



<https://tbj.ui.ac.ir/?lang=en>

Taxonomy and Biosystematics

E-ISSN: 2322-2190

Document Type: Research Paper

Vol. 16, Issue 4, No.61, (2025), P: 41-56

Received: 01/12/2024

Accepted: 04/01/2025

Evaluation of essential oil compounds diversity in dill (*Anethum graveolens* L.) accessions under field conditions

Asghar Ebadi * 

Associated Professor, Department of Plant science, Moghan College of Agriculture and Natural Resource, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
asghar_ebadi@uma.ac.ir

Mehdi Mohebodini

Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resource, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
mehdimohab@yahoo.com

Afsaneh Gholizadeh

M. A. Student of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resource, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
gholizadeh71@yahoo.com

Abstract

Dill (*Anethum graveolens* L.) is an aromatic annual plant with strong medicinal properties, belonging to the Apiaceae family, and is widely cultivated in Iran and globally. This study focused on the phytochemical diversity of dill ecotypes from Arak, Jahrom, Malayer, Jolfa, and Kashmar to examine essential oil quantity and quality. Seeds from the studied ecotypes were collected, and their germination rates were determined. They were then cultivated and grown to the full flowering stage. At full bloom, the plant organs were harvested and dried in the shade. Essential oils were extracted using water distillation with a Clevenger apparatus, and the yield was calculated. The highest essential oil yield (0.34%) was obtained from the Kashmar accession, while the lowest (0.06%) was from the Arak accession. GC/MS analysis identified 71 compounds across the five ecotypes: 26 from Arak, 34 from Malayer, 26 from Jahrom, 42 from Jolfa, and 37 from Kashmar. Santolina triene had the highest concentration (0.591%) in the Jahrom accession, while cineole had the lowest (0.016%) in the Malayer accession. Compounds consistently present included α -phellandrene, D-limonene, limonene, *p*-cymene, carvone, dihydrocarvone, *trans*-dihydrocarvone, dihydrocarveol, piperitenone oxide, myristicin, elemicin, apiol, and oleic acid. These findings provide valuable insights for conserving Iranian dill germplasm and for introducing these ecotypes to the food, pharmaceutical, and cosmetic industries.

Keywords: Essential oil, dill, phenylpropanoid, monoterpenoid

Introduction

The increasing demand for healthy and safe food products, driven by their impact on human health and environmental considerations is a significant concern. This is especially important for medicinal-edible plants that are directly related to human health (Rostaei et al., 2018). The climatic diversity of Iran has created unique natural habitats for medicinal plants, leading to a wide variety of these plants (Sarabi & Sefidkon, 2017; Nikrouz-Gharamaleki et al., 2019). Sustainable exploitation and conservation of these plants require awareness and management of their natural diversity. Dill (*Anethum graveolens* L.) is an edible-medicinal plant with essential oil that finds applications in various industries due to its valuable secondary metabolites (Setayesh-Mehr & Ganjeali, 2013; Pakravan et al., 2016). The reported medicinal effects of dill include anticancer, antifungal, antioxidant, antibacterial, cardioprotective, anti-diabetic, kidney protective, antidepressant,

*Corresponding author

Ebadi, A. Mohebodini, M. and Gholizadeh, A. (2025). Evaluation of essential oil compounds diversity in dill (*Anethum graveolens* L.) accessions under field conditions. *Taxonomy and Biosystematics*, 16(4), 41-56.

2322-2190 © The Author(s).

Published by University of Isfahan

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>).



<http://dx.doi.org/10.22108/tbj.2025.143551.1290>

anti-inflammatory, analgesic, protective and antisecretory effects on gastric mucosa, increased progesterone concentration, and anti-diarrheal properties. This study examined the native ecotypes of dill from different regions of Iran and their phytochemical diversity in terms of essential oil to determine their variability in the quantity and quality of the extracted compounds. The results can be effective in the identification, management, and conservation of the natural germplasm of dill, and the selected ecotypes can be used in modern agricultural systems.

Materials & Methods

Fifty grams of dried samples of each variety were used for essential oil extraction using a Clevenger apparatus. To separate, identify, and quantify the compounds present in the extracted essential oil, a GC/MS device was utilized. Following preparation, 1 microliter of essential oil from each sample was injected into the device to determine the types of compounds present. After separation, the percentage of the essential oil components was calculated using the retention index. Finally, the proposed compounds were downloaded from the computer library connected to the device in separate files and compared with standard compounds from reputable sources ([Adams, 1995](#); [NIST WebBook](#)). The gas chromatography device, equipped with a spectrophotometer detector, was manufactured by Agilent, USA. It featured the Agilent 7890B Series GC and Agilent 5977 Series MSD, which supports liquid sample injection with a Split/Splitless Inlet dilution. Additionally, the device offers the capability to perform qualitative and quantitative identification using a mass spectrometer detector (MSD).

Research Findings

The results of this study showed that the essential oil yield of the ecotypes varied from 0.06% to 0.34%. There were differences among the evaluated ecotypes in terms of the quantity and type of compounds. In total, 71 compounds were identified across the five ecotypes, with the highest amount (0.591%) related to Santolina triene in the Jahrom ecotype, and the lowest amount (0.016%) related to Cineole in the Malayer ecotype. Of the 71 identified compounds, 13 compounds— α -phellandrene, D-limonene, limonene, *p*-cymene, carvone, dihydrocarvone, *trans*-dihydrocarvone, dihydrocarveol, piperitenone oxide, myristicin, elemicin, apiol, and oleic acid—were produced in all ecotypes in varying amounts. Among these 13 compounds, the first eight are cyclic monoterpenoids, and piperitenone oxide is biosynthesized through the methylerythritol phosphate (MEP) pathway in the plastid.

Discussion of Results & Conclusion

The yield of essential oil can be affected by environmental, genetic, and plant organ factors. When examining the impact of plant genetics on essential oil yield, a study on the essential oil of different ecotypes of dill reported that the essential oil content varies from 0.22% to 0.46% across ecotypes ([Mohebodini and Farmanpour-Kalagh, 2021](#)). This finding is consistent with the results of this study, which also observed variability in essential oil content among different ecotypes. Given that the ecotypes studied were collected from different regions of the country but cultivated under the same climatic conditions, the phytochemical diversity of the essential oil-based ecotypes showed significant differences in terms of yield and constituent compounds. Across all ecotypes, 13 compounds were produced, but their amounts varied among the five ecotypes. The compounds dihydrocarvone, *trans*-dihydrocarvone, carvone, elemicin, and apiol were identified as the dominant compounds in these ecotypes. These differences can be attributed to the genetic potential of the studied ecotypes under the climatic conditions of the cultivation site. This genetic potential has facilitated the production of various monoterpenoid and phenylpropanoid compounds. Thus, the information obtained from this study can be useful and effective in identifying and introducing specific ecotypes for the extraction and production of valuable compounds for the food and pharmaceutical industries.

بررسی تنوع ترکیبات اسانس توده‌های شوید (*Anethum graveolens* L.) در شرایط مزرع‌ای

اصغر عبادی* ، دانشیار گروه علوم گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

asghar_ebadi@uma.ac.ir

مهدی محب‌الدینی، استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

mehdimohab@yahoo.com

افسانه قلی‌زاده، دانشجوی کارشناسی ارشد علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

