



Volatile components in essential oil and hydrosol from *Eryngium billardieri* F. Delroche. and *Eryngium caucasicum* Trautv. native of Iran: A comparative study

Abdolbaset Mahmoudi¹, Mohammad-Taghi Ebadi² and Mahdi Ayyari^{3*} 

1- Ph.D. student, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2- Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

3*- Corresponding Author, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran,
E-mail: m.ayyari@modares.ac.ir

Received: 06/02/2025

Revised: 11/11/2025

Accepted: 12/11/2025

Abstract

Background and Objectives: *Eryngium billardieri*, known as “Zul” or “Boghnagh,” and *Eryngium caucasicum*, known as “Chuchagh,” are two important species among the 11 known species of the *Eryngium* genus in Iran. Plants of this genus are used to produce hydrosol, which is claimed to reduce blood glucose levels. Although the essential oil content of these species is relatively low, their diversity of volatile compounds is high. The aim of this study, consistent with previous research, is to investigate the water-soluble and water-insoluble volatile compounds of these two species. During hydrosol extraction from these plants, known as “Aragh-e Boghnagh,” volatile compounds are transferred into the water; therefore, identifying water-soluble and water-insoluble volatile compounds is crucial for understanding the chemical composition of these species.

Material and Methods: In this study, *E. billardieri* (Zul or Boghnagh) was collected from three locations: Ganjname (GN, Hamedan province), Lardam (DL, Damavand, Tehran province), and Razghan (RZ), and *E. caucasicum* (Chuchagh) from Bojaq (BO) National Park (Gilan province) and Abr village (RA, Semnan province) at altitudes of 2800, 2450, 1750, -11, and 2056 m above sea level, respectively. Shade-dried plant materials were subjected to hydrodistillation using a Clevenger-type apparatus. Essential oil content was calculated on a weight/weight (%) basis. After essential oil extraction, 100 ml of hydrosol was collected for fractionation using 100 ml ethyl acetate, performed in three replicates. The percentage of the organic fraction was calculated as weight/volume (grams per 100 ml of hydrosol). Essential oil composition was analyzed using gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS) and quantified by GC-FID.

Results: The essential oil yields for all samples were 0.15%, 0.11%, 0.37%, 0.10%, and 0.12% w/w for GN, DL, RZ, BO, and RA, respectively. The main components of *E. billardieri* essential oils were 2,3,6-trimethylbenzaldehyde (18.8%, 16.8%, 12.3%), sesquicineole (31.3%, 28.8%, 40.5%), and β -bisabolene (9.2%, 13.8%, 7.3%) for GN, DL, and RZ, respectively. The main components of *E. caucasicum* essential oils were trans-caryophyllene (20.3% and 26.5%), β -bisabolene (7.4% and 9.8%), β -sesquiphellandrene (30.1% and 20.2%), and cis-falcarinol (16.6% and 23.2%) for RA and BO, respectively. The yields of ethyl acetate fractions were 0.031, 0.012, 0.023, 0.024, and 0.008 g per 100 ml of hydrosol for Of-GN, Of-DL, Of-RZ, Of-BO, and Of-RA, respectively. The main components of these fractions were 2,3,6-trimethylbenzaldehyde (45.5%, 30.2%, 22.9%), sesquicineole (12.0%, 8.1%, 14.6%), 3-methyl-2(5H)-furanone (9.1%, 12.4%, 17.8%), and p-vinyl-guaiacol (11.4%, 14.6%, 12.3%) for Of-



GN, Of-DL, and Of-RZ, respectively. For Of-RA and Of-BO, the main components were 3-methyl-2(5H)-furanone (6.7% and 21.8%), trans- β -ocimene (7.8% and 16.8%), p-vinyl-guaiacol (15.2% and 11.6%), and caryophyllene oxide (23.7% and 14.8%), respectively.

Conclusion: By identifying water-soluble and water-insoluble volatile compounds, the relationships between these compounds were clarified. In the fractions of both species, p-vinyl-guaiacol and 3-methyl-2(5H)-furanone were the main compounds, which were not detected even in trace amounts in the essential oils. Additionally, 2,3,6-trimethylbenzaldehyde was observed in the essential oil and organic fractions of both species, with higher content in *E. billardieri* than in *E. caucasicum*. Moreover, 2,3,4-trimethylbenzaldehyde was in both the essential oil and organic fraction of *E. caucasicum* hydrosol but only in the essential oil of *E. billardieri*.

Keywords: Boghnagh accessions, volatile compounds, GC/MS, Zul, distillation.

ترکیب‌های فرار در اسانس و عرق استخراج شده از گیاهان *Eryngium* و *Eryngium billardieri* F. Delarche. *caucasicum* Trautv. بومی ایران (مطالعه مقایسه‌ای)

عبدالباسط محمودی^۱، محمدتقی عبادی^۲ و مهدی عیاری^{۳*}

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- دانشیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۳- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران،

پست الکترونیک: m.ayyari@modares.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۲۱

تاریخ اصلاح نهایی: ۱۴۰۴/۰۸/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۸

چکیده

سابقه و هدف: بوقناق یا زول (*E. billardieri*) و چوچاق (*E. caucasicum*) دو گونه بسیار مهم از ۱۱ گونه شناخته شده از جنس *Eryngium* در ایران هستند. از گیاهان این جنس در تولید عرق بوقناق استفاده می‌شود. ادعا می‌شود که این عرق باعث کاهش سطح گلوکز خون می‌گردد. گونه‌های این جنس محتوای اسانس بالایی ندارند اما گستره وسیعی از ترکیبات در اسانس آنها گزارش شده است. هدف از انجام این مطالعه که در راستای مطالعات قبلی می‌باشد، بررسی ترکیب‌های فرار محلول و نامحلول این دو گونه در آب می‌باشد. در فرایند عرق‌گیری از این گیاهان که به عرق بوقناق شهرت دارد ترکیب‌های فرار نیز وارد آب می‌گردد، بنابراین شناسایی ترکیب‌های فرار محلول و نامحلول در آب برای گونه‌های این جنس اهمیت دارد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه گیاه بوقناق یا زول از سه رویشگاه گنجانم (GN) (استان همدان)، سد لار (DL) (دماوند، استان تهران) و رازقان (RZ) (استان مرکزی) و چوچاق از پارک ملی بوجاق (BO) (استان گیلان) و روستای ابر (RA) (استان سمنان) به ترتیب با ارتفاع ۲۸۰۰، ۲۴۵۰، ۱۷۵۰، ۱۱- و ۲۰۵۶ متر از سطح دریا جمع‌آوری گردید. نمونه‌های گیاهی سایه خشک شده، توسط دستگاه کلونجر به روش تقطیر با آب اسانس‌گیری شد. درصد اسانس به صورت وزنی/وزنی محاسبه گردید. بعد از اتمام اسانس‌گیری و جمع‌آوری نمونه‌های اسانس، ۱۰۰ میلی‌لیتر عرق برای جزء‌گیری بدست آمد. عملیات جزء‌گیری توسط ۱۰۰ میلی‌لیتر حلال اتیل استات در سه تکرار انجام شد. درصد جزء آلی عرق به صورت وزنی/حجمی (گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر عرق) محاسبه شد. آنالیز کمی و کیفی اسانس و جزء آلی عرق توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC-FID) و دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC-MS) انجام شد.

نتایج: براساس نتایج، میزان اسانس به ترتیب ۰/۱۵، ۰/۱۱، ۰/۳۷، ۰/۱ و ۰/۱۲ درصد وزنی/وزنی برای GN، DL، RZ، BO و RA به دست آمد. ترکیب‌های اصلی اسانس ۶،۳،۲-تری متیل بنزالدئید (۱۸/۸، ۱۶/۸ و ۱۲/۳ درصد)، سسکوئی سینئول (۳۱/۳، ۲۸/۸ و ۴۰/۵ درصد) و بتا-بیسابولنال (۹/۲، ۱۳/۸ و ۷/۳ درصد)، به ترتیب برای GN، DL و RZ شناسایی شد. همچنین ترکیب‌های اصلی اسانس ترانس-کاریوفیلین (۲۰/۳ و ۲۶/۵ درصد)، بتا-بیسابولن (۷/۴ و ۹/۸ درصد)، بتا-سسکوئی فلاندرن (۳۰/۱ و ۲۰/۲ درصد) و سیس-فالکارینول (۱۶/۶ و ۲۳/۲ درصد) به ترتیب در RA و BO بود. بازده اسانس در فرکشن‌های Of-GN، Of-DL، Of-RZ، Of-BO و Of-RA به ترتیب ۰/۰۳۱، ۰/۰۱۲، ۰/۰۲۳، ۰/۰۲۴ و ۰/۰۰۸ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب حاصل از اسانس‌گیری تعیین شد. ترکیب‌های عمده شناسایی شده از این جزء‌ها شامل ۶،۳،۲-تری متیل بنزالدئید (۴۵/۵، ۳۰/۲ و ۲۲/۹ درصد)، سسکوئی سینئول (۱۲، ۸/۱ و ۱۴/۶ درصد)، ۳-متیل-۲-(h5)-فورانون (۹/۱، ۱۲/۴ و ۱۷/۸ درصد) و پارا-وینیل گویاکول (۱۱/۴، ۱۴/۶ و ۱۲/۳ درصد) به ترتیب برای Of-GN، Of-DL و Of-RZ بود. اما ۳-متیل-۲-(h5)-فورانون (۶/۷ و ۲۱/۸ درصد)، ترانس-بتا-اوسیمین (۷/۸ و ۱۶/۸ درصد)، پارا-وینیل گویاکول (۱۵/۲ و ۱۱/۶ درصد) و کاریوفیلین اکسید (۲۳/۷ و

۱۴/۸ درصد) به ترتیب برای Of-BO و Of-RA بودند.

