Eco–phytochemical
Journal of Medicinal Plants
Print ISSN: 2322-3235
Online ISSN: 2783-4697
Islamic Azad University
Gorgan Branch
Iranian Society
of Medical Plants

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 Shahrestani[1], Razieh Azimi[2*], Vahid Abdoosi[1], Mehdi Mirza[2], Marzieh Ghanbari Jahromi[1]

[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: azimiorgchem@gmail.com

Article type:
Research article

Article history
Received: 10-03-2024
Revised: 25-03-2024
Accepted: 12-06-2024

Keywords
essential oil
Ferula gummosa
monoterpene
oleo-gum resin
optical rotation
refractive index
relative density

Abstract

Ferula gummosa (Barijeh) belongs to the Apiaceae family and is one of the most important pasture, medicinal, and industrial plants whose oleo-gum-resin (galbanum) has a commercial value. The essential oil and oleoresin of *F. gummosa* are widely used in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries. Therefore, it is very important to determine the physicochemical properties of *F. gummosa* essential oil in order to inform the consumer industries in determining the quality of essential oils produced and supplied by different companies. In this regard, the aim of the present study is to investigate and compare the physicochemical properties of the essential oil obtained from the oleo-gum-resin of two *F. gummosa* populations from Isfahan and Fars habitats. For this purpose, the oleo-gum-resin of *F. gummosa* was collected from two areas in Maragh, Kashan and Eqlid, Fars. The essential oil was then extracted from the fresh oleo-gum-resin by water and steam distillation. The essential oil was analyzed quantitatively and qualitatively using GC and GC/MS devices. The appearance and physical and chemical characteristics of the essential oil of two populations of *F. gummosa* including their relative density, refractive index, optical rotation, and phytochemicals were investigated and compared. According to the results, *F. gummosa* essential oil is a transparent and colourless liquid with a turpentine odour and a green woody scent. The essential oils of two populations of Kashan and Eqlid have relative densities of 0.874 and 0.869, refractive indices of 1.4810 and 1.4795, and optical rotations of 11.35° and 23.52°, respectively. The comparison of the average physical traits of the essential oils of two *F. gummosa* populations shows that there is no significant difference in the characteristics of relative density and refractive index while there is a significant difference in the amount of optical rotation, which is due to the difference in the content of optically active compounds in the profiles of the two essential oil samples. Based on the essential oil analysis, hydrocarbon monoterpenes including β-pinene (71% and 68.8%), δ-3-carne (9.4% and 5.2%), limonene (2.4% and 15.6%), myrcene (3.9% and 2.4%), and α-pinene (3.6% and 3.4%) were identified as the main compounds in two *F. gummosa* populations from Kashan and Eqlid, respectively. The difference between two *F. gummosa* populations in the amount of essential oil components is related to factors such as altitude, climate and precipitation of the two habitats. Although the physicochemical properties of the essential oil of two *F. gummosa* populations studied are in good agreement with the international standard (ISO), the advantage of Fars *F. gummosa* is the high content of limonene in the essential oil, and this indicates the ability of Iranian galbanum to compete in foreign markets.

Cite this article as: Vaez Shahrestani, A., Azimi, R., Abdoosi, V., Mirza, M., Ghanbari Jahromi, M. (2025). 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(4): 151-166.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch
Doi: https://doi.org/10.71847/ejmp.2024.985575

اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی
شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۳۲۳۵
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۹۷
دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان
انجمن گیاهان دارویی ایران ثبت ۱۸۹۶۳

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[۲]، 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:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:۱۴۰۲/۱۲/۲۰
تاریخ بازنگری:۱۴۰۳/۰۱/۰۶
تاریخ پذیرش:۱۴۰۳/۰۳/۲۳