gholizadeh71@yahoo.com

چکیده

شوید (*Anethum graveolens* L.) گیاه خوراکی - دارویی معطر و یک‌ساله از تیره چتریان است که خواص دارویی قوی دارد و امروزه در نقاط مختلف ایران و جهان کشت و کار می‌شود. در این مطالعه، تنوع فیتوشیمیایی توده‌های شوید اراک، جهرم، ملایر، جلفا و کاشمر به‌منظور بررسی کمیت و کیفیت اسانس بررسی شد. ابتدا بذور توده‌های مطالعه‌شده بعد از جمع‌آوری و تعیین قوه نامیه آنها، در مزرعه کشت شدند و پرورش گیاهان تا رسیدن به مرحله تمام گل انجام شد. سپس اندام‌های گیاهی در مرحله تمام گل، برداشت و در سایه خشک شد. اسانس گیری از نمونه خشک توده‌ها با روش تقطیر با آب از طریق کلونجر، انجام و بازده اسانس برای آنها محاسبه شد. بیشترین و کمترین میزان اسانس استخراج‌شده به‌ترتیب با مقادیر ۰/۳۴ و ۰/۰۶ درصد در توده‌های کاشمر و اراک حاصل شد. به‌منظور جداسازی، شناسایی و مشخص کردن ترکیبات موجود در اسانس استحصال‌شده، از دستگاه GC/MS استفاده شد. در مجموع برای پنج توده مختلف، ۷۱ ترکیب شناسایی شد که ۲۶، ۳۴، ۲۶، ۴۲ و ۳۷ ترکیب به‌ترتیب در توده‌های اراک، ملایر، جهرم، جلفا و کاشمر تولید شد. از بین تمامی ترکیبات تولیدشده، بیشترین مقدار (۵۹۱/۰ درصد) مربوط به *Santolina triene* در توده جهرم و کمترین مقدار (۱۶/۰ درصد) مربوط به *Cineole* در توده ملایر بود. در تمامی توده‌های مطالعه‌شده، ترکیبات α -Phellandrene، Limonene، D-Limonene، *p*-Cymenene، Carvone، Dihydrocarvone، *trans*-Dihydrocarvone و Dihydrocarveol به‌عنوان مونوترپن‌وئیدهای حلقه‌ای، Piperitenone oxide به‌عنوان مونوترپن‌وئید کتون، Myristicin، Elemicin و Apiol به‌عنوان فیل‌پروپانوئید و Oleic acid نیز به‌عنوان یک اسیدچرب اشباع‌نشده مونو، به‌صورت ثابت و با مقادیر متنوع حاصل شدند. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های لازم برای حفاظت از ژرم‌پلاسم شوید ایرانی و همچنین معرفی توده‌ها برای صنایع غذایی، دارویی و آرایشی - بهداشتی مفید و مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، شوید، فیل‌پروپانوئید، مونوترپن‌وئید

* مسئول مکاتبات

عبادی، اصغر، محب‌الدینی، مهدی و قلیزاده، افسانه. (۱۴۰۳). بررسی تنوع ترکیبات اسانس توده‌های شوید (*Anethum graveolens* L.) در شرایط مزرع‌ای. تاکسونومی و بیوسستماتیک، ۱۶ (۴)، ۴۱-۵۶.



2322-2190 © The Author(s). Published by University of Isfahan
This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>).

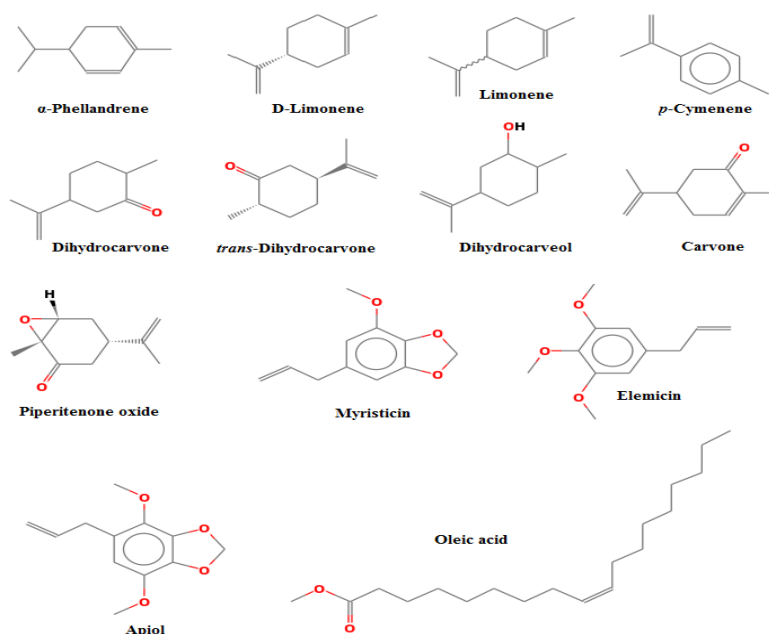


<http://dx.doi.org/10.22108/tbj.2025.143551.1290>

مقدمه

امروزه تقاضا برای محصولات غذایی سالم و ایمن به دلیل تأثیر بر سلامت جوامع بشری و ملاحظات زیست محیطی رو به افزایش است و این امر درباره گیاهانی که به عنوان گیاه دارویی - خوراکی تلقی شده است و به طور مستقیم با سلامت انسان سروکار دارند، از اهمیت بیشتری برخوردار است (Rostaei et al., 2018). تنوع آب و هوایی و اقلیمی ایران منجر به ایجاد رویشگاههای طبیعی منحصربه فردی از گیاهان دارویی شده و تنوع گسترده ای از این گیاهان را به وجود آورده است (Sarabi & Sefidkon, 2017; Nikrouz-Gharamaleki et al., 2019). ضرورت بهره برداری پایدار و حفاظت از ذخایر ژنتیکی این گیاهان، آگاهی یافتن و مدیریت تنوع طبیعی موجود در بین گونه های متنوع گیاهان دارویی است که نقش بسیار مهمی در برنامه ریزی های هدف دار برای حفاظت، بهبود، اصلاح، اهل سازی و معرفی گونه های مذکور به سیستم های کشاورزی دارد؛ بنابراین، لازم است با شناسایی گونه های متنوع و دستیابی به اطلاعات لازم درباره خصوصیات فیتوشیمیایی، گام های اساسی در استفاده از اسانس های گیاهی و اهلی سازی براساس این تنوع برداشته شود (Hadi et al., 2018; Raeisi Monfared et al., 2019). شوید (*Anethum graveolens* L.) یکی از گیاهان خوراکی - دارویی است که تقریباً تمام پیکره آن حاوی اسانس است و می توان به منظور اهداف ذکر شده از تنوع فیتوشیمیایی آن بهره برد. این گیاه به صورت یک ساله و معطر از تیره چتریان (Apiaceae) بوده و بومی جنوب غربی و آسیای مرکزی است (Setayesh-Mehr & Ganjeali, 2013; Pakravan et al., 2016). شوید با داشتن متابولیت های ثانویه ارزشمند (شکل ۱) کاربردهای فراوانی در صنایع مختلف دارد. به طور کلی از برگ ها و بذر آن در تهیه ادویه ها، چاشنی ها و سایر فرآورده های غذایی، آرایشی و بهداشتی استفاده می شود (Kamkar, 2009). از اثرات دارویی گزارش شده آن می توان به ضدسرطان (Gomaa et al., 2020)، ضدقارچ (Hernández-Cánovas et al., 2020)، آنتی اکسیدان (Li et al., 2018)، ضدباکتری (Alamdari-Palangi et al., 2020)، ضدبیماری های قلبی - عروقی (Mohammed et al., 2019)، ضددیابت (Haidari et al., 2020)، محافظت از کلیه (Srivastava et al., 2018)، ضدافسردگی (El Mansouri et al., 2016)، ضدالتهاب (Kazemi, 2015)، ضددرد (Rezaee-Asl et al., 2013)، اثرات محافظتی و ضدترشحات مخاط معده، افزایش غلظت پروژسترون (Al-Snafi, 2014)، ضداسهال (Salih Sahib et al., 2014) و غیره اشاره کرد. از لحاظ طب سنتی نیز این گیاه عمدتاً برای رفع سرفه، مشکلات ادراری، سرماخوردگی، نفخ، اسپاسم، تشنج و درد معده استفاده می شود (Ghasemi, 2005). در حالت کلی، با داشتن انواع متنوعی از اثرات دارویی می توان گیاه شوید را در زمره گیاهان دارویی پرکاربرد قرار داد و توده های بومی آن را از لحاظ تنوع فیتوشیمیایی بررسی کرد. در بررسی تنوع فیتوشیمیایی علاوه بر ژنتیک (Solouki et al., 2012; Suresh et al., 2013) باید توجه داشت وجود ترکیبات مختلف و ساختارهای شیمیایی مختلف می تواند به دلیل محل رشد گیاه (Zarandi & Sistani, 2023)، نوع خاک، آب و هوا، نور (Dehghani et al., 2024)، محتوای آب، زمان برداشت، مرحله رشد گیاه، فیزیولوژی پس از برداشت، اندام گیاهی، کودهای اعمال شده (Baghbani Arani & Adavi, 2021; Ghassemi-Golezani & Solhi-Khajemarjan, 2021) و غیره باشد.

در این مطالعه توده‌های بومی شوید از نقاط مختلف ایران، جمع‌آوری و تنوع فیتوشیمیایی آنها از لحاظ اسانس بررسی شده‌اند تا تنوع آنها از لحاظ کمی و کیفی ترکیبات استحصال‌شده مشخص شود. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند در شناسایی، مدیریت و حفاظت از ژرم‌پلاس بومی شوید مؤثر باشند و توده‌های منتخب در سیستم کشاورزی مدرن استفاده شوند.



شکل ۱. ساختارهای مختلف شیمیایی در ترکیبات ثابت تولیدشده در اسانس توده‌های شوید

Figure 1. Different chemical structures in fixed compounds produced in essential oil of dill ecotypes.

