی دسته غالب ترکیبات اسانس را در دو جمعیت کاشان و اقلید تشکیل می‌دهند که به ترتیب ۹۴/۲٪ و ۹۶/۴٪ تعیین شدند. در جمعیت کاشان، مونوترپن‌های هیدروکربنی شامل بتا-

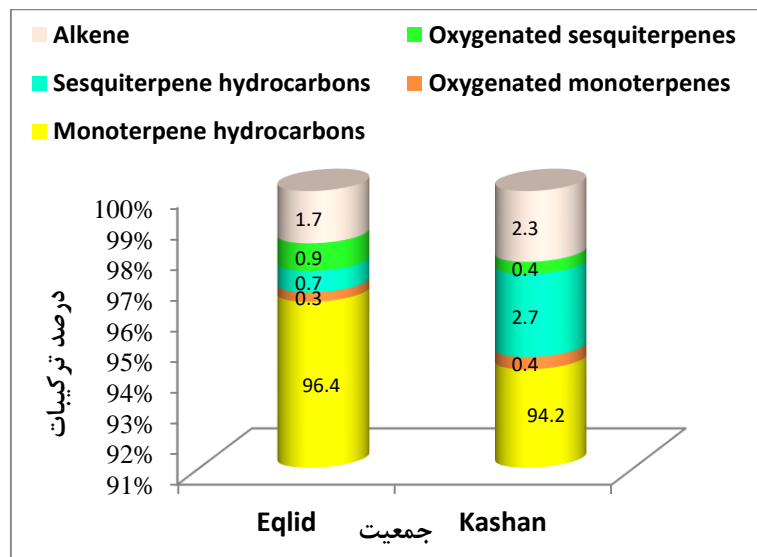
جدول ۲: اجزای تشکیل دهنده اسانس حاصل از شیرابه جمعیت‌های باریجه مرق-کاشان و اقلید-فارس

شاخص بازداری (RI)	اقلید (درصد)	کاشان (درصد)	ترکیب
۹۳۱	ND	۰/۴	α -thujene
۹۴۰	۳/۴	۳/۶	α -pinene
۹۷۸	ND	۰/۳	sabinene
۹۸۷	۶۸/۸	۷۱/۰	β -pinene
۹۹۱	۲/۴	۳/۹	myrcene
۱۰۱۰	ND	۰/۵	α -phellandrene
۱۰۱۷	۵/۲	۹/۴	δ -3-carene
۱۰۳۵	۱۵/۶	۲/۴	L-limonene
۱۰۳۹	۰/۲	۲/۴	Z- β -ocimene
۱۰۹۱	۰/۸	۰/۳	terpinolene
۱۱۶۳	۱/۵	۲/۳	<i>E,Z</i> -1,3,5-undecatriene
۱۱۷۰	۰/۲	ND	<i>E,E</i> -1,3,5-undecatriene
۱۳۴۲	۰/۳	۰/۴	α -terpinyl acetate
۱۴۳۵	۰/۳	۰/۷	γ -elemen
۱۴۶۰	ND	۰/۲	α -humulene
۱۴۸۸	ND	۰/۷	germacerene D
۱۵۲۵	۰/۲	ND	δ -cadinene
۱۵۵۸	۰/۲	۱/۱	germacerene B
۱۶۰۴	۰/۴	۰/۴	guaiol
۱۶۵۶	۰/۲	ND	β -eudesmol
۱۶۶۰	۰/۳	ND	α -eudesmol
-	۱۰۰	۱۰۰	کل ترکیبات (درصد)
-	۱۹/۱۶	۱۷/۶۲	میزان اسانس (درصد)
-	-	-	دسته ترکیبات
-	۹۶/۴	۹۴/۲	مونوترپن هیدروکربنی
-	۰/۳	۰/۴	مونوترپن اکسیژنه
-	۰/۷	۲/۷	سکویی ترپن هیدروکربنی
-	۰/۹	۰/۴	سکویی ترپن اکسیژنه
-	۱/۷	۲/۳	آلکن