چکیده

باریجه (*Ferula gummosa* Boiss) متعلق به خانواده چتریان، یکی از گیاهان مهم مرتعی، دارویی و صنعتی می‌باشد که شیرابه استحصال شده از آن جنبه تجارتی دارد. اسانس و الئورزین 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. بدین‌منظور، 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 و 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 به‌ترتیب دارای چگالی نسبی ۰/۸۷٤ و ۰/۸٦۹، ضریب شکست ۱/٤۸۱۰ و ۱/٤۷۹۵ 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 ٦۸/۸ درصد)، دلتا-۳-کارن (۹/٤ و ۵/۲ درصد)، لیمونن (۲/٤ و ۱۵/٦ درصد)، میرسن (۳/۹ و ۲/٤ درصد) و آلفا-پینن (۳/٦ و ۳/٤ درصد) به عنوان ترکیب‌های عمده به‌ترتیب در دو جمعیت کاشان و اقلید شناسایی شدند. اختلاف در مقدار اجزای اسانس دو جمعیت باریجه به فاکتورهایی 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.

واژه‌های کلیدی:
اسانس
باریجه
شیرابه
چرخش نوری
چگالی نسبی
ضریب شکست
مونوترپن

استناد: واعظ شهرستانی، عارفه؛ عظیمی، راضیه؛ عبدوسی، وحید؛ میرزا، مهدی؛ قنبری جهرمی، مرضیه. (۱٤۰۳). ارزیابی خواص فیزیکی و شیمیایی اسانس حاصل از شیرابه دو جمعیت باریجه (*Ferula gummosa* Boiss) از استان‌های اصفهان و فارس. *فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی*، ۱۲(٤)، ۱٦٦-۱۵۱.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.
Doi: https://doi.org/10.71847/ejmp.2024.985575

مقدمه

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 مونوکارپیک 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 ییلاقی 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 می‌توانند به طور طبیعی یا با ایجاد خراش در پایان 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 ۲۰ گرم در هر بوته برداشت می‌شوند. اگر برداشت به اندازه کافی 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 تجارتی دارد و هر ساله مقدار زیادی از آن با قیمت ارزان، عمدتا 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 تربانتین 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., 2005; Owlia et al., 2010). همچنین هیدروکربن‌های دیگر مانند میرسن، پارا-سیمن، سابینن، ترپینولن، مونوترپن‌های الکلی و استاتی، سسکویی‌ترپن‌ها، 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-methyl-2-butenethioate، 2-methoxy-3-isobutyl-pyrazine و (3*E*,5*Z*)-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 - (۶۷٪)، پروتیین‌ها (۰/۶٪) و پلی‌ساکاریدهای نامحلول در حلال آلی (۲۴/۶٪) می‌باشد. ترکیبات لیمونن (limonene)، نورینین (norinine)، ارمورفیلن (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، ضدالتهاب، محافظ کبد، ضدتشنج، آنتی‌اکسیدان (Duke and Beckstrom-Sternberg, 2001) و ضدافسردگی (Subarnas et al., 1993) گزارش شد. الئو-گام-رزین باریجه حاوی ۱۳۰ ترکیب مونوترپنی (Jalali et al., 2012) و ۱۰۶ ترکیب سسکویی‌ترپنی (Jalali et al., 2013) است. بر اساس نتایج تحقیق Jalali و همکاران (۲۰۱۳)، سسکویی‌ترپن‌های الکلی شامل بولنسول (۷/۲٪)، آلفا-اودسمول (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)، به‌طوری‌که سسکویی‌ترپن‌های هیدروکربنی شامل جرماکرن D، جرماکرن B، بتا-کاریوفیلن، دلتا-کادینن، گاما- المن و دلتا- المن را به عنوان ترکیب‌های عمده اسانس گزارش کرده بودند. سسکویی‌ترپن اکسیژنه α-bisabolol به عنوان یک ماده موثره ارزشمند باریجه با خواص بیولوژیکی مهم از قبیل ضدباکتریایی، ضدمالاریا، ضدالتهاب، ضدسرطان و اثر محافظتی آن بر مخاط معده شناخته شده است (Petronilho et al., 2011). در شیرابه گیاه باریجه، ترکیبات آلکالوئیدی 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 ۱۶جمعیت گونه *F. gummosa* از لحاظ محتوای شیمیایی اسانس مورد غربال‌گری قرار گرفت. بر اساس نتایج، آلفا-پینن (۲۶/۹-۶۹/۲ درصد) و بتا-پینن (۱/۴-۳۳/۹ درصد) به عنوان ترکیبات اصلی اسانس شناسایی شدند و پس از آنها دلتا-۳-کارن (۰/۶-۱۱/۸ 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 منشا 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 حالی‌که، در اسانس اندام‌های هوایی باریجه جمعیت جاجرم، سسکویی‌ترپن‌های هیدروکربنی شامل گاما-المن، جرماکرن B، ترانس-گاما-بیسابولن و ویریدی-فلورن به عنوان اجزای غالب شناسایی شدند (Mohammadhosseini et al., 2015). در سال‌های 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 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 الئورزین باریجه به عنوان عامل هاضمه، نیرودهنده و رفع گرفتگی عضلات برای درمان ناراحتی معده و قولنج استفاده می‌شود. الئورزین 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، گوش‌درد 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).