نتیجه‌گیری: بعد از شناسایی ترکیب‌های فرار محلول و نامحلول در آب، به ارتباط این ترکیب‌ها تا حد بالایی پی برده شد. در جزء آلی از عرق هر دو گونه ترکیب پارا-وینیل‌گواکول و ۳-متیل-۲(h5)-فورانون به عنوان ترکیب‌های اصلی شناسایی شدند که در اسانس این دو گونه مشاهده نشدند. همچنین ترکیب ۶،۳،۲-تری‌متیل‌بنزالدئید در اسانس و جزء آلی مربوط به هر دو گونه مشاهده شد، اما مقدار آن در گونه *E. billardieri* به مراتب بیشتر از *E. caucasicum* بود. همچنین ترکیب ۳،۲،۴-تری‌متیل‌بنزالدئید در اسانس و جزء آلی عرق گونه *E. caucasicum* مشاهده شد، اما فقط در اسانس گونه *E. billardieri* مشاهده گردید.

واژه‌های کلیدی: توده‌های بوقناق، ترکیب‌های فرار، GC/MS، زول، عرق‌گیری.

مقدمه

خانواده چتریان (Apiaceae) با حدود ۴۲۵۰ گونه در سراسر جهان، از تیره‌های بزرگ گیاهی با پراکنش گسترده محسوب می‌شود (Judd et al., 2007). گیاهان اعضای این خانواده به عنوان سبزیجات، گیاهان مورد استفاده در پخت و پز و گیاهان دارویی معروف هستند. گیاهانی که از این خانواده برای اهداف ذکر شده مورد استفاده قرار می‌گیرند و شهرت بیشتری بین مردم دارند، شامل شوید (*Anethum graveolens*)، زیره سیاه (*Carum carvi*)، زیره سبز (*Cuminum cyminum*) و باریجه (*Ferula gummosa*) می‌باشند (Singh & Jain, 2007).

در جنس *Eryngium* ۲۷۴ گونه وجود دارد که در آسیای مرکزی، آمریکا، مرکز و جنوب شرقی اروپا مانند لهستان، شمال آفریقا و استرالیا گسترش دارند. همچنین گونه‌های این جنس در غرب، شمال غرب، شمال، شمال شرق، مرکز و جنوب ایران حضور دارند (Wörz, 2005; Wörz & Diekmann, 2010; Mozaffarian, 2012; Sepanlou et al., 2019). گیاهان این جنس در ایران در طب سنتی به علت خاردار بودن کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند و ارزش‌های دارویی آنها بخوبی شناخته نشده است. البته امروزه از عرق این گیاهان در طب سنتی به عنوان کاهنده سطح گلوکز خون استفاده می‌شود (Mozaffarian, 2012). در ایران تاکنون ۱۱ گونه از این جنس معرفی شده است. «قَرَصَنَه» نامی است که از آن در منابع طب سنتی یاد می‌شود (Mozaffarian, 2012).

(Mozaffarian, 2013; Sepanlou et al., 2019).

بوقناق یا زول گیاهی خاردار، چندساله با ارتفاع ۴۰ تا ۸۰ سانتی‌متر که در ترکیه، ایران، قفقاز، آسیای مرکزی، افغانستان، پاکستان، عراق، سوریه و لبنان وجود دارد و بومی ایران بوده و در شمال، شمال غرب، مرکز و شمال شرق کشور پراکندگی دارد. طبق بعضی از اعتقادات مردم ایران، عرق این گیاه دارای خاصیت ضد دیابت می‌باشد (Mozaffarian, 2008; Mozaffarian, 2012; Mozaffarian, 2013). گونه *E. caucasicum* با نام‌های زُلنگ و چوچاق یا اناریجه در شمال ایران شناخته می‌شود. گیاهی چندساله یا دوساله، اغلب به رنگ آبی آسمانی، ساق‌ها منفرد، استوانه‌ای، شیاردار، با ارتفاعی در حدود ۳۰ تا ۵۰ و به ندرت ۱۰۰ سانتی‌متر، برگ‌های قاعده‌ای دارای دمبرگ بلند، علفی و بسرعت ریزان می‌باشد. به علاوه، در ایران این گونه چون گیاهی کم و بیش رطوبت‌پسند است در مناطق جلگه‌ای و دامنه‌های کوهستانی استان‌های گرگان، مازندران، گیلان، آذربایجان، لرستان، خوزستان، خراسان و تهران می‌روید. این گونه در وسعت محدود توسط مردم گیلان و غرب مازندران به عنوان سبزی معطر (برگ‌های جوان گیاه که بوی مطبوع دارند) در موقعی که هنوز گیاه رشد کافی پیدا نکرده است به صورت خام یا پخته، استفاده می‌شود (Zargari, 1996; Mozaffarian, 2012). این گونه در ارتفاع‌های مختلفی، از ارتفاع ۲۵- متر در اطراف مرداب سیاه درویشان در بندر انزلی تا ارتفاع ۱۹۵۰ متری از سطح دریا در اطراف قلعه بابک در کلیبر گزارش شده است (Mozaffarian, 2012).

(2008).

از این جنس در درمان انواع دردهای مزمن، برای التهاب مجاری تنفسی، گزش مار و عفونت‌های دستگاه ادراری استفاده می‌شود (Roshanravan et al., 2018). در مطالعات پیشین آثار ضد دیابت و ضد التهابی از عصاره‌های استحصال شده از اندام‌های هوایی و ریشه گونه *E. billardieri* گزارش شده است (Küpel et al., 2006؛ Yesilada et al., 1989). گونه *E. caucasicum* دارای محتوای ترکیب‌های فنولی و فلاونوئیدی و خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشد (Motalledi et al., 2016). همچنین این گیاه دارای خاصیت پادزهری، ضد التهاب و تأثیر بر سیستم اعصاب مرکزی می‌باشد (Wang et al., 2012). در ایران از عرق گونه‌های این جنس برای پایین آوردن سطح قند خون استفاده می‌گردد (Mahmoudi et al., 2020). در بررسی‌های انجام شده از کارگاه‌های عرق‌گیری، مشخص شد که گونه *E. billardieri* بیشترین استفاده را در تولید عرق بوقناق در ایران دارد. در گزارش‌های مختلف آمده است که گونه‌های مختلف این جنس درصد اسانس بالایی ندارند اما تنوع در ترکیب‌های اسانس آنها بسیار بالاست (Thiem et al., 2011؛ Mahmoudi et al., 2020). در گزارش Mahmoudi (2024) همکاران (2024) درصد اسانس اندام هوایی گونه بوقناق آبی یا *E. planum* در مرحله گلدهی کامل در دامنه ۰/۱۹-۰/۰۸ متغیر بود. همچنین محتوای اسانس گونه زول گرزی ۰/۰۷-۰/۰۵ درصد گزارش شده است (Mahmoudi et al., 2020؛ Mahmoudi et al., 2024). ترکیب‌های عمده مشاهده شده در گونه‌های مختلف این جنس شامل سزکوئی‌ترین‌هایی از قبیل آلفا-بیسابولول، جرماکرن D و آلفا موورولن و ترکیب‌های اکسیژن‌دار غیرترپنی مانند ۲-ترانس-دودکنال و تری‌متیل-بنزالدهید می‌باشد (Sefidkon et al., 2004؛ Darriet et al., 2014). ترکیب‌های اصلی اسانس گونه بوقناق آبی شامل بتا-المن (۳۰/۸-۱۴/۷ درصد)، آلفا-پینن (۲۸-۱/۶ درصد)، سیس-کریزانتیل استات (۱۶/۵-۲/۷ درصد)، بتا-سلینن (۱۳-۲/۵ درصد) و آلفا-سلینن (۴-۱۳/۴-۲/۴ درصد) بود

(Mahmoudi et al., 2024). ترکیب‌های ۱۳-تترادکنال (۲۷/۴ درصد)، دودکنال (۱۴/۶ درصد) و ۲-ترانس-دودکنال از اصلی‌ترین ترکیب‌های اسانس استخراج شده از برگ گونه *E. foetidum* گزارش شد. همچنین شاخص‌ترین ترکیب‌های اسانس ریشه همین گونه شامل ۵،۴،۲-تری‌متیل‌بنزالدهید (۵۶/۰ درصد)، ۱۳-تترادکنال (۹/۳ درصد) و ترانس-۲-دکنال به مقدار ۷/۶ درصد بود (Thomas et al., 2017). در مطالعه Sefidkon و همکاران (2004) گزارش شد که ترکیب‌های اصلی اسانس گونه *E. billardieri* به ترتیب شامل: آلفا-موورولن (۴۲ درصد)، بتا گورجونن (۱۷ درصد)، والنسن (۵/۷ درصد) و دلتا-کادینن (۶/۲ درصد) بود. به علاوه در مطالعه Hashemabadi و Kaviani (2011) بر روی اسانس گونه چوچاق در مرحله اولیه رشد رویشی ترکیب‌های اصلی از قبیل ۲-هگزین (۴۶ درصد)، لیمونن (۱۰/۷ درصد) و بتا-سسکوئی‌فلاندرن (۲۰/۴ درصد) شناسایی گردید.