مواد و روش‌ها

کاشت، داشت و استخراج اسانس از توده‌ها

بدور پنج توده شوید ایرانی از اراک، جهرم، ملایر، جلفا و کاشمر، جمع‌آوری (جدول ۱) و در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در استان اردبیل در خاکی با $EC=2/38$ ds/m و $pH=6/85$ در اوایل خرداد کشت شدند. بعد از جوانه‌زدن گیاهچه‌ها، عمل تنک کردن بعد از دو هفته و آبیاری نیز ۲-۳ بار در هفته صورت گرفت. در حین رشد گیاهان وجین کردن علف‌های هرز هم‌زمان با رشدشان انجام شد. پس از رسیدن توده‌های مختلف شوید به مرحله تمام گل (شکل ۲) تقریباً در اوایل مرداد ماه، برداشت آنها آغاز شد و اندام‌های هوایی گیاه، چیده و در پاکت‌های مخصوص قرار داده شدند؛ به‌طوری‌که در هر پاکت نمونه مربوط به هر توده گذاشته شد. در نهایت، نمونه‌ها در دمای محیط و در سایه بدون تابش نور خورشید برای خشک کردن قرار گرفتند. نمونه خشک‌شده هر کدام از توده‌های مختلف شوید به مقدار ۵۰ گرم با ترازوی دیجیتالی توزین شد و در ارلن ۱۰۰۰ میلی‌لیتری، ریخته و ده برابر وزن خشک نمونه، آب مقطر به آن اضافه شد (۵۰۰ میلی‌لیتر). ارلن از پایین به دستگاه کلونجر، وصل و جریان آب برای دستگاه کلونجر باز شد. سپس هیتروشن شد و در زیر ارلن متصل‌شده به دستگاه قرار گرفت تا حرارت را به ارلن انتقال دهد. عمل اسانس‌گیری به مدت ۲ ساعت، انجام و بعد از آن زمان جریان آب متصل به دستگاه و حرارت قطع شد تا اسانس

استحصال شده جمع شود (Madandoust & Fooladchang, 2018). اسانس جمع آوری شده در فلاسک ها یا ظروف کوچک شیشه ای ریخته شد و دور آن سلفون، پیچیده و سپس در فویل آلومینیومی پیچیده و در یخچال قرار داده شد تا سریعاً آنالیز اسانس صورت گیرد (Farmanpour Kalalagh et al., 2023).

جدول ۱. مشخصات جغرافیایی توده های جمع آوری شده شوید

Table 1. Geographical characteristics of the collected dill ecotypes.

اکوتیپ Ecotype	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	ارتفاع از سطح دریا Altitude (m)
Arak	49°70'N	34°08'E	1737
Malayer	48°49'E	34°17'N	1748
Jahrom	53°33'E	28°30'N	1043
Jolfa	45°37'E	38°56'N	707
Kashmar	58°27'E	35°14'N	1051



مرحله گلدهی

بسیست روز بعد از کاشت بذور

شکل ۲. مراحل مختلف رشدی توده های شوید مطالعه شده

Figure 2. Different growth stages of the studied dill stands.

نحوه جداسازی و شناسایی ترکیبات فرار

به منظور جداسازی، شناسایی و مشخص کردن ترکیبات موجود در اسانس استحصال شده، از دستگاه GC/MS استفاده شد. اسانس نمونه های مختلف پس از آماده سازی به مقدار ۱ میکرولیتر به دستگاه تزریق شد تا نوع ترکیب های تشکیل دهنده آن مشخص شود. پس از جداسازی، درصد اجزای تشکیل دهنده اسانس با شاخص بازداري محاسبه شد؛ در نهایت، ترکیبات پیشنهادی از کتابخانه رایانه متصل به دستگاه در فایل های مجزا، دریافت و مقایسه آنها با ترکیب های استاندارد از منابع معتبر انجام شد (Adams, 1995; NIST Webbook).

مشخصات و ویژگی دستگاه‌های استفاده‌شده

دستگاه کروماتوگرافی گازی با آشکارساز طیف‌سنجی، ساخت شرکت Agilent آمریکا با مشخصات فنی Agilent 5977 Series MSD و 7890B Series GC Split/Splitless Inlet و همچنین قابلیت شناسایی کیفی و کمی با آشکارساز طیف‌سنج جرمی (MSD) را دارد. این آشکارساز مجهز به سیستم یونیزاسیون از نوع EL بوده و آنالایزر آن از نوع Single Quadrupole است. همچنین برای دستیابی به حساسیت بالا، دتکتور آن از نوع Triple-Axis Detector (EMP) است که Noise و Drift بسیار پایین دارد. ستون دستگاه نیز به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه ۰/۲۵ میکرومتر از نوع HP-5MS است. در این روش نوع و میزان هریک از ترکیبات سازنده اسانس با مقایسه طیف جرمی هریک از ترکیبات سازنده اسانس با طیف جرمی ترکیبات موجود در بایگانی عظیم دستگاه MS-GC و تجزیه و تحلیل پیک‌های مختلف در کروماتوگرام‌ها مشخص می‌شود (Farmanpour Kalalagh et al., 2023).

نتایج و بحث

بازده اسانس

در این مطالعه بازده اسانس برای توده‌های اراک، ملایر، جهرم، جلفا و کاشمر در **جدول ۲** آورده شده است. همان‌طور که مشخص است بازده اسانس توده‌ها از ۰/۰۶ درصد تا ۰/۳۴ درصد متغیر است. بیشترین بازده اسانس مربوط به توده کاشمر و کمترین بازده اسانس مربوط به توده اراک بود و بازده اسانس سایر توده‌ها بین مقادیر بیشینه و کمینه ذکر شده قرار دارد.

کیفیت و کمیت ترکیبات اسانس

نتایج آنالیز ترکیبات اسانس ۵ توده شوید در **جدول ۲** نشان دادند بین توده‌های ارزیابی‌شده از لحاظ میزان و نوع ترکیبات، تفاوت وجود دارد. در مجموع برای پنج توده مختلف، ۷۱ ترکیب شناسایی شد که ۲۶، ۳۴، ۴۲ و ۳۷ ترکیب به ترتیب در توده‌های اراک، ملایر، جهرم، جلفا و کاشمر تولید شدند. از بین ۷۱ ترکیب تولیدشده، بیشترین مقدار (۰/۵۹۱ درصد) مربوط به ترکیب Santolina triene در توده جهرم و کمترین مقدار (۰/۰۱۶ درصد) مربوط به ترکیب Cineole در توده ملایر بود. از ۷۱ ترکیب شناسایی‌شده، ۱۳ ترکیب در هر ۵ توده مشاهده شدند که از بین آنها Dihydrocarvone، Carvone *trans*-Dihydrocarvone، Elemicin و Apiol ترکیبات غالب این توده هستند. در این بین برخی ترکیبات مانند Santolina triene و Menthol با میزان بالایی فقط در توده جهرم و در توده ملایر مشاهده شدند. با بررسی هریک از توده‌ها، در توده اراک ترکیب Carvone و Methyldimethoxysilane به ترتیب بیشترین (۰/۲۰۱ درصد) و کمترین مقدار (۰/۰۱۷ درصد) را به خود اختصاص دادند. همانند توده اراک، ترکیب Carvone در توده ملایر بیشترین مقدار (۰/۲۶۸ درصد) را داشت؛ اما کمترین مقدار در این توده (۰/۰۱۶ درصد) مربوط به ترکیب Cineole شناسایی شد. در توده جهرم ترکیب Santolina triene با مقدار ۰/۵۹۱ درصد و Dihydrocarveol با مقدار ۰/۰۳۴ درصد از میان ترکیبات به ترتیب حداکثر و حداقل مقادیر را به خود اختصاص دادند. ترکیب‌های Carvone و Apiol نیز

به ترتیب در توده‌های جلفا (۰/۲۴۴ درصد) و کاشمر (۰/۱۶۶ درصد) بیشترین مقدار را نشان دادند و کمترین مقدار با میزان مشابه ۰/۰۲۶ درصد به ترتیب در توده‌های ذکر شده مربوط به ترکیب‌های Eicosane و Heneicosane بودند.

جدول ۲. بازده و ترکیبات تشکیل دهنده اجزای اسانس در توده‌های شوید

Table 2. Essential oil yield and component of dill ecotypes.