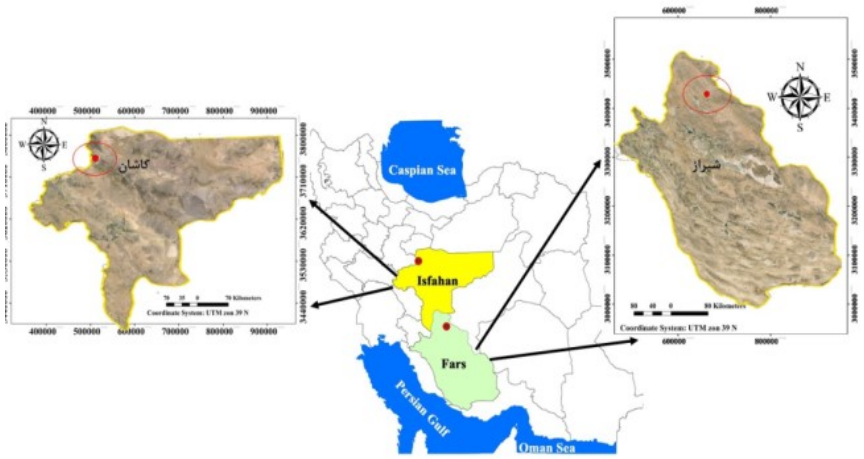
از صمغ باریجه، چسب صاف و زلال تهیه می‌شود که در صنعت جواهرسازی برای چسباندن قطعات جواهرات به دلیل بی‌رنگی و ایجاد نکردن خراش بسیار مطلوب است. الئورزین باریجه در فرمولاسیون رنگ و جلا، صابون و محصولات بهداشتی، حشره‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها نیز کاربرد دارد. اسانس باریجه به عنوان طعم‌دهنده در محصولات غذایی مانند نوشابه‌های غیرالکلی و فراورده‌های گوشتی، به‌عنوان 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 طعم دهنده سالم قابل استفاده می‌باشد. اروپا نیز صمغ و اسانس گالبانوم را در لیست گیاهان و بخشی از آنها قرار داده است و 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 مصرف کنندگان 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 فیزیکوشیمیایی اسانس باریجه باعث سردرگمی صنایع مصرف‌کننده در تشخیص کیفیت اسانس‌های تولیدی و عرضه‌شده 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 ٤ 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 ′۱۰ °۵۱ و

عرض جغرافیایی ´۹۰°۳۳، ارتفاع ۱۷۶۰ متر از سطح دریا، متوسط کمینه و بیشینه دما ۱۲/۲ و ۲۶ درجه سانتی‌گراد و میزان متوسط بارندگی ۱۳۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. نمونه‌ها از مناطق با بافت خاک لوم سیلتی و شیب تقریبا ۲۰٪ جمع‌آوری گردید. اقلید یکی از شهرستان‌های استان فارس، دارای طول جغرافیایی ´۷۲°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 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 ٤-٦ درجه سانتی‌گراد) تا زمان استفاده ذخیره شدند.