همانطور که بیان شد تعدد و تفاوت در ترکیب‌های اصلی اسانس در بین گونه‌های این جنس به وضوح مشاهده می‌شود. همچنین با توجه به اینکه در میان مردم آنچه که برای کاهندگی قند خون استفاده می‌شود، عرق گیاهان جنس *Eryngium* است، از این رو شناسایی ترکیب‌های فرار که شامل ترکیب‌های محلول و نامحلول در آب می‌باشد، در مرحله اول ضروری بنظر می‌رسد. به علاوه، با توجه به اینکه محتوای اسانس و درصد ترکیب‌های گیاهان تحت تأثیر عوامل مختلف اقلیمی نیز قرار می‌گیرد (Santos-Gomes & Nejadhabibvash et al., 2001؛ Fernandes-Ferreira, 2018). تحقیقی به منظور شناسایی و مقایسه ترکیب‌های اسانس گونه‌های *E. caucasicum* جمع‌آوری شده از دو منطقه و *E. billardieri* جمع‌آوری شده از سه منطقه کشور انجام شد. با این حال، شناسایی ترکیب‌های فرار محلول در آب گیاهان دارای پیچیدگی‌های خاص خود است، که در این مطالعه سعی بر این بوده که نمایه ترکیب‌ها و درصد نسبی آنها در این نمونه‌های گیاهی در یک شرایط استخراج و آنالیز گردد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری گیاه

اندام هوایی *E. billardieri* در مرحله گلدهی در تیر ۱۳۹۷ برای بررسی ترکیب‌های فرار، از مناطق گنجانمه

(استان همدان)، سد لار (دماوند، استان تهران) و رازقان (استان مرکزی) و اندام هوایی *E. caucasicum* در تیر ۱۳۹۷ از پارک ملی بوجاق (استان گیلان) و روستای ابر (استان سمنان) جمع‌آوری گردید. جدول ۱، ویژگی‌های جغرافیایی مناطق جمع‌آوری را نشان می‌دهد.

جدول ۱- ویژگی‌های جغرافیایی مناطق جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی

Table 1. Geographical characteristics of plant samples collecting regions

Location	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Average annual temperature (°C)	Average annual precipitation (mm)
Ganjname (Hamedan)	34°43'16	48°25'59	2794	13.1	299
Lar dam (Tehran)	35°54'0.3	51°52'14	2500	19.1	345.9
Razghan (Markazi)	35°20'22	49°56'22	2450	15.1	265
Bojaq national park (Gilan)	37°26'09	49°55'01	-11	17.3	969.7
Abr village (Semnan)	36°43'49	55°03'7	2056	19.5	94



شکل ۱- A1: اندام هوایی *Eryngium billardieri* و A2: اندام هوایی *E. caucasicum*

Figure 1. A1: *Eryngium billardieri* aerial parts and A2: *E. caucasicum* aerial parts

اسانس‌گیری

اندام هوایی گیاهان مورد مطالعه در دمای محیط در سایه خشک شد و ۱۰۰ گرم نمونه خشک شده توسط آسیاب به قطعات ریز خرد گردید و با روش تقطیر با آب

توسط دستگاه کلونجر به مدت ۳ ساعت اسانس‌گیری شد (British Pharmacopoeia, 1988). آبگیری نمونه‌های اسانس توسط سدیم سولفات بدون آب (Na_2SO_4) انجام شد و درصد اسانس به صورت وزنی/وزنی اندازه‌گیری

به طیف‌سنج جرمی مورد استفاده از نوع Quadrupole مدل Trace MS، ستون BD-5 به طول ۶۰ متر و قطر ۰/۲۵ میلی‌متر، ضخامت لایه قسمت ساکن، ۰/۲۵ میکرومتر، برنامه‌ریزی حرارتی ستون از ۶۰ درجه سانتی‌گراد با افزایش دمای ۴ درجه بر دقیقه، دمای منبع یون و رابط حرارتی به ترتیب ۲۰۰ و ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد، انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت و گاز حامل هلیوم با ۱/۱ میلی‌لیتر بر دقیقه بود. شناسایی طیف‌ها به کمک محاسبه و شاخص بازداری و مطابقت هر ترکیب با منابع از طریق تزریق هیدروکربن‌های نرمال (C8-C24) در شرایط یکسان با تزریق اسانس‌ها به دست آمد. همچنین مقایسه آنها با کتابخانه دستگاه که شامل Adams, Wiley و Main library بود انجام شد.

تجزیه آماری

آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. داده‌ها با نرم‌افزار SAS (نسخه ۹,۲) تجزیه و تحلیل شدند و میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه گردیدند.

نتایج

درصد اسانس و جزء آلی عرق در دو گونه مورد مطالعه

در این مطالعه تمامی اسانس‌ها دارای رنگ زرد تا زرد پررنگ و عطر مناسبی بودند. مقدار بازده اسانس (درصد وزنی/وزنی) مربوط به نمونه‌ها در شکل ۲-A نشان داده شده است. بیشترین مقدار درصد اسانس در بین جمعیت‌های گونه *E. billardieri* مربوط به نمونه جمع‌آوری از رازقان استان مرکزی (RZ) با مقدار ۰/۳۷ درصد بود. در حالی که نمونه‌های GN (گنجانمه همدان) و DL (سد لار دماوند) با ۰/۱۵ و ۰/۱۱ درصد نسبت به نمونه RZ دارای مقدار اسانس کمتری بودند (شکل ۲-B). میزان جزء آلی عرق گیاه (اسانس محلول در آب) در شکل ۲-B نشان داده شده است. به طوری که درصد جزء آلی عرق برای جمعیت‌های Of-GN، Of-DL و Of-RZ

گردید. سپس اسانس‌ها در داخل ویال دربسته در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا زمان تزریق به دستگاه گاز کروماتوگرافی (GC) و گاز کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) نگهداری شدند.

جزء‌گیری (Fractionation)

پس از پایان یافتن اسانس‌گیری و جمع‌آوری نمونه‌های اسانس، سیستم اسانس‌گیری برای جمع‌آوری ترکیب‌های فرار محلول در آب، دوباره راه‌اندازی شد. با این تفاوت که این بار شیر قسمت خروجی دستگاه کلونجر باز گذاشته شد تا مایع حاصل از میعان بخارات به عنوان نمونه عرق جمع‌آوری شود. پس از استحصال، ۱۰۰ میلی‌لیتر از عرق داخل دکانتور ریخته شد و توسط ۱۰۰ میلی‌لیتر حلال اتیل استات جزء‌گیری گردید. فرایند جزء‌گیری در سه مرحله و هر بار با ۳۳ میلی‌لیتر حلال اتیل استات انجام شد. قسمت اتیل استاتی حاوی ترکیب‌های آلی در بالای دکانتور قرار گرفت و جدا شد. هر سه مرحله از جزء‌گیری روی هم ریخته شد و در ابتدا توسط سدیم سولفات آبگیری و بعد توسط دستگاه روتاری حلال آن تبخیر گردید. نمونه نهایی توزین و برای آنالیز ترکیب‌ها آماده‌سازی شد (Mahmoudi et al., 2020).

آنالیز GC و GC/MS و شناسایی ترکیب‌ها

دستگاه گاز کروماتوگراف (GC) Agilent مدل 7890B، با ستون HP-5 به طول ۳۰ متر و قطر ۰/۳۲ میلی‌متر و ضخامت لایه قسمت ساکن ۰/۲۵ میکرومتر بود. برنامه‌ریزی حرارتی آون با ۶۰ درجه سانتی‌گراد شروع و بعد با افزایش دمای ۵ درجه در دقیقه تا دمای ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد ادامه یافت و در نهایت، به مدت ۲ دقیقه در دمای ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد حفظ شد. دمای تزریق ۲۵۰ درجه و دمای آشکارساز ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد بود. نمونه تزریق شده توسط اتوسمپلر مدل Agilent G4513A، تزریق گردید و گاز حامل هلیوم با درصد خلوص ۹۹/۹۹٪، با سرعت ۱/۱ میلی‌لیتر بر دقیقه بود. دستگاه گاز کروماتوگراف متصل

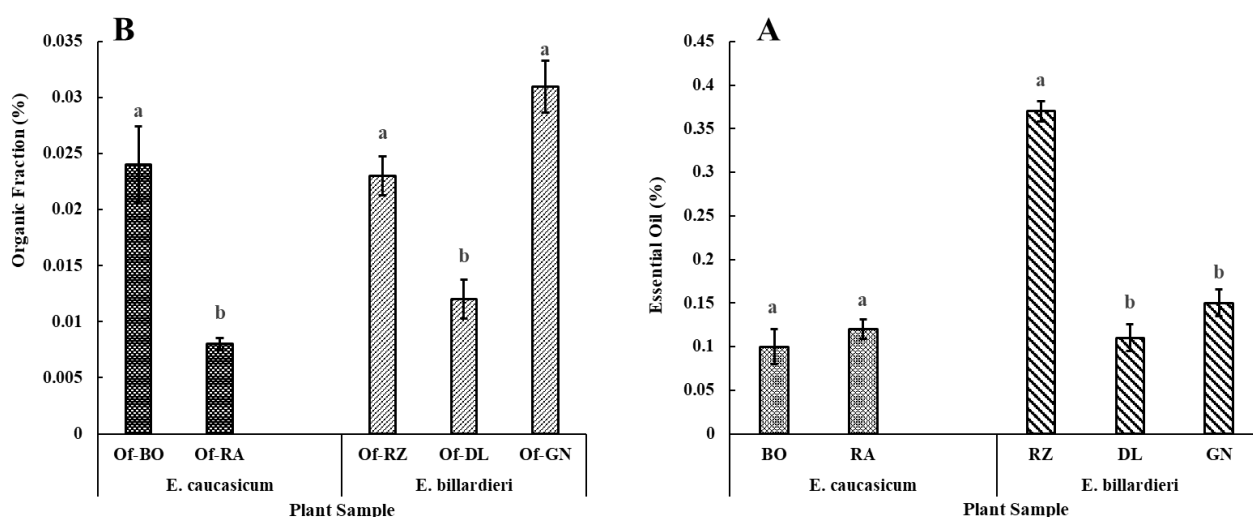
E. caucasicum بالا بود ولی در کل همانند درصد جزء آلی عرق در جمعیت‌های گونه *E. billardieri* نسبت به درصد اسانس مقدار بسیار پایین‌تری داشت. درصد اسانس گونه *E. billardieri* به مراتب بیشتر از گونه *E. caucasicum* در این تحقیق بود. البته این درصد بین جمعیت‌های مختلف هر گونه متفاوت بود.