ND: Not detected > ۰/۱ %



شکل ۴: مقایسه محتوی اجزای عمده اسانس دو جمعیت باریجه اقلید-فارس و مرق-کاشان



شکل ۵: مقایسه میزان دسته ترکیبات تشکیل دهنده اسانس دو جمعیت

باریجه اقلید-فارس و مرق-کاشان

بحث

دارد. طبق گزارش بهره‌برداران، سطح کشت باریجه در شهرستان کاشان تقریباً ۷۶۰ هکتار تخمین زده شد. تعداد ۲۱۸۰ بوته در هر هکتار کاشته شد و از هر بوته باریجه به طور متوسط ۲۵-۵۰ گرم شیرابه برداشت می‌شود و تولید شیرابه در هر هکتار تقریباً ۱۳-۱۵ کیلوگرم است. دیگر منطقه جمع‌آوری شیرابه باریجه، اقلید بود که یکی از شهرستان‌های استان فارس است و دارای ارتفاع ۲۳۰۰ متر از سطح دریا، میانگین بلندمدت سالانه دما ۱۳/۳ درجه سانتی‌گراد و میزان متوسط بارندگی ۳۱۵ میلی‌متر در سال می‌باشد. بافت

در این تحقیق، شیرابه باریجه از دو منطقه مرق کاشان و اقلید فارس جمع‌آوری شد و سپس خواص فیزیکی شیمیایی اسانس استحصال شده از شیرابه‌ها مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. رو ستای مرق از توابع شهرستان کاشان، دارای ارتفاع ۱۷۶۰ متر از سطح دریا، متوسط دمای بلندمدت سالانه ۱۹/۱ درجه سانتی‌گراد و میزان متوسط بارندگی ۱۳۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. خاک منطقه مرق، بافت لومی سیلتی

اقلید فارس میزان ترکیب (1) - لیمون تقریباً ۶ برابر محتوی آن در جمعیت کاشان است (جدول ۲)، که علت این اختلاف می‌تواند به ارتفاع بالاتر، متوسط دمای سالانه کمتر و بارش بیشتر منطقه اقلید در مقایسه با کاشان نسبت داده شود. عواملی مانند نور، رطوبت خاک، میزان بارش و ارتفاع از سطح دریا از جمله عوامل اساسی و تعیین‌کننده کمیت و کیفیت مواد موثره در گیاهان دارویی هستند. شرایط اقلیمی منطقه رویش گیاه با تأثیر بر میزان فتوسنتز، تنفس، و نیز خصوصیات رشدی و مورفولوژیکی گیاه می‌تواند روی محتوی اسانس و نیز اجزای آن تأثیرگذار باشد (Mollaei et al., 2020). طبق نتایج به دست آمده از تحقیق قاسمی پیربلوطی و همکاران (۲۰۱۳)، تولید بازده اسانس بیشتر مربوط به آویشن دناپی کشت شده در مناطق با ارتفاع بالاتر و دمای سردتر می‌باشد.

مشابه با نتایج تحقیق حاضر، در ارزیابی فیتوشیمیایی اسانس حاصل از بذر ۱۶-جمعیت *F. gummosa*، منوترپن‌های هیدروکربنی شامل بتا-پینن (۲۶/۹-۶۹/۲ درصد)، آلفا-پینن (۱/۴-۳۳/۹ درصد)، دلتا-۳-کارن (۰/۶-۱۱/۸ درصد) و لیمونن (۰/۶-۹/۲ درصد) به عنوان اجزای اصلی نمونه‌های اسانس تعیین شدند (Talebi Kouyakh et al., 2008). هم‌راستا با نتایج تحقیق ما، در اسانس شیرابه باریجه جمع‌آوری شده از خراسان شمالی، بتا-پینن (۴۴/۵٪)، آلفا-پینن (۱۱/۵٪) و دلتا-۳-کارن (۵/۷٪) به عنوان ترکیبات غالب اسانس گزارش شدند (Khalilabad and Nadaf, 2023). همچنین، در اسانس گالبانوم باریجه از منطقه سرخ‌کوه کا شمر، ترکیبات آلفا-پینن (۳۲/۵٪)، بتا-فلاندرن (۱۷/۹٪) و بتا-پینن (۱۵/۳٪) به عنوان اجزای اصلی شناسایی شدند (Pavela et al., 2020). در مطالعه‌ای میزان لیمونن در گالبانوم باریجه جمع‌آوری شده از شهرستانک در شمال ایران ۳/۸ درصد اندازه‌گیری شد (Najafabadi et al., 2017).