شکل ۱: رویشگاه‌های جمع‌آوری شیرابه باریجه

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 به‌مدت 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 ٤-٦ 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 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 رفراکتومتر (DR-A1, Abbe، Atago 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 (Polax-2L، Atago 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

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) به‌کار گرفته شد. دمای محفظه تزریق ۲۸۰°C و همچنین دمای آشکارساز °C ۲۸۰ تنظیم شد. برنامه‌ریزی حرارتی ستون شامل افزایش دما از ۶۰ تا °C ۲۲۰ با سرعت افزایش ۳ درجه سانتی‌گراد در دقیقه بوده و سپس افزایش به ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت افزایش ۲۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه بود و نهایتا ۱۰ دقیقه در این دما نگه داشته شد. گاز حامل به‌کار رفته نیتروژن با سرعت جریان ۰/۷ میلی‌لیتر بر دقیقه بود (Solouki et al., 2023a,b).

مشخصات دستگاه GC/MS: شناسایی ترکیبات با دستگاه کروماتوگراف گازی Agilent 7890A متصل به طیف سنج 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. برنامه ریزی حرارتی ستون عبارتند از افزایش درجه حرارت از ۶۰ تا °C ۲۲۰ با سرعت افزایش ۳ درجه سانتی‌گراد در دقیقه و سپس افزایش به °C ۲۶۰ با سرعت افزایش ۲۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه و نهایتا ۳ دقیقه در این دما نگه داشته شد. درجه حرارت محفظه تزریق °C ۲۶۰ و دمای ترانسفرلاین °C ۲۸۰ تنظیم شد. گاز حامل هلیوم بوده که با سرعت ۳۰/۶ سانتی‌متر بر ثانیه در طول ستون حرکت می‌کند. زمان اسکن برابر یک ثانیه، انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت و اسکن ناحیه جرمی از 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)، ترکیب-های تشکیل دهنده اسانس شناسایی شدند و با استفاده از نتایج دستگاه GC، مورد آنالیز کمی قرار گرفتند. برای محاسبه شاخص بازداری از تزریق هیدروکربن-های 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 تربانتین و رایحه

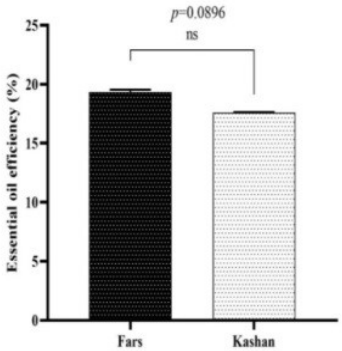
سبز چوب تشخیص داده شد. چگالی نسبی اسانس باریجه دو جمعیت کاشان و اقلید به ترتیب، ۰/۸۷٤ و ۰/۸٦۹، ضریب شکست ۱/٤۸۱۰ و ۱/٤۷۹۵ و چرخش نوری °۱۱/۳۵ و °۲۳/۵۲ تعیین شدند. مقایسه میانگین ویژگی‌های فیزیکی اسانس حاصل از شیرابه دو جمعیت باریجه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در ویژگی‌های چگالی نسبی و ضریب شکست و در مقابل وجود یک اختلاف معنی‌دار در میزان چرخش نوری می‌باشد (جدول ۱).

جدول ۱: ویژگی‌های 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 تربانتین و رایحه سبز	بوی تربانتین و رایحه سبز	-
٤	چگالی نسبی در ۲۰ °C	۰/۸۷٤ ± ۰/۰۲۰^{a}	۰/۸٦۹ ± ۰/۰۱^{a}	ISIRI 2274-9
۵	ضریب شکست در ۲۰ °C	۱/٤۸۱۰ ± ۰/۰۱^{a}	۱/٤۷۹۵ ± ۰/۰۳^{a}	ISIRI 2274-6
٦	چرخش نوری در ۲۰ °C	°۱۱/۳۵ ± ۰/۰٦^{b}	°۲۳/۵۲ ± ۰/۱۵^{a}	ISIRI 2274-5

حروف مشابه در هر ردیف نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در بین میانگین‌هاست.