به ترتیب ۰/۰۳۱، ۰/۰۱۲ و ۰/۰۲۳ درصد بود. درصد اسانس در جمعیت‌های گونه *E. caucasicum* به ترتیب ۰/۱۲ و ۰/۱ درصد برای نمونه‌های RA و BO بود، که تفاوت زیادی نداشتند. اما درصد جزء آلی عرق در Of-RA (۰/۰۰۸ درصد) و در Of-BO (۰/۰۲۴ درصد) بود. تفاوت در درصد جزء آلی جمعیت‌های

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر گونه بر محتوای اسانس و جزء آلی عرق دو گونه بوقناق (*Eryngium* spp.)

Table 2. ANOVA of species effects on essential oil or organic fraction content of two *Eryngium* species

S.O.V.	d.f.	M.S.	
		Essential oil	Organic fraction
Species	4	0.037**	0.00026**
Error	9	0.001	0.00001
C.V. (%)		62.767	47.267



شکل ۲- مقایسه درصد اسانس (A) و جزء آلی عرق (B) در دو گونه *Eryngium billardieri* و *E. caucasicum*

Figure 2. Comparison of essential oil content (A) and organic fraction of floral water (B) in *Eryngium billardieri* and *E. caucasicum*

BO: Bojaq (Gilan province), RA: Abr village (Semnan province), RZ: Razghan (Markazi province), DL: Lar dam, and GN: Ganjname (Hamedan province).; Essential oil percentage: W/W; Organic fraction percentage: W/V (g.100 ml-1 of sweet water).

Means with common letters are in the same statistical group at 1% probability level (Duncan test).

(RZ) ترکیب شناسایی گردید. این تعداد ترکیب در این سه توده به ترتیب ۹۱/۴، ۹۰/۹ و ۸۸/۹ درصد از اسانس را شامل می‌شدند. ترکیب‌های شاخص در اسانس این سه توده شامل: سسکوئی سینئول (۳۱/۳، ۲۸/۸ و ۴۰/۵ درصد)، ۶،۳،۲-تری متیل بنزالدئید (۱۸/۸، ۱۶/۸ و

درصد و نوع ترکیب‌های اسانس و جزء اتیل‌استاتی در توده‌های مختلف *E. billardieri* همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، در اسانس مربوط به سه توده جمع‌آوری شده از گونه *E. billardieri* به ترتیب ۱۵ (GN)، ۱۵ (DL) و ۱۳

گواپاکول (۱۱/۴، ۱۴/۶ و ۱۲/۳ درصد) از ترکیب‌های شاخص این جزء بوده که قابلیت حل‌شوندگی خوبی را در آب داشتند (جدول ۳).

در جزء اتیل‌استاتی این گونه، برخلاف اسانس آن، ترکیب‌های غالب جزو ترکیب‌های غیرترپنی بود. در حالی که در فرکشن اتیل‌استاتی گونه *E. caucasicum* غالب ترکیب‌ها مونوترپن بودند. همچنین اسانس این گونه دارای درصد قابل توجهی از ترکیب‌های سسکوئی‌ترپنی بود ولی در جزء مربوط این ترکیب‌ها مقدار کمتری داشتند (جدول ۴).

۱۲/۳ درصد) و بتا-بیسابولنال (۹/۲، ۱۳/۸ و ۷/۳ درصد) به‌ترتیب در توده‌های DL، GN و RZ بودند (جدول ۳). شناسایی ترکیب‌های موجود در جزء اتیل‌استاتی سه توده جمع‌آوری شده از گونه *E. billardieri* نشان داد که به‌ترتیب در نمونه‌های Of-GN، Of-DL و Of-RZ، ۶، ۹ و ۶ ترکیب که ۹۰/۷، ۹۰/۵ و ۹۰ درصد از کل این جزء آلی را شامل می‌شدند، مورد شناسایی قرار گرفت. در این بین ۶، ۳، ۲-تری‌متیل بنزالدئید (۴۵/۵، ۳۰/۲ و ۲۲/۹ درصد)، سسکوئی‌سیننول (۱۲/۰، ۸/۱ و ۱۴/۶ درصد)، ۳-متیل-۲(۵h)-فورانون (۹/۱، ۱۲/۴ و ۱۷/۸ درصد) و پارا-وینیل

جدول ۳- ترکیب‌های اسانس و جزء اتیل‌استاتی جمعیت‌های مختلف گونه بوقناق (*Eryngium billardieri*)

Table 3. Essential oil or ethyl acetate fraction compounds in different *Eryngium billardieri* populations

No.	Compound	RI calculated	Essential oil (%)			Organic fraction (%)		
			GN	DL	RZ	GN	DL	RZ
1	α -pinene	933	1.2	0.2	0.1	-	-	-
2	thuja-2,4(10)-diene	955	0.2	0.1	-	-	-	-
3	3-methyl-2(5h)-furanone	998	-	-	-	9.1	12.4	17.8
4	1,8-cineole	1031	0.6	0.2	0.2	-	-	-
5	cis-chrysanthenyl acetate	1263	5.5	4.7	3.2	-	-	-
6	unknown	1274	-	-	-	4.5	5.2	2.5
7	2,3,4-trimethyl benzaldehyde	1317	2.5	0.6	1.2	-	-	-
8	ρ-vinyl-guaiacol	1327	-	-	-	11.4	14.6	12.3
9	2,3,6-trimethyl benzaldehyde	1358	18.8	16.8	12.3	45.5	30.2	22.9
11	cis-caryophyllene	1419	1.0	0.7	3.2	-	-	-
11	α -humulene	1434	-	-	-	-	0.6	-
12	β -calarene	1451	-	-	-	-	1.2	-
13	sesquisabinene	1456	1.0	1.5	-	-	-	-
14	germacrene D	1481	2.7	0.6	4.5	-	-	-
15	epizonarene	1502	-	-	-	-	2.7	-
16	sesquicineole	1519	31.3	28.8	40.5	12.0	8.1	14.6
17	β -sesquiphellandrene	1527	8.4	4.2	4.3	-	-	-
18	cis- α -bisabolene	1532	4.0	8.7	3.7	-	-	-
19	unknown	1582	-	-	-	3.7	3.5	4.1
20	14-hydroxy-9-epi-(E)-caryophyllene	1660	-	-	-	6.5	9.2	13.0
21	cis-nerolidyl acetate	1686	3.0	4.9	5.3	-	-	-
22	trans-farnesol	1692	2.0	5.1	3.1	-	-	-
23	β-bisabolenal	1773	9.2	13.8	7.3	6.2	11.5	9.4
24	Total compounds		91.4	90.9	88.9	90.7	90.5	90.0
25	Total		91.4	90.9	88.9	98.9	99.2	96.6

RZ: Razghan (Markazi province), DL: Lar dam, and GN: Ganjname (Hamedan province).

جدول ۴- گروه‌های شیمیایی اسانس و جزء اتیل‌استاتی جمعیت‌های مختلف گونه بوقناق (*Eryngium billardieri*)Table 4. Chemical groups of essential oil or ethyl acetate fraction in different *Eryngium billardieri* populations