خاک این منطقه از نوع لوم سیلتی است. تعداد ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار و تقریباً گیاهان در فاصله یک متری از یکدیگر کاشته شدند. از هر بوته باریجه در این منطقه ۱۵۰-۲۰۰ گرم شیرابه برداشت می‌شود و میزان برداشت شیرابه در هکتار تقریباً ۲ تن تخمین زده شد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در بین ویژگی‌های بازده اسانس، چگالی نسبی و ضریب شکست اسانس در دو جمعیت اقلید و کاشان تفاوت معنی‌داری وجود ندارد اما در مقدار چرخش نوری اسانس‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده شد که به دلیل تفاوت در میزان ترکیب فعال نوری لیمونن در پروفایل نمونه‌های اسانس می‌باشد. لیمونن یک ترکیب مونوترپن هیدروکربنی است که به دو فرم مولکول فعال نوری (1) - لیمونن و (d) - لیمونن در طبیعت وجود دارد. فرم (1) - لیمونن بوی ترباتین دارد و در اسانس‌های کاج و اسپرمینت (*Mentha spicata*) یافت می‌شود و (d) - لیمونن رایحه دلپذیری از پرتقال دارد و ترکیب اصلی اسانس پوست پرتقال می‌باشد. همچنین، منبع صنعتی لیمونن به فرم d,l-limonene است و معمولاً به‌عنوان دی‌پنتن شناخته می‌شود، که مخلوطی از دو ایزومر است (Erasto and Viljoen, 2008). لیمونن دارای خواص ضد میکروبی (Han et al., 2019) و ضد قارچ بوده (Cai et al., 2019) و به‌عنوان طعم‌دهنده و عطر در مواد غذایی، دارویی، آرایشی و بهداشتی، عطرها و شوینده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین لیمونن به‌عنوان یک بلوک سازنده برای سنتز بسیاری از ترکیب‌های شیمیایی صنعتی به کار می‌رود (Ciriminna et al., 2014). در واقع خواص ضد باکتریایی و ضد قارچ اسانس باریجه به حضور هیدروکربن‌های ترپنی غالب، بتا-پینن، آلفا-پینن، دلتا-۳-کارن و لیمونن نسبت داده می‌شود (Ghasemi et al., 2005; Abedi et al., 2008; Owlia et al., 2010; Fatemikia et al., 2017). در جمعیت

در ادامه، خواص حسی و فیزیکی شیمیایی اسانس دو جمعیت باریجه مورد مطالعه با استاندارد جهانی (ISO14716:1998) مقایسه شده و نتایج در جدول‌های ۳ و ۴ ارائه شده‌اند. با توجه به نتایج، ویژگی‌های ظاهر، رنگ، بو، چگالی نسبی و ضریب شکست اسانس باریجه در این تحقیق با استاندارد جهانی مطابقت دارد. تنها چرخش نوری در اسانس باریجه ایرانی بیشتر از استاندارد جهانی تعیین شد که این به دلیل تفاوت در میزان ترکیب‌های فعال نوری موجود در اسانس از جمله لیمونن می‌باشد. مقایسه اجزای عمده و شاخص در اسانس باریجه ایران و استاندارد جهانی در جدول ۴ نشان می‌دهد که ترکیب لیمونن به عنوان یکی از ترکیب‌های شاخص باریجه ایرانی، در استاندارد باریجه جهانی به عنوان ترکیب عمده گزارش نشده است. همچنین، بیشینه درصد آلفا-پینن در نمونه اسانس باریجه ایرانی کمتر از استاندارد جهانی بوده است که در صورت بررسی جمعیت‌های بیشتر باریجه از مناطق مختلف کشور ممکن است این دامنه تغییرات نیز قابل انطباق گردد.