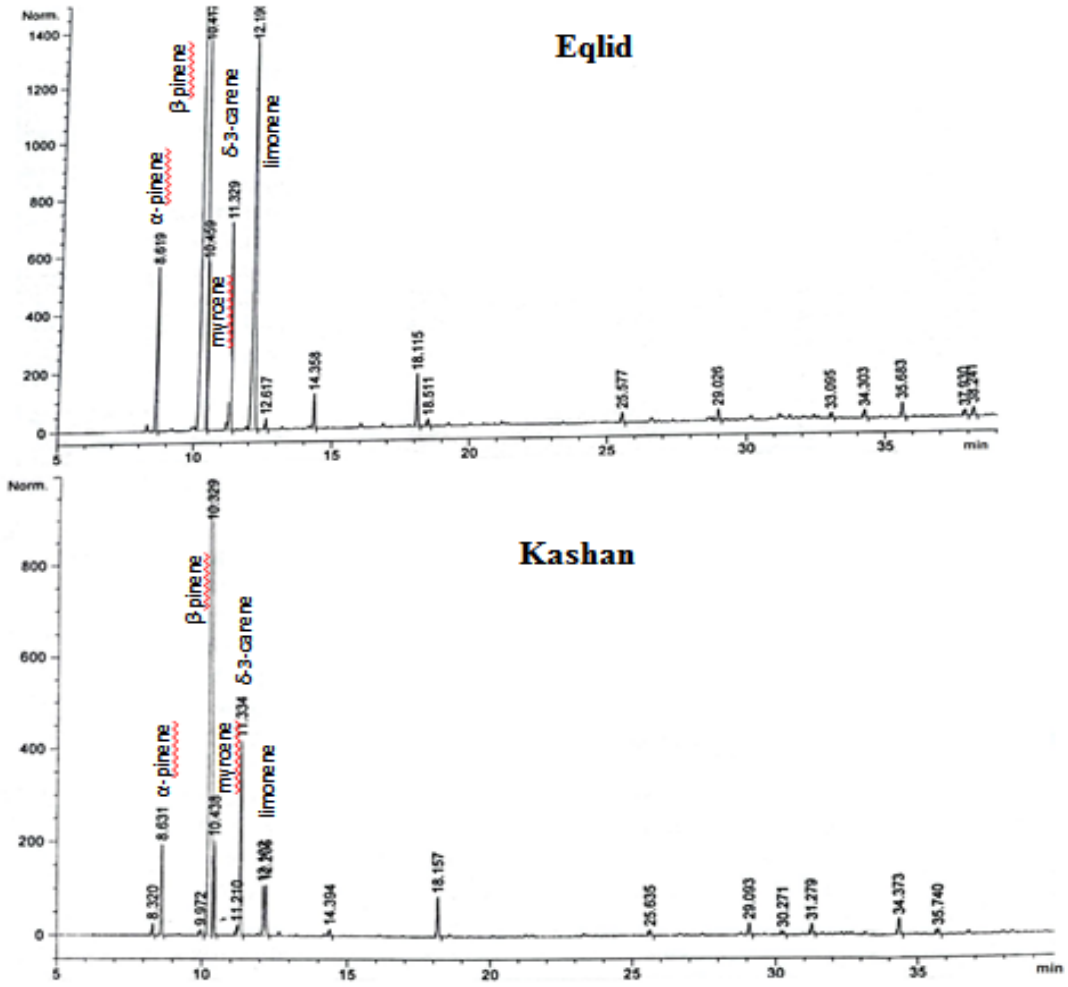
مقایسه بازده اسانس: بازده اسانس از شیرابه باریجه کاشان به مقدار ۱۷/٦۲ درصد و از جمعیت اقلید معادل ۱۹/۱٦درصد بوده است. اگرچه از شیرابه باریجه اقلید، مقدار اسانس بیشتری در مقایسه با جمعیت کاشان به‌دست آمد (شکل ۲)، ولی نتیجه آنالیز میانگین‌ها با استفاده از آزمون t غیرجفتی بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در میزان اسانس این دو جمعیت است ($p = 0.0896$).



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

بررسی فیتوشیمیایی اسانس: اسانس استحصال شده از شیرابه باریجه با استفاده از دستگاه‌های GC و GC-MS مورد آنالیز قرار گرفت.