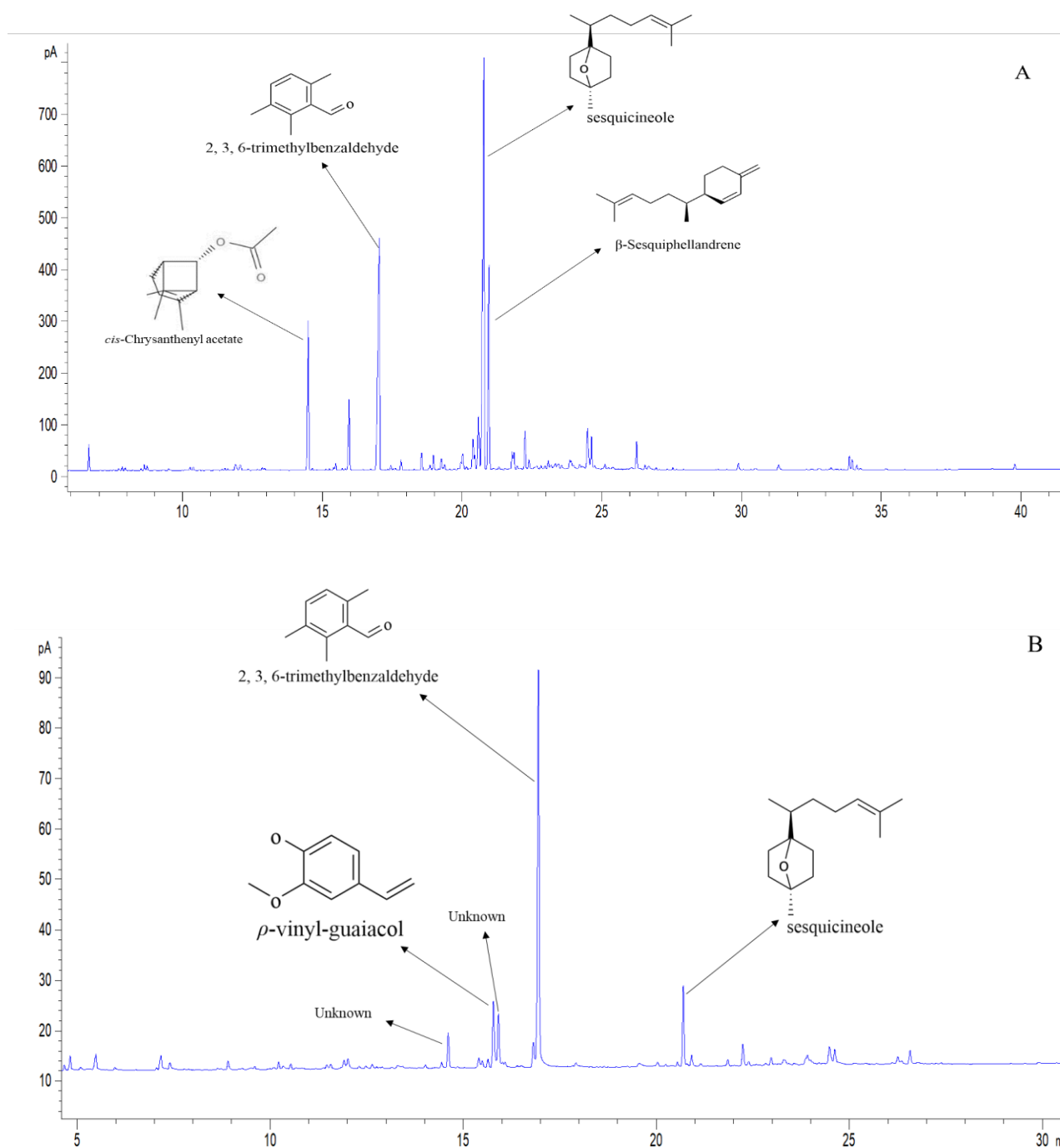
Plant sample		Monoterpene	Sesquiterpene	Non-Terpene	Total	
Essential oil	GN	Number of chemical groups	4	9	2	15
		Percentage	7.5	62.6	21.3	91.4
	DL	Number of chemical groups	4	9	2	15
		Percentage	5.2	68.3	17.4	90.9
	RZ	Number of chemical groups	3	8	2	13
		Percentage	3.5	71.9	13.5	88.9
Ethyl acetate fraction	GN	Number of chemical groups	-	3	3	6
		Percentage	-	24.7	66.0	90.7
	DL	Number of chemical groups	-	5	4	9
		Percentage	-	32.1	58.4	90.5
	RZ	Number of chemical groups	-	3	3	6
		Percentage	-	37.0	53.0	90.0

RZ: Razghan (Markazi province), DL: Lar dam, and GN: Ganjname (Hamedan province).

اتیل‌استاتی همین توده مقدار سسکوئی‌ترین‌ها بیشتر از توده دیگر بود (جدول ۶).

در جزء اتیل‌استاتی عرق، به‌ترتیب ۱۲ و ۹ ترکیب در توده RA و BO شناسایی گردید. این تعداد از ترکیب‌ها ۷۹/۱ و ۸۲/۲ درصد از اسانس را شامل می‌شد. ۳-متیل-۲(h5)-فورانون (۶/۷ و ۲۱/۸ درصد)، ترانس-بتا-اوسیمین (۷/۸ و ۱۶/۸ درصد)، پارا-وینیل گویاکول (۱۵/۲ و ۱۱/۶ درصد) و کاریوفیلن اکسید (۲۳/۷ و ۱۴/۸ درصد) به‌ترتیب با درصدهای یادشده جزو ترکیب‌های اصلی جزء اتیل‌استاتی توده RA و BO بودند (جدول ۵). ترکیب ترانس-کاریوفیلن از ترکیب‌های اصلی اسانس گونه چوچاق یا *E. caucasicum* بود. در اسانس گونه دیگر در این تحقیق، این ترکیب مشاهده نشد، فقط ترکیب سیس-کاریوفیلن به مقدار پایین مشاهده شد.

درصد و نوع ترکیب‌های اسانس و جزء اتیل‌استاتی در توده‌های مختلف *E. caucasicum* به‌طورکلی ۹ ترکیب در اسانس دو توده جمع‌آوری شده مربوط به گونه *E. caucasicum* شناسایی شد که به‌ترتیب ۸۸/۴ و ۹۰/۸ درصد از اسانس توده RA و BO را شامل می‌شد. ترکیب‌های اصلی که در اسانس وجود داشت شامل ترانس-کاریوفیلن (۲۰/۳ و ۲۶/۵ درصد)، بتا-بیسابولن (۷/۴ و ۹/۸ درصد)، بتا-سسکوئی‌فلاندرن (۳۰/۱ و ۲۰/۲ درصد) و سیس-فالکارینول (۱۶/۶ و ۲۳/۲ درصد) به‌ترتیب در توده RA و BO بودند (جدول ۵). در اسانس این گونه ترکیب‌های مونوترپنی مشاهده نشد، در حالی که در جزء اتیل‌استاتی مربوط درصد قابل توجهی از ترکیب‌ها جزو مونوترپن‌ها بودند. اما در اسانس این دو توده مقدار زیادی ترکیب سسکوئی‌ترین وجود داشت، به‌طوری‌که در توده RA مقدار آنها تقریباً به ۶۰ درصد رسیده بود. در جزء



شکل ۳- کروماتوگرام GC همراه با ترکیب‌های اصلی اسانس (A) و جزء اتیل استاتی (B) گونه بوقناق (*Eryngium billardieri*)

Figure 3. GC chromatograph with main components of essential oil (A) and ethyl acetate fraction (B) in *Eryngium billardieri*

جدول ۵- ترکیب‌های اسانس و جزء اتیل استاتی جمعیت‌های مختلف گونه چوچاق (*Eryngium caucasicum*)

Table 5. Essential oil or ethyl acetate fraction compounds in different *Eryngium caucasicum* populations

No.	Compound	RI calculated	Essential oil component (%)		Organic fraction component (%)	
			RA	BO	Of-RA	Of-BO
1	3-methyl-2(5h)-furanone	998	-	-	6.7	21.8
2	(E)- β-ocimene	1058	-	-	7.8	16.8
4	2,3,4-trimethyl benzaldehyde	1317	3.2	1.9	1.6	3.5
5	<i>p</i>-vinyl-guaiacol	1327	-	-	15.2	11.6
6	2,3,6-trimethyl benzaldehyde	1358	8.7	4.6	5.4	3.3
	piperitenone oxide	1360	-	-	6.2	4.0
7	unknown	1433	-	-	9.8	5.1
8	<i>cis</i> -caryophyllene	1419	0.6	0.1	2.1	-
9	E-caryophyllene	1434	-	-	0.8	-
10	α -humulene	1455	20.3	26.5	2.3	4.6
11	sesquibabinene	1456	0.9	0.2	1.8	-
12	β -bisabolene	1510	7.4	9.8	-	-
13	β-sesquiphellandrene	1527	30.1	20.2	-	-
14	Unknown	1593	-	-	5.3	6.4
15	caryophyllene oxide	1617	-	-	23.7	14.8
16	14-hydroxy-9-epi-(E)-caryophyllene	1660	-	-	5.5	1.8
17	unknown	1699	4.0	3.0	-	-
18	ar-curcumen-15-al	1722	0.6	0.3	-	-
19	<i>cis</i>-falcarinol	2058	16.6	23.2	-	-
20	Total compounds		88.4	90.8	79.1	82.2
21	Total		92.4	93.8	94.2	93.7