شماره Number	نام ترکیب compound	فرمول مولکولی Molecular formula	شاخص بازداری Retention Index	اراک Arak	ملایر Malayer	جهرم Jahrom	جلفا Jolfa	کاشمر Kashmar
۱	Santolina triene	C ₁₀ H ₁₆	۹۰۸	-	-	۰/۵۹۱	-	-
۲	α -Thujene	C ₁₀ H ₁₆	۹۳۱	-	-	-	-	۰/۰۴۳
۳	β -Pinene	C ₁₀ H ₁₆	۹۷۸	-	-	-	۰/۰۴۶	-
۴	cis-Pinane	C ₁₀ H ₁₈	۹۸۱	۰/۰۳۸	۰/۰۳۹	-	۰/۰۳۹	۰/۰۳۸
۵	β -Myrcene	C ₁₀ H ₁₆	۹۸۸	۰/۰۴۹	۰/۰۴۳	۰/۰۴۸	-	-
۶	α -Phellandrene	C ₁₀ H ₁₆	۱۰۰۵	۰/۰۴۵	۰/۰۵۱	۰/۰۶۷	۰/۰۵۸	۰/۰۵
۷	<i>o</i> -Isopropenyltoluene	C ₁₀ H ₁₂	۱۰۰۹	-	-	۰/۰۴۸	-	-
۸	<i>o</i> -Cymene	C ₁₀ H ₁₄	۱۰۲۲	-	-	-	-	۰/۰۳۱
۹	1,8-Cineol	C ₁₀ H ₁₈ O	۱۰۲۶	-	۰/۰۱۶	-	-	-
۱۰	D-Limonene	C ₁₀ H ₁₆	۱۰۲۹	۰/۰۶۲	۰/۰۵۵	۰/۰۳۹	۰/۰۲۹	۰/۰۵۷
۱۱	β -Cymene	C ₁₀ H ₁₄	۱۰۳۰	-	۰/۰۲۷	۰/۰۴۹	-	-
۱۲	Limonene	C ₁₀ H ₁₆	۱۰۳۲	۰/۰۵۶	۰/۰۸۳	۰/۰۸	۰/۰۹۹	۰/۱۰۵
۱۳	2-Isopropyl-5-methyl-9-methylene-bicyclo-1-decene(4.4.0)	C ₁₅ H ₂₄	۱۰۴۹	-	۰/۰۴۹	-	۰/۰۴۸	۰/۰۴۹
۱۴	γ -Terpinene	C ₁₀ H ₁₆	۱۰۵۸	-	۰/۰۳۴	-	-	-
۱۵	<i>p</i> -Cymenene	C ₁₀ H ₁₂	۱۰۸۹	۰/۰۲۱	۰/۰۵	۰/۰۵۹	۰/۰۶۷	۰/۰۶۷
۱۶	Linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	۱۰۹۶	-	۰/۱۰۷	-	-	-
۱۷	Limonene epoxide	C ₁₀ H ₁₆ O	۱۱۱۸	-	-	-	۰/۰۴۸	۰/۰۵۴
۱۸	<i>trans</i> -p-Mentha-2,8-dienol	C ₁₀ H ₁₆ O	۱۱۲۱	-	-	-	۰/۱۰۶	-
۱۹	Cosmene	C ₁₀ H ₁₄	۱۱۳۲	-	۰/۰۵۷	-	-	-
۲۰	cis-Limonene oxide	C ₁₀ H ₁₆ O	۱۱۳۴	۰/۰۳۹	۰/۰۴۳	۰/۰۴	-	۰/۰۴۳
۲۱	<i>trans</i> -Limonene oxide	C ₁₀ H ₁₆ O	۱۱۳۹	۰/۰۴۷	۰/۰۶۲	۰/۰۵	۰/۰۶۴	-
۲۲	<i>L</i> -Menthone	C ₁₀ H ₁₈ O	۱۱۵۱	-	۰/۰۴۶	-	-	-
۲۳	<i>D</i> -Menthone	C ₁₀ H ₁₈ O	۱۱۵۳	-	۰/۰۶۸	-	-	-
۲۴	Menthol	C ₁₀ H ₂₀ O	۱۱۵۸	-	۰/۱۱۲	-	-	-
۲۵	3,6-Dimethyl-2,3,3a,4,5,7a-hexahydrobenzofuran	C ₁₀ H ₁₆ O	۱۱۸۱	-	-	۰/۰۶	۰/۰۷۵	۰/۰۷۲
۲۶	Dihydrocarvone	C ₁₀ H ₁₆ O	۱۱۹۱	۰/۰۷	۰/۰۸۲	۰/۱۲۹	۰/۱۳۷	۰/۱۳۴
۲۷	Dihydrocarveol	C ₁₀ H ₁₈ O	۱۱۹۲	۰/۰۷۶	۰/۰۹۹	۰/۰۳۴	۰/۰۴۷	۰/۱۱۲
۲۸	1,6-Dihydrocarveol	C ₁₀ H ₁₈ O	۱۱۹۳	-	-	-	۰/۰۴۳	۰/۰۴۴
۲۹	Neodihydrocarveol	C ₁₀ H ₁₈ O	۱۱۹۵	-	-	۰/۰۷۷	-	-
۳۰	<i>trans</i> -Dihydrocarvone	C ₁₀ H ₁₆ O	۱۲۰۱	۰/۱۵۵	۰/۱۰۸	۰/۱۰۳	۰/۰۹۹	۰/۰۵۱
۳۱	neoiso-Dihydrocarveol	C ₁₀ H ₁₈ O	۱۲۲۸	۰/۰۴۲	۰/۰۵۸	-	۰/۰۴۶	۰/۰۴۶

ادامه جدول ۲. بازده و ترکیبات تشکیل دهنده اجزای اسانس در توده‌های شوید

Continue the Table 2. Essential oil yield and component of dill ecotypes.

شماره Number	نام ترکیب compound	فرمول مولکولی Molecular formula	شاخص بازداری Retention Index	اراک Arak	ملایر Malayer	جهرم Jahrom	جلفا Jolfa	کاشمر Kashmar
۳۲	<i>cis</i> -Carveol	C ₁₀ H ₁₆ O	۱۲۳۱	-	-	۰/۰۷۷	-	-
۳۳	Anisole, ethylvinyl)- o-(1-	C ₁₁ H ₁₄ O	۱۲۴۱	-	-	-	۰/۰۵۴	-
۳۴	<i>D</i> -Carvone	C ₁₀ H ₁₄ O	۱۲۴۳	-	-	۰/۰۹۶	-	۰/۱۳۸
۳۵	Carvone	C ₁₀ H ₁₄ O	۱۲۴۴	۰/۲۰۱	۰/۲۶۸	۰/۱۱۳	۰/۲۴۴	۰/۱۵۴
۳۶	Piperitone	C ₁₀ H ₁₆ O	۱۲۴۷	-	۰/۰۲۹	-	-	-
۳۷	α -Bourbonene	C ₁₅ H ₂₄	۱۲۹۳	-	۰/۰۵۸	-	۰/۰۵۴	۰/۰۵۱
۳۸	Dihydrocarvyl acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	۱۳۲۴	-	-	۰/۰۴۶	-	-
۳۹	<i>p</i> -Thymol	C ₁₀ H ₁₄ O	۱۳۳۸	-	-	-	۰/۰۶۱	۰/۰۷۱
۴۰	<i>trans</i> -Carveyl acetate	C ₁₂ H ₁₈ O ₂	۱۳۴۲	-	-	-	-	۰/۰۵۴
۴۱	<i>cis</i> -Carvyl acetate	C ₁₂ H ₁₈ O ₂	۱۳۶۳	-	۰/۰۵۶	-	۰/۰۶۳	۰/۰۴۵
۴۲	Piperitenone oxide	C ₁₀ H ₁₄ O ₂	۱۳۶۷	۰/۰۵۳	۰/۰۵۹	۰/۰۶۸	۰/۰۵۳	۰/۰۴۵
۴۳	β -Cubebene	C ₁₅ H ₂₄	۱۳۸۰	-	۰/۰۵	-	-	۰/۰۴۷
۴۴	γ -Murolene	C ₁₅ H ₂₄	۱۴۷۳	۰/۰۵۱	-	-	-	-
۴۵	Germacrene D	C ₁₅ H ₂₄	۱۴۸۱	۰/۰۴۷	-	۰/۰۴۹	۰/۰۶	۰/۰۵۶
۴۶	Bicyclosquiphellandrene	C ₁₅ H ₂₄	۱۴۹۲	-	۰/۰۴۹	-	-	-
۴۷	Pentadecane	C ₁₅ H ₃₂	۱۵۰۱	-	-	-	۰/۰۳۴	-
۴۸	Myristicin	C ₁₁ H ₁₂ O ₃	۱۵۱۷	۰/۰۶۲	۰/۰۶	۰/۰۷۱	۰/۰۷	۰/۰۶۱
۴۹	Elemicin	C ₁₂ H ₁₆ O ₃	۱۵۵۸	۰/۱۳۷	۰/۰۶۷	۰/۰۸۵	۰/۱۲۵	۰/۱۴۹
۵۰	Diethyl Phthalate	C ₁₂ H ₁₄ O ₄	۱۵۹۲	۰/۰۸۳	-	-	-	-
۵۱	Hexadecane	C ₁₆ H ₃₄	۱۶۰۲	-	-	-	۰/۰۴۵	-
۵۲	Heptadecane, 2,6,10,15-tetramethyl-	C ₂₁ H ₄₄	۱۱۶۰	۰/۰۲۵	-	-	-	-
۵۳	Tridecanoic acid	C ₁₃ H ₂₆ O ₂	۱۶۶۲	-	-	-	۰/۰۴۸	-
۵۴	Apiol	C ₁₂ H ₁₄ O ₄	۱۶۹۱	۰/۱۸۵	۰/۱۴۳	۰/۱۲۴	۰/۱۳۹	۰/۱۶۶
۵۵	Heptadecane	C ₁₇ H ₃₆	۱۷۰۰	-	-	-	۰/۰۴۵	۰/۰۴
۵۶	Octadecane	C ₁₈ H ₃₈	۱۸۰۱	-	-	-	۰/۰۴۸	۰/۰۲۹
۵۷	Hexahydrofarnesyl acetone	C ₁₈ H ₃₆ O	۱۸۳۸	۰/۰۴۷	-	-	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵
۵۸	Nonadecane	C ₁₉ H ₄₀	۱۹۰۰	-	-	-	۰/۰۴۱	-
۵۹	Hexadecanoic methyl ester	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	۱۹۲۳	-	-	-	۰/۰۳۵	۰/۰۳۸
۶۰	Methyl isohexadecanoate	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	۱۹۲۴	۰/۰۳۷	۰/۰۵۸	۰/۰۵۸	-	-
۶۱	Phthalic acid, butyl tetradecyl ester	C ₂₆ H ₄₂ O ₄	۱۹۵۲	-	-	-	۰/۰۴۱	-
۶۲	Eicosane	C ₂₀ H ₄₂	۲۰۰۰	-	-	-	۰/۰۲۶	۰/۰۳۷
۶۳	Heneicosane	C ₂₁ H ₄₄	۲۱۰۰	-	۰/۰۳۱	-	-	۰/۰۲۶