درحالی‌که گالبانوم جمعیت فارس حاوی ۱۵/۶ درصد لیمونن بود که این امر می‌تواند به شرایط متفاوت آب و هوایی در دو رویشگاه نسبت داده شود. در تحقیق Mofasseri و همکاران (۲۰۲۲)، شیرابه باریجه جمع‌آوری شده از نقاط مختلف ایران، از نظر فیتوشیمی اسانس مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاکی از تنوع گسترده در اجزای تشکیل دهنده نمونه‌های اسانس بود. دامنه تغییرات محتوای ترکیبات شاخص شامل آلفا-پینن (۴/۴-۱۲/۷ درصد)، بتا-پینن (۰-۳۰/۷ درصد)، دلتا-۳-کارن (۰/۲-۱۰/۳ درصد) و لیمونن (۰-۵/۵ درصد) تعیین شدند. بیشترین میزان آلفا-پینن و لیمونن از جمعیت فیروزکوه به دست آمد، در حالیکه بیشترین محتوای بتا-پینن و دلتا-۳-کارن مربوط به جمعیت شیراز بود و جمعیت تربت‌جام نیز بیشترین محتوای سابینن را نشان داد. واضح است که عوامل آب و هوایی همچون میانگین میزان بارندگی و دمای سالانه، نوع خاک، ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی می‌توانند روی تنوع شیمیایی اسانس باریجه اثرگذار باشند (Mofasseri et al., 2022).

جدول ۳: مقایسه ویژگی‌های حسی و فیزیکی اسانس باریجه ایران با استاندارد جهانی (ISO 14716:1998)

ردیف	ویژگی	تحقیق حاضر	استاندارد جهانی	ISO test method
۱	وضعیت ظاهری	به صورت مایع شفاف	به صورت مایع شفاف	-
۲	رنگ	بیرنگ	بیرنگ تا زرد روشن	-
۳	بو	بوی ترباتین و نت سبز	بوی ترباتین و نت سبز	-
۴	چگالی نسبی در ۲۰ °C	۰/۰-۸۷۴/۸۶۹	۰/۰-۸۹۰/۸۶۷	ISO 279
۵	ضریب شکست در ۲۰ °C	۱/۱-۴۸۱۰/۴۷۹۵	۱/۴۸۵ - ۱/۴۷۸	ISO 280
۶	چرخش نوری در ۲۰ °C	۲۳/۵۲۰ - ۱۱/۳۵۰	۱۷/۰۰ - ۷/۰۰	ISO 592

جدول ۴: مقایسه کمینه و بیشینه اجزای شاخص اسانس باریجه ایران با استاندارد جهانی (ISO 14716:1998)

ردیف	ترکیبات عمده اسانس	تحقیق حاضر میزان (درصد)	استاندارد جهانی میزان (درصد)
۱	آلفا-پینن	۳/۶-۳/۴	۲۱-۵
۲	ساینن	۰/۳-ND	۰-۳/۳
۳	بتا-پینن	۷۱-۶۸/۸	۴۰-۷۰
۴	میرسن	۳/۲-۹/۴	۳/۲-۵/۵
۵	دلتا-۳-کارن	۹/۴-۵/۲	۱۶-۲
۶	لیمونن	۱۵/۲-۶/۴	-

نتیجه گیری نهایی

به طور کلی، نتیجه گیری می شود که اسانس شیرابه باریجه دو منطقه اقلید و کاشان از نظر بازده اسانس و ویژگی های فیزیکی اسانس همچون چگالی و ضریب شکست تفاوت معنی داری نداشتند ولی در میزان چرخش نوری اسانس دو جمعیت باریجه تفاوت معنی داری مشاهده شد، که این به دلیل تفاوت در مقدار لیمونن به عنوان ترکیب فعال نوری موجود در نمونه های اسانس می باشد. بر اساس آنالیز اسانس، بتا-پینن به عنوان ترکیب غالب در دو نمونه اسانس باریجه تعیین شد. همچنین، ترکیبات مشابه از دسته مونوترپن هیدروکربنی شامل دلتا-۳-کارن، میرسن، آلفا-پینن و لیمونن به عنوان ترکیب های عمده اسانس در هر دو جمعیت کاشان و اقلید شناسایی شدند. علاوه بر این، ایزومرهای ترانس-سیس و ترانس