کروماتوگرام GC نمونه‌های اسانس باریجه در شکل ۳ نشان داده شد.



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

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 به‌ترتیب افزایش شاخص بازداری آنها در ستون DB-5 دستگاه GC، در جدول ۲ مرتب شدند.

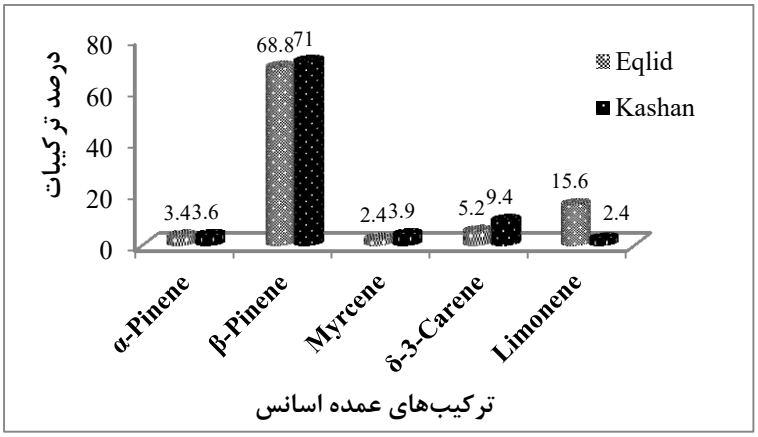
اجزای اسانس در پنج دسته ترکیبات مونوترپن هیدروکربنی، مونوترپن اکسیژنه، سسکویی‌ترپن هیدروکربنی، سسکویی‌ترپن اکسیژنه و آلکن جای دارند. مونوترپن‌های هیدروکربنی دسته غالب ترکیبات اسانس را در دو جمعیت کاشان و اقلید تشکیل می‌دهند که به ترتیب ۹۴/۲٪ و ۹۶/۴٪ تعیین شدند. در جمعیت کاشان، مونوترپن‌های هیدروکربنی شامل بتا-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 (۳/٤ درصد) می‌باشد. مقدار سسکویی‌ترپن‌های 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 ٤ و ۵ نشان داده شد.

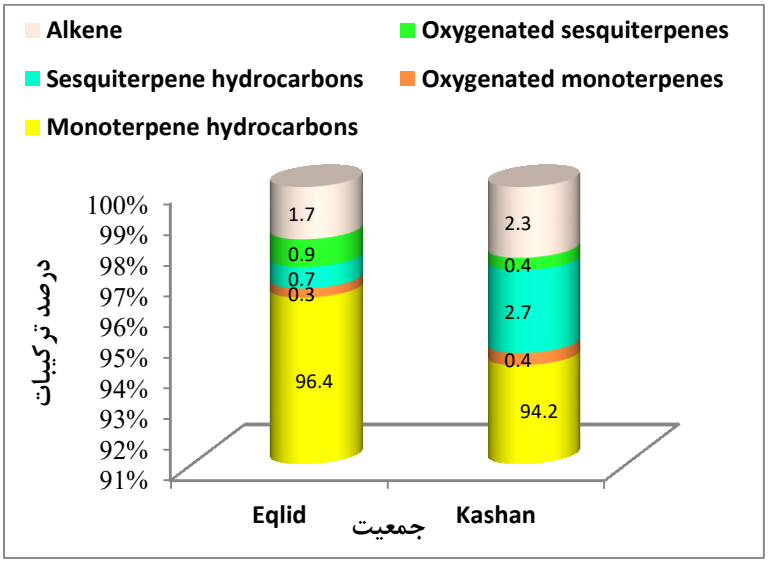
جدول ۲: اجزای تشکیل‌دهنده اسانس حاصل از شیرابه جمعیت‌های باریجه مرق-کاشان و اقلید-فارس