ادامه جدول ۲. بازده و ترکیبات تشکیل دهنده اجزای اسانس در توده‌های شوید

Continue the Table 2. Essential oil yield and component of dill ecotypes accessions.

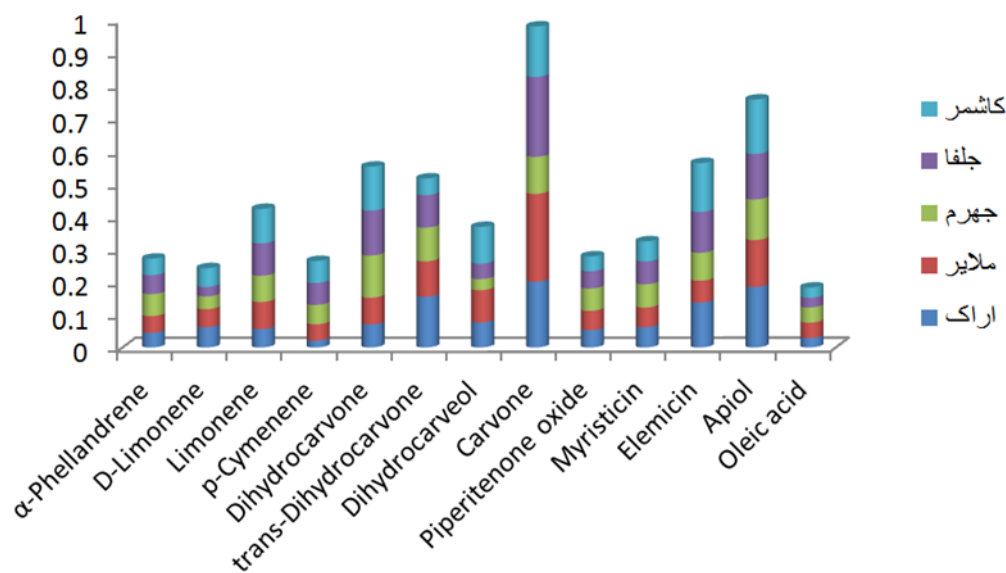
شماره Number	نام ترکیب compound	فرمول مولکولی Molecular formula	شاخص بازداری Retention Index	اراک Arak	ملایر Malayer	جهرم Jahrom	جلفا Jolfa	کاشمر Kashmar
۶۴	9,17-Octadecadienal	C ₁₈ H ₃₂ O	۲۱۲۳	-	-	-	۰/۰۲۴	-
۶۵	Octadecanoic acid, methyl ester	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	۲۱۲۸	-	-	-	۰/۰۳۱	-
۶۶	Oleic acid	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	۲۱۴۳	۰/۰۲۹	۰/۰۴۷	۰/۰۴۶	۰/۰۳	۰/۰۳۱
۶۷	9-Octadecenoic acid	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	۲۱۵۸	-	-	-	۰/۰۵۵	-
۶۸	Ethyl Oleate	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	۲۱۸۲	-	-	-	۰/۰۳۱	-
۶۹	Monoethylhexyl phthalate	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	۲۵۴۸	۰/۰۲۳	-	-	-	-
۷۰	Advastab 405	C ₂₃ H ₃₂ O ₂	۲۵۹۱	۰/۰۲۹	-	-	۰/۰۳۱	۰/۰۳۸
۷۱	trans-Oleic acid	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	۲۷۸۴	-	-	-	-	۰/۰۳۲
	Essential oil yield (v/w%)	-	-	۰/۰۶	۰/۳۲	۰/۱۱	۰/۲۵	۰/۳۴

بازده اسانس علاوه بر عوامل محیطی، ممکن است با توجه به اندام‌ها و نوع ژنتیک گیاه متغیر باشد. در این راستا طبق مطالعه سفیدکن (Sefidkon, 2001) در بررسی اسانس شوید ایران، بازده اسانس در اندام‌های مختلف شوید متغیر بوده و در سرشاخه گل‌دار ۰/۲۱ درصد و در بذر ۲/۴۲ درصد است. در نتیجه‌گیری حاصل از گزارش ذکر شده، میزان اسانس در شرایط آب‌وهوایی مذکور و در شرایط آب‌وهوایی کشور ایران زیاد نیست که با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت دارد. همچنین در بررسی تأثیر ژنتیک گیاهی بر بازده اسانس، مطالعه روی اسانس اکوتیپ‌های شوید نشان‌دهنده متغیر بودن میزان اسانس در اکوتیپ‌های مختلف است که میزان آن از ۰/۲۲ درصد تا ۰/۴۶ درصد متفاوت است (Mohebodini & Farmanpour-Kalalagh, 2021) و با نتایج حاصل از این مطالعه در متغیر بودن میزان اسانس در توده‌های مختلف هم‌خوانی دارد.

در توده‌های مطالعه‌شده شوید، ۱۳ ترکیب *p*-Cymenene, Limonene, D-Limonene, α -Phellandrene, Carvone, Dihydrocarvone, *trans*-Dihydrocarvone, Dihydrocarveol, Piperitenone oxide, Myristicin, Elemicin, Apiol و Oleic acid در تمامی توده‌ها با مقادیر مختلف تولید شدند (شکل ۳). از بین این ۱۳ ترکیب، ۸ ترکیب ابتدایی مونوترپن‌های حلقه‌ای و Piperitenone oxide مونوترپن‌یوئید کتونی بوده که از مسیر متیل‌اریتریتول فسفات (MEP) در پلاستید بیوسنتز می‌شوند. Myristicin, Elemicin و Apiol فیل‌پروپانوئید بوده که Myristicin و Elemicin از مسیر شیکمیک اسید بیوسنتز شده‌اند و Oleic acid نیز به‌عنوان یک اسید چرب اشباع‌نشده مونو، از استیل‌کوآنزیم آ و با شرکت داشتن انواع مختلفی از آنزیم‌ها بیوسنتز می‌شود.