ترانس آندکاتری ان که بوی سبز باریجه به حضور این ترکیبات مربوط است، در نمونه های اسانس یافت شدند. با این وجود، مقدار اجزای تشکیل دهنده اسانس در دو جمعیت باریجه متفاوت است که می تواند به اختلاف شرایط آب و هوایی، میزان بارش و ارتفاع دو رویشگاه نسبت داده شود. علیرغم اینکه خواص فیزیکوشیمیایی اسانس دو جمعیت باریجه مورد مطالعه، مشابهت زیادی با نمونه استاندارد جهانی دارد، مزیت باریجه فارس در محتوی لیمونن بالای اسانس است که این بیانگر توانایی رقابت شیرابه باریجه ایران در بازارهای خارجی می باشد. با اینحال نیاز هست که تحقیقات بیشتری در زمینه بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی اسانس جمعیت های مختلف باریجه کشور به منظور تدوین استاندارد اسانس باریجه ایران صورت پذیرد.

References

- Abedi, D., Jalali, M., Asghari, G., and Sadeghi, N. 2008. Composition and antimicrobial activity of oegumresin of *Ferula gumosa* Bioss. essential oil using Alamar Blue™. Research in Pharmaceutical Sciences. 3(1): 41-45.
- Burrell, J.W.K., Lucas, R.A., Michalkiewicz, D.M., and Riezebos, G. 1971. Characterisation of thiol esters in galbanum oil. Tetrahedron Letters. 12(30): 2837-2838.
- Cai, R., Hu, M., Zhang, Y., Niu, C., Yue, T., Yuan, Y., and Wang, Z. 2019. Antifungal activity and mechanism of citral, limonene and eugenol against *Zygosaccharomyces rouxii*. LWT. 106: 50-56.
- Ciriminna, R., Lomelli, M., Demma Carà, P., LopezSanchez, J., and Pagliaro, M. 2014. Limonene: a versatile chemical of the bioeconomy. Chemical Communications, 50: 15288-15296.
- Dastan, D., Hamah-Ameen, B.A., Salehi, P., Ghaderi, H., and Miran, M. 2022. Chemical composition and bioactivities of essential oils from different plant parts of *Ferula pseudalliacea* Rech.f. as an endemic plant from Iran. Natural Product Research. 36(5): 1311-1316.
- Duke, J.A., and Beckstrom-Sternberg, S.M. 2001. Handbook of Medicinal Mints, vol. 7. CRC Press, Boca Raton (FL).