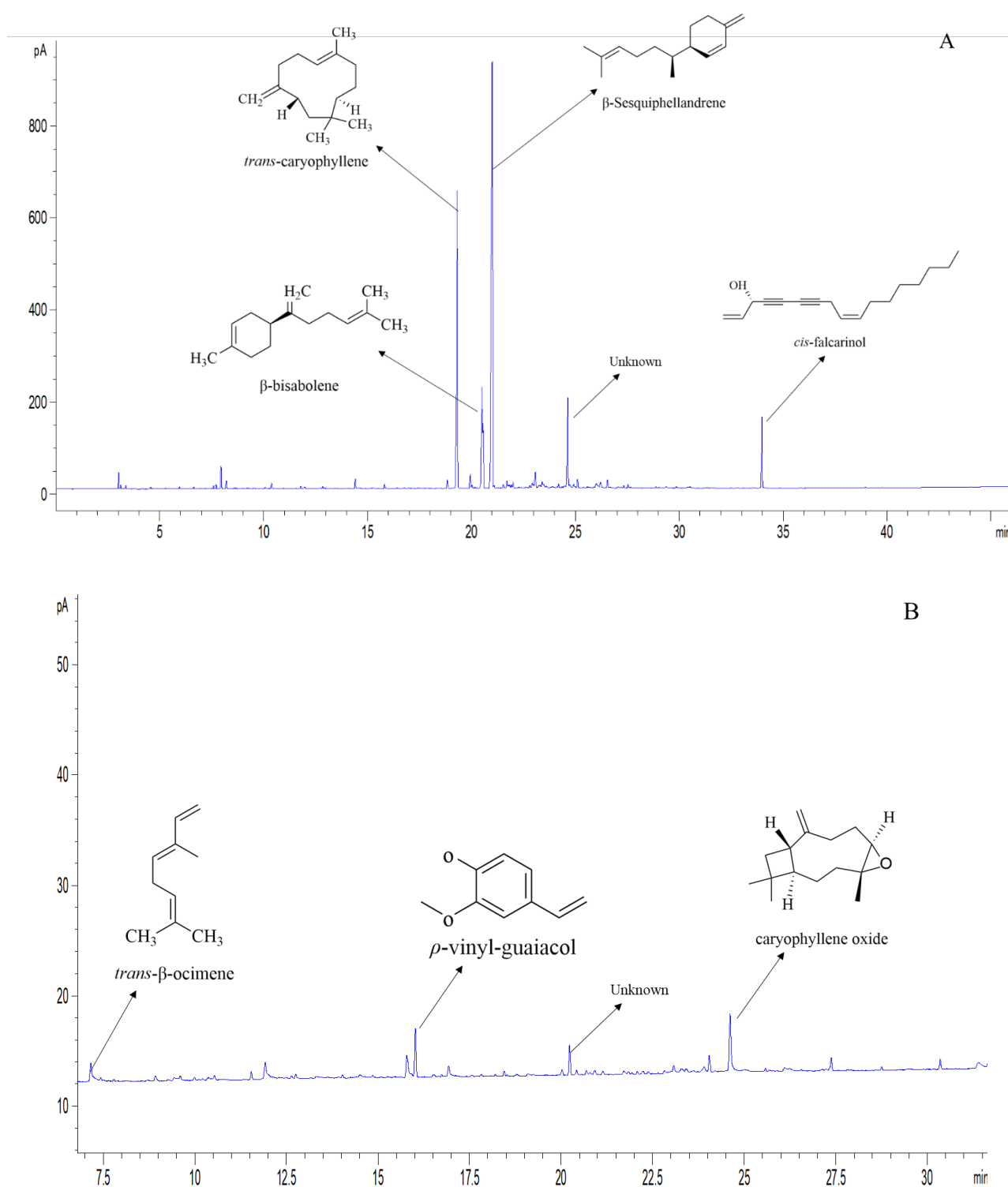
RA: Abr village (Semnan province) and BO: Bojaq (Gilan province).

جدول ۶- گروه‌های شیمیایی اسانس و جزء اتیل استاتی جمعیت‌های مختلف گونه چوچاق (*Eryngium caucasicum*)

Table 6. Chemical groups of essential oil or ethyl acetate fraction in different *Eryngium caucasicum* populations

Plant sample		Monoterpene	Sesquiterpene	Non-Terpene	Total	
Essential oil	RA	Number of chemical groups	-	6	3	9
		Percentage	-	59.9	28.5	88.4
	BO	Number of chemical groups	-	6	3	9
		Percentage	-	57.1	29.7	90.8
Ethyl acetate fraction	RA	Number of chemical groups	2	6	4	12
		Percentage	14.0	36.2	28.9	79.1
	BO	Number of chemical groups	2	3	4	9
		Percentage	20.8	21.2	40.2	82.2

RA: Abr village (Semnan province) and BO: Bojaq (Gilan province).



شکل ۴- کروماتوگرام GC همراه با ترکیب‌های اصلی اسانس (A) و جزء اتیل استاتی (B) گونه *Eryngium caucasicum*

Figure 4. GC chromatograph with main components of essential oil (A) and ethyl acetate fraction (B) of *Eryngium caucasicum*

بحث

به طور کلی گونه‌های مختلف جنس *Eryngium* اسانس بالایی ندارند، اما گونه *E. billardieri* یکی از گونه‌های این جنس در ایران است که دارای اسانس بیشتری نسبت به بسیاری از گونه‌های دیگر می‌باشد. گزارش‌هایی در مورد بازده اسانس در گونه‌های مختلف جنس *Eryngium* وجود دارد که حکایت از میزان پایین اسانس در گیاهان این جنس دارد. میزان بازده اسانس گونه‌های مختلف این جنس در مطالعات مختلف بین ۰/۰۳-۰/۹ درصد به ترتیب برای گونه‌های *E. pandanifolium* و *E. tricuspidatum* گزارش شده است (Brophy et al., 2003؛ Merghache et al., 2014). رنگ اسانس این گونه‌ها از زرد کم‌رنگ (*E. glomeratum*) تا زرد (*E. tricuspidatum*) متفاوت می‌باشد (Merghache et al., 2014؛ Landoulsi et al., 2016). مطالعه Mahmoudi (2014) همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که گونه‌های *E. noeanum* و *E. iranica* دارای رنگ زرد پررنگ تا نارنجی می‌باشند. در گزارش Mahmoudi و همکاران (۲۰۲۲) آمده است که گونه زول بیابانی با نام علمی *E. noeanum* دارای اسانس بالایی می‌باشد و در بین تمام گونه‌های زول در ایران بیشترین درصد اسانس را دارد. به گونه‌ای که درصد اسانس این گونه ۵۵٪ گزارش شده است که در مقایسه با درصد اسانس گونه‌های مورد مطالعه در این تحقیق به مراتب اسانس بالاتری دارد. در حالی که درصد اسانس گونه *E. thyrsoideum* یا زول گرزنی در مقایسه با گونه‌های مورد بررسی در این تحقیق دارای درصد اسانس بسیار پایین‌تری بود. به طوری که در مطالعه Mahmoudi و همکاران (۲۰۲۰) مشخص شد که جمعیت‌های مختلف این گونه دارای ۰/۰۷-۰/۰۵ درصد اسانس می‌باشد. به طور کلی درصد جزء آلی عرق در مقایسه با درصد اسانس، بسیار پایین می‌باشد. بیشترین مقدار درصد جزء آلی در این تحقیق مربوط به جمعیت Of-GN با مقدار ۰/۰۳۱ درصد بود، در حالی که در مطالعه Mahmoudi و همکاران (۲۰۲۰) بیشترین مقدار

برای جزء آلی عرق زول گرزنی ۰/۰۴ درصد بدست آمد. ترکیب ۶،۳،۲-تری متیل بنزالدئید از عمده ترکیب‌های اسانس گونه‌های مختلف بوقناق می‌باشد. این ترکیب در اسانس تعداد زیادی از گونه‌های بوقناق گزارش شده است. این ترکیب غیر ترپنی در اسانس زول گرزنی با نام علمی *E. thyrsoideum* از ۳۴-۱۱/۵ درصد (وابسته به جمعیت) گزارش شد (Mahmoudi et al., 2020). بیشترین مقدار آن در این تحقیق ۱۸/۸ درصد بود. مقدار این ترکیب در اسانس گونه‌های *E. noeanum* و *E. iranica* برخلاف سایر گونه‌ها کمتر بود (Mahmoudi et al., 2022). در اسانس گونه *E. expansum* به مقدار ۸ درصد و در ریشه گونه *E. palmatum* به مقدار ۵/۴ درصد گزارش شده است (Brophy et al., 2003؛ Marcetic et al., 2014). ترکیب سسکوئی سینئول نیز با ۴۰ درصد در جمعیت RZ در این تحقیق بیشترین مقدار را دارا بود. در گونه زول گرزنی این مقدار در بیشترین مقدار خود به ۵/۸ درصد رسید و در یکی از توده‌های زول بیابانی بیشترین مقدار آن ۸/۴ درصد گزارش شد (Mahmoudi et al., 2020؛ Mahmoudi et al., 2022). این ترکیب در گونه *E. planum* حتی به مقدار ناچیز هم گزارش نشد (Mahmoudi et al., 2024). این بدین معنی است که اسانس گونه مورد مطالعه در این تحقیق (البته توده RZ) یک منبع مناسب از این ترکیب می‌باشد. بیشترین مقدار ترکیب بتا-بیسابولنل در این تحقیق ۱۳/۸ درصد در اسانس جمعیت DL مشاهده شد. در گزارش Mahmoudi و همکاران (۲۰۲۰) در اسانس زول گرزنی این ترکیب با مقدار ۱/۳ درصد گزارش شد که مقدار بسیار پایین‌تری داشت.

در جزء اتیل استاتی به عنوان یک جزء آلی تعداد قابل توجهی ترکیب شناسایی گردید. در میان آنها هیچ گونه ترکیب مونوترپنی مشاهده نشد، فقط سسکوئی‌ترین و ترکیبات غیرترپنی بودند که ترکیب‌های غیرترپنی بیشتر از بقیه داشتند. یکی از اصلی‌ترین ترکیب‌ها ۶،۳،۲-تری متیل بنزالدئید بود. مقدار این ترکیب در جزء آلی عرق به مراتب بیشتر از اسانس بود. همین موضوع در مورد جزء اتیل

سسکوئی‌ترین بودند، به‌طوری‌که بین ۶۲ تا ۷۲ درصد از اسانس را شامل می‌شدند. مقدار ترکیب‌های مونوترپن بسیار پایین بود. اما مقدار ترکیب‌های غیرترپنی در اسانس نیز قابل توجه بود. این نتیجه با نتایج تحقیقات متعددی همسو بود و نشان‌دهنده این می‌باشد که اسانس گونه‌های جنس *Eryngium* اغلب دارای ترکیب‌های سسکوئی‌ترین و غیرترپنی است (Mahmoudi et al., 2020; Mahmoudi et al., 2022). ترکیب‌های مونوترپن حتی به مقدار ناچیز در جزء آلی عرق گونه *E. billardieri* مشاهده نشد و سسکوئی‌ترین‌ها نیز مقدار کمتری نسبت به اسانس داشتند، اما ترکیب‌های غیرترپنی بعکس ظاهر شدند و در این جزء مقدار بسیار بالاتری نسبت به اسانس را دارا بودند. در جزء آلی عرق گونه زول گرزنی، در مطالعه Mahmoudi و همکاران (۲۰۲۰) برخلاف این تحقیق که ترکیبات سسکوئی‌ترین نیز حضور داشتند تنها ترکیب‌های غیرترپنی مشاهده گردید.