α -Phellandrene یک مونوترپن حلقه‌ای بوده که از مسیر متیل‌اریتریتول فسفات (MEP) در پلاستید بیوسنتز شده است و تاکنون اثرات ضدقارچی (Zhang et al., 2017)، ضدالتهاب (Siqueira et al., 2016)، ترمیم زخم (de Christo et al., 2019)، تعدیل آسیب بافتی، تنش اکسیداتیو و سطح TNF- α (Gonçalves et al., 2020) برای آن گزارش شده است. در مطالعات مختلف نیز این ترکیب در اندام‌های مختلف (Sefidkon, 2001) و در توده‌های مختلف

ایرانی (Mohebodini & Farmanpour-Kalalagh, 2021) و استونی (Vokk et al., 2011) به صورت ثابت اما با میزان متغیر تولید شده است. Limonene و ایزومر آن یعنی D-Limonene تولید شده در این توده‌ها دارای اثرات ضدسرطان، تجزیه سنگ صفرا، تسکین دل درد (Sun, 2007)، ضدالتهاب، آنتی اکسیدان، ضد درد، ضد دیابت، ضد ویروس، محافظت از گوارش (Vieira et al., 2018)، رفع اختلالات عصبی (Tang et al., 2019) و فعالیت‌های ضد کاتابولیکی و پروآنابولیکی (Rufino et al., 2015) هستند. علاوه بر اثرات دارویی، این ترکیب در صنایع غذایی، آرایشی - بهداشتی و سایر صنایع استفاده می‌شوند. همچنین به عنوان ضد حشره کاربردهای فراوانی دارد (Karr & Coats, 1988). در بررسی‌ها و مطالعات ذکر شده نیز ترکیب‌های Limonene و D-Limonene در اندام‌ها و گونه‌های مختلف به صورت ثابت با مقادیر متفاوت تولید شده‌اند که با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت دارد.



شکل ۳. ترکیبات ثابت تولید شده در اسانس توده‌های شوید با مقادیر مختلف

Figure 3. Fixed compounds produced in essential oil of dill ecotypes with various amounts.

p-Cymenene تولید شده در توده‌های جل‌فا و کاشمر با میزان مشابه ۰/۰۶۷ درصد تولید شد. در توده‌های ملایر و جهرم این میزان تا حدودی نزدیک به هم و در توده اراک با مقدار کمتری تولید شد. در مطالعه ویسانی و همکاران (Weisany et al., 2015) نیز این ترکیب از ۰/۰۱ تا ۰/۷۲ درصد تولید شد که با نتایج حاصل از این مطالعه در ثابت بودن تولید این ترکیب با مقادیر متفاوت در توده‌های مختلف هم‌خوانی دارد. در تولید سه ترکیب Carvone، Dihydrocarvone و trans-Dihydrocarvone، میزان تولید Carvone در اکثر توده‌ها بیشتر از بقیه است. این ترکیب بیشتر در صنایع غذایی و لبنی کاربرد دارد و علاوه بر آن چندین کاربرد Carvone به عنوان عطر و طعم‌دهنده، مهار جوانه‌زنی سیب‌زمینی همراه با ارتباط آن در زمینه پزشکی از جمله ضد میکروب (de Carvalho et al., 2006)، ضد سرطان (Islam, 2019) و تنظیم‌کننده سیستم ایمنی (Raphael & Kuttan, 2003) علاقه به این مونوترپن را توجیه می‌کند. نتایج این مطالعه با بررسی گزارش‌های Vokk و همکاران (2011) در ارتباط با تولید این ترکیب به صورت ثابت در توده‌های

مختلف مطابقت دارد. Dihydrocarveol که مشتق دی‌هیدروی کاروول بوده و یک مونوترپنوئید p-Menthane است، به‌عنوان کنه‌کش و همچنین مواد معطر در صنایع استفاده می‌شود (Bhatia et al., 2008). این ترکیب در توده کاشمر با بیشترین مقدار (۰/۱۱۲ درصد) نسبت به بقیه توده‌ها تولید شده است؛ اما برخلاف ترکیب قبلی، Piperitenone oxide در توده جهرم بیشترین مقدار را داشت (۰/۰۶۸ درصد) و در بقیه توده‌ها تا حدودی نزدیک به هم است. نقش این ترکیب به‌صورت سمی، دفع‌کننده و بازدارنده تولیدمثل ناقلین مالاریا ثابت شده است (Tripathi et al., 2004).

سه ترکیب Myristicin، Elemicin و Apiol از لحاظ ساختاری و بیوسنتزی متفاوت از ترکیب‌های ذکرشده قبلی بوده و جزء فنیل پروپانوئیدها هستند. میزان این سه ترکیب به‌ترتیب در توده‌های جهرم (۰/۰۷۱ درصد)، کاشمر (۰/۱۴۹ درصد) و اراک (۰/۱۸۵ درصد) بیشتر از بقیه توده‌ها است. برای Myristicin تاکنون اثرات ضدالتهابی (Lee & Park, 2011)، ضدالتهاب روده (Badr et al., 2020) و محافظت در برابر آپوپتوز (Zhao et al., 2017) گزارش شده است. از نظر ساختاری، Elemicin مشابه Myristicin است و فقط با گروه متیل میریستیسین متفاوت است که به دو اتم اکسیژن متصل می‌شود. خواص ضد میکروبی، ضد قارچی و ضد ویروس هرپس سیمپلکس (Sajjadi et al., 2012) از اثرات دارویی این ترکیب است. برای Apiol نیز بازدارندگی تولید آفلاتوکسین در قارچ *Aspergillus parasiticus* (Razzaghi-abyaneh et al., 2007) گزارش شده است که ممکن است این ترکیب از لحاظ دارویی نیز مفید باشد؛ اما نیازمند تحقیقات بیشتری است؛ بنابراین، در مصرف این دو ترکیب باید احتیاط لازم، لحاظ و زیر نظر متخصص انجام شود. در مطالعه وک و همکاران (Vokk et al., 2011) و همچنین در مطالعه اوزل و چینار (Özel & Çınar, 2021)، Myristicin و Elemicin به‌طور ثابت با مقادیر متفاوت تولید شده‌اند که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. مطالعه اجزای شیمیایی اسانس‌ها و فعالیت‌های بیولوژیکی عصاره آبی گیاه شوید کشت‌شده در شرایط ارگانیک و غیرارگانیک نیز حاکی از آن بود که ترکیب Apiol نیز همانند این مطالعه، به‌طور ثابت اما با مقادیر متفاوت تولید می‌شود (Ozliman et al., 2021). ترکیب نهایی که در تمامی توده‌های اراک، ملایر، جهرم، جلفا و کاشمر تولید شد، اسید چرب اشباع‌نشده مونو بنام Oleic acid است. در مطالعاتی که روی اسانس شوید صورت گرفته است، تاکنون تولید Oleic acid در تمامی توده‌ها گزارش نشده است که در این مطالعه تولید این اسید چرب در تمامی توده‌های مطالعه‌شده برای اولین بار گزارش می‌شود.

علاوه بر ۱۳ ترکیبی که در تمامی توده‌ها با مقادیر متفاوت تولید شدند، تعدادی از سایر ترکیبات نیز در بعضی از توده‌ها تولید شده‌اند و در بعضی دیگر تولید نشده‌اند که هر کدام از آنها در صنایع مختلف داروسازی، آرایشی - بهداشتی و غذایی کاربرد فراوانی دارند. تولید این ترکیبات با تنوع در نوع و میزان آنها نشان‌دهنده تنوع فیتوشیمیایی موجود در توده‌ها بر پایه اسانس است.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه توده‌های مطالعه‌شده از نقاط مختلف کشور، جمع‌آوری و در یک شرایط اقلیمی کشت شده‌اند، تنوع فیتوشیمیایی توده‌ها بر پایه اسانس، تفاوت زیادی را از لحاظ عملکرد اسانس (۰/۰۶ تا ۰/۳۴ درصد) و ترکیبات

تشکیل‌دهنده آن در توده‌های مختلف (از ۲۶ تا ۴۲ ترکیب) نشان داد. در تمامی توده‌ها، ۱۳ ترکیب به صورت یکسان اما با مقادیر متفاوت در هر پنج توده تولید شدند که از بین آنها ترکیبات Dihydrocarvone، *trans*-Dihydrocarvone، Carvone، Elemicin و Apiol ترکیبات غالب این توده‌ها بودند. این نتایج را می‌توان ناشی از توانمندی ژنتیکی توده‌های بررسی‌شده در شرایط اقلیمی محل کشت دانست. این توانمندی ژنتیکی منجر به تولید ترکیبات متنوع مونوترپنوئیدی، فیل‌پروپانوئیدی و غیره شده است؛ بنابراین، اطلاعات حاصل از این مطالعه می‌تواند در معرفی توده‌ها برای استخراج و استحصال ترکیبات در صنایع غذایی و دارویی مفید و مؤثر باشد.