- Eftekhari, F., Yousefzadi, M., and Borhani, K. 2004. Antibacterial activity of the essential oil from *Ferula gummosa* seed. *Fitoterapia*. 75(7-8): 758-759.
- Erasto, P., and Viljoen, A.M. 2008. Limonene - A Review: Biosynthetic, Ecological and Pharmacological Relevance. *Natural Product Communications*. 3(7): 1193-1202.
- Fatemikia, S., Abbasipour, H., and Saeedizadeh, A. 2017. Phytochemical and acaricidal study of the Galbanum, *Ferula gummosa* Boiss. (Apiaceae) essential oil against *Tetranychus urticae* Koch (Tetranychidae). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 20(1): 185-195.
- Ghannadi, A., and Amree, S. 2002. Volatile oil constituents of *Ferula gummosa* Boiss. from Kashan, Iran. *Journal of Essential Oil Research*. 14(6): 420-421.
- Ghasemi, Y., Faridi, P., Mehregan, I., and Mohagheghzadeh, A. 2005. *Ferula gummosa* fruits: an aromatic antimicrobial agent. *Chemistry of Natural Compounds*. 41: 311-314.
- Ghasemi Pirbalouti, A., Hashemi, M., and Ghahfarokhi, F.T. 2013. Essential oil and chemical compositions of wild and cultivated *Thymus daenensis* Celak. and *Thymus vulgaris* L. *Industrial Crops and Products*. 48: 43-48.
- Hadi, N., Azimi, R., Yahyazadeh, M., Mackizadeh, M., Fekri Qomi, S., and Mohit, S. 2023. Comparison of essential oil compounds in *Matricaria chamomilla* L. wild populations with their cultivated equivalents. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*. 39(4): 638-654.
- Hall, R.L., and Oser, B.L. 1965. Recent progress in the consideration of flavoring ingredients under the food additives amendment. 3. GRAS Substances. *Food Technology*. 19 (2): 155.
- Han, Y., Sun, Z.C., and Chen, W.X. 2019. Antimicrobial susceptibility and antibacterial mechanism of limonene against *Listeria monocytogenes*. *Molecules*. 25(1): 33.
- ISIRI 2274-5. 2020. Essential oil – Optical rotation determination – Test method.
- ISIRI 2274-6. 2020. Essential oil – Determination of refractive index – Test method.
- ISIRI 2274-9. 2016. Essential oil – Determination of relative density at 20 °C - Test method.
- ISO 14716. 1998(E). Oil of galbanum (*Ferula galbaniflua* Boiss. et Buhse).
- Jalali, H.T., Ebrahimian, Z.J., Evtuguin, D.V., and Neto, C.P. 2011. Chemical composition of oleo-gum-resin from *Ferula gummosa*. *Industrial crops and products*. 33(2): 549-553.
- Jalali, H.T., Petronilho, S., Villaverde, J.J., Coimbra, M.A., Domingues, M.R.M., Ebrahimian, Z. J., Silvestre, A.J., and Rocha, S.M. 2012. Deeper insight into the monoterpene composition of *Ferula gummosa* oleo-gum-resin from Iran. *Industrial Crops and Products*. 36(1): 500-507.
- Jalali, H.T., Petronilho, S., Villaverde, J.J., Coimbra, M.A., Domingues, M.R.M., Ebrahimian, Z. J., Silvestre, A.J., and Rocha, S.M. 2013. Assessment of the sesquiterpene profile of *Ferula gummosa* oleo-gum-resin (galbanum) from Iran. Contributes to its valuation as a potential source of sesquiterpene compounds. *Industrial crops and products*. 44: 185-191.
- Kanani, M.R., Rahiminejad, M.R., Sonboli, A., Mozaffarian, V., Kazempour Osaloo, S., and Nejad Ebrahimi, S. 2011. Chemotaxonomic significance of the essential oils of 18 *Ferula* species (Apiaceae) from Iran. *Chemistry and biodiversity*. 8(3): 503-517.
- Khalilabad, M.H., and Nadaf, M. 2023. Chemical profile of *Ferula gummosa* growing in the Saluk protected area of Iran and comparing the results with other habitats. *Progress in Chemical and Biochemical Research*. 6(4): 277-291.
- Malekzadeh, M., Angourani, H.R., Yazdinezhad, A., Hassan, M., Abiodun, F., and Hazrati, S. 2018. Evaluation of volatile oil in indigenous populations of *Ferula gummosa* Boiss. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 21(1): 206-213.
- Mahboubi, M. 2016. *Ferula gummosa*, a traditional medicine with novel applications. *Journal of Dietary Supplements*. 13(6): 700-718.
- Michael Zviely, C.I.C. 2012. 1,3,5-Undecatriene and 2-methoxy-3-isobutylpyrazine-Galbanum green notes. *Perfumer and Flavorist*. 37: 46-49.
- Mofasseri, M., Tofighi, Z., Piralı Hamedani, M., Hadjiakhoondi, A., Tavakoli, S., Moein, Z., and Baharipour, Z. 2022. Remarkable variation in phytochemicals of *Ferula gummosa* Boiss. essential oils collected from different parts of Iran. *Research Journal of Pharmacognosy*. 9(4): 29-38.
- Mohammadhosseini, M., Mahdavi, B., and Shahnama, M. 2015. Chemical Composition of essential oils from aerial parts of *Ferula gummosa* (Apiaceae) in Jajarm region, Iran using