در اسانس زول گرزنی در مطالعه Mahmoudi و همکاران (۲۰۲۰) این ترکیب در بالاترین مقدار خود (۵/۶ درصد) گزارش شد که در مقایسه با نتایج این تحقیق مقدار بسیار پایین‌تری داشت. همچنین این ترکیب در گونه *E. iranicum* مشاهده نشد و در گونه زول بیابانی یا *E. noeanum* در بیشترین حالت خود به ۵/۹ درصد رسید. در مطالعه Hashemabadi و همکاران (۲۰۱۰) این ترکیب در اسانس چوچاق در حدود ۴ درصد گزارش شد. در تحقیق Hashemabadi و همکاران (۲۰۱۰) مشاهده شد که ترکیب بتا-بیسابولن در مراحل مختلف رویشی و در مناطق مختلف بازه‌ای بین ۷/۴ - ۱/۳ درصد را دارد. اما در این مطالعه این ترکیب در توده BO با مقدار ۹/۸ درصد شناسایی گردید. در این مطالعه ترکیب بتا-سسکوئی فلاندرن در توده RA با مقدار ۳۰/۱ درصد مشاهده گردید، در حالی که در مطالعه Hashemabadi و همکاران (۲۰۱۰) بیشترین مقدار این ترکیب در حدود ۲۱ درصد گزارش شد و با مقدار این ترکیب در توده BO در این مطالعه حدوداً برابر بود. این نتیجه نشان‌دهنده تأثیر اقلیم بر محتوای اسانس

استاتی عرق و اسانس گونه زول گرزنی در مطالعه Mahmoudi و همکاران (۲۰۲۰) گزارش شد. به‌طوری‌که در مطالعه مذکور این ترکیب به مقدار ۷۰ درصد در جزء آلی مشاهده شده است و در اسانس آن فقط ۱۸/۶ درصد بود. همین مسئله نیز در این مطالعه مشاهده شد. این موضوع می‌تواند به دلیل این باشد که این ترکیب تمایل بالایی به حل شدن در آب دارد و مقدار بالایی از آن در عرق گونه‌های بوقناق باقی می‌ماند که باید در صنعت تولید عرق بوقناق مورد توجه قرار گیرد. یک ترکیب غیرترپنی دیگر از همین نوع ترکیب‌ها با نام ۲،۴،۶-تری متیل بنزالدئید در اسانس و جزء آلی عرق زول گرزنی مشاهده شده است که همان رفتار را دارد. اما مقدار آن به مراتب کمتر از ترکیب ۶،۳،۲-تری متیل بنزالدئید می‌باشد (Mahmoudi et al., 2020). ترکیب سسکوئی سینثول نیز از ترکیب‌های اصلی در جزء آلی عرق گونه *E. billardieri* در این مطالعه بود. این ترکیب در جزء آلی عرق گونه زول گرزنی مشاهده نشد ولی در اسانس آن مقدار پایینی داشت. شاید عدم مشاهده این ترکیب در جزء مربوط در گونه زول گرزنی به دلیل پایین بودن این ترکیب به‌صورت طبیعی در اسانس این گیاه باشد اما در این تحقیق این ترکیب به مقدار بسیار بالایی چه در اسانس و چه در جزء آلی مربوط مشاهده شد، چون در اسانس مقدار بالاتری داشت نشان‌دهنده آن است که تمایل بالاتری به قرار گرفتن در اسانس را دارد اما در صورت بالا بودن آن می‌تواند در آب نیز امتزاج یابد و وارد عرق این گیاه شود.

ترکیب ۳-متیل-۲(h5)-فورانون به‌عنوان یک ترکیب غیرترپنی در جزء استاتی عرق *E. billardieri* با مقدار بالایی مشاهده شد. اما حتی به مقدار ناچیز در اسانس حضور نداشت و در سایر گونه‌ها نیز مشاهده نشده است. بار-وینیل‌گواکول نیز از ترکیب‌های اصلی غیرترپنی در جزء آلی عرق گونه‌های جنس *Eryngium* می‌باشد. زیرا در اسانس زول گرزنی حتی به مقدار ناچیز مشاهده نشد ولی در جزء استاتی عرق آن درصد بالایی (۲۷ درصد) داشت که این نتیجه در این مطالعه نیز صدق می‌کند. غالب ترکیب‌ها در اسانس *E. billardieri* در این تحقیق

بعکس بالا بودن ترکیب‌های غیرترپنی در جزء آلی عرق نسبت به اسانس در این مطالعه و در مطالعه Mahmoudi و همکاران (۲۰۲۰) مشاهده شد.

نتایج این مطالعه نشان داد که دو گونه بررسی شده، یعنی *E. caucasicum* و *E. billardieri* از گونه‌های شناخته شده و پرکاربرد در میان مردم ایران هستند. گونه *E. billardieri* به عنوان اصلی ترین گیاه مورد استفاده در تولید عرق بوقناق نیز شناخته می شود، هرچند گاهی گونه *E. thyrsoideum* به صورت محدود در این فرایند استفاده می شود. شواهد نشان می دهد که احتمال ترکیب گونه ها هنگام جمع آوری یا فراوری در کارگاه های عرق گیری وجود دارد. این موضوع می تواند منجر به تغییر در آثار عرق بوقناق در زمان های مختلف شود، که برخی مواقع مورد رضایت مصرف کنندگان است و گاه نارضایتی آنان را به دنبال دارد.

گونه *E. caucasicum* که با نام محلی «چوچاق» شناخته می شود، به ویژه در شمال ایران به عنوان سبزی معطر مصرف می گردد. بررسی ترکیب های فرار محلول و نامحلول در آب نشان داد که ترکیب های خاصی مانند پارا-وینیل گویاکول و ۳-متیل-۲(h5)-فورانون در جزء آلی عرق هر دو گونه حضور دارند، در حالی که در اسانس آنها یافت نمی شوند. همچنین، ترکیب ۲،۳،۶-تری متیل بنزالدئید در هر دو گونه شناسایی شد، اما مقدار آن در اسانس و جزء آلی گونه *E. billardieri* به مراتب بیشتر بود. از سوی دیگر، ترکیب ۳،۲،۴-تری متیل بنزالدئید فقط در اسانس گونه *E. billardieri* یافت شد.

این پژوهش تکمیل کننده مطالعات قبلی بوده و هدف آن ارائه اطلاعات دقیق تر به فعالان صنعت عرق گیری و کمک به شناخت بهتر گونه های این جنس است تا فرایند تولید عرق بوقناق بهینه تر شود و محصولی با کیفیت یکنواخت عرضه گردد. البته در مطالعات فارماکولوژیک مختلف در کنار مطالعات فیتوشیمیایی در راستی آزمایی آثار کاهندگی قند خون، می تواند در مورد آثار گزارش شده از این گیاه بسیار مؤثر باشد.

می باشد. در اسانس گونه *E. iranica* این ترکیب مشاهده نشد ولی در اسانس زول بیابانی به مقدار حداکثر ۸ درصد گزارش شد. در اسانس گونه زول گرزنی نیز مقدار کمی داشت (Mahmoudi et al., 2020؛ Mahmoudi et al., 2022). همچنین در اسانس *E. billardieri* در همین تحقیق مقدار این ترکیب بین ۴-۸ درصد بود. این بررسی ها نشان می دهد که گونه چوچاق در بین سایر گونه های بوقناق در ایران منبع بهتری برای ترکیب بتا-سسکوئی فلاندرن می باشد. یکی از ترکیب های اصلی غیرترپنی که با درصد بالایی نیز در اسانس گونه های مختلف بوقناق مشاهده می گردد، ترکیب سیس-فالکارینول می باشد. در مطالعه Hashemabadi و همکاران (۲۰۱۰) که بر روی اسانس گونه چوچاق بود این ترکیب مشاهده نشد اما در این تحقیق جزو ترکیب های اصلی با درصد بالا بود. در سایر گونه ها مانند *E. planum* زول گرزنی، زول بیابانی و بوقناق ایرانی یا *E. iranica* مشاهده شده است (Mahmoudi et al., 2020؛ Mahmoudi et al., 2022؛ Mahmoudi et al., 2024).