References

- Adams, R.P. (1995). *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy*. Allured Publishing Corp. Carol Stream IL. <https://doi.org/10.1016/j.jasms.2005.07.008>
- Alamdari-Palangi, V., Shojazadeh, A., Hosseini, F., Khalaf, N., Dianatinasab, A., & Ameri, M. (2020). Biosynthesis, characterization, antibacterial activity and anticancer effect of silver nanoparticles using *Anethum graveolens* leaf extract. *Journal of Environmental Treatment Techniques*, 8(4), 1434-1438. [https://doi.org/10.47277/jett/8\(4\)1629](https://doi.org/10.47277/jett/8(4)1629)
- Al-Snafi, A.E. (2014). The pharmacological importance of *Anethum graveolens*. *A review. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(4), 11-13. <https://B2n.ir/m77888>
- Badr, G., Elsayy, H., Amalki, M.A., Alfwaaires, M., El-Gerbed, M.S.A., & Abdel-Moneim, A.M. (2020). Protective effects of myristicin against ulcerative colitis induced by acetic acid in male mice. *Food and Agricultural Immunology*, 30(1), 435-446. <https://doi.org/10.1080/09540105.2020.1739626>
- Baghbani Arani, A., & Adavi, Z. (2021). Effect of levels and different types of nitrogen fertilizer on growth, biological and essential oil yields and its components in two populations of dill. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 52(2), 83-95. <https://doi.org/10.22059/IJFCS.2020.291335.654651> [In Persian].
- Bhatia, S.P., McGinty, D., Letizia, C.S., & Api, A.M. (2008). Fragrance material review on dihydrocarveol. *Food and Chemical Toxicology*, 46(11), S160-S170. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.06.040>
- de Carvalho, C.C.C.R., & da Fonseca, M.M.R. (2006). Carvone: Why and how should one bother to produce this terpene. *Food Chemistry*, 95(3), 413-422. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.003>
- de Christo Scherer, M.M., Marques, F.M., Figueira, M.M., Peisino, M.C.O., Schmitt, E.F.P., Kondratyuk, T.P., Endringer, D.C., Scherer, R., & Fronza, M. (2019). Wound healing activity of terpinolene and α -phellandrene by attenuating inflammation and oxidative stress *in vitro*. *Journal of Tissue Viability*, 28(2), 94-99. <https://doi.org/10.1016/j.jtv.2019.02.003>
- Dehghani, N., Haghighi, M., Rahimmalek, M., & Sabzalian, M.R. (2024). Changes in morphological, physiological and phytochemical traits of different dill (*Anethum graveolens* L.) cultivars as affected by light-emitting diodes. *Molecules*, 29(5506), 1-20. <https://doi.org/10.3390/molecules29235506>
- El Mansouri, L., Boustia, D., & El Youbi-El, A. (2016). Phytochemical screening, antidepressant and analgesic effects of aqueous extract of *Anethum graveolens* L. from southeast of Morocco. *American Journal of Therapeutics*, 23(6), 1-5. <https://doi.org/10.1097/mjt.0000000000000090>
- Farmanpour-Kalalagh, K., Mohebodini, M. and Sabaghnia, N. (2020). Comparison and correlation of the compositions in volatile constituents from different parts of summer savory (*Satureja hortensis* L.). *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 7(3), 295-304. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2020.292759.325>
- Farmanpour Kalalagh, K., Mohebodini, M., Fattahi, R., Beyraghdar Kashkooli, A., Davarpanah Dizaj, S., Salehifar, F., & Mokhtari, A.M. (2023). Drying temperatures affect the qualitative-quantitative

- variation of aromatic profiling in *Anethum graveolens* L. ecotypes as an industrial–medicinal–vegetable plant. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1137840. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1137840>
- Ghasemi, M. (2005). *Medicinal properties of fruits and plants*. Tiho Press. [In Persian].
- Ghassemi-Golezani, K., & Solhi-Khajemarjan, R. (2021). Changes in growth and essential oil content of dill (*Anethum graveolens*) organs under drought stress in response to salicylic acid. *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 11(1), 33-47. <https://doi.org/10.22034/jppb.2021.13717>
- Gomaa, S.E., Friedersdorf, M., Enshasy, H.A.E.L., & Abou-Donia, M.B. (2020). *In vitro* comparative study for anti-proliferative activity of some plant extracts, fam. Apiaceae, on human cervical (HeLa) cancer cell line. *Indonesian Journal of Pharmacy*, 31(2), 108-115. <http://dx.doi.org/10.14499/indonesianjpharm31iss2pp108>
- Gonçalves, R.L.G., Cunha, F.V.M., Sousa-Neto, B.P.S., Oliveira, L.S.A., Lopes, M.E., Rezende, D.C., Sousa, I.J.O., Nogueira, K.M., Souza, L.K.M., Medeiros, J.V.R., Wong, D.V.T., Pereira, V.M.P., Lima-Júnior, R.C.P., Sousa, D.P., Oliveira, C.P.C., Almeida, F.R.C., & de Assis Oliveira, F. (2020). α -Phellandrene attenuates tissular damage, oxidative stress, and TNF- α levels on acute model ifosfamide-induced hemorrhagic cystitis in mice. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 393(10), 1835-1848. <https://doi.org/10.1007/s00210-020-01869-3>
- Hadi, N., Shojaeiyan, A., Sefidkon, F., & Jafari, A.A. (2018). Quantitative and qualitative study of essential oil in some accessions of *Nepeta* spp. and determination of essential oil components capability in intra and inter-specific relationships analysis. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 49(3), 601-612. <https://doi.org/10.22059/ijhs.2018.209518.1028> [In Persian].
- Heidari, F., Zakerkish, M., Borazjani, F., Ahmadi Angali, K., & Amoochi Foroushani, G. (2020). The effects of *Anethum graveolens* (dill) powder supplementation on clinical and metabolic status in patients with type 2 diabetes. *Trials*, 21(1) 483. <https://doi.org/10.1186/s13063-020-04401-3>
- Hernández-Cánovas, J.D., Guillén-López, I., Vizcaíno-Milla, P., Andreo-López, M.I., Sánchez-Rubio, M., Taboada-Rodríguez, A., & Marín-Iniesta, F. (2020). Antimicrobial activity of *Citrus* spp. and *Anethum graveolens* components against *Candida metapsilosis* in ranch sauce. *Journal of Food Science and Technology*, 57(7), 2713-2721. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04307-7>
- Islam, M.T. (2019). Literature & scientifically carvone is an anticancer agent. *Pharmacologyonline*, 2, 24-30. <https://B2n.ir/d31982>
- Kamkar, A. (2009). The study of antioxidant activity of essential oil and extract of Iranian *Anethum graveolens*. Ofogh-e-Danesh. *GMUHS Journal*, 15(3), 11-17. <http://imtj.gmu.ac.ir/article-1-592-en.html> [In Persian].
- Karr, L.L., & Coats, J.R. (1988). Insecticidal properties of d-Limonene. *Journal of Pesticide Science*, 13, 287-290. <http://dx.doi.org/10.1584/jpestics.13.287>
- Kazemi, M. (2015). Chemical composition and antimicrobial, antioxidant activities and anti-inflammatory potential of *Achillea millefolium* L., *Anethum graveolens* L. and *Carum copticum* L. essential oils. *Journal of Herbal Medicine*, 5(4), 217-222. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2015.09.001>
- Lee, J.Y., & Park, W. (2011). Anti-inflammatory effect of myristicin on RAW 264.7 macrophages stimulated with polyinosinic-polycytidylic acid. *Molecules*, 16(8), 7132-7142. <https://doi.org/10.3390/molecules16087132>
- Li, Z., Xue, Y., Li, M., Guo, Q., Sang, Y., Wang, Ch., & Luo, Ch. (2018). The antioxidation of different fractions of dill (*Anethum graveolens*) and their influences on cytokines in macrophages RAW264.7. *Journal of Oleo Science*, 15, 1-7. <https://doi.org/10.5650/jos.ess18134>
- Madandoust, M., & Fooladchang, M. (2018). Effect of nitrogen fertilizer on essential oil content and its compositions in *Anethum graveolens* L. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 21(5), 1266-1271. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2018.1544934>
- Mohammed, F.A., Razvi, S.S., Mohammed Abdul, W., Mohammed, K., Hakeem, K.R., Banaganapalli, B., Shaik, N.A., & Elkady, A.L. (2019). Protective role of medicinal herb *Anethum graveolens* (dill)