- traditional hydrodistillation and solvent-free microwave extraction methods: A comparative approach. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 18(6): 1321-1328.
- Mollaei, S., Ebadi, M., Hazrati, S., Habibi, B., Gholami, F., and Sourestani, M.M. 2020. Essential oil variation and antioxidant capacity of *Mentha pulegium* populations and their relation to ecological factors. *Biochemical Systematics and Ecology*. 91: 104084.
- Mortazaiezhad, F., and Sadeghian, M. 2006. Investigation of compounds from galbanum (*Ferula gummosa*) Boiss. *Asian Journal of Plant Sciences*. 5(5): 905-906.
- Mozaffarian, V. 1983. The family of Umbelliferae. Iran- Keys and Distribution. Research Institute of Forests and Rangelands Press, Tehran, pp. 114-116.
- Mozaffarian, V. 1996. A dictionary of Iranian plant names: Latin-English-Persian: Farhang Mo'aser.
- Najafabadi, A.S., Naghavi, M.R., Farahmand, H., Abbasi, A., and Yazdanfar, N. 2017. Chemical composition of the essential oil from oleo-gum-resin and different organs of *Ferula gummosa*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 20(1): 282-288.
- Nadjafi, F., Bannayan, M., Tabrizi, L., and Rastgoo, M. 2006. Seed germination and dormancy breaking techniques for *Ferula gummosa* and *Teucrium polium*. *Journal of Arid Environments*. 64(3): 542-547.
- Owlia, P., Saderi, H., Rasooli, I., and Sefidkon, F. 2010. Antimicrobial characteristics of some herbal oils on *Pseudomonas aeruginosa* with special reference to their chemical compositions. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*. 8(2): 107-14.
- Panahi, M., Rezaee, M.B., and Jaimand, K. 2020. A review of phytochemistry and phylogeny that aid bio-prospecting in the traditional medicinal plant genus *Ferula* L.(Apiaceae) in Iran. *Journal of Medicinal plants and By-product*. 9(2): 133-148.
- Pavela, R., Morshedloo, M.R., Lupidi, G., Carolla, G., Barboni, L., Quassinti, L., Bramucci, M., Vitali, L.A., Petrelli, D., Kavallieratos, N.G., and Boukouvala, M.C. 2020. The volatile oils from the oleo-gum-resins of *Ferula assa-foetida* and *Ferula gummosa*: a comprehensive investigation of their insecticidal activity and eco-toxicological effects. *Food and Chemical Toxicology*. 140: 111312.
- Petronilho, S., Maraschin, M., Delgadillo, I., Coimbra, M.A., and Rocha, S.M. 2011. Sesquiterpenic composition of the inflorescences of Brazilian Chamomile (*Matricaria recutita* L.). Impact of the agricultural practices. *Industrial Crops and Products*. 34(3): 1482-1490.
- Sayyah, M., Kamalinejad, M., Bahrami Hidage, R., and Rustaiyan, A. 2001. Antiepileptic potential and composition of the fruit essential oil of *Ferula gummosa* Boiss. *Iranian Biomedical Journal*. 5(2&3): 69-72.
- Solouki, A., Zare Mehrjerdi, M., Aliniaiefard, S., and Azimi, R. 2023. Postharvest light and temperature elicitors improve chemical composition and level of essential oils in basil (*Ocimum basilicum* L.) through boosting antioxidant machinery. *Postharvest Biology and Technology*. 199: 112279.
- Solouki, A., Zare Mehrjerdi, M., Azimi, R., and Aliniaiefard, S. 2023. Improving basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil yield following down-regulation of photosynthetic functionality by short-term application of abiotic elicitors. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 50: 102675.
- Subarnas, A., Tadano, T., Oshima, Y., Kisara, K., and Ohizumi, Y. 1993. Pharmacological properties of beta-amyrin palmitate, a novel centrally acting compound, isolated from *Lobelia inflata* leaves. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 45 (6): 545-550.
- Talebi Kouyakhi, E., Naghavi, M.R., and Alayhs, M. 2008. Study of the essential oil variation of *Ferula gummosa* samples from Iran. *Chemistry of Natural Compounds*. (44): 124-126.
- Valinezhad, N., Talebi, A.F., and Alamdari, S. 2023. Biosynthesize, physicochemical characterization and biological investigations of chitosan-*Ferula gummosa* essential oil (CS-FEO) nanocomposite. *International Journal of Biological Macromolecules*, 241: 124503.
- Zargari, A. 1989. *Medicinal Plants*. Tehran: Tehran University Press