ترکیب	کاشان (درصد)	اقلید (درصد)	شاخص بازداری (RI)
α-thujene	۰/٤	ND	۹۳۱
α-pinene	۳/٦	۳/٤	۹٤۰
sabinene	۰/۳	ND	۹۷۸
β-pinene	۷۱/۰	٦۸/۸	۹۸۷
myrcene	۳/۹	۲/٤	۹۹۱
α-phellandrene	۰/۵	ND	۱۰۱۰
δ-3-carene	۹/٤	۵/۲	۱۰۱۷
L-limonene	۲/٤	۱۵/٦	۱۰۳۵
Z-β-ocimene	۲/٤	۰/۲	۱۰۳۹
terpinolene	۰/۳	۰/۸	۱۰۹۱
E,*Z*-1,3,5-undecatriene	۲/۳	۱/۵	۱۱٦۳
E,*E*-1,3,5-undecatriene	ND	۰/۲	۱۱۷۰
α-terpinyl acetate	۰/٤	۰/۳	۱۳٤۲
γ-elemen	۰/۷	۰/۳	۱٤۳۵
α-humulene	۰/۲	ND	۱٤٦۰
germacerene D	۰/۷	ND	۱٤۸۸
δ-cadinene	ND	۰/۲	۱۵۲۵
germacerene B	۱/۱	۰/۲	۱۵۵۸
guaiol	۰/٤	۰/٤	۱٦۰٤
β-eudesmol	ND	۰/۲	۱٦۵٦
α-eudesmol	ND	۰/۳	۱٦٦۰
کل ترکیبات (درصد)	۱۰۰	۱۰۰	-
میزان اسانس(درصد)	۱۷/٦۲	۱۹/۱٦	-
دسته ترکیبات	-	-	-
مونوترپن هیدروکربنی	۹٤/۲	۹٦/٤	-
مونوترپن اکسیژنه	۰/٤	۰/۳	-
سسکویی‌ترپن هیدروکربنی	۲/۷	۰/۷	-
سسکویی‌ترپن اکسیژنه	۰/٤	۰/۹	-
آلکن	۲/۳	۱/۷	-

ND: Not detected < ۰/۱٪



شکل ٤: مقایسه محتوی اجزای عمده اسانس دو جمعیت باریجه اقلید-فارس و مرق-کاشان



شکل ٥: مقایسه میزان دسته ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس دو جمعیت باریجه اقلید-فارس و مرق-کاشان

بحث

در این تحقیق، شیرابه باریجه از دو منطقه مرق کاشان و اقلید فارس جمع‌آوری شد و سپس خواص فیزیکوشیمیایی اسانس استحصال شده از شیرابه‌ها مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. روستای 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 دارد. طبق گزارش بهره‌برداران، سطح کشت باریجه در شهرستان کاشان تقریبا 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 تقریبا 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 خاک این منطقه از نوع لوم سیلتی است. تعداد ۱۰۰۰۰

بوته در هکتار و تقریبا 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 تقریبا 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 (l)- لیمونن و (d)- لیمونن در طبیعت وجود دارد. فرم (l)- لیمونن بوی تربانتین 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 ضدمیکروبی (Han et al., 2019) و ضدقارچ 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 به عنوان یک بلوک سازنده برای سنتز بسیاری از ترکیب‌های شیمیایی صنعتی به کار می‌رود (Ciriminna et al., 2014). در واقع خواص ضد باکتریایی و ضدقارچ 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 اقلید فارس میزان ترکیب (l)- لیمونن تقریبا 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 تاثیر بر میزان فتوسنتز، تنفس، و نیز خصوصیات رشدی و مورفولوژیکی گیاه می‌تواند روی محتوی اسانس و نیز اجزای آن تاثیرگذار باشد (Mollaei et al., 2020). طبق نتایج به دست آمده از تحقیق قاسمی پیربلوطی و همکاران (۲۰۱۳)، تولید بازده اسانس بیشتر مربوط به آویشن دنایی کشت شده در مناطق با ارتفاع بالاتر و دمای سردتر می‌باشد.