در جزء آلی عرق گونه چوچاق، در این مطالعه ترکیب ۳-متیل-۲(h5)-فورانون با درصد بالایی به ویژه در توده BO بود. ترکیب ترانس-بتا-اوسیمین هم از ترکیب های مونوترپنی بود که شامل ترکیب های اصلی در جزء آلی بود که به مقدار کمی در زول بیابانی گزارش شده است. پارا-وینیل گویاکول نیز به عنوان یک ترکیب غیرترپنی است که در اسانس گونه های این جنس دیده نشده است اما وارد عرق می شود. این ترکیب با درصد قابل توجهی در جزء آلی در دو تا گونه مورد بررسی در این مطالعه و در مطالعه Mahmoudi و همکاران (۲۰۲۰) در گونه زول گرزنی نیز مشاهده شده است. برخلاف گونه *E. billardieri* که در اسانس آن ترکیب های مونوترپنی مشاهده شد در اسانس چوچاق مشاهده نشد، ولی در جزء آلی گونه چوچاق مشاهده شد. کمتر بودن ترکیب های سسکوئی ترین در جزء آلی نسبت به اسانس و

References

- British Pharmacopoeia, 1988. British Pharmacopoeia. H.M. Stationery Office, London.
https://books.google.com/books/about/BritishPharmacopoeia_1988.html?id=tMpKAQAAIAAJ
- Brophy, J.J., Goldsack, R.J., Copeland, L.M. and Palá-Paúl, J., 2003. Essential oil of *Eryngium* L. species from New South Wales (Australia). *Journal of Essential Oil Research*, 15(6): 392-397.
<https://doi.org/10.1080/10412905.2003.9698619>
- Darriet, F., Andreani, S., Cian, M.C., Costa, J. and Muselli, A., 2014. Chemical variability and antioxidant activity of *Eryngium maritimum* L. essential oils from Corsica and Sardinia. *Flavour and Fragrance Journal*, 29(1): 3-13.
<https://doi.org/10.1002/ffj.3160>
- Hashemabadi, D. and Kaviani, B., 2011. Chemical constituents of essential oils extracted from the leaves and stems of *Eryngium caucasicum* Trautv. from Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 14(6): 693-698.
<https://doi.org/10.1080/0972060X.2011.10643991>
- Hashemabadi, D., Kaviani, B., Erfatpour, M. and Larijani, K., 2010. Comparison of essential oils compositions of eryngo (*Eryngium caucasicum* Trautv.) at different growth phases by hydrodistillation method. *Plant Omics Journal*, 3(4): 135-139.
https://www.pomics.com/hashemabadi_3_4_2010_135_139.pdf
- Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogg, E.A., Stevens, P.F. and Donoghue, M.J., 2007. *Plant Systematics: A Phylogenetic Approach*. Sinauer Associate Inc, 3rd edition Publishers, Sunderland Massachusetts U.S.A., 611p.
<https://doi.org/10.1111/j.1096-0031.2008.00212.x>
- Küpeli, E., Kartal, M., Aslan, S. and Yesilada, E., 2006. Comparative evaluation of the anti-inflammatory and antinociceptive activity of Turkish *Eryngium* species. *Journal of Ethnopharmacology*, 107(1): 32-37.
<https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.02.005>
- Landoulsi, A., Roumy, V., Duhal, N., Skhiri, F.H., Rivière, C., Sahpaz, S. and Hennebelle, T., 2016. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil from aerial parts and roots of *Eryngium barrelieri* Boiss. and *Eryngium glomeratum* Lam. from Tunisia. *Chemistry & Biodiversity*, 13(12): 1720-1729.
<https://doi.org/10.1002/cbdv.201600136>
- Mahmoudi, A., Ebadi, M.T. and Ayyari, M., 2020. Aerial parts volatile components of three different accessions of *Eryngium thyrsoideum* Boiss. from Iran. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 36(2): 245-258.
<https://doi.org/10.30495/ejmap.2023.702346>
- Mahmoudi, A., Ebadi, M.T. and Ayyari, M., 2024. Qualitative changes of Blue eryngo (*Eryngium planum* L.) phytochemicals as affected by different drying methods. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 40: 100543.
<https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2024.100543>
- Mahmoudi, A., Ebadi, M.T. and Ayyari, M., 2022. Comparison of the essential oils of medicinal plant populations of *Eryngium noeanum* Boiss. and *Eryngium iranicum* Mozaff. in Iran. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 11(1): 49-64. <https://doi.org/10.30495/ejmap.2023.702346>
- Marcetic, M., Petrovic, S., Milenkovic, M., Vujisic, L., Tesevic, V. and Niketic, M., 2014. Composition and antimicrobial activity of root essential oil of Balkan endemic species *Eryngium palmatum*. *Chemistry of Natural Compounds*, 49(6): 1140-1142.
<https://doi.org/10.1007/s10600-014-0843-x>
- Merghache, D., Boucherit-Otmani, Z., Merghache, S., Chikhi, I., Selles, C. and Boucherit, K., 2014. Chemical composition, antibacterial, antifungal and antioxidant activities of Algerian *Eryngium tricuspidatum* L. essential oil. *Natural Product Research*, 28(11): 795-807.
<https://doi.org/10.1080/14786419.2014.883392>
- Mozaffarian, V., 2012. *Identification of Medicinal and Aromatic plants of Iran*. Farhang Moaser Press, Iran, 1350p. (In persian)
<https://www.gisoom.com/book/11131259/>
- Mozaffarian, V., 2008. *Iranian Flora, Umbelliferae*. Research Institute of Forests and Rangelands, Iran, 596p. (In persian).
<https://www.gisoom.com/book/1444803/>
- Mozaffarian, V., 2013. Two new species and two new records of Apiaceae from Iran. *Rostaniha*,

- 14(1): 36-42.
<https://doi.org/10.22092/botany.2013.101307>
- Nejadhabibvash, F., Rezaee, M.B., Mahmudi, A. and Jaimand, K., 2018. Effect of harvesting time on content and chemical composition of essential oil from *Stachys lavandulifolia* Vahl. (Lamiaceae). Journal of Medicinal Plants and By-products, 7(2): 181-187.
<https://doi.org/10.22092/jmpb.2018.118146>
 - Motalledi Riekandeh, S.M., Mazandarani, M., Ebrahimzadeh, M.A. and Zargari, M., 2016. Antioxidant activities of *Eryngium caucasicum* inflorescence. European Review for Medical and Pharmacological Sciences, 20(5): 946-949.
<https://www.europeanreview.org/wp/wp-content/uploads/946-949.pdf>
 - Roshanravan, N., Asgharian, P., Dariushnejad, H., Alamdari, N.M., Mansoori, B., Mohammadi, A., Alipour, S., Barati, M., Ghavami, A., Ghorbanzadeh, V., Aamazadeh, F. and Ostadrahimi, A., 2018. *Eryngium billardieri* induces apoptosis via bax gene expression in pancreatic cancer cells. Advanced Pharmaceutical Bulletin, 8(4): 667.
<https://doi.org/10.15171/apb.2018.075>
 - Santos-Gomes, P.C. and Fernandes-Ferreira, M., 2001. Organ-and season-dependent variation in the essential oil composition of *Salvia officinalis* L. cultivated at two different sites. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49(6): 2908-2916.
<https://doi.org/10.1021/jf001102b>
 - Sefidkon, F., Dabiri, M. and Alamshahi, A., 2004. Chemical composition of the essential oil of *Eryngium billardieri* F. Delaroché from Iran. Journal of Essential Oil Research, 16(1): 42-43.
<https://doi.org/10.1080/10412905.2004.969864>
 - Sepanlou, M.G., Ardakani, M.M., Hajimahmoodi, M., Sadrai, S., Amin, G.R., Sadeghi, N. and Lamardi, S.N.S., 2019. Ethnobotanical and traditional uses, phytochemical constituents and biological activities of *Eryngium* species growing in Iran. Traditional Medicine Research, 4(3): 148-159.
<https://doi.org/10.12032/TMR20190412114>
 - Singh, V. and Jain, D.K., 2007. Taxonomy of Angiosperms. Rastogi publications, India, 298p.
[https://uou.ac.in/sites/default/files/slm/BOT\(N\)-201.pdf](https://uou.ac.in/sites/default/files/slm/BOT(N)-201.pdf)
 - Thiem, B., Kikowska, M., Kurowska, A. and Kalembe, D., 2011. Essential oil composition of the different parts and *in vitro* shoot culture of *Eryngium planum* L. Molecules, 16(8): 7115-7124.
<https://doi:10.3390/molecules16087115>
 - Thomas, P., Essien, E., Ntuk, S. and Choudhary, M., 2017. *Eryngium foetidum* L. essential oils: chemical composition and antioxidant capacity. Medicines, 4(2): 24.
<https://doi:10.3390/medicines4020024>
 - Wang, P., Su, Z., Yuan, W., Deng, G. and Li, S., 2012. Phytochemical constituents and pharmacological activities of *Eryngium* L. (Apiaceae). Pharmaceutical Crops, 3: 99-120.
<http://dx.doi.org/10.2174/221029060120301009>
 - Wörz, A. and Diekmann, H., 2010. Classification and evolution of the genus *Eryngium* L. (Apiaceae-Saniculoideae): results of fruit anatomical and petal morphological studies. Plant Diversity and Evolution, 128(3-4): 387-408.
<https://doi.org/10.1127/1869-6155/2010/0128-0018>
 - Wörz, A., 2005. A new subgeneric classification of the genus *Eryngium* L. (Apiaceae, Saniculoideae). Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie, 126(2): 253-259.
<https://doi.org/10.1127/0006-8152/2005/0126-0253>
 - Yesilada, E., Tanaka, S., Tabata, M. and Sezik, E., 1989. The anti-inflammatory activity of the fractions from *Eryngium billardieri* in mice. Phytotherapy Research, 3(1): 38-40.
<https://doi.org/10.1002/ptr.2650030111>
 - Zargari, A., 1996. Medicinal Plants. University of Tehran Press, Iran, 976p.
<https://heremap.dm3.ir/content/3388>