- against various human diseases and metabolic disorders. *Plant and Human Health*, 3, 181-194. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-04408-4_8
- Mohebodini, M., & Farmanpour-Kalalagh, K. (2021). Comparative chemical composition of essential oils in dill (*Anethum graveolens* L.) ecotypes: Focus on univariate and factor analysis. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 8(1), 81-90. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2020.294658.328>
- National Institute of Standards and Technology Webbook <https://webbook.nist.gov>
- Nikrouz-Gharamaleki, A., Mohebodini, M., & Farmanpour-Kalalagh, K. (2019). Multivariate and univariate analysis of genetic variation in Iranian summer savory (*Satureja hortensis* L.) accessions based on morphological traits. *Iranian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 8(2), 21-32. <https://doi.org/10.30479/ijgpb.2020.12081.1256>
- Özel, A., & Çinar, O. (2021). Essential oil composition of dry and fresh aerial parts of the dill (*Anethum graveolens* L.). *Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University*, 35(2), 355-363.
- Ozliman, S., Yaldiz, G., Camlica, M., & Ozsoy, N. (2021). Chemical components of essential oils and biological activities of the aqueous extract of *Anethum graveolens* L. grown under inorganic and organic conditions. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 8(20), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40538-021-00224-9>
- Pakravan, H., Amiri, H., & Rezaei Nejad, A.H. (2016). Dill (*Anethum graveolens* L.) essential oil under salinity stress. The second national conference on passive defense in agriculture, natural resources and environment with a sustainable development approach, pp. 1-6. Tehran, Iran. [In Persian].
- Raeisi Monfared, A., Moradi, N., & Yavari, A. (2019). Study on chemical compositions of essential oil of some *Salvia santolinifolia* Boiss. Ecotypes. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 50(3), 745-754. <https://doi.org/10.22059/ijhs.2019.282649.1654> [In Persian].
- Raphael, T.J., & Kuttan, G. (2003). Immunomodulatory activity of naturally occurring monoterpenes carvone, limonene, and perillic acid. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*, 25(2), 285-294. <https://doi.org/10.1081/iph-120020476>
- Razzaghi-Abyaneh, M., Yoshinari, T., Shams-Ghahfarokhi, M., Rezaee, M.B., Nagasawa, H., & Sakuda, Sh. (2007). Dill apiol and apiol as specific inhibitors of the biosynthesis of aflatoxin G1 in *Aspergillus parasiticus*. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 71(9), 2329-2332. <https://doi.org/10.1271/bbb.70264>
- Rezaee-Asl, M., Bakhtiarian, A., Nikoui, V., Sabour, M., Ostadhadhi, S., Yadavar-Nikraves, M.S., & Giorgi, M. (2013). Antinociceptive properties of hydro alcoholic extracts of *Anethum graveolens* L. (dill) seed and aerial parts in mice. *Clinical and Experimental Pharmacology*, 3(2), 1-4. <http://dx.doi.org/10.4172/2161-1459.1000122>
- Rostaei, M., Fallah, S., Abbasi Sorki A., & Tadayon, A. (2018). Effects of organic manure and chemical fertilizers on yield and essential oil of dill (*Anethum graveolens* L.) in intercropping with soybean (*Glycine max* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 34(4), 645-661. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2018.115548.2146> [In Persian].
- Rufino, A.T., Ribeiro, M., Sousa, C., Judas, F., Salgueiro, L., Salgueiro, C., & Ferreira Mendes, A. (2015). Evaluation of the anti-inflammatory, anti-catabolic and pro-anabolic effects of E-caryophyllene, myrcene and limonene in a cell model of osteoarthritis. *European journal of pharmacology*, 750, 141-150. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2015.01.018>
- Sajjadi, S., Shokoohinia, Y., Hemmati, S., Gholamzadeh S., & Behbahani, M. (2012). Antiviral activity of elemicin from *Peucedanum pastinacifolium*. *Research in Pharmaceutical Sciences*, 7(5), S784. <http://rps.mui.ac.ir/index.php/jrps/article/view/1136>
- Salih Sahib, A., Hashim Mohammed, I., & Akram Sloo, S. (2014). Antigardial effect of *Anethum graveolens* aqueous extract in children. *Journal of Intercultural Ethnopharmacology*, 3(3), 109-112. <https://doi.org/10.5455/jice.20140523104104>
- Sarabi, S., & Sefidkon, F. (2017). Essential oil content and composition of *Ziziphora persica* Bunge from different habitats. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 48(3), 613-621. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20193384516> [In Persian].

- Sefidkon, F. (2001). Essential oil composition of Iranian *Anethum graveolens* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 8(1), 45-62. https://ijmapr.areeo.ac.ir/article_118417.html?lang=en [In Persian].
- Setayesh-Mehr, Z., & Ganjeali, A. (2013). Effects of drought stress on growth and physiological characteristics of dill (*Anethum graveolens* L.). *Journal of Horticultural Science*, 27(1), 27-35. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.20782> [In Persian].
- Siqueira, H.D.S., Neto, B.S., Sousa, D.P., Gomes, B.S., da Silva, F.V., Cunha, F.V.M., Wanderley, C.W.S., Pinheiro, G., Cândido, A.G.F., Wong, D.V.T., Ribeiro, R.A., Lima-Júnior, R.C.P., & Oliveira, F.A. (2016). α -Phellandrene, a cyclic monoterpene, attenuates inflammatory response through neutrophil migration inhibition and mast cell degranulation. *Life Sciences*, 160, 27-33. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2016.07.008>
- Solouki, M., Hoseini, S.B., Siahshar, B.A., & Tavassoli, A. (2012). Genetic diversity in dill (*Anethum graveolens* L.) populations on the basis of morphological traits and molecular markers. *African Journal of Biotechnology*, 11(15), 3649-3655. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2169>
- Srivastava, P., Rao R., Shenoy, P.J., Ajay Manjrekar, P., Teerthanath, S., & Bhuvaneshwari, S. (2018). Nephroprotective effect of *Anethum graveolens* in a murine model of gentamicin induced nephrotoxicity. *Journal of Young Pharmacists*, 10(2), 155-158. <https://dx.doi.org/10.5530/jyp.2018.10.35>
- Sun, J. (2007). D-Limonene: Safety and clinical applications. *Alternative Medicine Review*, 12(3), 259-264. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18072821/>
- Suresh, S., Chung, J.W., Sung, J.S., Cho, G.T., Park, J.H., Yoon, M.S., Kim, Ch. K., & Baek, H.J. (2013). Analysis of genetic diversity and population structure of 135 dill (*Anethum graveolens* L.) accessions using RAPD markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 60, 893-903. <https://doi.org/10.1007/s10722-012-9886-7>
- Tang, X.P., Guo, X.H., Geng, D., & Weng, L.J. (2019). D-Limonene protects PC12 cells against corticosterone-induced neurotoxicity by activating the AMPK pathway. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 70, 103192. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2019.05.001>
- Tripathi, A.K., Prajapati, V., Ahmad, A., Aggarwal, K.K., & Khanuja, S.P.S. (2004). Piperitenone Oxide as toxic, repellent, and reproduction retardant toward malarial vector *Anopheles stephensi* (Diptera: Anophelinae). *Journal of Medical Entomology*, 41(4), 691-698. <https://doi.org/10.1603/0022-2585-41.4.691>
- Vieira, A.J., Beserra, F.P., Souza, M.C., Totti, B.M., & Rozza, A.L. (2018). Limonene: Aroma of innovation in health and disease. *Chemico-Biological Interactions*, 283(1), 97-106. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2018.02.007>
- Vokk, R., Lõugas, T., Mets, K., & Kravets, M. (2011). Dill (*Anethum graveolens* L.) and Parsley (*Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss) from Estonia: Seasonal differences in essential oil composition. *Agronomy Research*, 9, 515-520. <https://agronomy.emu.ee/vol09Spec2/p09s222.pdf>
- Weisany, W., Raei, Y., & Pertot, I. (2015). Changes in the essential oil yield and composition of dill (*Anethum graveolens* L.) as response to *Arbuscular mycorrhiza* colonization and cropping system. *Industrial Crops and Products* 77, 295-306. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.09.003>
- Zarandi, M.M., & Sistani, S. (2023). Chemical composition of dill (*Anethum graveolens* L.) and parsley (*Petroselinum sativum* L.) essential oil in different culture media. *Sustainable Agricultural Science Research*, 3(3), 78-97. <https://doi.org/10.30495/sarj.2023.1998375.1161> [In Persian].
- Zhang, J.H., Sun, H.L., Chen, Sh. Y., Zeng, L., & Wang, T.T. (2017). Anti-fungal activity, mechanism studies on α -Phellandrene and Nonanal against *Penicillium cyclopium*. *Botanical Studies*, 58, 1-9. <https://doi.org/10.1186/s40529-017-0168-8>
- Zhao, Q., Liu, Ch., Shen, X., Xiao, L., Wang, H., Liu, P., Wang, L., & Xu, H. (2017). Cytoprotective effects of myristicin against hypoxia-induced apoptosis and endoplasmic reticulum stress in rat dorsal root ganglion neurons. *Molecular Medicine Reports*, 15(4), 2280-2288. <https://doi.org/10.3892/mmr.2017.6258>