مشابه با نتایج تحیق حاضر، در ارزیابی فیتوشیمیایی اسانس حاصل از بذر ۱۶جمعیت *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 Kouyakhi et al., 2008). هم‌راستا با نتایج تحقیق ما، در اسانس شیرابه باریجه جمع‌آوری شده از خراسان شمالی، بتا-پنین (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 کاشمر، 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). 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 (۰-۶۳/۸ درصد)، سابینن (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 به‌دست آمد، در حالیکه بیشترین محتوی بتا-پینن و دلتا-۳-کارن مربوط به جمعیت شیراز بود و جمعیت تربت‌جام نیز بیشترین محتوی 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).

در ادامه، خواص حسی و فیزیکوشیمیایی اسانس دو جمعت باریجه مورد مطالعه با استاندارد جهانی (ISO14716:1998) مقایسه شده و نتایج در جدول-های ۳ و ٤ 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 ٤ 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 درصورت بررسی جمعیت‌های بیشتر باریجه از مناطق مختلف کشور ممکن است این دامنه تغییرات نیز قابل انطباق گردد.

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 تربانتین و نت سبز	بوی تربانتین و نت سبز	-
٤	چگالی نسبی در ۲۰ °C	۰/۸۶۹-۰/۸۷٤	۰/۸٦۷-۰/۸۹۰	ISO 279
٥	ضریب شکست در ۲۰ °C	۱/٤۷۹٥-۱/٤۸۱۰	۱/٤۷۸۰-۱/٤۸٥۰	ISO 280
٦	چرخش نوری در ۲۰ °C	۱۱/۳٥°-۲۳/٥۲°	۷/۰°-۱۷/۰°	ISO 592

جدول ٤: مقایسه کمینه و بیشینه اجزای شاخص اسانس باریجه ایران با استاندارد جهانی (ISO 14716:1998)

ردیف	ترکیبات شاخص اسانس	تحقیق حاضر میزان (درصد)	استاندارد جهانی میزان (درصد)
۱	α-pinene	۳/٤-۳/٦	۵/۰-۲۱/۰
۲	sabinene	ND-۰/۳	۰/۳-۳/۰
۳	β-pinene	٦۸/۸-۷۱/۰	٤۰/۰-۷۰/۰
٤	myrcene	۲/٤-۳/۹	۲/۵-۳/۵
۵	δ-3-carene	۵/۲-۹/٤	۲/۰ -۱٦/۰
٦	limonene	۲/٤-۱۵/٦	-
۷	*E,Z*-1,3,5-undecatriene	۱/۵-۲/۳	۰/٤-۲/۰

٪۰/۱ > ND: Not detected

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طور کلی، نتیجه‌گیری می‌شود که اسانس شیرابه باریجه دو منطقه اقلید و کاشان از نظر بازده اسانس و ویژگی‌های فیزیکی اسانس همچون چگالی و ضریب شکست تفاوت معنی‌داری نداشتند ولی در میزان چرخش نوری اسانس دو جمعیت باریجه تفاوت معنی‌داری مشاهده شد، که این به دلیل تفاوت در مقدار لیمونن به عنوان ترکیب فعال نوری موجود در نمونه‌های اسانس می‌باشد. 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 به‌عنوان ترکیب‌های عمده اسانس در هر دو جمعیت کاشان و اقلید شناسایی شدند. علاوه براین، ایزومرهای *ترانس-سیس* و *ترانس-ترانس* آندکاتری‌ان که بوی سبز باریجه به حضور این ترکیبات مربوط است، در نمونه‌های اسانس یافت شدند. با این وجود، مقدار اجزای تشکیل دهنده اسانس در دو جمعیت باریجه متفاوت است که می‌تواند 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 می‌باشد. با اینحال نیاز هست که تحقیقات بیشتری در زمینه بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی اسانس جمعیت‌های 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 oeogumresin 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. Chraracterisation 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).

Eftekhar, 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 gumosa* 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 monoterpenic 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 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.

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., Pirali Hamedani, M., Hadjiakhoondi, A., Tavakoli, S., Moein, Z., and Baharipour, Z. 2022. Remarkable variation in phytochemicals of *Ferula gummosa* Bioss. 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.

Mortazaienezhad, 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., Aliniaeifard, 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 Aliniaeifard, 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